

29. Costen JB. A syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of the temporomandibular joint. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1934;43:1–15.
30. Dawson PE. New definition for relating occlusion to varying conditions of the temporomandibular joint// *J. Prost. Dent.* –1995. Vol.74 — № 6.–P. 619–627.
31. Decker JC. Traumatic deafness as a result of retrusion of condyles of mandible. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1925;34:519–517.
32. Glaros AG, Glass EG, McLaughlin L. Knowledge and beliefs of dentist regarding temporomandibular disorders and chronic pain. *J Orofacial Pain* 1994;8:216–222.
33. Henry CH, Hughes CV, Gerard HC, Hudson AP, Wolford LM. Reactive arthritis: preliminary microbiologic analysis of the human temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58:1137–1142.
34. Kim SJ, Park YH, Hong SP, Cho BO, Park JW, Kim SG. The presence of bacteria in the synovial fluid of the temporomandibular joint and clinical significance: preliminary study. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:1156–1161.
35. Kirk JA, Ansell BM, Bywaters EGL. The hypermobility syndrome: musculoskeletal complaints associated with generalized joint hypermobility. *Ann Rheum Dis* 1967;26:419–425.
36. Lewis P. Rowland Merritts neurology printed in the USA. — 2008. –1002 p.
37. Luz JG, Oliveira NG. Incidence of temporomandibular joint disorders in patients seen at a hospital emergency room. *J Oral Rehabil* 1994;21:349–351.
38. Merrill RG. Mandibular dislocation and hypermobility. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 1989;1:399–413.
39. National Institutes of Health. Technology assessment conference statement: management of temporomandibular disorders: April 29–May 1, 1996. Washington, DC: US Government Printing Office.
40. Okeson J. Management of temporomandibular disorders and occlusion / Philadelphia: Mosbce, 2003.– 672 p.
41. Paesani D, Westesson P–L, Hatala MP, Tallents RH, Brooks SL. Accuracy of clinical diagnosis for TMJ internal derangement and arthrosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 73: 360–363.
42. Patterning of human dental arch wire blanks using a vector quantization algorithm / K. Fujita, K. Takada, G. Qian Rong [and other] // *Angle Orthodontist.* — 2002.–V. 72.–P. 285–294.
43. Primer of the Rheumatic Diseases, ed 12. Georgia: Arthritis Foundation, 2001:239–258.
44. Risk factors for high occlusal wear scores in a population–based sample: result of Study of Health' in Pomerania (SHIP) /O. Bernhardt, D. Gesch, C. Splieth [et. al.]// *Int. J. Prosthodont.*–2004.–Vol. 17–№ 3.– P/ 333–335.
45. Smukler Н. Нормализация окклюзии при наличии интактных и восстановленных зубов. М., издательский дом «Азбука», 2006. — 136 с.
46. Temporomandibular joint pain: relationship to internal derangement type, osteoarthritis, and synovial fluid mediator level of tumor necrosis factor–alpha/ R.Emsboff, P.Puffer, A.Rudisch and other// *Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol., Endod.* — 2000. — Vol. 90.–N9. — P. 442.
47. Wright WH. Deafness as influenced by malposition of the teeth. *Natl Dent Assoc J* 1920; 7:979–992.

*Data prezentării: 28.11.2014  
Recenzent: Oleg Solomon*

## **БИОНИКА И БИОМИМЕТИКА В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ РЕСТАВРАЦИОННОЙ СТОМАТОЛОГИИ**

**Александр Постолаки,**  
доктор медицины,  
доцент

*Кафедра  
Ортопедической  
Стоматологии  
им. «Иллариона  
Постолаки»  
ГУМФ «Николае  
Тестемицану»*

### **Резюме**

Подробное изучение особенностей анатомо–гистологического строения тканей и органов зубочелюстной системы, позволили рассмотреть основные принципы бионики (биомиметики) как научного направления в стоматологии.

**Ключевые слова:** Бионика, биомиметика, природа, реставрация, зубочелюстная система.

### **Rezumat**

#### **BIONICA ȘI BIOMIMETICA ÎN TEORIA ȘI PRACTICA STOMATOLOGIEI RESTAURATIVE**

Studiul detaliat al particularităților structurii anatomico–histologice a țesuturilor și organelor sistemului stomatognat, a permis evaluarea principiilor de bază ale bionicii (biomimeticii) ca o direcție științifică în stomatologie.

**Cuvinte–cheie:** Bionica, biomimetica, natura, restaurare, sistemul stomatognat.

### **Summary**

#### **BIONICS AND BIOMIMETICS IN THEORY AND PRACTICE IN RESTORATIVE DENTISTRY**

Detailed study of the anatomical and histological features of the structure of tissues and organs of dental system and surveillance in nature allowed to consider further perspective for development of this scientific direction in dentistry.

**Key words:** bionics, biomimetics, restoration, dentition.

Науку, занимающуюся изучением строения и функционирования живых организмов, чтобы использовать это для решения инженерных задач, создания новых приборов и механизмов, называющую бионикой (от *греч.* *bios* — жизнь). Этот термин впервые прозвучал 13–15 сентября 1960 г. в Дайтоне (США) на I-ом американском национальном симпозиуме «Живые прототипы — ключ к новой технике». Название науки «бионика» предложено американским ученым Джеком Стилом [1,2]. Сегодня бионика имеет несколько направлений. Например, «Архитектурно–строительная бионика» изучает законы формирования и структурообразования живых тканей, занимается анализом конструктивных систем живых организмов по принципу экономии материала, энергии и обеспечения надежности [2]. Сейчас во всем мире большое внимание уделяется новым строительным технологиям. Например, в области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций. Идея заимствована у глубоководных моллюсков, стенки которых состоят из чередующихся жестких и мягких пластинок. Когда жесткая пластинка трескается, то деформация поглощается мягким слоем и трещина не идет дальше [1]. Интересным примером применения бионики, как науки, в инженерных конструкциях является метод повышения устойчивости панели или стержня, при их установке, с помощью тросов и растяжек или таких элементов как шпангоуты и стрингеры. Шпангоуты — это ребра жесткости, идущие по периметру сечения, а расположенные в продольном направлении носят название стрингеров [5].

Другой пример универсального конструктивного решения природы, с точки зрения минимального расхода строительного материала, для создания облегченной, но в то же время прочной ткани с оптимальными биомеханическими характеристиками, является морфологическая структура альвеолярных отростков челюстей. Их щечная и язычная стенки состоят из компактного костного вещества, то есть множества костных пластинок образующего кортикальную пластинку альвеолярного отростка, где в области его краев продолжается в стенки зубных альвеол. Важной структурной особенностью зубной альвеолы является пластинчатое строение костной стенки пронизанной большим количеством шарпеевских волокон являющихся продолжением коллагеновых волокон периодонта, а также ее ячеистое строение в виде многочисленных мелких отверстий, через которые в периодонтальную щель проникают кровеносные сосуды и нервы. Свободное пространство между стенками альвеол и кортикальными пластинками альвеолярного отростка заполнены губчатой костью, составляющей основу межзубных и межкорневых перегородок. Толщина ее на оральной поверх-

ности верхней и нижней челюстей больше, чем на вестибулярной, с тенденцией к увеличению площади покрытия в области больших коренных зубов. В губчатой ткани образуется своеобразное сочетание менее (широкие слои) и более (тонкие слои) плотных слоев в виде «сэндвича», у боковых стенок альвеол располагаясь главным образом в горизонтальной плоскости (шпангоуты — *прим. авт. ст.*), а на их дне принимают более отвесное, параллельное длинной оси зуба расположение (стрингеры — *прим. авт. ст.*) [3]. В качестве еще одного примера, рассмотрим следующий процесс: отложение минеральных солей в основном веществе дентина происходит в форме глыбок и зерен, которые сливаясь между собой сообщают обывественным участкам форму шаров. Известно, что шар — это самая экономичная форма. У шара самая малая поверхность при самом большом объеме. На его оболочку уходит меньше материала, чем на любую другую. Форма шара широко распространена в органическом мире. Шар легко приспособляется к окружающим условиям, так как легко перекачивается, сплющивается (икринки, вирусы, простейшие микроорганизмы и т. д.). В пустынных и засушливых областях мира, для растений наиболее рациональной формой оказалась форма шара.

Установлено, что формирование шаровидных полостей меньше всего нарушает устойчивость зуба в целом к стрессовым жевательным нагрузкам, а также снижается степень концентрации внутренних напряжений в зубе после применения шаровидных боров [5,7,9]. По-видимому, естественное образование обывественных шаров в результате слияния глыбок и зерен минеральных солей и искусственное формирование шаровидных полостей в последующем заполненных пломбирочным материалом, обуславливает оптимальные биомеханические свойства реставрированным зубам, на что указывает и В. В. Педдер и соавт. (2004) [5]. Итак, междисциплинарный подход к изучению проблемы может оказать существенную помощь в поиске оптимального, с точки зрения бионики, решения проблемы.

В 70-х годах XX века было установлено, что после протравливания дентина к нему можно прочно и герметично присоединить композит. Но, гидрофобные эмалевые адгезивы не способны были запечатывать открытые дентинные каналы, что обычно приводило к воспалению пульпы из-за прямого к ней доступа микроорганизмов. Появление к середине 90-х годов многоцелевых (гидрофильных) адгезивных систем, способных одинаково прочно присоединяться к эмали и дентину (17–20 МПа и выше), позволило решить, в основном, проблему защиты пульпы от инфекционной агрессии, эффективного прикрепления с кариозным или склерозированным дентином, избегая при этом применения дополнительных ретенционных элементов, раз-

личного вида штифтов или вкладок [4,5,6,7,9]. За последнее десятилетие в научной литературе сложилось представление о том, что после протравливания дентина адгезивная связь образуется за счет пропитывания радиально расположенных коллагеновых волокон и проникновения адгезива в раскрытые дентинные каналы, по данным разных авторов, возможно на глубину от 10 до 30–50 мкм, при этом исключается прямой доступ микроорганизмов к пульпе зуба [9,10]. Следует подчеркнуть, что одной из особенностей морфологического строения дентина является направление коллагеновых волокон в наружном или «плащевой» слое, где преобладают волокна, идущие в радиальном направлении и в основном параллельно ходу дентинных канальцев — волокна Корфа, а в более широком внутреннем или «околопульпарном», приблизительно под прямым углом к радиальным, более тонкие и густо расположенные волокна Эбнера. Основываясь на данном факте, можно предположить, во-первых, что при адгезивной подготовке в сформированной полости зуба при глубоком кариесе, проникновение адгезива возможно только в дентинные каналы, так как коллагеновые волокна Эбнера, расположенные к ним под прямым углом, как указывает Л. И. Фалин (1963) [3], не могут полноценно участвовать в классической адгезивной связи. Во-вторых, при восстановительной терапии следует учесть, что хронический кариес характеризуется интенсивной пигментацией (коричневая, бурая), полным или почти полным отсутствием размягченной зоны и мощным развитием прозрачного и вторичного дентина, что приводит к сужению и облитерации дентинных канальцев, диаметр которых в норме в среднем равен 0,5–0,8 мкм. И, в-третьих, при кариесе вначале изменяется не диаметр дентинных канальцев, а толщина располагающихся в них отростков одонтобластов (1–4), которые заполняют весь просвет канальца. В последующем канальцы приобретают форму четкообразно вздутых, нередко сливающихся между собой с образованием обширных каверн. Следует также учесть, что в норме плазматическая мембрана отростка одонтобласта прилегает к стенке канальца, выстланной кислото- и щелочустойчивой неймановской оболочкой, хотя в отдельных случаях может отставать, при этом Томсовы волокна образуют выросты или рукава, обращенные к стенке канальцев [8]. Описанные нами особенности гистологического строения дентина, теоретически подтверждают возможность проникновения адгезива, после предварительного 15 сек. травления, в дентинные каналы витального зуба на глубину не более 10 мкм, из-за находящихся там отростков одонтобластов и дентинной жидкости. При формировании полостей в зубах с глубоким кариесом мы считаем обоснованным создание ретенционных элементов, так как считается, что

сила адгезии к периферическому дентину выше, чем к дентину, расположенному вблизи пульпы. Исходя из этого, можно сделать вывод, что такая тактика подготовки зубных тканей будет способствовать более длительному сроку службы выполненной реставрации.

Как указывает С. В. Радлинский (1999), каждый бугорок жевательной поверхности по форме напоминает четырехгранную пирамиду, основание которой имеет форму неправильного четырехугольника и находится внутри зубной коронки, а треугольные грани образуют четыре ребра [9]. Одно из них расположено на окклюзионной поверхности коронки и с точки зрения жевательной эффективности является самым важным, так как на расстоянии 1–2 мм от вершины бугорков на них находятся окклюзионные контактные точки, которые выполняют дробление пищи на более мелкие фрагменты, а грани пирамиды обеспечивают устойчивость биоконструкции во время функции. Можно предположить, что такая форма бугорков обеспечивает не только функцию дробления и жевания пищи, но и позволяет равномерно распределять жевательное давление по ребрам бугорков к основанию пирамиды, уровень которой расположен в области экватора. Следует также отметить, что одним из наиболее важных элементов биоконструкции зубных рядов являются контактные пункты и боковые эмалевые валики, которые выполняют не только определенную биомеханическую функцию, но и выполняют роль в качестве биологических барьеров, так как на проксимальных поверхностях зубов толщина эмали составляет всего около 0,01 мм и эти анатомические области являются «зоной риска» для первичного поражения кариозным процессом.

Рецепторный аппарат краевого пародонта, в области межзубного сосочка, даже в норме обладает повышенной тактильной чувствительностью по сравнению с рядом расположенными участками десны. По-видимому, это обусловлено его определенной биологической «охранительной» ролью подлежащих тканей, так как его реакция на механический раздражитель характеризуется настолько интенсивным болевым синдромом, что необходимо проводить дифференцированный диагноз с пульпитом зуба. Мы считаем, что межзубной сосочек в свою очередь предохраняет от повреждения замыкающую кортикальную пластинку над межальвеолярной перегородкой, которая в данном месте имеет наименьший диаметр и интенсивность. Следовательно, краевые эмалевые валики и межзубной контактный пункт, вместе с экватором зуба, межзубным сосочком и замыкающей кортикальной пластинкой межальвеолярной перегородки являются структурными образованиями, которые тесно связаны между собой не только анатомически, но и функционально. При этом каждый из этих элементов выполняет определенную присущую

только ему роль, в совокупности обеспечивают гармоничное взаимодействие всей зубочелюстной системы, на что следует обращать внимание при диагностике и восстановительном лечении. Следовательно, можно сделать вывод о наличии в норме в строении зубоальвеолярного комплекса «трех биологических уровней защиты» подлежащих тканей расположенных в межзубном промежутке: 1) краевые эмалевые валики; 2) межзубной контактный пункт; 3) межзубной сосочек.

Рассматривая вопрос о прямой реставрации при помощи светоотверждаемых композитов, представляют интерес некоторые аспекты моделирования предложенные С. В. Радлинским (1996, 1999) [9,10]. Так, по мнению С. В. Радлинского, при воспроизведении вестибулярной поверхности резцов необходимо оттенки шейки, тела и края зуба перекрывать чешуеобразно, то есть послойно, перекрывающимися друг друга порциями композита, что обеспечит плавные переходы цвета [9]. По нашему мнению предлагаемая автором техника укладки отдельными порциями материала, обеспечивает возможность не только воспроизведения цветовых особенностей аналогичных интактным зубным тканям, но и учета биомеханических свойств эмали и дентина. И не вызывает сомнения, что такая методика моделирования соответствует концепции «биомиметики», то есть «имитации природы», но такой подход более соответствует известным принципам «бионики» описанным в начале статьи и дальше мы приведем некоторые доводы для подтверждения данной точки зрения. Так, в своих исследованиях, Л. И. Фалин (1963), Е. В. Боровский (2003) отмечают, что, во-первых, на поперечных шлифах эмалевые призмы, расположенные в форме аркад, имеют полигональную или гексагональную форму и напоминают собой рыбью чешую. Во-вторых, в качестве неорганического наполнителя в композитах часто присутствует кварцевая мука. Кварц,  $\text{SiO}_2$ , один из самых распространенных порообразующих минералов на Земле. При разработке пломбировочных материалов применяют плавленный кварц, исходя из того, что он прозрачен, имеет коэффициент преломления света 1,56, близкий к аналогичному коэффициенту эмали равный 1,62, инертен, обладает высокими значениями прочности. По твердости эмаль нередко сравнивают с кварцем, но исследования Д. Н. Цитрина показали, что твердость эмали зуба человека колеблется от 250 до 300 единиц Виккерса, что в 5 раз меньше твердости кварца и в 2 раза — апатита [3]. Минеральный наполнитель — одна из главных качественных характеристик каждого композита и, как правило, это стеклочастицы. Кварцевая мука вносит основной вклад в механические свойства композита, оказывая существенное влия-

ние на теплофизические, физико-химические и другие свойства пломбировочного материала. Однако, относительно эмали бариумное стекло — особо подходящий наполнитель в отношении прочности, в то время как кварцевое стекло является гораздо более абразивным веществом для зуба-антагониста. И, в-третьих, как отмечает С. В. Радлинский (2001), в реставрационной конструкции граница между обычным и opakовым оттенками композита точно повторяет топографию эмалево-дентинного соединения, а оптическая плотность оттенков современных композитных материалов, например Спектрум (Дентсплай), точно повторяет opakость поверхностной эмали, основной эмали и основного дентина [9]. Таким образом, мы предлагаем использование двух терминов дополняющих друг друга: «бионика» как наука и «биомиметика» как концепция современной реставрационной стоматологии с применением универсальных композитных материалов. В конечном результате имитируется не только форма, цветовые оттенки, структурные особенности зуба, но и обеспечивается максимальное интегрирование реставрации в зубные ткани, что, несомненно, оказывает влияние на эстетический результат, биомеханическую функцию и восстановление физиологических параметров пародонта [10,11,12].

### Библиография

1. Бионика: Природа знает лучше! Новый Акрополь, 2003, № 5.
2. Лебедев Ю. С. Архитектурная бионика. М.: Изд-во Стройиздат, 1990, 269 с.
3. Фалин Л. И. Гистология и эмбриология полости рта и зубов. М., 1963, 219 с.
4. Радлинский С. В. Виды прямой реставрации зубов. Дентарт, 2004, № 1, с. 33–40.
5. Педдер В. В., Леонтьев В. К., Иванова Г. Г., Дистель Р. А. Собственное внутреннее напряженное состояние зуба, возможности и перспективы его использования в одонто-препарировании. Матер. XII и XIII Всерос. науч.-практ. конф. и Тр. IX съезда Стом. Ассоц. Рос. М., 2004, с. 410–412.
6. Блунк У. Адгезивные системы. Обзор и сравнение. ДентАрт, 2003, № 2, с. 5–11.
7. Николаенко С. А., Франкенбергер Р. Оценка эффективности современных самопротравливающих адгезивов. Стоматология, 2006, Т. 85, № 3, с. 4–7.
8. Бушан М. Г., Кодола Н. А., Кулаженко В. И. Кариес зубов, лечение и профилактика с применением вакуум-электрофореза. Кишинев. Изд-во «Карта Молдовеняскэ», 1979, 283 с.
9. Радлинский С. В. Реставрация боковых зубов: стратегия и принципы. ДентАрт, 1999, № 4, с. 30–40.
10. Радлинский С. В. Биомеханика зубов и реставраций. ДентАрт, 2006, № 2, с. 42–48.
11. Маунт Г., Нгоу Х. Минимальная интервенция: новая концепция оперативной стоматологии. ДентАрт, 2001, № 2, с. 12–19.
12. Глазер Р. Очерк основ биомеханики. М.: Изд-во «Мир», (пер. с нем.), 1988, 129 с.

*Data prezentării: 09.07.2014  
Recenzent: Pavel Gnatiuc*