

УДК 531/534: [57+61]

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ, СОПУТСТВУЮЩЕЕ ФОРМИРОВАНИЮ ЗУБОАЛЬВЕОЛЯРНОГО БЛОКА У ЧЕЛОВЕКА

В.М Тверье*, Е.Ю. Симановская, Ю.И. Няшин***

*Кафедра теоретической механики Пермского государственного технического университета, Россия, 614990, Пермь, Комсомольский пр., 29а, e-mail: nyashin@pstu.ru

**Кафедра детской стоматологии и ортодонтии Пермской государственной медицинской академии, Россия, 614990, Пермь, ул. Куйбышева, 39

Аннотация. Рассмотрено функционирование блоков зубочелюстной системы с точки зрения механики. Выделен один из основных факторов, генерирующих рост, развитие и функционирование зубочелюстной системы – биомеханическое давление. Основное внимание уделяется этапам формирования зубоальвеолярного блока. Показано, что объяснение поведения блоков и миниблоков в норме и патологии может быть осуществлено методами биомеханического моделирования.

Ключевые слова: зубочелюстная система, жевательный аппарат, жевание, биомеханическое давление, молочные зубы, постоянные зубы, прорезывание зубов, тензор напряжений, краевые задачи биомеханики.

Введение

Многофункциональная взаимосвязь отдельных органов зубочелюстной системы обусловила необходимость рассматривать ее функционирование с точки зрения механики. Это позволило считать, что зубочелюстная система является специализированной, многоблочной, многофункциональной биомеханической системой [1–3]. В ней выделяются два каркасных блока: 1) дентоальвеолярный блок, образующийся при смыкании зубных рядов верхней и нижней челюстей; 2) костно-мышечный, расположенный в области височно-нижнечелюстных суставов.

Изучение процессов формообразования и функционирования основных каркасных блоков дало возможность установить, что генератором процессов формообразования элементов первого основного каркасного блока является нарастающая после рождения ребенка нагрузка, изначально под давлением акта сосания, а с прорезыванием зубов – акта жевания. Одновременно с формированием первого каркасного блока происходят сложные преобразования как в верхней, так и нижней челюсти, связанные с прорезыванием, расстановкой зубов и подъемом высоты прикуса. Это, в свою очередь, обеспечивает появление второго каркасного зубоальвеолярного блока.

Следует отметить идентичность факторов, генерирующих рост, развитие и формообразование основных каркасных блоков, сопряженность и взаимодействие их функций. Межблочное взаимодействие происходит за счет передачи нагрузки как

твердыми (зубы, челюсти), так и мягкими тканями (мышцы, периодонт, диск височно-нижнечелюстного сустава). Зубочелюстная система человека обнаруживает связь осуществляемых функций со структурой ее блоков. Функциональное жевательное давление в различных частях зубного ряда в ходе развития привело к разнообразию формы зубов, их корневой системы, что позволяет выделить зубоальвеолярное сочленение как специализированный миниблок, являющийся активным органом жевательного аппарата. При этом передача механических взаимодействий осуществляется не только через контактирующие блоки, мышцы и другие ткани зубочелюстной системы, но и сопровождает на клеточном уровне весь организм, начиная с внутриутробного развития человека [4–5].

Определяющая роль изменяющейся нагрузки проявляется в височно-нижнечелюстном суставе, что во многом зависит от полноценности состояния зубоальвеолярного блока и его функции. Клинические и рентгенологические данные свидетельствуют о том, что патологические процессы в зубоальвеолярном блоке приводят в первую очередь к снижению жевательного давления. Это негативно сказывается на функционировании височно-нижнечелюстного сустава. Наблюдаются морфологические изменения в суставной головке, что, в свою очередь, приводит к изменениям во всем теле челюсти [5].

Не рассматривая непосредственно роль генетических, биохимических и других факторов, такой подход позволил выделить биомеханическое давление как основной фактор, обеспечивающий развитие и функционирование взаимосвязанных блоков зубочелюстной системы в норме и патологии. Термин «биомеханическое давление» употребляется в обобщенном смысле, означая в соответствующем контексте силу, удельную нагрузку, механическое напряжение и компоненты тензора напряжений. Такая точка зрения дала возможность определить круг задач биомеханики зубочелюстной системы [5].

Разработка подходов к постановкам задач биомеханики зубочелюстной системы требует более подробного изучения этапов формирования зубоальвеолярного блока с указанной точки зрения [6].

Формирование, рост и развитие зубоальвеолярного блока

Развитие лица и челюстей в эмбриональном периоде происходит в определенной последовательности. Оформление лицевой части головы зародыша человека начинается во вторую неделю развития эмбриона. В 12-дневном эмбрионе длиной 2,5 мм появляется первичный рот, отделенный от головной кишки глоточной перепонкой [7–11]. Начиная с 5-й недели, рост лица усиливается, и к концу второго месяца оно принимает форму лица человека, образуются челюсти. Разделение полости рта от полости носа происходит на третьем месяце, когда образуется твердое и мягкое небо. Развитие нижней челюсти происходит параллельно с образованием верхней челюсти из нескольких точек окостенения, появляющихся на втором месяце внутриутробной жизни. К моменту рождения альвеолярные отростки челюстей содержат в себе зачатки зубов (восьми молочных и двух постоянных). На рис. 1 показана нижняя челюсть новорожденного.

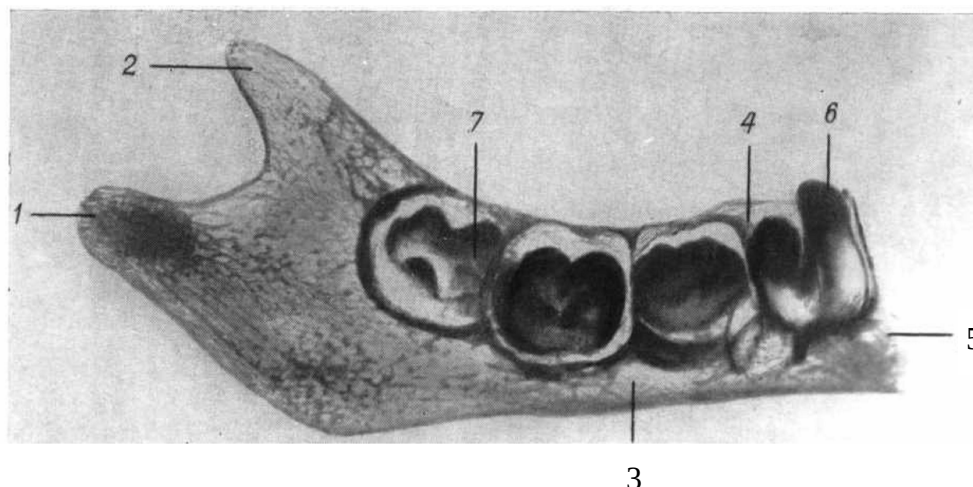


Рис. 1. Нижняя челюсть новорожденного: 1 – суставной отросток; 2 – венечный отросток; 3 – тело челюсти; 4 – альвеолярный отросток; 5 – место соединения обеих половин нижней челюсти; 6 – фолликулы молочных зубов; 7 – фолликулы постоянных зубов [10]

Рост и развитие челюстных костей во многом зависят от роста, развития и прорезывания зубов, формирования зубных рядов и прикуса. Обычно нарушения в строении зубных рядов указывают на отклонения в развитии челюстных костей. Развитие челюстных костей происходит неравномерно. Усиленный рост челюстей наблюдается в областях, подготавливающих к прорезыванию зубов. К концу своего развития короткая и широкая верхняя челюсть, главную часть которой составляет альвеолярный отросток (у новорожденного), становится длинной и узкой (у взрослого). К этому моменту развития она состоит из тонких костных пластинок, содержит воздушные полости и воздухопроводящие пути.

Вскоре после рождения в период с 6 месяцев до одного года нижняя челюсть становится непарной костью: обе половины срастаются в единое целое. Нижняя челюсть является единственной подвижной костью лицевого скелета. К ней прикрепляется большое количество мышц, приводящих ее в движение. Это определяет сложность строения и влияние нижней челюсти на развитие лицевого скелета и покрывающих его мягких тканей. У новорожденного основную часть нижней челюсти составляет ее тело и альвеолярный отросток. Ветвь челюсти широка и коротка (рис. 1). В дальнейшем при росте тела челюсти развивается ее восходящая ветвь и формируются суставные головки. Размер тела увеличивается в четыре раза. Альвеолярный отросток растет медленнее и увеличивается не более чем в один-два раза.

Процесс роста челюстей происходит на протяжении 15–16 лет. В течение этого времени осуществляется созревание фолликулов молочных и постоянных зубов, их прорезывание, формирование молочного, сменного и постоянного прикусов.

В росте и развитии челюстей значительную роль играет формирование и прорезывание зубов. Этот сложный биологический процесс происходит в определенной закономерной последовательности и имеет место только в челюстно-лицевой области. Нарушения в формообразовании зубов и их прорезывании ведут к патологии.

Развитие зуба происходит последовательно из зубной пластинки. По краю пластинки возникают разрастания эпителия, принимающие колбовидную форму (эмалевый орган). Они и являются зачатками как молочных, так и постоянных зубов. Эмалевый орган вскоре приобретает форму чаши, углубление которой заполнено мезенхимой, образующей сосочек зубного зачатка. Принято считать, что эмалевый орган образует эмаль, а сосочек – дентин и пульпу [7, 10]. Из мезенхимы, окружающей

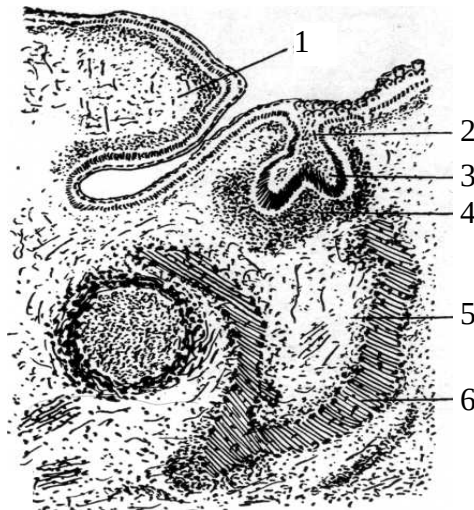


Рис. 2. Стадия зубного зародыша: 1 – язык; 2 – зубная пластинка; 3 – эмалевый орган; 4 – зубной сосочек; 5 – кость альвеолы; 6 – нижняя челюсть [10]

зубной зачаток, формируется зубной мешочек. Последний частью окостеневает и образует цемент корня, периодонт и стенки альвеол (рис. 2). Зуб проходит следующие стадии развития:

1. дифференциация эпителиального колокола и мезенхимального сосочка;
2. формирование зубного фолликула (на третьем месяце утробной жизни образуется восемь фолликулов. Они служат местом развития временных резцов, а к шестому месяцу появляются фолликулы для молочных клыков. В это же время закладывается фолликул будущего первого моляра [7, 8]);
3. формирование коронки зуба;
4. образование и формирование корня зуба.

В процессе постепенного прорезывания зуба его коронка появляется на поверхности альвеолярного отростка. Прорезавшийся зуб обычно имеет полностью сформированную коронку, а его корни полностью завершают свое формирование после прорезывания.

Прорезывание зуба согласуется с ростом и развитием тканей, окружающих зуб, – пародонтом.

Существует ряд теорий, определяющих ведущее значение тех или иных факторов в механизме прорезывания зубов [7–11]. В этих теориях сделана попытка объяснить действие механического напряжения, которое трактуется как «давление». Исторически первой теорией, использующей механический фактор, была корневая теория: растущий корень упирается в неподвижное дно альвеолы, образованное компактной костной тканью, благодаря чему зуб выталкивается наружу. В других теориях главное значение придается ростовым напряжениям, возникающим при росте зубного зачатка. Последний в процессе развития давит на образовавшийся дентин, в результате чего зуб прорезывается в сторону наименьшего сопротивления. После превращения сосочка в пульпу прорезывание зуба прекращается [7]. Эта теория не подтверждается клиническими и рентгенологическими исследованиями: зуб продолжает прорезываться после формирования корня и после превращения сосочка в пульпу [7–11].

Определенное значение придается внешним факторам – механической нагрузке, возникающей при осуществлении функции жевания в норме и патологии (А.Я. Катц [8]). Жевательное давление создает раздражение в нервных и тканевых элементах, что стимулирует рост и развитие зубочелюстной системы, в частности зуба и окружающих

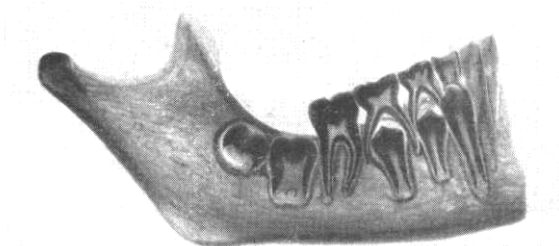


Рис. 3. Рентгенограмма нижней челюсти 9-летнего ребенка [10]

его тканей. При дисфункции жевания и/или дефектах зубочелюстной системы наблюдаются изменения в обоих каркасных блоках зубочелюстной системы.

Анализ литературных данных позволяет предположить, что развитие и функционирование зубочелюстной системы определяется сочетанием внешних и внутренних факторов, приводящих к механическому взаимодействию на тканевом и органном уровнях. По-видимому, впервые такой вывод был сделан в работах [10-11]. Генетически заложенная способность тканей к росту и изменению приводит к появлению биомеханического давления (напряжений), что способствует развитию зуба и окружающих тканей до своего завершения. Это подтверждается случаями анкилоза нижней челюсти, когда полностью отсутствует жевательное давление, но формирование и прорезывание зубов осуществляется [10]. Функциональная нагрузка является дополнительным раздражителем, способствующим своевременному прорезыванию зубов и смене молочных зубов на постоянные (рис. 3).

Качественное и количественное объяснение этого процесса возможно при адекватной постановке краевых задач биомеханики контактного взаимодействия.

Жевательное давление является основным фактором, обуславливающим прорезывание зубов после окончания их формирования. Это подтверждается отсутствием прорезывания фронтальных зубов при открытом прикусе. В этом случае выпадает акт откусывания пищи, а функциональные раздражения (напряжения), возникающие в группе жевательных зубов, не доходят до переднего отдела челюстей. Такие данные получены в работе [10] методом фотоупругости при нагружении модели нижней челюсти из эпоксидной смолы. На рис. 4–5 показаны картины интерференционных полос, соответствующие распределению напряжений при просвечивании нагруженной модели в поляризованном свете.

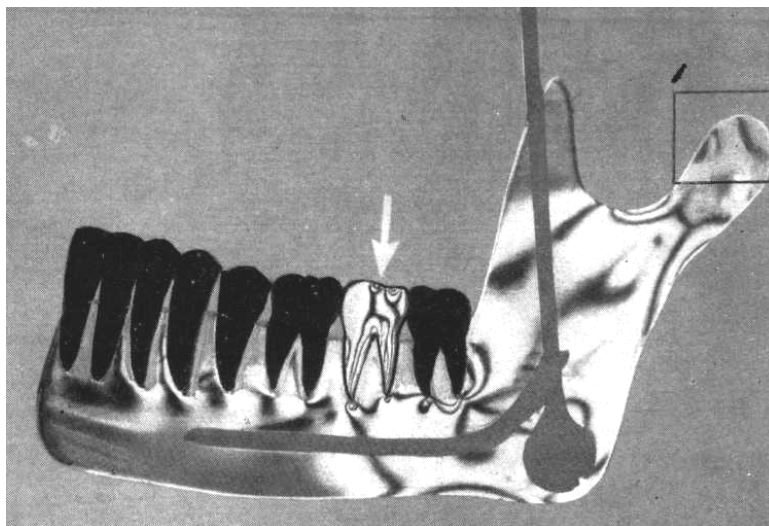


Рис. 4. Линии напряжений при нагрузке на жевательный зуб. Напряжения в подбородочном отделе отсутствуют [10]

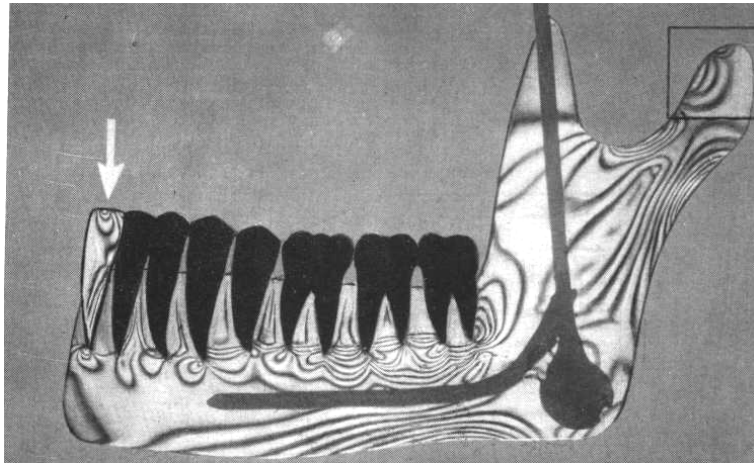


Рис. 5. Линии напряжений при нагрузке на фронтальном участке. Напряжения возникают во всей челюсти [10]

Таким образом, объяснение поведения в норме различных блоков и миниблоков зубочелюстной системы, их функционирования, а также патологии и дисфункции жевательного аппарата может быть осуществлено методами биомеханического моделирования. Методы биомеханики (с точки зрения механики сплошных сред) позволяют описать поведение как отдельных миниблоков зубочелюстной системы, так и их взаимодействие, учитывая свойства материалов и структуру. Для описания функциональных процессов, обеспечиваемых зубочелюстной системой, необходимо построение математических моделей, что возможно при адекватной постановке краевых задач механики.

Список литературы

1. *Simanovskaya, E.Y.* Functional adapto-compensating mechanisms of the masticatory apparatus as a special biomechanical system / E.Y. Simanovskaya, M.Ph. Bolotova, Y.I. Nyashin, M.Y. Nyashin // Russian Journal of Biomechanics. – 1999. – V. 3, No. 3. – P. 3-11.
2. *Simanovskaya, E.Y.* Mechanical pressure as generator of growth, development and formation of the dentofacial system / E.Y. Simanovskaya, M.Ph. Bolotova, Y.I. Nyashin // Russian Journal of Biomechanics. – 2001. – V. 5, No. 3. – P. 14-17.
3. *Simanovskaya, E.Y.* Masticatory adaptation of the human dentofacial system / E.Y. Simanovskaya, M.Ph. Bolotova, Y.I. Nyashin, M.Y. Nyashin // Russian Journal of Biomechanics. – 2002. – V. 6, No. 4. – P. 15-61.
4. *Симановская, Е.Ю.* Биомеханическое описание особенностей функций жевательного аппарата у человека в норме и при различных патологических процессах / Е.Ю. Симановская, А.Н. Еловицова, В.М. Тверье, Ю.И. Няшин // Российский журнал биомеханики. – 2004. – Т. 8, № 4. – С. 15-26.
5. *Тверье, В.М.* Механический фактор развития и функционирования зубочелюстной системы человека / В.М. Тверье, Е.Ю. Симановская, Ю.И. Няшин // Российский журнал биомеханики. – 2005. – Т. 9, № 2. – С. 34-42.
6. *Симановская, Е.Ю.* Роль зубоальвеолярного блока в формировании жевательного аппарата / Е.Ю. Симановская, Ю.И. Няшин, М.И. Шмурак // Российский журнал биомеханики. – 2004. – Т. 8, № 4. – С. 9-14.
7. *Воробьев, В.* Анатомия, гистология, эмбриология полости рта и зубов / В. Воробьев, Г. Ясвоин. – М.: Биомедгиз, 1936.
8. *Астахов, Н.А.* Ортопедическая стоматология / Н.А. Астахов, Е.М. Гофунг, А.Я. Катц. – М.-Л.: Медгиз, 1940.
9. *Кудрин, И.С.* Анатомия органов полости рта / И.С. Кудрин. – М.: Медицина, 1968.
10. *Курляндский, В.Ю.* Ортодонтия, травматология, челюстное и лицевое протезирование. Атлас. Том II / В.Ю. Курляндский. – М.: Издательство треста Медучпособие, 1970.
11. *Курляндский, В.Ю.* Учебник ортопедической стоматологии / В.Ю. Курляндский. – М.: Медгиз, 1962.

BIOMECHANICAL PRESSURE CONCOMITANT WITH THE FORMING OF THE HUMAN DENTOALVEOLAR UNIT

V.M. Tverier, E.Y. Simanovskaya, Y.I. Nyashin (Perm, Russia)

The functioning of the maxillo dental system is considered from the point of view of mechanics. One of the major factors generating growth, development and functioning of the maxillo dental system – biomechanical pressure is stood out. The basic attention is being focused on the stages of the dentoalveolar unit formation. It is shown that an explanation for the behaviour of the units and the miniunits in norm and pathology can be carried out by the methods of biomechanical modelling.

Key words: maxillo dental system, masticatory system, mastication, biomechanical pressure, primary teeth, permanent teeth, teeth eruption, stress tensor, boundary value problems of biomechanics.

Получено 27 августа 2005