

## MASTICATORY ADAPTATION OF THE HUMAN DENTOFACIAL SYSTEM

**E.Y. Simanovskaya\*, M.Ph. Bolotova\*, Y.I. Nyashin\*\*, M.Y. Nyashin\*\***

\* Perm State Medical Academy, 39, Kuybishev Street, 614000, Perm, Russia

\*\* Department of Theoretical Mechanics, Perm State Technical University, 29a, Komsomolskii Prospect, 614600, Perm, Russia, e-mail: nyashin@theormech.pstu.ac.ru

**Abstract.** In this article, the influence of masticatory loads on shape and structure of different parts of the dentofacial system is analyzed. Special attention is given to consideration of the temporomandibular and intermaxillary units, their formation and interaction.

**Key words:** adaptation, mastication, dentofacial system, tooth, temporomandibular joint

Mastication is an executive act of conditioned and unconditioned reflexes representing coordination of contraction of the masticatory, mimic and tongue muscles. Activation of the masticatory system is accompanied by changes of biomechanical homeostasis, and it is determined by alternations of positional relationship of jaw-bones, transformation of chemical energy into mechanical one, changes of plasticity, elasticity, power of the retractive actomyosin complex of their sarcoplasmic reticulum. It excites sensory endings of V, VII, IX, X cranial nerves, activates nuclei of stem and supramedullary structures – generators of action potentials which set going the dentofacial system in the functional mode at the molecular level and modify mode of reflex regulation of the dentofacial system at the stem and cortical levels. Contraction of the masticatory muscles sets the mandible in motion about the maxilla, food is situated within the dental arches and is bitten, broken to pieces. Being cloddy formed, a food lump moves due to tongue muscles in the direction of the back palatopharyngeal seal and then the gullet.

The temporomandibular joint plays an active role in mastication. This complicated multicomponent musculoarticular unit provides for occlusion and mandibular movements in different directions. The originality of this articulation as compared with the other joints lies in the fact that both temporomandibular joints function simultaneously and hence “mechanically present the unified combined articulation” [7].

Deep clinical study of processes of the temporomandibular joint formation taking into account age features of child's organism confirms modeling effect of mastication on joint's anatomical shape, its conjugation with state of articulating correlation between dental arches (the intermaxillary unit) all through his life and it is the proof of existence of dialectical causal relationship between shape and function in biological systems and inter alia in the dentofacial system.

The cogent argument is increasing growth of child's spongy bone due to mastication in a period from 6 months to 3 years and further enlargement of jaw-bones in a period from 3 years to 9 years.

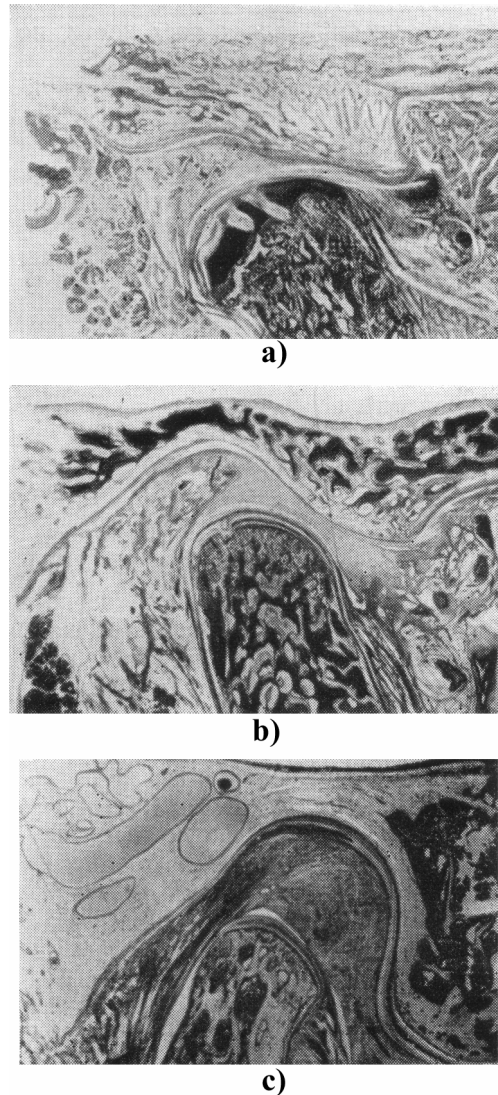


Fig. 1. The articular cavity and articular tubercle of a) a new-born child; b) a fifteen-month-old child; c) an eighteen-year-old youth [6].

By 13-15 years, there are the marked changes in compact bone, its volume multiplies up 2-3 times. Activity and intensity of growth processes are extremely higher during dentition [4].

One of the features of structural changes in the face bones under masticatory loads is formation of thickening bone tissues (counterforts). They arise in the zones of high mechanical stresses and constitute support-retentive frame whose construction skeletonizes pneumatized thin-walled bones and hence provides masticatory load transformation.

A. Kats studied architectonics of the human mandible and arrived at a conclusion that bone tissue is distributed subject to direction of work of the jaw-bones [2, 3]. Mandible's spongy bone structure is anisotropic in concordance with masticatory stress direction.

Mechanical factor greatly influences on eruption and formation of dental arches [6].

It is generally known that a new-born child has no very important element of the temporomandibular joint - the articular tubercle. Formation of the articular tubercle begins due to mechanical loads originating in process of suction and quickens with deciduous dentition and especially with rise of occlusal height (Fig. 1).

It should be noted that conjugation between processes of formation of the temporomandibular joints and articulation ratio of the dental arches stimulates formation of all parts and elements of the joint during all human being's life long. In particular, jaw-bones

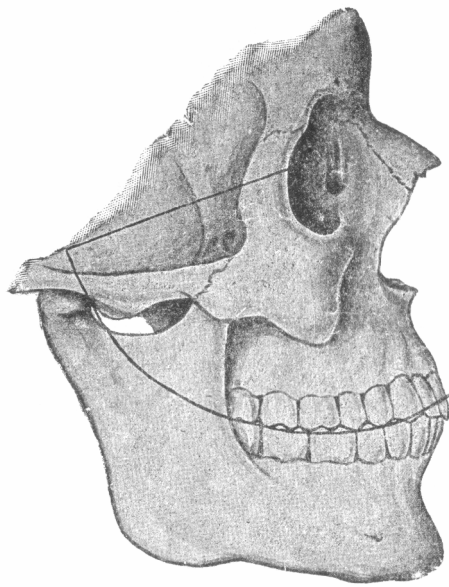


Fig. 2. Relationship between the contact surface formed by the posterior teeth and articular tubercle of the temporal bone [1].

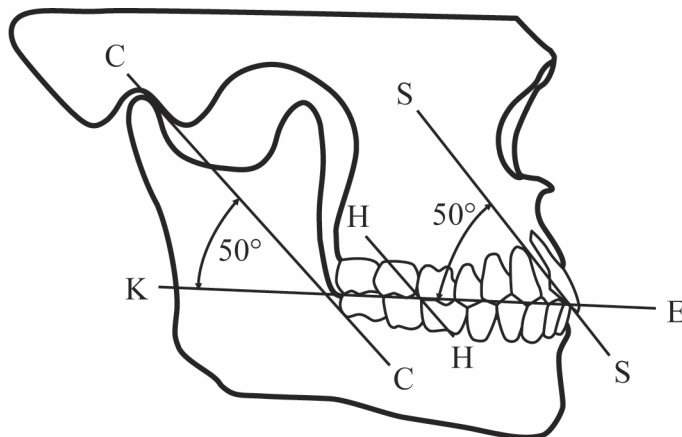


Fig. 3. A schematic sketch of inclination of the incisors' (SS) and molars' (HH) crowns and articular tubercle of the temporal bone to the horizontal plane [1].

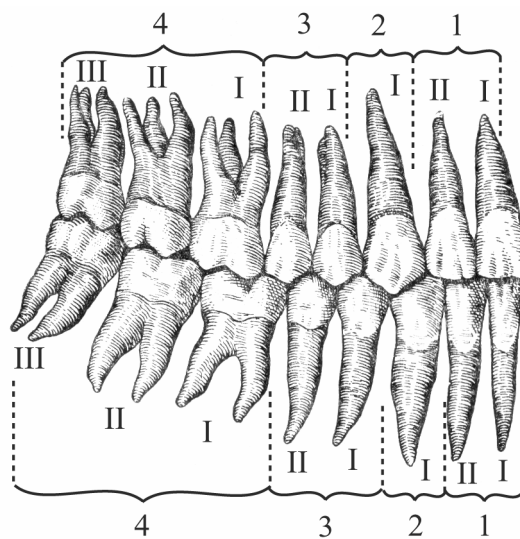


Fig. 4. Bite (the cheek side):

1 - dentes incisius; 2 - dens canicus; 3 - dentes praemolares; 4 - dentes molares.

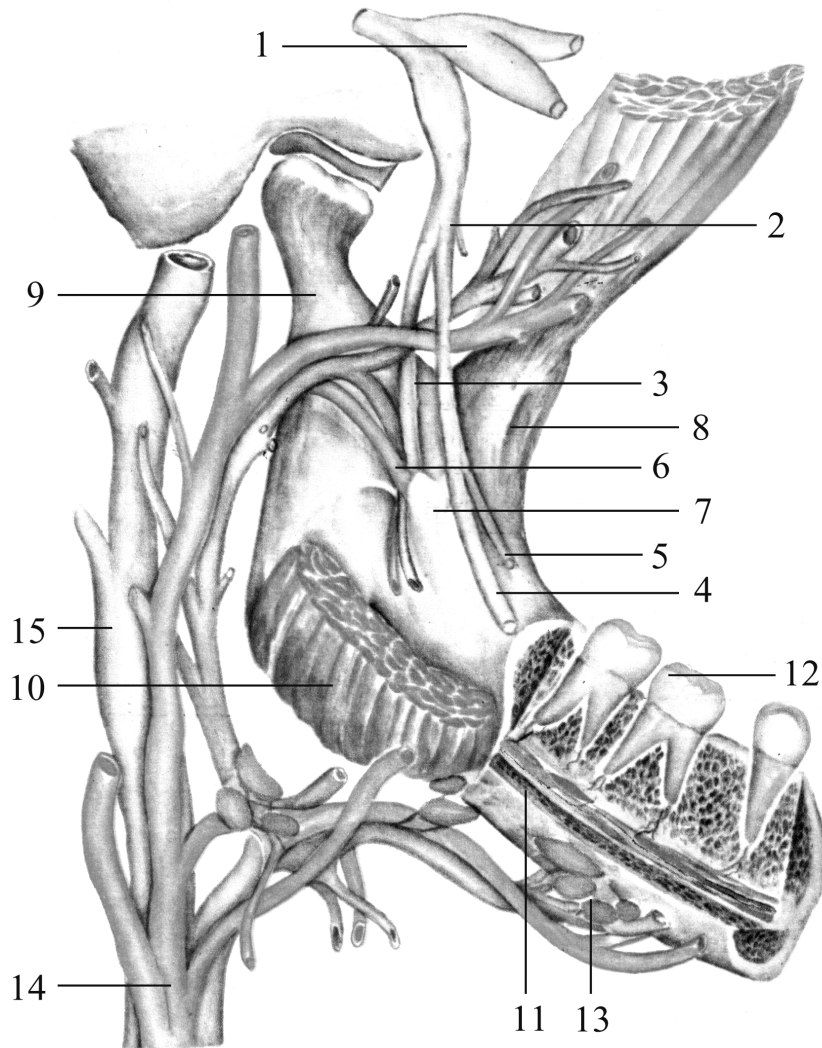


Fig. 5. 1 – trigeminal ganglion; 2 – the third branch of trigeminal ganglion; 3 – mandibular nerve; 4 – lingual nerve; 5 – buccal nerve; 6 – neurovascular fascicle; 7 – mandibular foramen; 8 – coronoid process of mandible; 9 – condylar process; 10 – medial pterygoid muscle; 11 – mandibular canal with fascicle; 12 – molars; 13 – submandibular lymph nodes; 14 – external carotid artery; 15 – internal jugular vein [5].

contacting due to lost teeth undone their stabilizing function and so the articular head of the mandible may begin movements back from the articular tubercle. It results in increasing pressure on a thin plate which separates joint and cranium cavity.

As far back as the 19th century, A. Anichkin wrote about interdependent alternations in organism's parts, in particular “lack of teeth or a habit to masticate by only one side results in condylus's shape changes” [1].

Schroder noted that the contact surface produced by osculant teeth intersects the back part of the articular tubercle (Fig. 2) and that in occlusion (when dental arches are close) the cutting edges of the lower incisors are set against the palatine surfaces of the upper incisors (Fig. 3).

Conjugation and coordination of functions of both frame units (temporomandibular and intermaxillary units) provide static contact of dental tubercles with the corresponding intertubercular sulci of the antagonists, the lingual tubercles of the upper molars locating between intertubercular sulci of the lower ones and cheek tubercles of the upper molars hanging over these of the lower molars. Filigree anatomic shape ensures intersection of axes of respective teeth strictly in the centerline (Fig. 4).

A human temporomandibular joint has some features in comparison with these of other mammals. It is connected with special location of attachment of some muscles and with structure of the joint itself. For example, the back side of the human articular cavity is concave like those of predatory animal's one, anterior side is convex like ruminant animal's one, the zone between these sides corresponds planar clivus like rodent's one [1]. Such anatomical shape of the articular cavity expands dynamical possibilities and provides for variety of mandibular movements necessary for mastication.

It should be pointed out on generality of ways for fluid movement, i.e. on systems of blood and lymphatic vessels. Similar statement may be pronounced about innervation of the temporomandibular joints and dentoalveolar zones (Fig. 5), i.e. there is generality of craniocerebral innervation which is provided for the central nervous system and divergent centers (trigeminal, facial, hypoglossal, vagus nerves).

So, the initial stage of mechanical treatment of food which is necessary to satisfy the human organism's requirements is executed by mastication, i.e. an executive act of conditioned and unconditioned reflexes.

Clinicoanatomotopographical peculiarities of the dentofacial system's structure and function allow considering this polymodal complex as function-adaptive biomechanical system of interconnected tissues. Special attention must be given to role of mechanical pressure increase in eruption and formation of milk and permanent occlusions. Moreover, mechanical factor generates growth processes in the face bones and models anatomical shape and structure of bone tissues.

Thus, it was proved both anatomical and functional direct coupling and feedback between temporomandibular and intermaxillary units, and the state of the dental arches is very essential. The mechanisms of interaction of these units must be considered both in their equilibrium (in statics) and in their functioning, i.e. during mastication (in dynamics) taking into consideration age anatomical and functional features of these units.

### Acknowledgements

This work is partly funded by Russian Foundation for Basic Research (grants No. 01-01-00021 and No. 02-01-81026).

### References

1. ВОРОБЬЕВ В., ЯСВОИН Г. **Анатомия, гистология, эмбриология полости рта и зубов.** Москва, Ленинград, Биомедгиз, 1936 (in Russian).
2. КАТЦ А.Я. Архитектура нижней челюсти. **Советская стоматология**, 6-7, 1931 (in Russian).
3. КАТЦ А.Я. Особенности строения кости нижней челюсти. **Стоматология**, 3, 1947 (in Russian).
4. КОЛЕСОВ А.А. **Стоматология детского возраста.** Москва, Медицина, 1978 (in Russian).
5. МАГИД Е.А., МУХИН Н.А. **Атлас по фантомному курсу в терапевтической стоматологии.** Москва, Медицина, 1981.
6. НАПАДОВ М.А. **Ортодонтический атлас.** Киев, Здоровье, 1967 (in Russian).
7. ПРИВЕС М.Г., ЛЫСЕНКОВ В.И., БУШКЕВИЧ В.И. **Анатомия человека.** 1968 (in Russian).

## **АДАПТАЦИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ЖЕВАТЕЛЬНЫМ УСИЛИЯМ**

**Е.Ю. Симановская, М.Ф. Болотова, Ю.И. Няшин, М.Ю. Няшин (Пермь, Россия)**

Жевание – исполнительный акт безусловных и условных рефлексов, представляющих собой координацию сокращения жевательных мышц, мимической мускулатуры и мышц языка. Процесс активации жевательного аппарата сопровождается изменениями биомеханического гомеостаза, что обусловлено сменой положения челюстей относительно друг друга, трансформацией химической энергии в механическую, изменением пластичности, упругости, работы, мощности, сократительного акто-миозинового комплекса их саркоплазматического ретикулюма, что возбуждает чувствительные окончания V, VII, IX, X черепных нервов, активирует ядра стволовых и супрастволовых структур-генераторов потенциалов действия, запускающих жевательную систему в функциональный режим на молекулярном уровне и изменяющих режим рефлекторной регуляции жевательного аппарата на стволовом и корковом уровнях. Сокращение жевательной мускулатуры приводит в движение нижнюю челюсть, перемещая ее относительно неподвижной верхней челюсти, при этом пища дислоцируется в пространство между зубными рядами и в зависимости от того, на какую группу зубов она попадет, происходит ее откусывание, дробление, размалывание. Обретая комкообразную форму, при активном участии мускулатуры языка, пищевой комок перемещается в направлении заднего небно-глоточного затвора и далее в глотку.

Активное участие в выполнении функции жевания принадлежит височно-нижнечелюстному суставу как самостоятельному и уникально построенному блоку, так и в аспекте его взаимодействия с зубоальвеолярным сочленением, ибо скелет лицевого черепа в каждый момент времени является функцией состояния зубных дуг. Височно-нижнечелюстной сустав – сложный многокомпонентный мышечно-суставной задний каркасный блок, обеспечивающий в жевательной системе человека разнонаправленные перемещения нижней челюсти, приводя при этом в соприкосновение зубные ряды верхней и нижней челюстей. Уникальность этого сочленения, в отличие от других суставов в том, что оба височно-нижнечелюстных сустава функционируют одновременно, а, следовательно, представляют в механическом смысле одно комбинированное сочленение.

Углубленное клиническое изучение процессов формирования височно-нижнечелюстного сустава с учетом возрастных особенностей детского организма, подтверждает не только моделирующее влияние жевательной нагрузки на анатомическую форму сустава, но и ее сопряженность с состоянием артикуляционных соотношений между зубными рядами верхней и нижней челюстей – передним каркасным зубоальвеолярным блоком, как в период молочного, так и постоянного прикуса, что является доказательством наличия диалектической взаимосвязи между формой и функцией в биологических системах, и в частности, в жевательном аппарате.

Наблюдается усиление процессов роста губчатого вещества у ребенка в возрастной период от 6 месяцев до 3 лет под влиянием акта жевания, а также последующее заметное увеличение размеров челюстных костей, в возрасте от 3 до 9 лет и нарастание стройности структуры губчатого вещества. К 13-15 годам заметными становятся изменения компактного вещества, объем которого возрастает в 2-3 раза. Активность и интенсивность ростовых процессов особенно усиливается в периоды прорезывания зубов.

Данные литературы подтверждают значимость биомеханических воздействий на процессы роста и формирования челюстных костей, и в частности, физиологического акта прорезывания зубов и становление зубных рядов, отражая одновременно взаимозависимость между этими факторами онтогенеза, обуславливающими рост костных образований и особенности их архитектоники.

У новорожденного ребенка отсутствует очень важный элемент височно-нижнечелюстного сустава – суставной бугорок. Формирование суставного бугорка начинается под влиянием нагрузки, возникающей в процессе акта сосания, усиливается параллельно с прорезыванием молочных зубов и, особенно с подъемом высоты прикуса, т.е. под влиянием акта жевания, что способствует завершению формирования суставного бугорка только к 6 - 7 летнему возрасту ребенка.

В специальной литературе, отражающей вопросы анатомии, гистологии, эмбриологии полости рта и зубов, обращается внимание на особенности строения височно-нижнечелюстного сустава «у человека, в отличие от строения других млекопитающих, что, по мнению авторов, связано как с расположением точек прикрепления отдельных групп мышц к нижней челюсти, так и со строением самого сустава, и в частности, у человека суставная ямка в задней части вогнута наподобие суставной ямки хищника, в передней части выпукла (*tuberculum articulare*), как суставная поверхность у жвачных, и между передней и задней частью представляет плоский скат наподобие суставной ямки грызунов» (В. Воробьев, Г. Ясвоин, 1936), Авторы считают, что такое анатомическое строение суставной ямки височно-нижнечелюстного сустава расширяет динамические возможности и обеспечивает разнообразие движений нижней челюсти, необходимые для совершения сложного акта жевания.

Анализируя факторы сопряженности и синхронности функции височно-нижнечелюстного сустава и зубоальвеолярного сочленения, следует обратить внимание на общность путей, проводящих жидкости и раздражения, т.е. на кровообращение, систему лимфатических связей и иннервацию височно-нижнечелюстного сустава и зубоальвеолярного сочленения, т.е. единство черепно-мозговой иннервации, которая обеспечивается ЦНС и, в частности, отходящими от ее центров: тройничного, лицевого, подъязычного и отчасти блуждающего черепных нервов (Рис. 5).

Таким образом, среди многочисленных функций, выполняемых жевательным аппаратом – начальный этап механической обработки пищи, необходимой человеку для удовлетворения энергетических потребностей организма, обеспечивается исполнительным актом безусловных и условных пищевых рефлексов – жеванием. Клинико-анатомопографические особенности структуры и функций жевательного аппарата с учетом возрастных особенностей, позволяют рассматривать этот сложный полимодальный комплекс как функционально-приспособительную многоблочную биомеханическую систему специализированных тканевых образований, взаимосвязанных между собой генетически, анатомически и функционально. Особого внимания заслуживает вопрос о роли усиления процессов давления, происходящих в соответствии с законами механики, в периоды прорезывания зубов и формирования как молочного, так и постоянного прикуса и действующих не только как генератора ростовых процессов в костях лицевого скелета, но и как компонента, моделирующего анатомическую форму и структуру костных тканей. Библ. 7.

Ключевые слова: адаптация, жевание, зубочелюстная система, зуб, височно-нижнечелюстной сустав

*Received 12 April 2002*