

DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-130-135  
УДК616.314-007.272:616724:616716.4:616.742.7]-036-07(045)

## ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ПРИ УСТРАНЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БОКОВОГО СМЕЩЕНИЯ

Воронина Е. А., Нуриева Н. С., Делец А. В., Делец М. А.

*Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия*

### Аннотация

**Введение.** Асимметрии лица, связанные с боковым смещением нижней челюсти, могут быть вызваны различными причинами, а именно наличием функционального бокового смещения нижней челюсти, скелетной асимметрии челюстно-лицевой области, жеванием на привычной стороне, травмами в челюстно-лицевой области, заболеваниями височно-нижнечелюстного сустава, комбинацией вышеперечисленных факторов. Выявление этиологического фактора позволяет оценивать возможность коррекции положения нижней челюсти и улучшения взаимоотношений внутрисуставных структур височно-нижнечелюстного сустава.

Функциональное боковое смещение нижней челюсти характеризуется асимметричным тонусом жевательных мышц, изменением положения подбородка, нарушением функции височно-нижнечелюстного сустава на стороне смещения. При коррекции данного состояния возможно также асимметричное изменение тонуса жевательных мышц, что будет приводить к неравномерному разобщению зубов справа и слева и формированию ортопедической нестабильности.

**Цель.** Выявление этиологического фактора позволяет оценивать возможность коррекции положения нижней челюсти и улучшения взаимоотношений внутрисуставных структур височно-нижнечелюстного сустава.

**Материалы и методы.** В статье рассмотрен клинический случай патологии височно-нижнечелюстного сустава, ассоциированной с функциональным смещением нижней челюсти. Проведено внутривитальное сканирование зубных рядов в привычном положении на временных конструкциях, электронная аксиография в привычном и терапевтическом положении. Получено асимметричное изменение положения мышечных волокон при коррекции функционального бокового смещения нижней челюсти. Проведено сравнение данных конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) нижней челюсти в месте прикрепления жевательной мышцы до и после устранения асимметрии челюстно-лицевой области.

**Заключение.** Рекомендовано использование временных несъемных конструкций на имплантатах при коррекции бокового смещения нижней челюсти на весь период возможного ремоделирования тела нижней челюсти с целью профилактики формирования ортопедической нестабильности на постоянных конструкциях.

**Ключевые слова:** боковое смещение нижней челюсти, деформация нижней челюсти, электронная аксиография, височно-нижнечелюстной сустав, внутривитальное сканирование

### Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Екатерина Александровна ВОРОНИНА** ORCID ID 0000-0001-6108-0268

*Врач-стоматолог-ортопед, аспирант кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия*  
+7 (919) 1130036

*Voroninae88@mail.ru*

**Наталья Сергеевна НУРИЕВА** ORCID ID 0000-0002-5656-2286

*Д. м. н., профессор кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия*  
*natakipa@mail.ru*

**Александр Владимирович ДЕЛЕЦ** ORCID ID 0000-0002-1689-0998

*К. м. н., доцент кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия*  
*Cdelets@mail.ru*

**Мария Александровна ДЕЛЕЦ** ORCID ID 0000-0002-3066-5244

*Студентка 5 курса стоматологического факультета, Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия*  
*Deletsm@bk.ru*

**Адрес для переписки: Екатерина Александровна ВОРОНИНА**

*454000, Россия, Челябинск, ул. Воровского, 64*

*+7 (919) 1130036*

*voroninae88@mail.ru*

### Образец цитирования:

*Воронина Е. А., Нуриева Н. С., Делец А. В., Делец М. А. ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ПРИ УСТРАНЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БОКОВОГО СМЕЩЕНИЯ. Проблемы стоматологии. 2021; 2: 130-135.*

*© Воронина Е. А. и др., 2021*

*DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-130-135*

*Поступила 01.06.2021. Принята к печати 20.06.2021*

DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-130-135

## CHANGES IN THE LINEAR DIMENSIONS OF THE LOWER JAW WITH THE ELIMINATION OF FUNCTIONAL LATERAL DISPLACEMENT

Voronina E.A., Nurieva N.S., Delec A.V., Delec M.A.

*South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia*

### Annotation

**Introduction.** Facial asymmetries associated with lateral displacement of the jaw arise due to various reasons, namely, the presence of functional lateral displacement of the lower jaw, skeletal asymmetry of the maxillofacial region, and a combination of the above factors.

**Purpose.** Identification of the etiological factor makes it possible to assess the possibility of correcting the position of the lower jaw and improving the relationship of the intra-articular structures of the temporomandibular joint.

**Materials and methods.** Functional lateral displacement of the lower jaw is characterized by an asymmetric tone of the masticatory muscles, a change in the position of the chin, and dysfunction of the temporomandibular joint on the side of the displacement of the lower jaw. The article discusses a clinical case of a patient with pathology of the temporomandibular joint associated with functional displacement of the mandible. Comparison of the data of cone-beam computed tomography of the lower jaw at the site of attachment of the masticatory muscle before and after the elimination of the asymmetry of the maxillofacial region was carried out.

**Conclusion.** An asymmetric change in the displacement of the condyles was obtained according to the data of electronic axiography, an improvement in the ratio of intra-articular structures, the presence of a change when comparing STL models of the lower jaw.

**Keywords:** lateral displacement of the mandible, deformity of the mandible, electronic axiography, temporomandibular joint, intraoral scanning

The authors declare no conflict of interest.

**Ekaterina A. VORONINA** ORCID ID 0000-0001-6108-0268

Orthopedic dentist, Post-graduate student, Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia  
+7 (919) 1130036  
Voroninae88@mail.ru

**Natalia S. NURIEVA** ORCID ID 0000-0002-5656-2286

Grand PhD in Medical sciences, Professor at the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia  
natakipa@mail.ru

**Alexander V. DELEC** ORCID ID 0000-0002-1689-0998

PhD in Medical sciences, Associate Professor at the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia  
Cdelets@mail.ru

**Maria A. Delec** ORCID ID 0000-0002-3066-5244

5<sup>th</sup> year student at the Department of Orthopedic Dentistry and Orthodontics, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia  
Deletsm@bk.ru

**Correspondence address: Ekaterina A. VORONINA**

454000, Chelyabinsk, Str. Vorovskogo, 64  
voroninae88@mail.ru

### For citation:

Voronina E.A., Nurieva N.S., Delec A.V., Delec M.A. CHANGES IN THE LINEAR DIMENSIONS OF THE LOWER JAW WITH THE ELIMINATION OF FUNCTIONAL LATERAL DISPLACEMENT. Actual problems in dentistry. 2021; 2: 130-135. (In Russ.)

© Voronina E.A. et al., 2021

DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-130-135

Received 01.06.2021. Accepted 20.06.2021

## Введение

Закон архитектурных превращений Вольфа как «закон трансформации кости» гласит, что функция обеспечивает структуру костной ткани таким образом, чтобы поддерживалась адекватная работа всех смежных органов [1, 8, 9, 18]. При тех или иных функциональных боковых смещениях нижней челюсти будут формироваться асимметрии лица, челюстно-лицевой области, тонуса, длины, толщины жевательных мышц [10, 17, 18, 21, 23], что говорит о возможном изменении различных функций челюстно-лицевой области [3, 4]. Именно гипертонус жевательных мышц может приводить к деформации и изменению структуры тела нижней челюсти в месте их прикрепления [6, 25]. Изменение окклюзионных контактов, протезирование в дистальных отделах на имплантатах, особенно при переводе с этапа съемных конструкций на постоянные несъемные, минуя этап изготовления временных реставраций, может приводить к формированию ортопедической нестабильности, которая будет проявляться нарушением смыкания зубных рядов в центральной и динамической окклюзиях. Длительность перестройки костной ткани достигает 160 суток, но эта величина может меняться в зависимости от различных факторов [7, 12].

Безусловно, имплантаты и тотальное протезирование на них — относительно новое направление, в сравнении с традиционным протезированием мостовидными конструкциями на зубах. Зачастую значительная стоимость временных конструкций на имплантатах приводит к коррекции плана лечения и отказу от них пациента и лечащего доктора даже в период активного развития гнатологии. Отсутствие несъемных временных реставраций может приводить к значительным проблемам в ранний или отсроченный период. Однако уже редко можно встретить такую ситуацию, как отсутствие имediat-протезов при реабилитации пациента несъемными конструкциями с опорой на свои зубы. Это, скорее всего, связано с наличием значительного количества судебных разбирательств и большого числа проигранных дел. Но отсутствие прописанных стандартов по окклю-

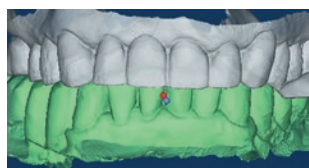


Рис. 1. 3D-модели челюстей в привычном положении

Fig. 1. 3D models of the jaws in the usual position

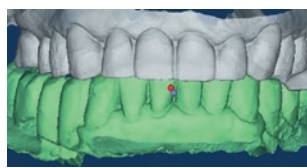


Рис. 2. 3D-модели челюстей в терапевтическом положении при коррекции функционального бокового смещения нижней челюсти

Fig. 2. 3D models of the jaws in a therapeutic position for the correction of the functional lateral displacement of the lower jaw

зионной реабилитации на всех этапах несъемного протезирования с опорой на имплантатах пока приводит к тому, что и стоматологи, и пациенты выбирают пропустить те или иные этапы диагностики и лечения [13].

Достаточно часто пациенты обращаются с болевой дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава, которая возникла через несколько месяцев после протезирования несъемными конструкциями на имплантатах и на зубах [2]. Наиболее выраженная симптоматика — на той стороне, где существует дефицит высоты прикуса или недостаточно плотные окклюзионные контакты [14, 15, 24]. Пациенты отмечают возникновение неодновременности смыкания зубов на протезах в течение первого месяца после окончания лечения, в дальнейшем возникает дискомфорт и нарастание симптоматики [5, 11, 16]. При этом все пациенты отмечают наличие множественного смыкания непосредственно на момент установки постоянных конструкций.

Данные клинические случаи могут быть обусловлены различной биомеханикой челюстно-лицевой области на съемных и несъемных конструкциях, индивидуальной особенностью перестроения костных структур, расслаблением жевательных мышц.

**Цель.** Выявление и оценка возможного изменения структуры кости нижней челюсти после коррекции функционального бокового смещения.

## Материалы и методы

Пациент 64 лет проходит лечение дисфункции височно-нижнечелюстного сустава в стоматологии «Скиф» клинической базы ЮУГМУ. Ранее было проведено вправление и стабилизация полной дислокации диска правого височно-нижнечелюстного сустава. Устранена болевая симптоматика за счет уменьшения спазма жевательных мышц. Но сохраняется нарушение функции глотания и неудобство при смыкании зубов, невозможность привыкнуть к жестким постоянным конструкциям, ощущение дефицита высоты справа.

Для устранения оставшихся жалоб нами проведена диагностика зубочелюстной системы: внутривисочное сканирование зубных рядов в положении множественного смыкания (рис. 1), электронная аксиография аппаратом фирмы Prosystem в исходном (рис. 4) и в терапевтическом положениях нижней челюсти при коррекции функционального бокового смещения (рис. 5, 6), конусно-лучевая компьютерная томография формата 17\*20 при плотно сомкнутых зубах в исходном состоянии и через месяц после переноса соотношения челюстей в терапевтическом положении.

При коррекции функционального бокового смещения на регистратах в терапевтическом положении (рис. 2) пациент отмечает улучшение функции глотания.

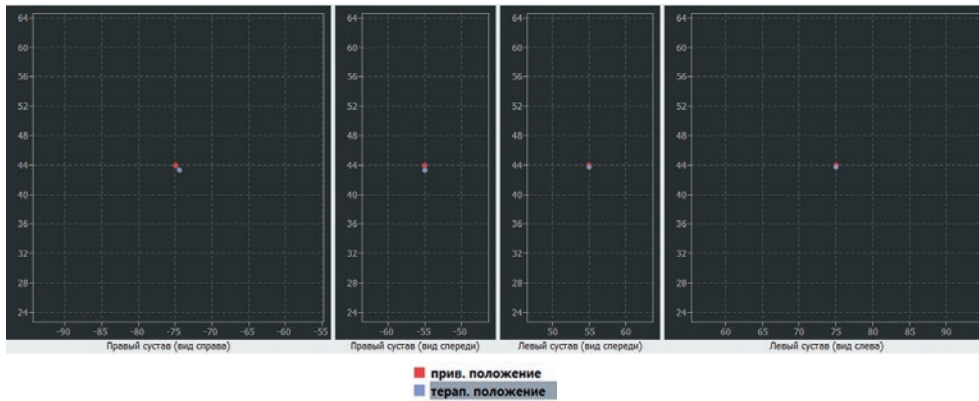


Рис. 3. Изменение положения суставных головок при коррекции соотношения челюстей  
Fig. 3. Changing the position of the articular heads when correcting the ratio of the jaws

тания. По данным электронной аксиографии, движения нижней челюсти и траектории перемещения мышечков при открывании рта совпадают (рис. 5, 6). В терапевтическом положении основные изменения характерны для правого сустава, головка смещена вперед, влево и вниз на 1,4 мм, в левом суставе головка смещается вниз на 0,3 мм (рис. 3).

Пациенту проведено ремоделирование окклюзионной поверхности зубных рядов на временных конструкциях с целью воссоздания терапевтического положения методом поэтапного переноса. Пациент отмечает улучшение самочувствия.

### Результаты и их обсуждение

При сравнении оптической плотности кортикальной пластинки костной ткани в области тела нижней челюсти в месте прикрепления собственно жевательной мышцы в привычном прикусе и через месяц после коррекции бокового смещения нижней челюсти обнаружено увеличение количественных показателей, что характерно для улучшения кровоснабжения в этой области. Оценить изменение структуры тела нижней челюсти по линейным размерам по данным конусно-лучевой компьютерной томографии невозможно, так как нет однозначных и неизменных ориентиров [14].

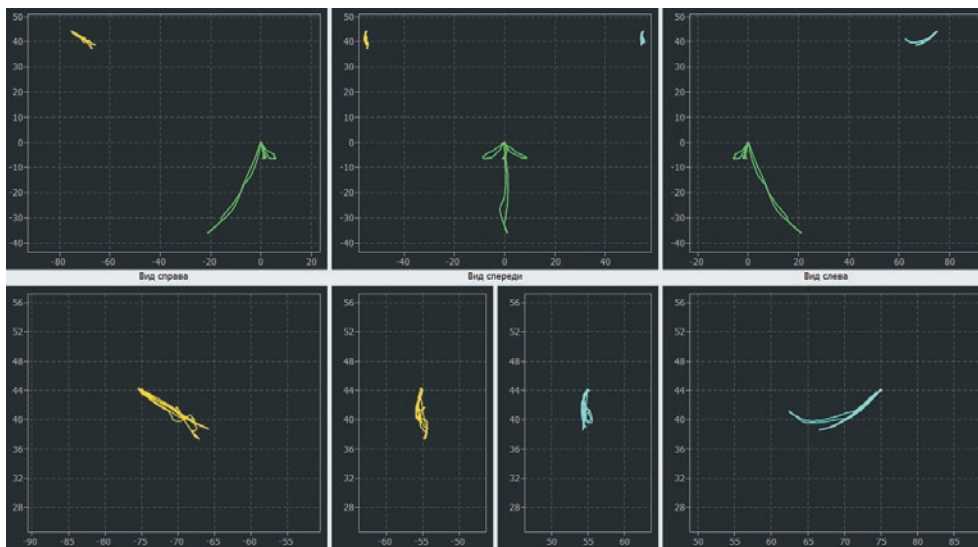


Рис. 4. Электронная аксиография в исходном положении при множественном смыкании  
Fig. 4. Electronic axiography in the initial position with multiple closure

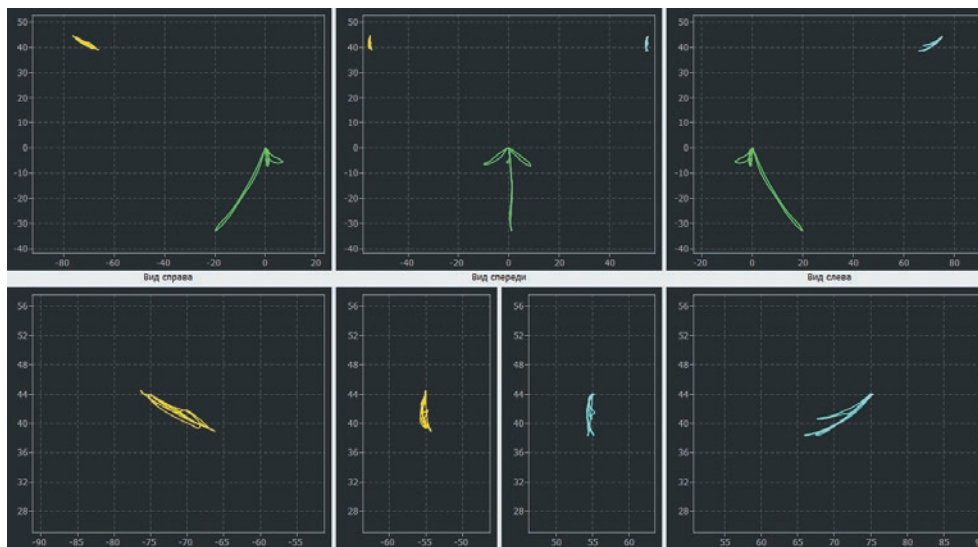


Рис. 5. Электронная аксиография в терапевтическом положении на регистрах  
Fig. 5. Electronic axiography in therapeutic position on registers

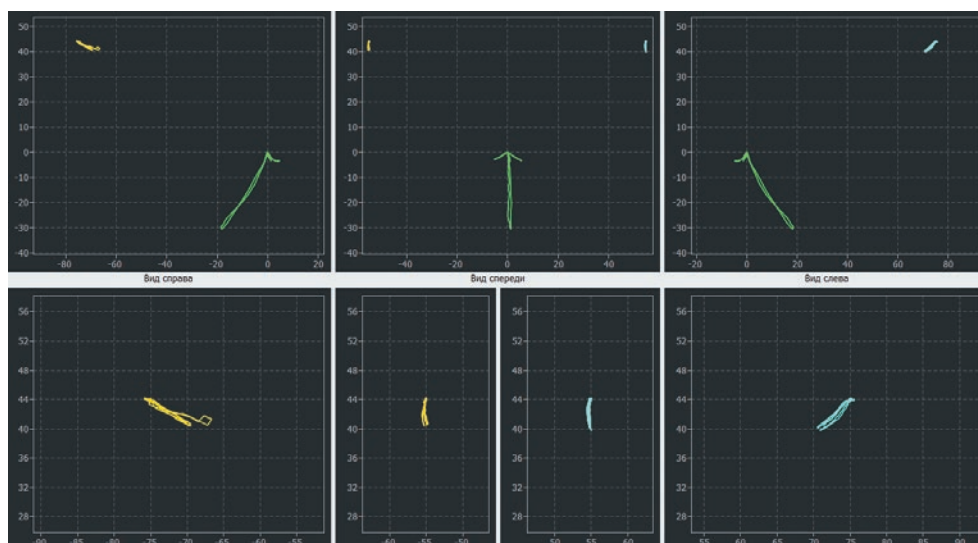


Рис. 6. Электронная аксиография через месяц после переноса терапевтического соотношения челюстей на временные конструкции

Fig. 6. Electronic axiography one month after the transfer of the therapeutic ratio of the jaws to the temporary structures

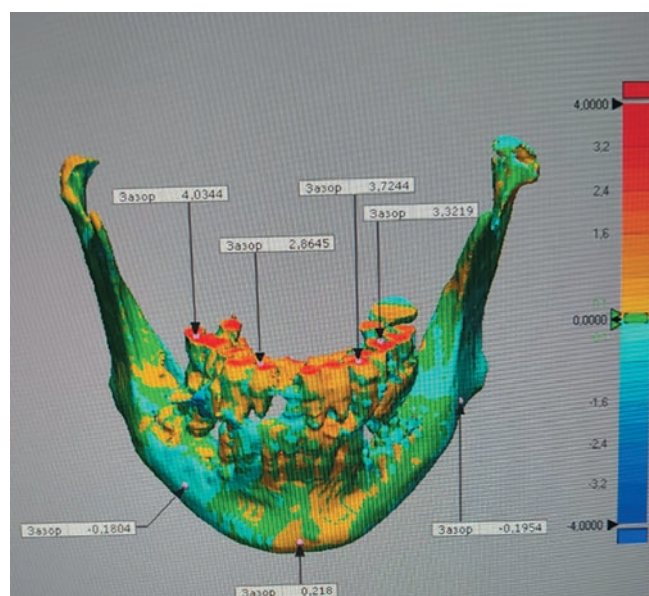


Рис. 7. Сравнение двух STL-моделей нижней челюсти в привычном положении и после коррекции функционального бокового смещения

Fig. 7. Comparison of two STL models of the lower jaw in the usual position and after correction of functional lateral displacement

Оценка возможна при наложении STL-реформата модели нижней челюсти из конусно-лучевой компьютерной томографии, однако необходимо определить степень влияния смещения нижней челюсти

и истинное уменьшение деформации тела нижней челюсти. Показатели разницы незначительны, в пределах 200 мкм, что, возможно, является ошибкой проведения диагностики. Разница в стабильности прикуса на постоянных конструкциях у пациентов с жалобами на боли в челюстно-лицевой области после протезирования часто находится в этих пределах.

#### Заключение, выводы

Выявление функционального смещения нижней челюсти позволяет создать диапазон возможности лечения асимметрии лица, профилактику осложнения из-за формирования ортопедической нестабильности на фоне переноса со съемных конструкций на постоянные несъемные.

Необходимо учитывать среднюю длительность перестройки костной ткани в пределах 160 суток для выдерживания диапазона адаптации пациента на временных конструкциях [3, 5].

Требуется тщательное изучение вопроса возможного измерения деформации тела нижней челюсти и влияния ее на изменение окклюзионных контактов в процессе ремоделирования костной ткани.

Необходимо формирование стандартов протезирования несъемными конструкциями на имплантах с обязательным этапом временных конструкций и оценкой состояния височно-нижнечелюстного сустава на всем протяжении окклюзионной реабилитации.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-315-90058.  
The reported study was funded by RFBR according to the research project № 20-315-90058.**

**Литература/References**

1. Аврунин А.С., Цесь Е.А. Рождение нового научного направления – биомеханика скелета. Юлиус Вольф и его работа «закон трансформации кости». История медицины. 2016;4:447-461 [Avrunin A. S., Tsyes E. A. The birth of a new scientific direction – biomechanics of the skeleton. Julius Wolf and his work “The Law of bone transformation”. History of medicine. 2016;4:447-461 (in Russ.)]
2. Архипов А.В., Архипов В.Д., Архипов В.Я., Марук С.И. Скрининг синдрома болевой дисфункции вчсч при проведении дентальной имплантации. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. серия: естественные и технические науки. 2017;11:63-66. [Arkhipov A.V., Arkhipov V. D., Arkhipov V. Ya., Marchuk S. I. Screening of TMJ pain dysfunction syndrome during dental implantation. Modern science: actual problems of theory and practice. series: natural and technical sciences. 2017;11:63-66. (In Russ.)]
3. Байков Д.Э., Калачева Э.И., Байкова Г.В. Варианты асимметричного строения структур основания черепа как фактор, предрасполагающий к интракраниальным дисциркуляциям и дисфункциям ВНЧС. Вестник физиотерапии и курортологии. 2015;2: 100-101. [Baykov D. E., Kalacheva E. I., Baykova G. V. Variants of the asymmetric structure of the skull base structures as a factor predisposing to intracranial dyscirculations and TMJ dysfunctions. Bulletin of Physiotherapy and Balneology. 2015;2: 100-101. (In Russ.)]
4. Воронина Е.А., Нуриева Н.С., Васильев Ю.С., Делец А.В. Дислокации диска вчсч как следствие бокового смещения нижней челюсти. Проблемы стоматологии. 2018;4(14):98-103. [Voronina E. A., Nurieva N. S., Vasiliev Yu. S., Delets A.V. Dislocations of the TMJ disk as a consequence of lateral displacement of the lower jaw. Problems of dentistry. 2018;4(14):98-103. (In Russ.)]
5. Гайворонский И.В., Сериков А.А., Иорданишвили А.К. Височно-нижнечелюстной сустав. Морфология и клиника дисфункции / – Санкт-Петербург: Элмор, 2013. – 135 с. [Gavoronsky I. V., Serikov A. A., Iordanishvili A. K. Temporomandibular joint. Morphology and clinic of dysfunction / – St. Petersburg: Elmore, 2013. – 135 p. (In Russ.)]
6. Гоман М.В., Заборовец И.А. Оценка функциональной эффективности ортопедического лечения пациентов с односторонними дистально не ограниченными дефектами зубного ряда (по данным поверхностной электромиографии). Кубанский научный медицинский вестник. 2010;3-4:49-52. [Homan M. V., Zaborovets I. A. Evaluation of the functional effectiveness of orthopedic treatment of patients with unilateral distally non-limited defects of the dentition (according to surface electromyography). Kuban Scientific Medical Bulletin. 2010;3-4:49-52. (In Russ.)]
7. Горожанинова Т.Н., Киченко А.А. Математическое моделирование перестройки трабекулярной костной ткани. Математическое моделирование в естественных науках: материалы XXVI Всерос. шк.-конф. молодых ученых и студ. – Пермь, 2017. – С. 191-193. [Gorozhaninova T. N., Kichenko A. A. Mathematical modeling of the reconstruction of the trabecular bone tissue. Mathematical modeling in natural sciences: materials of the XXVI All-Russian School-Conf. of young scientists and students. – Perm, 2017. – p. 191-193. (In Russ.)]
8. Дзалаева Ф.К., Чикунов С.О., Утюж А.С., Михайлова М.В., Будунова М.К. Междисциплинарный подход в лечении орорациальной боли и патологии височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с полным или частичным отсутствием зубов (обзор литературы). Актуальные проблемы медицины. 2020;1:102-112. [Dzalaeva F. K., Chikunov S. O., Iron A. S., Mikhailova M. V., Budunova M. K. Interdisciplinary approach in the treatment of orofacial pain and pathology of the temporomandibular joint in patients with complete or partial absence of teeth (literature review). Actual problems of medicine. 2020;1:102-112. (In Russ.)]
9. Иорданишвили А. К., Сериков А. А., Солдатова Л. Н., Жидких Е. Д., Овчинников К. А., Николаичук Е. А. Оценка лечения патологии височно-нижнечелюстного сустава на фоне дисплазии соединительной ткани с использованием синдрома психосенсорно-анатомо-функциональной дезадаптации. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2018;3:17-24. [Iordanishvili A. K., Serikov A. A., Soldatova L. N., Zhidkikh E. D., Ovchinnikov K. A., Nikolaichuk E. A. Evaluation of the treatment of temporomandibular joint pathology against the background of connective tissue dysplasia using the psychosensory-anatomical-functional maladaptation syndrome. Kursk Scientific and Practical Bulletin “Man and his health”. 2018;3:17-24. (In Russ.)]
10. Исхаков И.Р., Маннанова Ф.В. Нейромышечная стоматология -основа профилактики дисфункциональных нарушений в челюстно-лицевой области при вторичных смещениях нижней челюсти. Сборник 10-й Юбилейной Республиканской конференции ученых Республики Башкортостан с международным участием «Научный прорыв-2011». – Уфа, 2011. – С. 69-73. [Iskhakov I. R., Mannanova F. V. Neuromuscular dentistry -the basis for the prevention of dysfunctional disorders in the maxillofacial region with secondary displacements of the lower jaw. Collection of the 10th Anniversary Republican Conference of Scientists of the Republic of Bashkortostan with international participation “Scientific breakthrough-2011”. – Ufa, 2011. – pp. 69-73 (In Russ.)]
11. Лелари О.В., Поспелов А.Н. Сравнение частоты встречаемости дисфункции ВНЧС при односторонних и двусторонних концевых дефектах. Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2017; №1: 402-403. [Lelari O. V., Pospelov A. N. Comparison of the frequency of TMJ dysfunction in unilateral and bilateral terminal defects. Bulletin of medical Internet conferences. 2017; №1: 402-403. (In Russ.)]
12. Тверье В.М., Никитин В.Н. Задача коррекции прикуса в зубочелюстной системе человека. Российский журнал биомеханики. 2015;4: 344-358. [Tverye V. M., Nikitin V. N. The problem of bite correction in the human dentoalveolar system. Russian Journal of Biomechanics. 2015;4: 344-358. (In Russ.)]
13. Тлустенко В.П., Головина Е.С., Тлустенко В.С. Функциональный анализ и ортопедическая подготовка пациентов к дентальной имплантации при трансверзальных смещениях нижней челюсти. Известия самарского научного центра российской академии наук. 2011;13:1211-1214. [Tlustenko V. P., Golovina E. S., Tlustenko V. S. Functional analysis and orthopedic preparation of patients for dental implantation with transversal displacements of the lower jaw. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2011;13:1211-1214. (In Russ.)]
14. Трезубов В.Н., Щербаков А.С. Ортопедическая стоматология. Пропедевтика и основы частного курса: учебник для мед. вузов / – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2011. – С. 480. [Trezubov V. N., Shcherbakov A. S. Orthopedic dentistry. Propaedeutics and the foundations of a private course: a textbook for medical universities / – St. Petersburg: SpetsLit, 2011. – p. 480. (In Russ.)]
15. Хватова В.А. Клиническая гнатология. Москва: ОАО «Издательство Медицина», 2005. – 289 с. [Khvatova V. A. Clinical gnatology. Moscow: JSC «Meditsina Publishing House», 2005. – 289 p. (In Russ.)]
16. Фадеев Р.А., Чебан М.А., Новиков Н.В., Геворкян Х.М. Реабилитация пациентов с дисфункцией вчсч, вынужденным положением нижней челюсти и полным отсутствием зубов. Институт стоматологии. 2020;4:24-26. [Fadееv R. A., Cheban M. A., Novikov N. V., Gevorkyan H. M. Rehabilitation of patients with TMJ dysfunction, forced position of the lower jaw and complete absence of teeth. Institute of Dentistry. 2020;4:24-26. (In Russ.)]
17. Bernhard O., Schwahn B., Meyer G. Craniomandibular disorders-comparative investigations with clinical examination and electronic axiography. Ann Anat. 1999;181(1):51-3. doi: 10.1016/S0940-9602(99)80087-9.
18. Cowin S.C. Bone Mechanics Handbook. Second edition. New York: CRC Press, 2001. 1136 p.
19. Jingheng Shu, Haidong Teng, Bingmei Shao, Tinghui Zheng, Yang Liu, Zhan Liu Biomechanical responses of temporomandibular joints during the lateral protrusions: A 3D finite element study. Comput Methods Programs Biomed. 2020;195:105671. doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105671.
20. Larheim T.A., Westesson P.L., Sano T. Temporomandibular joint disk displacement: comparison in asymptomatic volunteers and patients. Radiology. – 2001.
21. Legrell P.E., Isberg A. Mandibular length and midline asymmetry after experimentally induced temporomandibular joint disk displacement in rabbits. J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;115(3):247-53 doi: 10.1016/s0889-5406(99)70325-2.
22. Ma B., Sampson W.J., Wiebkin O.W., Wilson D.F., Fazzalari N.L. Trabecular anisotropy and collagen fibre orientation in the mandibular condyle following experimental functional appliance treatment using sheep. Vet Comp Orthop Traumatol. 2006;19(1):35-42.
23. Olcay Sakar, Funda Calisir, Evren Oztas, Gülnaz Marsan. Evaluation of the effects of temporomandibular joint disk displacement and its progression on dentocraniofacial morphology in symptomatic patients using lateral cephalometric analysis. Cranio. 2011 Jul;29(3):211-8. doi: 10.1179/crn.2011.030.
24. Ribeiro R.F., Tallents R.H., Katzberg R.W., Murphy W.C., Moss W.E., A.C. Magalhaes et al. The prevalence of disc displacement in symptomatic and asymptomatic volunteers aged 6 to 25 years. J Orofac Pain. 1997; 11: 37-47.
25. Shimahara M., Ono K., Hashiguchi N. Pathohistological study on changes observed in the temporomandibular joint after experimental mutilation and shortening of the mandibular process with special reference to the changes under abnormal mandibular movement. Bull Osaka Med Coll. 1990 Nov;36(1-2):79-92.