

DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-84-88
УДК 617.52; 617.76

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D-ПРИНТИНГА В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ СРЕДНЕЙ ЗОНЫ ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА

Абдулкеримов Т. Х.¹, Мандра Ю. В.², Абдулкеримов Х. Т.², Абдулкеримов З. Х.³,
Болдырев Ю. А.², Власова М. И.², Димитрова Ю. В.², Жегалина Н. М.², Сорокоумова Д. В.²

¹ Многопрофильный клинический медицинский центр «Бонум», г. Екатеринбург, Россия

² Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия

³ Городская клиническая больница № 40, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация

На сегодняшний день 16% получаемых травматических повреждений приходится на область лицевого скелета. Немаловажной является социально-экономическая составляющая данной проблемы, так как в большинстве случаев подобные травмы получают представители трудоспособного населения [4].

Рассматриваемая область требует к себе особого внимания по причине близкого расположения жизненно важных анатомических структур, а также ее эстетической значимости, что во многом определяет уровень социальной реабилитации пациентов с травмами черепно-лицевой локализации, особенно средней зоны лица.

Сложность строения структур лицевого скелета, особенности кровоснабжения и иннервации краниофациальной области во многих случаях являются причинами возникновения трудностей в диагностике и лечении пациентов с травмами лица, что в итоге негативно сказывается на качестве оказания им медицинской помощи и дальнейшей реабилитации, социальной адаптации [1-25].

Внедрение цифровых технологий компьютерного моделирования и 3D-принтинга в процессы диагностики и лечения пациентов с переломами костей черепно-лицевой области позволяют минимизировать количество возможных ошибок еще на этапе первичной диагностики, спланировать предстоящее оперативное вмешательство и смоделировать высокоточный индивидуализированный аугмент для замещения костного дефекта [8]. Цифровизация лечебно-диагностических мероприятий позволит вывести на принципиально новый уровень точность проводимой реконструкции, сократить длительность лечения и реабилитации, в том числе социальной [4].

В статье рассмотрены результаты сравнительного анализа традиционного алгоритма диагностики и лечения переломов верхней челюсти в области нижней стенки орбиты с применением стандартной титановой сетки, а также его усовершенствованного варианта, дополненного применением технологий 3D-моделирования и принтинга.

Ключевые слова: орбита, реконструктивная хирургия, перелом, черепно-челюстно-лицевая хирургия, 3D-технологии, моделирование

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Тимур Хийирович АБДУЛКЕРИМОВ ORCID ID 0000-0003-2295-0333

Врач — челюстно-лицевой хирург, Многопрофильный клинический медицинский центр «Бонум», г. Екатеринбург, Россия tabdulkerimov05@gmail.com

Юлия Владимировна МАНДРА ORCID ID 0000-0002-8439-3272

Д. м. н., профессор кафедры терапевтической стоматологии и протезтики стоматологических заболеваний,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия jmandra@mail.ru

Хийир Тагирович АБДУЛКЕРИМОВ ORCID ID 0000-0002-0875-8057

Д. м. н., профессор, заведующий кафедрой хирургической стоматологии, оториноларингологии и челюстно-лицевой хирургии,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия khabdulkerimov@bk.ru

Замир Хийирович АБДУЛКЕРИМОВ ORCID ID 0000-0003-1965-4939

Врач-оториноларинголог, Городская клиническая больница № 40, г. Екатеринбург, Россия zamir.abdulkerimov@gmail.com

Юрий Анатольевич БОЛДЫРЕВ ORCID ID 0000-0003-3591-0728

К. м. н., доцент кафедры терапевтической стоматологии и протезтики стоматологических заболеваний,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия salus-l@mail.ru

Мария Ивановна ВЛАСОВА ORCID ID 0000-0002-8971-7408

К. м. н., доцент кафедры терапевтической стоматологии и протезтики стоматологических заболеваний,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия vlasova-m@list.ru

Юлия Викторовна ДИМИТРОВА ORCID ID 0000-0002-7196-8495

К. м. н., доцент кафедры терапевтической стоматологии и протезтики стоматологических заболеваний,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия duk-74@mail.ru

Наталья Максовна ЖЕГАЛИНА ORCID ID 0000-0002-2376-0358

К. м. н., доцент кафедры терапевтической стоматологии и протезтики стоматологических заболеваний,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия nzhegalina@mail.ru

Дина Викторовна СОРОКОУМОВА ORCID ID 0000-0003-1679-3343

К. м. н., доцент кафедры терапевтической стоматологии и протезтики стоматологических заболеваний,

Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, Россия dina9791@gmail.com

Адрес для переписки: Тимур Хийирович АБДУЛКЕРИМОВ

620149, г. Екатеринбург, ул. Академика Бардина, 9а, Отделение реконструктивной и пластической хирургии

tabdulkerimov05@gmail.com

Образец цитирования:

Абдулкеримов Т. Х., Мандра Ю. В., Абдулкеримов Х. Т., Абдулкеримов З. Х., Болдырев Ю. А., Власова М. И., Димитрова Ю. В.2, Жегалина Н. М., Сорокоумова Д. В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D-ПРИНТИНГА В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ СРЕДНЕЙ ЗОНЫ ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА. Проблемы стоматологии. 2021; 2: 84-88.

© Абдулкеримов Т. Х. и др., 2021

DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-84-88

Поступила 01.06.2021. Принята к печати 20.06.2021

DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-84-88

APPLICATION OF COMPUTER MODELING AND 3D-PRINTING TECHNOLOGIES IN THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF PATIENTS WITH MIDFACIAL FRACTURES

**Abdulkerimov T.Kh.¹, Mandra J.V.², Abdulkerimov Kh.T.², Abdulkerimov Z.Kh.³,
Boldyrev Y.A.², Vlasova M.I.², Dimitrova Y.V.², Zhegalina N.M.², Sorokoumova D.V.²**

¹ *Multiprofile Clinicall Medical Center «Bonum», Yekaterinburg, Russia*

² *Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia*

³ *City Clinical Hospital No. 40, Yekaterinburg, Russia*

Annotation

Today, 16% of all traumatic injuries occur in the area of the facial skeleton. The social-economic component of this problem is also important, because in most cases such injuries are received by representatives of the able-bodied population [4].

The area of interest requires special attention due to the proximity of vital anatomical structures, as well as its aesthetic significance, which will determine the quality of social rehabilitation of patients with craniofacial injuries, especially the midfacial region.

The complexity of the facial skeleton structures, massive vascularization and innervation of the craniofacial region in many cases are the causes of difficulties in the diagnosis and treatment processes in patients with facial injuries, which negatively affects the quality of medical care and further rehabilitation, social adaptation [1-25].

Introduction of digital technologies such as computer modeling and 3D-printing into the processes of diagnosis and treatment in patients with craniofacial fractures allows minimizing the number of possible mistakes even at the stage of primary diagnosis, planning the upcoming surgical intervention and modeling a high-precision individualized augment for replacing bony defects [8]. Digitalization of diagnostic and treatment procedures will, in turn, bring the accuracy of the reconstruction to a fundamentally new level, reduce the duration of treatment and rehabilitation, including social rehabilitation [4].

The article presents the results of a comparative analysis of the traditional algorithm for diagnosing and treating maxillary fractures in region of orbital floor using a standard titanium mesh, as well as its improved version, improved by the use of 3D modeling and printing technologies.

Keywords. *Orbit, reconstructive surgery, fracture, craniomaxillofacial surgery, 3D-technologies, modeling*

The authors declare no conflict of interest.

Timur Kh. ABDULKERIMOV ORCID ID 0000-0003-2295-0333

Oral & Maxillofacial Surgeon, Multiprofile Clinicall Medical Center «Bonum», Yekaterinburg, Russia tabdulkerimov05@gmail.com

Julia V. MANDRA ORCID ID 0000-0002-8439-3272

Grand PhD in Medical sciences, Professor of the Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of Dental Diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia jmandra@mail.ru

Khiyir T. ABDULKERIMOV ORCID ID 0000-0002-0875-8057

Grand PhD in Medical sciences, Professor, Head of the Surgical Dentistry, ENT & Maxillofacial Surgery Department, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia khabdulkerimov@bk.ru

Zamir Kh. ABDULKERIMOV ORCID ID 0000-0003-1965-4939

ENT-surgeon, City Clinical Hospital No. 40, Yekaterinburg, Russia zamir.abdulkerimov@gmail.com

Yuriy A. BOLDYREV ORCID ID 0000-0003-3591-0728

PhD in Medical sciences, Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of Dental Diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia salus-l@mail.ru

Maria I. VLASOVA ORCID ID 0000-0002-8971-7408

PhD in Medical sciences, Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of Dental Diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia vlasova-m@list.ru

Julia V. DIMITROVA ORCID ID 0000-0002-7196-8495

PhD in Medical sciences, Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of Dental Diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia duk-74@mail.ru

Natalia M. ZHEGALINA ORCID ID 0000-0002-2376-0358

PhD in Medical sciences, Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of Dental Diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia nzhegalina@mail.ru

Dina V. SOROKOUKOVA ORCID ID 0000-0003-1679-3343

PhD in Medical sciences, Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics of Dental Diseases, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia dina9791@gmail.com

Correspondence address: Timur Kh. ABDULKERIMOV

620149, Yekaterinburg, Akademika Bardina str 9a, MCMC "Bonum", Otdelenie rekonstruktivnoy i plasticheskoy khirurgii tabdulkerimov05@gmail.com

For citation:

Abdulkerimov T.Kh., Mandra J.V., Abdulkerimov Kh.T., Abdulkerimov Z.Kh., Boldyrev Y.A., Vlasova M.I., Dimitrova Y.V., Zhegalina N.M., Sorokoumova D.V. APPLICATION OF COMPUTER MODELING AND 3D-PRINTING TECHNOLOGIES IN THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF PATIENTS WITH MIDFACIAL FRACTURES Actual problems in dentistry. 2021; 2: 84-88. (In Russ.)

© Abdulkerimov T.Kh. et al., 2021

DOI: 10.18481/2077-7566-20-17-2-84-88

Received 01.06.2021. Accepted 20.06.2021

Введение

На сегодняшний день 16% получаемых травматических повреждений приходится на область лицевого скелета. Немаловажной является социально-экономическая составляющая данной проблемы, так как в большинстве случаев подобные травмы получают представители трудоспособного населения. Применение технологий компьютерного 3D-моделирования и принтинга в диагностике переломов костей черепно-лицевой локализации позволят проводить хирургическое лечение данной группы пациентов более эффективно, выведя прецизионность проводимых реконструктивных вмешательств на качественно новый уровень.

Цель

Целью выполненной работы являлось повышение эффективности диагностики и лечения пациентов с травматическими повреждениями костей средней зоны лицевого скелета.

Материалы и методы

Было проведено сравнение способов лечения переломов костей средней зоны лицевого скелета с применением стандартной титановой сетки и с применением технологий 3D-моделирования и принтинга зоны повреждения с последующим изготовлением индивидуализированных аугментов.

Были обследованы 60 пациентов мужского и женского пола с переломами верхней челюсти в области нижней стенки орбиты. По результатам проведенного первичного исследования были сформированы две группы: основная и группа сравнения. В группе сравнения лечение было проведено по классической методике с применением стандартной титановой сетки, а в основной группе лечение проводилось с использованием технологий компьютерного

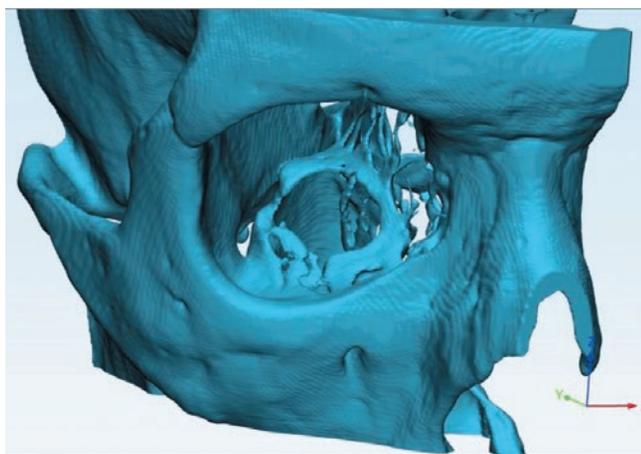


Рис. 1. Виртуальная 3D-модель зоны повреждения верхней челюсти в области нижней стенки орбиты

Fig. 1. Virtual 3D-model of the maxillary bony defect zone localized in the orbital floor area

3D-моделирования и принтинга модели области повреждения с последующим изготовлением индивидуализированного аугмента для замещения костного дефекта.

Эффективность проведенного лечения была оценена по следующим параметрам: длительность оперативного вмешательства, точность проведенной реконструкции, продолжительность госпитализации, а также социологическая оценка с применением опросника SNOT-22.

Результаты и их обсуждение

Всем пациентам с целью более подробной диагностики, помимо клинических и лабораторных методов исследования, проводилась мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с шагом среза до 1 мм и VRT-реконструкцией.

В соответствии с действующим клиническим протоколом, утвержденным Стоматологической Ассоциацией России (СтАР), дополнительная обработка результатов МСКТ пациентов группы сравнения не проводилась. Таким образом, после выполнения основного объема диагностических мероприятий пациентам данной группы оперативное лечение осуществлялось с использованием стандартных титановых сеток с мануальным их моделированием и адаптацией к области повреждения интраоперационно.

В результате дополнительного анализа срезов компьютерных томограмм пациентов основной группы путем их обработки в специализированном программном обеспечении Materialise Mimics Medical были созданы виртуальные STL-модели зоны повреждения (рис. 1)

После этапа проектирования STL-файлы были переведены в физические образцы методом 3D-принтинга. Далее, с использованием полученных моделей зоны повреждения, был выполнен ряд манипуляций по индивидуализации титановых аугментов и их адаптации согласно области повреждения с учетом особенностей анатомического строения. Стоит отметить, что в данном случае процесс моделирования титановой сетки осуществлялся на предоперационном этапе, что исключало необходимость интраоперационных мероприятий по приданию стандартной заготовке необходимой формы и размеров.

Оценка проведенного хирургического лечения была выполнена по следующим критериям:

1. точность реконструкции;
2. продолжительность операции;
3. длительность госпитализации;
4. социологическая оценка с применением опросника SNOT-22.

Оценка точности проведенной реконструкции проводилась путем выполнения МСКТ с шагом среза не более 1 мм с последующим волнометрическим ана-

лизом орбит на контр-латеральных сторонах (рис. 2). Согласно полученным данным, наибольшая разница между объемами орбит на поврежденной и неповрежденной сторонах составила 3.7 мл, средний же показатель составил 0.61 мл. Максимальная разница между объемами орбит на контр-латеральных сторонах составила 1 мл при среднем значении 0.1 мл.

Примечательно то, что у 5 пациентов группы сравнения было выявлено увеличение объема прооперированной глазницы на 2 мл и более, что является неблагоприятным прогностическим признаком, который говорит о высоком риске развития клинически значимого энтофтальма. У больных основной группы данный признак выявлен не был.

Отсутствие необходимости интраоперационного моделирования аугментов также позволило в значительной степени уменьшить продолжительность оперативного вмешательства в основной группе (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика продолжительности оперативного вмешательства в сравниваемых группах пациентов

Table 1. Comparative characteristics of surgical intervention duration in the comparing groups of patients

Продолжительность оперативного вмешательства	Группа сравнения	Основная группа	p-значение
Минимальная продолжительность, мин.	21	18	≤ 0.05
Максимальная продолжительность, мин.	214	70	≤ 0.05
Средняя продолжительность, мин.	62.2	39.3	≤ 0.05

Таким образом, максимальная продолжительность оперативного вмешательства в основной группе сократилась более чем в 3 раза относительно группы сравнения, а средняя продолжительность операции сократилась в 1.6 раза.

По результатам оценки показателей продолжительности госпитализации, наблюдалось сокращение максимальной продолжительности госпитализации в основной группе относительно группы сравнения в 2 раза и среднего показателя данного параметра в 1.5 раза (табл. 2).

Таблица 2

Показатели продолжительности госпитализации в сравниваемых группах пациентов

Table 2. Indicators of hospitalization duration in the comparing groups of patients

Продолжительность госпитализации	Группа сравнения	Основная группа	p-значение
Min, сут.	3	3	≤ 0.01
Max, сут.	20	10	≤ 0.01
Среднее значение, сут.	9.3	6	≤ 0.01

Еще одним параметром анализа качества проведенного лечения стала социологическая оценка

согласно опроснику SNOT-22. В результате обработки результатов опроса были получены данные о том, что основные жалобы пациентов в обеих группах практически не отличались. Исключением являлся тот факт, что в основной группе большинство жалоб беспокоило на уровне варианта ответа «беспокоит незначительно», тогда как в группе сравнения по некоторым вопросам встречались варианты «значительно беспокоит» и «сильно беспокоит». Анкетирование было проведено повторно через 1 и 3 месяца после выписки. Спустя месяц после выписки пациенты основной группы не имели активных жалоб и вернулись к прежнему образу жизни, тогда как двое больных из группы сравнения предъявляли жалобы на лицевые боли в области оперативного вмешательства, но степень беспокойства была незначительной. Через 3 месяца после выписки из стационара активные жалобы отсутствовали в обеих группах пациентов.

Выводы

1. Важным методом дополнительной визуализации в диагностике травматических повреждений костей черепно-лицевой области является мульти-спиральная компьютерная томография с шагом среза не более 1 мм;

2. Воспроизведение виртуальных STL-моделей области повреждения в физическую модель методом 3D-принтинга позволяет спланировать предстоящее оперативное вмешательство, а также изготовить индивидуализированный аугмент костного дефекта на предоперационном этапе, при этом отсутствие необходимости интраоперационного моделирования аугментов также позволяет сократить продолжительность оперативного вмешательства более чем в 3 раза;

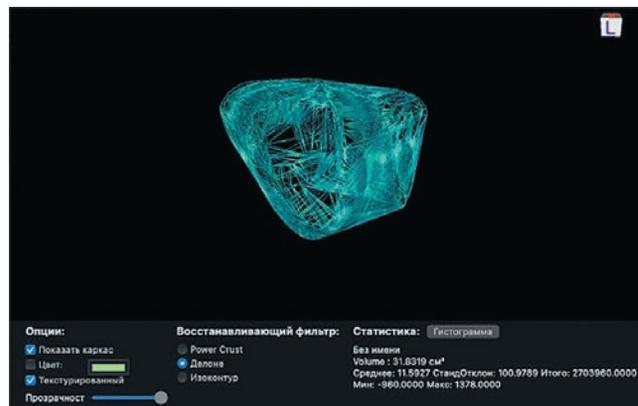


Рис. 2. Сгенерированная 3D-модель поврежденной орбиты после ее волюметрического анализа

Fig. 2. Generated 3D-model of injured orbit after its volumetric analysis

3. Применение технологий компьютерного моделирования и 3D-принтинга позволяют повысить точность проводимой реконструкции до 0.1 мл;

4. По результатам оценки показателей продолжительности госпитализации, наблюдалось сокращение

максимальной продолжительности госпитализации в основной группе относительно группы сравнения в 2 раза и среднего показателя данного параметра в 1.5 раза.

Литература/References

1. Абдулкеримов Т.Х., Мандра Ю.В., Абдулкеримов Х.Т., Абдулкеримов З.Х., Мандра Е.В., Болдырев Ю.А., Шимова М.Е., Шнейдер О.Л., Чагай А.А. Современные подходы к диагностике и лечению переломов стенок орбит. Проблемы стоматологии. 2019;15(3):5-11. [T.Kh. Abdulkherimov, Yu.V. Mandra, Kh.T. Abdulkherimov, Z.Kh. Abdulkherimov, E.V. Mandra, Yu.A. Boldyrev, M.E. Shimova, O.L. Shneider, A.A. Chagai. Modern approaches to the diagnosis and treatment of orbital wall fractures. Actual problems in dentistry. 2019;15(3):5-11. (In Russ.)]. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41212337>
2. Brennan P., Schliephake H., Ghali G.E., Cascarini L. Maxillofacial surgery. 3-rd ed. St. Louis : Elsevier. 2017:1562.
3. Ehrenfeld M., Manson P., Prein J. Principles of internal fixation of the Craniomaxillofacial skeleton. Trauma and orthognathic surgery. Zurich : Thieme. 2012:395.
4. Abdulkherimov T., Mandra Y., Gerasimenko V., Tsekh D., Samatov N., Mandra E., Gegalina N., Yepishova A. Frequency of the orbital walls fractures. A retrospective study // Actual problems in dentistry. – 2019;2.
5. Al-Moraissi E. et al. What surgical approach has the lowest risk of the lower lid complications in the treatment of orbital floor and periorbital fractures? A frequentist network meta-analysis // Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. – 2018;46:2164-2175.
6. Barcic S. et al. Comparison of preseptal and retroseptal transconjunctival approaches in patients with isolated fractures of the orbital floor // Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. – 2018;46:3:388-390.
7. Cohn J.E., Smith K.C., Licata J.J., Michael A., Zwillenberg S., Burroughs T., Arosarena O.A. Comparing Urban Maxillofacial Trauma Patterns to the National Trauma Data Bank©. // Ann Otol Rhinol Laryngol. – 2019.
8. Costan V.V. et al. The Impact of 3D Technology in Optimizing Midface Fracture Treatment – Focus on the Zygomatic Bone // J Oral and Maxillofac Surg. – 2012;79(4):880-891.
9. Darwich A. et al. Biomechanical assessment of orbital fractures using patient-specific models and clinical matching // J Stomatol Oral Maxillofac Surg. <https://doi.org/10.1016/j.jomas.2020.12.008>
10. Donohoe E. et al. A review of post-operative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures without orbital floor reconstruction in University Hospital Galway // Advances in Oral and Maxillofacial Surgery. – 2021;3. <https://doi.org/10.1016/j.adoms.2021.100092>
11. Farber S.J. et al. Current management of zygomaticomaxillary complex fractures: a multidisciplinary survey and literature review // Craniomaxillofacial Trauma Reconstr. – 2016;9(4):313-322.
12. Halsey J.N., Hoppe I.C., Granick M.S., Lee E.S. A Single-Center Review of Radiologically Diagnosed Maxillofacial Fractures: Etiology and Distribution // Craniomaxillofac Trauma Reconstr. – 2017;10(1):44-47.
13. Harrington A.W. et al. External Validation of University of Wisconsin's Clinical Criteria for Obtaining Maxillofacial Computed Tomography in Trauma // J Craniofac Surg. – 2018;29:e167-e170.
14. Haworth S. et al. A clinical decision rule to predict zygomatico-maxillary fractures // J Cranio-Maxillofacial Surg. – 2017;45:1333-1337.
15. Latif K. et al. Post operative outcomes in open reduction and internal fixation of zygoma bone fractures: two point versus three point fixation // Pakistan oral Dent J. – 2017;37(4):523-530.
16. Willemink M.J., Noël P.B. The evolution of image reconstruction for CT—from filtered back projection to artificial intelligence // Eur Radiol. – 2019;29:2185-2195.
17. McCormick R.S., Putham G. The management of facial trauma // Head and neck surgery. – 2018;36:10:587-594.
18. Metzger M.C., Schun R., Tetzlaff R. et al. Topographical CT-data analysis of the human orbital floor // Int J Oral Maxillofac Surg. – 2007;36(1):45-53.
19. Nikunen M. et al. Implant malposition and revision surgery in primary orbital fracture reconstructions // J Cranio-Maxillofacial Surg. – 2021:1-8.
20. Ord R.A., El-Attar A. Acute retrobulbar hemorrhage complicating a malar fracture // J Oral Maxillofac Surg. – 1982;40(4):234-236.
21. Pyötsiä K., Lehtinen V., Toivari M., Puolakkainen T., Wilson M.L., Snäll J. Three-dimensional computer-aided analysis of 293 isolated blowout fractures – which radiological findings guide treatment decision? // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2021. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2021.06.026>
22. Sanjuan-Sanjuan A., Heredero-Jung S., Ogledzki M., Arévalo-Arévalo R., Dean-Ferrer A. Flattening of the orbital lower eyelid fat as a long-term outcome after surgical treatment of orbital floor fractures // J Oral Maxillofac Surg. – 2019.
23. Scolozzi P. et al. Are Inferior Rectus Muscle Displacement and the Fracture's Size Associated With Surgical Repair Decisions and Clinical Outcomes in Patients With Pure Blowout Orbital Fracture? // J Oral Maxillofac Surg. – 2020;78:2280.e1-2280.e10.
24. Timashpolsky A. et al. A prospective analysis of physical examination findings in the diagnosis of facial fractures: determining predictive value // Plast Surg (Oakville, Ont). – 2016;24:73-79.
25. Varjonen E.A. et al. Remember the vessels! Craniofacial fracture predicts risk for blunt cerebrovascular injury // J Oral Maxillofac Surg. – 2018;76:1509.e1-1509.e9.