

Анализ экзоскелета нижней челюсти в программах конечных элементов

Д. Ю. Дьяченко¹, А. А. Воробьев^{1,2}, Ю. А. Македонова^{1,2}, О. Н. Куркина¹,
С. В. Дьяченко¹, О. Ю. Афанасьева¹, С. А. Варгина¹

¹ ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» МЗ РФ, Волгоград, Россия

² ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», Волгоград, Россия

Резюме

Особое место в методах хирургического лечения переломов костей занимает чрескостный остеосинтез при помощи аппаратов внешней фиксации различной конструкции.

Цель исследования: провести анализ экзоскелета нижней челюсти в программах конечных элементов.

Материалы и методы исследования. В ходе исследований было задействовано 36 нижних челюстей человека из музея кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ВолГМУ. Проводилось их 3D-сканирование. Все полученные снимки загружались в программу виртуальной реконструкции сцены. Были смоделированы переломы нижних челюстей в области угла, установлен аппарат внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти, проведено моделирование жевательной нагрузки на нижнюю челюсть. Местом приложения силы служила область на малом отломке репозиционированной 3D-модели кости нижней челюсти, соответствующей месту крепления жевательной мышцы. Оценка виртуальных исследований проводилась по данным результатов напряженно-деформированных состояний костей и аппарата, графику перемещений объектов и результатам анализа запаса прочности.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе оценки виртуальной постановки спиц мини-фиксаторов аппарата внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти выявлено, что основная нагрузка прилагается к спицам мини-фиксатора на большом фрагменте и кости в области спиц. Для возможности точного позиционирования остеофиксаторов аппарата внешней фиксации было разработано и устройство для безопасной установки спиц экзоскелета нижней челюсти.

Заключение. Таким образом, на основе компьютерного математического анализа можно утверждать, что разработанная конструкция аппарата внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти работает в условиях челюстно-лицевой области, выполняет репозицию и фиксацию костных фрагментов нижней челюсти в условиях жевательного функционирования восстановленного перелома нижней челюсти.

Ключевые слова: экзоскелет нижней челюсти, 3D-сканирование, метод конечных элементов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Analysis of the lower jaw exoskeleton in finite element programs

D. YU. D'yachenko¹, A. A. Vorob'ev^{1,2}, YU. A. Makedonova^{1,2}, O. N. Kurkina¹,
S. V. D'yachenko¹, O. YU. Afanas'eva¹, S. A. Vargina¹

¹ Federal State Government-Financed Educational Institution of Higher Education «Volograd State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

² Volgograd Medical Science Center

Abstract

A special place in the methods of surgical treatment of bone fractures is occupied by transosseous osteosynthesis using external fixation devices of various designs.

Objective: to analyze the lower jaw exoskeleton in finite element programs.

Materials and research methods. During the research, 36 human lower jaws were involved from the museum of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy of the Volgograd State Medical University. They were scanned in 3D. All obtained images were loaded into a virtual scene reconstruction program. Fractures of the lower jaws in the corner area were modeled, an apparatus for external fixation of the lower jaw exoskeleton was installed, and the chewing load on the lower jaw was simulated. The place of application of the force was an area on a small fragment of a repositioned 3D model of the mandibular bone corresponding to the place of attachment of the masseter muscle. The evaluation of virtual studies was carried out according to the results of the stress-strain states of the bones and apparatus, the schedule of displacements of objects and the results of the analysis of the safety factor.

Research results and discussion. In the course of evaluating the virtual placement of the mini-fixator wires of the apparatus for external fixation of the lower jaw exoskeleton, it was revealed that the main load is applied to the mini-fixator wires on a large fragment and the bone in the area of the wires. For the possibility of precise positioning of the osteofixers of the external fixation device, a device for the safe installation of the spokes of the lower jaw exoskeleton was also developed.

Conclusion. Thus, on the basis of computer mathematical analysis, it can be argued that the developed design of the apparatus for external fixation of the lower jaw exoskeleton works under conditions of the maxillofacial region, performs reposition and fixation of bone fragments of the lower jaw under conditions of chewing functioning of the restored fracture of the lower jaw.

Keywords: mucositis, treatment, ozone therapy, saliva, crystallography, transcranial electrical stimulation.

Conflict of interest. The rest of the authors declare no conflict of interests.

Введение

Согласно Клиническим рекомендациям от 19 апреля 2016 года, перелом нижней челюсти – это явление, возникающее вследствие действующей силы на неповрежденную кость [1].

В современной челюстно-лицевой травматологии отмечается тенденция к увеличению доли поврежденных челюстно-лицевой области (от 3 до 8%) [2, 3, 4]. Из них 61–70% приходится на нижнюю челюсть [5, 6]. Известно, что число лиц с переломами в стоматологическом стационаре достигает 38% от общего числа больных, и наблюдается тенденция к росту числа больных с повреждением лицевого скелета [7, 8, 9]. Переломы нижней челюсти встречаются наиболее часто, составляя до 80% от общего числа повреждений костей лицевого скелета, так как данная кость является более уязвимой [10, 11, 12].

Ранняя фиксация костных фрагментов является необходимым условием для правильного заживления перелома. Зарубежные и отечественные авторы отмечают очевидные преимущества оперативных методов (остеосинтеза) репозиции и иммобилизации нижней челюсти [13, 14, 15].

В результате анализа литературы выявлено, что при использовании современных методик открытого остеосинтеза происходит нарушение микроциркуляции капиллярного кровотока в области перелома, что способствует развитию атрофических процессов, проявляющихся нарушениями функциональной активности жевательной мускулатуры и регенераторной способности тканей, что, в свою очередь, затрудняет образование костной мозоли [16, 17, 18]. Данный факт является причиной развития больших послеоперационных косметических дефектов области лица. Кроме того, длительное применение межчелюстных тяг подавляет функцию жевания, затрудняет прием пищи, гигиену полости рта, что существенно отражается на качестве жизни стоматологических больных [19, 20].

Особое место в методах хирургического лечения переломов костей занимает чрескостный остеосинтез при помощи аппаратов внешней фиксации различной конструкции [21, 22]. К основным преимуществам этого метода можно отнести возможность точной репозиции и постоянной и надежной фиксации фрагментов, минимальную травматичность операции с сохранением источников кровоснабжения и регенерации костной ткани, возможность ранней нагрузки на челюсть, способствующей сращению перелома и предупреждающей развитие контрактур [23, 24].

Одним из перспективных устройств для лечения перелома нижней челюсти можно считать «Экзоскелет нижней челюсти» (рис. 1). Это комплексное устройство, направленное на лечение перелома и компенсацию патологического воздействия аппарата внешней фиксации на жевательный аппарат [25, 26].

Цель исследования: провести анализ экзоскелета нижней челюсти в программах конечных элементов.



Рисунок 1. Экзоскелет нижней челюсти. 1 – устройство закрытого внеочагового остеосинтеза – аппарат внешней фиксации; 2 – поднижнечелюстная дуга; 3 – приспособление для фиксации относительно свода мозгового отдела головы; 4 – упругие антигравитационные элементы

Материалы и методы исследования

В ходе исследований было задействовано 36 нижних челюстей человека из музея кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ВолгГМУ. Проводилось их 3D-сканирование в специальном стенде при помощи фотоаппарата Nikon D7000. В процессе фотосъемки у фотоаппарата должны быть неизменны значения выдержки, ISO, диафрагмы и фокусного расстояния для получения фотоснимков четких, умеренно освещенных и с максимально отображенным возможным рельефом «зоны интереса» (авторская методика, патент заявки на изобретение № 2020 107 207 от 19.02.2020). Для каждой нижней челюсти было получено и предварительно обработано в программе Photoshop CS не менее 100 снимков в высоком разрешении, на каждом из которых костная структура запечатлена минимум на трех фотографиях с разного ракурса. Все полученные снимки загружались в программу виртуальной реконструкции сцены, программа Agisoft PhotoScan (рис. 2). На следующем этапе происходила триангуляция всех доступных точек кости нижней челюсти в облако точек, повторяющих контуры нижней челюсти. После этого плотное облако точек конвертировалось в 3D-модель нижней челюсти.

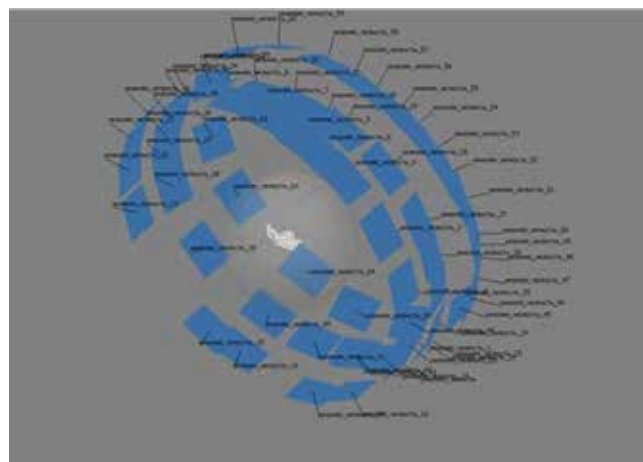


Рисунок 2. 3D-сканирование нижней челюсти

Полученные данные сканирования 36 нижних челюстей служили основой для дальнейшего построения достоверных 3D-моделей нижней челюсти в виртуальной среде.

На ранее полученных 36 моделях нижней челюсти были смоделированы переломы нижних челюстей в области угла (рис. 3), установлен аппарат внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти (рис. 4), проведено моделирование жевательной нагрузки на нижнюю челюсть.

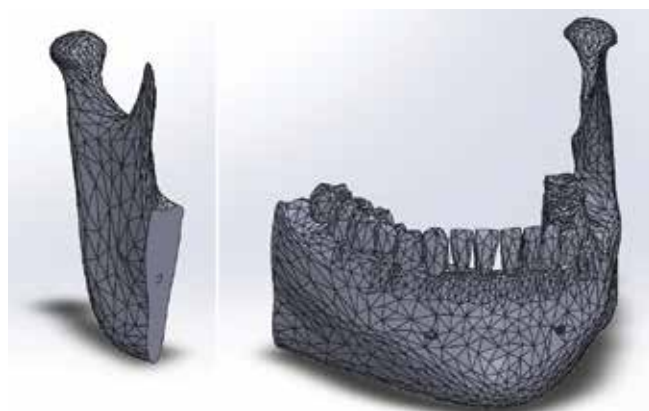


Рисунок 3. Смоделированный перелом нижней челюсти в области угла на 3D-модели

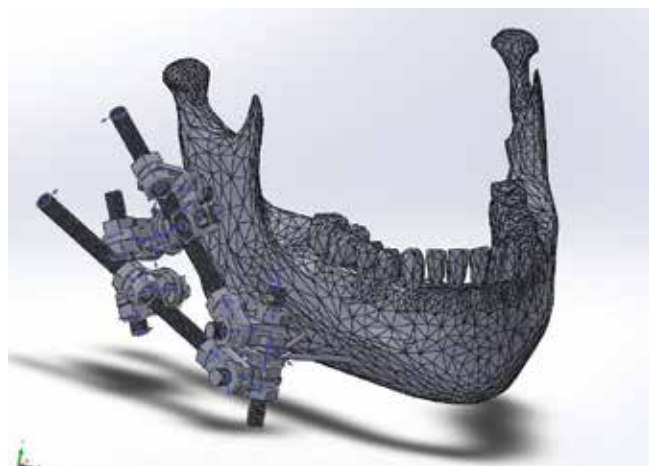


Рисунок 4. Твёрдотельная 3D-модель аппарата внешней фиксации и репонированной нижней челюсти

Как известно, в период после перелома нижней челюсти при применении внеочагового остеосинтеза со стороны дефекта сила жевательного давления не превышает 1,9 кг, что соответствует 3,8% от значений силы жевательного давления в норме. В течение одного месяца после перелома сила жевательного давления возрастает до 6,5 кг со стороны дефекта кости, что соответствует 15,7% от значений силы жевательного давления в норме. Учитывая эти данные, для каждой нижней челюсти проводилось два эксперимента с различной силой жевательного давления. Местом приложения силы служила область на малом отломке репонированной 3D-модели кости нижней челюсти, соответствующей месту крепления жевательной мышцы. Вектор силы соответствовал вектору силы, возникающему в жевательной мышце в момент сокращения ее мышечных волокон.

Оценка виртуальных исследований проводилась по данным результатов напряженно-деформированных состояний костей и аппарата, графику перемещений объектов и результатам анализа запаса прочности.

Результаты и обсуждение

В ходе оценки виртуальной постановки спиц мини-фиксаторов аппарата внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти выявлено, что основная нагрузка прилагается к спицам мини-фиксатора на большом фрагменте и кости в области спиц. Оценивая запас прочности при жевательной нагрузке во всех случаях нагрузки, мини-фиксатор на малом фрагменте, его спицы и кость в области фиксации спиц демонстрировали высокие показатели запаса прочности свыше 4,5 (рис. 5). Это свидетельствует об отсутствии патологического воздействия на эту область.

Изучение оптимального угла постановки спиц аппарата внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти измерением запаса прочности металла мини-фиксатора на малом фрагменте показало практически полное отсутствие патологического воздействия жевательной нагрузки

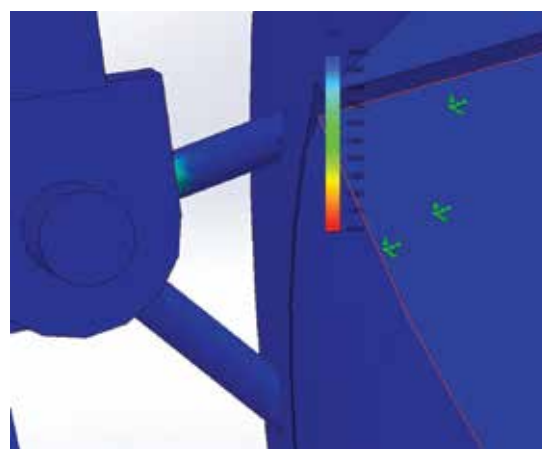


Рисунок 5. Мини-фиксатор на малом отломке. Запас прочности на спицах и кости не менее 4,50

на аппарате. Запас прочности металла мини-фиксатора большого и малого фрагментов показал, что при любых нагрузках устройство способно противостоять жевательному давлению, превышающему максимальные значения силы жевательных мышц на различных этапах заживления перелома нижней челюсти.

При изучении запаса прочности кости в области мини-фиксатора большого отломка результаты продемонстрировали картину, представленную на рисунке 6.

Из диаграммы следует, что максимальный запас прочности кости наблюдается при угле 60° между остеофиксаторами в плоскости вращения пластин аппарата для позиционирования спиц (с плоскости, перпендикулярной оси штифта мини-фиксатора).

Изучение оптимального угла постановки спиц измерением запаса прочности кости, а также измерением напряжения в кости в области мини-фиксатора на малом фрагменте показало практически полное отсутствие патологического воздействия жевательной нагрузки в данной области.

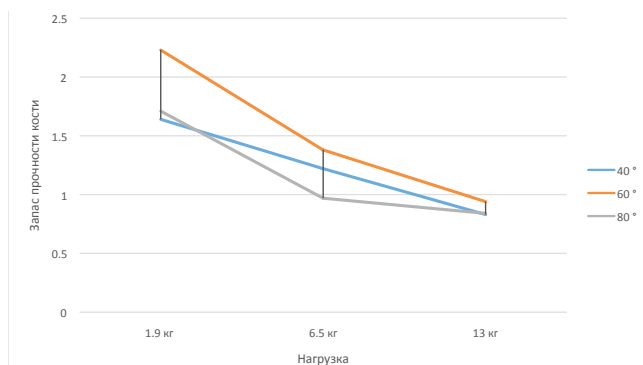


Рисунок 6. Запас прочности кости в области мини-фиксатора большого отломка

Изучение оптимального угла постановки спиц (измерение напряжения в кости в области мини-фиксатора на малом фрагменте) показало практически полное отсутствие патологического воздействия жевательной нагрузки в области мини-фиксатора большого фрагмента при нагрузках от 1,9 кг до 13 кг (рис. 7).

Из диаграммы следует, что при угле в 60° между остеоплатками в плоскости вращения пластин аппарата для позиционирования спиц (с плоскости, перпендикулярной оси штифта мини-фиксатора) наблюдаются минимальные напряжения в кости в области мини-фиксатора большого фрагмента.

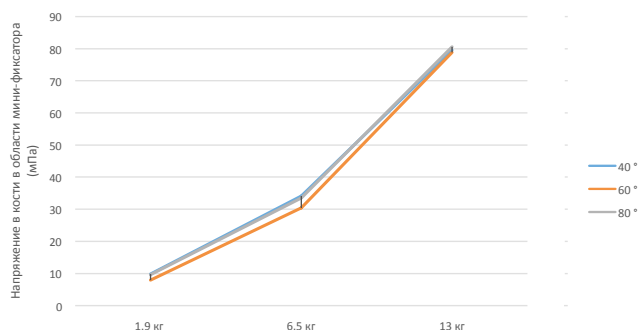


Рисунок 7. Напряжение в кости в области мини-фиксатора большого фрагмента

Запас прочности кости и напряжения в кости в области мини-фиксатора большого фрагмента показали, что угол в 60° между спицами обладает самыми лучшими характеристиками исследуемых параметров, что свидетельствует о необходимости точного соблюдения параметров позиционирования спиц аппарата внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти в пространстве.

Дальнейшее исследование 3D-моделей после нагрузки выявило, что при углах в 40 и 80 градусов при жевательной нагрузке 6,5 кг и при всех углах при нагрузке в 13 кг в костной ткани возникают зоны, смежные со спицами, в которых запас прочности снижается до показателей ниже 1,00, что может вызвать локальную резорбцию кости и самостоятельное удаление спицы. Однако нагрузка в 13 кг может быть достигнута с пораженной стороны на сроке 2–3 месяца после перелома. К этому моменту лечение перелома аппаратом внешней фиксации будет окончено и полноценной передачи нагрузки через аппарат внешней фиксации не потребуются.

Для возможности точного позиционирования остеоплаток аппарата внешней фиксации было разработано и устройство для безопасной установки спиц экзоскелета нижней челюсти.

Разработанное устройство для позиционирования спиц было апробировано на 36 нижних челюстях человека при помощи моделирования перелома в области угла нижней челюсти, а также постановкой аппарата внешней фиксации с дальнейшей репозицией костных фрагментов. Оно показало свою эффективность и возможность точного позиционирования спиц.

Виртуальный анализ показал, что расхождение костных фрагментов на 36 3D-моделях составляет от $0,00505 \pm 0,00135$ см до $0,03562 \pm 0,00629$ см при нагрузках от 1,9 кг, что соответствует силе жевательных мышц после перелома, до 13 кг, что соответствует двукратному превышению максимальной средней силы жевательных мышц. Наблюдался полный возврат в исходное положение малого фрагмента после снятия жевательной нагрузки в 6,5 кг, а также полный возврат в исходное положение малого фрагмента после снятия жевательной нагрузки в 13 кг.

В ходе эксперимента установлена практически полная неподвижность костных фрагментов относительно друг друга при нагрузке в 1,9 кг ($0,00505 \pm 0,00135$ см), что соответствует силе жевательных мышц со стороны перелома при лечении аппаратами внешней фиксации в период после перелома. Это позволяет говорить о высоком качестве фиксации костных фрагментов для заживления костной раны на начальных этапах. При нагрузке в 7 кг наблюдалось смещение костных фрагментов в пределах 6,5 кг – $0,03562 \pm 0,001048217$ см. Нагрузка в 6,5 кг соответствует периоду в 1 месяц после перелома нижней челюсти со стороны перелома при лечении аппаратами внешней фиксации. К этому моменту происходит первичная стабилизация костных фрагментов, которая предотвратит минимально возможные смещения. К моменту 28–36 дней (длительность лечения с помощью экзоскелета нижней челюсти) после рентгенологического подтверждения производится демонтаж аппарата внешней фиксации. При нагрузке в 13 кг, которая соответствует 2–3 месяцам после перелома нижней челюсти, со стороны перелома при лечении аппаратами внешней фиксации наблюдается расхождение костных фрагментов на расстояние $0,33994 \pm 0,00697045$ см. В данном временном периоде после перелома пациент не использует аппарат внешней фиксации, фрагменты нижней челюсти фиксированы за счет новообразованного костного соединения.

Заключение

Таким образом, на основе компьютерного математического анализа можно утверждать, что разработанная конструкция аппарата внешней фиксации экзоскелета нижней челюсти работает в условиях челюстно-лицевой области, выполняет репозицию и фиксацию костных фрагментов нижней челюсти в условиях жевательного функционирования восстановленного перелома нижней челюсти.

Список литературы / References

1. Воробьев А.А., Фомичев Е.В., Михальченко Д.В., Саргсян К.А., Дьяченко Д.Ю., Гаврикова С.В. Современные методы остеосинтеза нижней челюсти (аналитический обзор). Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2017; 2(62): 8–14.
Vorob'ev A.A., Fomichev E.V., Mihal'chenko D.V., Sargsyan K.A., D'yachenko D.YU., Gavrikova S.V. Modern methods of lower jaw osteosynthesis (analytical review). Bulletin of the Volgograd State Medical University. 2017; 2 (62): 8–14.
2. Зедгенидзе И.В., Тишков Н.В. Сравнительная характеристика систем аппаратов внешней фиксации, используемых при лечении диафизарных переломов длинных и внутрисуставных переломов длинных костей. Сибирский медицинский журнал. 2015; (4): 135–142.
Zedgenidze I. V., Tishkov N. V. Comparative characteristics of the systems of external fixation devices used in the treatment of diaphyseal and intra-articular fractures of long bones (in English). Siberian Medical Journal. 2015; (4): 135–142.
3. Зедгенидзе И.В., Павлов Л.Ю. Характеристика систем аппаратов внешней фиксации, используемых при лечении диафизарных переломов длинных костей (сравнительная оценка подвижности между отломками). Сибирский медицинский журнал. 2018; (1): 38–41.
Zedgenidze I.V., Pavlov L.YU. Characteristics of the systems of external fixation devices used in the treatment of diaphyseal fractures of long bones (comparative assessment of mobility between fragments) (in English). Siberian Medical Journal. 2018; (1): 38–41.
4. Aşık M.B., Akay S., Ekseri S. Analyses of combat-related injuries to the maxillofacial and cervical regions and experiences in an operational field hospital. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. 2018; 1(24): 56–60.
5. Datarkar A., Tayal S., Thote A., Galie M. An in-vitro evaluation of a novel design of miniplaque for fixation of fracture segments in the transition zone of parasymphysis-body region of mandible using finite element analysis. J Craniomaxillofac Surg. 2019; 1(47): 99–105.
7. Ефимов Ю.В., Стоматов Д.В., Ефимова Е.Ю., Телянова Ю.В., Долгова И.В., Стоматов А.В. Анализ результатов использования костного шва у пострадавших с косыми переломами нижней челюсти. Вестник ВолГМУ. 2015; 4(56): 60–62.
Efimov YU. V., Stomatov D. V., Efimova E. YU., Tel'yanova YU. V., Dolgova I. V., Stomatov A. V. Analysis of the results of using a bone suture in patients with oblique fractures of the lower jaw. Bulletin of Volgograd State Medical University. 2015; 4 (56): 60–62.
8. Sazonova N.V., Shiryayeva E.V., Leonchuk D.S., Kluysin N.M. Economic analysis of treatment of the patients with chronic posttraumatic osteomyelitis of the shoulder by the method of transosseous osteosynthesis by ilizarov's apparatus. Vestn Khir Im I I Grek. 2016; 3(175): 94–99.
9. Schuurmans J., Goslings J.C., Schepers T. Operative management versus non-operative management of rib fractures in flail chest injuries: a systematic review. Eur J Trauma Emerg Surg. 2017; 2(43): 163–168.
10. Лебедев М.В., Керимова К.И., Захарова И.Ю., Акбулатова Р.З. Преимущество внутривитального остеосинтеза под проводниковой анестезией при переломах нижней челюсти. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2019; 1(49): 40–49.
Lebedev M.V., Kerimova K.I., Zaharova I.YU., Akbulatova R.Z. The advantage of intraoral osteosynthesis under conduction anesthesia for fractures of the mandible. Proceedings of higher educational institutions. Volga region. Medical sciences. 2019; 1 (49): 40–49.
11. Dyusupov A., Dyusupov A., Manarbekov E., Bukatov A., Serikbaev A. Transosseous osteosynthesis of lower extremities bones fractures and quality of life of patients in the treatment period. Georgian Med News. 2018; (2): 22–28.
12. Pickrell B.B., Hollier L.H. Jr. Evidence-Based Medicine: Mandible Fractures. Plast Reconstr Surg. 2017; 1(140): 192–200.
13. Бондаренко А.В., Круглыгин И.В., Плотиных И.А., Талашкевич М.Н., Войтенко А.Н. и др. Внешняя фиксация как основной и окончательный метод лечения повреждений тазового кольца при политравме. Политравма. 2018; (2): 5–9.
Bondarenko A.V., Kruglygin I.V., Plotnikov I.A., Talashkevich M.N., Vojtenko A.N. i dr. External fixation as the main and final method of treating pelvic ring injuries in polytrauma. Polytrauma. 2018; (2): 5–9.
14. Кинаш И.Н., Пусева М.Э., Бутаев Ч.З., Ипполитова Е.Г. Динамика показателей крови у пациентов с повреждением диафиза лучевой кости при использовании метода чрескостного остеосинтеза аппаратом внешней фиксации спицевой компоновки. Acta Biomedica Scientifica. 2018; (3): 95–99. I Kinash I.N., Puseva M.E., Butaev CH.Z., Ippolitova E.G. Dynamics of blood parameters in patients with damage to the diaphysis of the radial bone using the method of transosseous osteosynthesis with an apparatus for external fixation of the wire assembly (in English). Acta Biomedica Scientifica. 2018; (3): 95–99.
15. Meraghni N. Evolution of osteosynthesis: Historical review. Tunis Med. 2017; 2(95): 77–78.
16. Самохвалов Д.П., Бойко И.В., Зафт В.Б., Лазаренко Г.О. Организация экстренной медицинской помощи пострадавшим с политравмой на этапах медицинской эвакуации. Уральский медицинский журнал. 2013; 106: 77–84.
Samohvalov D.P., Bojko I.V., Zaft V.B., Lazarenko G.O. Organization of emergency medical care for victims with polytrauma at the stages of medical evacuation. Ural Medical Journal. 2013; 106: 77–84.
17. Clavert P., Aim F., Bonneville N., Arboucalot M., Ehlinger M., Bauer T. Biomechanical properties of transosseous bony Bankart repair in a cadaver model. Orthop Traumatol Surg Res. 2019; 2(105): 271–274.
18. Ganse B., Pishnamaz M., Kobbe P., Herren C., Gradl-Dietsch G., Böhle F., Johannes B., Kim B.S., Horst K., Knobe M. Microcirculation in open vs. minimally invasive dorsal stabilization of thoracolumbar fractures. PLoS One. 2017; 11(12): 115–117.
19. Dyusupov A., Dyusupov A., Manarbekov E., Bukatov A., Serikbaev A. Transosseous osteosynthesis of lower extremities bones fractures and quality of life of patients in the treatment period. Georgian Med News. 2018; (2): 22–28.
20. Kenzig A.R., Butler J.R., Priddy L.B., Lacy K.R., Elder S.H. A biomechanical comparison of conventional dynamic compression plates and string-of-pearls, locking plates using cantilever bending in a canine ilial fracture model. BMC Vet Res. 2017; 1(13): 222–224.
21. Guzu M., Hennes P.R. Mandibular body fracture repair with wire-reinforced interdental composite splint in small dogs. Vet Surg. 2017; 8(46): 1068–1077.
22. Skrypa O.L., Bandrivsky Y.L. Determining the frequency of functional disorders of the TMJ in patients with mandible fractures depending on the location. Wlad Lek. 2020; 2(73): 245–249.
23. Hur M.S. Anatomical Relationship of the Inferior Bundle of the Incisus Labii Inferioris with the Depressor Labii Inferioris and the Platysma. J Craniofac Surg. 2017; 7(28): 1861–1864.
24. Lasota D., Pawłowski W., Krajewski P., Staniszevska A., Goniewicz K., Goniewicz M. Seasonality of Suicides among Victims Who Are under the Influence of Alcohol. Int J Environ Res Public Health. 2019; 15(16): 2806–2807.
25. Alexander Vorobyev, Denis Dyachenko, Yuliya Makedonova, Karen Sargsyan, Svetlana Dyachenko Study of elastic elements of lower jaw exoskeleton. Archiv Euromedica. 2020; 2(10): 126–130.
26. Alexander A. Vorobyev, Denis Yu. Dyachenko, Yuliya A. Makedonova, Dmitriy V. Mikhailchenko, Evgeniy V. Fomichev, Karen A. Sargsyan Mandible Exoskeleton - First Results of Development and Implementation. Journal of International Dental and Medical research. 2020; 13(2): 400–406.

Статья поступила / Received 01.07.21

Получена после рецензирования / Revised 09.07.21

Принята в печать / Accepted 28.08.21

Информация об авторах

Д.Ю. Дьяченко¹, ассистент кафедры стоматологии
А.А. Воробьев^{1,2}, заслуженный деятель науки РФ, д.м.н., проф., зав. кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии, зав. лабораторией инновационных методов реабилитации и абилитации
Ю.А. Македонова^{1,2}, д.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии ИНМФО, старший научный сотрудник лаборатории инновационных методов реабилитации и абилитации
О.Н. Куркина¹, к.м.н., доцент кафедры стоматологии ИНМФО
С.В. Дьяченко¹, ассистент кафедры стоматологии ИНМФО
О.Ю. Афанасьева¹, к.м.н., доцент кафедры стоматологии ИНМФО
С.А. Варгина¹, к.м.н., доцент кафедры стоматологии ИНМФО

¹ ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» МЗ РФ, Волгоград, Россия

² ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», Волгоград, Россия

Контактная информация:

Македонова Юлия Алексеевна. E-mail: mihai-m@yandex.ru

Для цитирования: Дьяченко Д.Ю., Воробьев А.А., Македонова Ю.А., Куркина О.Н., Варгина С.А., Дьяченко С.В. Разработка устройства безопасной пространственной ориентации спиц аппарата внеочагового остеосинтеза. Медицинский алфавит. 2021; (24):88–92. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-24-88-92>

Author information

D. YU. D'yachenko¹, assistant at the Department of Dentistry INMFO
A. A. Vorob'ev^{1,2}, Honored Scientist, doctor of medical sciences, Professor, Head of the Department of operative surgery and topographic anatomy, Head of the Laboratory of innovative methods of rehabilitation and habilitation
Iu. A. Makedonova^{1,2}, doctor of medical Sciences, head of the Department of dentistry INMFO, senior researcher of the Laboratory of innovative methods of habilitation and rehabilitation
O.N. Kurkina¹, candidate of medical Sciences, docent of the Department of dentistry INMFO
S. V. D'yachenko¹, assistant at the Department of Dentistry INMFO
O. Yu. Afanas'eva¹, candidate of medical Sciences, docent of the Department INMFO
S. A. Vargina¹, candidate of medical Sciences, docent of the Department INMFO

¹ Federal State Government-Financed Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

² Volgograd Medical Science Center

Contact information

Makedonova Yulia A. E-mail: mihai-m@yandex.ru

For citation: D'yachenko D.YU., Vorob'ev A.A., Makedonova YU.A., Kurkina O.N., Vargina S.A., D'yachenko S.V. Development of a device for safe spatial orientation of the spokes of an extra-focal osteosynthesis apparatus. Medical alphabet. 2021; (24):88–92. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-24-88-92>

