

Получение модели челюсти по данным компьютерной томографии для изучения и прогнозирования механического напряжения элементов имплантационной системы в условиях, приближенных к реальным

А.А. Долгалев¹, В.М. Аванисян¹, Д.З. Чониашвили², Д.В. Стоматов³, Г.К. Гезуев⁴, В.В. Громова⁵

¹ ФГБОУ ВО Ставропольский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения РФ, г. Ставрополь, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова» Министерства науки и высшего образования РФ, г. Владикавказ, Российская Федерация

³ Пензенский институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ

⁴ ООО «ДЕНТА-СИТИ», г. Грозный, Чеченская республика

⁵ Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, г. Пятигорск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

В данной статье рассмотрен вопрос создания трехмерной модели системы губчатая кость-кортикальная кость-имплантат-абатмент-винт. Данная модель позволяет спрогнозировать механическое напряжение элементов имплантационной системы в условиях, приближенных к реальным. Такая визуализация помогает определить коэффициенты напряжения и определить места предположительной механической нагрузки будущего имплантационного ложа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полигональная модель, 3D-реконструкция челюсти, имплантационная система, кортикальная пластинка, губчатая кость.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Obtaining a jaw model from computed tomography data for studying and predicting the mechanical stress of the implant system elements under conditions close to the real one

A.A. Dolgalev¹, V.M. Avanisyan¹, D.Z. Choniashvili², D.V. Stomatov³, G.K. Gezuev⁴, V.V. Gromova⁵

¹ Stavropol State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Stavropol, Russian Federation

² K.L. Khetagurov North Ossetian State University, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Vladikavkaz, Russian Federation

³ Penza Institute for Further Training of Physicians – of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia

⁴ DENTA-CITY LLC, Grozny city, Chechen Republic

⁵ Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russian Federation

SUMMARY

This article deals with the creation of a three-dimensional model of the cancellous bone-cortical bone-implant-abutment-screw system. This model allows predicting the mechanical stress of the implantation system elements under conditions close to the real one. Such visualisation helps to determine the stress coefficients and to determine the places of presumed mechanical loading of the future implantation bed.

KEYWORDS: polygonal model, 3D reconstruction of the jaw, implantation system, cortical plate, cancellous bone.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Введение

В настоящее время врачи таких специальностей как: челюстно-лицевая хирургия, челюстно-лицевая онкология, хирургическая стоматология часто сталкиваются с ситуациями, требующими реабилитации пациентов со сложными дефектами челюстно-лицевой области, вызванными травмами, онкологическими процессами, выраженной

атрофией челюстных костей после потери зубов. Пациентам со сложными дефектами в условиях сопутствующей патологии проблематично проводить реконструктивные операции с пересадкой тканей [3, 5]. Несмотря на прогресс в дентальной имплантологии лечение, связанное с применением зубных имплантатов, протекает не без осложнений. Но не всегда удается предсказать точно, произойдет



Рисунок 1. 3D-реконструкция нижней челюсти пациента по данным КТ-исследования



Рисунок 2. Получение серии разрезов полигональной модели нижней челюсти

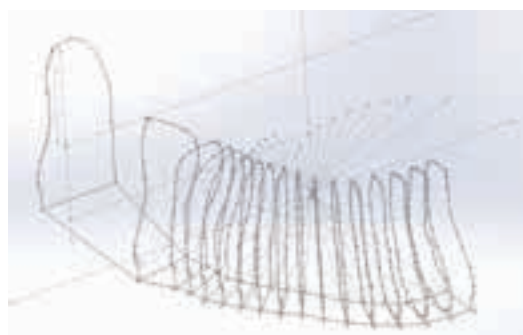


Рисунок 3. Серия сечений полигональной модели, выполненных сплайнами



Рисунок 4. Переведенная в векторную форму внешняя поверхность нижней челюсти

ли отторжение имплантата при определенной патологии или постоперационный период пройдет без осложнений. К тому же, многое зависит и от типа имплантационных систем, которые используются у конкретного пациента [4].

Сегодня междисциплинарный подход к решению проблем имплантологии является залогом эффективного использования внутрикостных дентальных имплантатов. Функциональные свойства супра-конструкций для зубного ряда в значительной степени зависят от механических напряжений, возникающих в элементах конструкции и костной ткани в ответ на жевательные нагрузки [6, 8]. Цифровые возможности помогают «на бумаге» спланировать ожидаемые коэффициенты напряжения и определить места предположительной механической нагрузки, а также создать трехмерную модель имплантационного ложа. Ведь важной составляющей в распределении нагрузок на имплантат являются характеристики ложа, в котором он закреплен [1, 2, 7].

Целью нашей работы было воссоздать модель челюсти с разделением на кортикальную и губчатую области по данным компьютерной томографии реального пациента для дальнейшего изучения и прогнозирования механического напряжения элементов имплантационной системы в условиях, приближенных к реальным.

Материалы и методы

Для приближения к реальным условиям эксплуатации была воссоздана геометрическая модель челюсти с разделением на кортикальную и губчатую области по данным компьютерной томографии реального пациента в возрасте 28 лет, для проведения дальнейших этапов моделирования и изготовления реальной модели зубной ряд был «удален» с трехмерной модели и замещен виртуальной «костной» тканью.

Первоначально по данным компьютерной томографии провели трехмерную реконструкцию нижней челюсти, в результате чего получили полигональную модель в «*.stl» формате (рис. 1).

Для перевода модели в векторную форму был проведен реверс-инжиниринг с применением соответствующего программного обеспечения.

Была создана полигональная модель с серией плоскостей, каждую последующую из которых получали путем поворота предыдущей относительно точки, приблизительно равноудаленной от челюсти (рис. 2).

Угол поворота составлял 5 градусов. Каждый полученный контур пересечения переводился в векторную форму сплайнами (рис. 3). При этом производилось преобразование формы.

По полученным сечениям производилась генерация модели внешней поверхности кости векторной форме (рис. 4).

Аналогично была получена модель области губчатой кости нижней челюсти.

Область кортикальной кости получили путем вычитания из модели поверхности всей кости объема модели губчатой кости (рис. 5).



Рисунок 5. Модель кортикальной области в разрезе

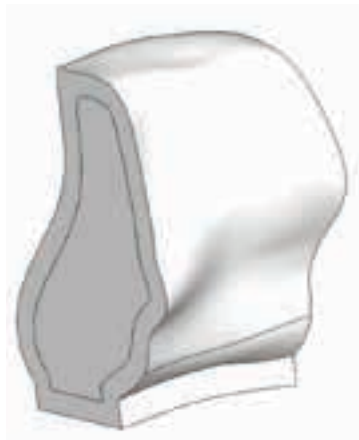


Рисунок 6. Выделен фрагмент длиной 15 мм совмещенной модели

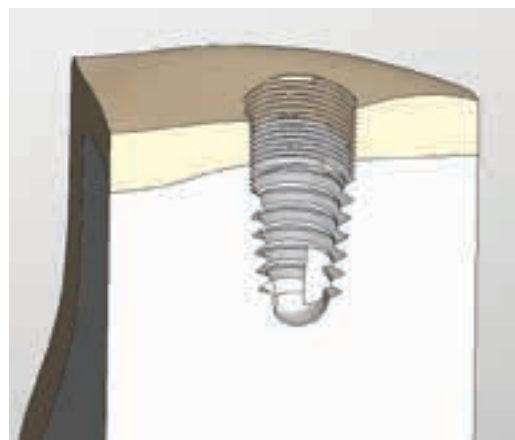


Рисунок 7. Совмещенные модели губчатой и кортикальной областей с вырезом под имплантат в разрезе

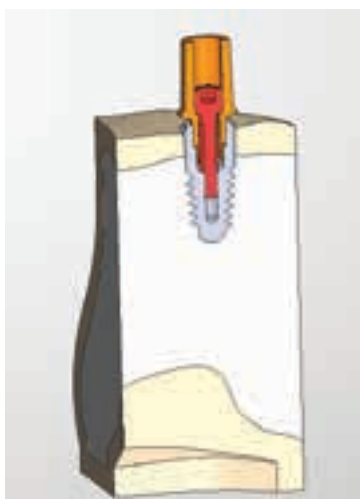


Рисунок 8. Сборная модель системы губчатая кость-кортикальная кость-имплантат-абатмент-винт в разрезе

Полученные модели были совмещены с моделями абатмента и винта крепления абатмента и сохранены в виде сборочной модели (рис. 8).

Результаты и выводы

Полученная в ходе работы модель системы губчатая кость-кортикальная кость-имплантат-абатмент-винт в разрезе позволяет наглядно изучить возможности подготовки будущего имплантационного ложа, оценить риски во время проведения операции и использовать подобное моделирование для прогнозирования конечного результата с использованием различных имплантационных систем.

Данная работа выполнена в рамках программы «Старт -2» Фонда содействия инновациям по Договору No 4981ГC2/70566, Проект No 70566, заявка NoC2-300791 в рамках реализации проекта «Разработка, изготовление и испытания опытного образца внутрикостных имплантатов из сплавов высокой прочности с биосовместимыми покрытиями для челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии».

Заключение

Несмотря на прогресс в дентальной имплантологии лечение, связанное с применением зубных имплантатов, протекает не без осложнений. Наличие осложнений как в послеоперационном периоде, так и на этапах протезирования до сих пор остается проблемой для врача-имплантолога. Предлагаемое способ компьютерного моделирования позволяет в дальнейшем разработать опытный образец имплантата для проведения доклинических испытаний на безопасность и эффективность.

Данная работа является выполненена в рамках программы «Старт -2» Фонда содействия инновациям по Договору No 4981ГC2/70566, Проект No 70566, заявка NoC2-300791 в рамках реализации проекта «Разработка, изготовление и испытания опытного образца внутрикостных имплантатов из сплавов высокой прочности с биосовместимыми покрытиями для челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии».

Список литературы / References

1. Gowd M.S., Shankar T., Ranjan R., Singh A. Prosthetic Consideration in Implant-supported Prosthesis: A Review of Literature. J. Int. Soc. Prev. Community Dent. 2017;7:S1-S7. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_149_17.
2. Machado M.R., Dutkiewicz M., Matt C., Castello D.A. Spectral model and experimental validation of hysteretic and aerodynamic damping in dynamic analysis of overhead transmission conductor. Mech. Syst. Signal Process. 2020;136:106483. doi: 10.1016/j.ymssp.2019.106483.
3. Structural Analysis Guide. – Canonsburg: ANSYS Inc, 2019.
4. Theory Reference for ANSYS and Workbench. – Canonsburg: ANSYS Inc, 2019.
5. Winter W., Klein D., Karl M. Micromotion of Dental Implants: Basic Mechanical Considerations. J. Med. Eng. 2013;2013:265412. doi: 10.1155/2013/265412.
6. Конструкционные материалы: Справочник / Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др. Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с. Structural materials: Reference book / B.N. Arzamasov, V.A. Broström, N.A. Bushe et al. Under general ed. B.N. Arzamasov. – Moscow: Mashinostroenie, 1990. – 688 p.
7. Мураев, А.А. Принципы построения математической модели для изучения напряженно-деформированного состояния в системе абатмент-имплантат-кость // Мураев А.А., Иванов С.Ю., Долгалева А.А. Murayev A.A., Ivanov S.Y., Dolgaleva A.A. Principles of mathematical model construction for studying the stress-strain state in the abutment-implant-bone system // Murayev A.A., Ivanov S.Y., Dolgaleva A.A.
8. Решетов, Д.Н. Детали машин: учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с. Reshetov, D.N. Machine parts: textbook for students of mechanical engineering and mechanical specialties of universities. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 496 p.

Статья поступила / Received 22.01.2024
Получена после рецензирования / Revised 27.01.2024
Принята в печать / Accepted 27.01.2024

Информация об авторах

Долгалева Александр Александрович¹, д.м.н., профессор кафедры общей стоматологии и детской стоматологии
E-mail: dolgalev@dolgalev.pro. ORCID: 0000-0002-6352-6750

Аванисян Вагген Михайлович¹, врач-стоматолог, ординатор 2 года обучения
E-mail: avanvaz@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0316-5957>.
SPIN-код: 1207-9234

Чониашвили Давид Зурабович², к.м.н., доцент кафедры терапевтической, хирургической и детской стоматологии с курсом имплантологии, реконструктивная хирургия полости рта, главный врач
E-mail: davidchoniashvili@mail.ru

Стоматов Дмитрий Владимирович³, к.м.н., доцент кафедры стоматологии общей практики, стоматологии терапевтической и стоматологии детской
E-mail: grekstom@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3271-971X>

Гезуев Гималай Казбекович⁴, врач стоматолог-ортопед, стоматолог-хирург
E-mail: denta_city@mail.ru. ODCID: 0009-0009-8612-4234

Громова Валерия Владимировна⁵, студентка 5 курса стоматологического факультета
E-mail: pmfi-cdpo@yandex.ru

¹ ФГБОУ ВО Ставропольский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения РФ, г. Ставрополь, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова» Министерства науки и высшего образования РФ, г. Владикавказ, Российская Федерация

³ Пензенский институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ

⁴ ООО «ДЕНТА-СИТИ», г. Грозный, Чеченская республика

⁵ Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, г. Пятигорск, Российская Федерация

Контактная информация:

Аванисян Вагген Михайлович. E-mail: avanvaz@yandex.ru

Author information

Dolgalev Alexander Alexandrovich¹, MD, Professor, Department of General Dentistry and Paediatric Dentistry
E-mail: dolgalev@dolgalev.pro. ORCID: 0000-0002-6352-6750

Avanisyen Vazgen Mikhailovich¹, dentist, 2nd year resident
E-mail: avanvaz@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0316-5957>.
SPIN: 1207-9234

Choniashvili David Zurabovich², Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Therapeutic, Surgical and Paediatric Dentistry with Implantology Course, Reconstructive Oral Surgery, Paediatric Dentistry, Dean of the Faculty of Medicine, Chief Doctor
E-mail: davidchoniashvili@mail.ru

Stomatov Dmitrii Vladimirovich³, candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General Practice Dentistry, Therapeutic Dentistry and Pediatric Dentistry
E-mail: grekstom@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3271-971X>

Gezuev Gimalai Kazbekovich⁴, prosthodontist, dental surgeon
E-mail: denta_city@mail.ru. ODCID: 0009-0009-8612-4234

Gromova Valeria Vladimirovna⁵, 5th course student of the Faculty of Stomatology
E-mail: pmfi-cdpo@yandex.ru

¹ Stavropol State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Stavropol, Russian Federation

² K.L. Khetagurov North Ossetian State University, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Vladikavkaz, Russian Federation

³ Penza Institute for Further Training of Physicians – of the FSBEI FPE RMACPE MOH Russia

⁴ DENTA-CITY LLC, Grozny city, Chechen Republic

⁵ Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russian Federation

Contact information

Avanisyen Vazgen Mikhailovich. E-mail: avanvaz@yandex.ru

Для цитирования: Долгалева А.А., Аванисян В.М., Чониашвили Д.З., Стоматов Д.В., Гезуев Г.К., Громова В.В. Получение модели челюсти по данным компьютерной томографии для изучения и прогнозирования механического напряжения элементов имплантационной системы в условиях, приближенных к реальным. Медицинский алфавит. 2024;(1):84–87. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-1-84-87>

For citation: Dolgalev A.A., Avanisyen V.M., Choniashvili D.Z., Stomatov D.V., Gezuev G.K., Gromova V.V. Obtaining a jaw model from computed tomography data for studying and predicting the mechanical stress of the implant system elements under conditions close to the real one. Medical alphabet. 2024;(1):84–87. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-1-84-87>



БЛАНК-ЗАКАЗ на подписку на журнал 2024 год



«Медицинский алфавит». Серия «**Стоматология**» – 4 выпуска в год, печатная или электронная версия. Присылайте, пожалуйста, запрос на адрес medalfavit@mail.ru.

ООО «Альфмед»

ИНН 7716213348/КПП 771701001

Рс № 40702810738090108773

ПАО «СБЕРБАНК РОССИИ» г. МОСКВА

К/с 30101810400000000225 БИК 044525225

Годовая подписка на журнал «Медицинский алфавит. Серия «**Стоматология**» – 4 выпуска в год 2024.

Цена 2800 руб в год (печатная версия) или 2000 руб (электронная версия).

Как подписаться

1. Оплатить квитанцию в любом отделении Сбербанка у кассира с получением кассового чека. Журналы высылаются только если Вы прислали адрес доставки на электронную почту издательства. Отправить скан квитанции с кассовым чеком, выданным кассиром банка, на e-mail: **medalfavit_pr@bk.ru**, или **alfmed@bk.ru**.
2. Оплата через онлайн-банк издательством принимается только на сайте <https://medalfavit.ru/podpiska-na-zhurnaly/> в разделе **Издательство медицинской литературы**.