

УДК 612.089.67:004.38

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЛИЦЕВЫХ ИМПЛАНТОВ

О.Н. ДУДИЧ¹, В.Л. КРАСИЛЬНИКОВА¹, В.С. ОСИПОВИЧ²,
А.Ю. НИКОЛАЕВ², А.Л. РАДНЁНОК², К.Д. ЯШИН²

¹Белорусская медицинская академия последипломного образования, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 15 ноября 2018

Аннотация. Изучены возможности применения спиральной компьютерной томографии для 3D моделирования и быстрого прототипирования индивидуальных размерно-геометрических параметров имплантатов при устранении посттравматических дефектов и деформаций глазницы и глазничного органокомплекса. Определен комплекс критериев оценки данных глазницы, позволяющие наиболее точно определять пространственные размеры дефекта и на основе полученных данных строить 3D модель.

Ключевые слова: трехмерная модель, лицевой имплант.

Abstract. The possibilities of the spiral computed tomography to eliminate post-traumatic defects and deformations of the linear and geometric parameters of individual implants are studied. Set of criteria for assessing the orbital data is determined. Criteria allow to determine spatial dimensions of the defect and to build 3D model based on data.

Keywords: 3D model, facial implant.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 117, No. 7, pp. 106-111

Computer simulation of facial individual implants

A.N. Dudzich, V.L. Krasilnikova, V.S. Asipovich, A.Y. Nikolayeu, A.L. Radnionok, K.D. Yashin

Введение

Последние несколько лет происходит интенсивное применение информационных технологий для решения задач лицевой хирургии [1–4]. Цель настоящей работы – представить опыт проведения компьютерного моделирования индивидуальных имплантатов. Для проведения клинических исследований были отобраны пациенты в возрасте от 14 до 60 лет с посттравматическими дефектами и деформациями костных структур глазницы. Пациенты были разделены на две группы. Основную группу составили 15 пациентов с травматическими дефектами костей глазницы. Пациенты данной группы прооперированы с использованием индивидуальных титановых имплантатов, изготовленных с использованием технологий 3D моделирования и прототипирования. В ретроспективную группу вошли 10 пациентов с травматическими дефектами костей глазницы, прооперированных по стандартной методике с использованием титановых пластин стандартных типоразмеров (производство Германия).

Изучение причин, приведших к повреждениям костных структур глазницы, показало, что первое место занимали травмы, вызванные межличностными конфликтами (удар кулаком, ногой, локтем) – у 47 % пациентов основной и 33 % пациентов ретроспективной группы. Второе место занимали дорожно-транспортные происшествия, в результате чего травматические повреждения глазницы получили 27 % пациентов основной группы и 30 %

пациентов ретроспективной. Спортивная травма (падение с велосипеда, падение с лошади, удар теннисным мячом, удар лыжной палкой) занимала третье место и являлась причиной травмы глазницы у 20 % пациентов ретроспективной и 20 % основной группы. Следует выделить еще одну причину травм, которая может привести к повреждению костей глазницы – ятрогенные повреждения, являющиеся следствием хирургических манипуляций в области верхнечелюстной пазухи.

Методика эксперимента

Офтальмологическое исследование включало в себя: визометрию по стандартной методике; биомикроскопию; определение глазодвигательных расстройств; определение диплопии; тракционный и генерационный тесты. Подвижность глазного яблока определялась на периметре Форстера по стандартной методике. Диплопия исследовалась на периметре Форстера объектом белого цвета диаметром 3 мм по 4 основных и 4 дополнительных меридиана. Степень глазодвигательных расстройств и диплопии оценивали согласно рекомендациям J.H. Grant.

Имплантат для реконструкции костных структур глазницы, производимый с использованием технологий трехмерного моделирования и прототипирования, предназначен для устранения повреждений костных структур глазницы с учетом индивидуальных особенностей перелома. Имплантат глазницы изготовлен согласно ТУ ВУ 100070211.049-201. Имплантат выполнен из титана, изготовлен из титановых сплавов марок ВТ-1-0, ВТ-6 по ГОСТ 19807. Толщина пластины составляет 0,2 – 0,4 мм. Имплантат состоит из двух частей: неперфорированной и перфорированной. Неперфорированная часть соответствует размерам дефекта и полностью перекрывает его, перфорированная часть имплантата с отверстиями 1,5 мм должна выступать за границы дефекта на 3–4 мм. Пластина содержит перфорированные выступы диаметром 1,5 мм для жесткой фиксации имплантата к подглазничному краю самонарезающимися шурупами диаметром 1,5–2,0 мм длиной 3,0–7,0 мм. Имплантат предназначен для одноразового индивидуального применения. Внешний вид индивидуального титанового имплантата и положение его в прототипе глазнице представлен на рис. 1, 2.



Рис. 1. Внешний вид индивидуального титанового имплантата

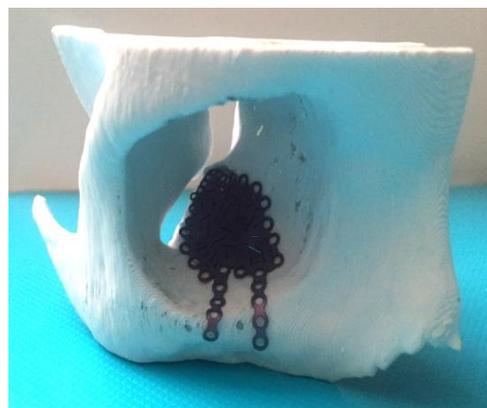


Рис. 2. Положение индивидуального титанового имплантата над областью дефекта в прототипе глазницы

Результаты эксперимента

Получив 3D модель поврежденной глазницы в натуральную величину, можно изготовить индивидуальную титановую пластину, с высокой точностью соответствующую поврежденному участку, что позволит избежать последующих проблем, возникающих при аналогичных операциях с использованием стандартной титановой пластины.

Поскольку нижняя и медиальная стенки глазниц состоят из ультратонкой костной

структуры толщиной от 0,1 до 0,3 мм, а существующие компьютерные томографы позволяют делать снимки с минимальным шагом 0,5 мм, программное обеспечение, поставляемое с современными томографами, не имеет достаточного количества данных для распознавания этого вида кости и построения 3D модели поврежденной глазницы в автоматическом режиме.

Однако перелом стенок глазниц можно увидеть на послойных 2D снимках, получаемых с помощью МСКТ (DICOM). Имея возможность зафиксировать видимые в 2D повреждения, можно построить точную 3D модель поврежденной глазницы и на основании полученной 3D модели изготовить индивидуальный прототип титанового имплантата.

Программное обеспечение томографов не позволяет редактировать полученные данные, в связи с этим потребовался поиск специализированного программного обеспечения. Поиски аналогичных отечественных программ не дали результатов. Написание программы с аналогичными возможностями очень затратно и трудоемко. Фонды программного обеспечения, как свободные, так и проприетарные, предоставляют ряд инструментов для обработки медицинских данных, в том числе позволяющих редактировать и дополнять модели.

Программа 3D-DOCTOR, используемая при реконструкции большинства костных структур человеческого тела, малоинформативна при реконструкции дефектов глазницы (в особенности ее нижней и медиальной стенок) в силу того, что в ней возможно использование и оценка только аксиальной плоскости изображения, в то время как для точного определения размеров дефекта пластинчатых костей глазницы и построения его 3D модели необходимо использование максимального количества плоскостей (в зависимости от места перелома). Попытки реконструкции орбит и построения 3D модели в данной программе приводят к большим погрешностям. К тому же данная программа является лицензионной и дорогостоящей.

В отличие от 3D-DOCTOR программа 3DSlicer более соответствует поставленным требованиям поскольку имеется: возможность импорта выходных файлов компьютерного томографа; возможность просматривания (послойно) результатов работы компьютерного томографа в любых плоскостях (аксиальной, коронарной, сагиттальной и др.); возможность редактирования исходных данных (файлов компьютерного томографа) перед построением 3D модели; возможность создания и экспорта 3D модели. Немаловажным является и то обстоятельство, что программа доступна по свободной лицензии.

Алгоритм воспроизводства 3D моделей, прототипов глазницы и титанового имплантата включает три основных этапа: выполнение исследования на томографе; получение файлов со снимками пациента в формате DICOM; перенос полученных DICOM файлов в программу 3DSlicer и построение 3D модели глазницы.

Для определения точного размера дефекта кости и построения его 3D модели выбираем минимум две плоскости, на которых наиболее хорошо визуализируется перелом (например, коронарную и сагиттальную) (рис. 3).

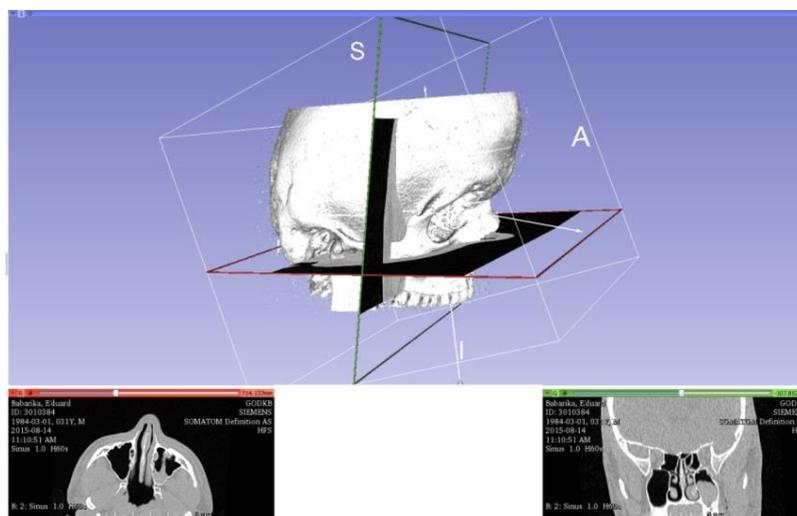


Рис. 3. Визуализация перелома в аксиальной и коронарной плоскостях

Оценка лечебной эффективности индивидуального титанового имплантата для реконструкции костных структур глазницы проводилась в соответствии с критериями, представленными в Индивидуальной карте исследований, позволявшими анализировать течение послеоперационного процесса. Среди объективных показателей оценивались: острота зрения, степень глазодвигательных расстройств, степень диплопии, наличие и степень гипопфтальма и энтофтальма, наличие воспалительных явлений, положение пластины, величина пролабирования клетчатки, объем глазницы и состояние экстраокулярных мышц.

К реконструктивному вмешательству на глазнице при наличии функционально полноценного глаза предъявляются высокие требования, учитывая опасность повреждения глазного яблока, экстраокулярных мышц и сосудисто-нервного пучка. В этой связи одним из критериев качества реконструкции глазницы является острота зрения. Результаты исследования остроты зрения у пациентов до и после хирургического лечения представлены в таблице.

Показатели корригированной остроты зрения у пациентов до и после хирургического лечения

Группа	Корригированная острота зрения на этапах наблюдения до и после операции $n, X \pm t$				
	до	1-е сутки	7-е сутки	1 мес.	3 мес.
Основная группа ($n = 15$)	0,8±0,06	0,75±0,06	0,78±0,06	0,75±0,06	0,72±0,07
Ретроспективная группа ($n = 10$)	0,81±0,07	0,78±0,07	0,81±0,07	0,75±0,09	0,85±0,08

При сравнении показателей остроты зрения до операции и через месяц после нее отмечено снижение остроты зрения у 2 пациентов основной группы до 0,7–0,9 и у 2 пациентов ретроспективной группы до 0,3–0,4, что явилось следствием развития осложненной заднекапсулярной катаракты. Учитывая низкую остроту зрения у 2 пациентов ретроспективной группы, им была выполнена факэмульсификация катаракты с имплантацией интраокулярной линзы, после чего острота зрения восстановилась до исходной и составила 1,0. Спустя три месяца после реконструкции костных стенок глазницы, у пациентов основной группы острота зрения снизилась до 0,72±0,07, что явилось результатом прогрессирования осложненной катаракты у 2 пациентов. У пациентов ретроспективной группы острота зрения достигла предоперационного уровня и составила 0,85±0,08.

Важным показателем эффективности реконструкции орбиты являются глазодвигательные расстройства, наличие которых свидетельствует о повреждении (ущемлении) мышц или параличе глазодвигательных нервов. Изучение степени глазодвигательных расстройств у пациентов основной и ретроспективной групп до и после операции представлена на рисунке 4.

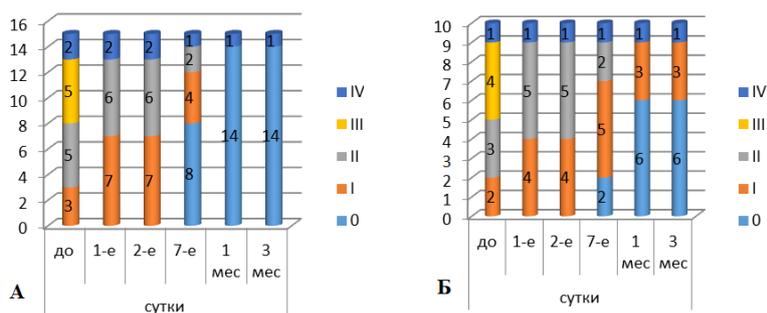


Рис. 4. Степень глазодвигательных расстройств у пациентов:
А – основная группа; Б – ретроспективная группа

О функциональном результате реконструкции орбиты судят по степени тяжести диплопии. Считается, что реконструкция костных дефектов орбиты должна полностью устранять диплопию. Однако не каждая диплопия является показанием к реконструктивной операции и не каждая диплопия считается осложнением хирургического лечения. Изучение степени диплопии у пациентов основной и ретроспективной группы на этапах наблюдения представлена на рис. 5.

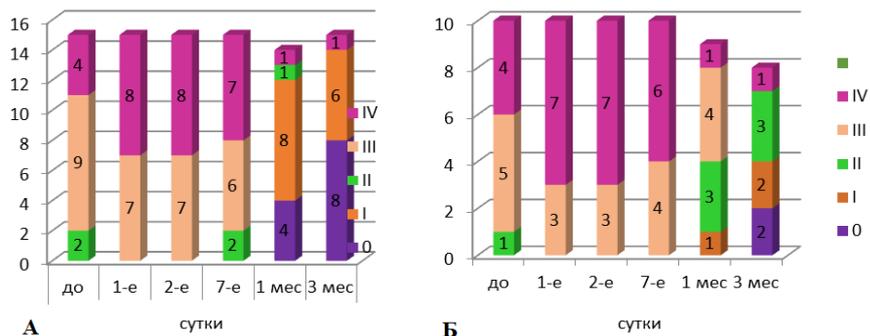


Рис. 5. Степень диплопии у пациентов:

А – основная группа до и после операции; Б – ретроспективная группа до и после операции

Следует отметить, что спустя три месяца сохранялась тяжелая диплопия IV степени наблюдалась у 1 пациента (7 %) основной и 1 пациента (10 %) ретроспективной группы.

Заключение

Тенденция к уменьшению степени глазодвигательных расстройств и диплопии наблюдается к седьмым суткам после операции. Значимый регресс степени глазодвигательных расстройств и диплопии наступал в течение трех месяцев после операции. В основной группе спустя три месяца после реконструктивной операции у 93 % пациентов отсутствовали глазодвигательные расстройства и клинически значимые степени диплопии, в то время как в ретроспективной полное отсутствие глазодвигательных расстройств наблюдалось у 60 % пациентов, отсутствие клинически значимых степеней диплопии – у 70 % пациентов. Наличие длительно существующих клинически значимых степеней глазодвигательных расстройств и диплопии, в сочетании с отрицательным тракционным и генерационным тестом, свидетельствует об их нейрогенной природе. Динамика изменений степени глазодвигательных расстройств и диплопии после операции свидетельствует в пользу применения индивидуального титанового имплантата, точно соответствующего размерно-геометрических параметрам дефекта и анатомическим особенностям глазницы.

Список литературы

1. Система построения геометрических моделей лицевых имплантов / А.Ю. Николаев [и др.] // Матер. IV междунар. науч.-практ. конф. «Big Data and Advanced Analytics». Минск, 2018.
2. Николаев А.Ю., Раднёнок А.Л., Осипович В.С. Processing of large amounts of information for reconstructive facial surgery // Матер. III междунар. науч.-практ. конф. «Big Data and Advanced Analytics». Минск, 2017.
3. Николаев А.Ю., Осипович В.С., Яшин К.Д. Обработка больших массивов выходных файлов компьютерного рентгеновского томографа для реконструктивной лицевой хирургии // Матер. III междунар. науч.-практ. конф. «Big Data and Advanced Analytics». Минск, 2016.
4. Технология технологии получения 3D модели костей лицевого черепа / В.С. Осипович [и др.] // Сб. науч. статей IX междунар. науч.-техн. конф. «Медэлектроника–2015. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии». Минск, 2015.

References

1. Sistema postroenija geometricheskikh modelej licevyh implantov/ A.Ju. Nikolaev [i dr.] // Mater. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Big Data and Advanced Analytics». Minsk, 2018. (in Russ.)
2. Nikolaev A.Ju., Radnjonok A.L., Osipovich V.S. Processing of large amounts of information for reconstructive facial surgery // Mater. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Big Data and Advanced Analytics». Minsk, 2017. (in Russ.)
3. Nikolaev A.Ju., Osipovich V.S., Jashin K.D. Obrabotka bol'shih massivov vyhodnyh fajlov komp'juternogo rentgenovskogo tomografa dlja rekonstruktivnoj licevoj hirurgii // Mater. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Big Data and Advanced Analytics». Minsk, 2016. (in Russ.)

4. Tehnologija tehnologij poluchenija 3D modeli kostej licevogo cherepa / V.S. Osipovich [i dr.] // Sb. nauch. statej IX mezhdunar. nauch.-tehn. konf. «Medjelektronika–2015. Sredstva medicinskoj jelektroniki i novye medicinskie tehnologii». Minsk, 2015. (in Russ.)

Сведения об авторах

Дудич О.Н. к.м.н., доцент кафедры офтальмологии Белорусской медицинской академии последипломного образования.

Красильникова В.Л., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии Белорусской медицинской академии последипломного образования.

Осипович В.С. к.т.н., доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Николаев А.Ю., инженер-программист кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Раднёнок А.Л., ассистент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Яшин К.Д., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь
г. Минск, ул. П. Бровки, 6
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-17-293-85-24;
e-mail: nikolaev17andrei@mail.ru
Николаев Андрей Юрьевич

Information about the authors

Dudzich A.N., PhD, associate professor of department of ophthalmology of Belarusian medical academy of postgraduate education.

Krasilnikova V.L., D.Sci, professor of department of ophthalmology of Belarusian medical academy of postgraduate education.

Asipovich V.S., PhD, associate professor of department of human engineering and ergonomics of Belarusian state university of informatics and radioelectronics

Nikalayeu A.Y., engineer of department of human engineering and ergonomics of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Radnionok A.L., assistant of department of human engineering and ergonomics of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Yashin K.D., PhD, associate professor, head of department of human engineering and ergonomics of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus
Minsk, P. Brovki st., 6
Belarusian state university
of informatics and radioelectronics
tel. 375-17-293-85-24;
e-mail: nikolaev17andrei@mail.ru
Nikalayeu Andrei Jur'evich