

# ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

УДК 616.716.1/.4–089.844  
Поступила 29.04.2013 г.

**А.А. Мураев**, к.м.н., ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии и имплантологии ФПКВ<sup>1</sup>;  
**А.Б. Дымников**, к.м.н., врач хирург-стоматолог<sup>2</sup>;  
**Н.Л. Короткова**, к.м.н., научный сотрудник<sup>3</sup>;  
**К.К. Кобец**, врач-ординатор<sup>1</sup>;  
**С.Ю. Иванов**, д.м.н., профессор, зав. кафедрой челюстно-лицевой хирургии и имплантологии ФПКВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Нижегородская государственная медицинская академия, Н. Новгород, 603005, пл. Минина и Пожарского, 10/1;

<sup>2</sup>Поликлиника №2 Медицинского центра управления делами мэра и правительства Москвы, Москва, 109240, Китай-Город, ул. Солянка, 12;

<sup>3</sup>Нижегородский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава России, Н. Новгород, 603155, Верхне-Волжская набережная, 18

Представлен новый метод компьютерного планирования при хирургическом лечении посттравматических и врожденных деформаций лицевого скелета с использованием индивидуально изготовленных имплантатов на основе тетраполифторэтилена для проведения контурной пластики. Разработана методика предоперационного планирования, позволяющая на компьютерной 3D-модели восстанавливать симметрию поврежденного отдела и на основе полученных данных изготавливать индивидуальные имплантаты для контурной пластики.

Получены положительные результаты при клиническом применении предложенного метода у пациентов с посттравматическими и врожденными деформациями лица. Компьютерное планирование позволяет разработать алгоритм лечения и достоверно прогнозировать его результат за счет изготовления индивидуального имплантата, который используют для контурной пластики лица, нуждающегося в коррекции.

**Заключение.** Компьютерное планирование и CAD/CAM-производство индивидуального имплантата позволяют устранять деформации и точно восстанавливать симметрию и эстетику лица у пациентов с посттравматическими и врожденными деформациями лица.

**Ключевые слова:** контурная пластика; операции в челюстно-лицевой области; цифровая скульптура в челюстно-лицевой области.

## English

## Planning Technique in Maxillofacial Plasty

**A.A. Muraev**, PhD, Tutor, the Department of Maxillofacial Surgery and Implantology, the Faculty of Doctors' Advanced Training<sup>1</sup>;  
**A.B. Dymnikov**, PhD, Dental Surgeon<sup>2</sup>;  
**N.L. Korotkova**, PhD, Research Worker<sup>3</sup>;  
**K.K. Kobets**, Resident Physician<sup>1</sup>;  
**S.Y. Ivanov**, D.Med.Sc., Professor, Head of the Department of Maxillofacial Surgery and Implantology, the Faculty of Doctors' Advanced Training<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Medical Academy, Minin and Pozharsky Square, 10/1, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603005;

<sup>2</sup>Polyclinic No.2 of Medical Centre of Moscow Mayor and City Government Administration, Solyanka St., 12, Kitai-Gorod, Moscow, Russian Federation, 109240;

<sup>3</sup>Nizhny Novgorod Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation, Verkhne-Volzhskaia naberezhnaya St., 18, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603155

We have represented a new method of computer planning in surgical management of posttraumatic and congenital deformities of facial skeleton using individual tetrapolyfluoroethylene implants for contour plasty. There have been developed the technique of preoperative planning enabling to recover the symmetry of a deformed area using a computer 3D-model, and based on the obtained data — to produce individual implants for contour plasty.

There have been received positive results of the technique in clinical use in patients with posttraumatic and congenital facial deformities.

Для контактов: Мураев Александр Александрович, тел. моб. +7-903-711-02-46; e-mail: muraev@gmail.com

Computer planning promotes accurate planning and reliable prognosis of the management results due to an individual implant used for contour facial plasty, which requires correction.

**Conclusion.** Computer planning and CAD/CAM-production of an individual implant enables to correct deformities and recover facial symmetry and esthetics in patients with posttraumatic and congenital distortions of face.

**Key words:** contour plastic surgery; maxillofacial operations; digital plastic art in maxillofacial area.

Показаниями к проведению контурной пластики при врожденных и приобретенных деформациях лица являются несимметричное развитие костей одной из половин черепа (например, скуловой кости, ветви и/или тела нижней челюсти при отсутствии нарушений прикуса), неправильно сросшиеся переломы скуло-орбитального комплекса. Также эти операции могут проводиться по эстетическим показаниям для изменения контуров лица. Традиционно для подобных вмешательств применяются костные аутоотрансплантаты или стандартные силиконовые имплантаты. Недостатки при использовании костных аутоотрансплантатов связаны с необходимостью проведения дополнительной операции по забору трансплантата, большей трудоемкостью их обработки для создания конгруэнтной поверхности с воспринимающим ложем, неточностью при формировании трансплантата «на глаз». Силиконовые имплантаты имеют стандартную форму и не всегда позволяют восстановить нарушенную симметрию лица.

Основную роль в планировании операций контурной пластики играют методы компьютерной томографии: мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) и конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Томографы, на которых проводится исследование, обладают своим специализированным программным обеспечением для планирования и контроля лечения. При сканировании получается серия срезов исследуемой области в виде DICOM-файлов (*англ.* Digital Imaging and Communications in Medicine — отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений и документов обследованных пациентов), которые реформируются в трехмерное изображение лицевого черепа. Анализ полученного трехмерного объемного изображения позволяет хирургу оценить деформации, ее точную локализацию и размеры. Кроме того, программное обеспечение некоторых томографов позволяет также проводить виртуальное планирование операции, используя функции зеркального отображения (здоровой стороны на деформированную), сегментацию отдельных участков скелета и их перемещение. Подобная визуализация помогает хирургу в составлении плана хирургического вмешательства: оценка размеров имплантата, определение доступа к области деформации [1, 2]. В открытом доступе существует большое количество бесплатных и коммерческих программ для анализа DICOM-изображений (AMIDE, Synedra View, UniPACS DICOM viewer, Mango, XmedCon, DICOM Viewer, OsiriX, openDICOM, NET, K-PACS, Aeskulap-DICOM, пакет программ 3Dview (Россия)), специализированных программ для планирования хирургических вмешательств на костях черепа: Mimics (Materialise), iPlan 3.0 (Brainlab®,

Feldkirchen, Германия), 3D Doctor, Amira, Analyse, BioBuild, SliceOmatic (TomoVision, Канада), InVesalius (Бразилия). Виртуальное планирование в таких программах основано на широком, но недостаточном, на наш взгляд, наборе стандартных функций. Основным минусом данного метода диагностики является отсутствие возможности точно перенести виртуальный план на операционное поле. В некоторых специализированных программах для челюстно-лицевой хирургии существует возможность изготовления интраоперационных шаблонов для правильного позиционирования костных аутоотрансплантатов [3].

Развитие компьютерных и CAD/CAM-технологий (Computer-aided design — автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования; Computer-aided manufacturing — подготовка технологического процесса производства изделий, ориентированная на использование ЭВМ) позволило на основе 3D-моделей получать точные объемные модели скелета из различных пластиковых и биосовместимых материалов [4–9]. Для изготовления моделей черепа наиболее подходят такие методы аддитивного производства, как лазерная стереолитография, моделирование методом наплавления или струйная печать. Суть этих технологий заключается в послойном наложении материала на основе компьютерной 3D-модели. Компьютерное виртуальное планирование операций и методы CAD/CAM-производства из биосовместимых материалов активно внедряются в клиническую практику. Это объясняется их относительной простотой в использовании, доступностью и, что самое важное, широкими возможностями при диагностике и планировании. Такое мнение поддерживает абсолютное большинство челюстно-лицевых хирургов и стоматологов. По данным работы [10], 99,8% указанных специалистов связывают будущее челюстно-лицевой хирургии с разработкой и использованием методик ядерно-магнитного резонанса, компьютерной томографии и интенсификацией применения новейших оптико-физических, механических, физиологических, рентгенологических и прочих методов диагностики патологии челюстно-лицевой области. Главным преимуществом данного вида производства является способность создания мелких деталей, пустот и сложной внутренней геометрии [4]. Изготовленные таким образом модели черепа используются для более детального планирования по сравнению с описанной выше виртуальной 3D-диагностикой [1, 11]. На объемной модели можно смоделировать из пластичных затвердевающих материалов (акриловой глины или пластилина) имплантат для контурной пластики, определить хирургический доступ, путь его введения, место крепления. После из-

готовления такого прототипа его следует оцифровать (3D-сканирование) и на основе полученной компьютерной 3D-модели изготовить имплантат из биосовместимых материалов (керамика, политетрафторэтилен, титан).

В настоящее время планирование контурной пластики с использованием индивидуальных имплантатов из биосовместимых ксеногенных материалов проводится в пять этапов:

1. Компьютерная томография головы, построение на основе полученных данных компьютерной 3D-модели черепа.
2. Изготовление методами аддитивного производства модели черепа.
3. Моделирование индивидуального имплантата из пластичных материалов на модели черепа.
4. 3D-сканирование модели имплантата.
5. Изготовление модели имплантата из биосовместимых материалов.

Нами предлагается новый, оптимизированный метод планирования пластических операций, который состоит лишь из трех этапов:

1. Компьютерная томография головы, построение на основе полученных данных компьютерной 3D-модели черепа.
2. Компьютерное моделирование операции, создание 3D-модели индивидуального имплантата.
3. Изготовление модели имплантата из биосовместимых материалов.

При использовании этого метода исключаются такие трудоемкие и дорогостоящие этапы, как изготовление стереолитографической модели черепа, прототипа имплантата и его сканирование.

Апробация нового метода успешно проведена при хирургическом лечении трех пациентов методом контурной пластики: одной пациентки с врожденной патологией (недоразвитие тела нижней челюсти справа) и двух пациентов с посттравматическими деформациями скулоорбитального комплекса. Пациенты не имели сопутствующей соматической патологии, являющейся противопоказанием к запланированному хирургическому лечению.

Суть предложенного метода заключается в следующем. На первом этапе проводится МСКТ на томографе Toshiba, Aquilon 32 Toshiba (спиральное сканирование, толщина слоя 0,5 мм,  $2,0 \pm 0,9$  мЗв) (Япония). Полученные данные в виде серии DICOM-файлов с использованием программного обеспечения InVesalius 3.0 конвертируются в 3D-модель черепа в формате obj. Данный формат совместим с программами 3D-моделирования (Autodesk 3D Studio Max, Autodesk Maya и др.). Эти программы обладают расширенными возможностями объемного моделирования и объемного скульптинга. Далее стандартными средствами программного обеспечения выполняется зеркальное отображение здоровой стороны на поврежденную область, заполнение объема дефекта объемом имплантата и за счет вычитания из большего объема (зеркальная копия здоровой стороны) меньшего объема (область деформации) получается прототип имплантата. Далее проводится

адаптация мест прилегания модели имплантата к области деформации и, при необходимости, модификация его формы и прилегания (виртуальная скульптура). После завершения 3D-моделирования имплантата его модель сохраняется в формате stl, необходимым для CAD/CAM-производства, файл отправляется для изготовления самого имплантата.

Всем пациентам применяли имплантаты, изготовленные из политетрафторэтилена. Оперативные вмешательства проводили под эндотрахеальным наркозом. Имплантаты фиксировали к подлежащим костным структурам титановыми мини-винтами. Послеоперационный период протекал без особенностей, все имплантаты хорошо интегрировались с тканями, нагноения и отторжения имплантатов не наблюдалось. Швы снимали на 7-е сутки. Через 2 нед для контроля прилегания имплантата и оценки симметрии проводили контрольную КЛКТ.

Для демонстрации описанного метода приводим клинический пример.

*Пациент Е., 35 лет. Диагноз: посттравматическая деформация скулоорбитальной области. Зрение и функция жевания не нарушены. На основании клинико-рентгенологического обследования запланировано проведение контурной пластики с использованием индивидуально изготовленного имплантата из политетрафторэтилена. Этапы планирования изготовления имплантата приведены на рисунках 1–7.*

Череп имеет сложное строение с точки зрения как анатомии, так и геометрии. Повреждения и деформации еще больше усложняют его объемную структуру. Поэтому планирование операций по устранению дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, в частности методами контурной пластики, является трудной задачей. В нашей работе мы использовали инструменты программного обеспечения по 3D-моделированию, которое применяется для создания современных мультипликационных и художественных фильмов. Оно позволяет, наряду с простыми функциями сегментации, зеркального отображения, буллевого объединения и вычитания объемных тел, выполнять виртуальную скульптуру (цифровую скульптуру). Данная операция дает возможность рисовать в объеме и точно восстанавливать сложные анатомические структуры черепа с сохранением размеров оригинала.

На основе проведенных операций мы получали сначала виртуальную 3D-модель имплантата, а затем на ее основе изготавливали индивидуальный имплантат, полностью конгруэнтный реципиентному ложу и восстанавливающий контуры лица.

Использованные нами имплантаты из политетрафторэтилена удобны в применении. Они инертны в тканях, пористые, что улучшает их интеграцию, достаточно твердые для удержания своей формы и в то же время пластичные, что важно при их проведении через мягкие ткани при установке и фиксации.

Для создания объемной 3D-модели черепа мы рекомендуем проводить МСКТ, а не КЛКТ по технологичес-



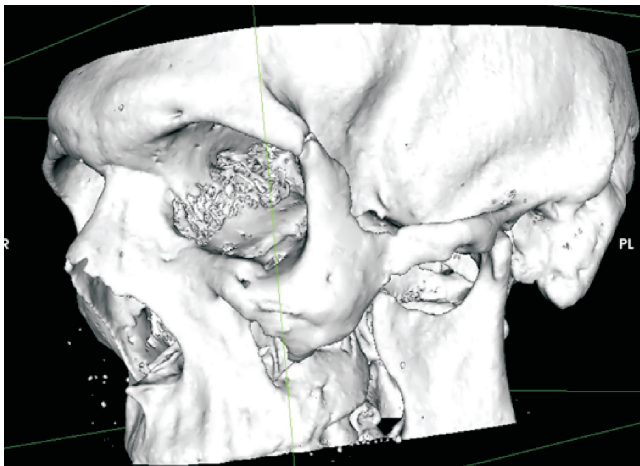


Рис. 1. 3D-реконструкция данных компьютерной томографии

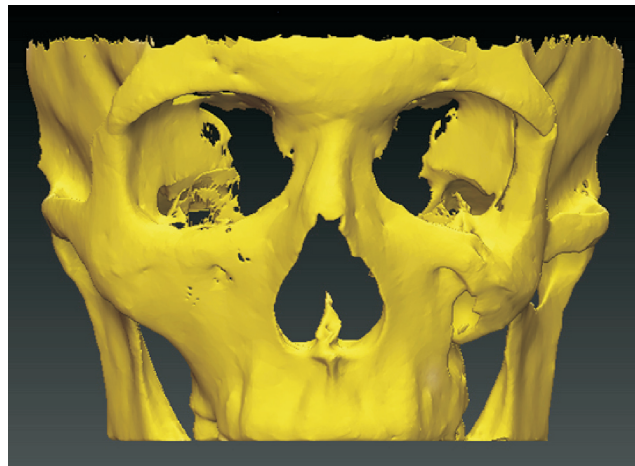


Рис. 2. 3D-модель черепа, подготовленная для планирования и моделирования имплантата

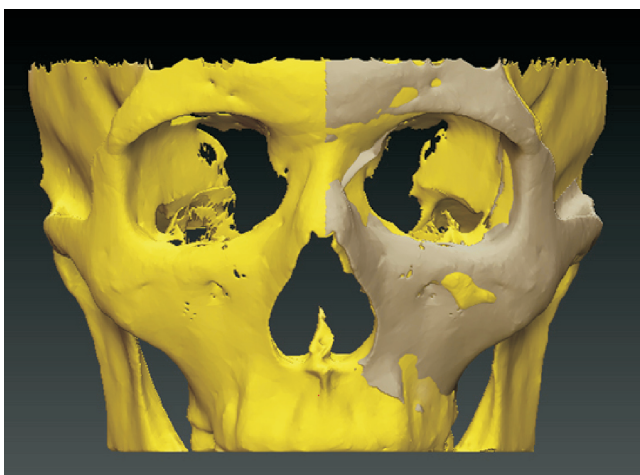


Рис. 3. Этап виртуального планирования. Выполнены сегментация (выделение) скулоорбитального комплекса справа и его зеркальное отображение на левую сторону на область деформации

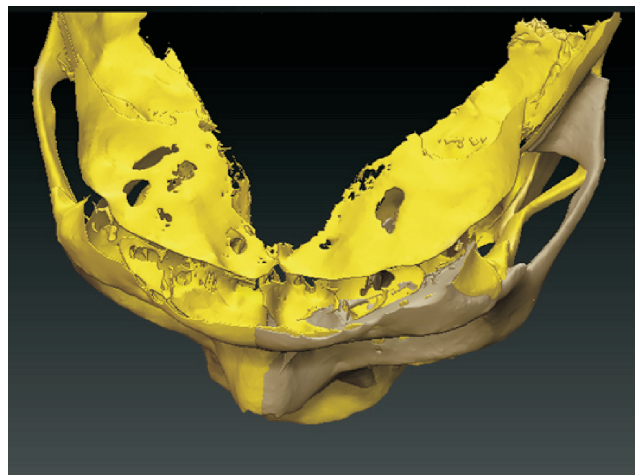
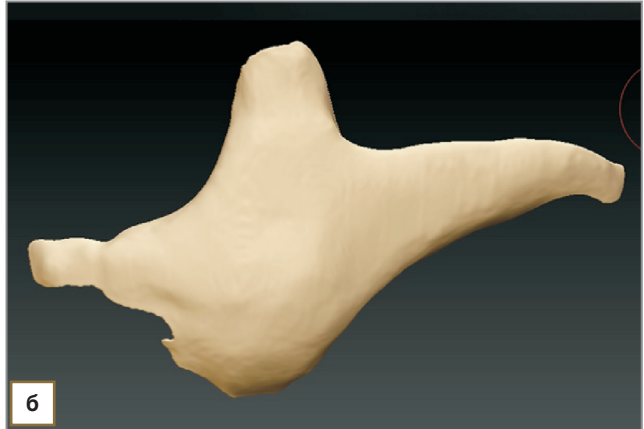
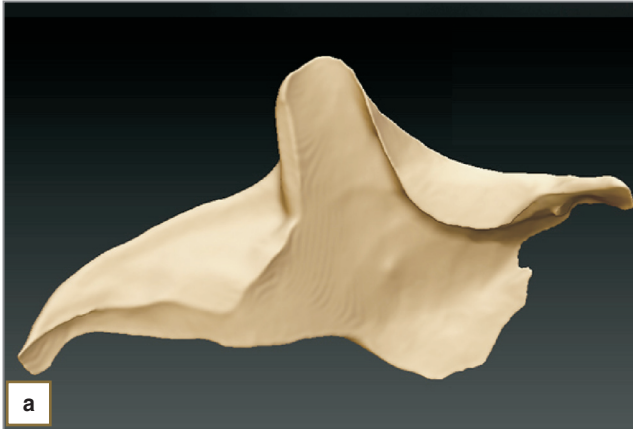


Рис. 4. Вид сверху. Между деформированной скуловой дугой (желтого цвета) и зеркально отображенной левой скуловой дугой видно свободное пространство



Рис. 5. Вид сверху. С использованием инструментов объемного моделирования сформированы границы модели имплантата и заполнена область дефекта



**Рис. 6.** Модель имплантата: а — внутренняя поверхность, точно соответствующая наружной поверхности деформированной скуловой кости; б — наружная поверхность, точно соответствующая контурам контралатеральной здоровой стороны



**Рис. 7.** Индивидуально изготовленный имплантат из политетрафторэтилена: а — наружная поверхность; б — внутренняя поверхность

ким причинам. Данные МСКТ лучше обрабатываются программным обеспечением, очищаются от «шумов», что в результате позволяет получить более точную 3D-модель черепа, более контрастное 3D-изображение черепа, имплантата и мягких тканей. Для контроля лечения лучше использовать КЛКТ, которая в отличие от МСКТ дает меньшую лучевую нагрузку на пациента.

**Заключение.** Использование компьютерного планирования и CAD/CAM-производства индивидуального имплантата из политетрафторэтилена позволяет устранять деформации и точно восстанавливать симметрию и эстетику лица у пациентов с посттравматическими и врожденными деформациями челюстно-лицевой области. Предложенный метод дает возможность сократить время планирования операции контурной пластики, повысить точность, снизить продолжительность вмешательства и его объем, получить прогнозируемый результат.

**Литература**

1. Перова Н.Г. Специализированное программное обеспечение компьютерных томографов для планирования и контроля лечения в челюстно-лицевой хирургии. Сибирский медицинский журнал 2010; 25(3, выпуск 2): 98.  
 2. Аржанцев А.П., Перфильев С.А. Спиральная компьютерная томография при диагностике заболеваний челюстно-лицевой об-

ласти и планировании хирургического лечения. Сибирский медицинский журнал 2010; 25(3, выпуск 2): 69–70.  
 3. Essig H., Rana M., Kokemueller H., von See C., Ruecker M., Tavassol F., Gellrich N.-C. Pre-operative planning for mandibular reconstruction — a full digital planning workflow resulting in a patient specific reconstruction. Head & Neck Oncology 2011; 3: 45.  
 4. van Noort R. The future of dental devices is digital. Dental Mater 2012; 28: 312.  
 5. Miyazaki T., Hotta Y., Kunii J., et al. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater J 2009; 28: 4456.  
 6. Winder J., Bibb R. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for applications in oral and maxillofacial surgery. J Oral Maxillofac Surg 2005; 63: 100615.  
 7. Bartlett P., Carter L., Russell J.L. The leeds method for titanium cranioplasty construction. Brit J Oral Maxillofac Surg 2009; 47: 23840.  
 8. Mueller A.A., Paysan P., Schumacher R., Zeilhofer H.F., Berg-Boerner B.I., Maurer J., et al. Missing facial parts computed by a morphable model and transferred directly to a polyamide laser-sintered prosthesis: an innovation study. Brit J Oral Maxillofac Surg 2011 Dec; 49(8): e67–71. doi:10.1016/j.bjoms.2011.02.007.  
 9. Shanjani Y., De Croos J.N., Pilliar R.M., Kandel R.A., Toyserkani E. Solid freeform fabrication and characterization of porous calcium polyphosphate structures for tissue engineering purposes. J Biomed Mater Res Appl Biomater 2010; 93B: 5109.  
 10. Чигринцев О.В., Виноградов Д.Л. Челюстно-лицевая хирургия: перспективы развития. ГлавВрач 2011; 1: 11–13.  
 11. Никитин А.А., Стучилов В.А. Основные научные разработки и перспективы дальнейшего развития отделения челюстно-лицевой хирургии. Альманах клинической медицины 2003; 6: 151–169.

References

1. Perova N.G. Spetsializirovannoe programmnoe obespechenie komp'yuternykh tomografov dlya planirovaniya i kontrolya lecheniya v chelyustno-litsevoy khirurgii [Specialized software of computed tomography scanners for treatment planning and control in maxillofacial surgery]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal — Siberian Medical Journal* 2010; 25(3, Suppl. 2): 98.
2. Arzhantsev A.P., Perfil'ev S.A. Spiral'naya komp'yuternaya tomografiya pri diagnostike zabolevaniy chelyustno-litsevoy oblasti i planirovaniy khirurgicheskogo lecheniya [Helical computed tomography in diagnosis of maxillofacial diseases and surgical management planning]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal — Siberian Medical Journal* 2010; 25(3, Suppl. 2): 69–70.
3. Essig H., Rana M., Kokemueller H., von See C., Ruecker M., Tavassol F., Gellrich N.-C. Pre-operative planning for mandibular reconstruction — a full digital planning workflow resulting in a patient specific reconstruction. *Head & Neck Oncology* 2011; 3: 45.
4. van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental Mater* 2012; 28: 312.
5. Miyazaki T., Hotta Y., Kunii J., et al. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009; 28: 4456.
6. Winder J., Bibb R. Medical rapid prototyping technologies: state of the art and current limitations for applications in oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 63: 100615.
7. Bartlett P., Carter L., Russell J.L. The Leeds method for titanium cranioplasty construction. *Brit J Oral Maxillofac Surg* 2009; 47: 23840.
8. Mueller A.A., Paysan P., Schumacher R., Zeilhofer H.F., Berg-Boerner B.I., Maurer J., et al. Missing facial parts computed by a morphable model and transferred directly to a polyamide laser-sintered prosthesis: an innovation study. *Brit J Oral Maxillofac Surg* 2011 Dec; 49(8): e67–71. doi:10.1016/j.bjoms.2011.02.007.
9. Shanjani Y., De Croos J.N., Pilliar R.M., Kandel R.A., Toyserkani E. Solid freeform fabrication and characterization of porous calcium polyphosphate structures for tissue engineering purposes. *J Biomed Mater Res Appl Biomater* 2010; 93B: 5109.
10. Chigrinets O.V., Vinogradov D.L. Chelyustno-litsevaya khirurgiya: perspektivy razvitiya [Maxillofacial surgery: development prospects]. *GlavVrach — Chief Physician* 2011; 1: 11–13.
11. Nikitin A.A., Stuchilov V.A. Osnovnye nauchnye razrabotki i perspektivy dal'neyshego razvitiya otdeleniya chelyustno-litsevoy khirurgii [Basic scientific research results and prospects of further development of the maxillofacial surgery department]. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny — Clinical Medicine Almanac* 2003; 6: 151–169.