МЕТОД РУЧНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ПРИ ВОЛЮМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ВЫРАЖЕННОЙ АТРОФИЕЙ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕВАСКУЛЯРИЗИРОВАННОГО МАЛОБЕРЦОВОГО АУТОТРАНСПЛАНТАТА

Буцан С.Б., Булат С.Г., Салихов К.С., Большаков М.Н., Селезнёв В.А.,
Ходячий А.Е., Черненький М.М., Хохлачёв С.Б.

Цель исследования. Оценка результатов комплексного лечения пациентов с выраженной атрофией нижней челюсти с использованием метода ручной сегментации МСКТ для расчета объемов нативной нижней челюсти и пересаженного реваккуляризированного малоберцового аутоотрансплантата на всех этапах лечения и в отдаленном периоде.

Материалы и методы. За период 2017-2018 гг. в отделении «Челюстно-лицевой хирургии» ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» проведено хирургическое лечение 5 женщин, в возрасте от 47 до 64 лет (средний возраст пациентов – 53 года), с выраженной атрофией нижней челюсти и полной потерей зубов с использованием реваккуляризированного малоберцового аутоотрансплантата. Расчет объема выраженной атрофированной нижней челюсти и пересаженного реваккуляризированного малоберцового аутоотрансплантата проводился путем ручной послойной сегментации на основе данных МСКТ головы до реконструктивной операции, перед этапом установки внутрикостных дентальных имплантатов в реконструированную нижнюю челюсть, а также через 3 месяца после протезирования с опорой на дентальные имплантаты. Диапазон сегментации структур интереса находился в пределах от +135 до +1860 единиц Хаунсфилда. Границей начала сегментации нативной нижней челюсти служил вход в нижнечелюстной канал.

Результаты. В двух прослеженных клинических случаях отмечено отсутствие прогрессирования атрофии после проведенной реконструктивной операции, а также увеличение объема пересаженного реваккуляризированного малоберцового аутоотрансплантата через 3 месяца после начала функциональной нагрузки внутрикостных имплантатов на 1,282 см³ (11,92%) и 1,368 см³ (11,65%) соответственно.

Выводы. Ручная сегментация МСКТ является надежным методом оценки результатов комплексного лечения пациентов с выраженной атрофией нижней челюсти с использованием реваккуляризированного малоберцового аутоотрансплантата. Увеличение объема аутоотрансплантата в условиях неоанатомии является результатом функциональной адаптации в ответ на биомеханическую нагрузку, передаваемую при жевании.

Ключевые слова: ручная сегментация, компьютерная томография, атрофия нижней челюсти, реваккуляризированный малоберцовый аутоотрансплантат, дентальные имплантаты.

Контактный автор: Буцан С. Б., sergeibutsan@hotmail.com

Для цитирования: Буцан С.Б., Булат С.Г., Салихов К.С., Большаков М.Н., Селезнёв В.А., Ходячий А.Е., Черненький М.М., Хохлачёв С.Б. Метод ручной сегментации при волюметрической оценке результатов комплексного лечения пациентов с выраженной атрофией нижней челюсти с применением реваккуляризированного малоберцового аутоотрансплантата. REJR 2019; 9(1):34-47. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-34-47.

Статья получена: 16.02.19

Статья принята: 14.03.19

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Минздрава России.
г. Москва, Россия.

METHOD OF MANUAL SEGMENTATION IN VOLUMETRIC ASSESSMENT OF COMPLEX TREATMENT'S RESULTS OF PATIENTS WITH SEVERE MANDIBULAR ATROPHY WITH USE OF REVASCULARIZED AUTOGENOUS FIBULAR TRANSPLANT

Butsan S.B., Bulat S.G., Salikhov K.S., Bolshakov M.N.,
Seleznev V.A., Khodiachii A.E., Chernenkii M.M., Khokhlachev S.B.

Central Research
Institute of Dentistry and
Maxillofacial Surgery.
Moscow, Russia

Purpose. To assess the results of complex treatment of patients with severe mandibular atrophy using the method of multispiral computed tomography (MCT) manual segmentation for volume calculation of native mandible and revascularized fibula autogenous transplant at all treatment stages and after.

Material and methods. During the 2017 and 2018 years, at the department of «Maxillofacial Surgery» of «CRID», 5 female patients with severe mandibular atrophy, aged within 47 to 64 years (mean – 53 years), underwent surgical treatment using revascularized fibula autogenous transplant. The volumetric measurement of mandible and revascularized fibula autogenous transplant was done by means of manual segmentation of head MCT obtained previous to reconstruction, before dental intraosseus implants insertion, and 3 months after rehabilitation with implant-supported prosthetic constructions. Segmentation of structures of interest was done within +135 to +1860 Hounsfield Units. As a start point for native mandible segmentation the entering into mandibular canal was used.

Results. In two presented clinical cases was noted the absence of mandibular atrophy progression after the reconstructive surgery, as well as volume increase of revascularized fibula autogenous transplant 3 months after starting of functional loading of intraosseus implants by 1,282 cm³ (11,92%) and 1,368 cm³ (11,65%).

Conclusions. The manual segmentation of MCT represents a reliable method for assessment of results of complex treatment in patients with severe mandibular atrophy using revascularized fibula autogenous transplant. Increase of revascularized autogenous transplant volume occurs as a result of functional adaptation in response to biomechanical load, transmitted by mastication.

Keywords: manual segmentation, computed tomography, mandibular atrophy, revascularized fibula autogenous transplant, dental implants.

Corresponding author: Butsan S. B., sergeibutsan@hotmail.com

For citation: Butsan S.B., Bulat S.G., Salikhov K.S., Bolshakov M.N., Seleznev V.A., Khodiachii A.E., Chernenkii M.M., Khokhlachev S.B. Method of manual segmentation in volumetric assessment of complex treatment's results of patients with severe mandibular atrophy with use of revascularized autogenous fibular transplant. REJR 2019; 9(1):34-47. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-34-47.

Received: 16.02.19

Accepted: 14.03.19

Возросший интерес к виртуальной сегментации и компьютерному трехмерному анализу данных компьютерной томографии (КТ) в челюстно-лицевой хирургии обусловлен внедрением этих методов на этапе диагностики, планирования лечения, а также оценки его результатов и эффективности, что особенно ценно в сложных клинических ситуациях. Поэтому, за прошедшее десятилетие волюметрический анализ в челюстно-лицевой хирургии укрепил за собой звание метода выбора для количественной оценки результатов реконструктивно-пластических операций [7, 33, 34, 36, 37, 38].

Согласно закону Wolff (1892), кость ремо-

делируется соответственно силам, действующим на нее. Любое изменение формы и функции кости, согласно математическим законам, сопровождается определенными изменениями внутренней архитектоники и наружной ее структуры. Данное положение справедливо, в том числе и для челюстных костей [29].

Процесс атрофии челюстей после потери зубов является необратимым, хроническим, прогрессирующим и кумулятивным. На серию событий, происходящих от момента заживления постэкстракционной лунки до резорбции альвеолярной кости, влияют три основных фактора – анатомическая структура челюсти, биологические характеристики индивидуума (воз-

раст, пол, гормональный баланс) и механические факторы такие, как сила, воздействующая на альвеолярную кость и влияние ортопедического лечения [1].

Далеко зашедшая, прогрессирующая атрофия вследствие потери зубов может привести не только к полному исчезновению альвеолярной части, но и частичной атрофии базального отдела нижней челюсти, состояния, соответствующие V и VI классу атрофии челюстей по Sawood и Howell (1988). По мнению авторов, именно V и VI классы соответствуют понятию «выраженной» атрофии челюсти [4].

Одной из самых трудных задач реконструктивной челюстно-лицевой хирургии является реконструкция выражено атрофированной нижней челюсти, поскольку ни один из предложенных ранее ортопедических и хирургических методов лечения, применяемых в этом случае, не является полностью предсказуемым [3].

Вопрос количественной оценки объема остаточной костной ткани при атрофии челюстей на этапе предоперационного планирования и объема, полученного после проведенных костно-пластических операций, широко представлен и обсужден в специализированной литературе. Методы решения этой проблемы эволюционировали параллельно развитию новых техник лучевой диагностики. В 1980-х и 1990-х годах количественная оценка чаще проводилась посредством двухмерного рентгенологического анализа. С началом нового столетия популярность приобрел метод волюметрии, основанный на трехмерном анализе предоперационного и послеоперационного состояния костной ткани челюстей на базе данных лучевой диагностики [12].

В этом отношении компьютерная томография является «золотым» стандартом при исследовании морфологических предоперационных и послеоперационных параметров структур человеческого тела на органном и тканевом уровнях [32, 35]. Внедрение в широкую практику мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) позволило добиться еще более точной информации касаясь анатомии и патологии, благодаря высокому разрешению и степени отличия между мягкими и твердыми тканями [24].

Цель настоящего исследования – оценка результатов комплексного лечения пациентов с выраженной атрофией нижней челюсти с использованием метода ручной сегментации МСКТ для расчета объемов нативной нижней челюсти и пересаженного ревааскуляризованного малоберцового аутооттрансплантата на всех этапах лечения и в отдаленном периоде.

Материалы и методы.

За период 2017-2018 гг. в отделении «Че-

люстно-лицевой хирургии» ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» проведено хирургическое лечение 5 женщин в возрасте от 47 до 64 лет (средний возраст пациентов – 53 года), с выраженной атрофией нижней челюсти и полной потерей зубов с использованием ревааскуляризованного малоберцового аутооттрансплантата.

Предоперационная подготовка пациентов включала определение основных жалоб и анамнеза, клинико-лабораторное обследование, фоторегистрацию лица и полости рта в различных проекциях, выполнение ортопантомограммы (ОПТГ), МСКТ головы и голени, ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) кровеносных сосудов головы, шеи и нижних конечностей.

ОПТГ или при необходимости конусно-лучевую компьютерную томографию (КЛКТ) проводили на рентгенологическом аппарате Planmeca ProMax 3D («Planmeca Oy», Финляндия). Пациент позиционировался в положении стоя или сидя. Голову пациента фиксировали в цефалостате с помощью подбородочной, лобной и височных опор с расположением Франкфуртской горизонтали параллельно полу, что осуществлялось с помощью позиционирующих лазерных лучей. При необходимости разобщения челюстей использовали накусочную пластину.

В рамках рекомендательного протокола исследования, применяемого в ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ», МСКТ головы и голени проводили в положении пациента на спине, головой, фиксированной в подголовнике, с разобщением зубных рядов специальным межчелюстным валиком. Сканирование с шагом 0.5 мм и углом наклона Гентри, равном 0°, выполняли в стандартном, костном и мягкотканном режимах. Полученные в ходе исследования данные экспортировали на цифровые носители в формате DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) для их дальнейшего использования в компьютерных программных средах.

Далее, в специальной компьютерной среде, на базе программы трехмерного моделирования Amira 5.4.5 («Visage Imaging», Германия), инженерами-программистами совместно с челюстно-лицевыми хирургами и стоматологами-ортопедами проводилось виртуальное планирование предстоящей реконструктивно-пластической операции по устранению выраженной атрофии нижней челюсти с использованием ревааскуляризованного малоберцового аутооттрансплантата. На основе виртуального операционного плана изготавливались интраоперационные стереолитографические модели и шаблоны.

Реконструктивно-пластические операции проводились одновременно двумя бригадами хирургов, одна из которых готовила восприимчивое ложе, а также выделяла реципиентные

Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Этап сегментации нативной нижней челюсти.

Fig. 1. Phase of native mandible segmentation.

Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Диагностическая КЛКТ головы, 3D-реконструкция.

Fig. 2. Diagnostic head cone beam computed tomography (CBCT).

сосуды, в то время как вторая бригада проводила подъем малоберцового аутотрансплантата на сосудистой ножке. Доступ к нижней челюсти выполняли через разрез слизистой и надкостницы по всему протяжению верхнего края тела атрофированной нижней челюсти. Скелетировали верхнюю часть тела и нижнюю треть ветвей нижней челюсти с выделением и сохранением подбородочных сосудисто-нервных пучков. В мягких тканях формировали тоннель по вестибулярной поверхности бокового отдела нижней челюсти, соединяющий подготовленное воспринимающее ложе с реципиентными сосудами, выделенными через разрез кожи в поднижнечелюстной области.

Заметим, что двум пациентам из пяти первым этапом выполнили устранение выраженной атрофии верхней челюсти с использованием аваскулярных блоков гребня подвздошной кости и синус-лифтинга. Однако реконструкция верхней челюсти аваскуляриным аутотрансплантатом не является целью данного исследования и не освящена в рамках этой статьи. Этим же двум пациентам, в последующем, провели установку дентальных имплантатов в пластически реконструированные верхнюю и нижнюю челюсти с последующей реабилитацией функций зубо-челюстной системы и эстетики путем изготовления ортопедических конструкций с опорой на них.

Расчет истинного объема выраженной атрофированной нижней челюсти и пересаженного ревааскуляризированного малоберцового аутотрансплантата проводился опытным врачом-рентгенологом посредством ручной послойной сегментации области интереса на каж-

дом аксиальном срезе с коррекцией в MPR (multiplanar reformation) в компьютерной среде на базе программы Amira 5.4.5 («Visage Imaging», Германия), на основе данных МСКТ головы до реконструктивной операции, перед этапом установки внутрикостных дентальных имплантатов в реконструированную нижнюю челюсть, а также через 3 месяца после установки ортопедической конструкции с опорой на дентальные имплантаты.

Диапазон сегментации структур интереса находился в пределах от +135 единиц Хаунсфилда до +1860 единиц Хаунсфилда, что соответствовало окну чувствительности к костной ткани нативной нижней челюсти и ревааскуляризированного малоберцового аутотрансплантата, и позволило дифференцировать и исключить из исследуемой области такие элементы, как, например, послеоперационные рубцы и артефакты металлической плотности.

Границей начала сегментации нативной нижней челюсти служил вход в нижнечелюстной канал, что на аксиальных срезах МСКТ соответствовало срезу его полного контурирования. Выбор данного анатомического образования нижней челюсти в качестве отправной точки обусловлен его индивидуальностью, а также относительно легкой воспроизводимостью при повторных исследованиях (рис. 1).

При сегментации ревааскуляризированного малоберцового аутотрансплантата по данным МСКТ головы, выполненной через 3 месяца после протезирования, объем расположенных в пределах костной ткани аутотрансплантата дентальных имплантатов учитывался при расчетах, так как соответствовал объему костной

Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. МСКТ головы до реконструктивной операции, 3D-реконструкция.

Fig. 3. MSCT of head before the reconstructive surgery.

Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. Виртуальное компьютерное моделирование реконструктивной операции.

Fig. 4. Virtual computer modeling of reconstructive surgery.

ткани, потерянной при формировании лунок для их установки.

Анализ и вычисление объемов трехмерных моделей атрофированной нижней челюсти и реваскуляризированного малоберцового ауторнансплантата в кубических сантиметрах (см³) проводили в той же программе Amira 5.4.5 («Visage Imaging», Германия).

Результаты и обсуждение.

В качестве примера представляем пациентку 47 лет, обратившуюся в нашу клинику с частичной потерей зубов верхней челюсти, полной потерей зубов и выраженной атрофией нижней челюсти. Давность полной потери зубов составила 17 лет. Все это время пациентка пользовалась полными съемными зубными протезами, которые часто переделывались из-за прогрессирования процесса атрофии костной ткани челюстей и, соответственно, снижения

фиксации к протезному ложу.

На КЛКТ головы отмечена выраженная атрофия нижней челюсти, соответствующая VI классу атрофии челюстей по Sawood и Howell. Вследствие выраженной атрофии подбородочные отверстия располагались на верхней поверхности тела нижней челюсти, что характерно для данной категории пациентов (рис. 2).

На первом этапе комплексной реабилитации выполнено устранение атрофии верхней челюсти с использованием аваскулярного ауто-трансплантата гребня подвздошной кости и двустороннего синус-лифтинга. Установка шести внутрикостных дентальных имплантатов на верхней челюсти выполнена через 4 месяца после реконструктивно-пластической операции.

В качестве пластического материала для устранения выраженной атрофии нижней челюсти был использован реваскуляризированный

Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. Фотография.

Стереолитографические модели нижней челюсти, малоберцового аутотрансплантата и шаблон для остеотомии аутотрансплантата.

Fig. 5. Photo.

Stereolithographic models of mandible, fibula transplant and template for transplant osteotomy.

Рис. 6 (Fig. 6)

Рис. 6. Фотография.

Смоделированный на кровотоке кожно-фасциально-костный малоберцовый аутотрансплантат.

Fig. 6. Photo.

Modeled with preservation of blood perfusion osteo-fascio-cutaneous fibula transplant.

ный кожно-фасциально-костный малоберцовый аутотрансплантат. Предоперационная подготовка включила проведение МСКТ головы (рис. 3) и голени, УЗИС кровеносных сосудов лица, шеи и нижних конечностей.

На основании полученных данных, следуя принципам «обратного планирования», выполнено виртуальное компьютерное моделирование предстоящей операции. Таким образом, определен объем необходимой реконструкции для восстановления альвеолярной части нижней челюсти с соответствующим моделированием малоберцового аутотрансплантата и его позиционированием на атрофированное тело нижней челюсти (рис. 4).

Методом быстрого прототипирования, для интраоперационного использования, на 3D-принтере изготовлены стереолитографические модели нижней челюсти и малоберцового аутотрансплантата, а также шаблон для остеотомии последнего (рис. 5).

Операция выполнена двумя операционными бригадами, одна из которых готовила воспринимающее ложе – нижнюю челюсть и реципиентные сосуды шеи, в то время как другая выполняла забор малоберцового аутотрансплантата на сосудистой ножке.

Малоберцовый аутотрансплантат был смоделирован на кровотоке, до отсечения от магистральных сосудов голени, с формированием двух костных фрагментов (рис. 6).

После отсечения сосудистой ножки от ма-

гистральных сосудов голени, малоберцовый кожно-фасциально-костный аутотрансплантат был перемещен в воспринимающее ложе и фиксирован к нативной нижней челюсти металлоконструкциями. С целью предотвращения травмирования поверхностно расположенных нижних альвеолярных нервов, фиксация ауто-трансплантата в боковых отделах осуществлена с сохранением между его нижней поверхностью и верхней поверхностью тела атрофированной нижней челюсти диастаза в 3-4 мм.

Наложены микрососудистые анастомозы по типу «конец-в-конец» между левой лицевой артерией и малоберцовой артерией и между левыми лицевой веной и подбородочной веной и комитантными малоберцовыми венами. После пуска кровотока в аутотрансплантате послеоперационные раны были ушиты. В раннем послеоперационном периоде выполнена контрольная КЛКТ нижней зоны лица (рис. 7).

Пять месяцев спустя в реконструированную нижнюю челюсть были установлены 6 внутрикостных дентальных имплантатов (рис. 8).

Комплексная реабилитация пациентки завершена изготовлением и установкой, 4 месяца спустя, ортопедических конструкций с опорой на балки, фиксированные на дентальные имплантаты (рис. 9).

Результаты, полученные при вычислении объема нативной нижней челюсти до реконструкции (рис. 10), а также нижней челюсти и

Рис. 7 (Fig. 7)

Рис. 7. Послеоперационная КЛКТ нижней зоны лица.

Fig. 7. Postoperative CBCT of the lower third of the face

Рис. 8 (Fig. 8)

Рис. 8. Контрольная ОПГ после установки ден- тальных имплантатов в реконструированную нижнюю челюсть.

Fig. 8. Control orthopantomogram (OPG) after in- sersion of dental implants into reconstructed man- dible.

Рис. 9 (Fig. 9)

Рис. 9. Фотографии.

Ортопедическая реабилитация конструкциями с опорой на балки, фиксированные на дентальные импланта- ты.

Fig. 9. Photos.

Prosthetic rehabilitation with constructions supported by bars, fixed on dental implants.

Рис. 10 (Fig. 10)

Рис. 10. Сегментированная нижняя челюсть до реконструктивной операции.

Fig. 10. Segmented mandible before reconstructive surgery.

Рис. 11 (Fig. 11)

Рис. 11. Сегментированные нативная нижняя челюсть и ревазуляризованный малоберцовый аутоотрансплантат перед установкой дентальных имплантатов.

Fig. 11. Segmented native mandible and revascularized fibula autogenous transplant prior to dental implants insertion.

Рис. 12 (Fig. 12)

Рис. 12. Сегментированные нативная нижняя челюсть и ревазуляризованный малоберцовый аутоотрансплантат после ортопедической реабилитации.

Fig. 12. Segmented native mandible and revascularized fibula autogenous transplant after prosthetic rehabilitation.

Таблица №1. Объем атрофированной нижней челюсти на разных этапах лечения.

<i>Этап лечения</i>	<i>Объем нижней челюсти (с³)</i>
До реконструкции	21,736
5 месяцев после реконструкции	21,871
3 месяца после протезирования	22,012

после начала функциональной нагрузки

Таблица №2. Объем реваскуляризированного малоберцового аутотрансплантата на разных этапах лечения.

<i>Этап лечения</i>	<i>Объем аутотрансплантата (см³)</i>
5 месяцев после реконструкции	9,467
3 месяца после протезирования	10,749

малоберцового аутотрансплантата на этапе подготовки к установке внутрикостных дентальных имплантатов (спустя 5 месяцев после реконструкции) (рис. 11) и через 3 месяца после протезирования (рис. 12) представлены в таблицах №1 и №2.

При анализе полученных результатов, в отдаленном послеоперационном периоде, отмечено отсутствие прогрессирования атрофии нижней челюсти, а также увеличение объема пересаженного реваскуляризированного малоберцового аутотрансплантата через 3 месяца после начала функциональной нагрузки внутрикостных имплантатов на 1,282 см³ (11,92%). Данный факт, а также консолидация реваскуляризированного аутотрансплантата с нативной нижней челюстью хорошо визуализируется при сравнении срезов МСКТ, проведенной до установки дентальных имплантатов (рис. 13 а) и после их нагрузки посредством ортопедических конструкций (рис. 13 б).

Используя тот же протокол исследования, выполнена сегментация нативной нижней челюсти до реконструкции, нижней челюсти и реваскуляризированного малоберцового аутотрансплантата на этапе планирования дентальной имплантации (через 5 месяцев после реконструкции) и спустя 3 месяца после протезирования и, соответственно, начала функциональной нагрузки установленных внутрикостных имплантатов в случае второй пациентки. Полученные результаты представлены в таблицах №3 и №4.

Таким образом, и во втором клиническом случае, после полной реабилитации пациентки, отмечено отсутствие прогрессирования атрофии нижней челюсти, с одновременным увеличением объема реваскуляризированного малоберцового аутотрансплантата спустя 3 месяца

дентальных имплантатов на 1,368 см³ (11,65%).

Известно, что в процессе атрофии нижняя челюсть поражается в большей степени по сравнению с верхней челюстью, теряя при этом в 4 раза больше костной ткани, в связи с наличием множественных мышечных прикреплений и величиной функциональной площади. Характерно также то, что выраженная атрофия нижней челюсти чаще встречается у лиц женского пола [26, 30].

При выраженной атрофии нижняя челюсть может потерять до 80% своего изначального объема. В таком случае, нижнечелюстной канал располагается очень поверхностно. Иногда вовсе происходит обнажение содержимого нижнечелюстного канала и нижний альвеолярный нерв может оказаться свободно лежащим на поверхности кости, становясь, таким образом, частью протезного ложа [10].

Для сохранения своей формы и плотности челюсть нуждается в постоянной стимуляции. Зубы играют важную роль, как в развитии альвеолярной кости, так и в ее стимуляции, посредством передачи сил сжатия и растяжения прилегающей костной ткани. Функциональная нагрузка на челюсть сохраняет кость и поддерживает баланс между процессами резорбции и формирования костной ткани. С другой стороны, недостаточность функциональной нагрузки существенно снижает величину биопотенциалов и активность остеобластов, нарушая баланс жизнедеятельности костной ткани, в результате чего процесс резорбции преобладает над процессом остеогенеза [3].

Потеря зуба ведет к прерыванию биоклинической обратной связи между звеньями цепи жевательной системы, меняя структуру челюстной кости. Такие изменения часто называют «атрофией бездействия». Атрофию челюстей можно замедлить, но не остановить, с по-

Рис. 13 а (Fig. 13 a)

Рис. 13 б (Fig. 13 b)

Рис. 13. МСКТ.

Сравнение срезов МСКТ, полученных до установки в реконструированную нижнюю челюсть дентальных имплантатов (а), и спустя 3 месяца после их функциональной нагрузки (б).

Fig. 13. MSCT.

Comparison of MSCT slices obtained before dental implants insertion into reconstructed mandible (a) and 3 months after their functional loading (b).

Таблица №3. Объем атрофированной нижней челюсти на разных этапах лечения.

<i>Этап лечения</i>	<i>Объем нижней челюсти (см³)</i>
До реконструкции	19,528
5 месяцев после реконструкции	19,639
3 месяца после протезирования	19,779

мощью соответствующего лечения с использованием ортопедических конструкций с опорой на внутрикостные дентальные имплантаты, передающие жевательную нагрузку кости, поскольку функционирующий дентальный имплантат способен восстановить систему биомеханической обратной связи [2].

Применение традиционных методов реабилитации съемными протезами у данной категории пациентов имеет как следствие ускорение процесса атрофии, так как последние передают жевательную нагрузку исключительно на поверхность кости, а не на кость в целом [3, 10].

Ценным методом лечения в случае пациентов с потерей зубов и адентией является дентальная имплантация, поскольку она способна уменьшить атрофию челюсти и даже стимули-

ровать формирование новой кости посредством аппозиции в области установленных имплантатов, которое чаще происходит на первом году их функциональной нагрузки [3, 22].

В добавок к функциональной и психосоциальной пользе от повышения фиксации и стабильности ортопедических конструкций на нижней челюсти посредством опоры на дентальные имплантаты, исследования показали, что такой подход лечения может уменьшить скорость атрофии нижней челюсти на 57.7%, по сравнению с атрофией у носителей полных съемных протезов [14].

Однако установка внутрикостных дентальных имплантатов требует наличия оптимального объема костной ткани, что затрудняет их применение при выраженной атрофии нижней челюсти. Установка дентальных импланта-

Таблица №4. Объем реваскуляризированного малоберцового аутооттрансплантата на разных этапах лечения.

<i>Этап лечения</i>	<i>Объем аутооттрансплантата (см³)</i>
5 месяцев после реконструкции	10,373
3 месяца после протезирования	11,741

тов без риска перелома скомпрометированной выраженной атрофией нижней челюсти и повреждения поверхностно расположенного или расположенного под мягкими тканями нижнего альвеолярного нерва требует проведения реконструктивно-пластических операций.

В многоцентровых исследованиях установлено, что для увеличения объема выраженной атрофированной челюсти необходима кровоснабжаемая кость высотой 10-15 мм и шириной 10 мм. Из всех существующих ревазуляризованных костных аутооттрансплантатов форма поперечного среза малолберцовой кости наиболее близка к форме альвеолярной кости челюстей. Таким образом, благодаря своим морфологическим характеристикам, малолберцовая кость наиболее хорошо соответствует объемным и биомеханическим характеристикам альвеолярной части нижней челюсти [20, 25]. Ее плотная, бикортикальная структура с малым губчатым ядром идеальна для реконструкции нижней челюсти, так как эффективно противостоит силам жевания и легко удерживает внутрикостные дентальные имплантаты. Толщина кортикальной пластинки малолберцовой кости превышает таковую у гребня подвздошной кости и лопатки. Также, плотность на уровне контакта имплантат-кость в случае малолберцовой кости выше, по сравнению с другими известными ревазуляризованными костными аутооттрансплантатами [19].

Процесс резорбции ревазуляризованных костных аутооттрансплантатов минимален, являясь более линейным с течением времени, чем в случае аваскулярных костных аутооттрансплантатов [11]. Этот процесс наиболее выражен в течение первых 6-12 месяцев после аутооттрансплантации, с последующим его замедлением [17]. Резорбция ревазуляризованного малолберцового аутооттрансплантата за первый год после пересадки составляет в среднем менее 10% от первоначального объема [6]. Данный аутооттрансплантат является стойким к процессу резорбции, сохраняя по некоторым данным после 2 лет наблюдения около 95% своего изначального объема [28]. Функциональная нагрузка имплантатов, установленных в ревазуляризованный аутооттрансплантат также способна уменьшить выраженность процесса резорбции [17].

Точность предоставленных КТ-данных для исследования различных областей тела, включающих мягкие или твердые ткани, неоднократно доказана множественными проведенными сравнительными научными исследованиями на трупном материале, показавшими высокую согласованность между проведенными параллельными расчетами [18, 24].

Согласно принципу Cavalieri, объем любого предмета можно рассчитать путем разделе-

ния его на равные по толщине слои, начиная от произвольной точки, с последующим определением площади каждого из слоев [23], что в полной мере соответствует принципам выполнения КТ.

Таким образом, площадь и объем любого участка тела человека можно с высокой точностью и воспроизводимостью рассчитать на основании срезов КТ. Эти расчеты можно провести путем ручной планиметрии, автоматической или полуавтоматической сегментации зоны интереса [7, 13, 31].

Планиметрия основывается на ручном выделении контуров органа или ткани на основании данных КТ срез за срезом. Хотя метод ручной сегментации является наиболее трудоемким и требующим большее количество времени [21], он лишен таких отрицательных свойств автоматических алгоритмов сегментации, как низкая чувствительность к артефактам, ведущая в итоге к снижению прецизионности сегментации за счет неправильного выделения интересующих структур [13]. Полуавтоматическая, интерактивная сегментация соединяет в себя автоматический метод с ручным управлением, являясь неким гибридом. Данный метод основан на изначальном определении диапазона по шкале Хаунсфилда, соответствующего характеристикам органа или ткани. Таким образом, все пиксели рассматриваемого изображения, соответствующие выбранному диапазону, автоматически расцениваются как часть исследуемой области интереса [27].

Несмотря на наличие упоминаний в литературных источниках о так называемом различными авторами феномене «гипертрофии» ревазуляризованного малолберцового аутооттрансплантата в случае реконструкции конечностей при устранении их различной этиологии дефектов, вопрос количественной оценки этого процесса остается недостаточно освященным и достоверным. Разность применяемых методов исследования усложняет их сопоставление и сравнение. В некоторых работах лишь констатируется факт наличия или отсутствия гипертрофии [9], в других - степень гипертрофии ревазуляризованного малолберцового аутооттрансплантата на разных сроках послеоперационного наблюдения рассчитывалась путем простого измерения его ширины линейкой на разных уровнях непосредственно на рентгенограммах конечностей, с вычислением числового и процентного значений различий [15, 16]. Однако треугольное поперечное сечение малолберцовой кости ведет к тому, что при ее ротации даже на 10° в любом направлении от нейтрального положения при выполнении рентгенологического исследования, может быть получено ошибочное представление о гипертрофии до 20% [5]. Следовательно, очевидна необходи-

мость достоверного, научно обоснованного метода количественной оценки морфологических изменений в реваскуляризированном малоберцовом аутотрансплантате, обусловленных его ремоделированием в новых анатомических и функциональных условиях.

По некоторым данным, гипертрофия реваскуляризированного малоберцового ауто-трансплантата при реконструкции нижних конечностей прогрессирует в среднем на 3.3% в месяц, продолжаясь до конца 30-го месяца после операции. По окончании этого срока гипертрофия минимальна или вовсе отсутствует. Имеются два пика этого процесса, соответствующих 6-12 месяцам и 18-24 месяцам отдаленного послеоперационного периода [8].

Мы считаем, что термин «гипертрофия», использованный в отношении реваскуляризированного малоберцового ауто-трансплантата в научной литературе, не совсем правильный, так как нет достоверных исследований, дающих представление о морфологических изменениях, происходящих на клеточном уровне. Поэтому наиболее правильно говорить об увеличении объема малоберцового ауто-трансплантата. По результатам исследования путем ручной сегментации МСКТ двух пациентов, по истечению 13 месяцев после реконструктивно-пластической операции по устранению выраженной атрофии нижней челюсти реваскуляризированным малоберцовым ауто-трансплантатом, с учетом возможных погрешностей на этапах сегментации, объем нативной нижней челюсти не претерпел изменений. Объем пересаженного реваскуляризированного малоберцового ауто-трансплантата спустя 3 месяца от начала жевательной нагрузки, передаваемой интегрированными дентальными имплантатами костной ткани ауто-трансплантата и челюсти,

увеличился в первом случае на 1,282 см³ (11,92%) и во втором случае на 1,368 см³ (11,65%), что, несмотря на небольшой срок наблюдения, соответствует данным, приведенным другими авторами [8].

Выводы.

Сегментация DICOM изображений по данным МСКТ в ручном режиме является надежным методом оценки результатов комплексного лечения пациентов с выраженной атрофией нижней челюсти после ее устранения реваскуляризированным малоберцовым ауто-трансплантатом, позволяющим отследить в динамике объем нативной челюсти и пересаженного ауто-трансплантата.

Реваскуляризированный малоберцовый ауто-трансплантат способен к физиологическому увеличению в объеме как ответ на наличие биомеханических нагрузок, передаваемых посредством таких структур, как язык, мышцы дна полости рта и, в первую очередь, жевательные мышцы через внутрикостные дентальные имплантаты непосредственно ауто-трансплантату, а также нативной нижней челюсти, процесс атрофии которой приостанавливается. Феномен увеличения объема кровоснабжаемого малоберцового ауто-трансплантата, наблюдаемый после устранения выраженной атрофии нижней челюсти, может рассматриваться как вторичная функциональная адаптация в условиях неоанатомии.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Atwood D. A. Reduction of residual ridges in the partially edentulous patient. *Dent Clin N Am.* 1973; 17: 747-754.
2. Bodic F., Hamel L., Lerouxel E., Basle M. F., Chappard D. Bone loss and teeth – review. *Joint Bone Spine.* 2005; 72: 215-221.
3. Carlsson G. E. Responses of jawbone to pressure. *Gerodontology.* 2004; 21: 65-70.
4. Cawood J. I., Howell R. A. A classification of the edentulous jaws. *Int Oral Maxillofac Surg.* 1988; 17 (4): 232-236.
5. De Boer H. H. Vascularized fibular transfer. Thesis. Leiden, The Netherlands, 1988.
6. Disa J. J., Hidalgo D. A., Cordeiro P. G., et al. Evaluation of bone height in osseous free flap mandible reconstruction: an indirect measure of bone mass. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 103: 1371-1377.
7. Egger J., Colen R. R., Freisleben B., Nimsky C. Manual refinement system for graph-based segmentation results in the medical domain. *J Med Syst.* 2012; 36 (5): 2829-2839.
8. El-Gammal T. A., El-Sayed A., Kotb M. M. Hypertrophy after free vascularized fibular transfer to the lower limb. *Microsurgery.* 2002; 22: 367-70.
9. Fujimaki A., Suda H. Experimental study and clinical observations on hypertrophy of vascularized bone grafts. *Microsurgery.* 1994; 15: 726-732.
10. Gruber H., Solar P., Ulm C. Maxillomandibular anatomy and patterns of resorption during atrophy. In Watzek G., ed. *Endosseous implants: scientific and clinical aspects.* Chicago, Quintessence, 1996.
11. Hölzle F., Watola A., Kesting M. R., Nolte D., Wolff K. D. Atrophy of Free Fibular Grafts after Mandibular Reconstruction. *Plast. Reconstr Surg.* 2007; 119: 151-156.
12. Iino M., Ishii H., Matsushima R., Fukuda M., Hamada Y., Kondoh T., et al. Comparison of intraoral radiography and computed tomography in evaluation of formation of bone after grafting for repair of residual alveolar defects in patients with cleft lip and palate. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2005; 39 (1): 15-21.
13. Kang Y., Engelke K., Kalender W. A. Interactive 3D editing

tools for image segmentation. *Med Image Anal.* 2004; 8 (1): 35–46.

14. Kordatzis K., Wright P. S., Meijer H. J. Posterior mandibular residual ridge resorption in patients with conventional dentures and implant overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003; 18 (3): 447–52.

15. Lazar E., Rosenthal D. I., Jupiter J. Free vascularized fibular grafts: radiographic evidence of remodeling and hypertrophy. *AJR.* 1993; 161: 613–615.

16. Lee K. S., Chung H. K., Kim K. H. Vascularised osteocutaneous fibular transfer to the tibia. *Int Orthop (SICOT).* 1991; 15: 199–203.

17. Li L., Blake F., Heiland M., Schmelzle R., Pohlenz P. Long-term evaluation after mandibular reconstruction with fibular grafts versus microsurgical fibular flaps. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007; 65 (2): 281–286.

18. Mitsiopoulos N., Baumgartner R. N., Heymsfield S. B., Lyons W., Gallagher D., Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol.* 1998; 85: 115–122.

19. Myoung H., Kim Y. Y., Heo M.S., et al. Comparative radiologic study of bone density and cortical thickness of donor bone used in mandibular reconstruction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 92: 23–29.

20. Nocini P. F., De Santis G., Bedogni A., Chiarini L. Simultaneous bimaxillary alveolar ridge augmentation by a single free fibular transfer: a case report. *J Cranio Maxillofac Surg.* 2002; 30: 46–53.

21. Poon M., Hamarneh G., Abugharbieh R. Efficient interactive 3D Livewire segmentation of complex objects with arbitrary topology. *Comput Med Imaging Graph.* 2008; 32 (8): 639–650.

22. Reddy M. S., Geurs N. C., Wang I. C., Liu P. R., Hsu Y. T., Jeffcoat R. L., Jeffcoat M. K. Mandibular growth following implant restoration: does Wolff's law apply to residual ridge resorption? *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2002; 22 (4): 315–21.

23. Robb R. A. *Biomedical imaging, visualization, and analysis.* New York, Wiley-Liss, 2000.

24. Ross R., Janssen I. Computed tomography and magnetic resonance imaging, in: Heymsfield S. B., Lohman T. G., Wang Z., Going S. B. (eds.). *Human body composition*, second ed. Human Kinetics, Champaign, IL. 2002; 89–108.

25. Seikaly H., Chau J., Li F., Driscoll B., Seikaly D., Calhoun J., Calhoun K. H. Bone that best matches the properties of the mandible. *J Otolaryngol.* 2003; 32 (4): 262–5.

26. Tallgren A. The reduction in face height of edentulous and partially edentulous subjects during long-term denture wear: a longitudinal roentgenographic cephalometric study. *Acta Odontol Scand.* 1966; 24: 195–239.

27. Tingelhoff K., Moral A. I., Kunkel M. E., Rilk M., Wagner I,

Eichhorn K. G., et al. Comparison between manual and semi-automatic segmentation of nasal cavity and paranasal sinuses from CT images. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2007; 5505–5508.

28. Wilkman T., Apajalahti S., Wilkman E., Törnwall J., Lassus P. A comparison of bone resorption over time. An analysis of the free scapular, iliac crest and fibular microvascular flaps in mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016.

29. Wolff J. *The laws of bone remodeling.* Berlin, Springer, 1986. Translated by Maquet P., Furlong R. Originally published in 1892.

30. Xie Q., Wolf J., Ainamo A. Quantitative assessment of vertical heights of maxillary and mandibular bones in panoramic radiographs of elderly dentate and edentulous subjects. *Acta Odontol Scand.* 1997; 55: 155–61.

31. Zhang J., Yan C. H., Chui C. K., Ong S. H. Fast segmentation of bone in CT images using 3D adaptive thresholding. *Comp Biol Med.* 2010; 231–236.

32. Бабкова А.А., Серова Н.С., Медведев Ю.А., Паша С.П. Комплексная лучевая диагностика у наркозависимых пациентов с фосфорными остеонекрозами лицевого скелета на дооперационном этапе. *Медицинская визуализация.* 2018; (4): 85–95.

33. Буцан С.Б., Хохлачев С.Б., Йигиталиев Ш.Н., Заякин Я.А. Возможности 3D моделирования в реконструктивной хирургии глазницы. *Вестник офтальмологии.* 2012; 128 (2): 20–26.

34. Селезнев В.А., Буцан С.Б., Йигиталиев Ш.Н., Хохлачев С.Б., Ходячий А.Е., Черненький М.М. Виртуальное планирование костно-реконструктивных операций глазницы. *REJR.* 2018; 8 (3): 128–148.

35. Серова Н.С., Кондрашина О.С., Кондрашин С.А. Объемная динамическая 640-срезовая компьютерная томография коронарных артерий. *Медицинская визуализация.* 2018; (4): 32–39.

36. Ходячий А.Е., Хохлачев С.Б., Черненький М.М., Перфильев С.А., Надточий А.Г. Сегментация костных и мышечных структур челюстно-лицевой области на этапе планирования реконструктивно-восстановительного лечения. *Стоматология.* 2015; 6–2 (94): 96–97.

37. Ходячий А.Е., Перфильев С.А., Надточий А.Г., Хохлачев С.Б. Проектирование послеоперационного облика челюстно-лицевой области пациента при реконструктивно-восстановительном лечении на основе данных МСКТ. *Онкохирургия. Материалы I Междисциплинарного конгресса по заболеваниям органов головы и шеи.* 2013; 5(1): 149.

38. Чкадуа Т.З., Аскеров Э.Д., Ходячий А.Е. Клинический случай: диагностика и лечение proboscis lateralis у детей. *Клиническая стоматология.* 2017; 3 (83): 31–35.

jaws. *Int Oral Maxillofac Surg.* 1988; 17 (4): 232–236.

5. De Boer H. H. *Vascularized fibular transfer.* Thesis. Leiden, The Netherlands, 1988.

6. Disa J. J., Hidalgo D. A., Cordeiro P. G., et al. Evaluation of bone height in osseous free flap mandible reconstruction: an indirect measure of bone mass. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 103: 1371–1377.

7. Egger J., Colen R. R., Freisleben B., Nimsky C. *Manual re-*

References:

1. Atwood D. A. Reduction of residual ridges in the partially edentulous patient. *Dent Clin N Am.* 1973; 17: 747–754.

2. Bodic F., Hamel L., Lerouxel E., Basle M. F., Chappard D. Bone loss and teeth – review. *Joint Bone Spine.* 2005; 72: 215–221.

3. Carlsson G. E. Responses of jawbone to pressure. *Gerodontology.* 2004; 21: 65–70.

4. Cawood J. I., Howell R. A. A classification of the edentulous

finement system for graph-based segmentation results in the medical domain. *J Med Syst.* 2012; 36 (5): 2829-2839.

8. El-Gammal T. A., El-Sayed A., Kotb M. M. Hypertrophy after free vascularized fibular transfer to the lower limb. *Microsurgery.* 2002; 22: 367-70.

9. Fujimaki A., Suda H. Experimental study and clinical observations on hypertrophy of vascularized bone grafts. *Microsurgery.* 1994; 15: 726-732.

10. Gruber H., Solar P., Ulm C. Maxillomandibular anatomy and patterns of resorption during atrophy. In Watzek G., ed. *Endosseous implants: scientific and clinical aspects.* Chicago, Quintessence, 1996.

11. Hölzle F., Watola A., Kesting M. R., Nolte D., Wolff K. D. Atrophy of Free Fibular Grafts after Mandibular Reconstruction. *Plast. Reconstr Surg.* 2007; 119: 151-156.

12. Iino M., Ishii H., Matsushima R., Fukuda M., Hamada Y., Kondoh T., et al. Comparison of intraoral radiography and computed tomography in evaluation of formation of bone after grafting for repair of residual alveolar defects in patients with cleft lip and palate. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2005; 39 (1): 15-21.

13. Kang Y., Engelke K., Kalender W. A. Interactive 3D editing tools for image segmentation. *Med Image Anal.* 2004; 8 (1): 35-46.

14. Kordatzis K., Wright P. S., Meijer H. J. Posterior mandibular residual ridge resorption in patients with conventional dentures and implant overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003; 18 (3): 447-52.

15. Lazar E., Rosenthal D. I., Jupiter J. Free vascularized fibular grafts: radiographic evidence of remodeling and hypertrophy. *AJR.* 1993; 161: 613-615.

16. Lee K. S., Chung H. K., Kim K. H. Vascularised osteocutaneous fibular transfer to the tibia. *Int Orthop (SICOT).* 1991; 15: 199-203.

17. Li L., Blake F., Heiland M., Schmelzle R., Pohlenz P. Long-term evaluation after mandibular reconstruction with fibular grafts versus microsurgical fibular flaps. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007; 65 (2): 281-286.

18. Mitsiopoulos N., Baumgartner R. N., Heymsfield S. B., Lyons W., Gallagher D., Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol.* 1998; 85: 115-122.

19. Myoung H., Kim Y. Y., Heo M.S., et al. Comparative radiologic study of bone density and cortical thickness of donor bone used in mandibular reconstruction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 92: 23-29.

20. Nocini P. F., De Santis G., Bedogni A., Chiarini L. Simultaneous bimaxillary alveolar ridge augmentation by a single free fibular transfer: a case report. *J Cranio Maxillofac Surg.* 2002; 30: 46-53.

21. Poon M., Hamarneh G., Abugharbieh R. Efficient interactive 3D Livewire segmentation of complex objects with arbitrary topology. *Comput Med Imaging Graph.* 2008; 32 (8): 639-650.

22. Reddy M. S., Geurs N. C., Wang I. C., Liu P. R., Hsu Y. T., Jeffcoat R. L., Jeffcoat M. K. Mandibular growth following implant restoration: does Wolff's law apply to residual ridge resorption? *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2002; 22 (4): 315-21.

23. Robb R. A. *Biomedical imaging, visualization, and analysis.* New York, Wiley-Liss, 2000.

24. Ross R., Janssen I. Computed tomography and magnetic resonance imaging, in: Heymsfield S. B., Lohman T. G., Wang Z., Going S. B. (eds.). *Human body composition, second ed.* Human Kinetics, Champaign, IL. 2002; 89-108.

25. Seikaly H., Chau J., Li F., Driscoll B., Seikaly D., Calhoun J., Calhoun K. H. Bone that best matches the properties of the mandible. *J Otolaryngol.* 2003; 32 (4): 262-5.

26. Tallgren A. The reduction in face height of edentulous and partially edentulous subjects during long-term denture wear: a longitudinal roentgenographic cephalometric study. *Acta Odontol Scand.* 1966; 24: 195-239.

27. Tingelhoff K., Moral A. I., Kunkel M. E., Rilk M., Wagner I., Eichhorn K. G., et al. Comparison between manual and semi-automatic segmentation of nasal cavity and paranasal sinuses from CT images. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2007; 5505-5508.

28. Wilkman T., Apajalahti S., Wilkman E., Törnwall J., Lassus P. A comparison of bone resorption over time. An analysis of the free scapular, iliac crest and fibular microvascular flaps in mandibular reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016.

29. Wolff J. *The laws of bone remodeling.* Berlin, Springer, 1986. Translated by Maquet P., Furlong R. Originally published in 1892.

30. Xie Q., Wolf J., Ainamo A. Quantitative assessment of vertical heights of maxillary and mandibular bones in panoramic radiographs of elderly dentate and edentulous subjects. *Acta Odontol Scand.* 1997; 55: 155-61.

31. Zhang J., Yan C. H., Chui C. K., Ong S. H. Fast segmentation of bone in CT images using 3D adaptive thresholding. *Comp Biol Med.* 2010; 231-236.

32. Babkova A.A., Serova N.S., Medvedev Y.A., Pasha S.P. Complex radiological diagnosis in drug-depended patients with phosphorus osteonecrosis of the facial skeleton at the preoperative stage. *Medical Visualization.* 2018; (4): 85-95 (in Russian).

33. Butsan S.B., Khokhlachev S.B., Iigitaliev Sh.N., Zaiakin Ia.A. 3D modeling possibilities in orbit reconstructive surgery. *Ophthalmology Magazine.* 2012; 128 (2): 20-26 (in Russian).

34. Seleznev V.A., Butsan S.B., Iigitaliev Sh.N., Khokhlachev S.B., Khodiachii A.E., Chernenkii M.M. Virtual planning of orbit bone reconstructive surgery. *REJR.* 2018; 8 (3): 128-148 (in Russian).

35. Serova N.S., Kondrashina O.S., Kondrashin S.A. Volumetric dynamic 640-slice CT of coronary arteries. *Medical Visualization.* 2018; (4): 32-39 (in Russian).

36. Khodiachii A.E., Khokhlachev S.B., Chernenkii M.M., Perfilov S.A., Nadtochi A.G. Bone and muscular structures of maxillofacial region segmentation at the stage of planning of reconstructive treatment. *Stomatology.* 2015; 6-2 (94): 96-97 (in Russian).

37. Khodiachii A.E., Perfilov S.A., Nadtochi A.G., Khokhlachev S.B. Planning of patients' postoperative appearance of maxillofacial region in reconstructive treatment using MCT data. *Oncosurgery. Materials of I interdisciplinary congress of head and neck pathology.* 2013; 5 (1): 149 (in Russian).

38. Chkadua T.Z., Askerov E.D., Khodiachii A.E. Clinical case: diagnosis and treatment of proboscis lateralis in children. *Clinical stomatology.* 2017; 3 (83): 31-35 (in Russian).