

УДК 616.716.004.64-007.24-089

РИБАК В.А.¹, КОПЧАК А.В.²¹Київська обласна клінічна лікарня, Центр щелепно-лицевої хірургії та стоматології²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, кафедра хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії

СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ CAD/CAM ТЕХНОЛОГІЇ В ЛІКУВАННІ ХВОРИХ ІЗ ДЕФЕКТАМИ І ДЕФОРМАЦІЯМИ КІСТОК ЛИЦЕВОГО ЧЕРЕПА

Резюме. У статті наведений досвід клінічного застосування CAD/CAM технології в лікуванні пацієнтів із тяжкими формами дефектів та деформацій щелепно-лицевої ділянки. Обговорюються можливості інтраопераційного використання стереолітографічних моделей і навігаційних хірургічних шаблонів для надання оптимальної форми і розміру кістковим автотрансплантатам, а також переваги і недоліки сітчастих титанових імплантатів із індивідуалізованими параметрами при заміщенні великих за розміром дефектів лицевого і мозкового черепа. Установлено високу ефективність застосування CAD/CAM технології у лікуванні пацієнтів цієї категорії, водночас визначені обмеження методу, що вимагають диференційованого підходу до вибору способу операції та засобів для її здійснення.

Вступ

Лікування дефектів і деформації кісток лицевого черепа, що виникають внаслідок перенесених травм, тяжких інфекційно-запальних захворювань, хірургічних операцій, генетичних вад та інших причин, є проблематичним і в багатьох випадках недостатньо ефективним. Це пов'язано із складною топографічною анатомією обличчя, що має значні індивідуальні, етнічні та вікові відмінності, різноманіттям існуючих дефектів і деформацій, наявністю системних та локальних морфофункціональних порушень, що діагностують у переважній більшості пацієнтів [5]. Кожний клінічний випадок у зв'язку з цим є унікальним і часто не має прямих аналогів у попередній практиці хірурга та доступній йому літературі. Пластичне заміщення дефектів обличчя та усунення наявних деформацій у зв'язку з цим розглядається низкою авторів як мистецтво, що значною мірою залежить від суб'єктивних чинників (досвід та професійна майстерність лікаря, його естетичне сприйняття, просторова уява, мануальні навички тощо) [3, 4, 6]. У сучасних умовах автори відзначають різке збільшення кількості пацієнтів із посттравматичними дефектами і деформаціями обличчя, пов'язане із наявністю локальних військових конфліктів, техногенних катастроф, зростанням числа дорожньо-транспортних пригод, неадекватною та несвоєчасною медичною допомогою пацієнтам із травмою тощо. Прагнення до підвищення якості життя і вагома роль обличчя в соціалізації

людини при цьому зумовлюють потребу в підвищенні ефективності реконструктивно-відновних втручань та прогнозованості їх результатів, зменшенні кількості хірургічних етапів і строків реабілітації за умови раціонального використання наявних фінансових та матеріальних ресурсів [4, 5].

Одним із перспективних напрямків вирішення цієї проблеми, на думку авторів, є застосування методів комп'ютерного моделювання, CAD/CAM технології та комп'ютерної навігації при проведенні реконструктивно-відновних втручань на щелепно-лицевій ділянці [9, 10]. Комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії базується на дослідженні віртуальних тривимірних моделей кісток та м'яких тканин, побудованих за даними спіральної чи конусної комп'ютерної томографії (КТ) із високою роздільною здатністю. Сучасні програмні комплекси для аналізу томографічних зображень дозволяють візуалізувати внутрішні анатомічні структури, оцінити їх розміри і взаємне розташування, детально вивчити їх морфологічні особливості та навіть деякі фізіологічні характеристики. Важливо відмітити, що отримані зображення (віртуальні моделі) мають

Адреса для листування з авторами:

Копчак А.В.

E-mail: kopchak@ua.fm

© Рибак В.А., Копчак А.В., 2015

© «Травма», 2015

© Заславський О.Ю., 2015

дуже високу ступень роздільної здатності і дозволяють диференціювати тканини із мінімальними структурними відмінностями, вивчати як кісткові, так і м'якотканинні структури, а також є основою для впровадження сучасних систем автоматизованого проектування (CAD/CAM технологія) у клінічну практику [1, 4, 13].

Абревіатуру CAD (Computer-Aided Design) використовують для позначення автоматизованих систем проектування з використанням комп'ютерних технологій, зокрема створення тривимірних комп'ютерних моделей біологічних об'єктів, відтворення хірургічних втручань на віртуальній моделі та прогнозування їх анатомічних наслідків, створення моделей імплантатів, фіксаторів, лікувальних пристроїв, визначення їх оптимальної форми і розташування [1, 4].

CAM (Computer-Aided Manufacturing) позначає системи автоматизації виробництва за допомогою комп'ютера. CAM-системи застосовують для виготовлення стереолітографічних моделей анатомічних структур, імплантатів та лікувальних пристроїв із різних матеріалів [1, 4].

У щелепно-лицевій хірургії застосування CAD/CAM технології до останнього часу було пов'язано переважно із створенням стереолітографічних моделей кісток лицевого черепа, що застосовували для кращої візуалізації наявних дефектів, деформацій, патологічних процесів, проведення прямих вимірювань та «холодної хірургії» на моделі при плануванні хірургічних втручань. Методики лазерної стереолітографії в медицині з'явилися наприкінці 80-х років ХХ століття. В Україні їх застосовували вперше в клінічній практиці на кафедрі хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії НМУ імені О.О. Богомольця у 2001 році. У подальшому діагностичне значення стереолітографічних моделей було підтверджено в роботах В.О. Маланчука, О.А. Тимофєєва, Л.А. Дахно та інших [2, 4, 6].

Але на сьогодні можливості застосування CAD/CAM технології не обмежуються виготовленням діагностичних моделей. Їх широко використовують для виготовлення індивідуальних імплантатів, фіксаторів, направляючих хірургічних шаблонів та інших виробів медичного призначення з індивідуалізованими параметрами, що безпосередньо визначають ефективність хірургічних втручань у щелепно-лицевій хірургії, ортопедії, нейрохірургії та дентальній імплантації [7, 8, 15].

Існують численні повідомлення про успішне застосування CAD/CAM технології в щелепно-лицевій хірургії, що свідчать про збільшення точності відновлення анатомічної форми ушкоджених кісток при одночасному зменшенні інтраопераційних ризиків. Водночас оцінка ефективності методу при тяжких формах дефектів і деформацій лицевого черепа, визначення його потенційних недоліків та обмежень, на думку авторів, потребує подальших системних досліджень на основі накопичення і аналізу відповідного клінічного матеріалу [11, 12, 14].

Мета дослідження: вивчити можливості застосування сучасних методів комп'ютерного моделювання та CAD/CAM технології у виготовленні індивідуальних щелепно-лицевих імплантатів, фіксаторів та операційних шаблонів, а також оцінити їх клінічну ефективність у пацієнтів із тяжкими формами дефектів і деформацій обличчя.

Матеріали і методи

Було обстежено 12 пацієнтів (10 чоловіків, 2 жінки) із дефектами і деформаціями кісток лицевого та мозкового черепа, які перебували на лікуванні в Центрі щелепно-лицевої хірургії та стоматології на базі Київської обласної клінічної лікарні. Середній вік хворих становив 34 ± 7 років. Три пацієнти потребували заміщення наявних дефектів індивідуальними сітчастими імплантатами з титану, в інших випадках дефекти заміщували кістковими автотрансплантатами або ксеногенними кістковозаміщуючими матеріалами.

На етапі діагностики і планування лікувальних заходів всім хворим було проведено комп'ютерну томографію із використанням мультиспірального 16-зрізового томографа Bright Speed Elite. Отримані дані у вигляді серії файлів формату DICOM імпортували в програмне середовище SimPlant 11.0 (Materialize, Бельгія) для обробки томографічних зображень і створення тривимірних комп'ютерних моделей. Після ретельного аналізу клінічної ситуації в аксіальних, фронтальних та сагітальних зрізах КТ проводили сегментацію зображень зі створенням масок у діапазонах, що відповідали тканинам із різною рентгенологічною щільністю (кістка, тверді тканини зубів, м'які тканини тощо). Після редагування маски й усунення артефактів здійснювали побудову 3D моделі. У подальшому, застосовуючи інструменти редагування маски сегментації, змінюючи порогові значення рентгенологічної щільності, використовуючи методи графічної обробки зображення та булеві операції, створювали складні, багатоконпонентні моделі, що склалися з окремих елементів, які відповідали кісткам, м'язам, дихальним шляхам, зубам, нижньощелепним та підочним каналам, очним яблукам, патологічно зміненим ділянкам, м'яким тканинам обличчя, наявним дефектам, що потребували заміщення. Окремі елементи моделі виділяли різним кольором та змінювали їх прозорість для отримання максимально наочного і простого для сприйняття зображення об'єкта дослідження [4].

Надалі на комп'ютерній моделі проводили віртуальне хірургічне втручання, моделювали оптимальну форму кісткових трансплантатів, щелепно-черепно-лицевих імплантатів, проводили остеотомії кісткових структур, за допомогою лінійних переміщень та ротації моделей кісткових фрагментів відтворювали бажаний анатомічний результат операції. За необхідності додатково здійснювали моделювання хірургічних шаблонів. Основним елементом

планування хірургічного втручання у досліджених хворих було моделювання віртуального трансплантата чи імплантата для заміщення наявного дефекту. Для цього застосовували інструменти для роботи з комп'ютерною графікою, дзеркальне відображення здорових анатомічних структур, імпорту комп'ютерних моделей кісток інших пацієнтів із подібними антропометричними параметрами черепа.

Відповідно до створеної моделі проводили виготовлення індивідуальних виробів медичного призначення. Отримані моделі в форматі STL імпортували в програмне середовище САМ для виготовлення направляючих хірургічних шаблонів та стереолітографічних моделей, що в подальшому використовувались для підбору оптимальних елементів фіксації та хірургічного інструментарію, а також для виготовлення індивідуальних титанових імплантатів. Стереолітографічні моделі виготовляли на 3D принтері Multijet Modeling із поліакрилового полімеру Frosted Ultra Detail. Ділянки, що відповідали важливим анатомічним структурам (канал нижнього альвеолярного нерва) або патологічним утворенням (пухлини, кісти), виділяли червоним кольором. Відповідно до поставлених задач моделі робили розбірними і багатоконтактними. У більшості випадків модель стерилізували і використовували інтраопераційно як хірургічний шаблон для вигинання пластин, адаптації/корекції форми трансплантатів, проведення лінійних та кутових вимірювань.

Після хірургічних втручань із використанням індивідуальних імплантатів та лікувальних пристроїв усім хворим виконували контрольну комп'ютерну томографію, створювали тривимірну віртуальну модель, що порівнювали із результатами планування хірургічного втручання, визначали відповідність отриманого та бажаного анатомічного результату, визначали частоту інтра- та постопераційних ускладнень, оцінювали косметичний та функціо-

нальний результат хірургічного втручання в найближчому і віддаленому післяопераційному періоді.

Результати дослідження

Створення комп'ютерних та стереолітографічних моделей у хворих із важкими формами дефектів та деформацій шелепно-лицевої ділянки виявлялося інформативним і вірогідним методом оцінки топографо-анатомічних особливостей пацієнта і дозволяло не лише визначити методику хірургічного втручання та ретельно спланувати його, але й підготувати інструментарій та необхідні пристрої для реалізації лікувальної стратегії, що сприяло скороченню часу оперативного втручання, підвищувало якість проведення операції та зменшувало ризик лікарських помилок.

У 3 пацієнтів із великими кістами верхньої та нижньої щелепи, яким планували проведення кістектомії із наступним заміщенням дефекту автокісткою та ксеногенними кістковозаміщуючими матеріалами, було виготовлено розбірні моделі, у яких кістозне новоутворення було змодельоване окремо, що дозволяло точно визначити його об'єм і форму (рис. 1). Стереолітографічну модель ушкодженої кістки після видалення елемента, що відповідав новоутворенню, використовували як хірургічний шаблон, що дозволяв точно визначити необхідний об'єм автокістки, яку отримували з гребеня клубової кістки та переносили в зону післяопераційного дефекту.

У 3 пацієнтів із дефектами нижнього краю і дна орбіти було виготовлено стереолітографічні моделі ушкодженої очниці, що використовували як хірургічний шаблон для визначення оптимальної форми автотрансплантата, його лінійних розмірів, адаптації форми трансплантата до складного рельєфу поверхні кістки в зоні дефекту. Крім того, під час моделювання виготовляли предметну модель дзеркально

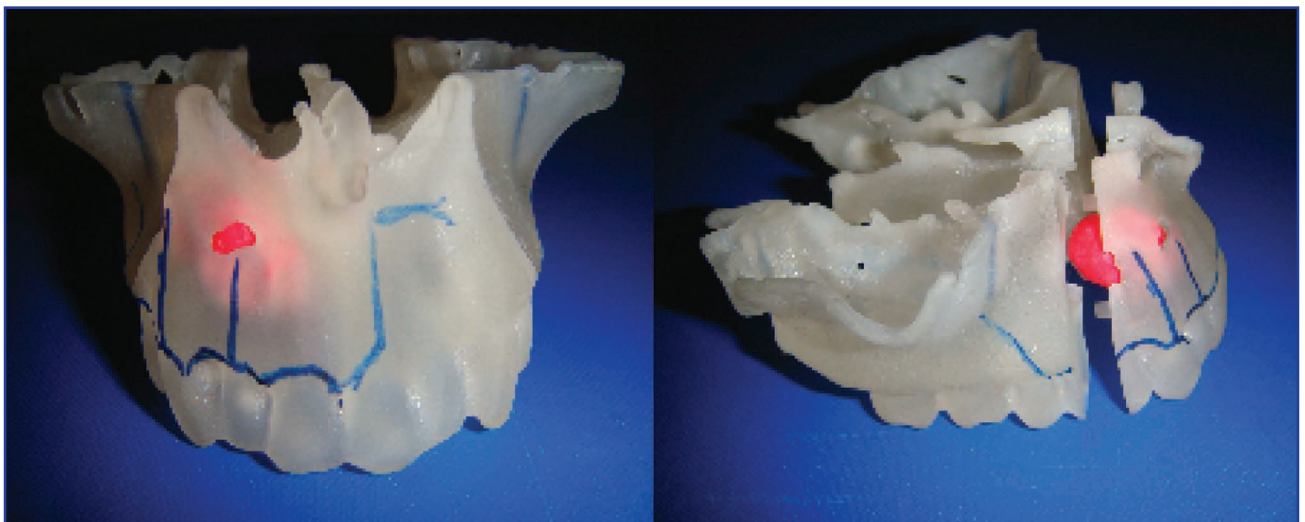


Рисунок 1. Розбірна багатоконтактна модель верхньої щелепи пацієнта з радикулярною кістою від 22-го зуба, порожнина кісти змодельована окремим об'ємом (червоного забарвлення)

відображеної неушкодженої орбіти, що слугувала як контроль бажаного результату операції та шаблон для вигинання титанових орбітальних пластин Stryker (Німеччина, США). В усіх випадках комбіноване застосування автотрансплантата для відновлення нижнього краю орбіти з орбітальною сіткою, для відновлення дна і зруйнованих ділянок медіальної і латеральної стінок орбіти виявилось достатнім

для досягнення бажаного анатомічного результату і подальшої офтальмологічної реабілітації хворих.

В одного пацієнта із первинною адентією та вираженою атрофією альвеолярного відростка на тлі ектодермальної дисплазії CAD/CAM технологію було використано для моделювання реконструкції альвеолярного відростка кістковими трансплантами із гребеня клубової кістки на етапі підготовки

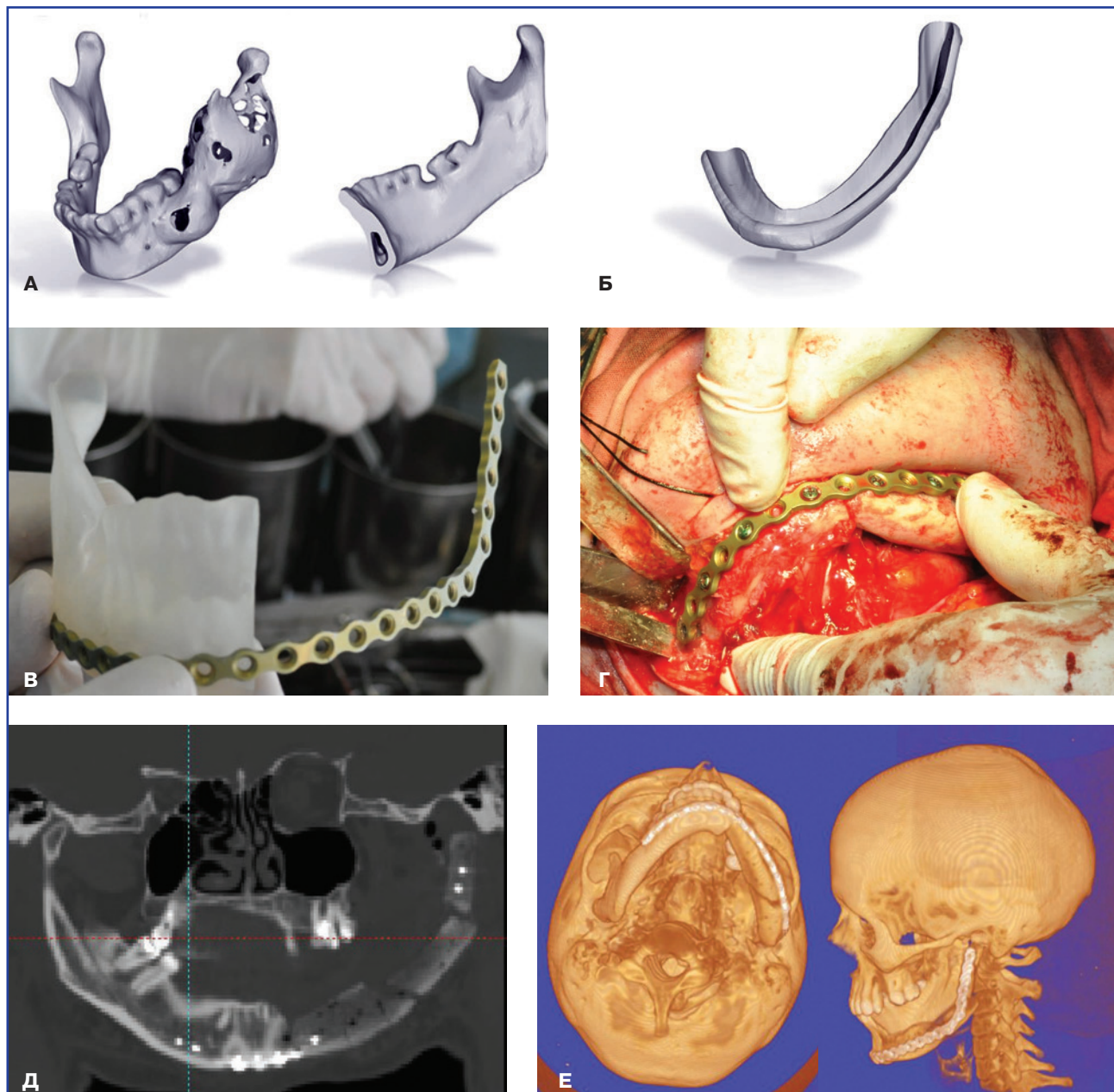


Рисунок 2. Усунення пострезекційного дефекту нижньої щелепи автотрансплантатом із гребеня клубової кістки із використанням індивідуального хірургічного шаблона, виготовленого за допомогою CAD/CAM технології: **А.** Віртуальна модель нижньої щелепи у пацієнтки з амелобластомою із відтворенням резекції в межах здорових тканин. **Б.** Моделювання хірургічного шаблона за дзеркально відображеною здоровою половиною щелепи. **В.** Вигинання реконструктивної пластини на стереолітографічній моделі. **Г.** Заміщення дефекту автотрансплантатом, форму якого визначали, використовуючи хірургічний шаблон. **Д.** КТ пацієнтки після операції. **Е.** Віртуальна модель кісток черепа після реконструкції нижньої щелепи

до дентальної імплантації. Це дозволило визначити об'єм кісткових трансплантатів, їх оптимальну форму і розташування та створило можливість подальшого встановлення імплантатів із використанням індивідуального направляючого шаблону.

У 2 випадках стереолітографічні моделі та хірургічні шаблони використовували для передопераційного вигинання жорстких реконструктивних пластин та вибору форми кісткового автотрансплантата в пацієнтів із післяопераційними дефектами нижньої щелепи.

Клінічний приклад 1. У пацієнтки Б., 38 років, діагностовано амелобластому нижньої щелепи, що поширювалася від лівої суглобової головки до рівня 32-го зуба, із руйнуванням кортикального шару і проростанням пухлини в навколощелепні м'які тканини на ділянці кута, гілки та частково молярів і премоларів. Прийнято рішення про проведення субперіостальної резекції нижньої щелепи з одномоментною пластикою автотрансплантатом із гребеня клубової кістки. Для більш точного відтворення складної анатомічної форми нижньої щелепи в ділянці тіла, кута і гілки, що не відповідає формі гребеня клубової кістки, хворій було проведено комп'ютерне моделювання та виготовлено хірургічний шаблон (рис. 2). На віртуальній моделі було виконано резекцію лівої половини нижньої щелепи в межах здорових тканин, дзеркально відображено здорову, неушкоджену половину нижньої щелепи, що відображало бажаний анатомічний результат та змодельований хірургічний шаблон, для розміщення кісткового трансплантата. За допомогою методів швидкого прототипування були виготовлені модель збереженої частини щелепи і хірургічний шаблон, на яких проведено підбір та адаптацію (вигинання) реконструктивної пластини. У передопераційному періоді хворій було проведено емболізацію судин, що живили новоутворення, виконано резекцію відповідно до визначеного плану, взято кістковий трансплантат із гребеня клубової кістки, що за формою не відповідав резектованій ділянці щелепи. У подальшому трансплантат було фрагментовано і зі-

ставлено в новому, наближеному до бажаної анатомічної форми положенні за допомогою хірургічного шаблону. Трансплантат на шаблоні було введено в операційну рану і фіксовано реконструктивною пластиною. Перебіг післяопераційного періоду — без ускладнень, досягнутий косметичний результат виявився цілком прийнятним і задовольняв пацієнтку, причому досягнення такого результату без застосування хірургічного шаблону було б вкрай сумнівним. Пацієнтці запропоновано проведення артропластики скронево-нижньощелепного суглоба та дентальної імплантації після повного приживлення автотрансплантата.

Зіставлення отриманого результату за даними КТ із віртуальним планом операції виявило певні обмеження методу на етапі як віртуальної симуляції, так і реалізації плану операції. Просте дзеркальне відображення здорової половини нижньої щелепи відносно серединно-сагітальної площини в умовах зміни топографо-анатомічних співвідношень внаслідок прогресування патологічного процесу (асиметричне положення суглобових голівок, порушення прикусу, зміщення підборіддя в здоровий бік) призвело до певних неточностей, корегувати які в ручному режимі було складно. Фрагменти трансплантата за товщиною і формою повністю не відповідали хірургічному шаблону, крім того, навіть незначне відхилення пластини від змодельованого положення викликало кутові зміщення, що суттєво позначалося на інтегральному результаті.

У 3 пацієнтів із дефектами кісток лицевого і мозкового черепа за стереолітографічними моделями було виготовлено титанові сітчасті імплантати тім'яної, лобної кістки (рис. 3), а також кісток середньої зони обличчя з використанням титанових заготовок та методики фірми Trignon (Німеччина). В усіх випадках на етапі підготовки до операції хворим було виготовлено стереолітографічну модель зони ураження, а також змодельовано бажану форму імплантата, виготовлено проміжні технологічні моделі, за якими проводилося вигинання титанової сітки. Застосована технологія забезпечила точне

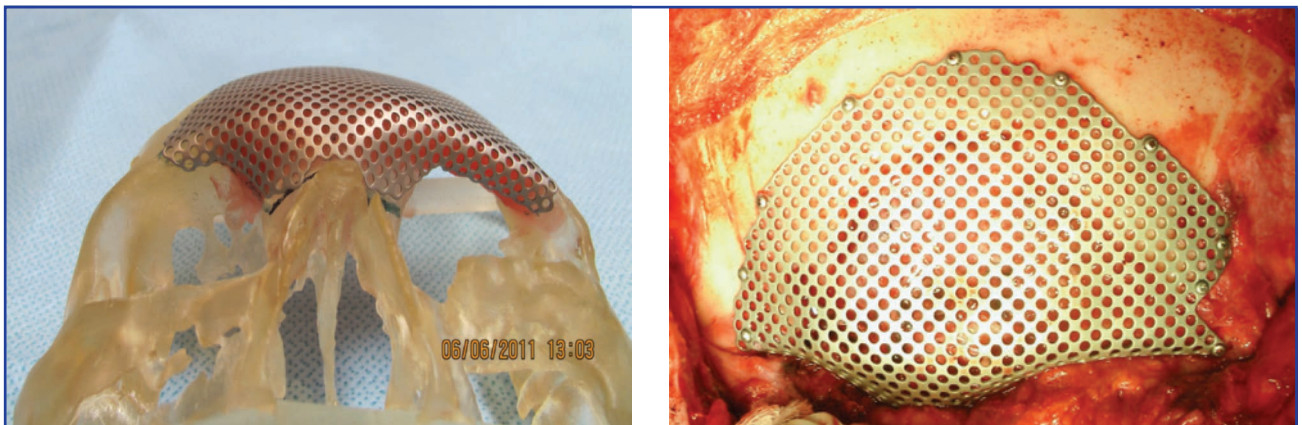


Рисунок 3. Заміщення дефекту лобної кістки сітчастим імплантатом з титану, що було виготовлено за стереолітографічною моделлю

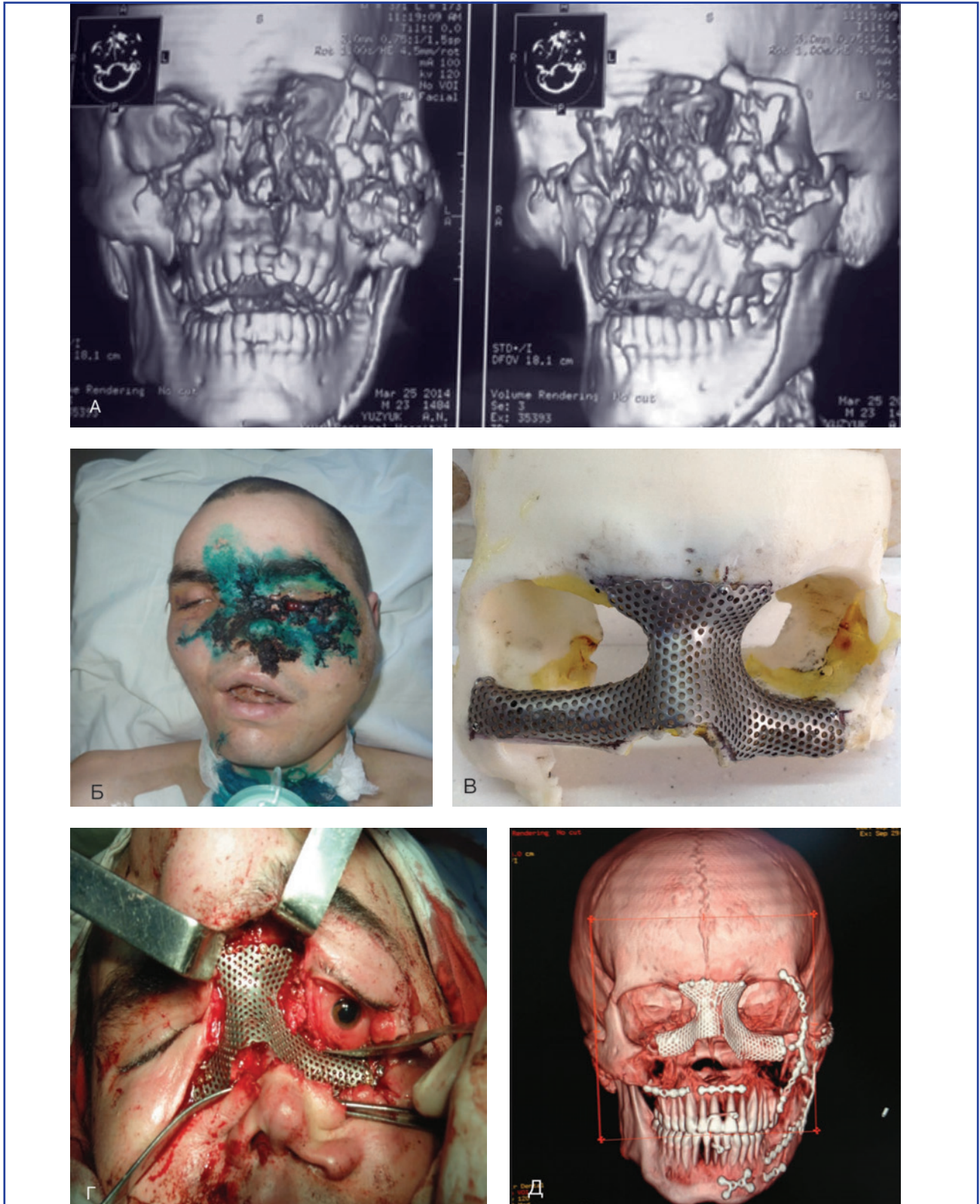


Рисунок 4. Реконструкція середньої зони обличчя із використанням індивідуального титанового імплантата, виготовленого використанням за допомогою CAD/CAM технології: А. КТ пацієнта до проведення реконструкції. Б. Зовнішній вигляд хворого при надходженні до лікарні. В. Виготовлення індивідуального сітчастого імплантата з титану за стереолітографічною моделлю. Г. Встановлення імплантата під час оперативного втручання. Д. КТ пацієнта після проведення реконструкції

прилягання країв імплантата до поверхні кістки, що оточувала зону дефекту, потреби в корекції форми імплантата в жодному випадку не виникало. Найбільші складності виникали при виготовленні сітчастих імплантатів на ділянці спинки і кореня носа, медіальної, нижньої і верхньої стінок орбіти. Ці ділянки мають складну анатомічну форму, і у пацієнтів із значними дефектами і деформаціями, що супроводжуються втратою анатомічних орієнтирів, досить складно змоделювати імплантат оптимальної форми, що б повною мірою задовольняв естетичним вимогам. Для цього нами були застосовані додаткові прийоми, у тому числі підбір так званого віртуального донора — моделі іншого пацієнта, наближеного за антропометричними параметрами до постраждалого, суміщення цих двох моделей, наступна обробка графічного зображення із симуляцією змін зовнішніх контурів обличчя, враховуючи стан м'яких тканин.

Клінічний приклад 2. Пацієнт Ю. надійшов до Київської обласної клінічної лікарні із тяжкою поєднаною травмою (рис. 4). Було діагностовано багатоуламковий перелом кісток лицевого черепа, після чого в ранньому посттравматичному періоді виконано їх репозицію й остеосинтез, відновлено неперервність нижньої і верхньої щелепи, нормалізовано зовнішній контур обличчя, відновлено прикус. Втім на цьому етапі виявилось неможливим проведення реконструкції назоетмоїдального комплексу та орбіт, що зазнали дрібноуламкової фрагментації. Частина вільних уламків цієї зони була видалена при первинній хірургічній обробці рани, а спроба заміщення дефекту шкіри в ділянці перенісся, спинки носа і лівої нижньої повіки із використанням прийомів місцевої пластички призвела до формування рубцевої деформації і дефіциту м'яких тканин у вказаній ділянці. Приєднання гнійно-запального процесу в післяопераційному періоді суттєво погіршило локальні умови для проведення реконструктивно-відновного втручання. Після ретельного аналізу клінічної ситуації за допомогою методів комп'ютерного моделювання хворому було запропоновано провести реконструкцію середньої зони обличчя із індивідуального титанового сітчастого імплантата для відновлення спинки носа, перенісся, нижніх країв, частково — медіальної і нижньої стінок орбіти. Для забезпечення необхідного обсягу м'яких тканин, здатних перекрити імплантат у ділянці дефекту шкіри, під шкіру лобної ділянки було введено тканинний експандер. Під час операції рубцеву деформацію було усунуто, титановий імплантат встановлено в зону дефекту, на лобі сформовано клапоть, що був переміщений у зону дефекту шкіри на ділянці спинки носа і лівої нижньої повіки. Також було відновлено нормальні співвідношення твердих тканин обличчя, хворому планується провести ряд корегуючих втручань на м'яких тканинах, необхідних для подальшої косметичної реабілітації.

Отримані клінічні результати є свідченням високої ефективності застосування CAD/CAM технології в лікуванні постраждалих із дефектами і деформаціями кісток обличчя. На відміну від попередніх досліджень, у яких стереолітографічні моделі переважно застосовували для покращення діагностики та візуалізації ушкоджених анатомічних структур, у цьому дослідженні стереолітографія була невід'ємною частиною виробничих процесів із виготовлення індивідуальних імплантатів та направляючих хірургічних шаблонів, що безпосередньо використовувалися під час проведення операції для вирішення тих чи інших хірургічних задач та покращення найближчих та віддалених результатів операції. Застосований підхід передбачав не лише створення тривимірної моделі анатомічних утворень пацієнта за даними КТ, але й проведення віртуальної симуляції хірургічного втручання, що дозволяло спланувати його проведення, забезпечити необхідне устаткування, пристрої, конструкції, виготовлення індивідуальних імплантатів тощо. Віртуальна модель при цьому відображала план лікування і очікуваний результат, який можна було представити пацієнту в доступній наочній формі, а також порівняти досягнутий результат із очікуваним.

Аналіз отриманих результатів свідчить водночас про певні обмеження методу, ефективно застосування якого потребує відповідного досвіду хірурга та ефективної взаємодії із фахівцями в галузі комп'ютерного моделювання та медичними інженерами. Крім того, виготовлення індивідуальних імплантатів та пристроїв медичного призначення на сьогодні пов'язано із суттєвими часовими і фінансовими затратами, що вимагає диференційованого підходу до застосування CAD/CAM технології в кожній клінічній ситуації.

Висновки

Застосування сучасних методів комп'ютерного моделювання та CAD/CAM технології дозволяє не лише покращити якість діагностики та планування лікувальних заходів у пацієнтів із дефектами і деформаціями кісток лицевого черепа, але й якісно збільшити ефективність хірургічного лікування хворих за рахунок виготовлення індивідуальних імплантатів та навігаційних хірургічних шаблонів.

Обмеження методу визначаються збільшенням часових і фінансових ресурсів, необхідністю налагодження ефективної взаємодії із лабораторіями, що здійснюють комп'ютерне моделювання та виробництво лікувальних пристроїв, та впливом суб'єктивних чинників на реалізацію віртуального плану операції, що вимагає диференційованого підходу до вибору способу лікування та засобів для його здійснення.

Список літератури

1. Вольвач С.И. Обзор новых разработок и модификаций известных технологий CAD/CAM стоматологического назначения / С.И. Вольвач // Новое в стоматологии. — 2004. — № 2. — С. 75-82.

2. Дахно Л.А. Планирование дентальной имплантации на основании данных конусно-лучевой компьютерной томографии и с помощью интерактивного программного обеспечения *Anatomegme invivo 5 и Symplant* / Л.А. Дахно // *Матеріали IV з'їзду Української асоціації черепно-щелепно-лицевих хірургів.* — К., 2015. — С. 171-179.
3. Компьютерное биомоделирование и лазерная стереолитография / А.В. Евсеев, С.В. Камаев, Е.В. Коцюба, М.А. Марков, М.М. Новиков, В.К. Попов, В.Я. Панченко // *Сборник трудов ИПЛИТ РАН.* — М.: *Интерконтакт Наука*, 2005. — С. 119-130.
4. Маланчук В.О. Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії / В.О. Маланчук, М.Г. Кришук, А.В. Копчак. — К.: *Видавничий дім «Асканія»*, 2013. — 231 с.
5. Митрошенко П.Н. Реконструктивная хирургия тотальных и субтотальных дефектов верхней, средней и нижней зон лицевого скелета / П.Н. Митрошенко. — СПб.: *Синтез бук*, 2010. — 411 с.
6. Тимофеев А.А. Руководство по челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии. — К.: *Червона Рута-Турс*, 2002. — 1022 с.
7. Ciocca L. CAD-CAM prosthetically guided bone regeneration using preformed titanium mesh for the reconstruction of atrophic maxillary arches / L. Ciocca, M. Fantini, F. De Crescenzo, G. Corinaldesi, R. Scotti // *Comput. Methods Biomed. Engin.* — 2011. — Vol. 19. — P. 1347-1352.
8. Fetouh A. Computer-guided rapid-prototyped templates for segmental mandibular osteotomies: a preliminary report / A. Fetouh, A. Barakat, K. Abdel-Ghany // *Int. J. Med. Robot.* — 2011. — Vol. 7(2). — P. 187-192.
9. *Imaging and planning in surgery: a guide to research* / Ed. by A. Sugar, M. Ehrenfeld. — Switzerland, AO Publishing, 2008. — 134 p.
10. Computer-aided design and manufacturing and rapid prototyped nanoscale hydroxyapatite/polyamide (n-HA/PA) construction for condylar defect caused by mandibular angle osteotomy / J. Li, Y. Hsu, E. Luo et al. // *J. Aesthetic Plast. Surg.* — 2011 Aug. — Vol. 35(4). — P. 636-640.
11. Marchack C.B. CAD/CAM-guided implant surgery and fabrication of an immediately loaded prosthesis for a partially edentulous patient / C.B. Marchack // *J. Prosthet. Dent.* — 2007 Jun. — Vol. 97(6). — P. 389-394.
12. Scholz M. Reconstruction of the temporal control for traumatic tissue loss using a CAD/CAM-prefabricated titanium implant. Case report / M. Scholz, M. Wehmüller, J. Lehmbrock, K. Schmieder, M. Engelhardt, A. Harders, H. Eufinger // *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery.* — 2007. — Vol. 35(8). — P. 388-392.
13. Terzic A. Image guided surgical navigation integrating «mirroring» computational planning based on intra-operative cone-beam CT imaging: a promising new approach for management of primary bilateral midfacial fractures / A. Terzic, P. Scolozzi // *Comput. Aided Surg.* — 2011. — Vol. 16(4). — P. 170-180.
14. Rahimov C., Farzaliyev I. Virtual Bending of Titanium Reconstructive Plates for Mandibular Defect Bridging: Review of Three Clinical Cases / C. Rahimov, I. Farzaliyev // *Cranial maxillo-facial trauma and reconstruction.* — 2011. — Vol. 4. — P. 223-234.
15. Zheng G.S. Mandible reconstruction assisted by preoperative virtual surgical simulation / G.S. Zheng, Y.X. Su, G.Q. Liao et al. // *J. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* — 2011. — Vol. 65. — P. 308-314.

Отримано 04.04.15 ■

Рыбак В.А.¹, Копчак А.В.²¹Київська обласна клінічна лікарня,
Центр челюстно-лицевої хірургії та стоматології²Національний медичний університет імені
А.А. Богомольця, кафедра хірургічної стоматології
та челюстно-лицевої хірургії, м. Київ

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CAD/CAM ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ДЕФЕКТАМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ КОСТЕЙ ЛИЦЕВОГО ЧЕРЕПА

Резюме. В статье представлен опыт клинического применения CAD/CAM технологии в лечении пациентов с тяжелыми формами дефектов и деформаций челюстно-лицевой области. Обсуждаются возможности интраоперационного использования стереолитографических моделей и навигационных хирургических шаблонов для придания оптимальной формы и размера костным аутографтам, а также преимущества и недостатки сетчатых титановых имплантатов с индивидуализированными параметрами при замещении больших по размеру дефектов лицевого и мозгового черепа. Установлена высокая эффективность применения CAD/CAM технологии в лечении пациентов данной категории, в то же время определены ограничения метода, требующие дифференцированного подхода к выбору способа операции и средств для ее осуществления.

Rybak V.A.¹, Kopchak A.V.²¹Kyiv Regional Clinical Hospital, Center for Maxillofacial
Surgery and Dentistry²National Medical University named after O.O. Bohomolets,
Department of Dental Surgery and Maxillofacial Surgery, Kyiv,
Ukraine

CURRENT POSSIBILITIES AND PERSPECTIVES OF CAD/CAM TECHNOLOGY IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH DEFECTS AND DEFORMITIES OF FACIAL BONES

Summary. The experience of clinical usage of CAD/CAM technology in the treatment of patients with severe defects and deformities of the maxillofacial area is presented in the article. The possibilities of intraoperative usage of stereolithographic models and surgical navigation templates for providing optimal shape and size of bone autografts are discussed, as well as the advantages and disadvantages of titanium mesh implants with individualized parameters for replacement of large-sized defects of the facial bones and cranium. The high efficiency of CAD/CAM technology in the treatment of such patients is established, at the same time, the limitations of the method requiring a differentiated approach to the choice of operation mode and means for its implementation are determined.