

Ю. В. Чепурний<sup>1</sup>, А. В. Копчак<sup>1</sup>, О. В. Петренко<sup>2</sup>, Д. М. Черногорський<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут післядипломної освіти лікарів Національного медичного університету імені О. О. Богомольця МОЗ України  
– м. Київ, Україна,

<sup>2</sup>Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика МОЗ України  
– м. Київ, Україна

УДК 617.7

## РЕЗУЛЬТАТИ РЕКОНСТРУКТИВНО-ВІДНОВНИХ ВТРУЧАНЬ У ПАЦІЄНТІВ З ПОСТТРАВМАТИЧНИМИ ДЕФЕКТАМИ ТА ДЕФОРМАЦІЯМИ ОРБІТИ: РЕТРОСПЕКТИВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У даній роботі представлено ретроспективний аналіз результатів лікування 17 пацієнтів з посттравматичними дефектами та деформаціями орбіти за даними післяопераційних томограм методами комп'ютерного моделювання. На основі обчислення об'єму орбіт у програмному середовищі після їхньої реконструкції та порівняння з неушкодженими орбітами дано оцінку результатам лікування, визначено причини неповноцінного відновлення орбітально-го об'єму та наведено шляхи вирішення даної проблеми.

**Ключові слова:** *об'єм орбіти, комп'ютерне моделювання, посттравматичні дефекти і деформації орбіти.*

Реабілітація постраждалих з посттравматичними дефектами та деформаціями орбіти залишається актуальною медико-соціальною проблемою. Це обумовлено високою частотою зорових розладів та естетичних порушень у даної групи пацієнтів, складністю хірургічного лікування, яке часто є багатоетапним і непрогнозованим. Негативні результати оперативних втручань пов'язані, в першу чергу, зі збереженням диплопії та дислокації очного яблука, зокрема енофтальму, що призводить до стійкої втрати працездатності, соціальної дезадаптації та розвитку психо-емоційних розладів у пацієнтів [1, 6, 8].

Однією з основних причин виникнення естетичних та функціональних порушень у пацієнтів із травматичними uszkodженнями орбіти автори вважають зміну її об'єму при руйнуванні та зміщенні кісток, які формують її стінки. Внаслідок цього виникає зміщення ока та пролапс орбітального вмісту в ділянках виникнення кісткових дефектів. Зміна об'єму орбіти на 1 см<sup>3</sup> за даними різних авторів призводить до зміщення очного яблука на величину від 0,8 до 2,3 мм [1, 9, 10]. Це спричиняє виникнення енофтальму та гіпофтальму, зумовлює появу диплопії, дисфункцію око-рухових м'язів та інших зорових розладів [1, 6, 9, 10].

Зміна об'єму орбіти обумовлена зміщенням кісток, які її формують (частіше – вилицевий комплекс, верхня щелепа), або виникненням дефектів її стінок, зокрема при переломах типу blow out. Тому для відновлення об'єму орбіти проводять репозицію, фіксацію зміщених кісткових фрагментів, а також усунення дефектів з використанням імплантатів та трансплантатів різного типу [6, 7, 8]. При цьому основною задачею лікування посттравматичних де-

фектів та деформацій орбіти є нормалізація (частіше за все зменшення) її об'єму для корекції положення очного яблука та усунення естетичних порушень.

Зміну об'єму орбіти, в зв'язку з цим, часто розглядають як основний критерій оцінки важкості травми, визначення показань до реконструктивних операцій та показник їхньої ефективності.

Існує декілька алгоритмів визначення зміни об'єму орбіти. Частина з них ґрунтується на його математичному обчисленні за величиною лінійних зміщень очного яблука в 3-х ортогональних площинах відносно здорової (неушкодженої) сторони [1]. Разом з тим в останні роки запропоновано нові методики визначення об'єму орбіти за даними томографії в програмному середовищі методами комп'ютерного моделювання [2, 6]. Такий підхід дозволяє не лише обчислити об'єм орбіти з високою точністю та оцінити його зміни в порівнянні з неушкодженою орбітою, але й провести аналіз результатів реконструкції кісткових структур з точки зору точності відновлення їхньої анатомічної форми [2, 3, 4, 5]. Комп'ютерна томографія на сьогоднішній день є стандартним методом обстеження та контролю якості лікування пацієнтів з дефектами та посттравматичними деформаціями орбіти, що створює передумови для широкого застосування методів комп'ютерного моделювання в до та післяопераційному обстеженні хворих цієї категорії. Водночас ефективність методів комп'ютерного моделювання у вирішенні конкретних клінічних задач потребує подальшого вивчення.

**Метою** дослідження було оцінити результати лікування пацієнтів з посттравматичними дефектами та деформаціями орбіти шляхом визначення її післяпе-

раційного об'єму та аналізу анатомічної форми методами тривимірного комп'ютерного моделювання.

**Матеріали та методи.** Проведено ретроспективний аналіз медичної документації та результатів комп'ютерної томографії 17 пацієнтів (5 жінок та 12 чоловіків), віком від 17 до 54 років (середній вік становив  $31,2 \pm 10,7$  року), які проходили лікування або звертались за консультацією до Київської обласної клінічної лікарні та Київської міської лікарні швидкої медичної допомоги з приводу посттравматичних дефектів та деформацій орбіти. Усім пацієнтам проводились односторонні реконструкції стінок орбіти титановими імплантатами та/або кістковими аутоотрансплантатами. Після проведення хірургічних втручань всім хворим було виконано КТ на 16-зрізовому мультиспіральному комп'ютерному томографі Toshiba Activion 16, товщина зрізу – 1 мм (11 пацієнтів) або на 64-зрізовому томографі Philips Diamond Select Brilliance CT 64, товщина зрізу – 0,5 мм (6 пацієнтів).

Для аналізу даних комп'ютерної томографії файли у форматі Dicom експортували у програмне середовище Sim Plant 10.03 (Materialise Dental, Leuven Belgium), де проводили сегментацію зображення в діапазоні рентгенологічної щільності кісток та м'яких тканин, після чого отримували тривимірні моделі лицьової частини черепа та обличчя хворого. Після усунення артефактів та редагування створених моделей за допомогою булевих операцій в ручному та напівавтоматичному режимі виділяли частину м'яких тканин, обмежену кістковими стінками орбіти, та створювали моделі орбіт прооперованої та неушкодженої сторін, об'єм яких визначався в  $см^3$  (рис. 1, 2). Далі об'єми отриманих моделей порівнювали між собою та обчислювали різницю, яка і вважалась числовим вираженням зміни об'єму прооперованої орбіти. Для порівняльної оцінки форми відновленої орбіти проводили її віртуальне віддзеркалення та співставлення з моделлю неушкодженої сторони. Отримані

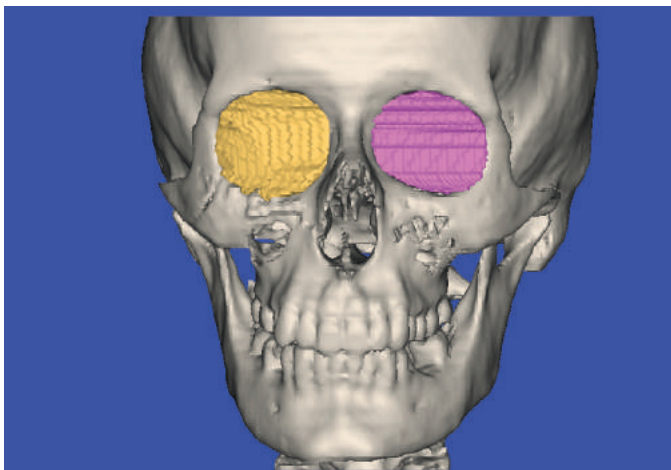


Рис. 1. Тривимірні віртуальні моделі орбіт та кісток лицьової частини черепа, створені в програмному середовищі Sim Plant 10.03

моделі позначали різними кольорами, а далі визначали ділянки розбіжностей форми при накладанні їх одна на одну в режимі збільшеної прозорості. Після цього, аналізуючи томографічні зрізи в різних площинах, виявляли причини невідповідностей об'єму та форми відновленої орбіти відносно неушкодженої. Дані КТ співставляли з клінічною картиною, зокрема враховували наявність зміщення очного яблука, обмеження його рухів, диплопії. На основі проведеного аналізу робили висновки щодо ефективності лікування. Для статистичного аналізу отриманих даних використовували методи варіаційної статистики з визначенням середніх значень і середніх відхилень у кожній з вибраних груп.

**Результати та їх обговорення.** За результатами комп'ютерного моделювання об'єм орбіти неушкодженої сторони у жінок ( $n=5$ ) становив  $26,1 \pm 1,4$   $см^3$ , у чоловіків ( $n=12$ ) –  $29,7 \pm 3,4$   $см^3$ , що корелює з даними інших авторів [6, 9].

На uszkodженій стороні в усіх випадках до лікування фіксували зміщення очного яблука ( $n=15$ ) або його протеза ( $n=2$ ). Окорухові порушення були виявлені в 12 випадках з 15 (80%). Дефекти стінок орбіти та деформація її контурів були обумовлені множинними переломами кісток середньої зони обличчя ( $n=8$ ) або переломами по типу blow out ( $n=8$ ). В одному з випадків мав місце вогнепальний субтотальний дефект вилицевого комплексу, що супроводжувався відсутністю нижньої та латеральної стінки орбіти.

При реконструкції орбіти дефекти її стінок заміщували кістковими аутоотрансплантатами ( $n=1$ ), кістковими аутоотрансплантатами в поєднанні з титановими сітчастими імплантатами ( $n=6$ ) та титановими імплантатами для відновлення стінок орбіти ( $n=10$ ), з них у 4-х випадках їхня індивідуалізація та адаптація здійснювались за стереолітографічними моделями uszkodженої та дзеркально-відображеної здорової орбіти.

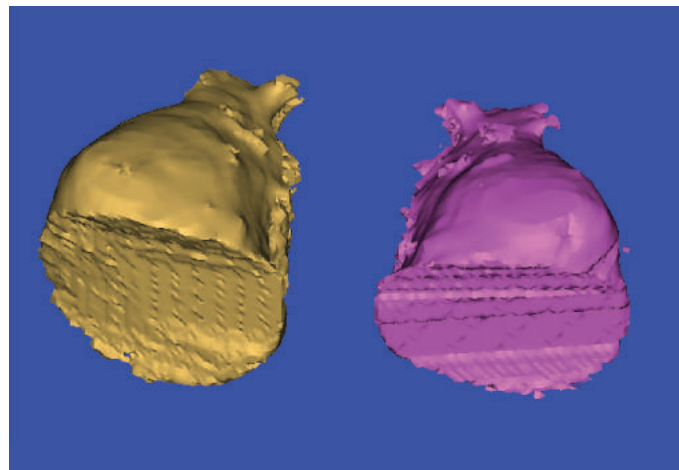


Рис. 2. Визначення об'єму орбіт при створенні їхніх тривимірних моделей у програмному середовищі Sim Plant 10.03

Проведений аналіз віртуальних моделей орбіт виявив, що після хірургічного лікування середній об'єм відновленої орбіти становив у жінок ( $n=5$ ) –  $30,6 \pm 3,1 \text{ см}^3$ , у чоловіків ( $n=12$ ) –  $31,1 \pm 3,1 \text{ см}^3$ . При цьому мінімальна різниця в показниках здорової та неушкодженої сторони становила  $0,018 \text{ см}^3$ , максимальна –  $7,4 \text{ см}^3$ . 82,4 % хворих вказували на покращання зовнішнього вигляду і функції зору після проведеного хірургічного втручання. Окорухові порушення різного ступеня вираженості збереглися у 7-ми пацієнтів з 15-ти (46,6%). Разом з тим у післяопераційному періоді візуально видимою естетичною деформацією обличчя, спричинену пошкодженням орбіти, відзначали лише у 29,4% випадків.

Для об'єктивної оцінки результату хірургічних втручань враховували наступне. За даними літератури зміна об'єму орбіти до  $1 \text{ см}^3$  не супроводжується видимими змінами положення очного яблука, тому такі результати лікування можна вважати позитивними [1, 10]. При зміні об'єму орбіти до  $2 \text{ см}^3$  виникає незначне зміщення очного яблука, що спричиняє ледь помітну асиметрію, яка визнається допустимою, а результати лікування можна вважати задовільними [1, 8, 10]. Разом з тим різниця об'єму більше  $2 \text{ см}^3$  спричиняє виражену асиметрію обличчя і супроводжується

зміною положення очного яблука, що обумовлює незадовільні результати лікування. Серед пацієнтів, які були включені в дослідження, позитивні результати лікування за цим критерієм виявлено в 30% випадків, задовільні – в 17,6 %. Більш ніж у половині випадків (52,4%) не вдалося досягти прийняттого відновлення орбітального об'єму в ході першого хірургічного втручання, що зумовлювало потребу в проведенні додаткових операцій та суттєво позначалося на строках повної реабілітації хворих.

Аналізуючи групу хворих з позитивними результатами лікування, в яких різниця об'єму орбіт була меншою за  $1 \text{ см}^3$  ( $n=5$ ), виявлено, що відновлення цілісності орбіти в 3-х випадках проводилось титановими імплантатами, попередньо адаптованими на стереолітографічних моделях (рис. 3), в інших 2-х випадках титанові імплантати поєднували з аутотрансплантатами, використаними з метою забезпечення підтримки очного яблука та корекції об'єму орбіти.

У групі хворих з задовільними результатами лікування, де зміна об'єму орбіти становила від 1 до  $2 \text{ см}^3$  ( $n=3$ ), реконструкцію орбіти проводили титановими імплантатами ( $n=2$ ) в поєднанні з аутотрансплантатами або лише імплантатами для реконструкції дна орбіти ( $n=1$ ).

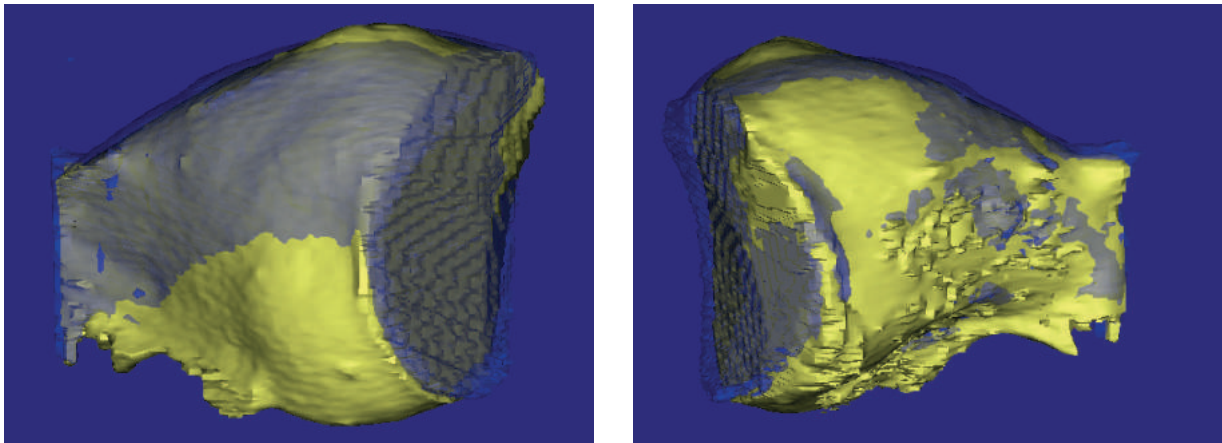


Рис. 3. Порівняння віртуальних моделей орбіт (віддзеркалення травмованої орбіти – синій колір; модель неушкодженої орбіти – жовтий колір) у програмному середовищі Sim Plant 10.03 ( $\Delta V=0,17 \text{ см}^3$ )

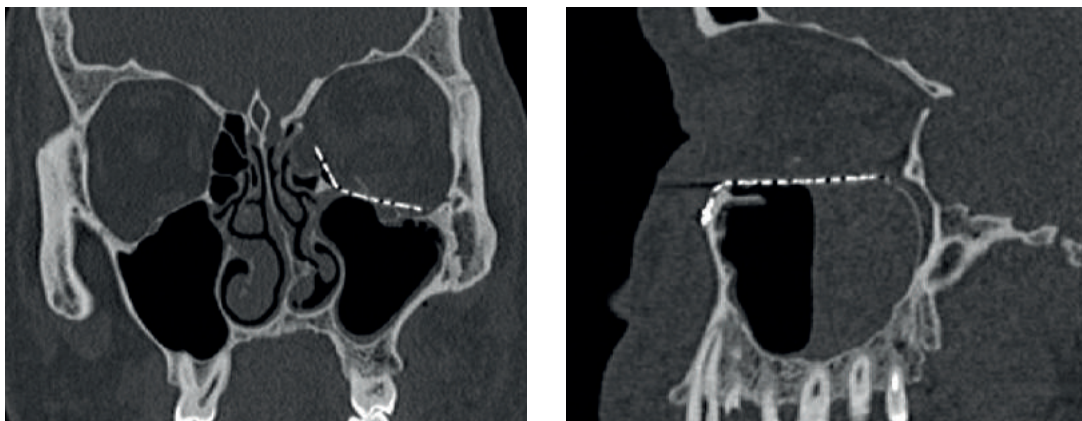


Рис. 4. Реконструкція стінок орбіти титановим імплантатом, попередньо індивідуалізованим та адаптованим до рельєфу орбіти за стереолітографічною моделлю ( $\Delta V = 0,17 \text{ см}^3$ )

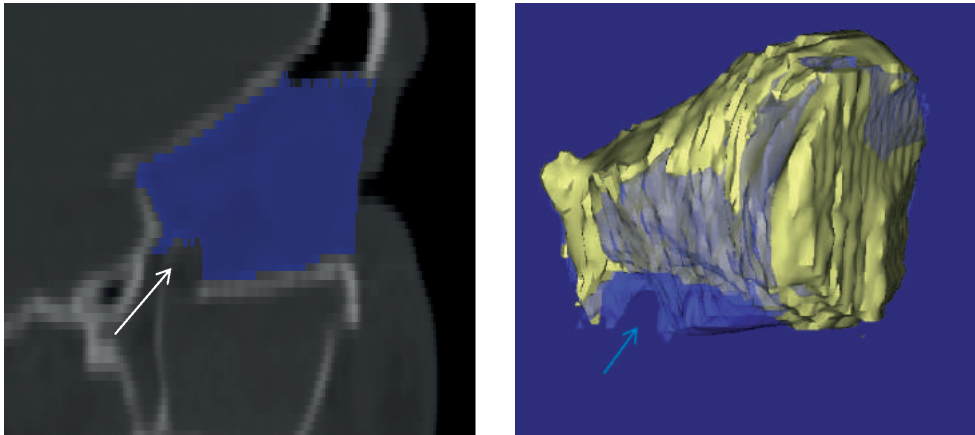


Рис. 5. Порівняння віртуальних моделей орбіт (віддзеркалення травмованої орбіти – синій колір; модель нешкодженої орбіти – жовтий колір) у програмному середовищі Sim Plant 10.03 ( $\Delta V=3,2 \text{ см}^3$ ). Різниця в об'ємі обумовлена відсутністю опори для імплантата з пролапсом орбітального вмісту (вказано стрілками)

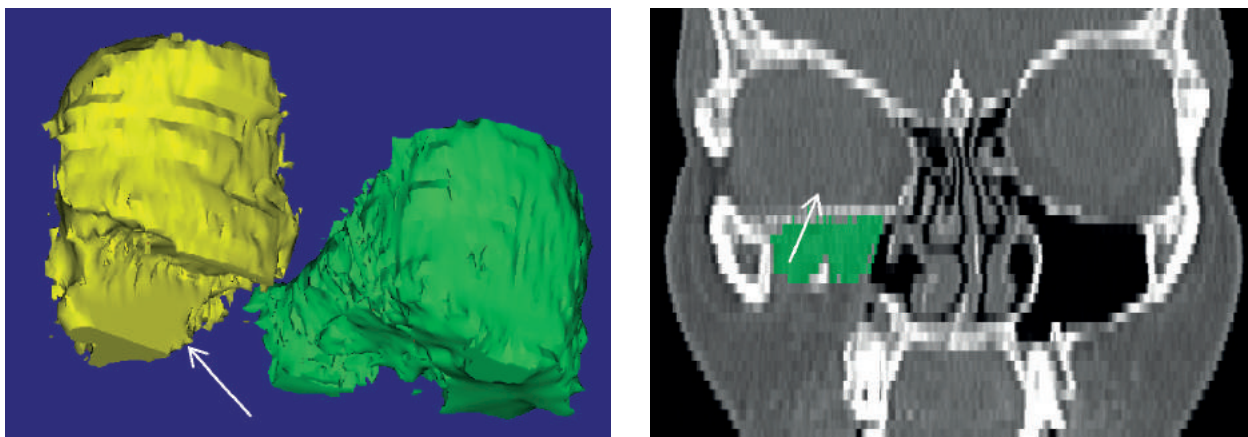


Рис. 6. Порівняння віртуальних моделей орбіт у програмному середовищі ( $\Delta V=1,3 \text{ см}^3$ ). При незначній різниці об'єму має місце пролапс орбітального вмісту в задньому відділі правої орбіти з компресією нижнього прямого та нижнього косого м'язів (вказано стрілкою)

У всіх інших випадках, де зміна об'єму орбіти була більшою за  $2 \text{ см}^3$  ( $n=9$ ), відзначали наявність залишкових естетичних та функціональних порушень, що суттєво позначалися на якості життя хворих.

Проаналізувавши причини незадовільних результатів, ми відзначили, що в більшості випадків вони були пов'язані з неправильним позиціонуванням імплантатів в задній третині дна орбіти (рис. 5). Відсутність опори для дистальної частини імплантата ставала причиною збільшення об'єму орбіти і як результат – пролапсу орбітального вмісту зі збереженням залишкового енофтальму. Отримані дані збігаються з висновками інших авторів [3, 4, 8] щодо необхідності відновлення форми та просторового розташування задньої частини дна орбіти.

У ряді випадків ( $n=3$ ) об'єм реконструйованої орбіти був меншим за об'єм протилежної нешкодженої орбіти. Середня різниця їхніх об'ємів при цьому становила  $1,1 \pm 0,9 \text{ см}^3$ . Разом з тим результат лікування в 2-х випадках оцінювався як негативний, що було обумовлено наявністю виражених функціональних порушень. Аналіз віртуальних моделей та

клінічних даних у подібних спостереженнях показав, що навіть при відновленні об'єму орбіти негативний клінічний результат спостерігався тоді, коли в ході операції не вдавалося відновити анатомічну форму (рельєф, просторове розташування) її стінок (рис. 6). Саме в цьому аспекті найбільш виразно проявились недоліки використання кісткових трансплантатів при реконструкції орбіти, а отже обмежена можливість їхньої адаптації для відновлення форми і рельєфу орбіти, погіршення умов для позиціонування та фіксації імплантатів при їх поєднаному застосуванні (рис. 7).

Проведений аналіз засвідчив, що, оскільки різні геометричні фігури можуть мати однаковий об'єм [6], відновлення об'єму орбіти не може бути єдиним і головним критерієм успіху хірургічного лікування дефектів та деформацій орбіти. Разом з тим він має вагоме значення і повинен враховуватись при плануванні реконструктивних втручань та оцінці їх ефективності, але лише за умови врахування характеру змін та ступеня відновлення анатомічної форми орбіти.

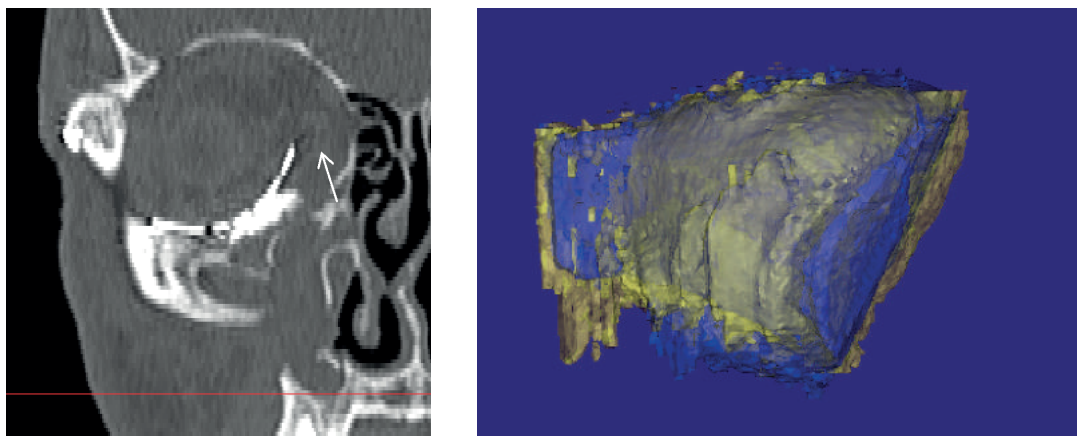


Рис. 7. Порівняння віртуальних моделей орбіт (віддзеркалення неушкодженої – синій колір; модель травмованої орбіти – жовтий колір) у програмному середовищі Sim Plant 10.03 ( $\Delta V=0,3 \text{ см}^3$ ). При незначній різниці об'єму має місце компресія правого медіального прямого м'яза (вказано стрілкою)

### Висновки

1. Традиційні методи лікування посттравматичних дефектів та деформацій орбіти з використанням кісткових аутотрансплантатів та/або титанових імплантатів є недостатньо ефективними з точки зору відновлення об'єму орбіти більш ніж у 50% випадків.

2. Застосування комп'ютерного моделювання при визначенні орбітального об'єму є ефективним методом оцінки ступеня травматичного пошкодження та результатів хірургічного лікування і дозволяє спланувати лікувальні заходи, спрогнозувати результати застосування того чи іншого лікувального підходу, а також визначити клінічну ефективність обраного методу лікування.

3. При реконструкції орбіти необхідно досягати відновлення її анатомічної будови, особливо в задніх відділах, з урахуванням рельєфу та просторового розташування її стінок. Шлях до цього лежить у площині використання індивідуалізованих реконструктивних імплантатів. Адаптація імплантатів до рельєфу орбіти можлива шляхом використання та впровадження CAD/CAM технологій та комп'ютерного моделювання, що може підвищити ефективність усунення таких ускладнень, як енофтальм та диплопія. Розробка шляхів індивідуалізації імплантатів та оцінки їхньої ефективності являє собою актуальний напрямок для подальшого наукового пошуку.

### Література

1. Логвиненко І. П. Лікування переломів вилицевого комплексу, що призвели до зміни об'єму орбіти: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук.: спец. 14.01.18 «Очні хвороби» / І. П. Логвиненко. – Київ, 2005. – 24 с.
2. 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.
3. Dubois L. Predictability in orbital reconstruction: A human cadaver study. Part I: Endoscopic-assisted orbital reconstruction / L. Dubois, J. Jansen, R. Schreurs [et al.] // *Jornal of cranio-maxillo-facial surgery.* – 2015. – Vol. 43 (10). – P. 2034–2041.
4. Dubois L. Predictability in orbital reconstruction: A human cadaver study. Part II: Navigation-assisted orbital reconstruction / L. Dubois, J. Jansen, R. Schreurs [et al.] // *Jornal of cranio-maxillo-facial surgery.* – 2015. – Vol. 43 (10). – P. 2034–2041.
5. Dubois L. Predictability in orbital reconstruction: A human cadaver study. Part III: Implant – oriented navigation for optimized reconstruction / L. Dubois, J. Jansen, R. Schreurs [et al.] // *Jornal of cranio-maxillo-facial surgery.* – 2015. – Vol. 43 (10). – P. 2050–2056.
6. Essig H. Precision of posttraumatic primary orbital reconstruction using individually bent titanium mesh with and without navigation: a retrospective study / H. Essig, L. Dresse, Rana Majeed [et al.] // *Head & Face Medicine.* – 2013. – № 9. – P. 1–8.
7. Gellrich N. C. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity / N. C. Gellrich, A. Schramm, B. Hammer [et al.] // *Plast Reconstr Surg.* – 2002. – Vol. 110 (6). – P. 1417–1429.
8. Hammer B. Orbital Fractures: diagnosis, operative treatment, secondary corrections / B. Hammer. – Hogrefe & Huber Publishers, 1995. – 100 p.
9. Schuknecht B. CT assessment of orbital volume in late post-traumatic enophthalmos / B. Schuknecht, F. Carls, A. Valavanis, H. F. Sailer // *Neuroradiology.* – 1996. – Vol. 38 (5). – P. 470–475.
10. Whitehouse R. W. Prediction of enophthalmos by computed tomography after 'blow out' orbital fracture / R. W. Whitehouse, M. Batterbury, A. Jackson, J. L. Noble // *British Journal of Ophthalmology.* – 1994. – Vol. 78 (8). – P. 618–620.

## РЕЗУЛЬТАТЫ РЕКОНСТРУКТИВНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ У ПАЦИЕНТОВ С ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИМИ ДЕФЕКТАМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ ОРБИТЫ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Ю. В. Чепурный, А. В. Копчак, О. В. Петренко, Д. М. Черногорский*

В данной работе представлен ретроспективный анализ результатов лечения 17 пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями орбиты по данным послеоперационных томограмм методами компьютерного моделирования. На основе вычисления объема орбит в программной среде после их реконструкции и сравнения с неповрежденными орбитами дана оценка результатов лечения, определены причины неполноценного восстановления орбитального объема и приведены пути решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** *объем орбиты, компьютерное моделирование, посттравматические дефекты и деформации орбиты.*

## RESULTS OF THE ORBITAL RECONSTRUCTION IN PATIENTS WITH POSTTRAUMATIC DEFECTS AND DEFORMITIES: A RETROSPECTIVE STUDY BY THE METHODS OF COMPUTER MODELING

*Yu. Chepurny<sup>1</sup>, A. Kopchak<sup>1</sup>, O. V. Petrenko<sup>2</sup>, D. Chernogorsky<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Institute of postgraduate education named after O. O. Bohomolets of National Medical University of the Ministry of Public Health of Ukraine  
*Kyiv, Ukraine,*

<sup>2</sup> National Medical Academy of Postgraduate Education named after P. L. Shupik of the Ministry of Public Health of Ukraine  
*Kyiv, Ukraine*

Management of the orbital posttraumatic defects and deformities is complex of medical and social problem. Negative outcome is associated primarily with the diplopia and enophthalmus. Enlargement of the orbit is accompanied by the displacement of eyeball, leading to the visual disorders and aesthetic deformities. Accordingly, the purpose of the orbital posttraumatic defects and deformities management is to normalize (usually decrease) the volume of the affected orbit for the correction of the eyeball position and aesthetic disorders.

**The aim** of this study was to evaluate patient outcomes with the orbital posttraumatic defects and deformities based on a CT data analysis of the orbital volume after reconstruction.

**Materials and methods.** The study included CT and medical data of the 17 patients (5 women and 12 men) who underwent unilateral reconstruction of the orbit walls with the titanium implants and / or bone autografts. CT data with Dicom files were analyzed in the software environment (Sim Plant 10.03). It was created virtual models of the orbital cavities, the volume of which was determined in cm<sup>3</sup>. Orbital models of the injured side were compared with the mirrored model of the intact side.

**Results and discussion.** The average age was  $31,2 \pm 10,7$  years. That is of working age. Orbital volume of the intact sides in women (n = 5) was  $26,1 \pm 1,4$  cm<sup>3</sup>, in men (n = 12) –  $29,7 \pm 3,4$  cm<sup>3</sup>. The analysis of virtual models found that in 14 cases out of 17 the volume of the reconstructed orbit was greater than in the intact side. The minimum difference between injured and intact orbits was 0.018 cm<sup>3</sup>, maximum – 7.4 cm<sup>3</sup>. In our group good outcomes were observed in 30% of cases, satisfactory – in 17.6%. It means that more than half of cases (52.4%) could not achieve acceptable orbital volume recovery. After analyzing the causes of the negative results, we noticed that most poor effects were caused by incorrect positioning of reconstructive plates in the area of the posterior orbit ledge. Lack of support for reconstructive orbital plate in the deep parts of the orbit caused an orbital volume increase and as a result – the orbital contents prolapsed with preserving of residual enophthalmus.

Thus, we can conclude that traditional management of the orbit posttraumatic defects and deformities over 50% of cases are ineffective against the restoration of orbital volume. During the reconstruction of the orbit it is necessary to achieve the restoration of the anatomical structure, especially in an area of the posterior orbital ledge. The road to this lies in using individualized reconstructive implants. This is possible with using and implementation of CAD / CAM. Developing ways of individualization implants and evaluation of their effectiveness is the direction for further scientific research. Using computer modeling in determining orbital volume is an effective method of evaluation of traumatic injuries degree and results of surgical treatment.

**Key words:** *orbital volume, computer modeling, orbital posttraumatic defects and deformities.*

Стаття надійшла до редакції 30.09.2016 р.