

Ефективність застосування пацієнтспецифічних імплантатів при лікуванні дефектів стінок орбіти, поєднаних із переломами вилицевого комплексу

Ю. В. Чепурний, А. В. Копчак, Д. М. Черногорський, О. І. Жуковцева

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ

Efficacy of application of a patient-specific implants in treatment of the orbit walls defects, combined with a cheekbone complex fractures

Yu. V. Chepurniy, A. V. Kopchak, D. M. Chernogorskiy, O. I. Zhukovtseva

Bogomolets National Medical University, Kyiv

Реферат

Мета. Вивчити клінічну ефективність застосування пацієнтспецифічних імплантатів в усуненні дефектів стінок орбіти, поєднаних з переломами вилицевого комплексу, у порівнянні із стандартними методами реконструкції.

Матеріали і методи. Проведено ретроспективний аналіз результатів лікування 43 пацієнтів основної (n = 25) і контрольної (n = 18) груп із дефектами стінок орбіти, поєднаними з переломами вилицевого комплексу, зокрема частоти післяопераційного енофтальму, диплопії та різниці об'єму реконструйованої і неушкодженої орбіти.

Результати. Середня площа дефектів у обстежених пацієнтів становила (6,3 ± 3,5) см². Частота післяопераційного енофтальму в основній групі становила 18%, у контрольній – 44,4%, частота диплопії – відповідно 16 і 44,4%. Середня різниця між об'ємом неушкодженої і травмованої орбіти в основній групі становила (0,94 ± 0,65) см³ в контрольній – (2,4 ± 2,3) см³.

Висновки. Для післятравматичних дефектів орбіти, що поєднуються з переломами вилицевого комплексу, характерна значна площа ушкодження стінок орбіти з поширенням на апікальні відділи. Реконструкція орбіти та вилицевого комплексу із застосуванням пацієнтспецифічних імплантатів дозволяє забезпечити ефективну реабілітацію пацієнтів щодо усунення післятравматичного енофтальму за низького ризику зниження гостроти зору.

Ключові слова: пацієнтспецифічні імплантати; реконструкція орбіти; переломи вилицевого комплексу; енофтальм; диплопія.

Abstract

Objective. To study a clinical efficacy of application of a patient-specific implants for elimination of posttraumatic orbital defects, combined with a cheekbone complex fractures, comparing with standard methods of reconstruction.

Materials and methods. Retrospective analysis of the treatment results was conducted in 43 patients of the main group (n = 25) and in a control one (n = 18), who suffered posttraumatic orbital defects, combined with a cheekbone complex fractures, including the rate of postoperative enophthalm, diplopia and difference of volume between reconstructed and intact orbit.

Results. Average square of the defects in the patients examined have constituted (6.3 ± 3.5) cm². The postoperative enophthalm rate in the main group have constituted 18%, in a control one – 44.4%, diplopia rate – accordingly, 16 and 44.4%. Average difference between volume of the intact and traumatized orbit in the main group have constituted (0.94 ± 0.65) cm³ and in a control one – (2.4 ± 2.3) cm³.

Conclusion. Significant square of the orbit walls damage with extension towards apical parts is characteristic for posttraumatic orbital defects, combined with a cheekbone complex fractures. Reconstruction of orbit and a cheekbone complex, using a patient-specific implants, permits to guarantee an effective rehabilitation of the patients concerning elimination of posttraumatic enophthalm with low risk for the vision acuteness lowering.

Keywords: patient-specific implants; reconstruction of orbit; fractures of a cheekbone complex; enophthalm; diplopia.

Лікування післятравматичних дефектів орбіти залишається актуальною проблемою щелепно-лицевої хірургії [1 – 3]. Даний вид пошкоджень асоціюється з високою частотою функціональних порушень та негативних естетичних наслідків, обумовлених зміщенням м'якотканинного вмісту орбіти в просвіт дефекту, прямим пошкодженням очорухових м'язів та погіршенням умов для їх функціонування з розвитком очорухових порушень, диплопії та енофтальму [4 – 6].

Повноцінна реабілітація пацієнтів, у яких дефекти стінок орбіти поєднуються з переломами вилицевого комп-

лексу (ВК), особливо складна [1, 5, 6]. Такі пошкодження супроводжуються різким збільшенням об'єму орбіти як за рахунок дефекту її стінок, так і внаслідок зміщення вилицевої кістки. Це збільшує ступінь енофтальму і відповідно погіршує прогноз щодо результатів хірургічної реабілітації [1, 3, 5]. Згідно з чинними протоколами та клінічними рекомендаціями лікування даного виду травми проводять у два етапи, що можуть бути об'єднані в одне оперативне втручання або розведені в часі: перший етап – репозиція і фіксація ВК, верхньої щелепи та назоетмо-

їдального комплексу, другий етап – реконструкція стінок орбіти [1, 3, 5].

Стандартну реконструкцію стінок орбіти виконують з використанням кісткових аутотрансплантатів або титанових, полімерних чи комбінованих імплантатів (орбітальних пластин) [5 – 8]. Основними недоліками кісткових трансплантатів є непрогнозованість перебудови, складність фіксації та неможливість точного відновлення анатомічної форми орбіти [2, 7, 8]. Стандартні орбітальні імплантати/пластини передбачають фіксацію до нижнього краю орбіти, який буває ушкодженим у разі поєднання дефектів її стінок із переломами ВК [1, 3, 4]. Їх жорсткість та здатність до відновлення складної форми дна орбіти, зокрема орбітального підвищення, недостатні при великих за площею дефектах, які потребують так званої кантиліверної реконструкції [9].

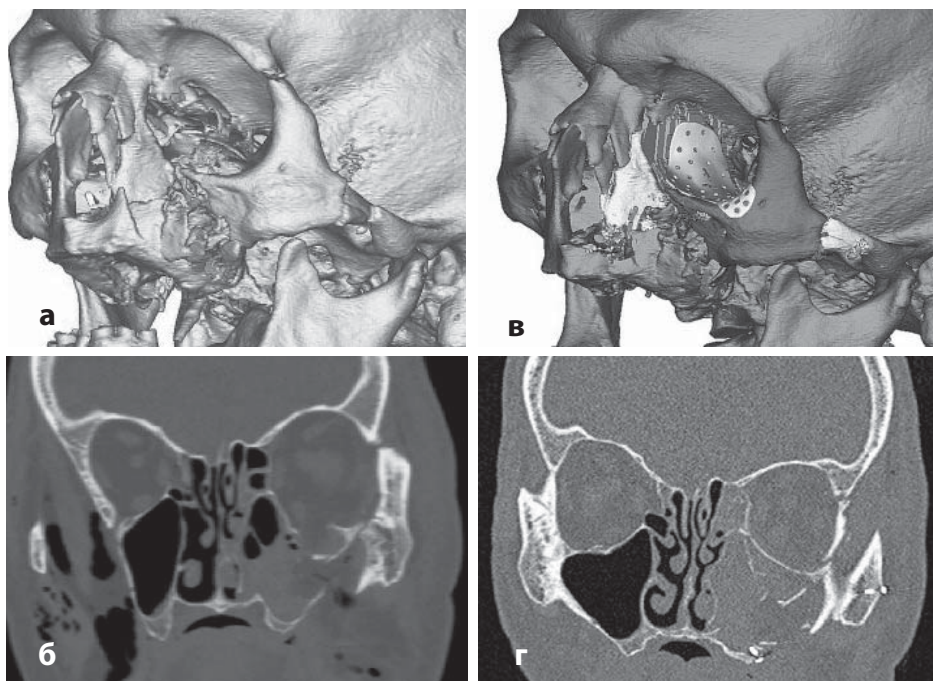
В останні роки в літературі було описано новий підхід до заміщення дефектів стінок орбіти з використанням пацієнтспецифічних імплантатів (ПСІ) [2, 7, 8, 10]. ПСІ – це новий клас медичних виробів, дизайн яких створюється у віртуальному середовищі індивідуально на основі даних комп'ютерної томографії пацієнта, а виготовляють їх із використанням комп'ютеризованих систем швидкого прототипування. Даний вид лікування довів свою ефективність у реконструкції орбіти при її ізольованих пошкодженнях [2, 7, 8]. Основними перевагами ПСІ вважають прогнозованість клінічного результату за рахунок відповідності геометрії імплантата індивідуальним анатомічним умовам, швидшу реабілітацію у відношенні зорових порушень та меншу витрату часу на виконання оперативного втручання [2, 7, 8]. Разом з тим у літературних джерелах описані лише поодинокі невеликі серії та окремі клінічні спостереження щодо використання ПСІ при лікуванні дефектів стінок орбіти, поєднаних із переломами ВК.

Мета дослідження: вивчити клінічну ефективність використання ПСІ в усуненні дефектів стінок орбіти, поєднаних із переломами ВК, у порівнянні із стандартними методами реконструкції.

Матеріали і методи дослідження

Проаналізовано результати лікування пацієнтів із дефектами стінок орбіти, поєднаними з переломами ВК, у Центрі щелепно–лицевої хірургії та стоматології Київської обласної клінічної лікарні, а також у Київській міській клінічній лікарні швидкої медичної допомоги з 2013 по 2019 р. Критеріями включення пацієнтів у дослідження були: наявність травматичних дефектів стінок лише однієї орбіти, поєднаних із переломами ВК, реконструкція орбіти з використанням ПСІ або стандартних пластин (СП) у поєднанні з остеосинтезом ВК, збережений зір обох очей (хоча б частково), згода пацієнта на участь у дослідженні. Пацієнтів виключали з дослідження у разі пошкодження обох орбіт, наявності ендокринної орбітопатії, енофтальму, повної втрати зору хоча б одним оком, неврологічних порушень, що обумовлювали порушення рухливості ока, вогнепальних поранень, дефектів, обумовлених лікуванням онкологічних захворювань, психічних хвороб, коли пацієнт відмовлявся від участі в дослідженні або не виявляв бажання до співпраці з лікарем, не дотримувався медичних рекомендацій та строків спостереження, а також недостатньо повного документування випадку в історії хвороби.

Відповідно до зазначених критеріїв у дослідження було залучено 43 пацієнти, яких розподілили на дві групи: основну – 25 пацієнтів, яким лікування проводилось за цифровим протоколом із використанням ПСІ, та контрольну – 18 пацієнтів, у лікуванні яких для усунення дефектів стінок орбіти використовували СП. Усі пацієнти були об-



*Рис. 1.
Реконструкція ВК та стінок орбіти за цифровим протоколом:
а – 3D реконструкція лицевого черепа до лікування; б – дефект нижньої та медіальної стінок лівої орбіти на фронтальному зрізі МСКТ; в – віртуальна репозиція фрагментів ВК, дизайн ПСІ для реконструкції орбіти; г – реконструйовані нижня та медіальна стінки орбіти на фронтальному зрізі МСКТ.*

стежені до лікування та через один тиждень, один, три та шість місяців після операції відповідно до стандартного алгоритму: збір скарг, оцінка локального статусу, визначення гостроти зору, виявлення наявності диплопії, око-рухових порушень методом «слідкуй за моїм пальцем» та проведення екзофтальмометрії за Гертлем для визначення енофтальму.

Усім пацієнтам проводили мультиспіральну комп'ютерну томографію (МСКТ) кісток лицевого та мозкового черепа (Toshiba Activion 16 і Philips Diamond Select Brilliance CT 64, 0,5 мм slice thickness) до та після лікування. Дані МСКТ у форматі DICOM експортували у програмне середовище Disior Bonelogic® CMF Orbital Analysis Software (Гельсінкі, Фінляндія), де в автоматичному режимі проводилась їх сегментація, визначення площі дефекту, різниці орбітального об'єму здорової та uszkodженої орбіт та величини зміщення м'якотканинного вмісту орбіти [11]. Систематизацію дефектів стінок орбіти та оцінку їх ступеня тяжкості проводили за класифікацією С. Jaquiéгу і співавторів [6], беручи до уваги томографічну картину та площу кісткових дефектів. Основними критеріями успіху лікування були такі: ступінь залишкового енофтальму в досліджуваних групах (величина передньо-заднього положення ока менше 14 мм при проведенні екзофтальмометрії або різниця між двома очима більше як 2 мм розцінювались як енофтальм), різниця орбітального об'єму між інтактною та реконструйованою орбітами, наявність і вираженість диплопії або око-рухових порушень.

Лікування пацієнтів основної групи проводили за цифровим протоколом (рис. 1). Для цього дані МСКТ у форматі DICOM експортували у програмне середовище D2P (1.0.2.53, Symbionix Ltd/3D Systems Inc., «Beit Golan», Ізраїль), де здійснювалась сегментація та редагування віртуальних моделей орбіти та ВК. Цілісність стінок орбіти віртуально відновлювали у напівавтоматичному режимі шляхом редагування маски заданої рентгенологічної щільності відповідно до контуру віддзеркаленої віртуальної моделі середньої зони обличчя. Далі віртуальні моделі фрагментів ВК та редагованої орбіти у форматі STL експортували у програмне середовище Geomagic Freeform Plus (3D systems, «Rock Hill», Південна Кароліна, США), де після їх підготовки проводили віртуальну репозицію фрагментів ВК із відновленням цілісності орбіти та лицевого черепа. В подальшому комп'ютерні моделі фрагментів лицевого черепа об'єднували в одну модель із використанням булевих операцій, після чого створювався дизайн ПСІ. Віртуальну модель ПСІ генерували шляхом створення площини заданої товщини та форми, яка відповідала рельєфу стінок відредагованої на попередніх етапах моделі орбіти. Створення дизайну ПСІ передбачало перекриття всіх дефектів, забезпечення підтримки для імплантата у глибоких відділах орбіти, а також створення вигинів та ретенційних елементів, що детерминували б однозначне позиціонування імплантата в орбіті. Додатково створювали отвори заданого діаметра для фіксації імплантата до кісток обличчя з урахуванням обраної

системи остеосинтезу. В ряді випадків дизайн ПСІ передбачав створення умов для фіксації фрагментів нижнього краю орбіти у правильному положенні.

Оптимальний дизайн ПСІ створювався біоінженерами у тісній співпраці та під контролем лікаря. Після узгодження та схвалення особливостей конструкції модель у форматі STL відправляли виробнику (Imatech Medical Ltd, Київ, Україна). ПСІ виготовляли шляхом селективного спікання титану або методом фрезерування блоків РЕЕК (поліефірефіркетон) на станках із числовим програмним управлінням, після чого готовий виріб, пройшовши післявиробничу очистку, стерилізувався шляхом автоклавування.

Хірургічне лікування в обох групах передбачало виконання оперативного втручання під загальним знеболюванням, у ході якого через стандартні хірургічні доступи (прямий, вінцевий, внутрішньоротовий, транскон'юнктивальний або субциліарний у залежності від клінічної картини та після обговорення з пацієнтом) розкривались ділянки переломів, виконувались репозиція та фіксація кісткових фрагментів ВК та країв орбіти. Після цього в основній групі реконструкцію орбіти виконували з використанням ПСІ, в контрольній – СП. Використання СП передбачало інтраопераційну адаптацію пластини з наданням їй відповідної форми та розміру залежно від локалізації та розміру дефекту. Післяопераційне лікування було аналогічним в обох групах хворих і полягало у проведенні інтенсивної протинабрякової терапії на фоні антибактеріального прикриття. Місцево призначали офтальмологічні кератопротектори на кон'юнктиву та рогівку, а також судинозвужувальні краплі в ніс з метою усунення гемосинусу.

Отримані результати аналізували з використанням методів варіаційної статистики. В клінічних групах визначали середні величини та стандартні відхилення досліджуваних параметрів. Взаємозв'язки між ними оцінювали з використанням критерія Манна – Вітні та точного критерія Фішера, при цьому рівень значущості результатів було визначено як $p < 0,05$. Всі обчислення проводили в програмному комплексі SPSS Statistics software (IBM, США).

Результати

Серед 43 пацієнтів, включених у дослідження, було 9 жінок та 34 чоловіки, середній вік хворих становив $(35,3 \pm 13,9)$ року (від 17 до 70 років). Розподіл хворих за віком і статтю у порівнюваних групах був однорідним.

Провівши оцінку ступеня пошкодження стінок орбіти у всіх пацієнтів, включених у дослідження, ми виявили, що середня площа дефекту становила $(6,3 \pm 3,5)$ см². Переважали дефекти нижньої та медіальної стінок орбіти III та IV категорій за класифікацією С. Jaquiéгу і співавторів [6] у співвідношенні 1 : 2. У 1 пацієнта в кожній групі вони були віднесені до V категорії (рис. 2).

Середня площа дефектів стінок орбіти в основній групі становила $(6,3 \pm 3,1)$ см² (від 3,3 до 13,3 см²) і статистично достовірно не відрізнялась від аналогічних показників у контрольній групі (рис. 3) – відповідно $(6,2 \pm 3,9)$ см² та $(2,6$ до $18,1)$ см² ($U=126,5$; $p=0,736$).

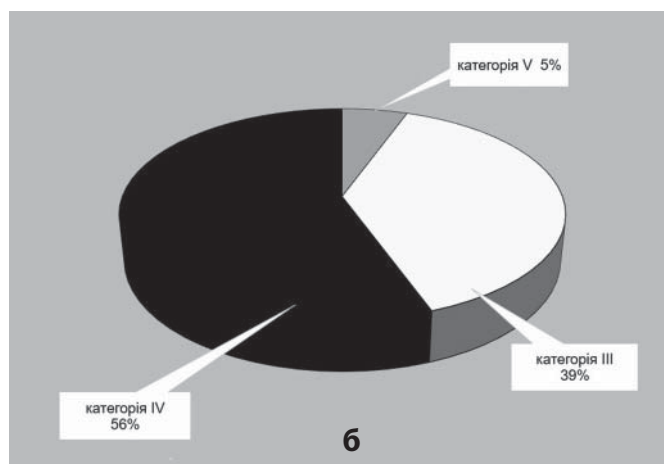
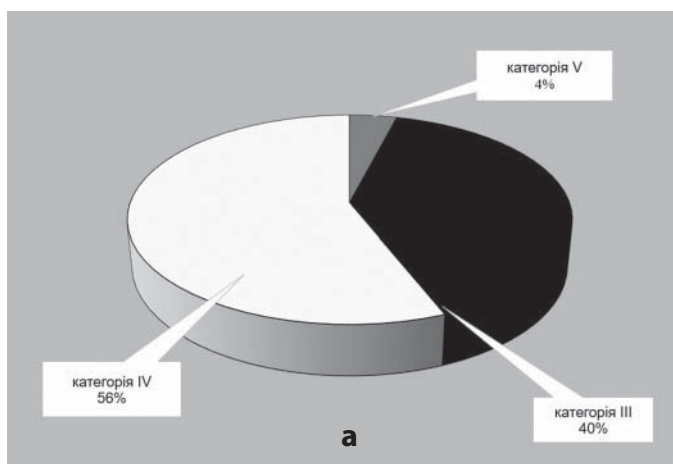


Рис. 2. Розподіл хворих за категоріями дефектів відповідно до класифікації С. Jaquiéгу і співавторів [6] в основній (а) та контрольній (б) групі.

В основній групі середня різниця між об'ємом неушкодженої та травмованої стінок орбіти після операції становила $(0,94 \pm 0,65) \text{ см}^3$ (у межах від 0,2 до $2,3 \text{ см}^3$). У контрольній групі даний показник був достовірно вищим ($p = 0,002$) і становив $(2,4 \pm 2,3) \text{ см}^3$ (у межах від 0,3 до $8,3 \text{ см}^3$). Разом з тим у 9 пацієнтів основної групи і у 1 пацієнта контрольної групи різниця між об'ємом неушкодженої та травмованої стінок орбіти після лікування мала від'ємне значення, тобто спостерігалась незначна гіперкорекція. Різниця між групами за даним показником була статистично значущою ($p = 0,028$).

За результатами екзофтальмометрії після лікування виявлено енофтальм лише у 2 (8%) хворих основної групи та у 8 (44,4%) хворих контрольної групи. За цим показником різниця між групами була статистично значущою ($p = 0,023$). Разом з тим у строки спостереження більше 3 міс у жодного пацієнта обох груп ми не спостерігали енофтальму, обумовленого хірургічним лікуванням.

Диплопію через 3 міс після травми відмічено у 4 (16%) пацієнтів основної групи та у 8 (44,4%) пацієнтів контрольної групи ($p=0,087$). Різниця між групами за цим параметром була статистично незначущою. В обох групах після хірургічного лікування не спостерігали очорухових порушень, зниження чи втрати гостроти зору.

Обговорення

Підходи до лікування ізольованих переломів стінок орбіти добре описані в літературних джерелах [2, 6–9]. На відміну від інших кісток лицевого черепа, лікування яких передбачає виконання відкритої репозиції та фіксації зміщених фрагментів, лікування ізольованих переломів стінок орбіти полягає в репозиції орбітального вмісту, заміщенні дефектів та відновленні зруйнованих ділянок орбітальних стінок реконструктивними матеріалами [4 – 7]. Це дозволяє відновити положення очного яблука, створити умови для функціонування очорухових м'язів та попередити дегенеративні зміни м'якотканинних анатомічних структур (нервів, м'язів, жирової клітковини) [2 – 6]. Більшість дослідників при цьому наголошують на необхідності відновлення не лише цілісності стінок орбіти, а й її анатомічної форми [6 – 8]. Разом з тим підходи до реконструкції орбіти, коли кісткові дефекти поєднуються з переломами ВК, у літературі практично не описані. Здебільшого дослідники лише наголошують на необхідності усунення дефектів після виконання репозиції і фіксації ВК та доцільності об'єднати ці два етапи в одне оперативне втручання [1, 3, 5, 6].

Відповідно до результатів дослідження С. Jaquiéгу і співавторів [6] дефекти стінок орбіти, поєднані з переломами ВК, лише у 3% пацієнтів відносились до II категорії (зі збереженими нижньою очною щілиною та дном орбіти в ділянці апексу), решта мала більшу площу дефектів. Отримані нами дані підтверджують цю тенденцію. Ми не спостерігали дефектів I та II категорій у хворих, включених у дане дослідження. Згідно з даними С. Kunz і співавторів [12] пацієнти з дефектами III та IV категорій мають вищий ризик виникнення післятравматичного енофтальму.

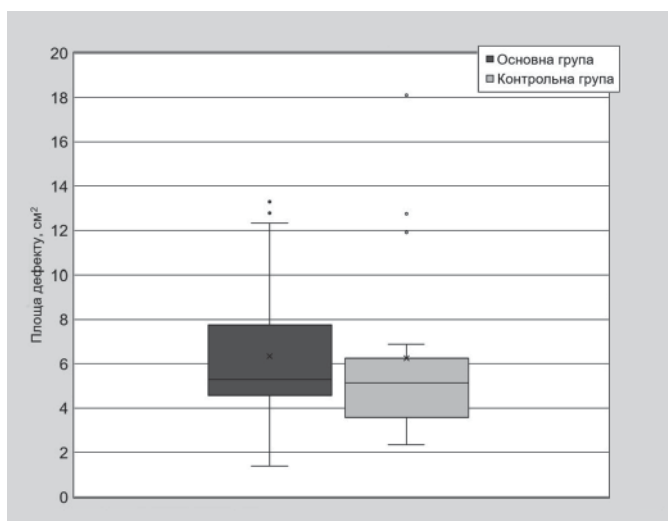


Рис. 3. Середня площа дефектів стінок орбіти у пацієнтів досліджуваних груп.

му. У своєму дослідженні L. Dubois і співавтори [9] дійшли висновку, що дефекти стінок орбіти IV та V категорій потребують кантіліверної реконструкції через руйнування орбітального підвищення та відсутність опори для імплантата у глибоких відділах орбіти. Таким чином, точність репозиції ВК набуває окремого значення для правильного позиціонування орбітальних пластин та ПСІ, оскільки вони фіксуються до нижнього краю орбіти, форма якого детермінована положенням ВК [1, 5, 6, 9].

У пацієнтів, включених у дослідження, нами застосовувалось два підходи до лікування. У контрольній групі це був стандартний підхід, що полягав у виконанні репозиції під візуальним контролем хірурга, після чого пацієнтам встановлювали титанові СП для реконструкції орбіти, інтраопераційно надаючи їм необхідної форми [3 – 6].

Саме необхідність адаптації розміру і форми СП під час реконструкції, що збільшує тривалість виконання оперативного втручання та його травматичність, їх обмежена здатність у відновленні просторової форми орбіти, особливо при лікуванні великих за площею дефектів, вважаються багатьма дослідниками основними недоліками даного підходу [7, 8, 10]. Складність відновлення орбітального підвищення у разі використання СП, зміщення їх дистального краю за відсутності опори у глибоких відділах орбіти при цьому є основною причиною виникнення залишкового енофтальму [2, 7 – 10].

Використання ПСІ при реконструкції орбіти широко висвітлене в літературі [2, 7, 8, 10]. Разом з тим у більшості опублікованих досліджень автори оцінювали ефективність лікування ізольованих переломів орбіти. Застосування ПСІ для лікування дефектів стінок орбіти у пацієнтів із переломами ВК потребує більш складного алгоритму комп'ютерного моделювання, зокрема етапу сегментації та віртуальної репозиції ВК. Головним недоліком даного підходу можна вважати затрати часу при виконанні даного етапу та вищу собівартість кінцевого продукту – імплантата для реконструкції орбіти. У даному дослідженні ставилась мета оцінити клінічну ефективність ПСІ в порівнянні із стандартними методами лікування. Отримані результати однозначно підтвердили більшу ефективність ПСІ в аспекті попередження післятравматичного енофтальму. Частота залишкового енофтальму в контрольній групі була достовірно вищою, ніж в основній групі, що обумовлено більшою точністю відновлення орбітального об'єму. Середня різниця між об'ємом неушкодженої та травмованої орбіти в основній групі була менше у 2,7 разу у порівнянні з контрольною групою – відповідно 0,9 та 2,4 см³.

Основною причиною виникнення енофтальму у пацієнтів контрольної групи можна вважати наявні обмеження у відновленні орбітального підвищення, притаманні СП, і, як наслідок, зміщення орбітального вмісту до верхньощелепного синуса за рахунок провисання СП у ділянці вершини орбіти. При цьому положення стандартного імплантата для реконструкції орбіти сильно залежало від точності репозиції фрагментів ВК без жодного зворотного впливу на нього [2, 7 – 9].

Коректне використання ПСІ передбачає виконання репозиції відповідно до передопераційного планування. Без досягнення планованої точності репозиції використання ПСІ стає неможливим [1]. Таким чином, у разі відсутності умов для введення та позиціонування імплантата або його неправильного положення в орбіті хірург мусить перевірити точність репозиції та фіксації ВК. Так реалізується алгоритм зворотного зв'язку при виконанні точної реконструкції орбіти за цифровим протоколом. Ще однією перевагою ПСІ слід вважати можливість використання їх для контурної пластики країв орбіти, передньої поверхні верхньої щелепи або як фіксаторів кісткових фрагментів [1, 8].

Беручи до уваги оцінку офтальмологічного статусу у пацієнтів досліджуваних груп, можна стверджувати, що обидва методи лікування виявили вкрай низький ризик негативного впливу на гостроту зору, що свідчить про їх відносну безпечність та прогнозованість. При цьому використання ПСІ було пов'язано із меншою частотою диплопії після лікування, хоча встановлені відмінності за даною кількістю спостережень не були статистично достовірними.

Висновки

1. Для післятравматичних дефектів орбіти, поєднаних із переломами ВК, характерна значна площа ушкодження стінок орбіти – середня площа дефектів становила $(6,3 \pm 3,5)$ см². При цьому в усіх спостереженнях зона пошкодження поширювалась на апікальні відділи орбіти.

2. Отримані результати засвідчили високу ефективність використання ПСІ при лікуванні дефектів орбіти, поєднаних з переломами ВК, зокрема в аспекті усунення післятравматичного енофтальму. Його частота при використанні ПСІ була достовірно нижчою, ніж у контролі – 12 та 44,4%. Середня різниця між об'ємом неушкодженої та травмованої орбіти після операції із застосуванням ПСІ становила $(0,94 \pm 0,65)$ см³, у контролі – $(2,4 \pm 2,3)$ см³.

3. Одноетапна реконструкція орбіти та ВК забезпечує ефективну реабілітацію пацієнтів за низького ризику зниження гостроти зору. При цьому використання ПСІ виявило вищу на 24,4% ефективність усунення диплопії в порівнянні із СП. Втім, отримані результати в даній вибірці не були статистично достовірними.

Підтвердження

Фінансування. Дослідження не потребувало фінансування.

Внесок авторів. Чепурний Ю. В. – концепція і дизайн дослідження, збір даних, аналіз отриманих результатів, написання тексту; Копчак А. В. – концепція і дизайн дослідження, написання та редагування тексту, критична оцінка дослідження; Черногогорський Д. М., Жуковцева О. І. – збір даних, аналіз отриманих результатів.

Конфлікт інтересів. Автори, які взяли участь у цьому дослідженні, заявили, що вони не мають конфлікту інтересів щодо даного рукопису.

Згода на публікацію. Всі автори прочитали і схвалили остаточний варіант рукопису та дали згоду на його публікацію.

References

1. Schreurs R, Dubois L, Becking AG, Maal TJJ. The orbit first! A novel surgical treatment protocol for secondary orbitozygomatic reconstruction. *J Craniomaxillofac Surg.* 2017;45(7):1043–50. doi: 10.1016/j.jcms.2017.03.026. Epub 2017 Apr 20. PMID: 28526211.
2. Kärkkäinen M, Wilkman T, Mesimäki K, Snäll J. Primary reconstruction of orbital fractures using patient-specific titanium milled implants: the Helsinki protocol. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2018;56(9):791–96. doi: 10.1016/j.bjoms.2018.08.008. Epub 2018 Sep 13. PMID: 30220611.
3. Astapenko OO, Malanchuk VO, Chepurnyi YV, Logvinenko IP. Peculiarities of the first aid to patients with orbital injuries. *Oftalmol Zh.* 2015; 2:32–8. doi: 10.31288/oftalmolzh201523238. [In Ukrainian].
4. Manson PN, Clark N, Robertson B, Slezak S, Wheatly M, Vander Kolk C, Iliff N. Subunit principles in midface fractures: the importance of sagittal buttresses, soft-tissue reductions, and sequencing treatment of segmental fractures. *Plast Reconstr Surg.* 1999;103(4):1287–306; quiz 1307. PMID: 10088523.
5. Zingg M, Laedrach K, Chen J, Chowdhury K, Vuillemin T, Sutter F, Raveh J. Classification and treatment of zygomatic fractures: a review of 1,025 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992;50(8):778–90. doi: 10.1016/0278-2391(92)90266-3. PMID: 1634968.
6. Jaquiéry C, Aeppli C, Cornelius P, Palmowsky A, Kunz C, Hammer B. Reconstruction of orbital wall defects: critical review of 72 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007;36(3):193–9. doi: 10.1016/j.ijom.2006.11.002. Epub 2007 Jan 22. PMID: 17241771.
7. Zimmerer RM, Ellis E 3rd, Aniceto GS, Schramm A, Wagner ME, Grant MP, et al. A prospective multicenter study to compare the precision of posttraumatic internal orbital reconstruction with standard preformed and individualized orbital implants. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016 Sep;44(9):1485–97. doi: 10.1016/j.jcms.2016.07.014. Epub 2016 Jul 21. PMID: 27519662.
8. Chepurnyi Y, Chernogorskyi D, Kopchak A, Petrenko O. Clinical efficacy of peek patient-specific implants in orbital reconstruction. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2020;10(2):49–53. doi: 10.1016/j.jobcr.2020.01.006. Epub 2020 Jan 29. PMID: 32099771; PMCID: PMC7029176.
9. Dubois L, Steenen SA, Gooris PJ, Mourits MP, Becking AG. Controversies in orbital reconstruction—I. Defect-driven orbital reconstruction: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44(3):308–15. doi: 10.1016/j.ijom.2014.12.002. Epub 2014 Dec 24. PMID: 25543903.
10. Gander T, Essig H, Metzler P, Lindhorst D, Dubois L, Rücker M, Schumann P. Patient specific implants (PSI) in reconstruction of orbital floor and wall fractures. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015;43(1):126–30. doi: 10.1016/j.jcms.2014.10.024. Epub 2014 Oct 31. PMID: 25465486.
11. Chepurnyi Y, Chernohorskyi D, Prykhodko D, Poutala A, Kopchak A. Reliability of orbital volume measurements based on computed tomography segmentation: Validation of different algorithms in orbital trauma patients. *J Craniomaxillofac Surg.* 2020;48(6):574–81. doi:10.1016/j.jcms.2020.03.007
12. Kunz C, Sigron GR, Jaquiéry C. Functional outcome after non-surgical management of orbital fractures—the bias of decision-making according to size of defect: critical review of 48 patients. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2013;51(6):486–92. doi: 10.1016/j.bjoms.2012.09.016. Epub 2012 Nov 7. PMID: 23141199.

Надійшла 22.01.2020