

УДК 616.831:617.51:616 – 001.45+616.8 - 089

DOI: 10.32751/2663-0761-2018-03-11

ПЛАСТИКА КІСТКОВИХ ДЕФЕКТІВ ЧЕРЕПА ПІСЛЯ БОЙОВИХ ВОГНЕПАЛЬНИХ ЧЕРЕПНО-МОЗКОВИХ ПОРАНЕНЬ

Є.Г. Педаченко, академік НАМН України, доктор медичних наук, професор, директор ДУ “Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України”

Л.А. Дзяк, член-кореспондент НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри нервових хвороб та нейрохірургії ФПО ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»

А.Г. Сірко, доктор медичних наук, доцент кафедри нервових хвороб та нейрохірургії ФПО ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України», завідувач відділення нейрохірургії № 2 КЗ «Дніпропетровська обласна клінічна лікарня ім. І.І. Мечникова»

М.В. Каджая, доктор медичних наук, завідувач відділення нейротравми ДУ “Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України”

В.В. Білошицький, доктор медичних наук, заступник директора з наукової роботи ДУ “Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України”

А.А. Дядечко, кандидат медичних наук, лікар-нейрохірург відділення нейротравми ДУ “Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України”

Резюме. В статті проведено аналіз результатів пластики кісткових дефектів черепа після бойових вогнепальних черепно-мозкових поранень. Опрацьовано результати обстеження та лікування 39 потерпілих у віці від 18 до 50 років. Малі дефекти (до 10 см²) відзначені у 4 (9,8%), середні дефекти (до 30 см²) - у 19 (46,3%) спостереженнях, великі (до 60 см²) – у 10 (24,4%) спостереженнях, значні (понад 60 см²) – в 8 (19,5%) спостереженнях. 39 хворим в цілому закрито 41 кістковий дефект. Для пластичного закриття кісткових дефектів титанова сітка була застосована у 40 (97,6%) випадках. Термін виконання краніопластики у проведеному дослідженні від моменту поранення коливався від 2 до 21 місяця, у середньому – 7,5±4,1 міс. Проаналізовані терміни проведення краніопластики після бойових вогнепальних черепно-мозкових поранень, матеріали для закриття кісткового дефекту, методи підготовки та 3D моделювання трансплантатів, ускладнення та наслідки пластики кісткових дефектів.

Ключові слова: бойові вогнепальні черепно-мозкові поранення, кісткові дефекти черепа, пластика дефектів, краніопластика, аутокістка, титановий імплант, 3D моделювання, ускладнення.

Вступ. Наявність дефектів черепа після хірургічної обробки черепно-мозкових поранень крім того, що порушує захисну функцію мозку і спричиняє косметичну незручність, призводить до порушення функціонування мозку та погіршує умови реабілітації поранених [1, 2]. Доведено, що дефекти черепа, особливо великих розмірів, порушують венозний кровообігу мозку та процеси ліквородинаміки.

Незважаючи на відносну простоту, за даними літератури, краніопластична операція характеризується високою частотою

ускладнень, складаючи 10-40% [3]. Тому доопераційне визначення можливих ризиків і предикторів розвитку післяопераційних ускладнень при плануванні даної операції має важливе значення для їх своєчасної профілактики і досягнення задовільних результатів [4,5,6]. Одним із значущих факторів, що впливають на ефективність краніопластичної операції є термін його проведення [7].

Для усунення дефектів кісток черепа використовуються різні матеріали. Ідеальний матеріал для краніопластики повинен мати

наступні властивості: 1) стійкість до інфекцій; 2) непровідність тепла або холоду; 3) стійкість до впливу біомеханічних процесів; 4) гнучкість, що надає можливість повністю закрити дефект; 5) невелика вартість; та 6) готовність до використання; 7) прозорість для рентгенівських променів, відсутність артефактів від матеріалу при нейровізуалізуючих дослідженнях [8].

Для реконструкції черепа використовується багато типів матеріалів, що свідчить про невирішеність проблеми щодо вибору пластичного матеріалу.

Аналіз літературних джерел та власного досвіду краніопластики при цивільних черепно-мозкових травмах [9] дозволили на сьогоднішній день віддати перевагу титановим імплантам і при бойових вогнепальних черепно-мозкових пораненнях.

Мета дослідження – провести аналіз результатів пластики кісткових дефектів черепа після бойових вогнепальних черепно-мозкових поранень.

Матеріал та методи дослідження. Проведено аналіз результатів обстеження та лікування 39 потерпілих, яким в проміжному та віддаленому періодах бойових вогнепальних черепно-мозкових поранень проведено операцію пластичного закриття кісткового дефекту. Всі поранення були отримані в ході локального збройного конфлікту на сході України в 2014-18 роках. Особливості хірургічної тактики в гострому періоді черепно-мозкових поранень, покази до виконання того чи іншого виду трепанації черепу були детально розглянуті в наших попередніх публікаціях [1,2,10,11,12]. До дослідженні не увійшли бойові невогнепальні черепно-мозкові поранення та бойові черепно-мозкові травми.

Оперовані 39 чоловіків у віці від 18 до 50 років, у середньому – $30,8 \pm 9$ років. В клініці нейротравми ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України» пластика виконана 11 пораненим, у відділенні нейрохірургії КЗ «Дніпропетровська обласна клінічна лікарня ім. І.І. Мечникова» - 28 пораненим.

Проникаючі черепно-мозкові поранення мали місце у 33 (84,6%) поранених, а непроникаючі поранення діагностовані у 6 (15,4%) поранених. У 31 (79,5%) потерпілого поранення були спричинені уламками мінно-вибухових пристроїв, у 8 (20,5%) потерпілих були діагностовані кульові поранення. У 29 (70,7%) потерпілих кістковий дефект утворився в результаті резекції численних кісткових уламків в місті вхідного отвору раннячого снаряду. 12 (29,3%) потерпілим виконана декомпресивна краніектомія з метою створення додаткового об'єму для розміщеного збільшеного внаслідок травматичного набряку головного мозку. Декомпресивна краніектомія разом з консервативними методами лікування набряку головного мозку дозволяла ефективно боротись з внутрішньочерепною гіпертензією в гострому періоді черепно-мозкових поранень. Площу кісткового дефекту визначали в см^2 за результатами краніографії та спіральної комп'ютерної томографії головного мозку.

Розміри дефектів визначали за клінічною класифікацією запропонованою Інститутом нейрохірургії ім. М.Н. Бурденко [13]. Розрізняли малі (до 10 см^2), середні (до 30 см^2), великі (до 60 см^2) та значні (понад 60 см^2) кісткові дефекти склепіння черепа. Нами також була проаналізована локалізація кісткових дефектів по відношенню до окремих кісток склепіння черепа.

36 потерпілим виконана одна операція з метою пластичного закриття дефекту черепа. Троє потерпілих були прооперовані повторно в наших клініках після невдалої спроби краніопластики в інших лікувальних закладах України.

Для пластичного закриття кісткових дефектів титанова сітка була застосована у 40 (97,6%) випадках. Лише в одному випадку (2,4%) виконана пластика дефекту черепа аутокісткою, яка зберігалась в підапоневротичному просторі передньої черевної стінки пацієнта після декомпресивної краніектомії в гострому періоді поранення.

У 6 (15%) для пластики дефектів черепа застосовували стандартну титанову пластину

з певним радіусом кривизни. 21 (52,5%) дефект черепа закритий динамічними перфорованими титановими пластинами. У цих випадках налаштування титанового імплантату під форму та розміри дефекту проводилось безпосередньо під час хірургічного втручання.

При великих за розмірами та складних за конфігурацією дефектах краніопластики виконувалась за допомогою титанового імплантату, виготовленого з використанням індивідуальної стереолітографічної моделі. 3D – моделювання кісткового дефекту з наступним виготовленням стереолітографічної моделі застосовано нами у 13 (32,5%) випадках. Слід зазначити, що в 4 з цих 13 спостережень мали місце значні біфронтальні дефекти черепа з поширенням на дах орбіти.

Нами застосовувалась власна методика швидкого 3D-протипування та створення індивідуальних титанових імплантів. Суть методики полягала в наступному. Виконували спіральну комп'ютерну томографію (СКТ) голови високої роздільної здатності (томограф Aquilion, фірми «Toshiba», Японія, 16-ти зрізовий). Дані у форматі Dicom записувались на змінний носій та завантажувались у персональний комп'ютер з програмним забезпеченням для подальшої обробки даних. Dicom дані оброблялись з допомогою програмного пакету «3D Slicer», який знаходиться у вільному доступі. Створювалась тривимірна (3D) модель черепа, обиралась зона кісткового дефекту та симетрична їй зона неушкодженого черепа. Проводилось конвертування даних в «stl» формат (stereolithography) для подальшої роботи в САПР-програмі (система автоматизованого проектування). В якості САПР програми використовували програмний пакет «Meshmixer» (Autodesk Co.), який теж є у вільному доступі. Файл 3D прототипу віддавали для друку на 3D-принтері. На отриманому 3D прототипі проводили реконструкцію зони дефекту за допомогою швидкотвердіючого двохкомпонентного епоксидного пластиліну. Відмічали межі майбутнього титанового імпланту.

Виконувалось моделювання ділянки дефекту динамічною титановою пластиною (товщина 0,4-0,8 мм), у повній відповідності з геометрією прототипу, обрізання його країв по визначеним межах. Готовий титановий імплант віддавали для стерилізації. Під час операції після виділення кісткового дефекту титановий імплант встановлювали на місце та фіксували по периметру до кістки титановими шурупами довжиною 5 мм.

В залежності від терміну виконання розрізняли наступні види краніопластики: первинну І до 2-х діб після трепанації черепа, первинно-відстрочену І до 2-х тижнів, ранню ІІ від 2-х тижнів до 2-х місяців і пізню ІІІ більше 2-х місяців [14]. Термін виконання краніопластики у проведеному дослідженні від моменту поранення коливався від 2 до 21 місяця, у середньому – 7,5+4,1 міс. Термін виконання краніопластики залежав від багатьох факторів: характеру поранення (проникне/непроникне), розміру кісткового дефекту, тяжкості стану потерпілого, наявності гнійно-септичних ускладнень в гострому періоді поранення, характеру заживлення рани (первинне/вторинне), наявності контакту кісткового дефекту з параназальними синусами та інше.

39 хворим в цілому закрито 41 кістковий дефект склепіння черепа (у 2 хворих виконана одномоментна пластика кісткового дефекту на місці як вхідного, так і вихідного отвору раннячого снаряду). Термін спостереження за потерпілими після пластики кісткового дефекту черепа у проведеному дослідженні коливався від 4 міс до 36 місяців, у середньому – 14,2+6,7 міс.

Проаналізовані терміни проведення краніопластики, матеріал для закриття кісткового дефекту, методи підготовки трансплантатів, ускладнення та наслідки пластики кісткових дефектів.

Результати дослідження та їх обговорення. У 6 (14,6%) потерпілих кістковий дефект поширювався по обидва боки від середньої лінії (верхнього сагітального синусу). У 35 (85,4%) спостереженнях встановлена одностороння

локалізація кісткового дефекту. У 20 (57,1%) з них кісткові дефекти були розташовані зліва, а у 15 (42,9%) потерпілих – справа. Локалізація односторонніх кісткових дефектів, які були у межах однієї кістки, була наступною: лобна кістка – 12 потерпілих, тім'яна – 2, скронева – 1, потилична – 1 потерпілий. При більш поширених дефектах були залучені наступні кістки склепіння черепа: лобна+скронева кістка – 6 потерпілих, лобна+тім'яна – 4, скронева+тім'яна – 3, тім'яна+потилична кістка – 3 потерпілих. Ще у трьох поранених мав місце поширений дефект із залученням лобної, скроневої та тім'яної кісток.

Таким чином, найчастіше до кісткового дефекту залучалась лобна кістка – у 25 випадках, кісткові дефекти із залученням тім'яної кістки мали місце у 15 поранених, скроневої кістки – у 13, та потиличної – у 4 потерпілих.

Площа кісткового дефекту коливалась від 7 до 143 см², у середньому – 39,2±35,6 см². Малі дефекти відзначені у 4 (9,8%), середні – у 19 (46,3%) спостереженнях, великі – у 10 (24,4%) та значні – у 8 (19,5%) спостереженнях.

При виконанні краніопластики в термін понад 3 місяці відзначали наявність знову утвореної твердої оболонки головного мозку, чіткої межі розподілу різних тканин, простоту видалення кісткового дефекту та цілісність твердої оболонки головного мозку у всіх випадках. Всі післяопераційні рани зажили первинним натягом. Інфекційних ускладнень та відторгнення титанових імплантатів не відзначали.

Було встановлено, що титанова сітка має найнижчий показник трансплантаційного інфікування серед усіх матеріалів для краніопластики, що складає 2,6% [15]. Наш власний досвід підтвердив цей результат. Ми виявили, що використання титанових сіток у краніопластиці знижує частоту трансплантаційного інфікування у пацієнтів з підвищеним ризиком, таких як військовослужбовці, які зазнали серйозних поранень черепа і/або яким була проведена краніектомія під час служби протягом війни. Титанова сітка може використовуватися окремо

або разом з іншими синтетичними матеріалами (гідроксиапатитова паста, метилметакрилат) для зміцнення протезу. Титан є металевим сплавом, який має високу загальну міцність і гнучкість. Титан є некорозійним і не викликає запалення; він несе низький ризик інфікування і може забезпечити чудовий косметичний результат. Крім того, для розробки імплантатів з титановими сітками, що забезпечують відмінний косметичний результат, навіть при великих дефектах черепа, може бути використано комп'ютерне 3D-моделювання [16].

У наших спостереженнях в гострому періоді поранення у 4-х (10,3%) потерпілих мали місце поєднані поранення лицьового та мозкового скелету із залученням параназальних синусів, що потребувало проведення пластики основи передньої черепної ямки, яких вважають зонами підвищеного ризику ускладнень [17, 18, 19]. У цієї групи хворих краніопластика з титановою пластиною не вплинула на частоту ускладнень.

У 3 пацієнтів (7,7%) мали місце гнійно-септичні ускладнення (менінгоенцефаліт, емпієма, абсцес головного мозку) в гострому періоді поранення. На сьогоднішній день не існує консенсусу щодо оптимального часу для краніопластики після інфекції післяопераційної рани, але ця процедура зазвичай виконується в відкладеній формі, як тільки інфекція знаходиться під контролем і набряк головного мозку регресував [20], хоча наводяться випадки, коли краніопластика титановим імплантом проводиться відразу після обробки інфікованої хірургічної рани і видалення кісткового клаптя [21, 22]. Вищевикладене ще раз доводить низький ризик інфікування при застосуванні титанових імплантів. До теперішнього часу залишаються дискусійними і не вирішеними питання необхідності профілактичного призначення і тривалості прийому антибіотиків, вибір антибіотика при краніопластичній операції. Вирішення цих питань суперечливі та багато в чому залежать від переваги лікаря [23]. У дослідженій групі хворих краніопластика з

титановою пластиною не спричинила жодних ускладнень. Такі результати можливо пояснити не тільки стійкістю титанового імплантату до інфекцій а також і індивідуальним підходом щодо визначення і дотримання термінів проведення оперативного втручання і тривалістю антибактеріальної терапії. При відсутності протипоказів рутинно призначали цефалоспорины 3 покоління і метронідазол. У разі гіпертермії більше 4-5 днів призначали також аміноглікозиди 2 покоління.

Одним з ускладнень титанової краніопластики є її дія на м'які тканини і оголення імплантату і вона може досягати 16%. Визначені фактори ризику: закриття титанової сітки вільним клаптом, атрофія м'яких тканин <50% товщиною в порівнянні з симетричною протилежного боку [24]. Для уникнення цього ускладнення і уникнення атрофії м'яких тканин рекомендують враховувати ще при первинному оперативному втручанні дизайн шкірного розрізу, збереження скроневої артерії, ушивання шкірного клаптя без натягу [25]. За даними літератури при оголенні титанового імплантату проводиться різного виду (зустрічним трикутними клаптями, ротаційними клаптями, клаптом на судинній ніжці і т. п.) пластика м'яких тканин голови з вилученням або без вилучення титанового імплантату [25, 26]. У наших спостереженнях ці ускладнення спостерігалися в 2-х випадках яка потребувала необхідність виконання повторної краніопластики. У першому випадку мала місце важка комбінована травма. Внаслідок розриву міни потерпілий отримав уламкові поранення черепа та головного мозку, які супроводжувались опіками шкіри голови різного ступеня вираженості. Пластика титаном в іншому лікувальному закладі була виконана в термін 6 місяців з моменту поранення, проте не було враховано стан заживлення м'яких тканин голови та недостатню їх васкуляризацію. Все це призвело до оголення імпланту, який ми видалили через 3 місяці з моменту краніопластики. Повторна пластика була проведена лише через 12 місяців. В ході операції для покриття титанового

імпланту між ним та шкірою було встановлено фрагмент поверхневої скроневої фасції та окістя на живлячій ніжці. Це дозволило покращити живлення шкірного клаптя. Заживлення рани первинним натягом. За період спостереження після повторної краніопластики (14 місяців) ускладнень не виявлено.

Другий випадок був пов'язаний з неадекватною технікою проведення оперативного втручання - пластика великого дефекту проводилася не динамічними титановими пластинами що викликало утворення пролежня м'яких тканин. Знадобилося їх видалення і заміну на індивідуальну титанову пластину. Досягнутий задовільний косметичний ефект. За період спостереження (18 міс) ускладнень не виявлено.

Одним з головних ускладнень пластики дефекту черепа аутологічними трансплантатами є резорбція кісткового клаптя, що за деякими даними може спостерігатися у 19.7% хворих [27], про що має бути обговорене з хворим перед операцією. У нашому дослідженні спостерігали випадок, де через 3 місяці пацієнту з важким черепно-мозковим пораненням з біфронтальним дефектом черепа після декомпресивної краніектомії виконана краніопластика фрагментом власної клубової кістки в іншому лікувальному закладі. На протязі першого року внаслідок лізису кісткового клаптя виникло западіння шкіри в лобній ділянці, що спричинило грубий косметичний дефект. Через 12 місяців з моменту первинної краніопластики нами виконана повторна пластика титановою пластиною, виготовленої з використанням методики 3D-моделювання. За період спостереження (14 міс) ускладнень не виявлено. Досягнуто гарний косметичний ефект.

Одним зі значних ускладнень пов'язаних з краніопластикою є судомний синдром в різні терміни післяопераційного періоду, що може спостерігатися у 7,6 - 11,9% пацієнтів. Визначені значущі чинники ризику розвитку судомного синдрому після краніопластики: вік (> 50 років), локалізація контузії, неврологічний

дефіцит, використовуваний пластичний матеріал для ТМО, використання монополярного електрокаутера. Однак для пацієнтів з цими факторами ризику не вирішено питання перед- або післяопераційної протиепілептичної терапії [28]. У наших спостереженнях судом не відмічені в жодного хворого. Можливо тому що у 3-х випадках хворим призначалися протисудомні препарати раніше до краніопластики.

Недоліками даної роботи є обмеження невеликим числом спостережень, його ретроспективний характер, час краніопластики не було пов'язано з протоколами і сильно варіювався, існуючі дані не дозволили провести детальний аналіз функціональних результатів. Враховуючи безліч факторів які можуть вплинути на ефективність краніопластики слід створити реєстр краніальних реконструктивних операцій для аналізу та розробки рекомендацій Good clinical practice.

Висновки

1. Титановий імплант в реконструктивній хірургії кісткових дефектів черепа після бойових вогнепальних черепно-мозкових поранень є матеріалом вибору, завдяки наступним його перевагам у використанні: не викликає запалення, некорозійний, міцний, гнучкий; низький рівень інфікування та задовільний

косметичний результат, не потребує значних економічних витрат.

2. При непроникному характері поранення, загоєнні рани первинним натягом та відсутності запальних змін у лікворі, можливе проведення ранньої краніопластики.

3. При наявності проникних поранень черепа, дефектів основи черепа, поширених дефектів черепа та твердої оболонки головного мозку після декомпресивної краніектомії, складних краніофасціальних дефектах, запальних змін в гострому періоді травми, доцільно проводити краніопластику в більш пізні терміни з моменту черепно-мозкового поранення.

4. Запропонована технологія швидкого 3D – прототипування та виготовлення титанового імпланту з динамічної титанової пластини, максимально наближеного до геометрії неушкодженої частини черепа, дозволяє досягти гарний функціональний та косметичний результат. Застосування даної технології в гострому періоді поранення дозволяє виготовити імплант в короткий термін і провести первинну пластику дефектів черепа, що виключає необхідність повторних хірургічних втручань.

5. При значних дефектах з поширенням на основу черепа найбільш оптимальним є проведення пластики титановою пластиною виготовленою методом лазерної стереолітографії.

Література

1. Бойові вогнепальні черепно-мозкові поранення / Сірко А.Г., Дзяк Л.А. - К.: ТОВ "Пергам", 2017. - 280 с., 132 іл. - Рез. англ. - Бібліогр.: 231.

2. Сірко А.Г. Вогнепальні поранення черепа та головного мозку під час збройного конфлікту на сході України. Повідомлення 2. Хірургічне лікування / А.Г. Сірко// Український нейрохірургічний журнал. – 2015. - № 2. – С. 46-53.

3. Coulter Ian C. Routine but risky: A multi-centre analysis of the outcomes of cranioplasty in the Northeast of England /Ian C. Coulter, Jonathan D. Pesic-Smith, William B. Cato-Addison et al., //Acta Neurochir – 2014. – Vol. 156 –№7 – P. 1361–1368.

4. Tsang A.C. Complications of post-craniectomy cranioplasty: risk factor analysis and implications for treatment planning./ A.C. Tsang, V.K. Hui, W.M. Lui

et al., // Clin Neurosci. 2015. – Vol.22–№5 – P. 834-7.

5. Mukherjee S. Complications of titanium cranioplasty– a retrospective analysis of 174 patients/ S. Mukherjee, B. Thakur, I. Haq et al.,// Acta Neurochir (Wien). – 2014. – Vol. 156–№5– P.989-98;

6. Walcott B.P. Predictors of cranioplasty complications in stroke and trauma patients/ B.P. Walcott, C.S. Kwon, S.A. Sheth et al., // J Neurosurg. – 2013. – Vol.118 – № 4– P.757-62.

7. Zheng F. Early or late cranioplasty following decompressive craniotomy for traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. / F. Zheng, H. Xu, N. von Spreckelsen et al., // J Int Med Res. – 2018. – Vol.46– № 7– P.2503-2512.

8. Aydin S. Cranioplasty: review of materials and techniques / S. Aydin, B. Kucukyuruk, B. Abuzayed

et al. // J. Neurosci. Rural. Pract. – 2011. – Vol. 2. –P. 162–167.

9. Сірко А.Г. Пластика дефектів черепа після декомпресивних кранієктомій з приводу тяжкої черепно-мозкової травми / А.Г. Сірко // Медичні перспективи. – Том XVI. - № 4. – С. 74 – 78.

10. Sirko A. Surgical treatment of penetrating craniocerebral gunshot wounds sustained during anti-terrorist operation/ 15th Interim Meeting of the World Federation of Neurosurgical Societies. – September 8-12, 2015 – Rome. – P0693.

11. Sirko A. Skull and brain gunshot wound during the armed conflict in eastern Ukraine/ A. Sirko // 25th Annual Conference of Neurotrauma Society of India, 12-14th August, 2016, New Delhi, India. - P. 48.

12. Sirko A. Difficult cases in surgery of gunshot wounds to the Skull and brain: a single center experience // XVI World congress of neurosurgery. - August 20-25, 2017. - Turkey. - OP-NT.07-01.

13. Хирургия последствий черепно-мозговой травмы / А.Н. Коновалов, А.А. Потапов, Л.Б. Лихтерман, В.Н. Корниенко, А.Д. Кравчук/ Москва, НИИ нейрохирургии им. Акад. Н.Н. Бурденко, 2006 стр. 352; стр. 218-258.

14. Щемелев АВ. Ближайшие и отдаленные результаты краниопластических операций с использованием аутотрансплантатов /А.В. Щемелев/ Український нейрохірургічний журнал. – 2010. - №3. – С. 76.

15. Matsuno A. Analyses of the factors influencing bone graft infection after delayed cranioplasty / A. Matsuno, H. Tanaka, H. Iwamuro et al. // Acta Neurochir. (Wien). – 2006. – Vol. 148. – P. 535–540.

16. Pavlicevic G. Analysis of the factors affecting outcome after combat-related cranial defect reconstruction / G. Pavlicevich, M. Lepic, P. Peric et al. // Journal of cranio-maxillo-facial surgery. – 2016. – Vol. XXX. – P. 1-7.

17. Manson P.N. Frontal cranioplasty: risk factors and choice of cranial vault reconstructive material./ P.N. Manson, W.A. Crawley, J.E. Hoopes // Plast Reconstr Surg. – 1986. – Vol.77– № 6– P.888-904.

18. Tantawi D. Management of decompressive craniectomy defects: Modern military treatment strategies/ D. Tantawi, R. Armonda, I. Valerio et al., // J Craniofac Surg. – 2012. – Vol.23– № 7 Suppl. – P.2042-5;

19. De Bonis P. Cranial repair: How complicated is filling a “hole”? / P. De Bonis, P. Frassanito, A. Mangiola et al. // J Neurotrauma – 2012. – Vol. 29– № 6– P.1071–6.

20. Sugii N. Delayed brain edema and swelling following craniectomy for evacuation of an epidural abscess that improved by cranioplasty: case report / N. Sugii, M. Matsuda, T. Sekine et al. // J Neurol Surg Rep – 2017. –78: e109–e112.

21. Wind J.J. Immediate titanium mesh cranioplasty for treatment of postcraniotomy infections/ J.J. Wind, C. Ohaegbulam, F.M. Iwamoto et al. // World Neurosurg. – 2013. – Vol. Jan;79(1):207.e11-3.

22. Ehrlich G. Immediate titanium mesh implantation for patients with postcraniotomy neurosurgical site infections: safe and aesthetic alternative procedure?/ G. Ehrlich, S. Kindling, H. Wenz et al. //World Neurosurg. – 2017. – Vol.99– P.491-499.

23. Hyuk Bang J. Prophylactic effect of vnmocycin on infection after cranioplasty in methicillin-resistant Staphylococcus Aureus carriers with traumatic brain injury/ J. Hyuk Bang, Keun-Tae Cho, Seong Yeon Park// Korean J Neurotrauma – 2015. – Vol.11. – № 2 – P. 81-86.

24. Maqbool T. Risk factors for titanium mesh implant exposure following cranioplasty /T. Maqbool, A. Binhammer, P. Binhammer et al. //J Craniofac Surg. – 2018. – Vol.29– №5 – P. 1181-1186.

25. Mikami T. Exposure of titanium implants after cranioplasty: A matter of long-term consequences/ T. Mikami, K. Miyata, K. Komatsu et al. // Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management –2017. –8 – P.64–67.

26. Zhao J. Using the reversed temporal island flap to cover small forehead defects from titanium mesh exposure after cranial reconstruction. / J. Zhao, G. Song, X. Zong et al. // World Neurosurg. – 2018. – Vol. 112 –: e514-e519.

27. Brommeland T. Cranioplasty complications and risk factors associated with bone flap resorption./ T. Brommeland, P.N. Rydning, A.H. Pripp et al. // Scand J Trauma Resusc Emerg Med. –2015. – Oct 6;23:75

28. Wang H. Seizure after cranioplasty: incidence and risk factors /H. Wang, Kewei Z., Hongshi C. et al. // J Craniofac Surg. –2017. – Vol.28– №6– P. e560-e564.