

АНОТАЦІЯ

Щербаков Д.Є. Клінічне та експериментальне обґрунтування застосування удосконаленої моделі ендопротезу голівки променевої кістки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.01.21 – ортопедія-травматологія (222 – Медицина). – ДНУ «НПЦ ПКМ» ДУС, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена клінічному та експериментальному обґрунтуванню застосування удосконаленої моделі ендопротеза голівки променевої кістки.

Переломи голівки променевої кістки є найчастішими і становлять 1,7-5,4% від загальної кількості травм ліктьового суглоба. Основна мета хірургічного лікування хворих із переломами та переломами-вивихами голівки променевої кістки є відновлення рухів і стабільності ліктьового суглоба. Проведення остеосинтезу голівки променевої кістки щодо її відновлення завжди матиме більш сприятливі функціональні результати, ніж її резекція. Але при переломах голівки III-IV типу за Mason-Hotchkiss, особливо в сполученні з вивихом ліктьового суглоба, неможливість остеосинтезу призводить до її видалення. Відомо, що голівка променевої кістки відіграє важливу роль у кінематиці ліктьового суглоба та є ланцюгом, через який передається до 50-70% зусиль, прикладених до кисті, тому її видалення призводить до різкого перерозподілу напруги, що виникає між кістками передпліччя, а також у ліктьовому суглобі. У віддаленому періоді виникає міграція променевої кістки в проксимальному напрямку з розвитком вальгусної нестабільності ліктьового суглоба. Можливий розвиток задньолатеральної нестабільності із підвивихом або вивихом ліктьового суглоба, хронічного больового синдрому, порушенню функції верхньої кінцівки. Для попередження незадовільних функціональних наслідків резекції голівки променевої кістки виконується її ендопротезування. Результати клінічного застосування різноманітних видів ендопротезів голівки променевої

кістки згідно літературних джерел залишаються суперечливими, що свідчить про можливість удосконалення конструктивних особливостей ендопротеза голівки променевої кістки для досягнення максимального відновлення біомеханіки ліктьового суглоба. Нерозв'язаними залишаються питання вибору виду ендопротеза голівки променевої кістки, типу його фіксації, показання й протипоказання до проведення остеосинтезу або ендопротезування.

Попри великий вибір конструкцій і типів ендопротезів голівки променевої кістки, на сучасному етапі відсутній ендопротез голівки променевої кістки, що працював би як природна голівка променевої кістки. Таким чином, залишаються актуальними і такими, що потребують подальшого наукового вивчення, питання вибору типу ендопротеза голівки променевої кістки у разі пошкоджень III-IV типу за Mason-Hotchkiss і розробки «ідеальної» конструкції імплантата, що максимально повторював би анатомію і функціональні біомеханічні особливості природної голівки променевої кістки.

Отже, мета наукового дослідження – на основі вивчення біомеханічних та антропометричних особливостей голівки променевої кістки розробити та впровадити в клінічну практику нову удосконалену конструкцію модульного безцементного біполярного ендопротеза голівки променевої кістки для покращення результатів оперативного лікування хворих із переломами та перелоמו-вивихами голівки променевої кістки.

Для досягнення мети обрали такі методи:

Клінічний напрям: клініко-функційне обстеження хворих з переломами та перелоמו-вивихами голівки променевої кістки; рентгенологічні дослідження, у тому числі комп'ютерна томографія.

Антропометричні дослідження голівки та шийки променевої кістки за даними магнітно-резонансної томографії.

Медико-соціальний напрям: історико-архівний метод, метод системного підходу та аналізу – для дослідження всіх складових проблеми як єдиного

цілого з узгодженим їхнім функціонуванням із метою досягнення найбільш вдалого результату;

Метод класифікації – для об'єднання та систематизації клінічного матеріалу.

Біомеханічний напрям: математичне тривимірне моделювання ліктьового суглоба та різних видів ендопротезів голівок променевої кістки, і подальший математичний експеримент – з метою вивчення напружено-деформованого стану систем “кістка-імплантат”, а також біомеханічних особливостей переміщення голівки променевої кістки, голівки ендопротезів голівки променевої кістки та обґрунтування створення нового удосконаленого біполярного ендопротеза голівки променевої кістки.

Статистична обробка результатів наукових досліджень проведена в програмному комплексі Excel 2010.

Відображення результатів дослідження.

Завдяки розробленій тривимірній моделі здорового ліктьового суглоба нами проведені розрахунки напружено-деформованого стану з різними кутами супінації-пронації. Дані показали, що локалізація напружень на суглобовій поверхні голівки променевої кістки не збігається з віссю діафізу променевої кістки. Голівка променевої кістки не має строго фіксованого радіуса переміщення щодо голівочки плечової кістки з різними кутами пронації-супінації.

Досліджуючи напружено-деформований стан різних систем «кістка-імплантат», встановили, що у всіх розрахункових значеннях кута повороту променевої кістки в разі пронації-супінації, максимальні значення напруг були локалізовані або в місці контакту голівки моноблочного ендопротеза з плечовою кісткою, або в області резекції шийки променевої кістки, в місці контакту з ніжкою ендопротеза голівки променевої кістки.

Порівнюючи максимальні напруження, що виникають у всіх розрахункових значеннях кута повороту променевої кістки в разі пронації-супінації в нормі і в разі заміщення голівки променевої кістки моноблоковим

ендопротезом, встановили факт їхнього підвищення на 45-50%. Застосування монополярного ендопротеза голівки променевої кістки також збільшує контактні напруги на хрящових суглобових поверхнях на 114-207%.

Довели, що особливістю напружено-деформованого стану в ліктьового суглоба у разі використання металевого моноблочного ендопротеза голівки променевої кістки, статично зафіксованого в шийці променевої кістки, порівнюючи з голівкою променевою кістки в нормі, відзначаємо зміщення осі обертання променевої кістки під час пронації-супінації з локальною віссю обертання поверхні контакту між ендопротезом голівки променевої кістки і голівочкою плечової кістки. Це зміщення призводить до «нерозрахованих», тобто непередбачуваних положень голівки ендопротеза щодо плечової кістки. Під дією осьового навантаження на променеву кістку в разі пронації-супінації застосування монополярного ендопротеза голівки променевої кістки призводить до зростання як контактних напружень, так і напружень у кістках ліктьового суглоба вдвічі, а також збільшує переміщення голівки назад. Це призводить до розтягування м'яких тканин, що охоплюють голівку променевої кістки.

Крім того встановили, що відповідність суглобових поверхонь в здоровому ліктьовому суглобі забезпечується складною конфігурацією голівки променевої кістки і голівочкою плечової кістки, тому застосування модульних ендопротезів голівки променевої кістки з "плаваючою голівкою" дозволить максимально центрувати голівку променевої кістки щодо голівочки плечової кістки з різними кутами згинання-розгинання і пронації-супінації.

Переконались, що особливості переміщення голівки розробленого модульного безцементного біполярного ендопротеза з «плаваючою» голівкою в стійке положення для всіх розрахункових значень кута повороту у разі пронації-супінації наглядно показують тенденції скорочення відстані між контактними поверхнями променевої кістки щодо плечової і ліктьової кісток. Отримані дані дозволяють теоретично припустити, що в разі застосування розглянутих навантажень, зв'язки ліктьового суглоба відчувати жодних

додаткових навантажень не будуть. Напруги в контактній області «плаваючої» голівки ендопротеза і плечової кістки не перевищували 3 МПа. Такі результати засвідчують значне розвантаження ліктьового суглоба стосовно напруг, що виникають при розрахунках у нормальному ліктьовому суглобі. Порівнюючи максимальні напруження, що виникають у всіх розрахункових значеннях кута повороту променевої кістки в разі пронації-супінації в нормі і при заміщенні голівки променевої кістки розробленим ендопротезом голівки променевої кістки із «плаваючою» голівкою, встановили факт їхнього зменшення на 45-

Умотивували порівняльний аналіз напружень, що виникають у системі «кістка-імплантат» в нормі і при заміщенні голівки променевої кістки розробленим біполярним ендопротезом із «плаваючою» голівкою, не виявив перевантажень, що могли б призвести до руйнування системи, а також засвідчив відсутність моментів сил, що могли б вивести систему з рівноваги. Таким чином, розроблений біполярний ендопротез голівки променевої кістки стабілізує голівку імплантата на суглобовій поверхні голівочки плечової кістки і не призводить до зростання напруги в кісткових структурах і на хрящових поверхнях ліктьового суглоба в порівнянні зі здоровим ліктьовим суглобом.

Обґрунтували аналіз наукових літературних показників, що засвідчує різноманітні конструкції ендопротезів голівки променевої кістки, пропонувані для клінічного використання, мають типорозміри голівки променевої кістки, подібні до отриманих результатів у нашому дослідженні. Проте частина наявних імплантатів голівки променевої кістки не відповідає результатам нашого антропометричного дослідження проксимального відділу променевої кістки.

Порівнюючи отримані нами результати МРТ антропометрії проксимального відділу променевої кістки, і розміри, наявні і доступні для імплантації ендопротезів голівки променевої кістки, ми довели окремі невідповідності, що, очевидно, пов'язані з різними способами вимірювання.

На основі обґрунтованого аналізу отриманих параметрів антропометрії діаметра і висоти голівки променевої кістки пропонуємо три варіанти діаметра голівки – 20 мм, 22 мм і 24 мм. Отримані значення діаметра кістково-мозкового каналу також дозволяють пропонувати два діаметри ніжки ендопротеза – 7 мм і 9 мм. Довжина ендопротеза голівки променевої кістки в зібраному вигляді становить від 40 мм до 46 мм.

Радіус кривизни суглобової поверхні голівки пропонуємо – 24 мм, що є необхідним і достатнім для ендопротеза з «плаваючою» голівкою. Форма ніжки ендопротеза може бути прямою і криволінійною, але в обох випадках – конусною через зменшення діаметра кістково-мозкового каналу від голівки до діафізу.

На основі біомеханічних і антрометричних даних розробили модульний безцементний біполярний ендопротез голівки променевої кістки з парою тертя метал-метал, що не викликає критичних впливів на суглобові поверхні і зв'язковий апарат ліктьового суглоба. Величина виниклих напруг і деформацій подібна значенню параметрів, що виникають у здоровому ліктьовому суглобі. Всі елементи розробленого біполярного ендопротеза голівки променевої кістки задовольняють вимоги працездатної конструкції щодо міцності і жорсткості.

Порівнюючи біомеханічний аналіз напружень системи «кістка-імплантат» у разі ендопротезування голівки променевої кістки розробленим модульним безцементним біполярним імплантатом і біполярним ендопротезом KPS, ми переконалися у відсутності істотних відмінностей у полях напружень і деформацій як в імплантатах, так і в структурах ліктьового суглоба.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що розроблений модульний біполярний безцементний ендопротез голівки променевої кістки, диференційований підхід до вибору хірургічного доступу в разі різних пошкоджень голівки променевої кістки і проксимального відділу кісток передпліччя, рання мобілізація рухів у ліктьовому суглобі і відновлення капсульно-зв'язкового апарату ліктьовому суглобі у разі переломів і переломо-

вивихів голівки променевої кістки типу Ш-IV за Mason-Hotchkiss – дозволили отримати у всіх хворих (терміном до 2-х років після операції) позитивні результати; середній бал згідно з оцінкою Mayo Elbow Performance Score склав 88,5 балів.

Дослідження відзначається науковою новизною.

Уперше на підставі вивчення антропометричних даних МРТ голівки та шийки променевої кістки розроблені основні найбільш оптимальні типорозміри нової удосконаленої конструкції безцементного модульного біполярного ендопротезу голівки променевої кістки.

Уперше завдяки створенню нової математичної тривимірної моделі ліктьового суглоба та проведенню обчислювального експерименту доведено, що голівка променевої кістки не має строго фіксованого радіуса переміщення щодо голівочки плечової кістки з різними кутами пронації-супінації. Відповідність суглобових поверхонь у здоровому ліктьовому суглобі забезпечується складною конфігурацією голівки променевої кістки і голівочки плечової кістки, що є підставою для біомеханічного обґрунтування нової удосконаленої конструкції біполярного модульного ендопротеза голівки променевої кістки.

Уперше на підставі біомеханічного тривимірного моделювання та математичного експерименту доведено, що характер переміщення голівки біполярних ендопротезів з «плаваючою» голівкою в стійке положення для всіх розрахункових значень кута повороту в разі пронації-супінації демонструє тенденції скорочення відстані між контактними поверхнями променевої кістки як стосовно плечової, так і ліктьової кістки, а також зменшуються максимальні напруження в усіх розрахункових випадках на 45-60%.

Уперше на базі результатів біомеханічних та антропометричних досліджень голівки та шийки променевої кістки розроблена нова удосконалена модульна конструкція біполярного ендопротеза голівки променевої кістки, що дозволяє забезпечити надійну первинну й тривалу фіксацію його в кістці, зменшити навантаження на суглобову поверхню голівочки плечової кістки в

порівнянні з моноблоковими ендопротезами, відновити стабільність ліктьового суглоба після перелоמו-вивиху, а також поліпшити функційні результати лікування ушкоджень голівки променевої кістки. Наукову новизну досліджень підтверджено патентом [177].

Практичне значення отриманих результатів. У клінічну практику впроваджено біомеханічно обґрунтований новий удосконалений біполярний безцементний модульний ендопротез голівки променевої кістки. Розроблено методику ендопротезування голівки променевої кістки з використанням нового удосконаленого біполярного ендопротеза голівки променевої кістки впроваджено в клінічну практику ОКЛ ім. обласної лікарні м. Дніпра, обласної клінічної лікарні м.Рівне, Спеціалізованої багатопрофільної лікарні №1 МОЗ України, міської лікарні №10 м.Кривий Ріг, що дозволило поліпшити функційні результати лікування хворих з фрагментарними переломами та перелоמו-вивихами ГПК Ш-IV типу за Mason-Hotchkiss. Результати антропометричних і біомеханічних досліджень голівки та шийки променевої кістки можуть було використано для подальшого вдосконалення імплантатів у ділянці ліктьового суглоба.

Ключові слова: перелом голівки променевої кістки, перелоמו-вивих ліктьового суглоба, резекція голівки променевої кістки, модульний біполярний ендопротез голівки променевої кістки, моноблочний модульний ендопротез голівки променевої кістки, напружено-деформований стан, кінцеві елементи.

Список публікацій здобувача.

1. Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Макаров В.Б., Раджабов О.С. Біомеханічне вивчення особливостей розподілу навантажень в голівці і шийці променевої кістки. Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2013.- №1 С. 22-27;
2. Щербаков Д.Є., Старфун С.С., Бойко І.В., Макаров В.Б., Раджабов О.С., Страфун А.С. Сравнительный анализ напряжений в системе «кость-имплант» при эндопротезировании головки лучевой кости разными конструкциями. Травма - 2015.- Том 16 № 3.- С. 5-12;

3. Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Зафт В.Б., Лазаренко Г.О., Макаров В.Б. Застосування ендопротезу голівки променевої кістки при різних патологіях ліктьового суглобу. Клінічна та профілактична медицина 2017 р.-№ 2.
4. Старфун С.С., Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Липовський В.І., Макаров В.Б. Сравнительный биомеханический анализ напряжений системы «кость-имплант» при эндопротезировании головки лучевой кости. Ортопедия, травматология и протезирование. - 2017 г.- № 3 (608), С. 18-25;
5. Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Макаров В.Б., Лазаренко Г.О. Эндопротезирование головки лучевой кости (аналитический обзор литературы) Ортопедия, травматология и протезирование. - 2017 г.- № 4 (609), С. 90-98;
6. Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Макаров В.Б., Жердев І.І., Доманский А.Н., Лазаренко Г.О. Результаты клинической апробации разработанного модульного биполярного эндопротеза головки лучевой кости. Вісник ортопедії, травматології та протезування. - 2017.- №3.- С. 58-65.;
7. Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Макаров В.Б., Лазаренко Г.О. Применение модульного биполярного эндопротеза головки лучевой кости при переломовывихе проксимального отдела костей предплечья. Літопис травматології та ортопедії. – 2018. - № 1-2. – С. 31 – 34;
8. Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Моргун О.В., Макаров В.Б. Изучение антропометрических параметров проксимального отдела лучевой кости с помощью магнитно-резонансной томографии. Проблеми травматології та остеосинтезу – 2018.; Травма – 2018
9. Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Макаров В.Б., Жердев І.І., Доманский А.Н., Лазаренко Г.О. Эндопротезирование головки лучевой кости биполярным бесцементным эндопротезом с парой трения металл-металл. Ортопедия, травматология и протезирование. – 2018 г.- № 1 (610), С. 72-78.;

10.Бойко І.В., Щербаков Д.Є., Макаров В.Б., Сабсай А.В.,Малий І.В., Лазаренко Г.О. Ендопротезування головки променевої кістки біполярним ендопротезом з парою тертя метал-метал. Вісник ортопедії, травматології та протезування – 2018.

Стаття, що опублікована у зарубіжних журналі (Scopus)

1. Vladimir I. Lipovskyi, Igor V. Boiko, Dmytryi E. Shcherbakov, Vasyl B. Makarov, Hlib O. Lazarenko RADIAL HEAD ARTHROPLASTY WITH THE BIPOLAR IMPLANTS. „Wiadomości Lekarskie”-7/2021- С.1566 (Scopus)

SUMMARY

Shcherbakov D.E. Clinical and experimental justification for the application of the improved radial head implant model. Qualifying scientific work, manuscript copyright.

Thesis for a Candidate of Medicine degree (Doctor of Philosophy). - State Scientific Institution "Scientific-Practical Center for Preventive and Clinical Medicine" of the State Department of Affairs, Kyiv, 2018.

The thesis **is devoted** to the clinical and experimental justification for the application of the improved radial head (RH) implant model.

Radial head fractures are the most common and account for 1.7-5.4% of the total number of elbow joint injuries. The main goal of surgical treatment of patients with fractures and fracture-dislocations of the radial head is to restore movement and stability of the elbow joint. An osteosynthesis of the radial head will always have favorable functional results than resection. But with Mason-Hotchkiss type III-IV head fractures, especially in combination with dislocation of the elbow joint, the impossibility of performing osteosynthesis leads to its removal. It is known that the radial head plays an important role in the kinematics of the elbow joint and is a connecting link through which up to 50-70% of the efforts applied to the hand are transmitted, therefore its removal leads to a sharp redistribution of the tension that occurs between the bones of the forearm, as well as in the elbow joint. In the long-term period after resection, there is a migration of the radius in the proximal direction with the development of valgus instability of the elbow joint. It is also possible to develop posterolateral instability with subluxation or dislocation of the elbow joint, chronic pain syndrome, dysfunction of the upper limb. To prevent unsatisfactory functional consequences of radial head resection, its arthroplasty is performed. The results of clinical application of various types of radial head endoprotheses remain controversial, which indicates the possibility of improving the design features of the radial head endoprosthesis to achieve maximum recovery of the biomechanics of the elbow joint. The issues of choosing the type of radial head endoprosthesis, the type of its fixation, indications and contraindications for osteosynthesis or

endoprosthetics remain unresolved.

Despite the large selection of designs and types of radial head endoprostheses, at the present stage there is no radial head endoprosthesis, which would work as a natural head of the radial bone. Thus, the issues of choosing the type of radial head endoprosthesis in the case of Mason-Hotchkiss type III-IV injuries and the development of an “ideal” implant design that maximally repeats the anatomy and functional biomechanical features of the natural radial head remain relevant and needing further scientific study.

Thus, the aim of the research is to develop and bring in into clinical practice a new improved design of the modular uncemented bipolar RH implant based on the study of RH biomechanical and anthropometric features, in order to improve the results of surgical treatment of patients with the RH fractures and fracture-dislocations.

To achieve the goal, we used the following methods:

Clinical research: clinical-functional examination of patients with the RH fractures and fracture-dislocations; X-ray examination, including computed tomography.

Anthropometric research of the radial head and neck according to the data of magnetic resonance imaging.

Medico-social direction: historical-archival method, method of systematic approach and analysis - for comprehensive study of the problem as a single entity considering its constituents functioning, in order to achieve the most successful result.

Classification method - for the clinical material unification and systematization.

Biomechanical direction: mathematical three-dimensional modeling of the elbow joint and different types of the RH implants followed by further mathematical experiment - with the aim, as well as the biomechanical peculiarities of the RH advancement, the head of the RH implant as well as justification for the new

i

m

p

r

Statistical processing of the scientific research results was carried out in the software complex Excel 2010.

The object of the study is patients with Mason-Hotchkiss type III-IV RH fractures and fracture-dislocations, who have undergone RH replacement with a new improved bipolar RH implant.

The subject of research is RH replacement.

Displaying the results of the study

Thanks to the developed three-dimensional model of healthy elbow joint, we calculated a stress-strain state with different angles of semipronation. The data showed that the localization of stresses on the RH articular surface does not coincide with the diaphysis of the radial bone axis. The RH does not have a strictly fixed radius of advancement relative to the capitellum with different angles of semipronation.

Investigating the stress-strain state of various 'bone-implant' systems, it was found that all the calculated values of the radial bone turn angle in cases of semipronation had the maximum values of the strain localized either in the place of the monoblock implant head contact with the radial bone, or in the neck of the radial resection area, where it contacts with the stem of the RH implant.

Comparing the maximum strain values, characteristic of all the calculated values of the radial bone turn angle in the event of semipronation in health and under the RH replacement with the monoblock implant, we found the fact of their increase by 45-50%. Implanting the monopolar RH implant also increases the contact strain on cartilage articular surfaces by 114-207%.

It was proved that the stress-strain state of the elbow joint when using a metal monoblock RH implant statically fixed in the neck of the radial bone, compared with the RH in health, is characterized by the displacement of the radial bone rotation axis during the pronation-supination with the local rotation axis of the RH implant and capitellum contact area. This bias results in unpredictable positions of the implant head relative to the humerus. Under the axial strain on the radial bone in the event of pronation-supination, the use of the monopolar RH implant leads to a double

increase in both contact and elbow bones strain, and also increases the back displacement of the head. This leads to stretching the soft tissues surrounding the radial head.

In addition, it was found that the conformity of articular surfaces in a healthy elbow joint is maintained by the RH and capitellum complex configuration; therefore, the use of modular 'free-floating' RH implant will allow to center RH as much as possible with respect to the capitellum under different angles of flexion-extension and pronation-supination.

We made sure that the peculiarities of the head of the developed modular uncemented 'bipolar' 'free-floating' implant displacement into under pronation-supination clearly show the tendency towards reducing the distance between the radial bone contact area relative to both humerus and elbow bones. The obtained data give theoretical ground for assumption that under the considered strain, the elbow joint ligaments will be free from any additional loads. The strain in the 'free-floating' implant head and humerus contact area did not exceed 3 MPa. Such results manifest a significant strain relief to the strain that comes out from the calculations in the healthy elbow joint. Comparing the maximum strain values, characteristic of all the calculated values of the radial bone rotation angle under pronation-supination in health and when replacing the radial head with the developed 'free-floating' implant, we found the fact of their reduction by 45-60%.

We have substantiated that a comparative analysis of the strain occurring in the 'bone-implant' system in health and when replacing the RH with the developed 'bipolar' 'free-floating' implant, did not detect any overloading that could result in the destruction of the system, nor did it reveal any moments of forces, which could disturb the system from equilibrium. Thus, the developed bipolar 'free-floating' implant stabilizes the head of the implant on the articular surface of the capitellum and does not provoke an increase in strain in the elbow joint structures and cartilage surfaces compared with healthy elbow joint.

Validation. The analysis of the scientific literature indices suggests that the various designs of the RH implants, offered for clinical use, have standard RH sizes,

similar to those obtained in our study. Nevertheless, some of the available RH implants do not correspond to the results obtained in our anthropometric study of the proximal radial bone.

Comparing the MRI results of the proximal radial bone anthropometry and the corresponding RH implant sizes available for the replacement, we have revealed some discrepancy, which must be related to different measurement methods.

On the basis of the sound analysis of the RH diameter and height anthropometry parameters, we offer three variants of the head diameter - 20 mm, 22 mm and 24 mm.

The obtained values of the marrowy canal diameter also allow two diameters of the implant stem to be offered - 7 mm and 9 mm. The length of the assembled RH implant is from 40 mm to 46 mm.

The curve radius of the articular head surface was 24 mm, which is necessary and sufficient for a 'free-floating' head implant. The form of the implant stem can be either straight or curvilinear, but in both cases it should be cone-type due to a decrease in the diameter of the bone marrow from the head to the diaphysis.

On the basis of biomechanical and anthropometric data, we have developed a modular, uncemented bipolar RH implant with a metal-metal friction joint, which does not have any critical impact on the elbow joint articular surfaces and the ligaments. The degree of the occurred strain and deformations is similar to the value of the parameters typical of the healthy elbow joint. All the elements of the developed bipolar RH implant meet the strength and rigidity requirements.

Comparing the 'bone-implant' system strain biomechanical analysis in the event of the RH replacement with the developed modular uncemented bipolar implant and bipolar KPS implant, we made certain that there were no significant differences in strain and deformation fields both.

According to the results of the study, we specified that the developed modular bipolar uncemented RH implant, a differentiated approach to the choice of surgical access in the event of various RH and the proximal forearm bones injuries, early elbow joint immobilization and the restoration of the capsular-ligamentous

apparatus in the event of the RH Mason-Hotchkiss type III-IV fractures and fracture - dislocations allowed to get positive results in all of the patients (up to 2 years after the operation); the average score was 88.5 points according to the Mayo Elbow Performance Score.

The research is characterized by scientific novelty.

For the first time, on the basis reasoning from the study of the radial head and neck MRI anthropometric data, the main optimal standard sizes of the new improved uncemented modular bipolar RH implant have been developed.

For the first time, due to the development of a new mathematical three-dimensional model of the elbow joint and the computational experiment, it has been proved that the head of the radial bone does not have a strictly fixed radius of displacement relative to the capitellum with different angles of pronation-supination. Compliance of the articular surfaces in a healthy elbow joint is maintained by the complex configuration of the radial head and the capitellum, which is the basis for the biomechanical justification for the new improved design of the bipolar modular RH implant.

For the first time, on the basis of biomechanical three-dimensional simulation and mathematical experiment, it has been proved that the nature of the bipolar "floating head" implants displacement into a stable position for all the calculated values of the rotation angle in the event of pronation-supination reveals the tendency towards reducing the distance between the radial bone contact surfaces in relation to both humerus and elbow bone, as well as manifests the decrease by 45-60% in the maximum strain values in all of the considered cases.

For the first time, on the basis of biomechanical and anthropometric studies of the radial head and neck, a new improved design of the modular bipolar RH implant has been developed, which allows to ensure its reliable initial and long-term fixation in the bone, reduce the strain on the articular surface of the capitellum in comparison with monoblock implants; restore the elbow joint stability after the fracture - dislocation, as well as improve the functional results of the RH injuries treatment. The scientific novelty of the research is certified by the patent 83334

Ukraine, МКИ6 А 61F 2/38.

Applicant's personal contribution. The author carried out a package of anthropometric and statistical studies based on the radial head and neck MRI data. Together with the Candidate of Physical and Mathematical Sciences V.I. Lipovskiy the applicant developed three-dimensional models of healthy elbow joint and 'bone-implant' system; did research of the strain-stress state of different 'bone-implant' systems, on the basis of which biomechanical features of the radial head movement in health have been studied; the strain in the 'bone-implant' systems in the event of different types of the RH implants replacement have been studied. The author and his scientific supervisor, Doctor of Medical Sciences I.V. Boyko, as well as Candidate of Medical Sciences V.B. Makarov developed the design features of the new improved bipolar uncemented modular RH implant. The author himself did the analysis of the 14 patients' medical records, who had undergone the replacement with a new improved bipolar RH implant. The author specified the indications for the use of the new improved bipolar modular RH implant. The author himself operated 6 patients replacing the radial head with a new improved bipolar RH implant and studied the clinical-functional results after the RH replacement in all of the patients.

Testing the results of the thesis. Publications on the materials of the thesis. The results of the research have been published in 15 scientific papers, 7 of which are the articles in the titles certified by the Higher Attestation Commission of Ukraine, received 1 patent of Ukraine.

Practical value of the obtained results. A new biomechanically grounded improved bipolar uncemented modular RH implant has been introduced into clinical practice. The developed RH replacement method with the use of a new improved bipolar uncemented modular RH implant has been introduced into the clinical practice of I.I.Mechnikov OKH, city of Dnipro, Oblast Clinical Hospital in Rivne, Specialized Multidisciplinary Hospital No.1 of the Ministry of Health of Ukraine, City Hospital No.10 in Kryvy Rih, which improved the functional results of treating patients with comminuted fractures and Mason-Hotchkiss type III-IV fractures and

fracture - dislocations. The results of anthropometric and ergonomic studies of the radial bone head and neck can be used for further improvement of the implants in the area of the elbow joint.

Key words: radial head fracture, fracture-dislocations of elbow joint, radial head resection, modular bipolar radial head implant, monoblock modular radial head implant, strain-stress state, finite elements.

List of the applicant's publications

Біомеханічне вивчення особливостей розподілу навантажень в голівці і шийці променевої кістки. Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2013.- №1 С. 22-27 ; Сравнительный анализ напряжений в системе «кость-имплант» при эндопротезировании головки лучевой кости разными конструкциями. Травма - 2015.- Том 16 № 3.- С. 5-12; Застосування ендопротезу голівки променевої кістки при різних патологіях ліктьового суглобу. Клінічна та профілактична медицина 2017 р.-№ 2. Сравнительный биомеханический анализ напряжений системы «кость-имплант» при эндопротезировании головки лучевой кости. Ортопедия, травматология и протезирование. - 2017 г.- № 3 (608), С. 18-25; Эндопротезирование головки лучевой кости (аналитический обзор литературы) Ортопедия, травматология и протезирование. - 2017 г.- № 4 (609), С. 90-98; Результаты клинической апробации разработанного модульного биполярного эндопротеза головки лучевой кости. Вісник ортопедії, травматології та протезування. - 2017.- №3.- С. 58-65.; Применение модульного биполярного эндопротеза головки лучевой кости при переломовывихе проксимального отдела костей предплечья. Літопис травматології та ортопедії. – 2018. - № 1-2. – С. 31 – 34; Изучение антропометрических параметров проксимального отдела лучевой кости с помощью магнитно-резонансной томографии. Проблеми травматології та остеосинтезу – 2018.; Эндопротезування голівки променевої кістки модульним біполярним безцементним ендопротезом з парою тертя метал-метал. Травма – 2018 р. - Том 19. Эндопротезирование головки лучевой кости биполярным бесцементным эндопротезом с парой трения металл-

металл. Ортопедия, травматология и протезирование. – 2018 г.- № 1 (610), С. 72-78.; Ендопротезування головки променевої кістки біполярним безцементним ендопротезом з парою тертя метал-метал. Вісник ортопедії, травматології та протезування – 2018; Vladimir I. Lipovskyi, Igor V. Boiko, Dmytryi E. Shcherbakov, Vasyl B. Makarov, Hlib O. Lazarenko RADIAL HEAD

A

R

T

H

R

O

P

L

A

S

T

Y

W

I

T

H

T

H

E

B

I

P

O

L

A