

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«ІНСТИТУТ ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ОРТОПЕДІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЗАНЬКО ІГОР СТЕПАНОВИЧ

УДК 616.717.41/.44-001.5-089.843-77(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

ПЕРВИННЕ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ ПЛЕЧОВОГО СУГЛОБУ ПРИ
БАГАТОФРАГМЕНТАРНИХ ПЕРЕЛОМАХ ПРОКСИМАЛЬНОГО
ВІДДІЛУ ПЛЕЧОВОЇ КІСТКИ

222 «Медицина»

22 Охорона здоров'я

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD)

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ І.С. Занько

Науковий керівник – **Страфун Сергій Семенович**, доктор медичних наук, професор, чл.-кор. НАМН України

Київ – 2024

АНОТАЦІЯ

Занько І.С. Первинне ендопротезування плечового суглобу при багатофрагментарних переломах проксимального відділу плечової кістки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 222 «Медицина» (22 Охорона здоров'я). – ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, 2024

ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, 2024

Робота виконана на базі ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», протягом 2020-2024 років.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального наукового завдання травматології та ортопедії – покращити функціональні результати лікування пацієнтів із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки шляхом вдосконалення методики однополюсного ендопротезування плечового суглоба.

Для вирішення поставленої задачі було проведено клінічне обстеження 83 пацієнтів, яким проводилось ендопротезування плечового суглоба, причиною якого були багатофрагментарні переломи плечової кістки та їх наслідки. Контрольні огляди обстеженим хворим з оцінкою ефективності оперативного лікування проводились через 3 та 12 місяців після оперативного втручання за двома шкалами Constant Shoulder Score та ASES. Хворі були поділені на три групи відповідно до методик лікування: група 1 контроль: хворі без зміщення горбків, які лікувалися за допомогою традиційної методики лікування (31 пацієнт); група 2 контроль: хворі зі зміщення горбків, які лікувалися за допомогою традиційної методики лікування (32 пацієнта: 10 хворих – superior від норм. положення, у 6 хворих – inferior від норм. положення, у 9 хворих – anterior від норм. положення, у 7 хворих – posterior від норм. положення); група дослідна: хворі зі зміщенням

горбків, які лікувалися за допомогою розробленої методики лікування (20 пацієнтів). Проведене клінічне дослідження 63 хворих контрольних груп довело що розташування великого горбка впливає на приріст функції та ефективність ендопротезування плечового суглоба згідно сучасних класифікацій CMS та ASES. При виконанні ендопротезування плечового суглоба треба робити реінсерцію великого горбка максимально точно в точці його анатомічного розташування. Зміщення великого горбка anterior чи posterior від норми статистично достовірно ($p \leq 0,01$) знижує приріст показників об'єму руху, сили м'язів плечового поясу та побутової активності прооперованих хворих.

Засобами програмного пакету Solid Works побудована імітаційна 3D модель плечового суглоба для створення якої застосовували анатомічні та антропометричні дані, максимально наближені до реальних. Модель складалась з елементів – лопатки, хряща суглобової западини з хрящовою губою, плечової кістки, хряща голівки плечової кістки, а також м'язів: *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus*, *m. subscapularis* та *m. teres min.* Для оптимізації та спрощення розрахунків м'язи замінено на стандартні елементи ANSYS, задавши відповідні властивості, а саме жорсткість, яка характерна для пружин. Побудовані 3D моделі плечового суглоба було імпортовано у середовище ANSYS. Подальші розрахунки напружено-деформованого стану (НДС) моделі здійснювали у програмному пакеті ANSYS методом скінченних елементів (CE). У розрахунках застосовували фізичні властивості кісткової та хрящової тканини, які отримані з літературних джерел. На наступному етапі проведено дослідження напружено-деформованого стану моделі плечового суглоба в умовах ендопротезування голівки плечової кістки. Для чого в створеній моделі плечового суглоба змінено фізичні властивості саме голівки плечової кістки, без зміни її геометрії. Плечова кістка замінена сталним ендопротезом протезом з медичної сталі 12X18H10T з відповідними механічними властивостями. Оцінку НДС проводили на елементах моделі, що складають плечовий суглоб, а саме на хрящовій та кістковій тканині гленоїдальної западини, а також на поверхні ендопротезу голівки плечової кістки, в ділянках контакту суглобових поверхонь. Аналіз напружень за Мізисом та загальних переміщень

(Total Deformation) здійснювали для моделі в цілому, а також окремо для елементів моделі один відносно одного, для чого задавали додаткові осі координат відносно яких визначали переміщення в кожній із площин. Проведені біомеханічні дослідження з 5 різних положеннях великого горбка плечової кістки.

Проведені біомеханічні дослідження доводять, що найбільші напруження та деформація, що може призвести до нестабільності ендопротезу плечового суглоба спостерігається при розміщенні великого горбка anterior та posterior від норми.

На базі проведених клінічних та біомеханічних досліджень та даних літературних джерел розроблена схема диференційованого лікування хворих із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки. Вона впроваджена на 20 пацієнтах дослідної групи. Ефективність запропонованого лікування перевірено шкалами Constant Shoulder Score та ASES через 3 та 12 місяців після оперативного втручання. Визначено, що впровадження запропонованого лікування дозволило збільшити кількість добрих та відмінних результатів лікування на 23,8 % на шкалою ASES та 43,8 % за шкалою CMS. Після проведення реабілітаційних заходів (через 12 місяців) різниця склала 43,7 % шкалою ASES та 43,8 % за шкалою CMS. Дані отримані в результаті дослідження є статистично оброблені та достовірні ($p < 0,01$).

Ключові слова: ендопротез плечового суглоба, багатофрагментарні переломи плечової кістки, великий горбок, біомеханічне моделювання, метод скінченних елементів, напружено-деформуючий стан, клінічне обстеження, шкали CMS та ASES, схема диференційованого лікування хворих, оцінка ефективності лікування.

ANNOTATION

Zanko I.S. Primary arthroplasty of the shoulder joint in multifragmentary fractures of the proximal part of the humerus. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in specialty 222 "Medicine" (22 Health Care). - State University "Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, 2024

State University "Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, 2024

The work was performed on the basis of the SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine" during 2020-2024.

The dissertation is devoted to solving the current scientific task of traumatology and orthopedics - to improve the functional results of treatment of patients with multifragmentary fractures of the proximal humerus by improving the technique of unipolar shoulder arthroplasty.

To solve the problem, a clinical examination of 83 patients who underwent shoulder arthroplasty due to multifragmentary humerus fractures and their consequences was conducted. Control examinations of the examined patients with an assessment of the effectiveness of surgical treatment were carried out 3 and 12 months after the surgery using two scales, the Constant Shoulder Score and the ASES scale. The patients were divided into three groups according to the treatment methods: group 1 control: patients without tubercle displacement who were treated using traditional treatment methods (31 patients); group 2 control: patients with tubercle displacement who were treated using traditional treatment methods (32 patients: 10 patients – superior from the normal position, 6 patients – inferior from the normal position, 9 patients – anterior from the normal position, 7 patients – posterior from normal position); experimental group: patients with tubercle displacement who were treated using the developed treatment method (20 patients).

The clinical study of 63 patients of the control group proved that the location of the tubercle affects the increase in function and the effectiveness of shoulder arthroplasty according to the modern CMS and ASES classifications. When performing shoulder arthroplasty, reinsertion of the tubercle should be done as accurately as possible at the point of its anatomical location. Displacement of the tubercle anteriorly or posteriorly from the norm statistically significantly ($p \leq 0.01$) reduces the increase in the volume of movement, muscle strength of the shoulder girdle, and everyday activity of operated patients.

Using the Solid Works software package, a simulated 3D model of the shoulder joint was constructed using anatomical and anthropometric data as close to real data as possible. The model consisted of the following elements: scapula, cartilage of the articular cavity with cartilaginous lip, humerus, cartilage of the humeral head, and muscles: m. supraspinatus, m.infraspinatus, m.subscapularis and m.teres min. To optimize and simplify the calculations, the muscles were replaced with standard ANSYS elements, setting the appropriate properties, namely the stiffness characteristic of springs. The 3D models of the shoulder joint were imported into ANSYS. Further calculations of the stress-strain state (SSS) of the model were carried out in the ANSYS software package using the finite element method (FEM).

The physical properties of bone and cartilage tissue obtained from the literature were used in the calculations. At the next stage, the stress-strain state of the shoulder joint model was studied under conditions of humeral head arthroplasty. For this purpose, the physical properties of the humeral head were changed in the created model of the shoulder joint, without changing its geometry. The humerus was replaced with a steel endoprosthesis made of medical steel 12X18N10T with appropriate mechanical properties. The assessment of VAT was carried out on the elements of the model that make up the shoulder joint, namely on the cartilage and bone tissue of the glenoid cavity, as well as on the surface of the humeral head endoprosthesis, in the areas contact of articular surfaces. The analysis of stresses according to Mises and total displacements (Total Deformation) was carried out for the model as a whole, as well as separately for the model elements relative to each other, for which additional coordinate axes were set relative to which the displacements in each of the planes were determined. Biomechanical studies were performed from 5 different positions of the humeral tuberosity.

Biomechanical studies show that the highest stresses and deformation, which can lead to instability of the shoulder joint arthroplasty, are observed when the large tubercle is placed anteriorly and posteriorly from the normal position.

Based on clinical and biomechanical studies and literature data, a scheme for the differentiated treatment of patients with multifragment fractures of the proximal humerus was developed. It was implemented in 20 patients of the research group. The effectiveness

of the proposed treatment was tested by the Constant Shoulder Score and ASES scores 3 and 12 months after surgery. It was determined that the implementation of the proposed treatment increased the number of good and excellent treatment results by 23.8% on the ASES scale and 43.8% on the CMS scale. After rehabilitation measures (12 months later), the difference was 43.7% on the ASES scale and 43.8% on the CMS scale. The data obtained as a result of the study are statistically processed and reliable ($p < 0.01$).

Key words: endoprosthesis of the shoulder joint, multifragmentary fractures of the humerus, greater tubercle, biomechanical modeling, finite element method, stress-strain state, clinical examination, CMS and ASES scales, scheme of differentiated treatment of patients, evaluation of treatment effectiveness.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Страфун, С., Гайович, В., & Занько, І. (2021). Порівняння шкал-опитувальників для оцінки функції плечового суглоба у пацієнтів після однополюсного ендопротезування. *TERRA ORTHOPAEDICA*, (4(111), 14–20. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-111-4-14-20>. (Здобувач розробив дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до друку. Інтерпретація отриманих результатів здійснена разом із співавторами).
2. Страфун, С., & Занько, І. (2021). Структура причин первинного протезування плечового суглоба. *TERRA ORTHOPAEDICA*, (1(108), 42–48. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-108-1-42-48>. (Здобувач розробив дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до друку. Інтерпретація отриманих результатів здійснена разом із співавторами).
3. Страфун, С., Занько, І., Лазарев, І., Юрійчук, Л., Страфун, О., & Богдан, С. (2022). Діагностична цінність клінічних тестів у хворих із ротаторною артропатією плечового суглоба. *TERRA ORTHOPAEDICA*, (3(114), 4–14.

<https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-114-3-4-14>. (Здобувач розробив дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до друку. Інтерпретація отриманих результатів здійснена разом із співавторами).

4. Strafun, S., Zanko, I., Lazarev, I., Dolhopolov, O., Bezruchenko, S., & Skyban, M. (2023). Computer-Assisted Modeling of Greater Tubercle Transposition Effect on Stress Distribution in Shoulder. *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja*, 25(6), 321–332. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.2884>. (Здобувач розробив дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до друку. Інтерпретація отриманих результатів здійснена разом із співавторами).

5. Strafun, S., Zanko, I., & Lazarev, I. (2024). Аналіз напружено-деформованого стану тривимірної моделі однополюсного ендопротеза при зміні положення великого горбка плечової кістки. *Біль. Суглоби. Хребет - Bol', Sustavy, rozvoopshnik*, 13(4), 248–255. <https://doi.org/10.22141/pjs.13.4.2023.395> (Здобувач розробив дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до друку. Інтерпретація отриманих результатів здійснена разом із співавторами).

Наукові праці, які засвідчують апробацію дисертації (тези доповідей)

1. Причини протезування плечового суглоба у хворих із травматичними ушкодженнями проксимального відділу плечової кістки та їх наслідків / Страфун С. С., Занько І. С. // Реабілітація та протезування/ортезування ХХІ століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти рухової активності. – 2021. – С. 36. (Здобувач розробив дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до друку).

Причини протезування плечового суглоба у хворих із травматичними ушкодженнями проксимального відділу плечової кістки та їх наслідків / Страфун С. С., Занько І. С. // V Науковий симпозіум з міжнародною участю «Захворювання кістково-м'язової системи та вік». — 2021. том Т. 1, №1 С.35. (Здобувач розробив

дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до руку).

ЗМІСТ

	с.
АНОТАЦІЯ.....	2
ЗМІСТ.....	10
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	13
ВСТУП.....	14
СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ БАГАТОФРАГМЕНТАРНИХ ПЕРЕЛОМІВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ПЛЕЧОВОЇ КІСТКИ(огляд літератури).....	21
РОЗДІЛ 1 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
1.1 Методики клінічних та інструментальних обстежень хворих.....	33
1.1.1 Загальна характеристика хворих (аналіз клінічного матеріалу)...	33
1.1.2 Методика оцінки функціональних результатів лікування.....	37
1.1.2.1 Шкала Константа (Constant Shoulder Score).....	37
1.1.2.2 Шкала Oxford Shoulder Score.....	38
1.1.2.3 Шкала ASES (American Association of Shoulder and Elbow Surgeons).....	39
1.1.2.4 Шкала SPADI (Shoulder Pain And Disability Index).....	39
1.2 Променеві методи дослідження.....	40
1.2.1 Рентгенологічний метод дослідження.....	40
1.2.2 Комп'ютерно-томографічне обстеження.....	42
1.3 Методики біомеханічного дослідження.....	42
1.4 Статистичне дослідження.....	56
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ПРИЧИН ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ ПЛЕЧОВОГО СУГЛОБА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ.....	59

2.1 Визначення структури причин первинного протезування плечового суглоба.....	59
2.2 Порівняння шкал-опитувальників для оцінки функції плечового суглоба у пацієнтів після однополюсного ендопротезування плечового суглоба.....	63
2.3 Визначення ефективності оперативного лікування хворих після однополюсного ендопротезування плечового суглоба залежно від розташування великого горбка плечової кістки.....	70
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НА ЕЛЕМЕНТАХ МОДЕЛІ ПЛЕЧОВОГО СУГЛОБА ПРИ ЗМІЩЕННІ ВЕЛИКОГО ГОРБКА.....	79
3.1. Результати біомеханічних досліджень.....	79
3.1.1 Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні хрящ голівки плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини).....	79
3.1.2 Визначення напружено-деформованого стану на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні хрящ голівки плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини при зміщенні великого горбка у 5 різних варіантах).....	81
3.1.3 Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні однополюсний ендопротез плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини).....	90
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СХЕМИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ЛІКУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ У ХВОРИХ ІЗ БАГАТОФРАГМЕНТАРНИМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ПЛЕЧОВОЇ КІСТКИ.....	104
4.1 Розробка схеми диференційованого лікування хворих із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.....	104

4.2 Оцінка ефективності проведених діагностично-лікувальних заходів у хворих із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.....	107
АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	117
ВИСНОВКИ.....	131
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	134
ДОДАТОК А АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ.....	148
ДОДАТОК Б СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	150
ДОДАТОК В ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ.....	151
ДОДАТОК Г ПЕРЕВІРКА ОДНОРІДНІСТІ ГРУП СПОРСТЕРЕЖЕННЯ.....	152
ДОДАТОК Д ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛІКУВАННЯ.....	155

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВАШ	візуально-аналогова шкала
КТ	комп'ютерна томографія
МСЕ	метод скінчених елементів
МСКТ	мультиспіральний комп'ютерний томограф
НДС	напружено-деформований стан
ППВПК	переломи проксимального відділу плечової кістки
ПЕМ	проксимальний епіметафіз
РМП	ротаторна манжетка плеча
РЕП	реверсивне ендопротезування
СЕ	скінчені елементи
СФС КТ	структурно-функціональний стан кісткової тканини
SECEC/ESSE	Європейська асоціація хірургії плечового ліктьового суглобів

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні однополюсне ендопротезування плечового суглоба є ефективним методом лікування багатофрагментарних переломів проксимального відділу плечової кістки. Незрощення та неправильне розміщення горбків є факторами ризику порушення функції суглоба в післяопераційному періоді [1]. Неправильне розташування великого горбка значною мірою пов'язане з конструкцією імплантату та технікою фіксації. Після імплантації ніжки ендопротеза плечової кістки фрагменти великого горбка репонує за допомогою накладення швів, а потім прикріплюють до ніжки за допомогою дротяного серкляжа [2]. Проте шви серкляжу схильні до прорізування, що призводить до неправильного розташування великого горбка. Ускладнення пов'язані із міграцією великого горбка та зміною його висоти по відношенню до плечового компонента є одним із основних ускладнень при використанні однополюсного ендопротезу, як методу хірургічного лікування складних переломів проксимального метаепіфізу плечової кістки. Дослідження показують гірші результати з однополюсного ендопротезування, коли великий горбок не розташований в анатомічному положенні [3]. Ранні ознаки зміщення або його лізису не мають клінічної симптоматики і зазвичай виявляються при рентгенологічному обстеженні пацієнта у вигляді зони резорбції. Больовий ж синдром зазвичай розвивається при його зміщенні від анатомічного положення. Тому діагностика ранніх ознак зміщення великого горбка, з метою попередження руйнування структур ротаторної манжети та стирання акроміального відростка лопатки є нагальним завданням сучасної ортопедії.

Вдосконалення методів хірургічного лікування травматичних пошкоджень плечового суглобу, а саме його проксимального відділу та профілактика посттравматичних ускладнень є важливим завданням сучасної ортопедії.

Поширеність травми проксимального відділу плечової кістки складає: від 4,7 % до 8,8 % всіх переломів кісток і до 70 % переломів плечової кістки. Недостатня ефективність найбільш розповсюджених методів лікування, а також високий рівень інвалідизації внаслідок ускладнень обумовлюють соціально-економічну складову даної проблематики. На сьогоднішній день виділяють три основних типи ендопротезування: однополюсний, тотальний та реверсивний типи.

Вирішальним для результатів однополюсного ендопротезування є збалансоване функціонування сухожилків ротаторної манжети, яке залежить від досягнення анатомічної репозиції та зрощення горбків [4]. Крім того, правильне розташування великого горбка забезпечує адекватний натяг м'яких тканин і запобігає ускладненням. На жаль, при багатофрагментарних переломах великого горбка плечової кістки важко візуально ідентифікувати всі відповідні фрагменти перелому для досягнення анатомічного розташування. У таких умовах важливим є знання анатомічних орієнтирів та розуміння біомеханіки плечового суглоба [5].

Раннє зношення хряща суглобової поверхні гленоїдальної западини призводить до зменшення терміну служби ендопротезу та втрати функції плечового суглоба. Тривимірне моделювання та метод скінченних елементів (МСЕ) у біомеханіці плечового суглоба застосовують для порівняльного оцінювання як у нормі, так і за патології, наприклад, у випадку зміщення великого горбка, під час розривів сухожилків ротаторної манжети, виконання різних видів остеосинтезу, а також ендопротезування.

Комп'ютерна томографія (КТ) дозволяє краще візуалізувати тип перелому та визначити план лікування. Використання КТ в післяопераційному періоді (з 3D-реконструкцією), дає можливість візуалізувати великий горбок та його розташування по відношенню до ніжки ендопротезу, особливо коли на рентгенограмах в стандартних проекціях визначити це неможливо. Вчасно невиявлені зміщення можуть призвести до значного порушення функції верхньої кінцівки та хронічного больового синдрому.

У закордонних виданнях дана тема є актуальною з точки зору нових сучасних технік фіксації горбків що зменшує ризик незрощення та зміщення. Окрім того,

зрощення горбків також важко досягти у пацієнтів літнього віку через їх обмежений потенціал для зрощення кісток [6].

У науковій літературі знайдено невелика кількість джерел, де приділяється увага розробці математичних моделей в сучасній ортопедії. Відсутні публікації у вітчизняній медичній літературі, щодо застосування математичних моделей при лікуванні хворих із зміщенням великого горбка плечової кістки. Не розроблена система діагностики, диференційованого лікування та реабілітації хворих із різними типами положень великого горбка при однополюсному ендопротезуванні у хворих багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.

Таким чином актуальним науково-практичним завданням є вдосконалення діагностичних засобів, розробка математичної моделі тиску системи імплант-кістка в залежності від положення великого горбка плечової кістки, розробка діагностичного алгоритма у хворих з багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: Дисертаційна робота є самостійною науково-дослідною роботою автора, виконана на базі ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України».

Мета дослідження. покращити функціональні результати лікування пацієнтів із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки шляхом вдосконалення методики однополюсного ендопротезування плечового суглоба.

Завдання дослідження.

1. На основі біомеханічного дослідження визначити показники напружено-деформованого стану на хрящ гленоїдальної западини лопатки при однополюсному ендопротезуванні зі зміщенням великого горбка плечової кістки та визначити оптимально допустиме положення після імплантації однополюсного ендопротезу плечового суглоба.
2. На основі біомеханічного дослідження визначити показники навантажень в місці інсерції м'язів РМП при зміщенні великого горбка

плечової кістки після імплантації однополюсного ендопротезу плечового суглоба.

3. Провести порівняльний аналіз сучасних оцінювальних шкал для вивчення функції плечового суглоба та зміну функції через 3 та 12 місяців у пацієнтів після однополюсного ендопротезування.

4. Провести аналіз результатів лікування після імплантації однополюсного ендопротезу плечового суглоба в залежності від положення великого горбка плечової кістки.

5. Розробити схему диференційованого лікування у пацієнтів із переломами проксимального відділу плечової кістки та визначити її ефективність.

Об’єкт дослідження: однополюсне ендопротезування при багатофрагментарних переломах проксимального відділу плечової кістки.

Предмет дослідження: дані клініко-функціональних результатів однополюсного ендопротезування плечового суглоба з точки зору зміни функції через 3 та 12 місяців, вивчення напружено-деформованого стану плечового суглоба та навантаження на місці реінсерції м’язів.

Медична документація: документація, що знаходиться в архівах ДУ «ІТО НАМН України»

Методи дослідження: клінічне обстеження, рентгенологічне дослідження, комп’ютерна томографія, математичне моделювання, статистичне дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів

Вперше на основі біомеханічного дослідження визначені показники напружено-деформованого стану на контактні поверхні однополюсного ендопротезу плечової кістки та хряща гленоїдальної западини при зміщенні великого горбка у 5 різних варіантах. Так при зміні положення великого горбка з кутом відведення плеча на 60 градусів визначено, що максимальне зростання значень напружень спостерігається на субхондральній кістці гленоїдальної западини при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см допереду – у 3,4 рази, до $\sigma_{max} = 4,02$ МПа. Визначено, що зміщення великого горбка на 1 см

донизу є оптимально допустимим положенням при якому субхондральна кістка гленоїдальної западини досягає мінімальних значень напружень та деформацій після імплантації однополюсного ендопротезу плечового суглоба.

Вперше проведено порівняльний аналіз сучасних оцінювальних шкал для вивчення функції плечового суглоба та приріст функції через 3 та 12 місяців у пацієнтів після однополюсного ендопротезування. Визначено, що найбільш оптимальними для оцінки функції в динаміці після однополюсного ендопротезування є шкали ASES та CMS.

Вперше на основі ретроспективного аналізу проведено оцінку функціональних результатів лікування у пацієнтів після імплантації однополюсного ендопротезу плечового суглоба, де великий горбок знаходився в положенні зміщення та визначено оптимально допустиме його положення.

Вперше на основі ретроспективного аналізу результатів лікування запропонована схема диференційованого хірургічного лікування у пацієнтів із переломами проксимального відділу плечової кістки.

Практичне значення роботи

Проведений аналіз ранніх та віддалених результатів однополюсного ендопротезування плечового суглоба при багатофрагментарних переломах проксимального відділу плечової кістки дозволив: вдосконалити покази та розробити систему диференційного підходу у лікуванні пацієнтів при багатофрагментарних переломах проксимального відділу плечової кістки; підтвердити високу ефективність ендопротезування плечового суглоба при багатофрагментарних переломах проксимального відділу плечової кістки. Аналіз отриманих даних дозволяє поліпшити якість і функціональні результати лікування пацієнтів із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.

Впровадження в клінічну практику

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в практику відділу ортопедії та травматології дорослих ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», травматологічного відділення НДІ реабілітації осіб з

інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова та КНП «Обласна клінічна лікарня ім.О.Ф.Гербачевського».

Особистий внесок здобувача. Дисертація є особисто виконаною та завершеною здобувачем науковою роботою. Автором самостійно проведений патентно-інформаційний пошук і сформульовані цілі та завдання дисертаційної роботи, проаналізовано вітчизняну та закордонну літературу. Розроблено одне нововведення на впровадження в системі НАМН та МОЗ України. Самостійно створено електронну базу пацієнтів, проведено аналіз медичної документації 83 хворих після однополюсного ендопротезування плечового суглоба. Написано усі розділи дисертації, сформулювало висновки та практичні рекомендації. У статтях, написаних за участю співавторів, проведено серію діагностичних та лікувальних процедур, реалізовано наукові ідеї здобувача.

Спільно з відділом біомеханіки ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» за результатами біомеханічного експерименту автором визначено оптимальне та допустиме положення великого горбка після імплантації однополюсного ендопротезу плечового суглоба.

Клінічні розділи виконані з дотриманням вимог Гельсінської декларації про права людини (2000 р), включаючи перегляд ЕС-GCP, основ законодавства України про охорону здоров'я (1992 р), відповідних етичних норм щодо проведення клінічних та експериментальних досліджень.

Автор висловлює вдячність директору ДУ «ІТО НАМН України», д-ру мед. наук, професору Поляченко Ю.В., заступнику директора з наукової роботи, завідувачу відділу мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки, д-ру мед. наук, професору, член-кореспонденту НАМНУ Страфуну С.С. та співробітникам відділу, канд. мед. наук Лазареву І.А.

Апробація отриманих результатів. Основні результати досліджень та положення дисертації були оприлюднені й обговорені на таких заходах: Науково-практична конференція з міжнародною участю «29 SECEC-ESSSE CONGRESS – POZNAN 2021», м. Познань, Польща, 15-18 вересня 2022 року, усна доповідь, п'ята Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні питання лікування

патології суглобів та ендопротезування», м. Запоріжжя-Приморськ, Україна, 2-4 вересня 2021 року, усна доповідь, науково-практична конференція з міжнародною участю «The 23rd EFORT Annual Congress», м. Лісабон, Португалія, 22-24 червня 2022 року, усна доповідь, вчена Рада ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, липень 2022 року, усна доповідь, вчена Рада ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, червня 2023 року, усна доповідь, науково-практична конференція з міжнародною участю «The 23rd EFORT Annual Congress» (Лісабон, Португалія, 2022), конференції молодих вчених ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» (Київ, 2023).

Публікації. Результати дисертаційного дослідження відображають 8 опублікованих праць за темою дисертації, з них 3 статті у провідних фахових виданнях, що наведені в переліку затверджених ДАК МОН України, 2 статті в журналі, що входить до наукометричної бази Scopus, 2 тезах в матеріалах з'їздів та конференцій. Опубліковано одне нововведення в Інформаційному бюлетені НАМН України.

Структура дисертації

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, аналізу та узагальнення результатів дослідження, висновків, списку літератури та додатків. Робота викладена на 176 сторінці машинописного тексту включаючи список літератури та додатки. Текст ілюстровано 30 таблицями, вміщує 47 рисунки. Список літератури складають 100 джерел, з них англомовних – 98. Дисертаційна робота виконана на базі відділення мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки та відділення важкої поліструктурної травми ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» під науковим керівництвом доктора медичних наук, професора, члена-кореспондента НАМН України Страфуна Сергія Семеновича.

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ БАГАТОФРАГМЕНТАРНИХ ПЕРЕЛОМІВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ПЛЕЧОВОЇ КІСТКИ (огляд літератури)

Епідеміологія. Переломи проксимального відділу плечової кістки є поширеною травмою, яка становить 4-5 % усіх переломів [7,8].

Аналіз у південній Європі показав кількість переломів проксимального відділу плечової кістки 60,1 на 100 000 чоловік з 2016 року по 2018 рік [9]. У 2017 році в Австралії частота переломів проксимального відділу плечової кістки становила 45,7 переломів на 100 000 чоловік [10]. Більшість цих переломів трапляються у людей старше 65 років і в осіб з остеопенією або остеопорозом, і частота випадків зростає. Для вікової категорії пацієнтів старше 65 років переломи плечової кістки є досить розповсюдженими і займають третє місце після переломів стегна та дистального відділу променевої кістки. Відсоток багатоуламкових переломів голівки плечової кістки у людей похилого віку складає 30-45 %, від усіх переломів проксимального відділу плечової кістки, тоді як для молодих людей 17-20 %. Переломи проксимального відділу плечової кістки частіше зустрічаються у жінок, демонструючи більшу частоту порівняно з чоловіками, представляючи співвідношення 2:1. Слід зауважити, що для жінок в постменопаузі, з огляду на захворюваність на остеопороз, ці переломи є особливо типовими. Частота переломів проксимального відділу плечової кістки також зростає з часом. В Австралії частота ППВПК зросла з 28,5 на 100 000 у 2008 році до 45,7 на 100 000 у 2017 році [11]. Ця зростаюча тенденція спостерігається протягом останніх кількох десятиліть, коли рівень травматизму у Нью-Йорку з поправкою на кількість населення зріс з 15,35 на 100 000 у 1990 році до 19,4 на 10 000 у 2010 році [12].

Класифікація.

При виборі тактики лікування важливе значення відіграє класифікація пошкодження. Серед перших класифікацій, використаних для проксимального відділу плечової кістки, була класифікація Ернеста Кодмана, який у 1934 році визначив переломи на основі ураження відповідно до 4 анатомічних частин: головки плечової кістки, яка майже повністю покрита суглобовим хрящем і не пов'язана з іншими тканинами, великий горбик – як зони прикріплення надостьового та підостьового м'язу і малого круглого м'язу, малий горбок – місце прикріплення підлопаткового м'язу та діафіз плечової кістки [13]. Ця категорія не враховувала зміщення перелому, а також не розділяла переломи хірургічної та анатомічної шийки. Neer вдосконалив класифікацію Кодмана в додаток до чотирьох основних анатомічних сегментів, критерієм для відокремлення були кількість та тип зміщення перелому. Сегмент визначається як зміщений, якщо відстань більше 1 см або кут більше 45°. Класифікація Neer описує загалом 16 категорій переломів. Використовуючи дані характеристики, він визначив переломи як одно-, дво-, три- або чотирифрагментні переломи. За допомогою цього методу класифікації всі переломи без зміщення групуються разом, тоді як переломи зі зміщенням вимагають більш індивідуального групування. Neer використав цей підхід для подальшої класифікації переломів на шість груп: I - мінімальне зміщення; II - перелом анатомічної шийки зі зміщенням; III - перелом хірургічної шийки зі зміщенням; IV - перелом великого горбка зі зміщенням; V - перелом малого горбка зі зміщенням; і VI - переломо-вивих [14].

Класифікація АО/ОТА, розроблена в 1980-х роках, оновлена в 2007 році. Заснована на оригінальній класифікації Мюллера [15] і характеризує важкість перелому, приділяючи особливу увагу цілісності кровопостачання судин, ідентифікуючи три основні типи переломів, які потім класифіковані на підгрупи на основі ступеня зміщення, імпації та дислокації фрагмента перелому та поділяє на 27 підтипів переломів. Важливо, що класифікація ОТА демонструє важливість вальгусного зміщення проксимального відділу шийки плечової кістки, що не взято до уваги в попередніх системах класифікації. Метою класифікації АО/ОТА 2007

для переломів плечової кістки було створення єдиної комплексної системи кодування переломів і вивихів, але через низьку надійність, інтерпретацію та низький вплив на вибір тактики лікування ця класифікація не була повністю перевірена. У 2018 році відбувся перегляд класифікації [16] де проведено зменшення кількості підгруп до 13, а критерії Neer були інтегровані в опис переломів, щоб полегшити клініцистам розуміння термінів однофокальні та біфокальні переломи. Намір комітету з перегляду АО/ОТА полягав у тому, щоб забезпечити послідовність та кращу клінічну корисність у класифікації переломів і вивихів.

Анатомо-біомеханічні особливості зміщення великого горбка плечового суглоба, стабілізуючі структури плечового суглоба.

Плечовий суглоб є рухливим суглобом в скелеті людини. Ця мобільність досягається за рахунок зниження стабільності. Плечовий комплекс складається з грудино-ключичного, акроміально-ключичного з'єднання, лопатково-грудного та власне плечового суглобів. У плечовому суглобі можливі наступні види рухів: згинання та розгинання, відведення та приведення, внутрішня та зовнішня ротація, циркумдукція. У проксимальному відділі плечової кістки розрізняють: головку плечової кістки, великий горбок, малий горбок і діафіз плечової кістки. Переломи проксимального відділу найчастіше відбуваються зі стандартним зміщенням уламків, обумовленим місцями кріплення сухожилків великого грудного, підлопаткового, підостного та надостного м'язів. Стабільність плечового суглоба, який по своїй структурі є шароподібним, залежить від його статичних та динамічних стабілізуючих структур [17]. До статичних стабілізаторів плечового суглоба відносяться: кісткова конгруентність суглобових поверхонь, геометрія плечового суглоба, суглобова губа, капсула плечового суглоба, зв'язки та негативний внутрішньосуглобовий тиск. До динамічних стабілізуючих структур плечового суглоба відносять: м'язи-стабілізатори лопатки, м'язи ротаторної манжети плечового суглоба та довгу голівку двоголового м'яза плеча [18]. Суглобова поверхня головки плечової кістки закінчується на рівні анатомічної шийки, її радіус кривизни становить $(24,1 \pm 2,1)$ мм фронтальна площина, середня

товщина ($19,0 \pm 2,4$) мм. Головка плечової кістки має кулясту форму та діаметр від 37мм до 57 мм.

Ретроверсія голівки плечової кістки становить у середньому 25-35 градусів (варіює від 10 градусів до 55 градусів). Інклінація голівки щодо діафізу становить близько 135 градусів [19]. Анатомічна шийка обмежена великим і малим горбками, між якими проходить міжгорбкова борозна із сухожилком довгої голівки двоголового м'язу плеча. Борозна є місцем кріплення сухожилків трьох м'язів: великий грудний м'яз кріпиться до латерального краю, найширший м'яз спини – до основи борозни та великий круглий м'яз до медіального краю борозни. Ці м'язи визначають медіальне зміщення діафіза плечової кістки при переломі хірургічної шийки [20].

Ротаторна манжета плеча складається з сухожилків *mm. supraspinatus*, *infraspinatus*, *subscapularis*, та *teres minor*. Вони забезпечують динамічну стабільність плечового суглоба за допомогою декількох механізмів. Вказана група м'язів забезпечує стабільність плечового суглоба через пасивне їх напруження та служать механічним бар'єром [21]. Найбільш важливим із м'язів-ротаторів є *m.subscapularis* [22]. Сухожилля м'язів ротаторної манжети прикріплюються до великого та малого горбків. Підлопатковий м'яз розташовується по передній поверхні голівки плечової кістки і кріпиться до малого горбка. М'яз забезпечує внутрішню ротацію голівки плечової кістки. Надостьовий, підостьовий та малий круглий м'язи кріпляться до різних фасеток на великому горбку, розташованому відповідно спереду назад. Ці м'язи функціонують як зовнішні ротатори головки плечової кістки [23].

Ендопротезування плечового суглобу являє собою оперативне втручання, яке замінює уражений плечовий суглоб по причині широкого спектру гострих і хронічних патологій.

Важливим періодом у розвитку ендопротезування плечового суглоба вважається 1953 рік, коли Charles S. Neer з співавторами повідомили про можливість ендопротезування при багатофрагментарних переломах і переломовивихах плеча.

Довгострокові клінічні дослідження показують позитивні результати щодо полегшення болю та тривалого покращення функцій після ендопротезування. Використання артропластики плечового суглоба значно збільшилося за останні десятиліття. Таке збільшення, ймовірно, є вторинним по відношенню до старої популяції, підвищеному комфорту під час процедури та прийняттю розширених показань для реверсивного ендопротезування, особливо при переломах проксимального відділу плечової кістки та їх наслідках. Ендопротезування плечового суглоба набуває все більшої популярності як стандарт лікування таких патологій плеча, як переломи, переломо-вивихи плечової кістки, остеоартроз, ревматоїдний артрит, асептичний некроз. За даними австралійського реєстру за 2018 рік кількість операцій ендопротезування плечового суглоба за рік зросла на 10 %, а за 10 років на 141,4 %. Еволюція розробки імплантату класифікує ендопротезування плечової кістки на такі типи: геміартропластика, яка може бути монополярною або біполярною; тотальне ендопротезування (цементне або нецементне), підрозділяється на анатомічне та реверсивне. Справжньою складністю є проблема вибору методу лікування переломів проксимального відділу плечової кістки в осіб похилого віку. Фактори, що впливають на процес прийняття рішення, включають кількість фрагментів та ступінь їх зміщення, вік, наявність остеопорозу та комплаєнс пацієнта. Після порівняння кількох типів лікування результати показали, що реверсивне ендопротезування плечового суглоба демонструє позитивні результати для літніх пацієнтів.

Велика кількість незадовільних результатів обумовлено неспроможністю фіксації великого і малого горбків, неправильним їх розташуванням а отже порушенням місць фіксації м'язів, що утворюють ротаторну манжету [24]. Р. Voileau і співавт. виділяють наступні причини неналежної фіксації горбків плечової кістки при ендопротезуванні [25]. Неправильна імплантація ендопротеза (надмірно високе положення і / або надмірна ретроверсія імплантату) веде до надмірного натягу ротаторної манжети і сприяє відриву рефіксованих горбків. Автори пов'язують це з імплантацією ендопротеза під візуальним контролем, в умовах відсутності нормальних анатомічних орієнтирів, що призводить до помилок в

орієнтації ендопротеза. Труднощі при фіксації фрагментів за допомогою швів, що проходять через отвори на ніжці. Групу пацієнтів, яким виконують ендопротезування плечового суглоба з приводу свіжих переломів проксимального відділу плечової кістки, як правило, становлять особи похилого віку з ознаками остеопорозу. Це робить важкодоступним у зрощенні фіксованих горбків і може призвести до прорізування фіксуючих швів, особливо на початку активної реабілітації.

На сьогодні однополюсне ендопротезування плечового суглоба є ефективним методом лікування багатофрагментарних переломів проксимального відділу плечової кістки. Незрощення та неправильне розміщення горбків є факторами ризику порушення функції суглоба в післяопераційному періоді. Неправильне розташування великого горбка значною мірою пов'язане з конструкцією імплантату та технікою фіксації. Після імплантації ніжки ендопротеза плечової кістки фрагменти великого горбка репонує за допомогою накладення швів, а потім прикріплюють до ніжки за допомогою дротяного серкляжа [1,26]. Проте шви серкляжу схильні до прорізування, що призводить до неправильного розташування великого горбка. Ускладнення пов'язані із міграцією великого горбка та зміною його висоти по відношенню до плечового компонента є одним із основних ускладнень при використанні однополюсного ендопротезу, як методу хірургічного лікування складних переломів проксимального метаепіфізу плечової кістки. Дослідження показують гірші результати з однополюсного ендопротезування, коли великий горбок не розташований в анатомічному положенні [27].

Вирішальним для результатів однополюсного ендопротезування є збалансоване функціонування сухожилків ротаторної манжети, яке залежить від досягнення анатомічної репозиції та зрощення горбків [28]. Крім того, правильне розташування великого горбка забезпечує адекватний натяг м'яких тканин і запобігає ускладненням. На жаль, при багатофрагментарних переломах великого горбка плечової кістки важко візуально ідентифікувати всі відповідні фрагменти перелому для досягнення анатомічного розташування. У таких умовах важливим є знання анатомічних орієнтирів та розуміння біомеханіки плечового суглоба [29].

Раннє «зношення» хряща суглобової поверхні гленоїдальної западини призводить до зменшення терміну служби ендопротезу та втрати функції плечового суглоба.

Hasler і співавтори провели ретроспективний аналіз між 2006 і 2010 роками 41 пацієнта із переломами проксимального відділу плечової кістки котрим виконувалось однополюсне ендопротезування (середній вік 62 роки; віковий діапазон 38-85 років). При аналізі зрощення великого горбка було виявлено що в 1 пацієнта було незрощення, а у 10 пацієнтів (45 %) було неправильне зрощення, тоді як великий горбок приріс в анатомічному положенні у 12 пацієнтів (55 %). Пацієнти із неправильно зрощеним великим горбком мали гірших клінічних результатів під час спостереження [30].

Більшість проксимальних переломів плечової кістки у літніх людей, особливо ті, які не мають значного зміщення, можна лікувати консервативно [31,32]. Однак при складних переломах трьох і чотирьохфрагментарних консервативне лікування може бути не оптимальним [31,33], оскільки неправильне зрощення переломів призводить до поганої функції плеча, інвалідності та посилення больового синдрому, що впливає на якість життя пацієнта. Для лікування даних переломів більшість хірургів рекомендують відкриту репозицію із внутрішньою фіксацією пластиною та гвинтами, яка забезпечує ідеальну анатомічну репозицію [34]. Однак проблеми з функцією плеча та больовий синдром буде зберігатись зберігаються. Окрім того, останніми роками було отримано докази [35], що воно не є більш клінічно ефективним, ніж консервативне лікування. Крім того, 30 % пацієнтів потребують ендопротезування із-за остеонекрозу головки плечової кістки після операції [31,36,41]. Більшість літніх пацієнтів із переломами проксимального відділу плечової кістки мають і супутні захворювання такі як остеопороз [37], що веде до втрати кісткової маси, та перешкоджає анатомічній репозиції під час внутрішньої фіксації перелому[38]. Навпаки, було продемонстровано, що зворотнє ендопротезування плеча покращує функцію плеча у літніх людей зі складними проксимальними переломами плечової кістки [39] і може стати стандартною процедурою для цього типу перелому [40].

Частота незрощення великого горбка вища у пацієнтів старшого віку, і це безпосередньо впливає на функцію плечового суглоба, відповідно знижуючи бали при оцінці функції плечового суглоба [42]. Щоб уникнути даного ускладнення, було розроблено реверсивне ендопротезування плечового суглоба. Ця методика спочатку була розроблена для пацієнтів із ротаторної артропатією, та використовувалась у пацієнтів як із неправильним зрощенням великого горбка та і пошкодженням сухожилків ротаторної манжети плеча [43]. Кілька досліджень показали [44,45-49], що реверсивне ендопротезування плечового суглоба призводить до загалом вищих загальних показників функції плечового суглоба. Загалом, як відкрита репозиція із внутрішньою фіксацією, так і консервативне лікування можуть негативно вплинути на функцію плеча, і попередні дослідження [50,51] показали загалом низькі показники болю у пацієнтів старшої вікової категорії із трьох- та чотирьохфрагментарними переломами.

Однополюсне ендопротезування показало ефективність у зменшенні болю, у пацієнтів старшої вікової групи із складними переломами проксимального відділу плечової кістки. Сприяє цьому короткий час оперативного втручання, відсутність необхідності репозиції перелому, реконструкції суглобової поверхні, швидкого закриття кістковомозкової порожнини. Ці фактори зменшують кровотечу [52,53,54] і спричиняють менші пошкодження тканин, що оточують плечовий суглоб, забезпечуючи швидке зменшення больового синдрому після оперативного лікування. У дослідженні Kanu та співавт., група пацієнтів після однополюсного ендопротезування мала кращі показники оцінки болю за шкалою ВАШ, ніж інші три групи; крім того, було показано, що або хірургічне втручання, або консервативне лікування можуть призвести до пошкодження м'яких тканин і значного збільшення медіаторів болю з позитивним співвідношенням між ступенем пошкодження та величиною збільшення [55-57]. Таким чином, однополюсне ендопротезування є оптимальним методом оперативного лікування переломів проксимального відділу плечової кістки у людей старшої вікової категорії, оскільки призводить до мінімального пошкодження м'яких тканин і інтраопераційної

кровотечі та не сприяє виділенню надмірних медіаторів болю. Цей факт загальноновизнаний як науковцями, так і клініцистами.

Найскладніші переломи - це ті, які, ймовірно, потребують протезування. Сюди входять переломи 3-ьох та 4-ьохфрагментарні переломи за Neer, переломовивихи, переломи пов'язані з розколом голівки, переломи шийки на рівні анатомічної шийки зі зміщенням або якщо залучено більше 40 % поверхні суглоба [58,59].

Ендопротезування є технічно складною процедурою. Хороший функціональний результат вимагає відновлення висоти плечової кістки, ретроверсії імплантату, достатньої наявності кісткової тканини, функціонуючої ротаторної манжетки, а у випадку однополюсного ендопротезування – анатомічної реконструкції та загоєння горбків для відновлення функції манжети [60]. Дисфункція манжети виникає внаслідок зміщення горбків. У разі недостатньої або нефункціонуючої ротаторної манжети, виникає потреба у переході на реверсивний тип ендопротезування, що є альтернативою однополюсному ендопротезуванню [61,62,63]. Цей тип ендопротезу плеча не залежить від положення та зрощення горбків та цілісності ротаторної манжети, із-за функціонування дельтоподібного м'яза для відновлення функції плечового суглоба. Рішення про виконання ендопротезування плеча реверсивного типу залежить, головним чином, від конфігурації перелому, віку пацієнта, та ступеню пошкодження ротаторної манжети. Нарешті, хірургічна підготовка, уподобання та досвід показали, що відіграють важливу роль у досягненні задовільних результатів у обох методах лікування [64,65].

У 2011 році проведено рандомізоване контрольоване дослідження групою авторів на чолі із Olerud та порівняли однополюсне ендопротезування із консервативним лікуванням у 55 пацієнтів із 4-ьох фрагментарними переломами із середнім віком 77 років та повідомили про значну перевагу якості життя та контролю болю на користь однополюсного ендопротезування, але без різниці в діапазоні рухів через 24 місяці спостереження [66]. Однак через рік інше схоже рандомізоване контрольоване дослідження із 50 пацієнтами не показало явних

переваг у лікуванні пацієнтів віком старше 65 років із застосуванням однополюсного ендопротезування або консервативного лікування 4-ьох фрагментарних переломів проксимального відділу плечової кістки [67]. Крім того, останні дослідження показали середні функціональні результати після однополюсного ендопротезування, особливо в осіб старше 65 років. Підвищений рівень незадоволеності змусив авторів поставити під сумнів його ефективність [61,68]. Ранні післяопераційні ускладнення включають зміщення великого горбка (23 %), нестабільність (15 %), контрактура плечового суглоба (5 %) та інфекцію (5 %). Пізні ускладнення включають ерозію суглобової поверхні гленоїдальної западини (35 %), гетеротопічну осифікацію (30 %), дисфункцію ротаторної манжети (23 %), розхитування імплантату (3 %) і перипротезні переломи (2 %) [66,68].

Незрощення великого горбка залишається основним ускладненням, про яке повідомляється в літературі, з частотою принаймні 20 % [60,61]. Крім того, сумнівна якість ротаторної манжети, особливо у людей старше 65 років, і мотивація до суворого дотримання протоколу реабілітації, щоб забезпечити зрощення горбків, показали гірші результати в цій групі пацієнтів [69,70]. Це призвело до збільшення популярності імплантатів, які не залежать від зрощення великого горбка або цілісності сухожилків ротаторної манжети.

У літературі багато авторів повідомляють про значну кореляцію між віком пацієнта та загоєнням горбків і, як наслідок, хорошими/відмінними клінічними результатами [71]. Анатомічне зрощення великого горбка було єдиним фактором, що продемонстрував значну кореляцію з хорошими клінічними результатами. Згідно з аналізом Francesco та співавтор., найважливішим фактором клінічного успіху однополюсного ендопротезування є анатомічне розташування та зрощення горбків, чого можна досягти, уникаючи їх фіксації над вершиною суглобової поверхні ендопротеза або занадто далеко від неї ($\text{HTD} > 20$), необхідна умова для забезпечення належної функції ротаторної манжети [72,73,74,75,76].

Mark A Mighell та співавтори, повідомили про кореляцію між часом до операції та клінічним результатом [77]. Час до операції більше двох тижнів був пов'язаний з поганими клінічними результатами.

Christofoarakis та співавтори підкреслили, як функціональні результати пацієнтів із однопольосним ендопротезом плечового суглоба тісно залежать від адекватної програми реабілітації, описуючи, як досягається максимальний клінічний результат у перші шість місяців після операції [78]. Найкращий підхід до реабілітації не було однозначно визначено в літературі, і деякі дослідження рекомендували ранню агресивну реабілітацію для хорошого функціонального відновлення, інші рекомендували відкласти агресивну реабілітацію до рентгенографічних доказів зрощення горбків [71,79] та немає суттєвої кореляції між клінічним результатом і реабілітацією, проведеною вдома, порівняно з реабілітаційним закладом.

Тривимірне моделювання та метод скінченних елементів (MSE) у біомеханіці плечового суглоба застосовують для порівняльного оцінювання як у нормі, так і за патології, наприклад, у випадку зміщення великого горбка, під час розривів сухожилків ротаторної манжети, виконання різних видів остеосинтезу, а також ендопротезування. Для покращання результатів лікування після однопольосного ендопротезування плечового суглоба ми вирішили провести розрахунок контактних напружень у плечовому суглобі залежно від місця фіксації великого горбка плечової кістки. Знання контактних навантажень в суглобі *in vivo*, а також взаємодія м'язів і стабільність зв'язок під час функціональної активності важливі для розуміння процесів що призводять до нестабільності.

Успіх ендопротезування плечового суглоба залежить від безлічі факторів, серед яких ключовими слід вважати: стан ротаторної манжети плеча, ступінь змін суглобової поверхні лопатки, стан дельтоподібного м'язи. велике значення також мають вигляд нозології, давність патологічного процесу, що передують оперативні втручання на плечовому суглобі, які можуть істотно впливати на стан анатомічних структур і визначати використання різних типів ендопротезів. При визначенні показань до ендопротезування плечового суглоба необхідно враховувати вік

пацієнта, професію, стать, спосіб життя, претензії пацієнта на очікуваний результат, стан іншого суглоба. Стратегія подальшого розвитку і поліпшення результатів ендопротезування, по всій видимості, повинна базуватися на вдосконалених програмах перед операційної діагностики та відбору пацієнтів, ретельному обґрунтуванні вибору типу імплантату, оцінці ефективності застосування окремих конструкцій, вдосконалення та впровадження нових моделей.

Аналізуючи дані вітчизняної і зарубіжної літератури, можна з упевненістю стверджувати, що проблема лікування травматичних пошкоджень проксимального відділу плечової кістки та їх наслідків ще далека від вирішення.

Удосконалення оперативних методів лікування дозволить значно зменшити кількість ускладнень і незадовільних результатів. Для точної оцінки функціональних можливостей потрібне ретельне і цілеспрямоване передопераційне обстеження пацієнтів. Розглянуті втручання супроводжуються цілою низкою ускладнень, а шляхи профілактики і лікування ускладнень розроблені недостатньо. Вибір тактики лікування повинен ґрунтуватися на прогнозуванні результатів, швидкому відновленню і відносному комфорту пацієнта.

Таким чином підводячи підсумок проведеного аналітичного огляду літературних джерел треба відмітити, що проблема однополюсного ендопротезування плечового суглоба залишається вагомою, а зміщення великого горбка потребує уваги в післяопераційному періоді. Створення тривимірної математичної моделі однополюсного ендопротезу плечового суглоба із урахуванням мас-інерційних характеристик сегментів опорно-рухового апарату людини, є актуальним і заслуговує подальшого вивчення. Вирішення цих актуальних питань сучасної ортопедії дозволить поліпшити ефективність надання медичної допомоги цієї складної категорії пацієнтів.

РОЗДІЛ 1

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Методики клінічних та інструментальних обстежень хворих

1.1.1 Загальна характеристика хворих (аналіз клінічного матеріалу)

Робота заснована на основі ретроспективного аналізу віддалених результатів хірургічного лікування 143 хворих, котрим було проведено протезування плечового суглоба у відділенні мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки Державної установи «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» (м. Київ) в період з 2011 по 2021 рік. Первинними критеріями включення пацієнтів у дослідження були: вік пацієнтів старше 50 років, ізольована травма, травматичний генез пошкодження, 3-ьох та 4-ьохфрагментарний перелом проксимального відділу плечової кістки (по класифікації Neer), хірургічне лікування шляхом однополюсного протезування плечового суглоба, давність травми до 3 тижнів. Первинними критеріями невключення пацієнтів в дослідження були: наявність деформуючого артрозу плечового суглоба, асептичний некроз голівки плечової кістки, вік пацієнта молодше 50 років, давність травми понад 3 тижні, реверсивне ендопротезування плечового суглоба, відсутність можливості участі у післяопераційному спостереженні протягом одного року після оперативного втручання.

Динаміка віддалених функціональних результатів лікування відстежувалась протягом року на двох основних післяопераційних візитах: через 3 та 12 місяців після оперативного втручання. З 143 пацієнтів, які були первинно включені в

дослідження, 9 пацієнтів померло протягом одного року після операції від причин, не пов'язаних з оперативним втручанням. У 20 пацієнтів спостерігалось загострення або виникнення тяжкої соматичної патології, що унеможливило проведення своєчасного післяопераційного спостереження. 16 пацієнтів пропустило два і більше післяопераційних візитів із чотирьох. 10 пацієнтів відмовились прибути на післяопераційні візити внаслідок різних причин. Контакт з 5 пацієнтами та їх контактними особами у післяопераційному періоді встановити не вдалось.

Таким чином, через означені вище причини 60 пацієнтів було виведено з дослідження. А отже, оцінка функціональних результатів лікування та їх динаміки проводилась у 83 пацієнтів. При проведенні дослідження, дисертант працював з хворими, історіями хвороби та діагностичними зображеннями, дотримуючись вимог Закону України «Про захист персональних даних». Пацієнти були ознайомлені зі змістом діагностичних і лікувальних процедур та підписали форму № 003-6/о «Інформована добровільна згода пацієнта на проведення діагностики, лікування та на проведення операції та знеболення». Дослідження виконувались відповідно до правил і принципів біоетики. Серед них було 37 чоловіка (44,5 %) та 46 жінок (55,5 %). Середній вік обстежуваних серед чоловіків склав ($62 \pm 11,4$) років, серед жінок ($66 \pm 10,1$) років.

Хворі поділені на три групи відповідно до методики лікування:

група 1 контроль: хворі без зміщення горбків, які лікувалися за допомогою традиційної методики лікування (31 пацієнт);

група 2 контроль: хворі зі зміщення горбків, які лікувалися за допомогою традиційної методики лікування (32 пацієнта: 10 хворих – superior від норм. положення, у 6 хворих – inferior від норм. положення, у 9 хворих – anterior від норм. положення, у 7 хворих – posterior від норм. положення)

група дослідна: хворі зі зміщенням горбків, які лікувалися за допомогою розробленої методики лікування (20 пацієнтів);

Розподіл хворих за статтю та віком у групах представлений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розподіл хворих за статтю та віком у групах спостереження

Групи порівняння	Стать		Середній вік ($\bar{X} \pm m_x$)	Всього
	жіноча	чоловіча		
1 контроль	16	15	62,29 \pm 10,24 (від 41 року до 81 року)	31
2 контроль	17	15	68,88 \pm 8,63 (від 54 років до 87 років)	32
Дослідна	13	7	61,05 \pm 11,99 (від 37 років до 76 років)	20

Аналізуючи табл. 1.1 визначено, що більшість хворих були жіночої статі та старшої вікової категорії. Середній вік хворих складав (64,2 \pm 10,9) років. Статистичне дослідження довело однорідність груп спостереження за віком та статтю (додаток Г).

Досліджено матеріали клінічної документації хворих з 3-ьох та 4-охфрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки (по класифікації Neer). Вивчались скарги хворого, анамнез захворювання, механізм та обставини травми, з'ясовувався час, що пройшов з моменту травми, лікувальні заходи, що проводились до поступлення в стаціонар. Детальний розподіл хворих згідно класифікації за C.S. Neer, котрим було проведено протезування плечового суглоба представлений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Розподіл обстежених хворих згідно класифікації за C.S. Neer

Види пошкоджень згідно класифікації C.S. Neer	Кількість хворих	
	абс.	%
Трьохфрагментарні переломи	12	14,4
Чотирьохфрагментарні переломи	26	31,3
Трьохфрагментарні переломи-вивихи	19	22,89
Чотирьохфрагментарні переломи-вивихи	26	31,3
Всього:	83	100

Переважна кількість оперативних втручань було виконано з приводу чотирьохфрагментарних переломо-вивихів та трьохфрагментарних переломо-вивихів проксимального епіметафізу плечової кістки.

Розподіл груп хворих за типом перелому за Neer представлено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Розподіл хворих за типом перелому за Neer у групах спостереження

Тип перелому	Групи порівняння		
	1_контроль	2_контроль	Дослідна
3 фрагментарний	5	5	2
3 фрагментарний переломозвих	7	8	4
4фрагментарний	10	9	7
4 фрагментарний переломозвих	9	10	7
Всього	31	32	20

Статистичне дослідження довело однорідність груп спостереження за типом перелому за Neer (див. додаток Г).

Обстеження хворого починалось з огляду області пошкодження, зверталась увага на видимі ознаки пошкодження м'яких тканин, за наявності вивиху – локалізацію суглобового фрагменту. Проводилась ощадлива пальпація, перевірялась наявність судинних та неврологічних порушень. Ліва кінцівка була травмована у 40 (48,2 %), права – у 43 випадках (51,8 %). Домінантна кінцівка була пошкоджена у 60 пацієнтів (72,3%), недомінантна – у 23 (27,7 %). Діагноз перелому проксимального відділу плечової кістки встановлювався на основі клінічних та рентген-радіологічних даних. Середній термін виконання протезування плечового суглоба після травми склав ($24 \pm 10,9$) днів. Ендопротезування плечового суглоба проводилося анатомічними ендопротезами Stryker та фірми Evolutis.

1.1.2 Методика оцінки функціональних результатів лікування

На першому етапі проводили комплексну оцінку функції плечового суглобу після однополюсного ендопротезування, яка включала в себе застосування загальноприйнятих та найбільш поширених у світі шкал оцінки функції плечового суглобу: 4 оцінювальні шкали: Oxford Shoulder Score, Constant Shoulder Score, Шкала - ASES та шкала - SPADI. В подальшому проводили оцінку ефективності оперативного лікування за двома шкалами Constant Shoulder Score та шкалою ASES. Результат ефективності лікування оцінювався як відмінний при сумі балів 90 та більше. Дослідження проводилось через 3 та 12 місяців після оперативного втручання та приросту функції рухів у суглобі.

1.1.2.1 Шкала Константа (Constant Shoulder Score) була розроблена С. Constant із співпрацею із Alan Murley у період з 1981 по 1986 рр. Опитувальник вперше представили на університетській конференції і потім опублікували у 1987 році. Цей функціональний опитувальник був створений для оцінки загального стану, функціонального статусу нормального або пошкодженого плечового суглоба. Він складається із блоку як об'єктивної, так і суб'єктивної оцінки, поділених на підпункти, що включають біль (максимум 15 балів), щоденну активність (максимум 20 балів); обсяг рухів (максимум 40 балів) та силу кінцівки (максимум 25 балів). Чим вище показник, тим, відповідно, краще функція (мінімум 0, максимум 100). В оригінальній публікації біль, що відчувається при нормальній повсякденній активності, оцінювалася як: відсутність болі = 15 балів, легкий = 10, помірний = 5 і сильний = 0 балів. У останній публікації було рекомендовано замінити ці варіанти на візуально-аналогову шкалу (ВАШ) зі збереженням діапазону в 15 балів, що і було використано нами при оцінюванні.

Підрозділ шкали “повсякденна активність” оцінює обмеження при виконанні щоденної роботи, активних заходах, сні та піднятті руки до певного рівня. Максимальний бал 20 балів. Перші два пункти оцінюють як: без обмежень = 4, помірне = 2 та важке = 0 балів. Нічний сон оцінювали: здоровий = 2, іноді

порушений = 1, завжди порушений = 0 балів. Обмеження при піднятті рук: до талії = 2, мечоподібного відростка = 4, шиї = 6, голови = 8, над головою = 10 балів. Частина амплітуди рухів оцінює чотири активні діапазони руху, отримуючи по 10 балів кожен, тобто безболісне переднє та бічне піднесення, зовнішнє та внутрішнє обертання. Ступені піднесення вимірюються гоніометром у сидячому положенні, та його значення варіюються від: 0° - 30° = 0 до 151° - 180° = 10 балів. Зовнішнє обертання базується на п'яти маневрах руками без сторонньої допомоги, кожному дається по 2 бали: рука за головою, лікоть вперед, рука за головою, лікоть назад, рука на маківці, лікоть вперед, рука на маківці, лікоть назад і повне піднесення. Внутрішнє обертання вимірювалося, коли великий палець вказував на певні анатомічні орієнтири: латеральне поверхню стегна = 0, сідницю = 2, попереково-крижову ділянку = 4, талію = 6. Силова складова оцінюється у 25 балів. Це виконується при відведенні руки під кутом 90° , коли рука дивиться вниз, використовуючи динамометр або певну техніку пружинного балансу. Використовують максимальне значення трьох послідовних повторень. Якщо бажане відведення неможливо досягти, це оцінюється в 0 балів [80].

Відмінним вважається результат при сумі більше 90 балів, хорошим — 90-80 балів, задовільним — 79-70 балів та незадовільним — менше 69 балів.

Європейська асоціація хірургії плечового та ліктьового суглобів (SECEC/ESSSE) підтримала ефективність цього опитувальника і в даний час він широко використовується у всій Європі і є золотим стандартом в оцінці функції плечового суглоба [81].

1.1.2.2 Шкала Oxford Shoulder Score - це специфічний опитувальник, який пройшов валідацію з використанням високоякісної методології дослідження різноманітних популяцій пацієнтів. Анкета включає 12 запитань, що стосуються функціонального стану плечового суглобу, больового синдрому та соціально-психологічного статусу пацієнта. У кожній тематиці – по 4 питання. Відповіді оцінюються за п'ятибальною шкалою Likert (від 0 до 4). Відповідь на кожне оцінюється від 0 до 4 балів. Результат суми балів складає від 0–48 балів, при цьому 48 є найкращим результатом. Кількість балів від 0 до 19 оцінюється як

незадовільний результат, 20–29 балів — задовільний результат, 30–39 балів — добрий результат, 40–48 балів — відмінний результат [82].

1.1.2.3 Шкала ASES (American Association of Shoulder and Elbow Surgeons) є однією з найбільш досліджених та поширених в клінічній практиці, і рекомендується для використання у пацієнтів з різними патологіями плечового суглобу, за виключенням нестабільності плечового суглобу. Дану шкалу було розроблено спеціалістами Американської Асоціації Хірургів Плеча та Ліктя (American Association of Shoulder and Elbow Surgeons) з метою оцінки болю та обмеження функціональної активності плечового суглобу [83].

Шкала включає в себе 2 розділи: «Біль» та «Побутова активність», які оцінюються у 50 % кожний. Максимальний бал за шкалою складає 100 %, що відповідає повній відсутності проблем з плечем [84]. Також до шкали ASES входять 6 питань, які не підраховуються в при загальному оцінюванні, але доповнюють клінічну картину стану пацієнта. Ці питання стосуються звичної побутової діяльності, спортивної активності чи дозвілля, прийому різних видів анальгетиків і їх кількості на день, наявності болю в плечі в нічний час. Розділ «Біль» складається лише з одного питання щодо інтенсивності больового синдрому та оцінюється з допомогою ВАШ, де 10 балів означають максимальний ступінь болю та 0 балів означає повну його відсутність. При підрахунку цифра, вказана пацієнтом, віднімається від 10, отриманий результат потім помножується на 5. Розділ «Функція» складається з 10 запитань, кожне з яких має 4 варіанти відповідей, що оцінюються від 0 (немає проблем) до 3 (неможливо виконати). Тобто максимальна кількість балів може бути рівна 30. Для того, щоб перевести цей первинний результат у відсотки, його потрібно помножити на 5/3. Загальний результат за шкалою ASES є сумою відсотків за обома розділами [85].

1.1.2.4 Шкала SPADI (Shoulder Pain And Disability Index) це опитувальник, який може кількісно визначити вираженість болю та рівень працездатності у пацієнтів з захворюваннями плечового суглобу, до та після лікування. Шкала має вигляд опитувальника з 13 питань, які поділені на два розділи: «Біль» (інтенсивність болю, 5 питань) та «Працездатність» (побутова активність, 8

питань). [86]. Оцінку кожного з питань проводять від 0 до 10 балів. Результат за шкалою SPADI має діапазон від 0 до 100, в якому менша кількість балів означає кращий стан та працездатність. Підрахунок проводиться окремо за кожним розділом та загалом за шкалою за формулою 1:

$$\frac{\text{сума балів за } n \text{ питань}}{n \times 10} \times 100, \quad (1)$$

де n – кількість питань, на які пацієнт дав відповіді.

Шкала SPADI складається з невеликої кількості запитань, що дозволяє витрачати мінімальний час на її заповнення. В своїй роботі Williams JW Jr. [87] та ін. також визначили можливість віддаленого використання шкали пацієнтом самостійно та адмініструванням результатів за телефоном, що ще більше спрощує її використання. В тій же роботі було проведено порівняння результатів заповнення шкали SPADI та об'єму активних та пасивних рухів в плечовому суглобі, та було виявлено чітку кореляцію між змінами в результатах шкали та змінами в об'єму рухів в суглобі.

1.2 Променеві методи дослідження

1.2.1 Рентгенологічний метод дослідження

При кожному огляді оцінювали рентгенограми плечового суглоба в передньо-задній та боковій проекціях, та при необхідності в аксиллярній проекції. Рентгенограма у передньо-задній проекції виконувалась при відхиленні променя на 40 градусів від сагітальної площини тіла так щоб промінь був спрямований перпендикулярно до площини лопатки (рисунок 1.1 та рисунок 1.2). За

рентгенологічними даними оцінювалось зрощення горбків, зрощення зі зміщенням: а саме зміщення на 1 см допереду, на 1 см. дозаду, 1 см. вперед та 1 см вниз, та відсутність зрощення. Розташування горбків та їх анатомічне зрощення є основною умовою для відновлення оптимальних клінічних показників після однополюсного ендопротезування при переломах проксимального метаепіфізу плечової кістки. Вимірювали величину субакроміального простору для оцінки можливого зміщення ендопротезу внаслідок ушкодження ротаторної манжетки. Відстань менше 7 мм розцінювали як патологічне, що вказувало на пошкодження ротаторної манжетки.



а



б

Рисунок 1.1 – Укладка хворого (а) та рентгенографія плечового суглоба (б) в передньо-задній проекції.

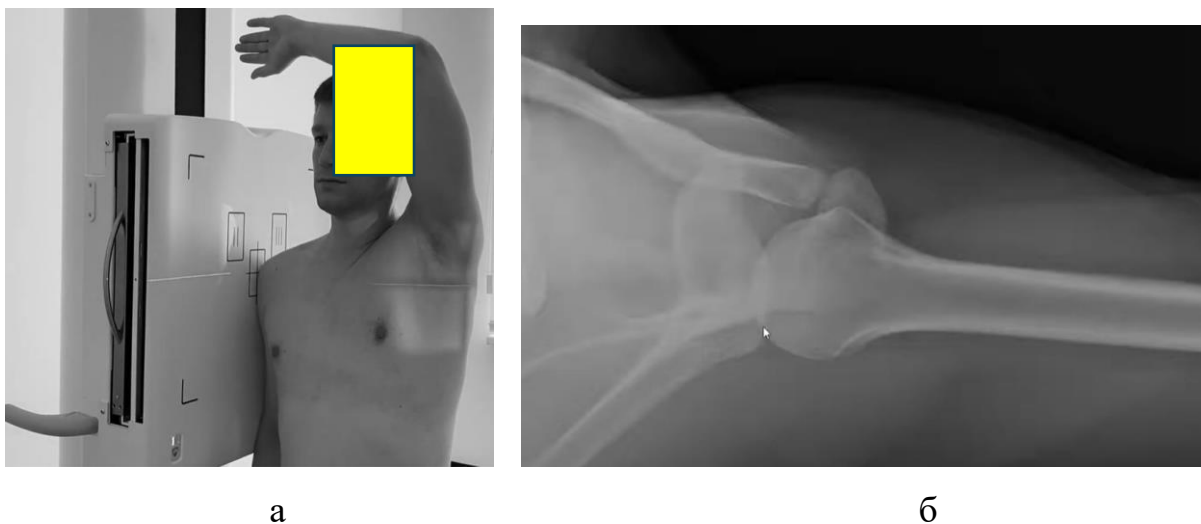


Рисунок 1.2 – Укладка хворого (а) та рентгенографія плечового суглоба (б) в аксилярній проекції.

1.2.2 Комп'ютерно-томографічне обстеження

Методом комп'ютерної томографії (КТ) обстежено 20 пацієнтів (24,1 %). Усі дослідження проводились на 16-зрізному мультиспіральному комп'ютерному томографі (МСКТ). Пацієнтам надавалось положення лежачі на спині, верхня кінцівка була у нейтральному положенні, притиснута до тіла. КТ проводили на апараті з наступними технічними характеристиками: товщина зрізу 1,25 мм, інтервал 0,625 мм, крок 0,938:1, 120 кВ, 200 мА та загальний час експозиції 11 с, поле зору 28 см, зображення матриці 512x512 пікселів. Визначали зміщення великого горбка відносно верхівки ніжки ендопротезу.

1.3 Методики біомеханічного дослідження

Біомеханічні дослідження виконували на базі лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут травматології та ортопедії Національної Академії медичних наук

України», яка атестована ДП «Укрметртестстандарт» на проведення відповідних вимірювань (свідоцтво ПТ-№107/215 від 09.03.2021).

Засобами програмного пакету Solid Works побудована імітаційна 3D модель плечового суглоба для створення якої застосовували анатомічні та антропометричні дані, максимально наближені до реальних. Модель складалась з елементів – лопатки, хряща суглобової западини з хрящовою губою, плечової кістки, хряща голівки плечової кістки, а також м'язів: *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus*, *m. subscapularis* та *m. teres minor* (рисунок 1.3). Кут відведення у плечовому суглобі складав 60° , при нейтральному положенні флексії-екстензії в суглобі.

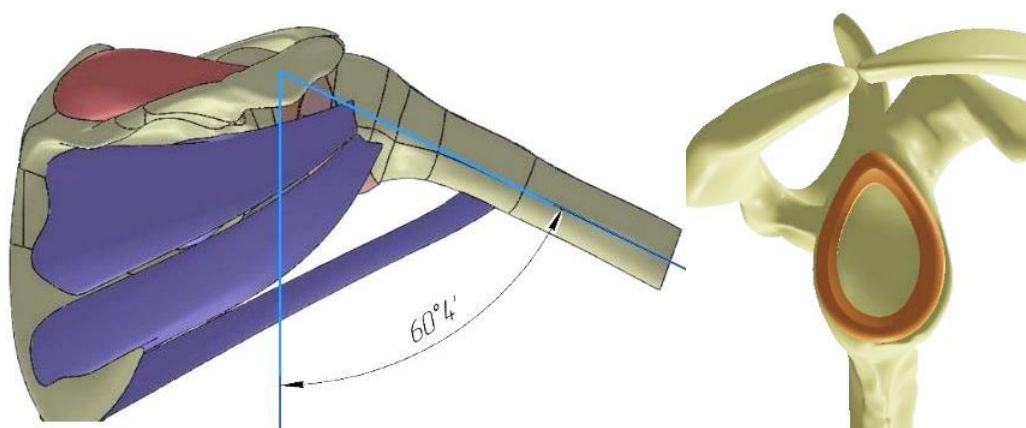


Рисунок 1.3 – Імітаційна твердотільна 3D модель плечового суглоба

Для оптимізації та спрощення розрахунків м'язи замінено на стандартні елементи ANSYS, задавши відповідні властивості, а саме жорсткість, яка характерна для пружин.

Побудовані 3D моделі плечового суглоба було імпортовано у середовище ANSYS (рисунок 1.4).

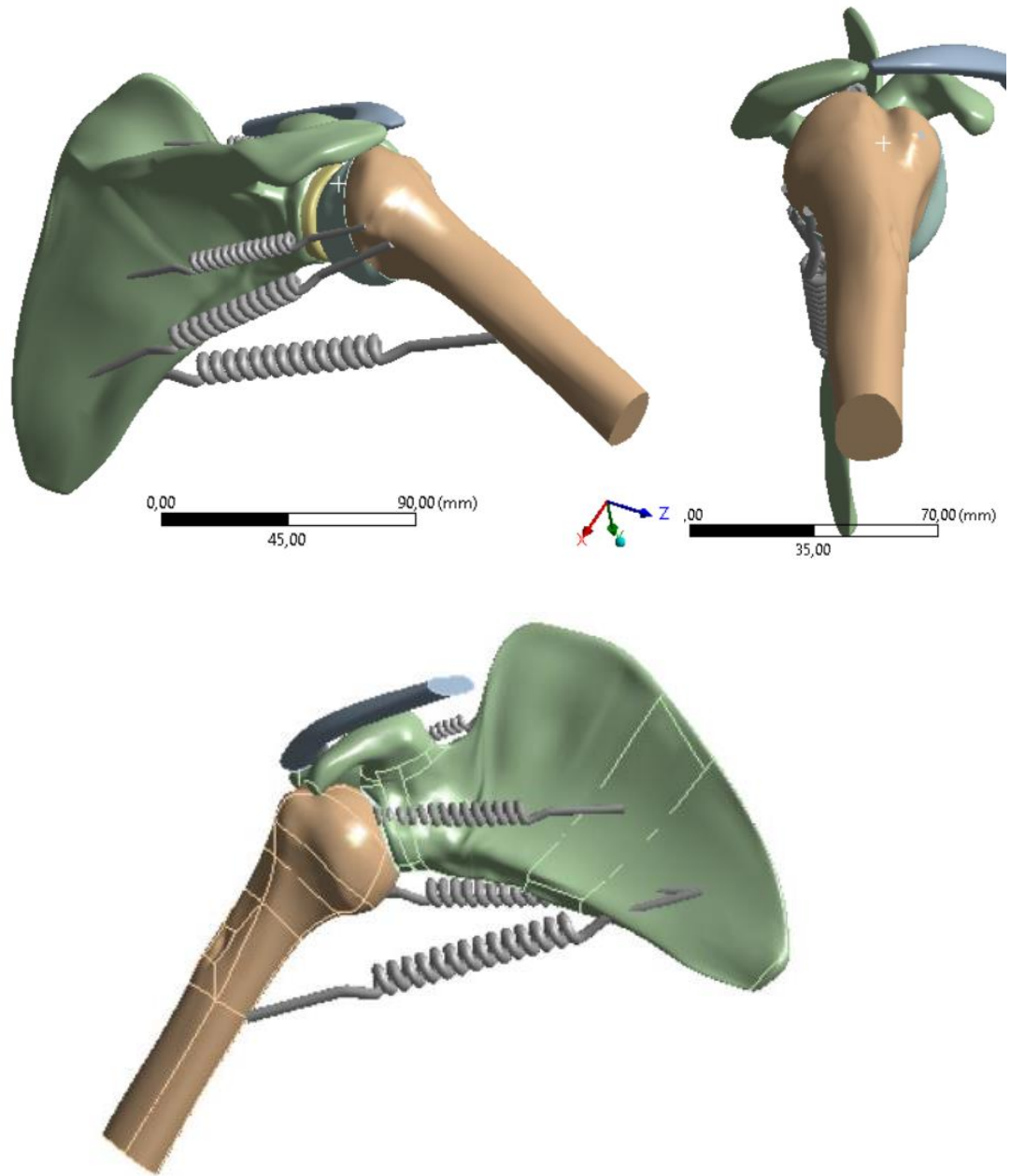


Рисунок 1.4 – Розрахункова 3D модель плечевого суглоба

Напружений стан в будь-якій точці тіла біомеханічних конструкцій характеризується тензором напружень :

$$T_{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \quad \text{або} \quad T_{\sigma} = \sigma_{ij}, i, j = x, y, z, \quad (2)$$

де $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$ – нормальні напруження;

$\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{zy}, \dots$ – дотичні напруження.

В силу парності дотичних напружень ($\sigma_{ij} = \sigma_{ji}, i \neq j$), тензор напружень є симетричним.

В загальному випадку тензор напружень може бути представлений у вигляді суми двох складових:

– шарового тензора напружень

$$T_{\sigma_0} = \begin{bmatrix} \sigma_0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_0 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де $\sigma_0 = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz}}{3}$;

– тензора напружень зсуву (девіатор напружень)

$$D_\sigma = S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $S_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij}\sigma_0$.

Деформований стан твердого тіла біомеханічної конструкції характеризується тензором деформацій.

$$T_\varepsilon = \varepsilon_{ij} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} & \varepsilon_{xz} \\ \varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} & \varepsilon_{yz} \\ \varepsilon_{zx} & \varepsilon_{zy} & \varepsilon_{zz} \end{bmatrix}, \text{ де } i, j = x, y, z, \quad (5)$$

де $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{zz}$ – характеризують відносні подовження;

$\varepsilon_{xy}, \varepsilon_{xz}, \varepsilon_{zy}, \dots$ – деформації зсуву (кутові деформації).

Тензор деформацій може бути представлений у вигляді суми шарового тензора T_{ε_0} і девіатора деформацій D_ε :

$$T_{\varepsilon_0} = \begin{bmatrix} \varepsilon_0 & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_0 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

де $\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}}{3}$ – середня деформація.

$$D_\varepsilon = e_{ij} = \begin{bmatrix} e_{xx} & e_{xy} & e_{xz} \\ e_{yx} & e_{yy} & e_{yz} \\ e_{zx} & e_{zy} & e_{zz} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

де $e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \delta_{ij}\varepsilon_0$

Співвідношення між компонентами вектора переміщень $u_i, i = x, y, z$ і компонентами тензора кінцевих деформацій (тензора Гріна) мають вид

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_k}{\partial x_i} \frac{\partial u_k}{\partial x_j} \right), \quad (8)$$

де $i, j, k = 1, 2, 3; x_1 = x, x_2 = y, x_3 = z$.

Зазвичай деформації в пружних тілах дуже малі, тому з математичної точки зору їх можна розглядати, як нескінченно малі. Тоді в тензорі Гріна можна нехтувати нелінійними членами і таким чином, отримати лінійні залежності між деформаціями і переміщеннями

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (9)$$

де $i, j, k = 1, 2, 3$, які звуться співвідношеннями Коші.

Компоненти тензора деформацій, в цьому випадку, є малими величинами по співвідношенню до одиниці.

Основними рівняннями теорії пружності є статичні (або динамічні), кінематичні (співвідношення Коші) і фізичні рівняння (рівняння зв'язку між напруженнями і деформаціями), які приведені нижче.

Статичні (або динамічні) рівняння (рівняння рівноваги):

$$\sigma_{ij,i} + X_i = 0 \left(\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} \right), \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (10)$$

де σ_{ij} — тензор напружень;

X_i — об'ємні сили;

u_i — компоненти вектора переміщень;

ρ — густина матеріалу.

Геометричні рівняння:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}), \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (11)$$

де ε_{ij} – тензор деформацій Коші.

Узагальнений закон Гука, для пружної середи з анізотропними властивостями, має вигляд:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \quad i, j = 1, 2, 3; \quad k, l = 1, 2, 3, \quad (12)$$

де C_{ijkl}^T – фізичні сталі твердого тіла.

В окремому випадку, для ізотропного пружного тіла, рівняння рівноваги мають вид

$$\nabla^2 \sigma_{ij} + \frac{1}{1+\nu} \sigma_{kk,ij} = -(X_{i,j} + X_{j,i}) - \frac{\nu}{1-\nu} \delta_{ij} X_{k,k}. \quad (13)$$

в напруженнях або в переміщеннях (рівняння Нав'є)

$$\nu u_{i,jj} + (\lambda + \mu) u_{j,ji} + X_i = 0 \left(\rho \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} \right). \quad (14)$$

Останні можна отримати, якщо виразити деформації через напруження і отримані співвідношення підставити в умови сумісності деформацій.

Розрахунок на міцність позацентрово-стислих (стиснуто-вигнутих) та позацентрово-розтягнутих (розтягнуто-вигнутих) елементів проводиться за формулою:

$$\left(\frac{N \cdot \gamma_n}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{M \cdot \gamma_n}{c \cdot W \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (15)$$

де $N, M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ – абсолютні значення відповідно поздовжньої сили та згинальних моментів, при найбільш несприятливих поєднаннях розрахункових навантажень;

n, c – коефіцієнти;

W – момент опору поперечного перерізу;

γ_c – коефіцієнт умов роботи, котрий дорівнює 1, для нашого випадку;

γ_n – коефіцієнт відповідальності, котрий дорівнює 0,8, для нашого випадку;

R_y – розрахункова характеристика опору матеріалу, що визначається за формулою $R_y = R_{yn}/\gamma_m$;

R_{yn} – межа плинності;

γ_m – коефіцієнт надійності матеріалу, котрий дорівнює 1, для нашого випадку.

$\gamma_c = 1$ «У випадках, що не обумовлені цими нормами, у розрахункових формулах слід приймати $\gamma_c = 1$ »);

$\gamma_m = 1.050$

Коефіцієнт γ_n обрано рівним 1.25, як найбільш консервативний.

Подальші розрахунки напружено-деформованого стану (НДС) моделі здійснювали у програмному пакеті ANSYS методом скінченних елементів (СЕ), який набув поширення, як чисельний метод рішення крайових задач механіки суцільних середовищ, орієнтований на використання програмно-комп'ютерного комплексу. У розрахунках застосовували фізичні властивості кісткової та хрящової тканини, які отримані з літературних джерел [88-90] (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Фізичні властивості кісткової та хрящової тканини

Тип тканини	Модуль Юнга, МПа	Коефіцієнт Пуасона	Межа міцності, МПа
Кортикальний шар	17,6e2 [1]	0,3 [1]	93,4 [2]
Спонгіозний шар	500 [1]	0,2 [1]	17,5 [3]
Хрящ	50 [1]	0,45 [1]	16,7 [4]

Розмір кінцевого елемента для кісткової тканини лопатки та плечової кістки, варіювався від 0,1 мм до 1 мм. Слід зазначити, що кортикальний шар моделювався, як тверде тіло з постійною товщиною шляхом зміщення зовнішньої поверхні всередину на 1 мм.

Кісткова тканина суглобової западини лопатки та голівки плечової кістки складається, в основному, з губчастої тканини малої щільності та тонкого і щільного кортикального шару. Велика частина навантаження переноситься через

кортикальний шар на губчасту тканину, яка працює як допоміжний матеріал, запобігаючи руйнуванню кортикального шару. Через вік та інші причини, які можуть викликати деградацію кісткової тканини, механічні властивості можуть змінюватися. Кісткова тканина в наших розрахунках розглядається як ізотропна і лінійно еластична.

Так як в роботі розглядається ізотропна модель то середні значення межі міцності $R_{0.2}$ розраховуємо за формулою:

$$R_{0.2} = \frac{R_{0.2}^V + R_{0.2}^P}{2} \quad (16)$$

де $R_{0.2}^V$, – межа міцності тканини вздовж волокон (МПа)

$R_{0.2}^P$, - межа міцності тканини поперек волокон (МПа)

Тоді значення межі міцності для:

- кортикальної тканини – $R_{0.2} = 93,4 \text{ МПа}$,
- спонгіозної тканини – $R_{0.2} = 17,5 \text{ МПа}$;
- хрящової тканини – $R_{0.2} = 13,75 \text{ МПа}$.

Враховуючи те, що ці елементи моделі є важливими, для забезпечення функціонування тканин тіла людини, введено коефіцієнт запасу міцності $n_{0.2} = 1,5$.

Тоді допустимі значення напружень

$$[\sigma] = \left\{ \frac{R_{p0.2}^T}{n_{0.2}} \right\} \quad (17)$$

Отримані максимально допустимі значення напружень для: кортикальної кістки – $[\sigma] = 62,3 \text{ МПа}$, спонгіозної кістки – $[\sigma] = 11,7 \text{ МПа}$, для хряща – $[\sigma] = 9,2 \text{ МПа}$, взято для подальшого порівняльного аналізу. При цьому, умова міцності для моделі виконується коли $\frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} \geq n = 1$.

Для дослідження забезпечення стабільності плечового суглоба активними стабілізаторами (м'язи РМП), в залежності від місця фіксації великого горбка

плечової кістки, при його відриві, розглянуто 5 різних варіантів його післяопераційної фіксації:

- норма;
- зміщення великого горбка на 1 см до переду (anterior);
- зміщення великого горбка на 1 см до заду (posterior);
- зміщення великого горбка на 1 см вверх (superior);
- зміщення великого горбка на 1 см до низу (inferior).

Тобто, для розв'язання кожної з задач змінювали позицію пружин, відповідно до місця фіксації великого горбка. При цьому, відбувалися зміни сумарного вектору сил дії м'язів, який змінював свій напрямок та місце прикладання, в залежності від задачі. Величина сили лишалася фіксованою.

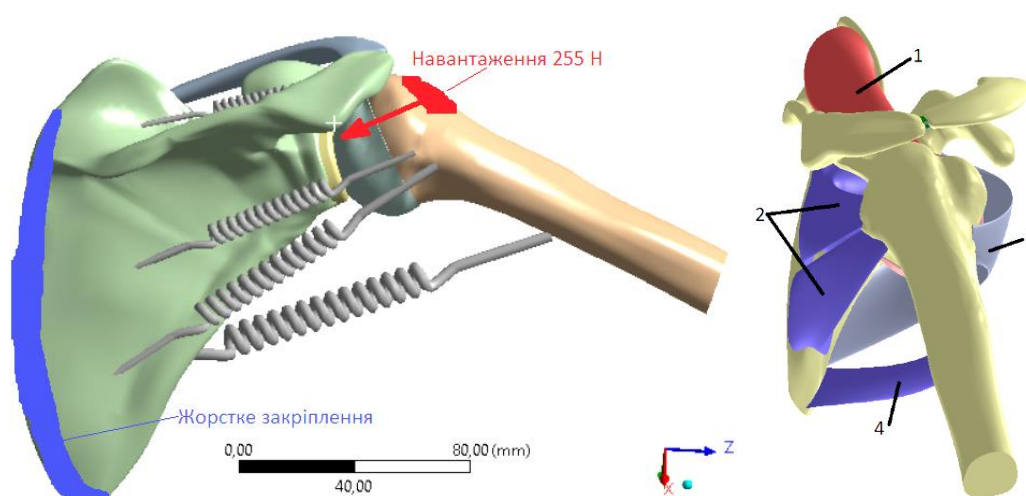
Розрахунок контактних напружень у плечовому суглобі для всіх розглянутих положень верхньої кінцівки, виконаний з урахуванням мас-інерційних характеристик сегментів опорно-рухового апарату людини [91]. Під час розрахунку взято такі початкові параметри [91]: маса людини 75 кг, маса верхньої кінцівки — 3,75 кг (5 % від маси тіла $P=37.5\text{Н}$), відстань від плечового суглоба до центра мас верхньої кінцівки — 32 см (L_r); відстань від місця кріплення м'язів до центра обертання в плечовому суглобі в середньому – 6 см (L_v). Розрахунок навантажень на м'язи рахували від маси верхньої кінцівки, без додаткового навантаження. Сумарне навантаження на м'язи дорівнює:

$$\sum F_M = (P \cdot L_r) / L_v = (38,5 \cdot 32) / 6 = 205,3 \text{ Н}$$

Враховано також додаткове компресійне навантаження на гленоїдальну западину, за рахунок внутрішньо-суглобового вакуум-ефекту - 50 Н.

$$\sum F_M = 205,3 + 50 = 255,3 \text{ Н}$$

Розрахункова модель плечового суглоба з умовами закріплення та навантаження представлено на рисунку 1.5.



1 - m.supraspinatus, 2 - m.infraspinatus, 3 - m.subscapularis, 4 - m.teres minor

Рисунок 1.5 – Розрахункова модель плечового суглоба з умовами закріплення та навантаження.

З урахуванням того, що компресуючі сили, які генерують м'язи, розподіляються не рівномірно, а саме: m.subscapularis – 53 %, m. supraspinatus – 14 %, m.infraspinatus – 22 %, m.teres minor – 10 % від загальної компресуючої сили [92]. Тобто, місця прикладання сили зміщується відповідно до зміщення великого горбка плечової кістки (anterior, posterior, superior, inferior). Відповідно до цього змінюється і напрямок вектора сил. При нормальному положенні великого горбка цей вектор направлений в центр гленоїдальної западини. При зміщення великого горбка плечової кістки на 1 см anterior, posterior, superior, inferior, також змінюється положення точки проєкції цього вектора. Враховуючи те, що кожен з м'язів здійснює різний компресуючий вплив голівки плечової кістки на гленоїдальну западину, спостерігається відхилення сумарного вектору від його референтного положення. Таким чином, компресуючий вектор сил має однакову величину, а зі зміною положення великого горбка плечової кістки змінюється лише його напрямок та положення сумарного вектора (рисунок 1.6 та рисунок 1.7).

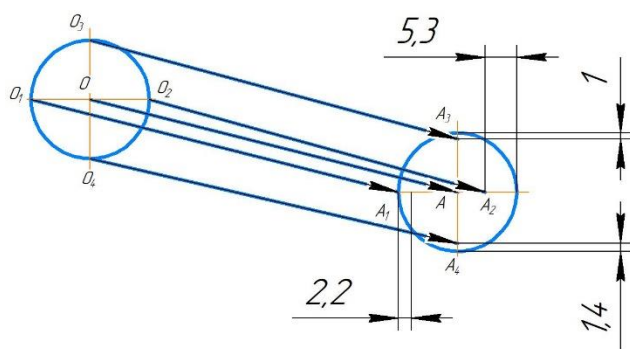


Рисунок 1.6 – Компресуючий вектор сил залежно від зміни положення великого горбка плечової кістки

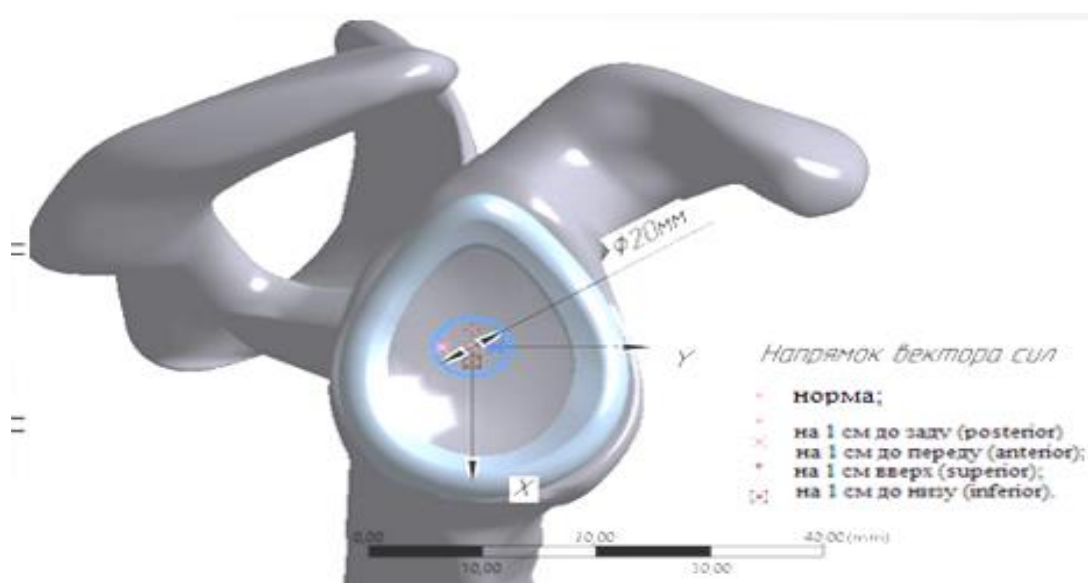


Рисунок 1.7 – Схема положення сумарного вектора навантажень для різних варіантів зміщення великого горбка плечової кістки

На наступному етапі, з врахуванням вище описаних допущень та граничних умов, засобами програмного пакету ANSYS проведено розрахунки НДС моделей плечового суглоба при різних положеннях сумарного вектора навантажень в залежності від варіанту зміщення великого горбка плечової кістки.

У напівавтоматичному режимі згенеровано скінчено-елементну модель, де переважали тетраедричні та гексагональні елементи з розмірами, які не перевищували 1 мм. У найбільш важливих перехідних ділянках моделі з різними механічними властивостями скінченно-елементна сітка згущувалась для підвищення точності розрахунків (рисунок 1.8).

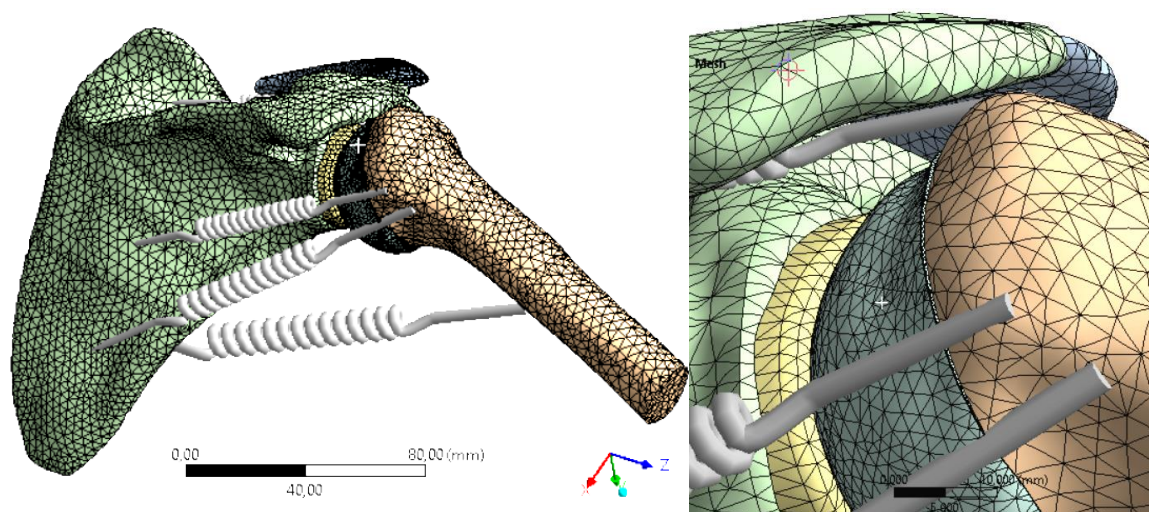


Рисунок 1.8 – Скінчено-елементна модель для різних варіантів зміщення великого горбка плечової кістки

Зменшення розмірів скінченного елемента до прийнятного рівня забезпечує потрібну деталізацію розрахункової моделі та отримання більш достовірних результатів. Перед використанням скінченно-елементної сітки перевірено її якість. Відповідно до процедури аналізу коректності якостей сіток скінченно-елементних моделей, для подальших розрахунків обрано модель з скінченно-елементною сіткою Medium (рисунок 1.9).

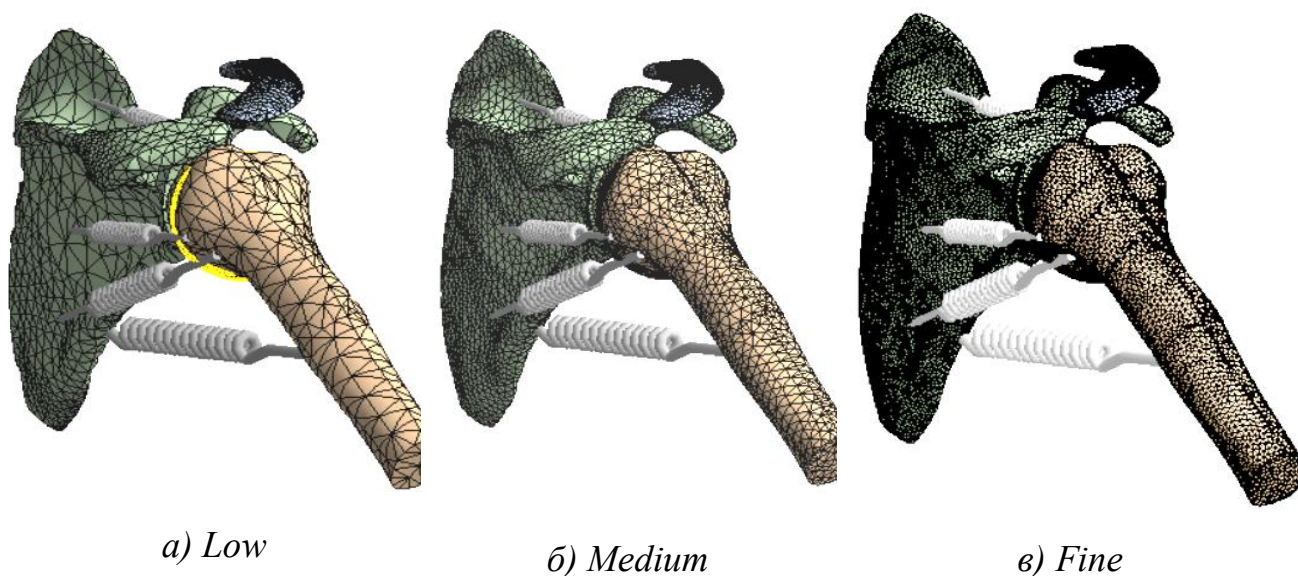


Рисунок 1.9 – Скінчено-елементна сітка для різних варіантів зміщення великого горбка плечової кістки

Оцінку НДС проводили на елементах моделі, що складають плечовий суглоб, а саме на хрящовій та кістковій тканині гленоїдальної западини, а також на хрящі та кістковій тканині голівки плечової кістки. Аналіз напружень за Мізисом та загальних переміщень (Total Deformation) здійснювали для моделі в цілому, а також окремо для елементів моделі один відносно одного, для чого задавали додаткові осі координат відносно яких визначали переміщення в кожній з площині (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Характеристики якості мереж скінченно-елементної моделі

Тип СЕ сітки	Кількість вузлів	Кількість елементів	Skewness	Orthogonal quality
Low	68105	316962	0,8796	0,18582
Medium	134882	630866	0,90178	0,16854
Fine	700770	3107669	0,92147	0,14429

На наступному етапі проведено дослідження напружено-деформованого стану моделі плечового суглоба в умовах ендопротезування голівки плечової кістки.

Для чого в створеній моделі плечового суглоба змінено фізичні властивості саме голівки плечової кістки, без зміни її геометрії. Плечова кістка замінена сталним ендопротезом протезом з медичної сталі 12X18Н10Т з відповідними механічними властивостями (таблиця 1.6). Суглобова губа видалена.

Таблиця 1.6. – Фізичні властивості елементів моделі з ендопротезом голівки плечової кістки

Тип тканини	Модуль Юнга, МПа	Коефіцієнт Пуасона	Межа міцності, МПа
Медична сталь 12X18Н10Т	200 GPa	0,3	196
Кортикальний шар	17,6e2 [1]	0,3 [1]	93,4 [2]
Спонгіозний шар	500 [1]	0,2 [1]	17,5 [3]
Хрящ	50 [1]	0,45 [1]	16,7 [4]

Для біологічних тканин моделі також введено коефіцієнт запасу міцності $n_{0,2} = 1,5$.

Тоді допустимі значення напружень для ендопротезу дорівнюють $[\sigma] = 131$ МПа (див. формулу 17).

З врахуванням зазначених граничних умов, засобами програмного пакету ANSYS проведено розрахунки НДС моделей плечового суглоба при різних положеннях сумарного вектора навантажень в залежності від варіанту зміщення великого горбка плечової кістки (рисунок 1.10).

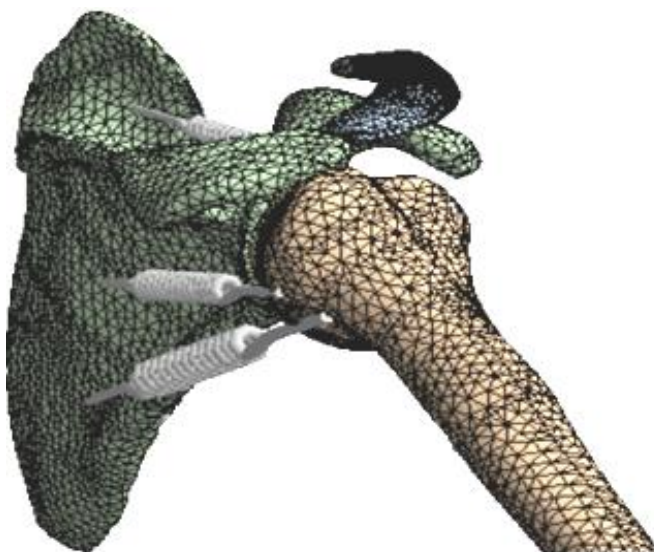


Рисунок 1.10 – Скінчено-елементна сітка на елементах моделі з однополюсним ендопротезом плечового суглоба

Оцінку НДС проводили на елементах моделі, що складають плечовий суглоб, а саме на хрящовій та кістковій тканині гленоїдальної западини, а також на поверхні ендопротезу голівки плечової кістки, в ділянках контакту суглобових поверхонь. Аналіз напружень за Мізісом та загальних переміщень (Total Deformation) здійснювали для моделі в цілому, а також окремо для елементів моделі один відносно одного, для чого задавали додаткові осі координат відносно яких визначали переміщення в кожній з площин.

1.4 Статистичне дослідження

Обробку отриманих результатів проводили у відповідності з правилами медико-біологічної статистики із використанням критерію Крускала-Уолліса (непараметричний аналог однофакторного дисперсійного аналізу) з подальшим апостеріорним (пост-хок) аналізом з використанням тесту Дана при його значущості та кореляційного аналізу якісних ознак із застосуванням поліхоричного показника зв'язку.

Критерій Крускала-Уолліса (непараметричний аналог однофакторного дисперсійного аналізу). За допомогою критерію Крускала-Уолліса оцінюємо значимість отриманих відмінностей.

Для побудови критерію здійснюють наступні дії:

- 1) всі отримані дані, незалежно від того, якій групі вони належать, розташовують в порядку зростання ознаки в єдиний ранжируваний ряд; порядкові номери кожної із варіант в цьому ряду визначають їх ранги;
- 2) визначають суми рангів, які відносяться до кожної групи, і для кожної групи визначають середній ранг;
- 3) визначають значення критерію Крускала-Уолліса H яке є мірою розходження середніх рангів (формула (18)).

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \cdot \sum_1^m n_m (\bar{R}_m - \bar{R})^2 \quad (18)$$

де m – кількість груп;

n_m - чисельність m групи;

\bar{R} - середній ранг для об'єднаної групи;

\bar{R}_m - середній ранг для кожної групи;

N – загальний об'єм всіх груп.

При великій кількості співпадаючих рангів значення H необхідно поділити на коефіцієнт

$$1 - \frac{\sum (\tau_i - 1)\tau_i(\tau_i + 1)}{N(N^2 - 1)}$$

порівнюють визначене значення H_k з критичним значенням χ^2 для числа ступеня вільності, на одиницю меншого кількості груп. Якщо значення H_k більше критичного значенням χ^2 то відмінність груп статистично значуща.

Для відповіді на питання які групи відрізняються друг від друга, а які схожі використовуємо критерій Данна (метод множинних порівнянь).

Критичне значення критерію обчислюємо по формулі (19)

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}}, \quad (19)$$

де \overline{R}_A та \overline{R}_B - середні ранги двох груп, які порівнюються;

n_A та n_B - їх об'єми;

N - загальний об'єм всіх груп.

Якщо критичне значення Q менше вибіркового, то відмінності груп статистично значущі.

Поліхоричний показник зв'язку. У випадку, коли кожна з ознак має кілька якісних градацій, зв'язок між ознаками можна оцінити за допомогою поліхоричного показника зв'язку. Для визначення цього показника складали кореляційну таблицю (табл. 1).

Таблиця 1.7 – Типова кореляційна таблиця для визначення поліхоричного показника кореляційного зв'язку

Градація другої ознаки	Градація першої ознаки			n _j
	1	2	3	
1	n ₁₁	n ₂₁	n ₁₃	Σ
2	n ₁₂	n ₂₂	n ₂₃	Σ
3	n ₁₃	n ₂₃	n ₃₃	Σ
n _i	Σ	Σ	Σ	n

За наявності кореляційної таблиці поліхоричний показник зв'язку дорівнює:

$$\rho = \frac{a-1}{\sqrt{(k_1-1)(k_2-1)}}, \quad (20)$$

де k_1, k_2 – кількість якісних градацій першої та другої ознак;

$$a = \sum_i \left(\frac{\sum_j \frac{n_{ij}^2}{n_j}}{n_j} \right). \quad (21)$$

де n_{ij} – число спостережень, що одночасно відповідають i -ї градації першої ознаки та j -ї градації другої $n_i = \sum n_{ij}$; $n_j = \sum n_{ij}$

Індекси i та j під знаками суми означають, що підсумування в першому випадку за стовпчиками, а в другому – по рядках кореляційної таблиці.

Оцінку значущості знайденого значення ρ виконували за допомогою розподілу χ^2 для числа ступенів вільності $n'=(k_1-1)(k_2-1)$:

$$\chi^2 = n(a-1), \quad (22)$$

де n – загальна кількість вибірки.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ПРИЧИН ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ ПЛЕЧОВОГО СУГЛОБА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ

2.1 Визначення структури причин первинного протезування плечового суглоба

Групу обстеження склали 143 хворих, котрим було проведено протезування плечового суглоба у відділенні мікрохірургії та реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки Державної установи «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»

Середній терміни виконання протезування плечового суглоба склав після гострої травми – $(24 \pm 10,9)$ днів та від початку захворювання – $(50,6 \pm 81,1)$ міс. Переважна кількість оперативних втручань було виконано з приводу застарілих переломів та переломовивихів проксимального епіметафізу плечової кістки (більше 3 тижнів з дня травми) та післятравматичному асептичному некрозі. Найменшу частку прооперованих хворих склали пацієнти з несправжнім суглобом плечової кістки та ротаторній артропатії (таблиця 2.1).

Середній термін перебування у стаціонарі складав $(13,74 \pm 7,05)$ днів.

Більшість хворих були жіночої статі та похилого віку. Середній вік хворих складав $64,2 \pm 10,9$ років (див. табл. 1.1).

Переважає жінок в структурі ймовірно пов'язане із гормональним дисбалансом в період постменопаузи та наявністю супутньої патології (остеопороз, діабет, дефіцит віт. Д, ожиріння), що призводить до збільшення ризику отримання переломів кісток із-за порушення мінеральної щільності. При ретроспективному

аналізі нами було виявлено, що причиною переломів переважали низькоенергетичні травми плечового суглоба у осіб старшої вікової групи (56,6 %), високоенергетичні травми склали – 43,4 %. Важкість перелому здебільшого характеризувалась станом кісткової тканини, віком хворих та механізмом травми.

В таблиці 1.2 представлений розподіл хворих із переломами та переломовивихами згідно класифікації за C.S. Neer, котрим було проведено протезування плечового суглоба.

Таблиця 2.1 – Структура причин протезувань плечового суглоба

Причина	Кількість хворих, (%)
Свіжі переломи та переломовивихи проксимального епіметафізу плечової кістки	52 (36,4 %)
Застарілі переломи та переломовивихи проксимального епіметафізу плечової кістки	32 (22,4%)
Післятравматичний асептичний некроз	29 (20.2%) ¹
Травматичні ушкодження РМП	18 (12.6%) ^{1,2}
Несправжній суглоб	12 (8.4%) ^{1,2}

Примітка 1. Різниця достовірна відносно «уламкові переломи проксимального епіметафізу плечової кістки тип 3 та тип 4 за Neer»

Примітка 2. Різниця достовірна відносно «післятравматичний асептичний некроз»

Згідно нашому аналізу даних ми бачимо, що найчастішим показом до протезування плечового суглоба були 4-ьох фрагментарні переломи та переломовивихи, що співпадає із даними літератури. У 2-х хворих ми провели протезування плечового суглоба із двохфрагментарними переломами, оскільки зміщення фрагментів було достатньо велике та інтраопераційно було діагностовано ознаки ішемії уламків, що неодмінно призведе до незадовільного результату при виконанні остеосинтезу.

При оперативному лікуванні методом відкритої репозиції у віддалених термінах спостерігали:

- незрощення горбів плечової кістки;
- прорізування гвинтів та міграцію металофіксаторів;
- порушення техніки репозиції уламків, що призводило до порушення

біомеханіки плечового суглоба та зміни вектору сил структур ротаторної манжети.

Як наслідок отримували незрощення перелому та формування ділянок остеонекрозу, що призводило до протезування плечового суглоба.

За результатами проведеного аналізу клінічних та рентгенологічних даних обстеження хворих із наслідками ушкоджень проксимального епіметафіза плечової кістки ми виявили цілу низку факторів, які тією чи іншою мірою впливають на розвиток післятравматичного остеонекрозу (рисунок 2.1)

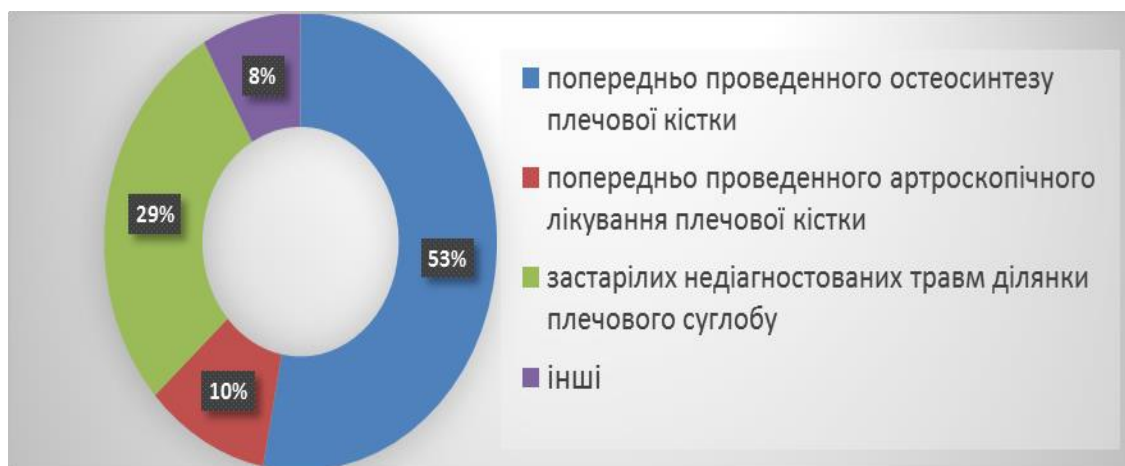


Рисунок 2.1 – Структура післятравматичного остеонекрозу голівки плечової кістки

В переважній більшості дане ускладнення пов'язано із зміщенням і кількістю уламків та лініями переломів (як описано C.S. Neer). Вік старше 60 років у жінок потрібно розглядати як групу високого ризику незрощення, особливо із-за гормонального дисбалансу після менопаузи.

Згідно наших спостережень, переважна кількість випадків післятравматичного остеонекрозу спостерігалась у хворих в анамнезі яких було проведено оперативне лікування проксимального епіметафізу плечової кістки 53%

($p < 0,03$). Причинами невдач варто відмітити: 1) неінвазивність доступу; 2) нехтування планом передопераційного планування; 3) неадекватний вибір імплантів та їх позиціонування. Не встановлено часової взаємозалежності між часом виконання відкритої репозиції уламкового перелому плечової кістки та часом проведеного оперативного лікування. [93].

Не менш важливим фактором розвитку остеонекрозу у наших пацієнтів була важка супутня патологія (анемія, прийом кортикостероїдів, перенесена в анамнезі хіміотерапія та ін.). Отже, ґрунтуючись на аналізі даних можна сказати, що при важких ушкодженнях проксимального епіметафіза плечової кістки ризик виникнення остеонекрозу залишається високим, особливо після проведених оперативних втручаннях. Навіть ідеально проведені оперативні втручання не є запорукою гарного результату лікування, не кажучи вже про “незначні” хірургічні помилки.

Масивні пошкодження ротаторної манжети плеча, що не піддаються відновленню є найбільш частим показанням для реверсивного протезування. Згідно наших спостережень частка хворих котрим проводилось протезування плечового суглоба із ушкодженнями ротаторної манжети становить 11,1 %. При масивних ушкодженнях ротаторної манжети (> 5 см) утримання голівки плечової кістки в центрі суглобової западини стає важким і може привести до дисбалансу плеча [94]. Ця нерівномірність ставить дельтоподібний м'яз в не вигідне становище з механічної точки зору, знижуючи здатність піднімати руку (псевдопараліч).

Хоча за останні 10 років методи відновлення ротаторної манжети значно вдосконалились [95], невідновні розриви, які характеризуються ураженням як мінімум двох сухожилків і дегенеративних змін, жировою інфільтрацією м'язів ротаторної манжети, не можуть бути успішно відновлені за допомогою артроскопічної чи відкритої техніки. Також з протоколів операцій визначено, що в переважній більшості випадків ми спостерігали виражене рубцеве переродження ротаторної манжети плеча і дегенерацію сухожилків, що ускладнювало не тільки їх повноцінну мобілізацію і відтворення балансу, а й ставило під сумнів хороші функціональні результати оперативного лікування.

В більшості випадків хворим було виконано однополюсне ендопротезування плечового суглоба 126 (78,7 %), реверсивне протезування – 27 (15,6 %) та тотальне протезування – 9 (5,6 %) відповідно.

Таким чином визначено, що:

1. Аналіз наших спостережень показав, що причинами протезування плечового суглоба є важкі ушкодження, що виникають при високоенергетичних травмах – 84 (58,8 %) хворих, та післятравматичному асептичному некрозі – 29 (20,2 %);

2. Свіжі та застарілі переломи і переломи-вивихи проксимального метаепіфізу плечової кістки є одним із найчастіших травм згідно аналізу – 52 (36,4 %), та 32 (22,4 %), а їх кількість та складність продовжує збільшуватись з віком;

3. Травматичні ушкодження структур ротаторної манжетки складають – 12,6 % в загальній структурі;

4. Розуміння етіологічних факторів що призвели до ендопротезування плечового суглоба, дає можливість прогнозувати віддалені функціональні результати та працювати над зменшенням кількості таких хворих.

2.2 Порівняння шкал-опитувальників для оцінки функції плечового суглоба у пацієнтів після однополюсного ендопротезування плечового суглоба

Дослідження проводилось на базі ДУ “Інститут травматології та ортопедії НАМН України” в період з 2020 р. по 2021 р. В дослідженні взяли участь 50 пацієнтів, які поступили до інституту для ендопротезування плечового суглобу. Всім пацієнтам до та через 3 та 12 місяців після оперативного втручання було проведено оцінку функціонального стану плечового суглобу з допомогою оцінювальних шкал.

Для аналізу було визначено 4 оцінювальні шкали: Oxford Shoulder Score, Constant Shoulder Score, Шкала - ASES та шкала - SPADI.

Оціночні шкали, що вибрані для аналізу об'єднувалися за двома параметрами це: а) оцінка функції плечового суглоба або верхньої кінцівки за руховими тестами; б) визначення вираженості больового синдрому у плечовому суглобі чи верхній кінцівці. Особливості параметрів різних оціночних шкал наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Елементи показників результату оціночних шкал

	Оцінка стабільності плечового суглоба	Оцінка больового синдрому	Оцінка функціонального стану плечового суглоба	Оцінка об'єму рухів у плечовому суглобі	Оцінка сили м'язів ділянки плечового суглоба	Оцінка можливості самообслуговування	Прийом знеболюючих препаратів	Працездатність
Constant Shoulder Score	-	+	+	+	+	-	-	-
Oxford Shoulder Score	-	+	-	-	-	+	-	+
Шкала ASES	-	+	+	-	+	+	+	-
Шкала SPADI	-	+	+	-	-	+	-	-

Проаналізувавши 50 пацієнтів із ушкодженнями плечового суглоба із використанням 4 оціночних систем функції плечового суглоба, виявили, що дані системи оцінки відрізняються між собою. Враховуючи відмінні типи ушкоджень та важкість ушкодження плечового суглоба використання тої чи іншої системи оцінки має свої переваги та недоліки. Елементи показників шкал суттєво відрізнялись в різних шкалах, зокрема оцінка стабільності плечового суглоба оцінювалась у одній

шкалі, аналіз об'єму рухів у плечовому суглобі лише у одній оціночній системі, суб'єктивна оцінка порушення функції плечового суглобу та верхньої кінцівки що впливала на побутові потреби та самообслуговування пацієнта була у трьох шкалах.

За 4 вищевказаним системам оцінки функції плечового суглоба звернули увагу на те, що різноманітні системи оцінки по-різному реагують на тяжкість травми та характер ушкодження.

Кінцевий результат у балах оцінки функціонального стану плечового суглоба за чотирма шкалами до та після оперативного втручання через 3 та 12 місяців, а також приріст функції представлено на рис. 2.2- 2.5.

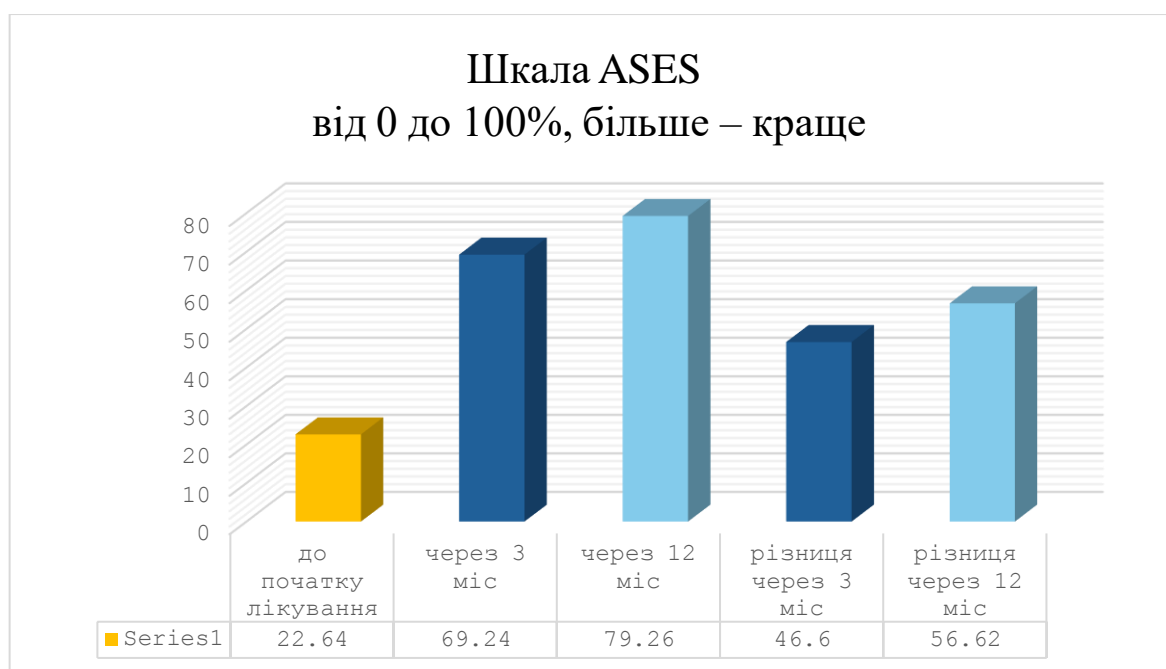


Рисунок 2.2 – Кінцевий результат у балах оцінки функціонального стану плечового суглоба за шкалою ASES після оперативного втручання через 3 та 12 місяців, а також приріст функції

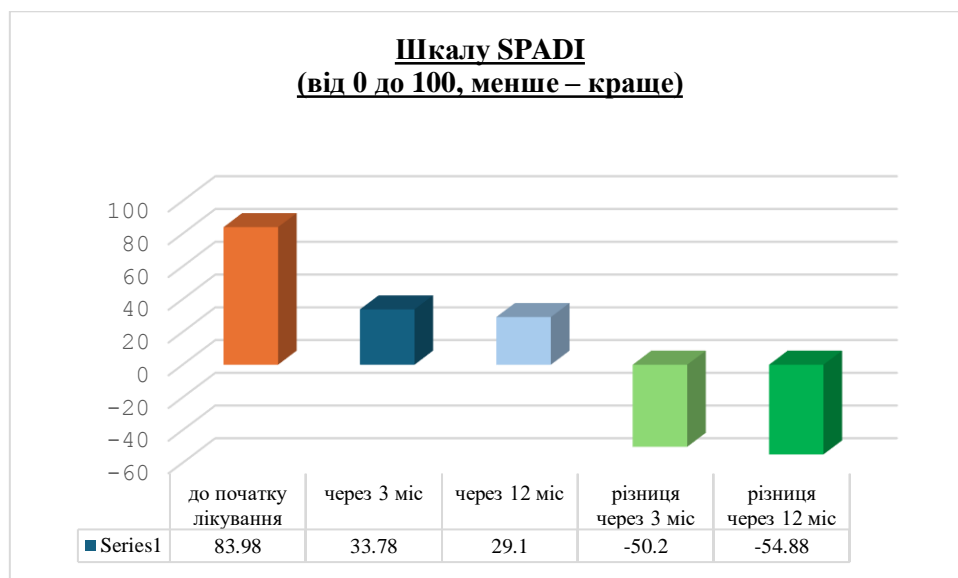


Рисунок 2.3 – Кінцевий результат у балах оцінки функціонального стану плечового суглоба за шкалою SPADI, до та після оперативного втручання через 3 та 12 місяців, а також приріст функції

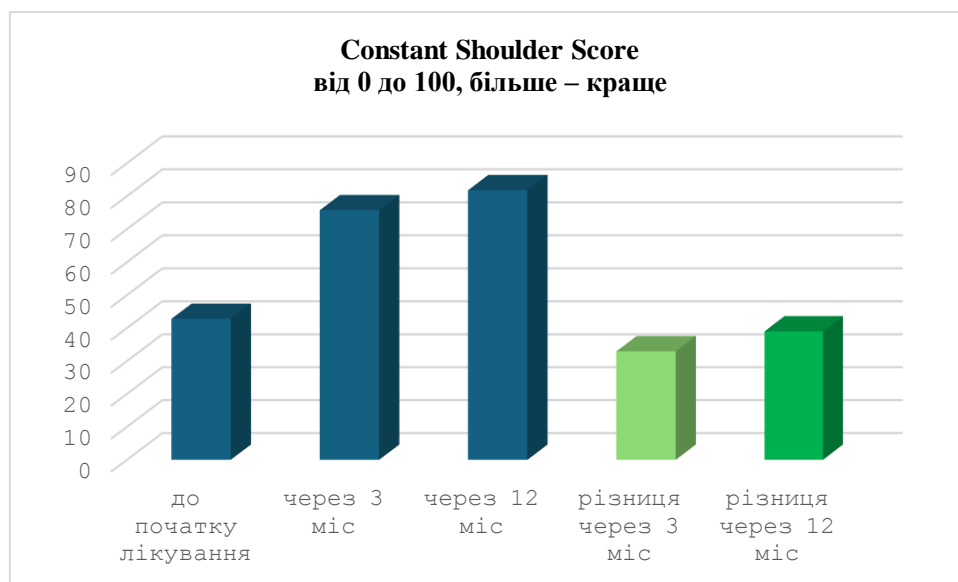


Рисунок 2.4 – Кінцевий результат у балах оцінки функціонального стану плечового суглоба за шкалою Constant Shoulder Score, до та після оперативного втручання через 3 та 12 місяців, а також приріст функції

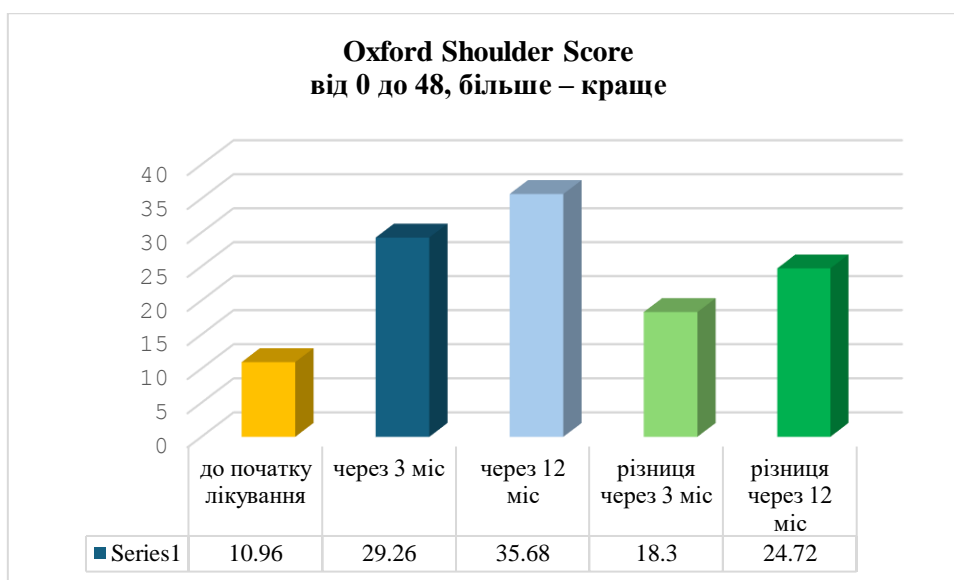


Рисунок 2.5 – Кінцевий результат у балах оцінки функціонального стану плечового суглоба за Oxford Shoulder Score після оперативного втручання через 3 та 12 місяців, а також приріст функції

Зокрема, **Шкала ASES** була розроблена для кількісної оцінки функціональних порушень та болю в плечі у осіб із патологією плечового суглоба (див. рис. 2.2). Питання стосувались звичного виду праці та спортивної чи дозвільної активності, прийому різних видів анальгетиків і їх кількості на день, наявності чи відсутності болю в плечі по ночах. Підрахунок є дещо складним для інтерпретації результатів, проте час на заповнення складає не більше 5-7 хвилин. У наших спостереженнях ми відмітили найбільшу різницю в прирості процентів протягом року згідно даних шкали. [96].

Система оцінки **SPADI** була розроблена як інструмент, що може кількісно визначити рівень болю та працездатності у пацієнтів з патологіями плеча, як до та після початку лікування. У пацієнтів котрих ми спостерігали відмічено мінімальну різницю (4,6 балів) в прирості балів протягом 1 року. Це особливо важливо для хворих працездатного віку адже після проведеного ендопротезування плечового суглоба оцінка та контроль функціонального стану дозволить прогнозувати терміни реабілітації та відновлення. Зручність використання шкали SPADI, швидкість заповнення та велика кількість досліджень забезпечують широке використання цієї шкали у пацієнтів після ендопротезування. Під час аналізу

відсотків змін функціонального стану плечового суглоба після ендопротезування, звернули увагу на те що найбільший відсоток приросту зафіксовано за шкалою ASES, а найменший за шкалою SPADI.

Оціночна **система CMS** є найбільш поширеною шкалою для оцінки стану пацієнтів з патологіями плечових суглобів в Європі та рекомендується Європейським Товариством хірургії плеча та ліктя (European Society of shoulder and Elbow surgery, ESSE) в якості «золотого стандарту» подібних шкал.

Шкали ASES, SPADI та Oxford Shoulder Score (рис.2.5) містять набір питань щодо побутових обмежень. Опитувальники даних оціночних шкал є практичними з точки зору оцінки відділених результатів у пацієнтів після ендопротезування, оскільки можуть бути заповнені пацієнтом віддалено та не потребують особистої присутності. Тести, що заповнюються пацієнтом самостійно, краще оцінюють результати лікування, ніж об'єктивні тести для клініцистів. Підрахунок результатів за шкалами ASES, SPADI може виявитись надто громіздким. За допомогою даних шкал ми можемо оцінити наскільки ушкоджена верхня кінцівка (зокрема плечовий суглоб) впливає на побутове та соціальне життя пацієнта.

Стабільно середні результати приросту функціонального стану плечового суглоба ми спостерігали за шкалою Constant Shoulder Score, що підтверджує її надійність та чутливість для дослідження впливу оперативного втручання на плечовому суглобі (див. рис. 2.4). Таким чином, на нашу думку, найбільш поміркованою збалансованою системою оцінки є шкала Constant Shoulder Score, оскільки містить не лише кількісні характеристики, але й якісні критерії оцінки результатів лікування. Точність вимірювання об'єму рухів, з використанням гоніометра, дає можливість оцінити функцію сухожилків ротаторної манжетки, а саме значне обмеження відведення плеча свідчить про порушення функції сухожилків надостьового та підлопаткового м'язів, обмеження зовнішньої ротації – порушення функції сухожилків малого круглого та підостьового м'язів. Зміни об'єму рухів в тому чи іншому діапазоні може свідчити про децентрацію голівки ендопротезу в суглобовій западині, що є важливим для оцінки віддалених результатів після ендопротезування плечового суглоба та може свідчити про

нестальність компонентів ендопротезу тощо. Шкала CMS дозволяє проводити порівняльну оцінку змін об'єму рухів після оперативного лікування у довгостроковій перспективі. Оцінка сили сухожилків та м'язів, що беруть участь у відведенні плеча із використанням вантажу, має масу від 0,45 кг до 5,4 кг дозволяє нам спостерігати кількісний приріст функції (або депресію) у довгостроковому спостереженні та пропонувати відповідно до індивідуальних результатів ту чи іншу схему реабілітаційного лікування, із використанням вправ на укріплення конкретної групи сухожилків ротаторів. Тому ми рекомендуємо до використання даної оціночної шкали у пацієнтів як базисну для оцінки результатів лікування хворих після ендопротезування плечового суглоба.

Таким чином визначено, що:

1. Шкали CMS та ASES найбільш популярні, що пов'язано з їх простотою у використанні, широко валідовані та збалансовані за об'єктивними та суб'єктивними критеріями.

2. У результаті аналізу 4 основних шкал оцінки функції плечового суглоба найбільш збалансованою системою оцінки є шкала Constant Shoulder Score, оскільки містить не лише кількісні характеристики, але й якісні критерії визначення результатів лікування.

3. Параметри оцінки стану плечового суглоба у різних шкалах мають відмінні показники приросту функції в часовому проміжку, шкала ASES в нашому спостереженні показала найбільшу різницю в прирості процентів протягом року згідно даних шкали.

4. Шкала CMS включає в одну стандартизовану форму як суб'єктивні, так і об'єктивні показники, що підвищують точність у визначенні об'єму рухів та сили при відведенні плеча з вантажем після ендопротезування. Використання даної шкали дозволяє більш виважено підійти до формування індивідуальних схем реабілітаційного лікування у коротких та віддалених термінах післяопераційного періоду.

5. При оцінці функції плечового суглоба у хворих після ендопротезування доцільно використовувати оціночні системи ASES та CMS.

2.3 Визначення ефективності оперативного лікування хворих після однополюсного ендопротезування плечового суглоба залежно від розташування великого горбка плечової кістки

Дані отримані при клінічному обстеженні груп хворих через 3 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно клінічної класифікації CMS представлено у таблиці 2.3 та рисунку 2.6.

Таблиця 2.3 – Дані обстеження груп хворих через 3 місяця після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації CMS.

	Локалізація реінсерції великого горбка				
	великий горбок в нормальному положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Бали за класифікацією CMS, (M \pm m)	91,45 \pm 1,10	84,34 \pm 0,83	82,23 \pm 0,88	59,14 \pm 0,88*	58,03 \pm 0,90*

Примітка. Дані статистично достовірно ($p \leq 0,01$) відмінні від даних групи хворих із реінсерцією великого горбка у нормальному положенні

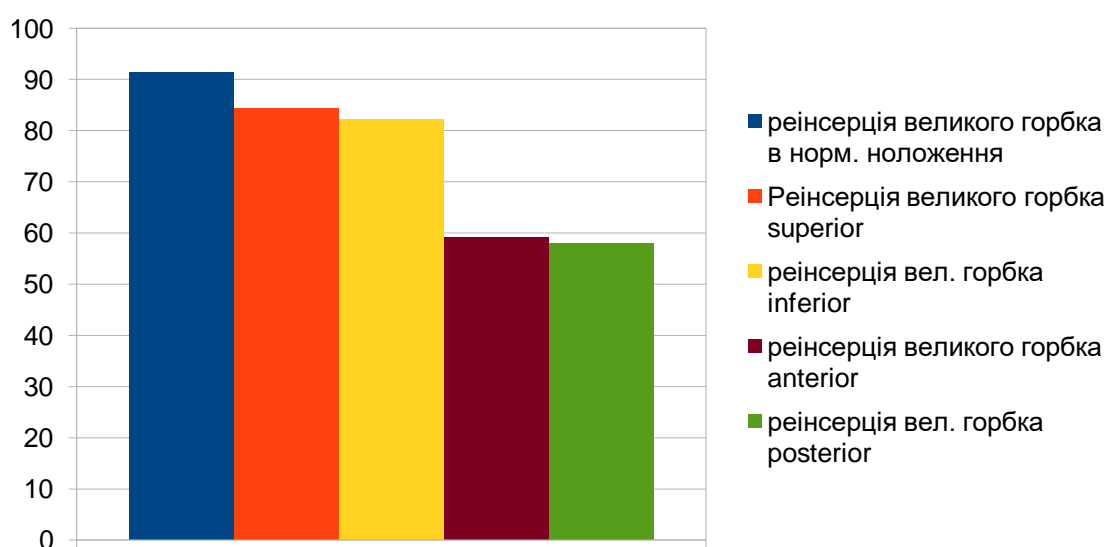


Рисунок 2.6 – Дані обстеження груп хворих через 3 місяця після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації CMS

Аналізуючи дані табл. 2.3 та рис.2.6 визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження бальних показників у хворих із реінсерцією великого горбка anterior та posterior від норми в порівнянні з групою хворих де великий горбок синтезувався в нормальному положенні (додаток Д). Детальний аналіз результатів по групах хворих відносно розташування горбків представлений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дані обстеження груп хворих через 3 місяця після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації CMS (розгорнуте дослідження)

Показники, бали	Дослідна група				
	великий горбок у нормальному положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Біль	13,14	12,10	12,05	11,01	11,00
Побутова активність	14,13	15,06	14,07	10,04*	10,02*
Об'єм рухів	34,06	30,07	30,04	20,06*	19,00*
Сила	30,12	27,11	26,07	18,03*	18,01*
Всього	91,45	84,34	82,23	59, 14*	58, 03*

Примітка. Дані статистично достовірні ($p \leq 0,01$) відмінні від даних де великий горбок знаходиться в норм. положенні

Аналізуючи дані табл. 2.4 визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження характеристик побутової активності, об'єму рухів та сили м'язів бальних показників згідно класифікації CMS у дослідних підгрупах хворих де великий горбок плечової кістки знаходився anterior та posterior від норми в порівнянні з даними контрольної групи хворих де великий горбок не переміщався. Такі ж показники дещо зменшені при положенні горбка superior та inferior від норми. Бальні показники болю не відрізняються у контрольній та дослідних підгрупах обстежених хворих.

Дані отримані при клінічному обстеженні груп хворих через 3 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно клінічної класифікації ASES представлено у таблиці 2.5 та рисунку 2.7.

Таблиця 2.5 – Дані обстеження груп хворих через 3 місяця після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації ASES. Бали

	Локалізація реінсерції великого горбка				
	великий горбок в нормальному положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Бали за класифікацією ASES, (M \pm m)	85,83 \pm 0,56	75,91 \pm 0,96	75,27 \pm 0,96	56,09 \pm 1,17*	55,74 \pm 2,13*

Примітка. Дані статистично достовірно ($p \leq 0,01$) відмінні від даних групи хворих із реінсерцією великого горбка у нормальному положенні

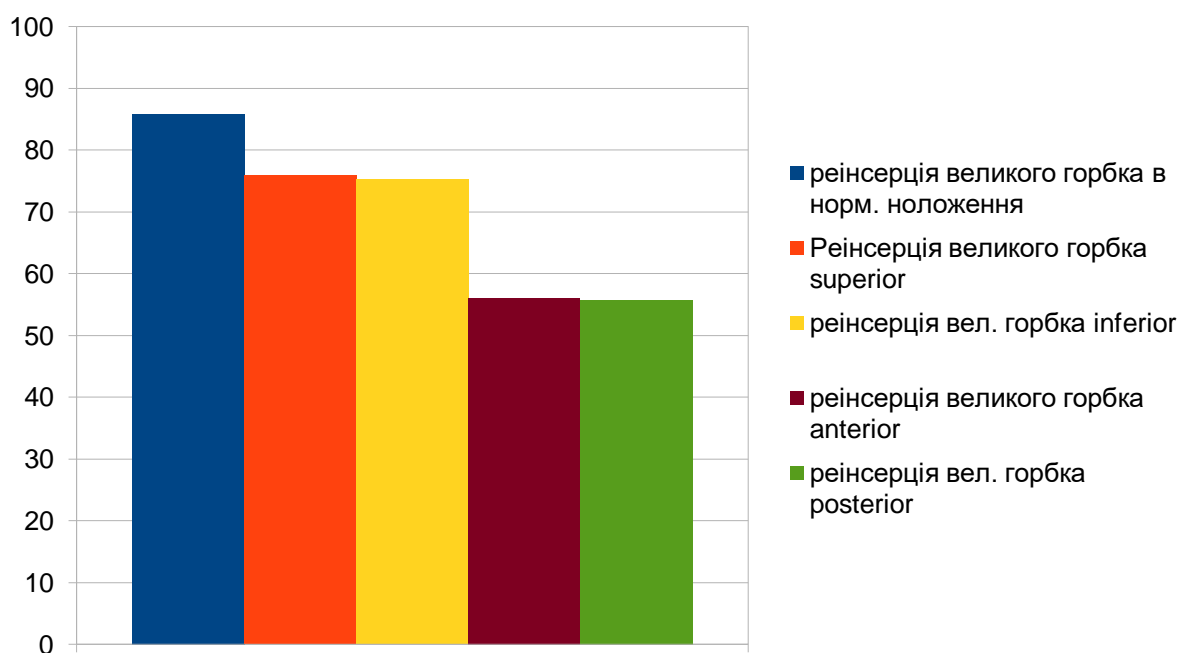


Рисунок 2.7 – Дані обстеження груп хворих через 3 місяця після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації ASES

Аналізуючи табл. 2.5 та рис.2,7 визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження бальних показників за шкалою ASES у хворих із реінсерцією великого горбка anterior та posterior від норми в порівнянні з групою хворих де великий

горбок синтезувався в нормальному положенні (додаток Д). Більш розгорнуте дослідження цих груп хворих представлено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Дані обстеження груп хворих через 3 місяця після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації ASES (розгорнуте дослідження)

Показники, бали	Дослідна група				
	великий горбок в нормальному положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Біль	44,43	40,00	40,00	35,00	40,00
Побутова активність	41,40	35,91	35,27	21,09*	15,74*
Всього	85,83	75,91	75,27	56,09*	55,74*

Примітка. Дані статистично достовірно ($p \leq 0,01$) відмінні від даних де великий горбок знаходиться в нормальному положенні.

Аналогічні результати отримані і при обстеженні хворих згідно класифікації ASES (див. табл. 2.6). Відмічається статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження показника побутової активності в дослідних підгрупах anterior та posterior від норми (21,09 балів та 15,74 балів) в порівнянні з підгрупою де великий горбок синтезувався в нормальному положенні (41,40 балів). Дещо зменшені показники побутової активності при положенні горбка superior та inferior від норми (35,91 балів та 35,27 балів відповідно). Показники болю не відрізнялися у всіх підгруп обстежених хворих.

Дані отримані при клінічному обстеженні груп хворих через 12 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно клінічної класифікації CMS представлено у таблиці 2.7 та рисунку 2.8.

Таблиця 2.7 – Дані обстеження груп хворих через 12 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації CMS.

	Локалізація реінсерції великого горбка				
	великий горбок в нормальному положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Бали за класифікацією CMS, (M \pm m)	95,85 \pm 0,75	86,80 \pm 0,87	85,27 \pm 0,58	60,63 \pm 0,75*	59,76 \pm 0,77*

Примітка. Дані статистично достовірно ($p \leq 0,01$) відмінні від даних групи хворих із реінсерцією великого горбка у нормальному положенні

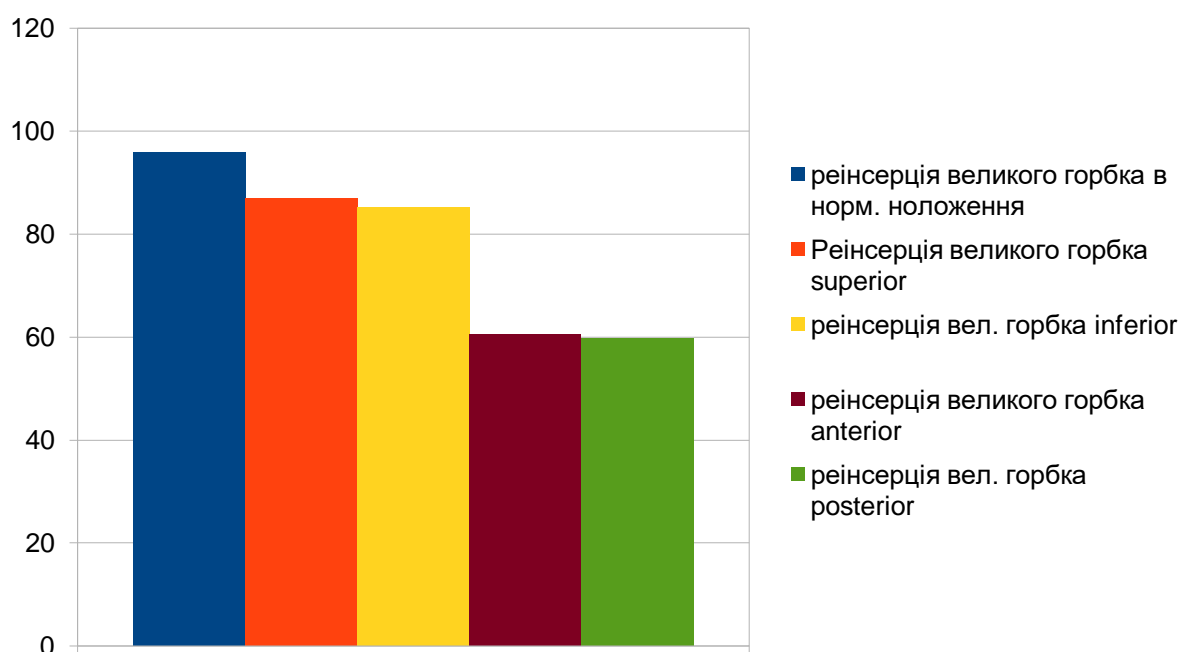


Рисунок 2.8 – Дані обстеження груп хворих через 12 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації CMS

Аналізуючи дані табл. 2.7 та рис.2,8 визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження бальних показників за шкалою CMS через 12 місяців після оперативного втручання у хворих із реінсерцією великого горбка anterior та posterior від норми в порівнянні з групою хворих де великий горбок синтезувався в нормальному положенні (додаток Д). Більш розгорнуте дослідження цих груп хворих представлено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Дані обстеження груп хворих через 12 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації CMS (розгорнуте дослідження)

Показники, бали	Дослідна група				
	великий горбок в нормальном у положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Біль	13,24	13,15	13,14	11,21	12,32
Побутова активність	18,30	16,20	15,02	10,17*	10,06*
Об'єм рухів	34,01	31,27	30,00	20,14*	19,21*
Сила	30,00	26,18	27,11	19,11*	18,17*
Всього	95,85	86,80	85,27	60,63*	59,76*

Примітка. Дані статистично достовірно ($p \leq 0,01$) відмінні від даних де великий горбок знаходиться в норм. положенні.

Аналізуючи дані табл. 2.8 визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження характеристик побутової активності, об'єму рухів та сили м'язів бальних показників згідно класифікації CMS у дослідних підгрупах хворих через 12 місяців після однополюсного ендопротезування плечового суглоба де великий горбок плечової кістки знаходився anterior та posterior від норми в порівнянні з даними групи хворих де великий горбок синтезувався в нормальне положення. В порівнянні з показниками тих же хворих в ранньому післяопераційному періоді (3 міс після оперативного втручання, табл. 2.4) спостерігається практично такі ж бальні показники побутової активності – 10,06 балів (10,02 — через 3 місяця спостереження), незначне збільшення показників об'єму рухів (від 20,06 до 20,14 балів при великому горбку anterior від норми, від 19,00 до 19,21 бали при великому горбку posterior від норми) сили м'язів плечового поясу (від 18,03 до 19,11 балів при великому горбку anterior від норми, від 18,01 до 18,17 бали при великому горбку posterior від норми). Такі ж показники дещо зменшені в порівнянні з

групою при нормальному положенні горбка при положенні горбка superior та inferior від норми. Бальні показники болю не відрізняються у контрольній та дослідних підгрупах обстежених хворих.

Дані отримані при клінічному обстеженні груп хворих через 12 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно клінічної класифікації ASES у таблиці 2.9 та рисунку 2.9.

Таблиця 2.9 – Дані обстеження груп хворих через 12 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації ASES

	Локалізація реінсерції великого горбка				
	великий горбок в нормальному положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Бали за класифікацією ASES, (M±m)	90,23± 0,75	78,20± 0,81	77,43± 1,29	57,79± 1,24*	57,81± 1,62*

Примітка. Дані статистично достовірно ($p \leq 0,01$) відмінні від даних групи хворих із реінсерцією великого горбка у нормальному положенні

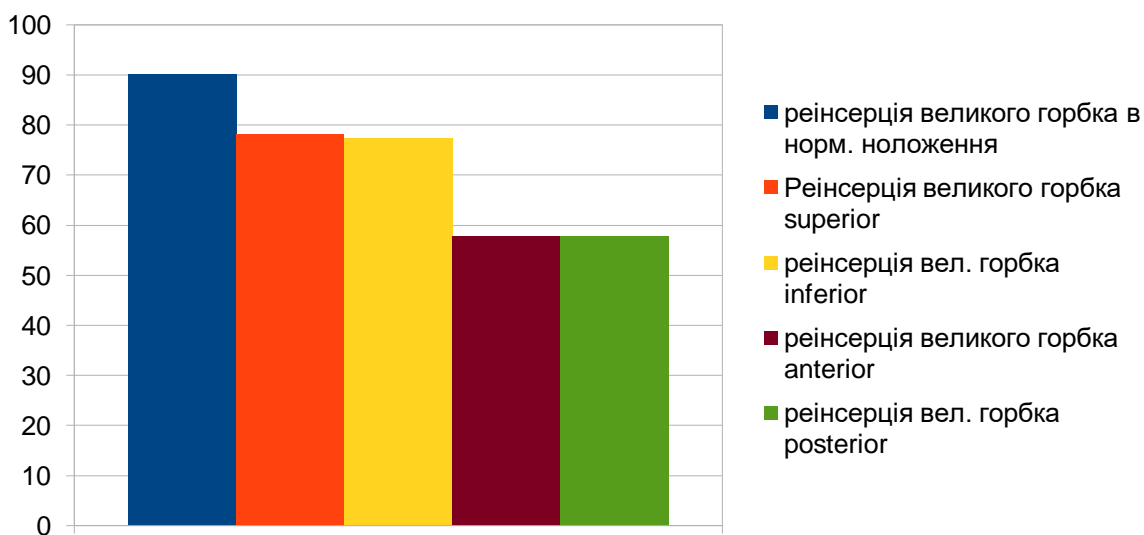


Рисунок 2.9 – Дані обстеження груп хворих через 12 місяців після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації ASES

Аналізуючи дані табл. 2.9 та рис.2.9 визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження бальних показників за шкалою ASES через 12 місяців після

оперативного втручання у хворих із реінсерцією великого горбка anterior та posterior від норми в порівнянні з групою хворих де великий горбок синтезувався в нормальному положенні (додаток Д). Більш розгорнуте дослідження цих груп хворих представлено в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Дані обстеження груп хворих через 3 місяця після ендопротезування плечового суглоба згідно класифікації ASES (розгорнуте дослідження).

Показники, бали	Дослідна група				
	великий горбок в нормальному положенні	великий горбок superior від норми	великий горбок inferior від норми	великий горбок anterior від норми	великий горбок posterior від норми
Біль	45,00	45,00	40,00	35,00	40,00
Побутова активність	45,23	33,20	37,43	22,79*	17,81*
Всього	90,23	78,20	77,43	57,79*	57,81*

Аналізуючи дані табл. 2.10 визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження характеристик побутової активності бальних показників згідно класифікації ASES у дослідних підгрупах хворих через 12 місяців після однополюсного ендопротезування плечового суглоба де великий горбок плечової кістки знаходився anterior та posterior від норми в порівнянні з даними групи хворих де великий горбок синтезувався в нормальному положенні. В порівнянні з показниками тих же хворих в ранньому післяопераційному періоді (3 міс після оперативного втручання див. табл. 2.6) спостерігається незначне збільшення показників побутової активності (від 21,09 балів до 22,79 балів при великому горбку anterior від норми, від 15,74 балів до 17,81 балів при великому горбку posterior від норми). Показник побутової активності дещо зменшений в порівнянні з групою де великий горбок синтезувався в нормальному положенні при положенні горбка superior та inferior від норми. Бальні показники болю не відрізняються у контрольній та дослідних підгрупах обстежених хворих.

Таким чином проведене клінічне дослідження довело, що розташування горбка впливає на приріст функції та ефективність ендопротезування плечового суглоба згідно класифікацій CMS та ASES. При виконанні ендопротезування плечового суглоба треба робити реінсерцію горбка максимально точно в точці його анатомічного розташування. Зміщення горбка anterior чи posterior від норми значно погіршує післяопераційну біомеханіку плечового суглоба, що безумовно знижує приріст показників об'єму руху, сили м'язів плечового поясу та побутової активності прооперованих хворих.

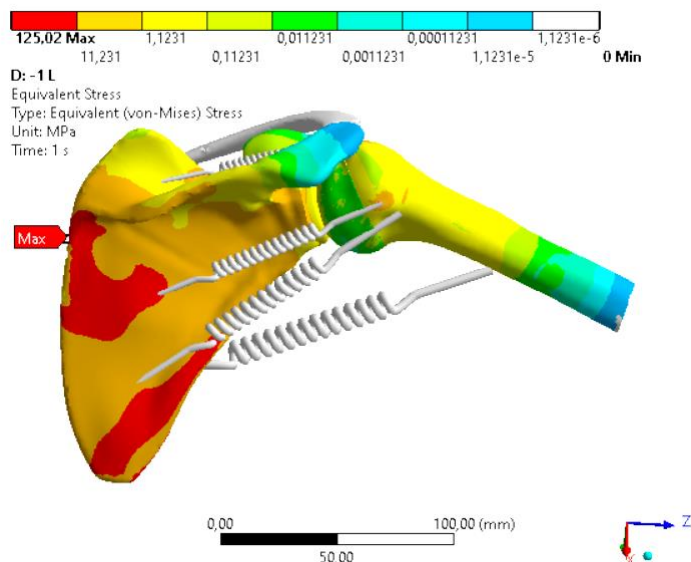
РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НА ЕЛЕМЕНТАХ МОДЕЛІ ПЛЕЧОВОГО СУГЛОБА ПРИ ЗМІЩЕННІ ВЕЛИКОГО ГОРЬКА

3.1 Результати біомеханічних досліджень

3.1.1 Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні хрящ голівки плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини)

Розрахунки НДС для всієї моделі в цілому представлено на рисунку 3.1.



а) Напруження ($\sigma_{\max} = 125,02 \text{ MPa}$)

Рисунок 3.1 – Загальні результати розрахунку НДС для цілої моделі

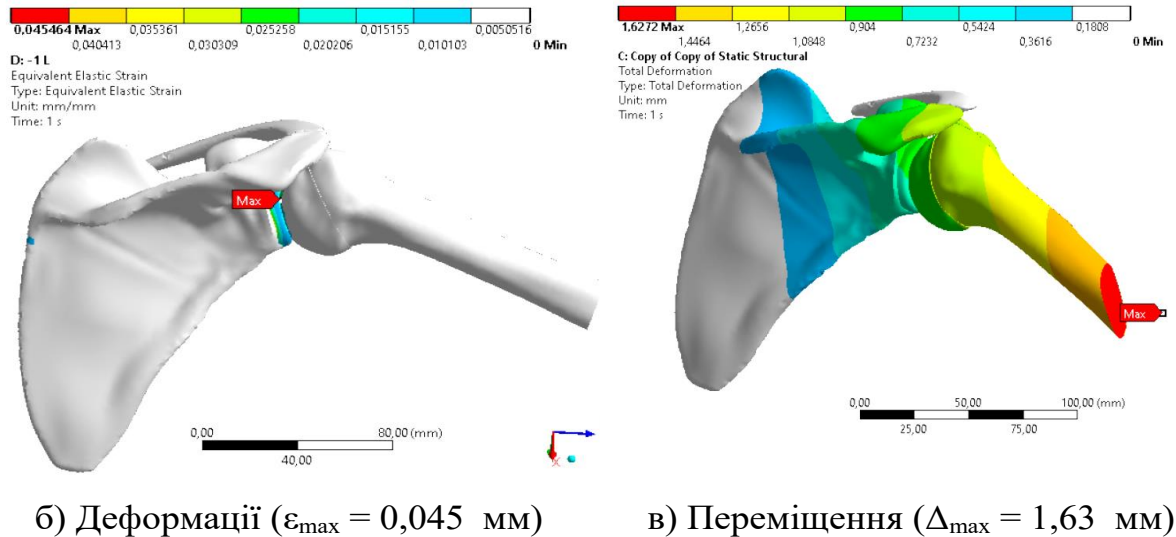


Рисунок 3.1, аркуш 2

Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при нормальній позиції великого горбка плечової кістки (голівку повернуто на 180 градусів навколо осі Z, яка направлена в гору), представлено на рисунку 3.2.

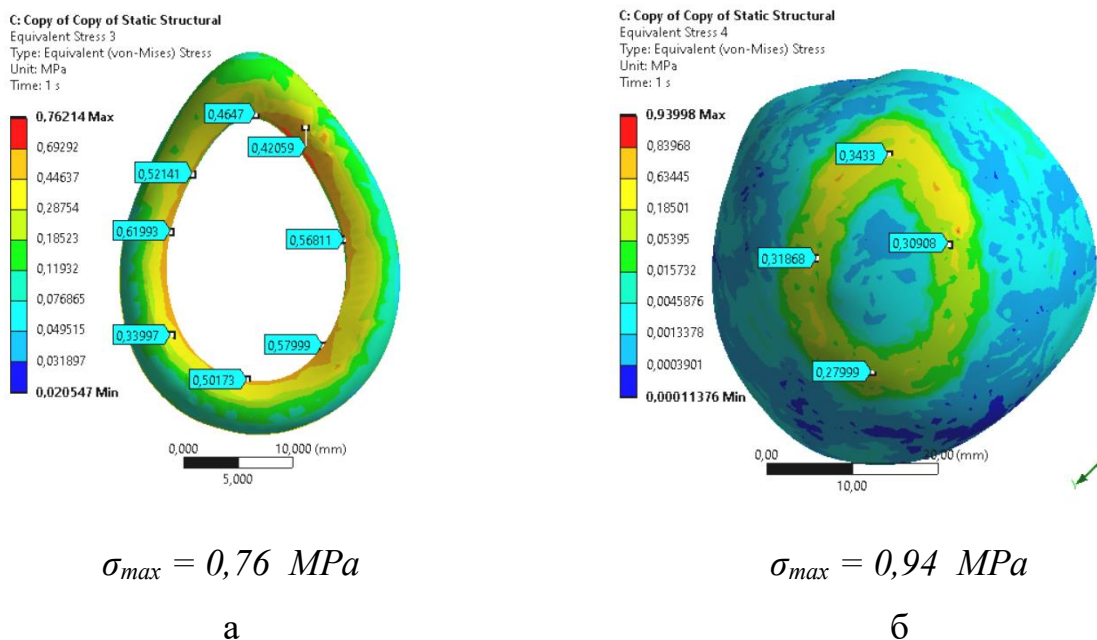


Рисунок 3.2 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при нормальній позиції великого горбка плечової кістки на: а) – суглобовій губі, б) – хрящі голівки плечової кістки, в) – кістковій тканині гленоїдальної западини, г) – кістковій тканині голівки плечової кістки

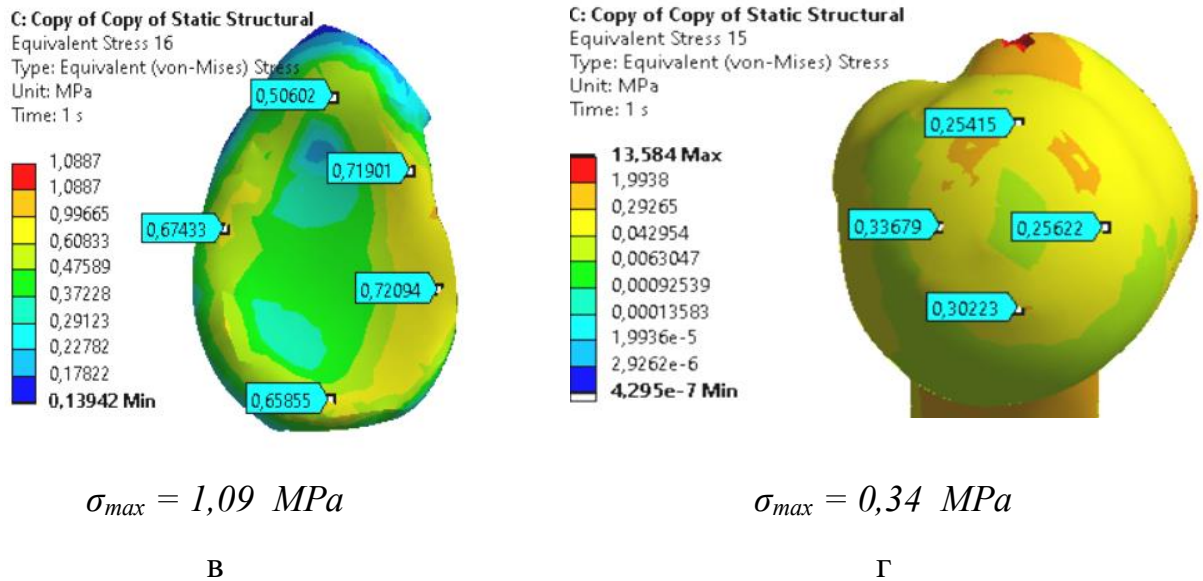


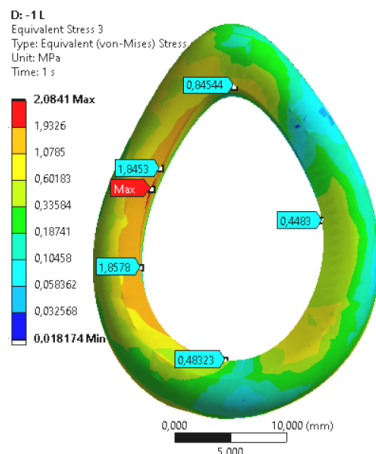
Рисунок 3.2, аркуш 2

При нормальній позиції великого горбка плечової кістки (див. рис. 2.7) напруження на всіх елементах моделі розподіляються рівномірно, максимальні напруження не перевищують 1 МПа, які розподілені по зоні контакту. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{max} = 0,76 \text{ МПа}$, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{max} = 0,94 \text{ МПа}$, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – $\sigma_{max} = 1,09 \text{ МПа}$, на субхондральній кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{max} = 0,85 \text{ МПа}$. На плечовій кістці присутні ділянки концентрації напружень в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{max} = 13,58 \text{ МПа}$, які не перевищують межі міцності тканин.

3.1.2 Визначення напружено-деформованого стану на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні хрящ голівки плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини при зміщенні великого горбка у 5 різних варіантах)

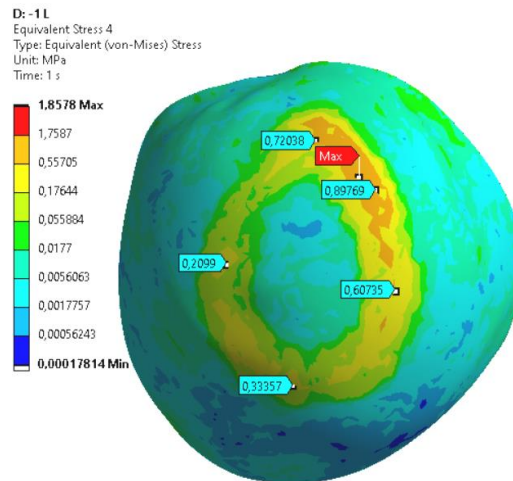
При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см posterior (рис. 3.3) навантаження на м'язи також змінюються і напруження на елементах моделі

розподіляються не рівномірно. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{\max} = 2,08$ МПа, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 1,86$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – $\sigma_{\max} = 2,81$ МПа, на субхондральній кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 3,14$ МПа. На плечовій кістці зростають значення показників напруження в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{\max} = 22,71$ МПа. Як можна спостерігати, напруження на всіх елементах моделі збільшуються приблизно у 2,1-2,44 рази, але не перевищують межі міцності тканин.



$$\sigma_{\max} = 2,08 \text{ МПа}$$

а



$$\sigma_{\max} = 1,86 \text{ МПа}$$

б

Рисунок 3.3 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см posterior: а) – суглобовій губі, б) - хрящі голівки плечової кістки, в) – кістковій тканині гленоїдальної западини, г) - кістковій тканині голівки плечової кістки.

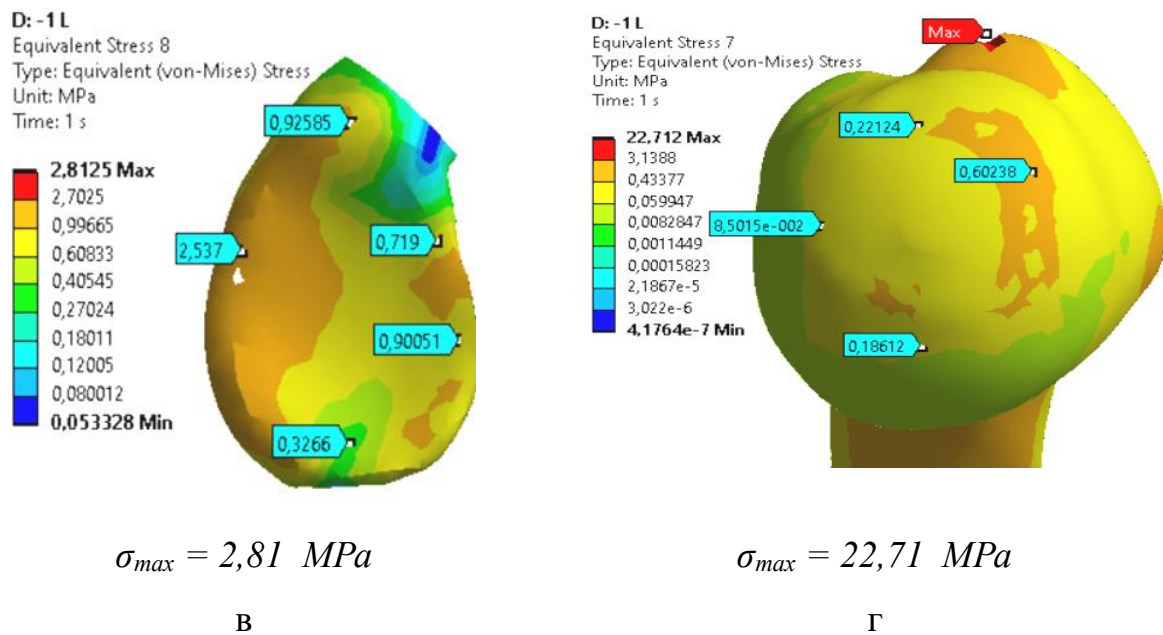


Рисунок 3.3, аркуш 2

При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см anterior (рис. 3.4) навантаження на м'язи також змінюються і напруження на елементах моделі розподіляються не рівномірно. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{max} = 2,64 \text{ MPa}$, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{max} = 2,04 \text{ MPa}$, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – $\sigma_{max} = 4,30 \text{ MPa}$, на субхондральній кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{max} = 1,19 \text{ MPa}$. На плечовій кістці зростають значення показників напруження в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{max} = 7,92 \text{ MPa}$. Як можна спостерігати, напруження на всіх елементах моделі збільшуються приблизно у 2,52-2,85 рази, але не перевищують межі міцності тканин.

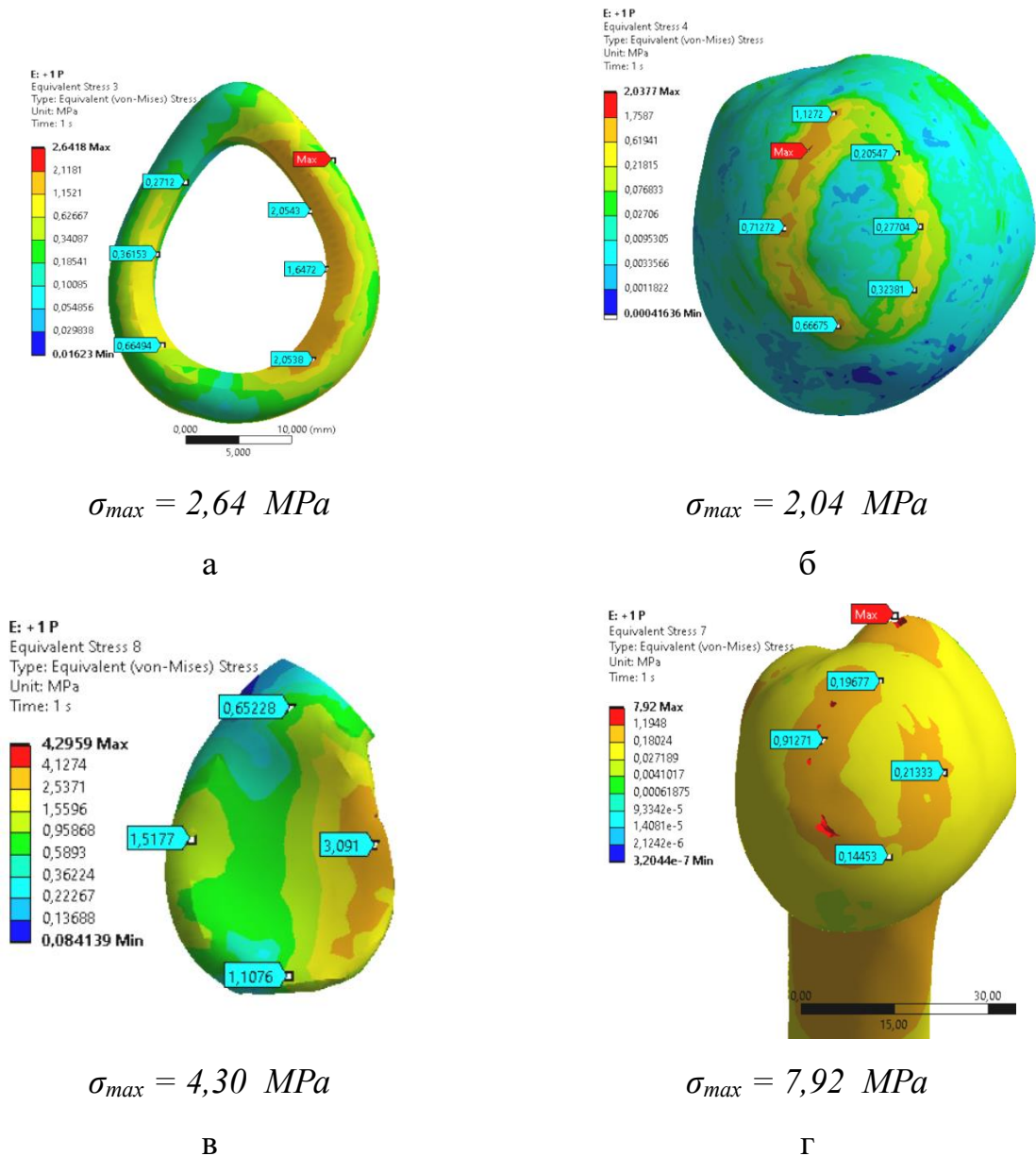
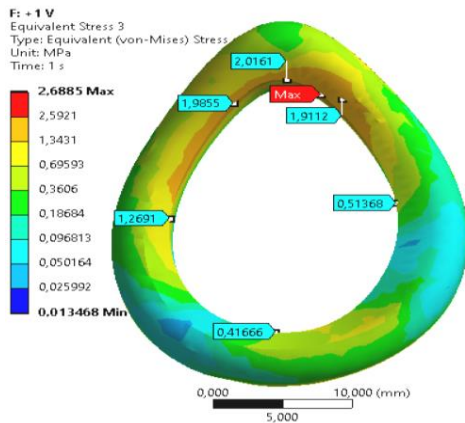


Рисунок 3.4 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см anterior: а) – суглобовій губі, б) - хрящі голівки плечової кістки, в) – кістковій тканині гленоїдальної западини, г) - кістковій тканині голівки плечової кістки.

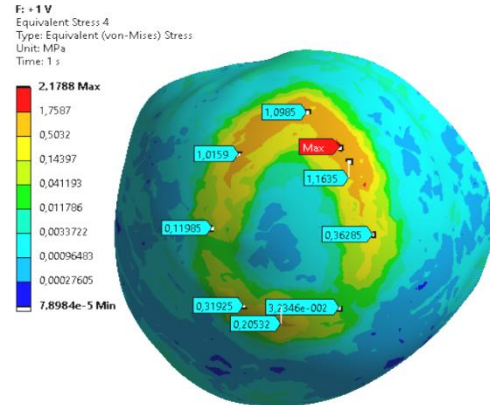
При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см superior (рис. 3.5) навантаження на м'язи також змінюються і напруження на елементах моделі розподіляються не рівномірно. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{\max} = 2,69$ МПа, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 2.18$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – $\sigma_{\max} = 2.34$ МПа, на субхондральній

кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 3,44$ МПа. На плечовій кістці зростають значення показників напруження в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{\max} = 28.37$ МПа. Як можна спостерігати, напруження на всіх елементах моделі збільшуються приблизно у 2,48-2,78 рази, але не перевищують межі міцності тканин.



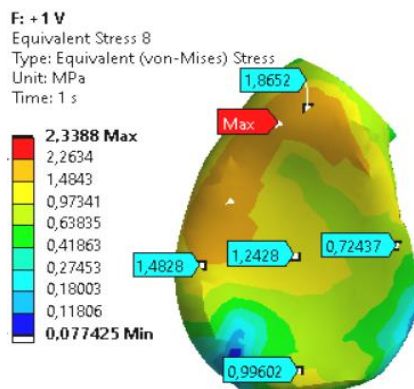
$$\sigma_{\max} = 2,69 \text{ MPa}$$

а



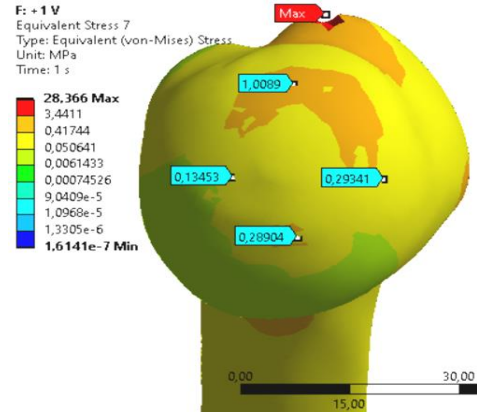
$$\sigma_{\max} = 2.18 \text{ MPa}$$

б



$$\sigma_{\max} = 2.34 \text{ MPa}$$

в



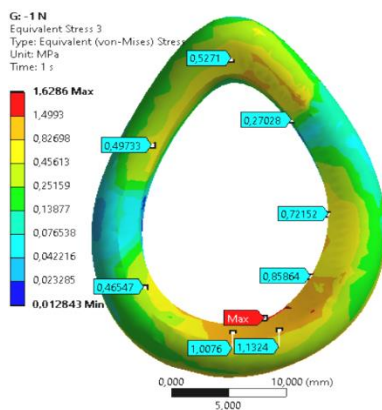
$$\sigma_{\max} = 28.37 \text{ MPa}$$

г

Рисунок 3.5 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см superior: а) – суглобовій губі, б) - хрящі голівки плечової кістки, в) – кістковій тканині гленоїдальної западини, г) - кістковій тканині голівки плечової кістки

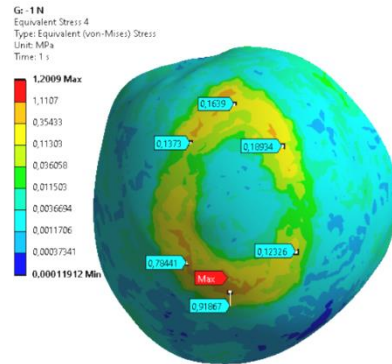
При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см inferior (рис. 3.6) навантаження на м'язи також змінюються і напруження на елементах моделі

розподіляються не рівномірно, а зміщуються також inferior. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{\max} = 1.63$ МПа, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 1.20$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – $\sigma_{\max} = 2.38$ МПа, на субхондральній кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 1,86$ МПа. На плечовій кістці зростають значення показників напруження в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{\max} = 11.98$ МПа. Як бачимо напруження на всіх елементах моделі збільшуються приблизно у 1,28-1,99 рази, але не перевищують межі міцності тканин.



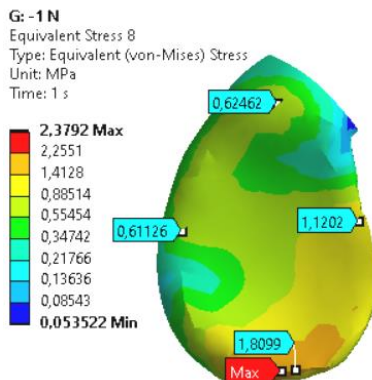
$$\sigma_{\max} = 1.63 \text{ MPa}$$

а



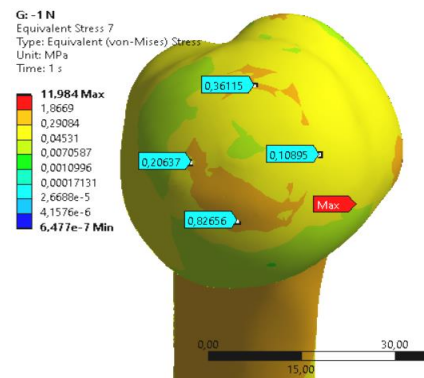
$$\sigma_{\max} = 1.20 \text{ MPa}$$

б



$$\sigma_{\max} = 2.38 \text{ MPa}$$

в



$$\sigma_{\max} = 11.98 \text{ MPa}$$

г

Рисунок 3.6 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см inferior: а) – суглобовій губі, б) - хрящі голівки плечової кістки, в) – кістковій тканині гленоїдальної западини, г) - кістковій тканині голівки плечової кістки.

Значення напружень на елементах моделі плечового суглоба зведено у таблиці 3.1 та на рисунку 3.7.

Таблиця 3.1 – Значення напружень на елементах моделі плечового суглоба

	Норма	Posterior	Anterior	Superior	Inferior
Суглобова губа	0,76	2,08	2,64	2,69	1,63
Хрящ голівки плечової кістки	0,94	1,86	2,04	2,18	1,2
Субхондральна кістка гленоїдальної западини	1,09	2,81	4,3	2,34	2,38
Субхондральна кістка голівки плечової кістки	0,85	3,14	1,19	3,44	1,86

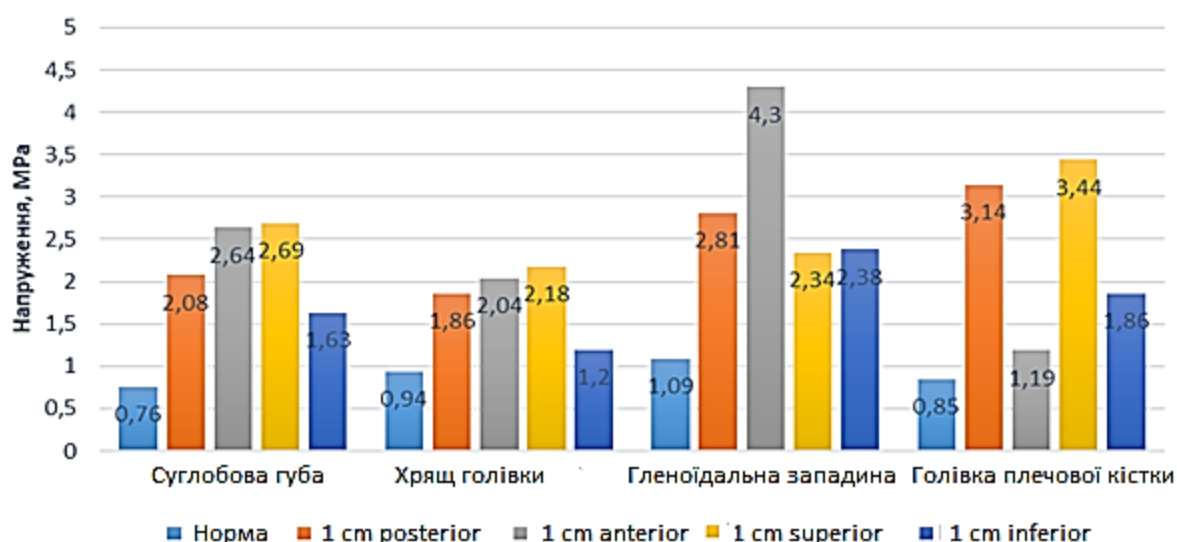


Рисунок 3.7 – Діаграма залежності значень показників напружень від напрямку зміщення великого горбка плечової кістки

Також для порівняльного аналізу розглянуто зміни навантаження, що припадають на кожний м'яз РМП (пружини, які імітують м'язи), в залежності від зміщення великого горбка плечової кістки (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Навантаження (Н) на м'язи РМП (пружини, які імітують м'язи), в залежності від положення великого горбка плечової кістки

М'яз	Положення великого горбка плечової кістки				
	норма	на 1 см posterior	на 1 см anterior	на 1 см superior	на 1 см inferior
m.subscapularis	38,65	11,21	61,02	5,67	65,63
m.infraspinatus верхня порція	29,2	55,15	4,53	33,39	25,77
m.infraspinatus нижня порція	20,83	2,17	19,26	37,61	68,64
m. supraspinatus	37,21	62,22	21,68	77,72	4,06
m.teres minor	37,25	36,22	27,79	13,95	56,31

Так, положенні великого горбка плечової кістки на 1 см posterior призводить до зниження навантаження м'язів m.subscapularis на 71 %, m.infraspinatus нижня порція – на 90%, m.teres minor – на 3%, та відповідного зростання навантаження m.infraspinatus (верхня порція) – на 89% і m. supraspinatus – на 67 %.

Зміщення великого горбка плечової кістки на 1 см anterior призводить до зниження навантаження м'язів m.infraspinatus (верхня порція) – на 84 %, m.infraspinatus (нижня порція) – на 8 %, supraspinatus – на 42 %, m.teres minor – на 25%, та відповідного зростання навантаження m.subscapularis - на 58 %.

Зміщення великого горбка плечової кістки на 1 см superior призводить до зниження навантаження м'язів m.subscapularis - на 85 %, m.teres minor – на 63 %, та відповідного зростання навантаження m.infraspinatus (верхня порція)– на 14 %, m.infraspinatus (нижня порція) – на 81 %, m. supraspinatus – на 109 %.

Зміщення великого горбка плечової кістки на 1 см inferior призводить до зниження навантаження м'язів m.infraspinatus (верхня порція) – на 12 %, m. supraspinatus – на 89 %, та відповідного зростання навантаження m.subscapularis - на 70 %, m.teres minor – на 51 %, m.infraspinatus (нижня порція) – у 3 рази.

Максимальні значення за модулем показників переміщень суглобової губи по осям координат (Directional Deformations) представлено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники переміщень суглобової губи по осям координат (Directional Deformations) (максимальні значення за модулем, в мм)

Положення великого горбка плечової кістки	X	Y	Z
норма	0,08	0,82	0,19
1 см posterior	0,29	2,42	0,48
1 см anterior	0,54	5,07	1,09
1 см superior	0,18	0,44	0,19
1 см inferior	0,18	1,15	0,25

На рис. 3.8 представлено напрямки переміщення елементів суглобової губи і його цифрове значення в залежності від місця кріплення м'язів РМП.

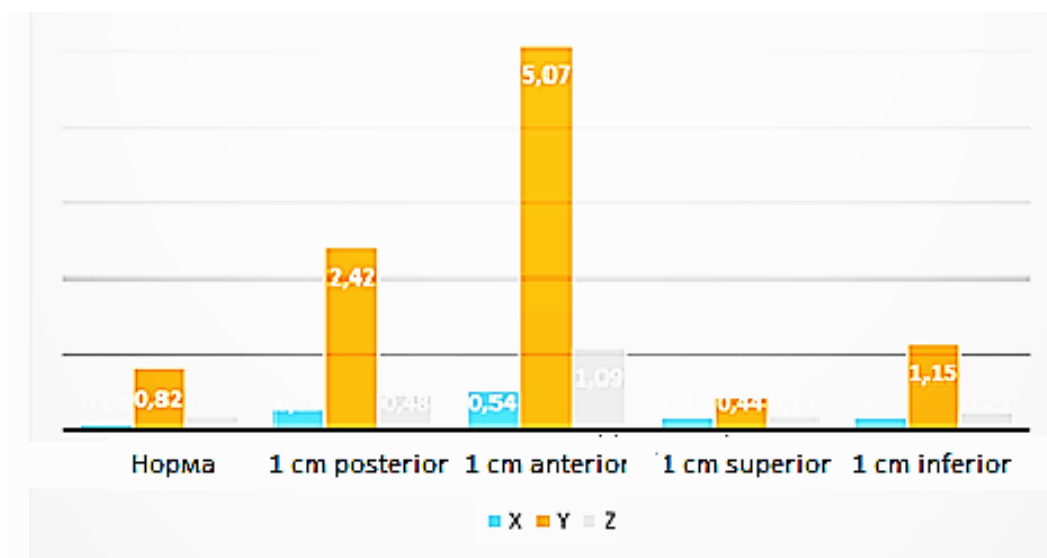


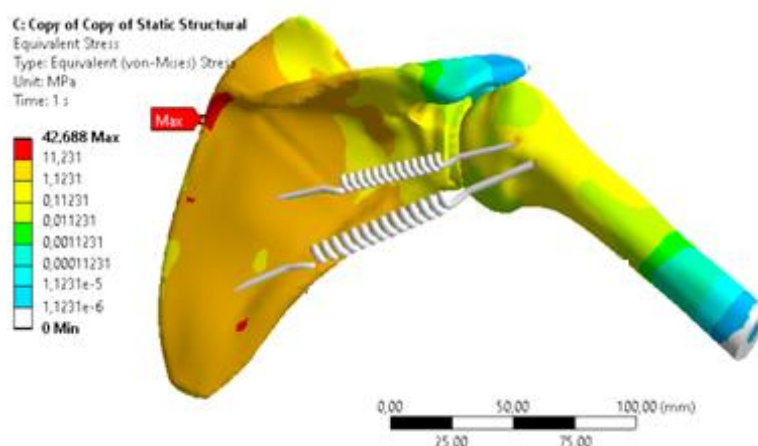
Рисунок 3.8 – Графік переміщень по осях X, Y, Z елементів суглобової губи залежно від місця кріплення м'язів РМП

За показником переміщення визначається ступінь нестабільності плечового суглобу. Чим показник вище, тим більше явища нестабільності суглоба. Як можна спостерігати із рис. 18 та таблиці 6, найбільш нестабільним плечовий суглоб буде при зміщенні кріплення м'язів РМП в наслідок зміщення великого горбка плечової

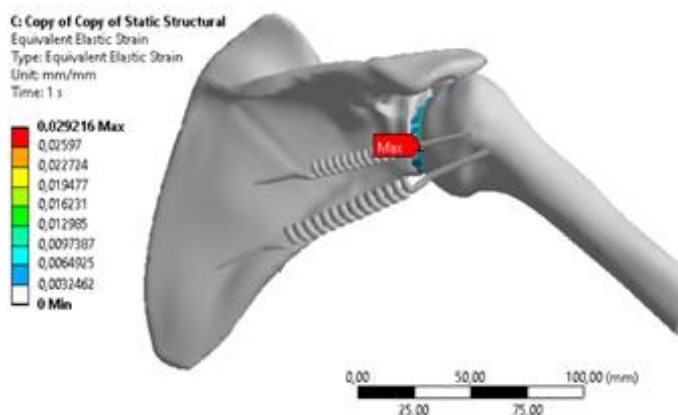
кістки на 1 см anterior, та на 1 см posterior. Також, у всіх випадках значення переміщень збільшуються по відношенню до норми, в напрямку осі зміщення великого горбка.

3.1.3 Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні однополюсний ендопротез плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини)

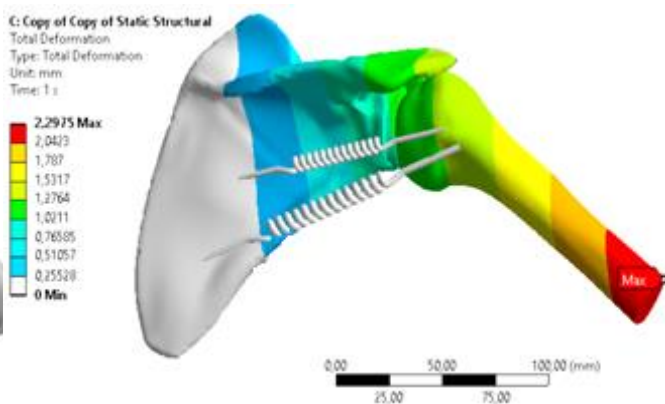
Розрахунки НДС для всієї моделі в цілому представлено на рисунку 3.9.



а) Напруження ($\sigma_{\max} = 42,69$ МПа)



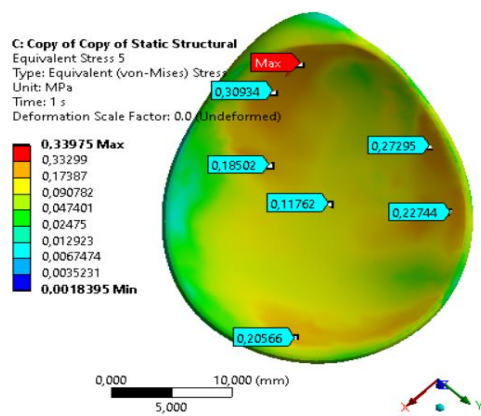
б) Деформації ($\epsilon_{\max} = 0,029$ мм)



в) Переміщення ($\Delta_{\max} = 2,3$ мм)

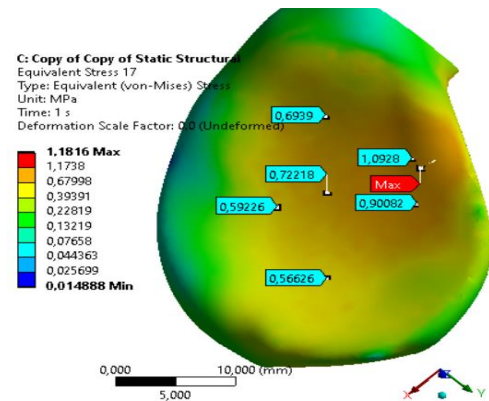
Рисунок 3.9 – Загальні результати розрахунку НДС для цілої моделі

Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при нормальній позиції великого горбка плечової кістки (голівку повернуто на 180 градусів навколо осі Z, яка направлена в гору), представлено на рисунку 3.10.



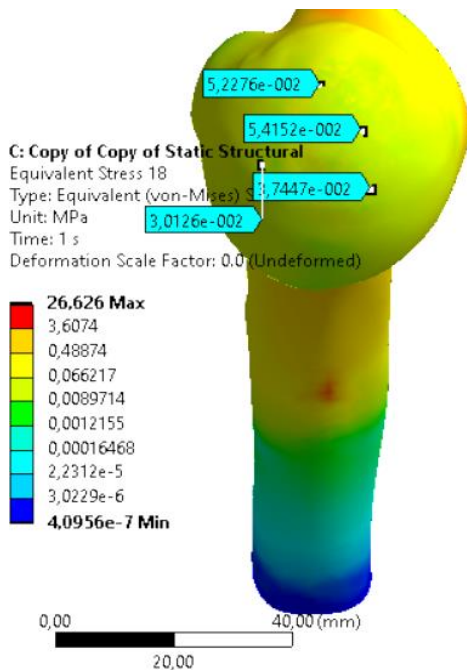
$$\sigma_{max} = 0,34 \text{ MPa}$$

а



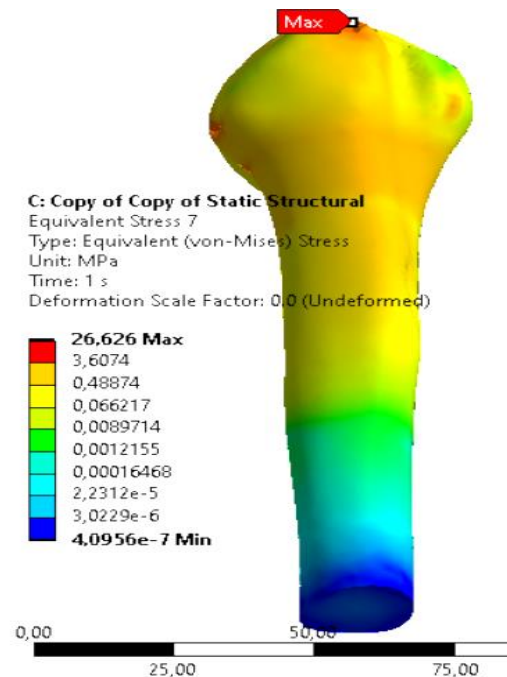
$$\sigma_{max} = 1,18 \text{ MPa}$$

б



$$\sigma_{max} = 5,42e-002 \text{ MPa}$$

в



$$\sigma_{max} = 26,62 \text{ MPa}$$

г

Рисунок 3.10 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при нормальній позиції великого горбка плечової кістки на: а) – хрящі гленоїдальної западини, б) - кістковій тканині гленоїдальної западини, в) – поверхні ендопротеза голівки плечової кістки, г) – ділянці кріплення м'язів РМП

Як бачимо з рисунку 3.10 при нормальній позиції великого горбка плечової кістки напруження на контактних елементах моделі розподіляються рівномірно. Максимальні напруження на хрящі гленоїдальної западини рівні $\sigma_{\max} = 0,34$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – $\sigma_{\max} = 1,18$ МПа, на суглобовій поверхні голівки ендопротеза плечової кістки – $\sigma_{\max} = 5,42 \cdot 10^{-2}$ МПа. На плечовій кістці в місцях кріплення м'язів РМП (пружин) максимальні напруження спостерігаються в зоні кріплення m.supraspinatus із значеннями – $\sigma_{\max} = 26,62$ МПа.

При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см posterior (Рис. 3.11), напруження на контактних елементах моделі розподіляються також рівномірно. Зі зміною навантаження на м'язи відбуваються зміни напружень на елементах моделі зі зростанням максимальних значень на хрящі гленоїдальної западини – у 2,5 рази, до $\sigma_{\max} = 0,87$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – у 2,2 рази, до $\sigma_{\max} = 2,64$ МПа, на суглобовій поверхні голівки ендопротеза плечової кістки показники напружень значно малі ($\sigma_{\max} = 0,15$ МПа). На плечовій кістці в зоні кріплення m.infraspinatus значення максимальних напружень – $\sigma_{\max} = 40,77$ МПа.

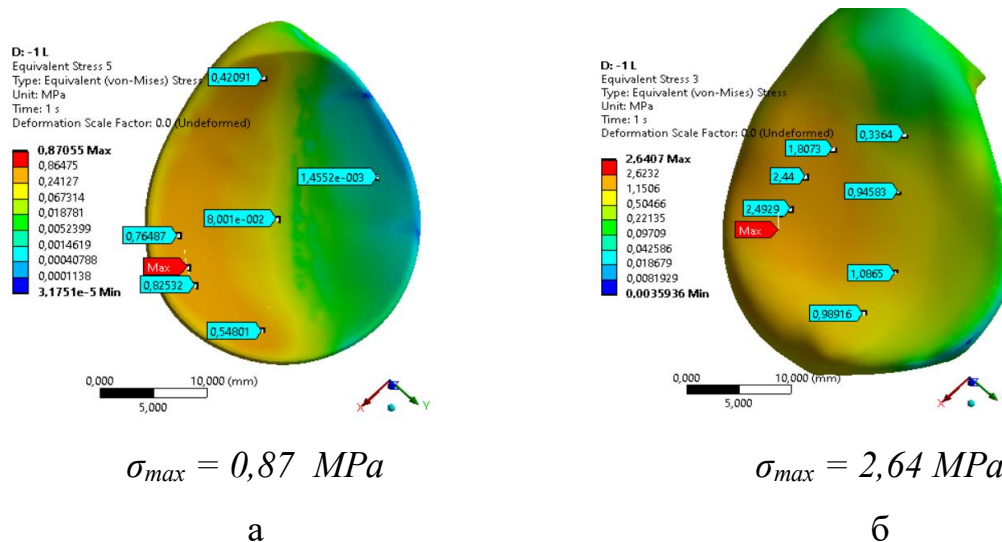


Рисунок 3.11 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см posterior на: а) – хрящі гленоїдальної западини, б) - кістковій тканині гленоїдальної западини, в) – поверхні ендопротеза голівки плечової кістки, г) – ділянці кріплення м'язів РМП

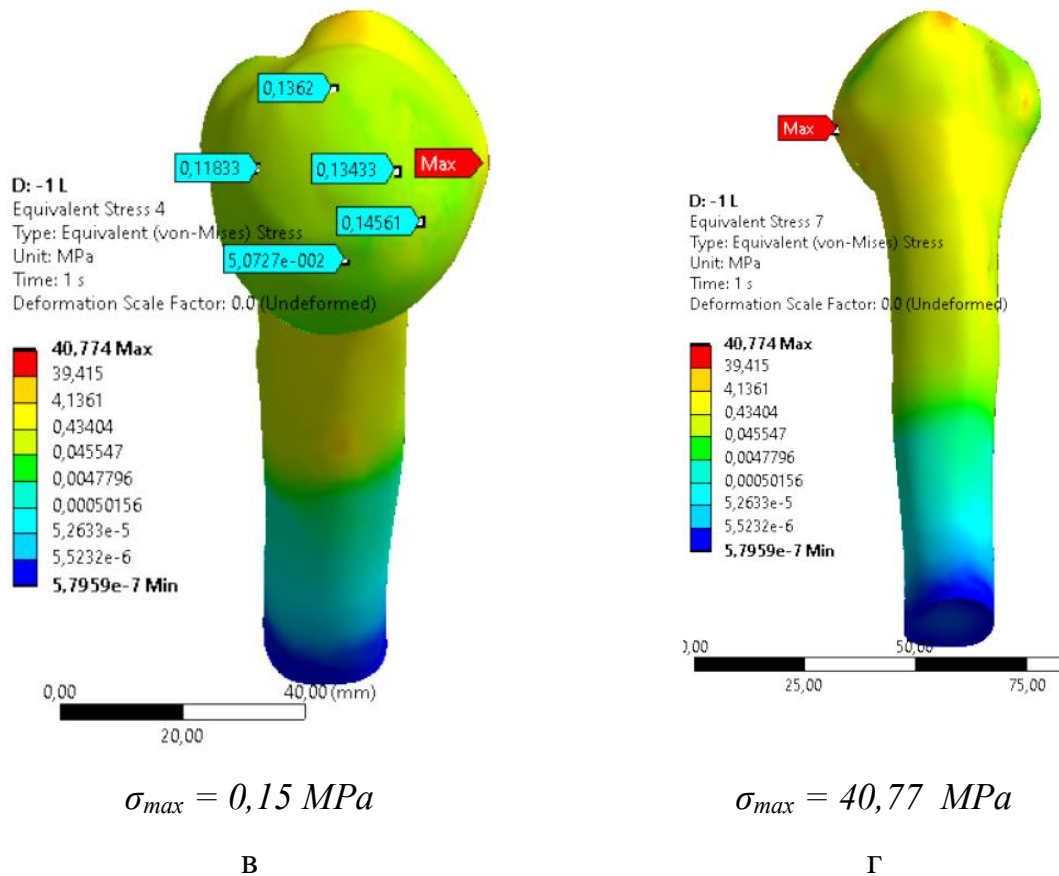


Рисунок 3.11, аркуш 2

При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см anterior (Рис.3.12), напруження на контактних елементах моделі розподіляються також рівномірно. Зі зміною навантаження на м'язи відбуваються зміни напружень на елементах моделі зі зростанням максимальних значень на хрящі гленоїдальної западини – у 3,7 рази, до $\sigma_{max} = 1,27 \text{ MPa}$, на субхондральній кістці гленоїдальної западини – у 3,4 рази, до $\sigma_{max} = 4,02 \text{ MPa}$, на суглобовій поверхні голівки ендопротеза плечової кістки показники напружень значно малі ($\sigma_{max} = 0,39 \text{ MPa}$). На плечовій кістці в зоні кріплення m.supraspinatus значення максимальних напружень – $\sigma_{max} = 9,07 \text{ MPa}$.

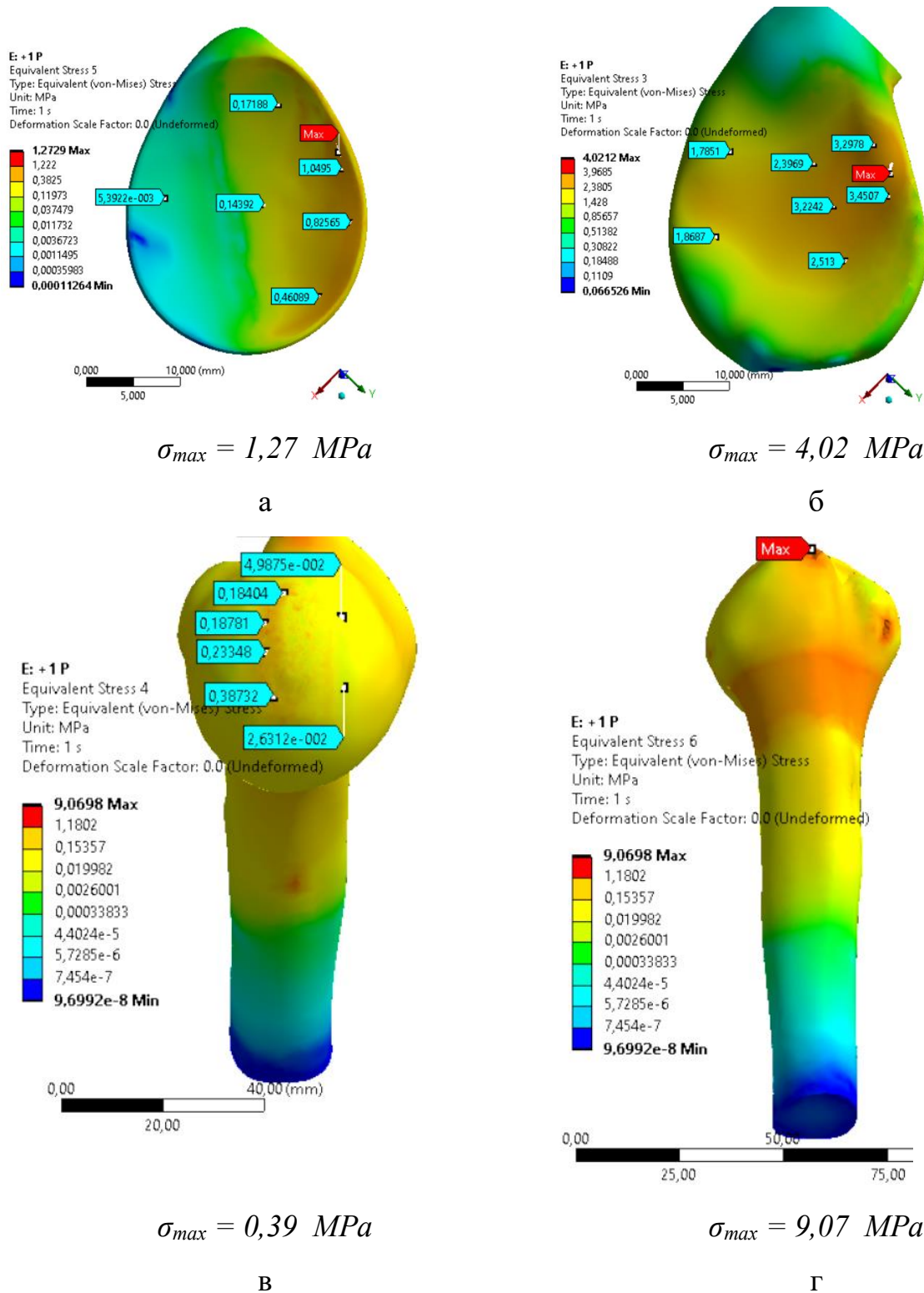


Рисунок 3.12 – Розподіл напружень на елементах моделі плечевого суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см anterior на: а) – хрящі гленоїдальної западини, б) - кістковій тканині гленоїдальної западини, в) – поверхні ендопротеза голівки плечової кістки, г) – ділянці кріплення м'язів РМП

При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см superior (Рис. 3.13), напруження на контактних елементах моделі розподіляються також рівномірно. Зі зміною навантаження на м'язи відбуваються зміни напружень на елементах моделі зі зростанням максимальних значень на хрящі гленоїдальної западини – на 82%, до $\sigma_{\max} = 0,62$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западини не значно, лише на 9%, до $\sigma_{\max} = 1,29$ МПа, на суглобовій поверхні голівки ендопротеза плечової кістки показники напружень значно малі ($\sigma_{\max} = 0,17$ МПа). На плечовій кістці в зоні кріплення m.supraspinatus значення максимальних напружень – $\sigma_{\max} = 38,54$ МПа.

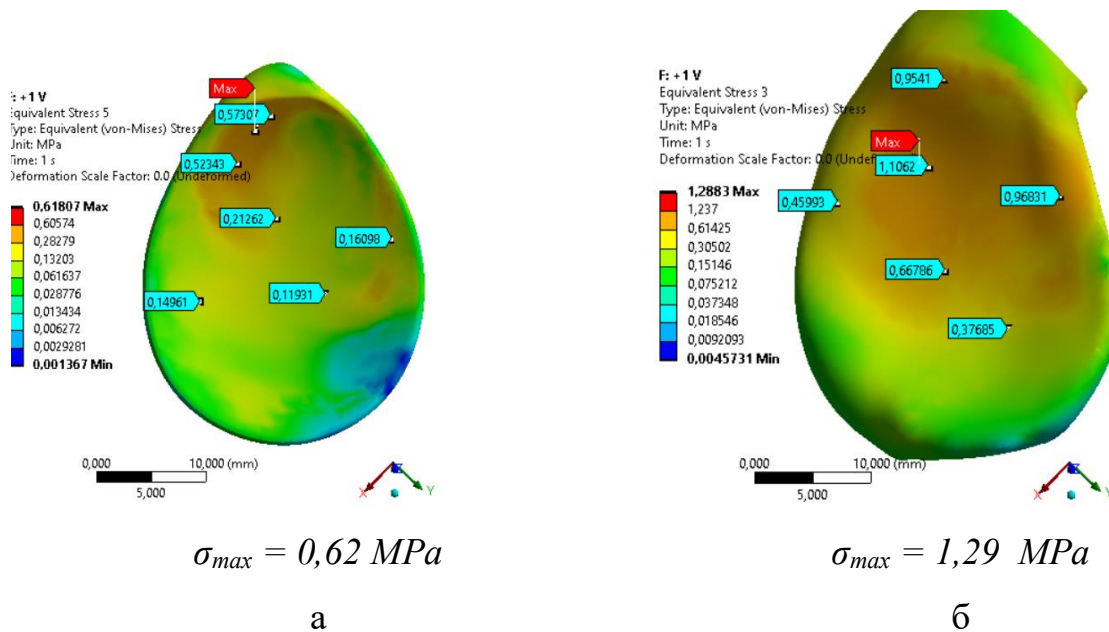


Рисунок 3.13 – Розподіл напружень на елементах моделі плечового суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см superior на: а) – хрящі гленоїдальної западини, б) - кістковій тканині гленоїдальної западини, в) – поверхні ендопротеза голівки плечової кістки, г) – ділянці кріплення м'язів

РМП

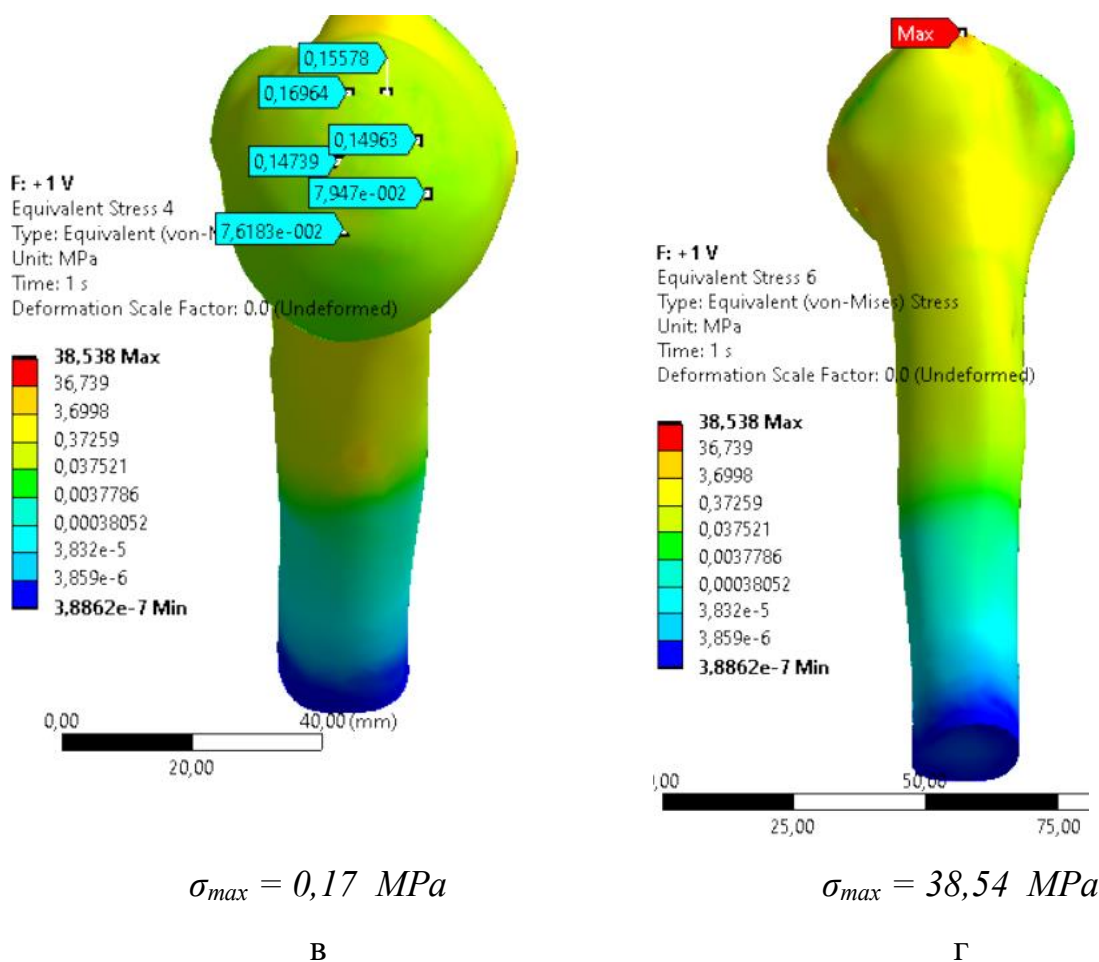


Рисунок 3.13, аркуш 2

При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см inferior (Рис. 3.14), напруження на контактних елементах моделі розподіляються також рівномірно. Зі зміною навантаження на м'язи відбуваються зміни напружень на елементах моделі з незначним зростанням максимальних значень на хрящі гленоїдальної западини – на 17%, до $\sigma_{max} = 0,4 \text{ MPa}$, на субхондральній кістці гленоїдальної западини напруження навпаки зменшилися на 13%, до $\sigma_{max} = 1,02 \text{ MPa}$, на суглобовій поверхні голівки ендопротеза плечової кістки показники напружень значно малі ($\sigma_{max} = 7,07\text{e-}002 \text{ MPa}$). На плечовій кістці в зоні кріплення m.supraspinatus значення максимальних напружень – $\sigma_{max} = 17,81 \text{ MPa}$.

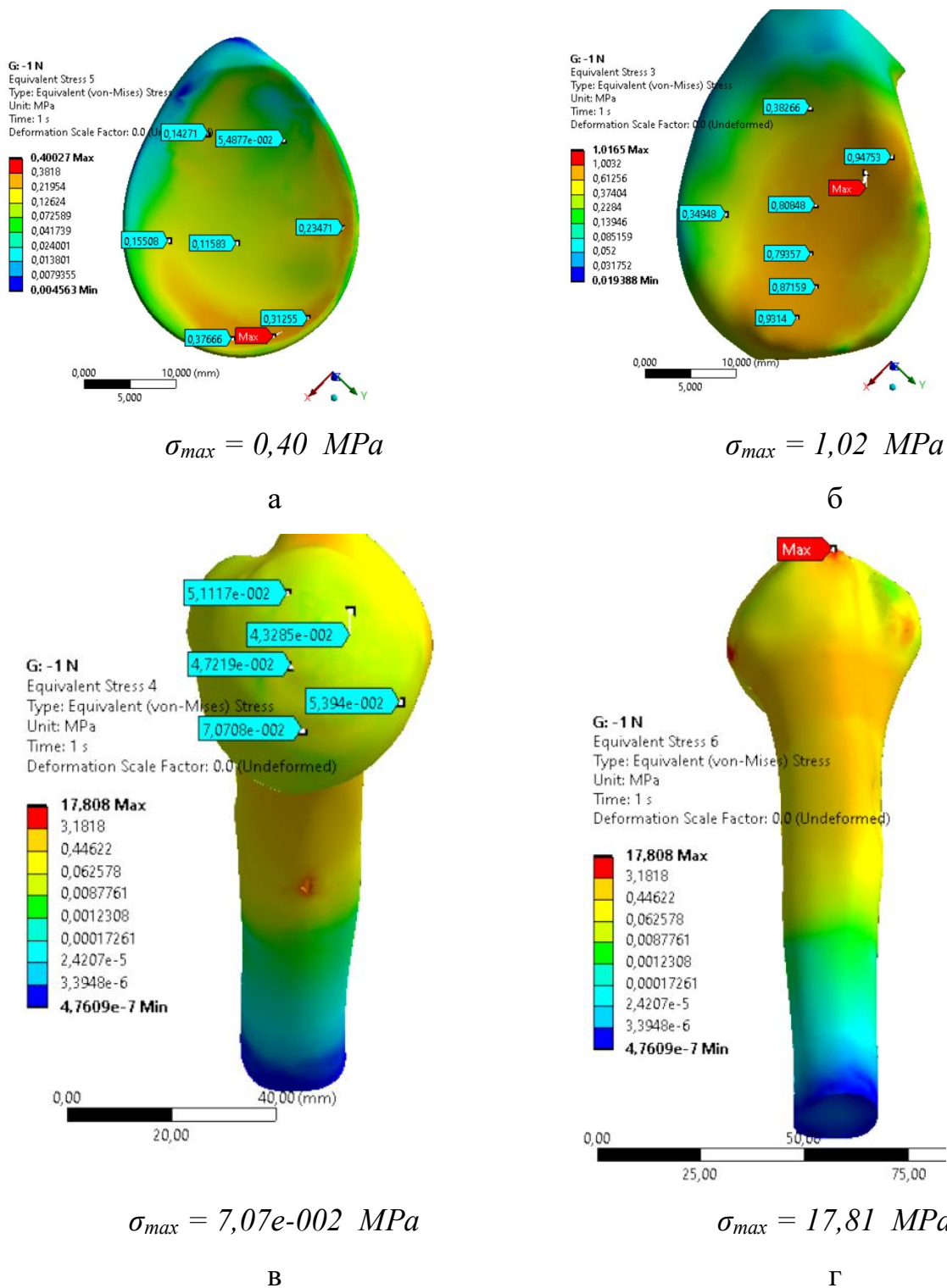


Рисунок 3.14 – Розподіл напружень на елементах моделі плечевого суглоба при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см inferior на: а) – хрящі гленоїдальної западини, б) - кістковій тканині гленоїдальної западини, в) – поверхні ендопротеза голівки плечової кістки, г) – ділянці кріплення м'язів РМП

Показники максимальних напружень на елементах моделі зведено у таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Зведена таблиця максимальних напружень на елементах моделі

	Норма	1 см posterior	1 см anterior	1 см superior	1 см inferior
Хрящ гленоїдальної западини	0.34	0.87	1.27	0.62	0.4
Субхондральна кістка гленоїдальної западини	1.18	2.64	4.02	1.29	1.02
Суглобова поверхня голівки ендопротеза	0.005	0.15	0.39	0.17	0.007
Ділянки інсерції м'язів	26.62	40.77	9.07	38.54	17.81

Як можна спостерігати з графіків (рисунок 3.15) та таблиці 3.5, при зміщенні зони кріплення м'язів РМП, напруження на елементах моделі змінюються не рівномірно, на усіх ділянках вони не перевищують межі міцності тканин. Наявність металевої голівки ендопротезу, в умовах відсутності видалених еластичних елементів, які поглинають піки контактних зусиль, збільшує показники напружень на поверхні контакту з хрящем гленоїдальної западини. Ці напруження компенсуються еластичністю суглобового хряща, з їх передачею на підлеглу субхондральну кістку. Власне на суглобовій поверхні голівки ендопротеза плечової кістки показники напружень значно малі, їх значеннями можна знехтувати. Максимальне зростання значень напружень спостерігається на субхондральній кістці гленоїдальної западини при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см posterior - у 2,2 рази, до $\sigma_{\max} = 2,64$ МПа, та на 1 см anterior – у 3,4 рази, до $\sigma_{\max} = 4,02$ МПа. При цьому, зміщення великого горбка плечової кістки на 1 см inferior, супроводжується зменшенням значень напружень на субхондральній кістці гленоїдальної западини на 13%, до $\sigma_{\max} = 1,02$ МПа.

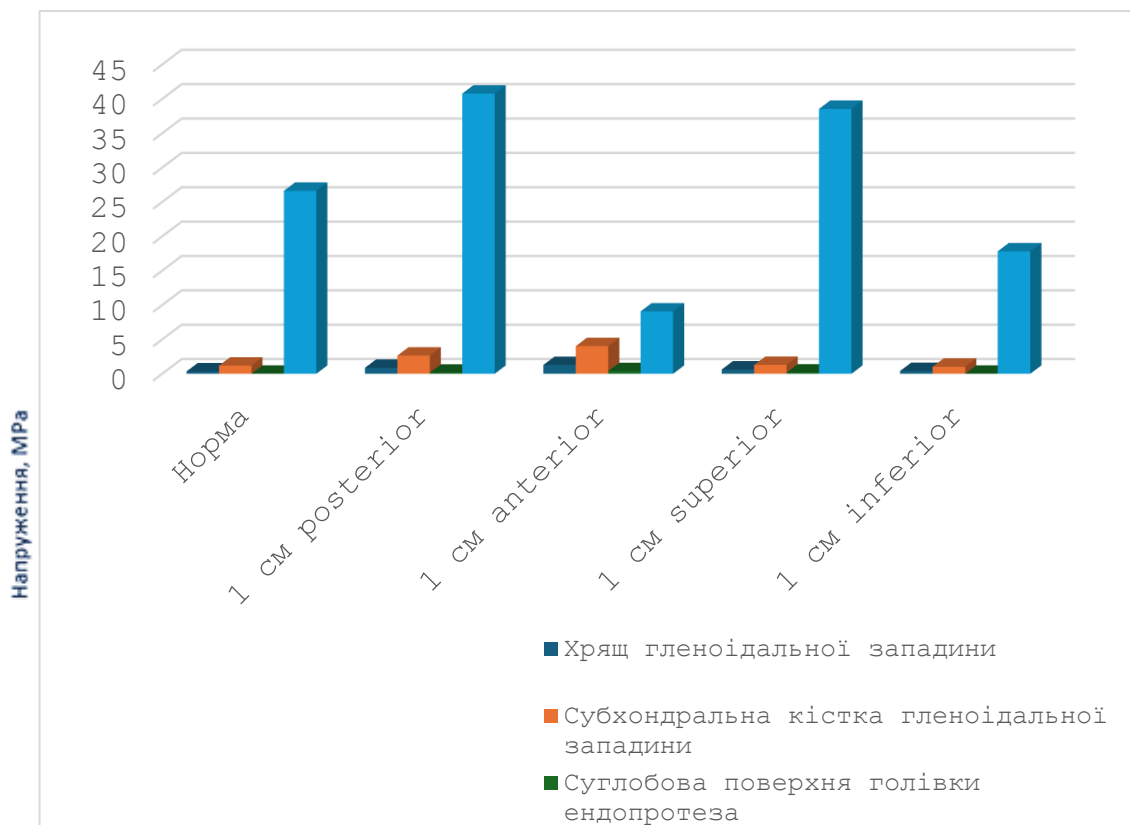


Рисунок 3.15 – Діаграми максимальних напружень для всіх варіантів положенні великого горбка плечової кістки

Змінена позиції великого горбка плечової кістки супроводжується зміною ступеню натягу м'язів РМП, що призводить до зростання напружень у ділянках їх інсерції до великого горбка плечової кістки. Так, при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 cm superior, відведення верхньої кінцівки до кута 60 градусів супроводжується зростанням значень напружень у ділянці інсерції m.supraspinatus на 45% до ($\sigma_{\max} = 38,54$ МПа). При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 cm inferior, відведення верхньої кінцівки до кута 60 градусів навпаки, призводить до зниження значень напружень у ділянці інсерції m.supraspinatus на 33% до ($\sigma_{\max} = 17,81$ МПа).

Діаграми змін напружень в ділянках інсерції м'язів РМП для всіх видів положення великого горбка плечової кістки представлено на рисунку 3.16.

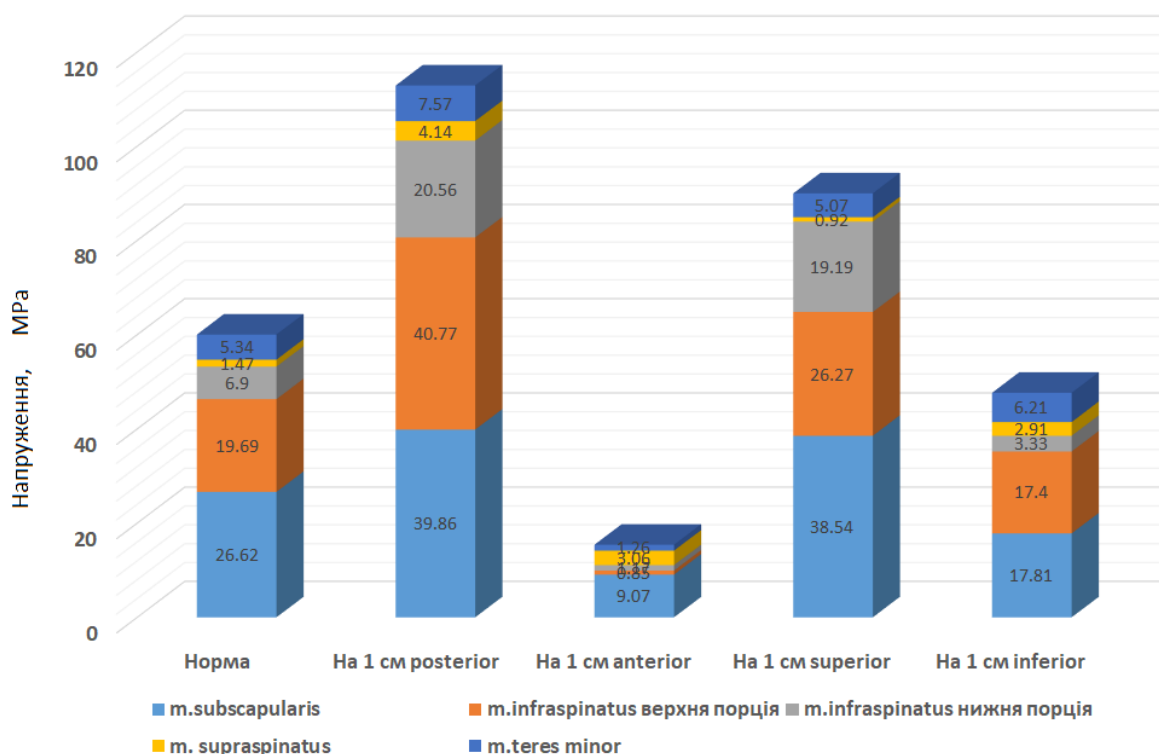


Рисунок 3.16 – Діаграми змін напружень в ділянках інсерції м'язів РМП при зміні положення великого горбка плечової кістки

Для порівняльного аналізу, також визначено значення навантажень, які виникають на м'язах РМП (пружинах, що їх імітують), при зміщенні великого горбка плечової кістки (таблиця 3.6, рисунок 3.17).

Таблиця 3.6 – Показники навантажень (Н) на м'язи РМП (пружини, які їх імітують)

М'яз	Норма	На 1 см posterior	На 1 см anterior	На 1 см superior	На 1 см inferior
m.subscapularis	18,65	15,59	57,37	16,76	13,08
m.infraspinatus верхня порція	14,95	45,37	1,49	14,43	39,79
m.infraspinatus нижня порція	11,01	18,16	32,4	41,13	44,82
m. supraspinatus	14,24	31,99	55,65	55,02	25,46
m.teres minor	19,08	39,85	10,87	31,54	2,02

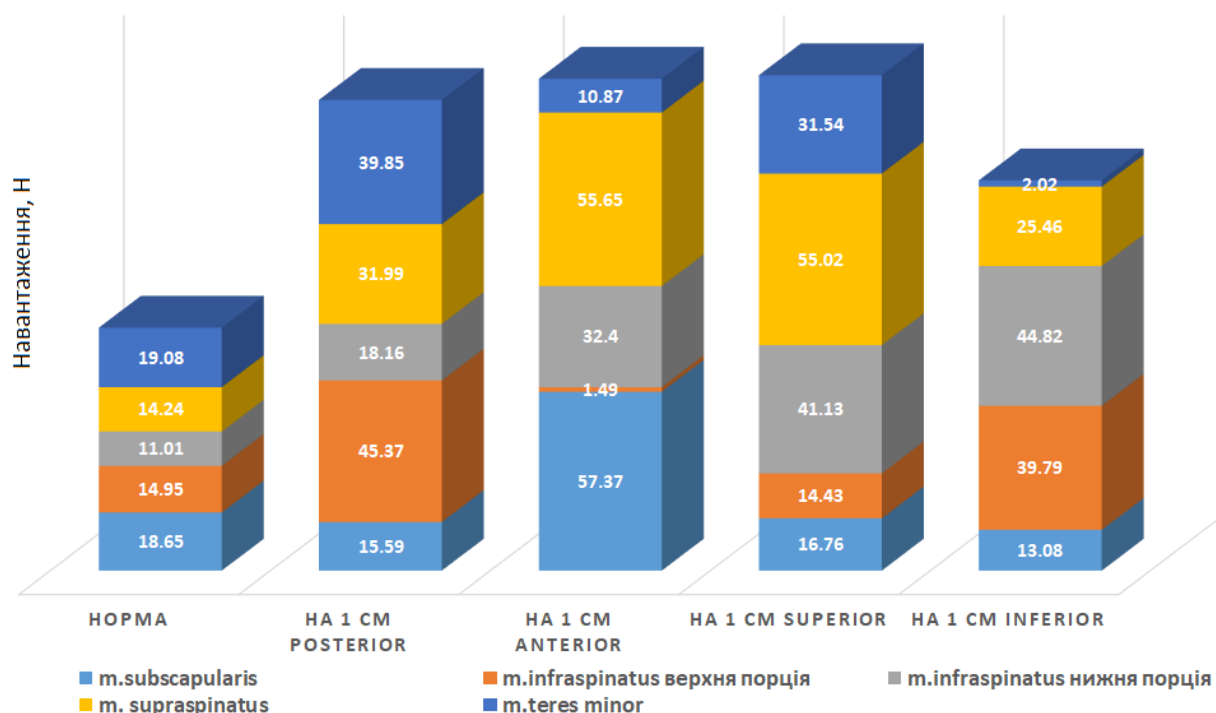


Рисунок 3.17 – Діаграми залежності значення навантажень на м'язи РМП, при зміні положення великого горбка плечової кістки

Так, зміщенні великого горбка на 1 см posterior значно збільшує навантаження на верхню порцію m.infraspinatus, m.supraspinatus та m.teres minor. Зміщення великого горбка на 1 см anterior значно збільшує навантаження на m.subscapularis, нижню порцію m.infraspinatus та m.supraspinatus. Зміщення великого горбка на 1 см superior значно збільшує навантаження на обидві порції m.infraspinatus та m.teres minor. Зміщення великого горбка на 1 см inferior призводить до збільшення навантаження на обидві порції m.infraspinatus та m.supraspinatus.

Дослідження показників деформацій на елементах моделі (рисунок 3.18) виявило наступні закономірності. Так, при нормальному розташуванні великого горбка плечової кістки, деформація суглобового хряща гленоїдальної западини (рис. 3.18 а), при відведення верхньої кінцівки до кута 60 градусів, рівномірна, з ознаками центрації. Зміщення великого горбка плечової кістки на 1 см posterior, anterior, superior або inferior, викликає зміщення плями деформації у відповідному напрямку (таблиця 3.7).

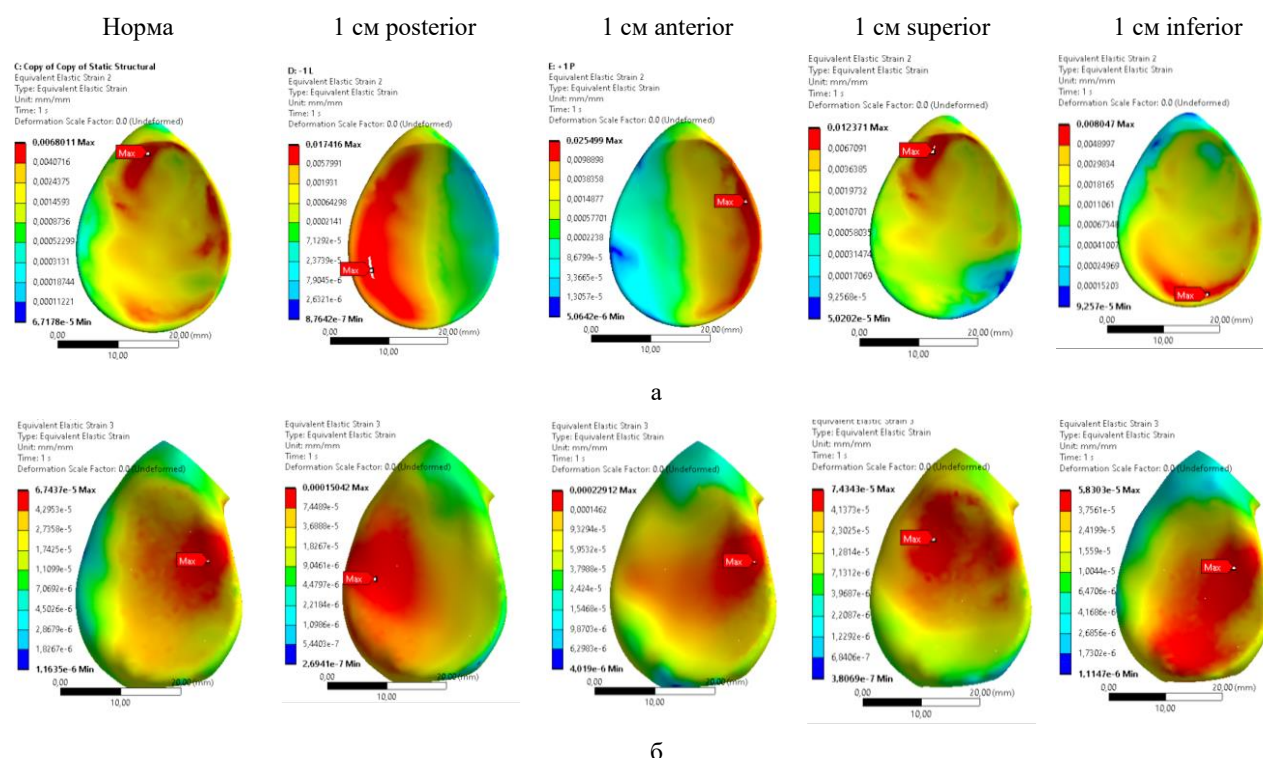


Рисунок 3.18 – Розподіл деформацій на елементах моделі плечового суглоба при зміщенні великого горбка на: а – хрящі гленоїдальної западини; б – кістковій тканині гленоїдальної западини

Таблиця 3.7 – Зведена таблиця контактних деформацій на хрящі гленоїдальної западини

	Норма	1 см posterior	1 см anterior	1 см superior	1 см inferior
Хрящ гленоїдальної западини	0,007	0,017	0,025	0,012	0,008

Як можна спостерігати з показників деформацій (таблиця 3.6), любе відхилення від норми в розташуванні великого горбка плечової кістки призводить до зростання значень деформацій на хрящі гленоїдальної западини. При зміщенні на 1 см posterior, значення деформацій збільшується у 2,4 рази, на 1 см anterior – у 3,6 рази, на 1 см superior – у 1,7 раз, на 1 см inferior – на 14% у порівнянні із значеннями норми.

Показники деформацій та їх зміни на субхондральній кістці гленоїдальної западини (рис. 3.18 б) мають малі значення, такі, якими можна знехтувати та вони були виключені із подальшого аналізу.

Таким чином, зміна позиції великого горбка плечової кістки, при ендопротезуванні голівки плечової кістки, в умовах відсутності суглобової губи призводить до зростання контактних напружень. Внаслідок перерозподілу навантаження на м'язи РМП відбуваються зміни компресійних зусиль на контактні поверхні плечового суглобу. Таким чином, ці фактори змінюють стабільність плечового суглоба та потребують додаткових реабілітаційних зусиль по забезпеченню компенсаторної роботи м'язів плечового поясу. Проведені біомеханічні дослідження доводять, що найбільші напруження та деформація, що може призвести до нестабільності ендопротезу спостерігається при розміщенні великого горбка anterior та posterior від нор

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА СХЕМИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ЛІКУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ У ХВОРИХ ІЗ БАГАТОФРАГМЕНТАРНИМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ПЛЕЧОВОЇ КІСТКИ

4.1 Розробка схеми диференційованого лікування хворих із багатотрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки

Базисом розробки запропонованої схеми стали дані джерел літератури та власні клінічні за шкалами Constant Shoulder Score та ASES (63 хворих після проведеного ендопротезування плечового суглоба внаслідок багатотрагментарних (ПТТТК) та біомеханічні дослідження.

Із даних літературних джерел відомо, що при поєднанні кісткової патології плечового суглоба і пошкодженням ротаторної манжети застосування анатомічного ендопротезу плечового суглоба асоціюється з обмеженими функціональними результатами [97], це стосується також осіб похилого віку та пацієнтів з порушеннями СФС КТ [97,98]. Проведене клінічне та біомеханічне дослідження переконливо доводить необхідність реінсерції великого горбка максимально точно в точці його анатомічного розташування під час однополюсного ендопротезування плечового суглоба, розташування великого горбка anterior чи posterior від норми значно погіршує біомеханіку плечового суглоба зі значною втратою його функції в післяопераційному періоді.

Розроблена схема оперативного лікування багатотрагментарних переломів ТТТК представлена на рисунку 4.1. Для користування схемою оперативного лікування багатотрагментарних переломів ТТТК треба відповісти на ряд послідовних питань.

Яка кількість кісткових уламків за класифікацією Neer? Якщо відламків 3 : Чи у пацієнта (ки) вік більше 65 років? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання однополюсного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є діагностоване порушення структурно-функціонального стану кісткової тканини (СФС КТ) (остеопенія, остеопороз)? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання однополюсного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є ушкодження ротаторної манжети плечового суглоба? Якщо відповідь — «є» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивне ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «немає» пацієнтам рекомендовано виконання репозиції та остеометалосинтезу.

Якщо відламків 4 та більше : Чи у пацієнта (ки) вік більше 65 років? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є діагностоване порушення СФС КТ (остеопенія, остеопороз)? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є ушкодження ротаторної манжети плечового суглоба? Якщо відповідь — «є» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивного ендопротезування плечового суглоба.

Якщо відповідь — «немає» пацієнтам рекомендовано виконання однополюсного ендопротезування плечового суглоба.

У хворих яким **рекомендовано** виконання **ендопротезування** (однополюсного чи реверсивного) плечового суглоба пропонується наступне запитання: Чи є зміщення великого горбка плечової кістки ?. Якщо відповідь— «так» пацієнтам рекомендовано виконання реінсерції великого горбка плечової кістки в його анатомічне положення. Необхідно запобігати реінсерції великого горбка плечової кістки anterior та superior від норми. Якщо відповідь — «ні» виконується ендопротезування плечового суглоба за звичайною технікою.

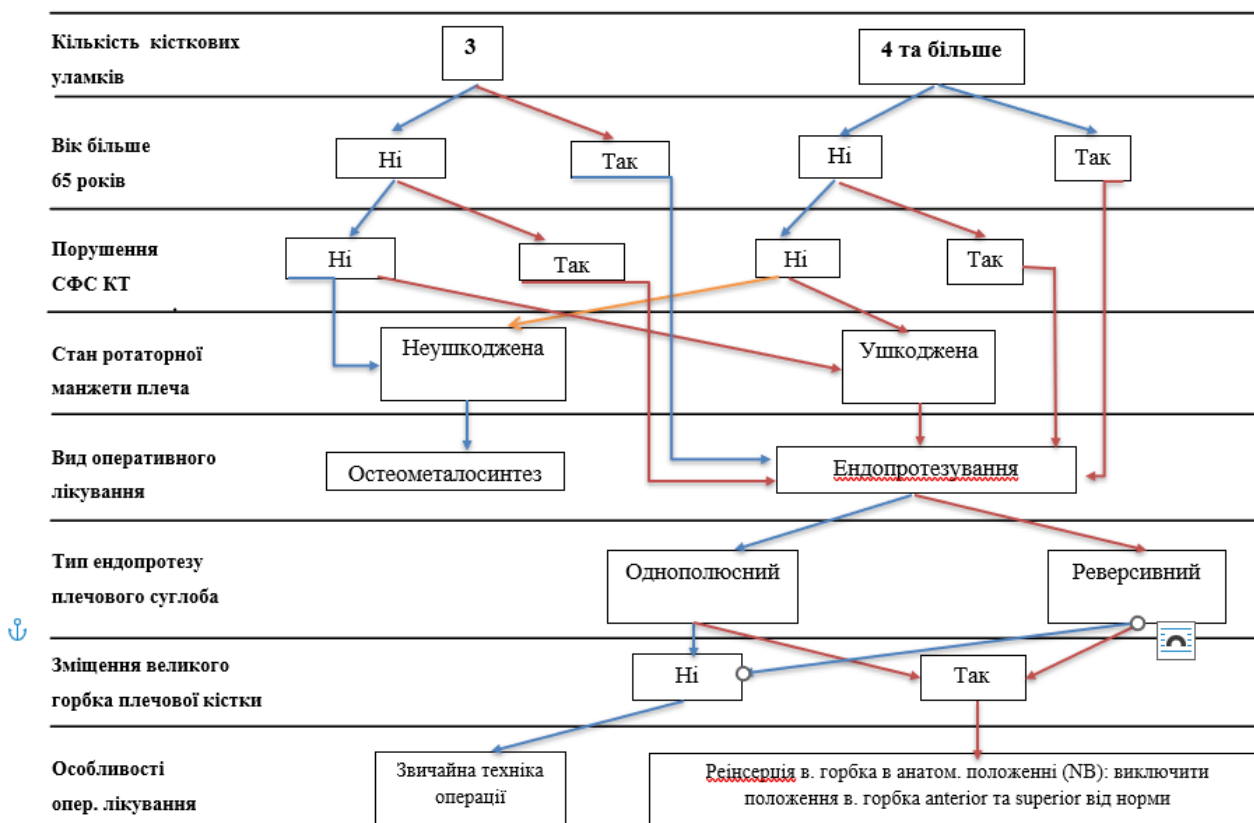


Рисунок 4.1 – Схема оперативного лікування багатоуламкових переломів ПВПК

Запропонована схема оперативного лікування багатоуламкових переломів ПВПК використана при лікуванні 20 хворих які були проліковані в клініці ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України». Позитивні результати лікування в ранній (3 місяця) та пізній (1 рік) післяопераційний період отримані у 80 та 100% випадків відповідно.

Таким чином запропонована схема оперативного лікування дозволяє збільшити ефективність лікування цієї категорії хворих та може бути рекомендована для впровадження в травматологічних центрах нашої держави.

4.2 Оцінка ефективності проведених діагностично-лікувальних заходів у хворих із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки

Середні значення обстеження груп порівняння за шкалою ASES через 3 та 12 місяців після оперативного втручання представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Середні значення обстеження груп порівняння за шкалою ASES через 3 та 12 місяців після оперативного втручання

Групи порівняння	Середнє значення за шкалою ASES через 3 місяці, ($\bar{X} \pm m_x$)	Середнє значення за шкалою ASES через 12 місяців, ($\bar{X} \pm m_x$)	Всього
1_контроль	87,74±1,29	90,74±0,87	31
2_контроль	68,28±11,61	70,63±12,20	32
Дослідна	85,47±4,82	90,08±0,77	20

Аналізуючи таблицю 4.1 можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами Дослід та 1 контроль за шкалою ASES через 3 місяці є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 3 місяці статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д).

Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 3 місяця після оперативного втручання за шкалою ASES представлено в таблиці 4.2. та рисунку 4.2.

Таблиця 4.2 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 3 місяця після оперативного втручання за шкалою ASES

Групи порівняння	Результати ефективності лікування, n, (%)				Всього
	відмінний	добрий	задовільний	незадовільний	
1_контроль	-	31 (100,0%)	-	-	31 (100,0 %)
2_контроль	-	18 (56,2 %)	-	14 (43,8%)	32 (100,0 %)
Дослідна	-	19 (80,0%)	1 (20,0%)	-	20 (100,0 %)

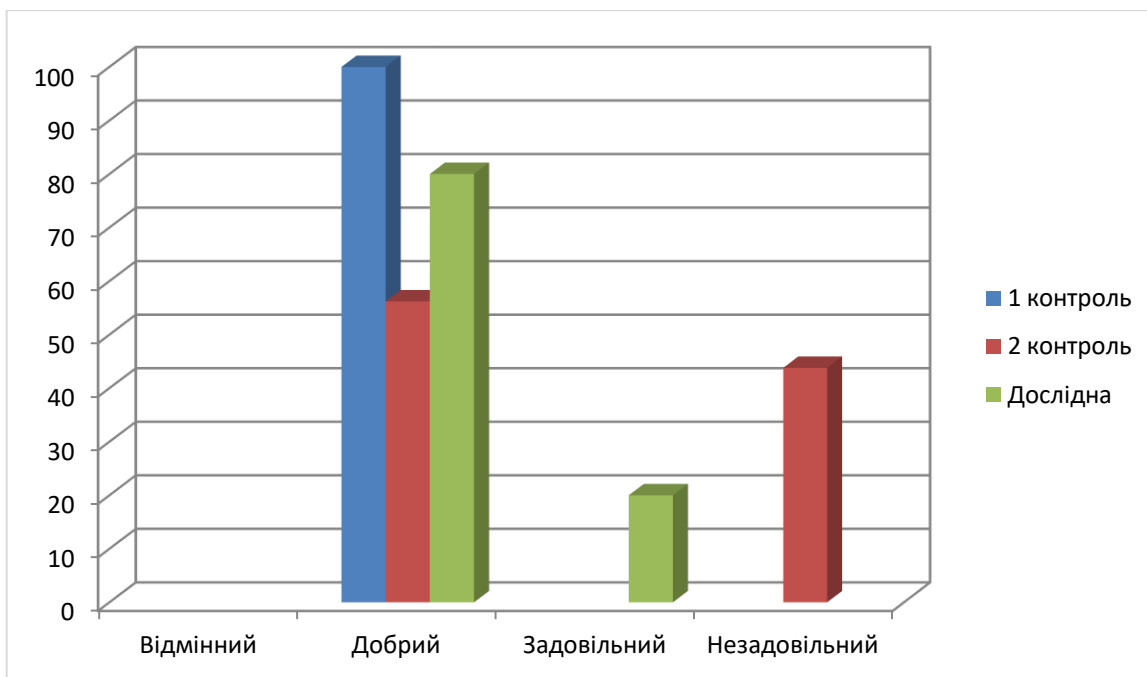


Рисунок 4.2 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 3 місяця після оперативного втручання за шкалою ASES

Аналізуючи дані табл. 4.2 та рис. 4.2. визначено, що кількість незадовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,8 % від загальної кількості хворих цієї групи. На відміну від 2 контрольної групи в 1 контрольній та дослідній групі незадовільних результатів не спостерігали, добрі результати склали 100 % та 80 % відповідно.

Аналізуючи дані табл. 4.1 можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 12 місяців є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1 контроль за шкалою ASES через 12 місяців статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д).

Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 12 місяців після оперативного втручання за шкалою ASES представлено в таблиці 4.3. та рисунку 4.3.

Таблиця 4.3 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 12 місяців після оперативного втручання за шкалою ASES

Групи порівняння	Результати ефективності лікування, n,(%)				Всього
	відмінний	добрий	задовільний	незадовільний	
1_контроль	27 (87,1%)	4 (12,9%)	-	-	31 (100,0 %)
2_контроль	2 (6,3%)	16 (50,0%)	2 (6,3%)	12 (37,4 %)	32 (100,0 %)
Дослідна	12 (60,0%)	8 (40,0%)	-	-	20 (100,0 %)

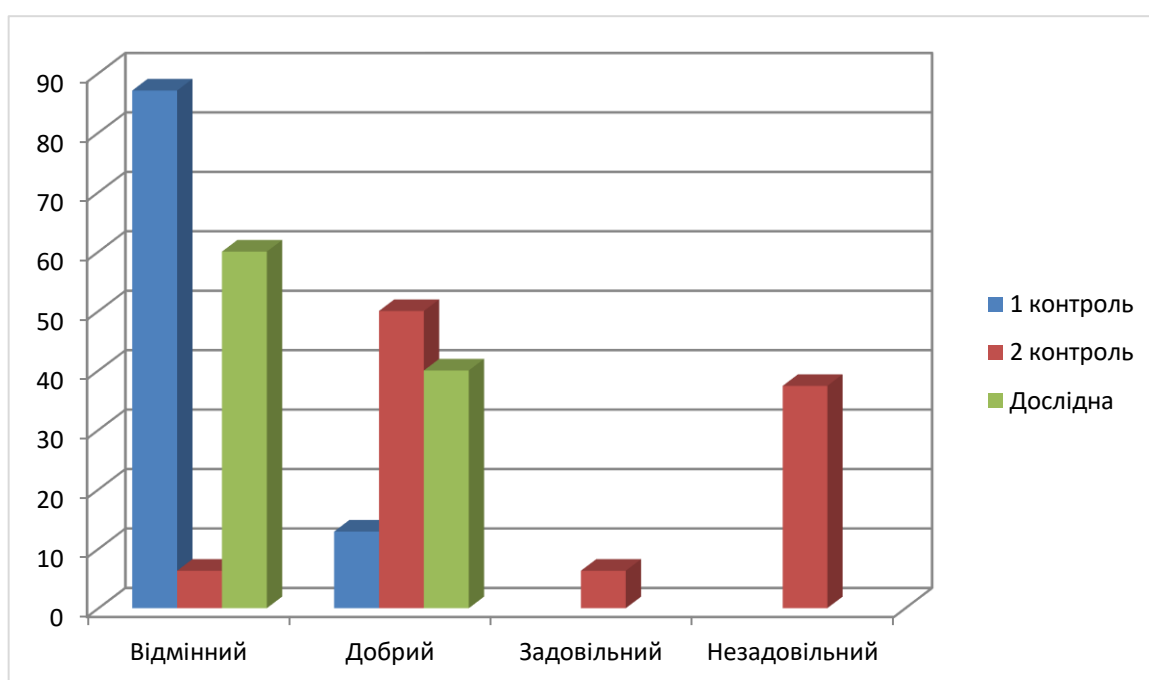


Рисунок 4.3 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 12 місяців після оперативного втручання за шкалою ASES

Аналізуючи табл. 4.3 та рис.4.3. визначено, що кількість незадовільних та задовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,7 % від загальної кількості хворих цієї групи, незадовільні результати склали 37,4 %. На відміну від 2 контрольної групи в 1 контрольній та дослідній групі незадовільних та задовільний результатів не спостерігали, відмінні результати склали 87,1 % та 60,0 % відповідно. Відмічається незначний вплив реабілітаційних заходів на результати ефективності лікування у 2

контрольній групі показники тільки 2 хворих (6,3 %) змінилися з незадовільного на задовільні результати, у 12 хворих (37,4 %) спостерігаємо незадовільний результат лікування. На відміну від пацієнтів 2 контрольної групи у групі 1 контроль та дослідної показники після проведення реабілітаційних заходів змінилися з добрі на відмінні у 81,1 % та 60 % відповідно.

Середні значення обстеження груп порівняння за шкалою CMS через 3 та 12 місяців після оперативного втручання представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Середні значення обстеження груп порівняння за шкалою CMS через 3 та 12 місяців після оперативного втручання

Групи порівняння	Середнє значення за шкалою CMS через 3 місяці, ($\bar{X} \pm m_x$)	Середнє значення за шкалою CMS через 12 місяців, ($\bar{X} \pm m_x$)	Всього
1_контроль	93,16 \pm 1,07	97,81 \pm 0,96	31
2_контроль	73,57 \pm 13,71	76,00 \pm 14,53	32
Дослідна	92,61 \pm 1,14	96,65 \pm 0,98	20

Аналізуючи табл. 4.4 можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами Дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 3 місяці є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 3 місяці статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д).

Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 3 місяця після оперативного втручання за шкалою CMS представлено в табл. 4.5. та рис. 4.4.

Таблиця 4.5 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 3 місяця після оперативного втручання за шкалою CMS

Групи порівняння	Результати ефективності лікування, n, (%)				Всього
	відмінний	добрий	задовільний	незадовільний	
1_контроль	31 (100,0%)	-	-	-	31 (100,0 %)
2_контроль	2 (6,2%)	16 (50,0 %)	-	14 (43,8%)	32 (100,0 %)
Дослідна	20(100,0 %)	-	-	-	20 (100,0 %)

Аналізуючи табл. 4.5 та рис. 4.4 визначено, що кількість незадовільних та задовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,7% від загальної кількості хворих цієї групи, незадовільні результати склали 37,4 %. На відміну від 2 контрольної групи в 1 контрольній та дослідній групі незадовільних та задовільний результатів не спостерігали, відмінні результати склали 100 %.

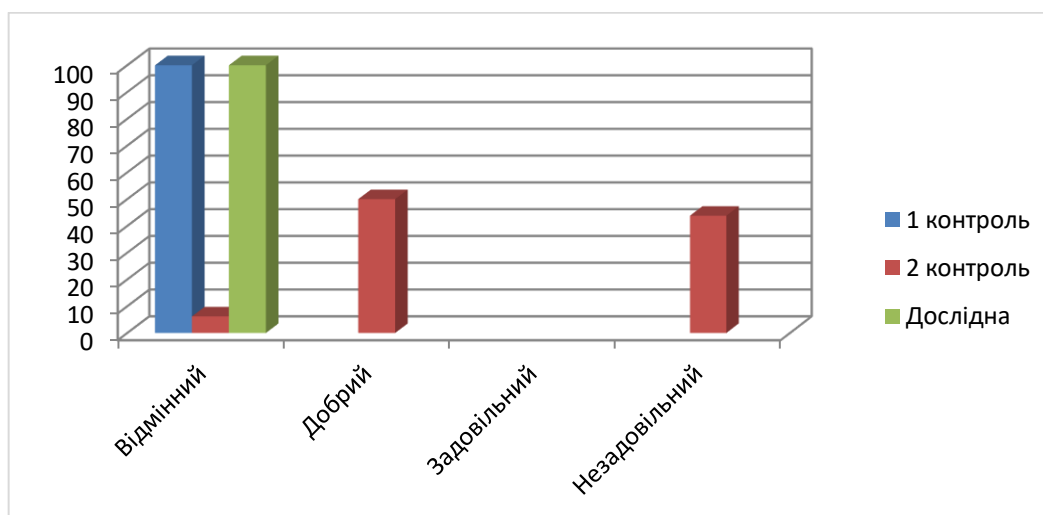


Рисунок 4.4 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 3 місяця після оперативного втручання за шкалою CMS

Аналізуючи табл. 4.4 можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами Дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 12 місяців є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 12 місяці статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д).

Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 12 місяців після оперативного втручання за шкалою CMS представлено в таблиці 4.6 та рисунку 4.5.

Таблиця 4.6 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 12 місяців після оперативного втручання за шкалою CMS

Групи порівняння	Результати ефективності лікування, n,(%)				Всього
	відмінний	добрий	задовільний	незадовільний	
1_контроль	31 (100,0%)		-	-	31 (100,0 %)
2_контроль	2 (6,2%)	16 (50,0 %)	4 (12,5%)	10 (31,3%)	32 (100,0 %)
Дослідна	20(100,0 %)	-	-	-	20 (100,0 %)

Аналізуючи дані табл. 4.6 та рис. 4.5. визначено, що кількість незадовільних та задовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,8% від загальної кількості хворих цієї групи, незадовільні результати склали 31,3 %. На відміну від 2 контрольної групи в 1 контрольній та дослідній групі незадовільних та задовільний результатів не спостерігали, відмінні результати склали 100 %. Відмічається незначний вплив реабілітаційних заходів на результати ефективності лікування у 2 контрольній групі показники тільки 4 хворих (12,5 %) змінилися з незадовільного на задовільні результати, у 10 хворих (31,3 %) спостерігаємо незадовільний результат лікування.

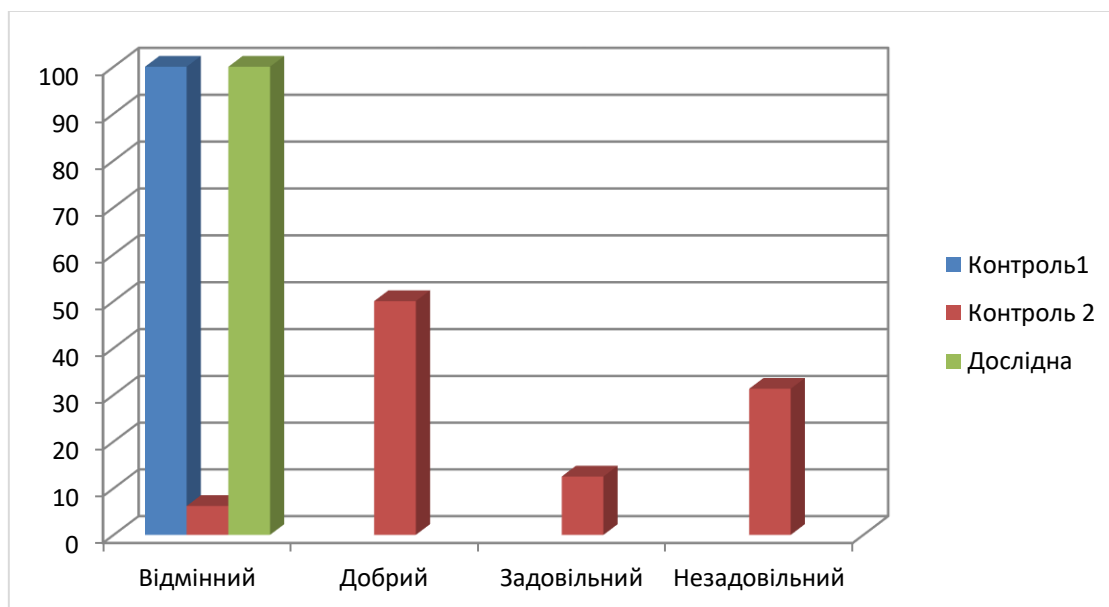


Рисунок 4.5 – Розподіл груп хворих відповідно до результатів лікування через 12 місяців після оперативного втручання за шкалою CMS

Таким чином проведене дослідження переконливо доводить ефективність призначеної діагностики та диференційованого лікування хворих із багатоуламковими переломами проксимального відділу плечової кістки. Впровадження запропонованої схеми дозволила збільшити кількість добрих та відмінних результатів лікування на 23,8 % на шкалою ASES та 43,8 % за шкалою CMS. Після проведення реабілітаційних заходів (через 12 місяців) різниця склала 43,7 % шкалою ASES та 43,8 % за шкалою СМС. Дані отримані в результаті дослідження є статистично оброблені та достовірні ($p < 0,01$).

Наводимо клінічний приклад, хворий К., ч; 53 р. (іст. хвороби № 539812) рис. 4.6 – 4.8. Діагноз: Закритий багатоуламковий перелом проксимального відділу лівої плечової кістки. 17.10.2016 - падіння, впав на ліве плече, відчув значний біль у плечовому суглобі. В районній лікарні виконали рентгенографію. Була накладена гіпсова Дезо пов'язка.

Після чергової консультації ортопед-травматологом через 2 тижні було виконано КТ та встановлено діагноз: Закритий багатоуламковий 4-ьох фрагментарний перелом проксимального відділу лівої плечової кістки.

Проведено оперативне лікування: Однополюсне ендопротезування лівого плечового суглоба.



Рисунок 4.6 – Рентгенограма та КТ пацієнта

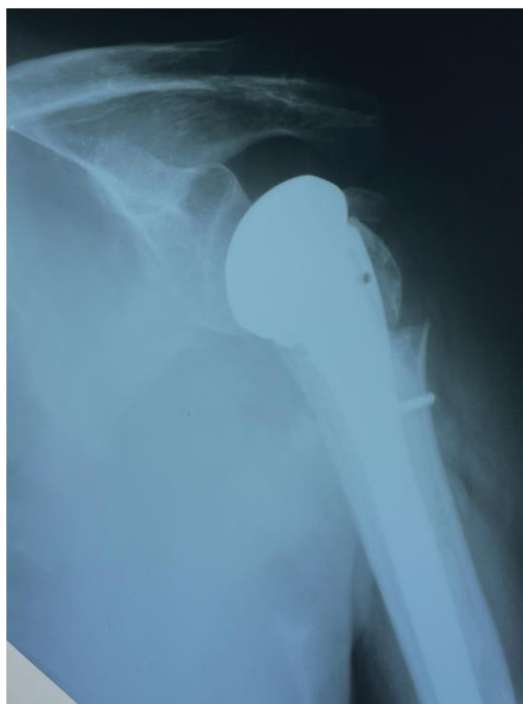


Рисунок 4.7 – Рентгенограма пацієнта після імплантації однополюсного ендопротезу 12 місяців (розташування великого горбка плечової кістки донизу).



Рисунок 4.8 – Об'єм рухів у лівому плечовому суглобі через 12 місяців.

Результат лікування через 12 місяців після однополюсного ендопротезування по шкалі ASES 78 балів та CMS 85 балів.

Наводимо клінічний приклад хворий А., ч; 68 р. (іст. хвороби № 492209) рис. 4.9 – 4.8. Діагноз: Закритий багатоуламковий перелом проксимального відділу правої плечової кістки зі зміщенням. Зі слів пацієнта травму отримав 23.03.2011 року під час падіння із драбини. Допомога надана за місцем проживання травматологом: огляд, променеве обстеження, рекомендовано фіксація правої верхньої кінцівки косинковою пов'язкою та хірургічне лікування. Направлений в ІТО на консультацію ортопедом-травматологом.



Рисунок. 4.9 – Рентгенограма пацієнта до та через 12 місяців після імплантації однополюсного ендопротезу (розташування великого горбка плечової кістки дозад)

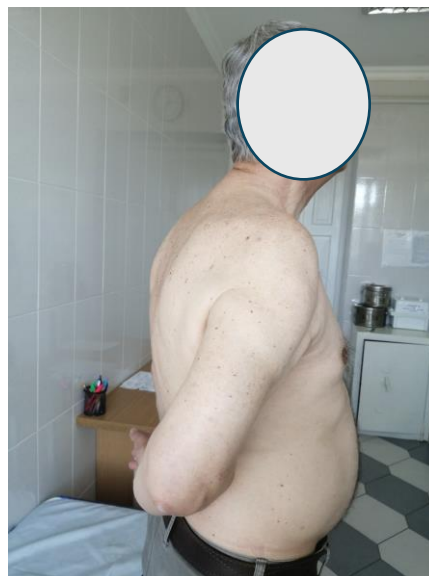


Рисунок 4.10 – Обєм рухів у лівому плечовому суглобі через 12 місяців.

В післяопераційному періоді проводилась фіксація на косинковою пов'язкою. Подальша реабілітація протягом року та на контрольному огляді оцінка функціонального стану плечового суглоба через 3 та 12 місяців.

Результат лікування через 12 місяців після однополюсного ендопротезування розташування великого горбка плечової кістки дорівнює по шкалі ASES 60 балів та CMS 58 балів.

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

На сьогодні однополюсне ендопротезування плечового суглоба є ефективним методом лікування багатофрагментарних переломів проксимального відділу плечової кістки. Незрощення та неправильне розміщення горбків є факторами ризику порушення функції суглоба в післяопераційному періоді. Неправильне розташування великого горбка значною мірою пов'язане з конструкцією імплантату та технікою фіксації. Після імплантації ніжки ендопротеза плечової кістки фрагменти великого горбка репонує за допомогою накладення швів, а потім прикріплюють до ніжки за допомогою дротяного серкляжа. Проте шви серкляжу схильні до прорізування, що призводить до неправильного розташування великого горбка. Ускладнення пов'язані із міграцією великого горбка та зміною його висоти по відношенню до плечового компонента є одним із основних ускладнень при використанні однополюсного ендопротезу, як методу хірургічного лікування складних переломів проксимального метаепіфізу плечової кістки. Дослідження показують гірші результати з однополюсного ендопротезування, коли великий горбок не розташований в анатомічному положенні [99]. Ранні ознаки зміщення або його лізису не мають клінічної симптоматики і зазвичай виявляються при рентгенологічному обстеженні пацієнта у вигляді зони резорбції. Больовий ж синдром зазвичай розвивається при його зміщенні від анатомічного положення [100]. Тому діагностика ранніх ознак зміщення великого горбка, з метою попередження руйнування структур ротаторної манжети та стирання акроміального відростка лопатки є нагальним завданням сучасної ортопедії.

Вдосконалення методів хірургічного лікування травматичних пошкоджень плечового суглобу, а саме його проксимального відділу та профілактика посттравматичних ускладнень є важливим завданням сучасної ортопедії.

Поширеність травми проксимального відділу плечової кістки складає: від 4,7% до 8,8 % всіх переломів кісток і до 70 % переломів плечової кістки. Недостатня ефективність найбільш розповсюджених методів лікування, а також високий рівень інвалідизації внаслідок ускладнень обумовлюють соціально-економічну складову даної проблематики. Вирішальним для результатів однополюсного ендопротезування є збалансоване функціонування сухожилків ротаторної манжети, яке залежить від досягнення анатомічної репозиції та зрощення горбків. Крім того, правильне розташування великого горбка забезпечує адекватний натяг м'яких тканин і запобігає ускладненням. На жаль, при багатофрагментарних переломах великого горбка плечової кістки важко візуально ідентифікувати всі відповідні фрагменти перелому для досягнення анатомічного розташування. Раннє зношення хряща суглобової поверхні гленоїдальної западини призводить до зменшення терміну служби ендопротезу та втрати функції плечового суглоба. Тривимірне моделювання та метод скінченних елементів (МСЕ) у біомеханіці плечового суглоба застосовують для порівняльного оцінювання як у нормі, так і за патології, наприклад, у випадку зміщення великого горбка, під час розривів сухожилків ротаторної манжети, виконання різних видів остеосинтезу, а також ендопротезування. Комп'ютерна томографія (КТ) дозволяє краще візуалізувати тип перелому та визначити план лікування. Використання КТ в післяопераційному періоді (з 3D-реконструкцією), дає можливість візуалізувати великий горбок та його розташування по відношенню до ніжки ендопротезу, особливо коли на простих рентгенограмах визначити це неможливо. Вчасно невиявлені зміщення можуть призвести до значного порушення функції верхньої кінцівки та хронічного больового синдрому.

У закордонних виданнях дана тема є актуальною з точки зору нових сучасних технік фіксації горбків, що зменшує ризик незрощення та зміщення. Окрім того, зрощення горбків також важко досягти у пацієнтів літнього віку через їх обмежений потенціал для зрощення кісток. У науковій літературі знайдено невелика кількість джерел, де приділяється увага розробці математичних моделей

в сучасній ортопедії. Відсутні публікації у вітчизняній медичній літературі, щодо застосування математичних моделей при лікуванні хворих із зміщенням великого горбка плечової кістки. Не розроблена система діагностики, диференційованого лікування та реабілітації хворих із різними типами положень великого горбка при однополюсному ендопротезуванні у хворих багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.

Таким чином актуальним науково-практичним завданням є вдосконалення діагностичних засобів, розробка математичної моделі тиску системи імплант-кістка в залежності від положення великого горбка плечової кістки, розробка діагностичного алгоритма, схеми профілактики та програми реабілітаційних заходів у хворих з багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.

Робота виконана на клінічному матеріалі.

Оцінка функціональних результатів лікування та їх динаміки проводилась у 83 пацієнтів. Серед них було 37 чоловіка (44,5 %) та 46 жінок (55,5 %). Середній вік обстежуваних серед чоловіків склав ($62 \pm 11,4$) років, серед жінок ($66 \pm 10,1$) років.

Хворі поділені на три групи відповідно до методик лікування:

група 1 контроль: хворі без зміщення горбків, які лікувалися за допомогою традиційної методики лікування (31 пацієнт);

група 2 контроль: хворі зі зміщення горбків, які лікувалися за допомогою традиційної методики лікування (32 пацієнта: 10 хворих – superior від норм. положення, у 6 хворих – inferior від норм. положення, у 9 хворих – anterior від норм. положення, у 7 хворих – posterior від норм. положення)

група дослідна: хворі зі зміщенням горбків, які лікувалися за допомогою розробленої методики лікування (20 пацієнтів).

Статистичне дослідження довело однорідність груп спостереження за статтю, віком, типом перелому за Neer.

Клінічний огляд пацієнта проводили за стандартною схемою. Під час збору анамнезу особливу увагу приділяли механізму отримання травми та давності отриманої травми. Клінічний огляд полягав у огляді шкірних покривів ушкодженої кінцівки, оцінці видимих деформацій, патологічної рухливості. Обов'язково проводили оцінку неврологічного статусу кінцівки. Оцінити стан аксиллярного нерва здебільшого не представляється можливим через виражений больовий синдром. При можливих сумнівів у його функції, показано виконання електронейроміографії. Ускладнення, пов'язані з пахвовим нервом, впливають на вибір типу ендопротезу. Необхідно порівнювати пульсацію променевої артерії на обох кінцівках, дефіцит пульсу є показанням до виконання ангіографії.

Рентгенографію плечового суглоба виконували щонайменше в двох проекціях: перпендикулярно та паралельно осі лопатки. За необхідності виконувались додаткові проекції у внутрішній та зовнішній ротації для оцінки зміщення та конфігурації перелому великого горбка. За рентгенологічними даними оцінювалась розташування великого горбка, якість зрощення великого горбка, наявність зміщень, положення голівки ендопротезу, наявність деформації суглобової поверхні лопатки, розміщення ніжки ендопротезу, наявність нестабільності ніжки ендопротезу. Згідно анатомічних досліджень, великий горбок вважається розміщеним правильно, при його розташуванні на 5-10 мм нижче дотичної лінії до головки плеча, перпендикулярно до осі діафіза плечової кістки. У складних для діагностики випадках, в 28 пацієнтів, виконувалась комп'ютерна томографія (КТ) з тривимірною реконструкцією для уточнення конфігурації ендопротезу та розташування та стану великого горбка. КТ діагностика дозволяє краще оцінити відповідні структури ніж традиційні діагностичні методи. Також на КТ необхідно для оцінки конфігурації суглобової поверхні лопатки, кут його ретроверсії, стан кісткової тканини, можливі дегенеративні зміни та деформації. Патологічні зміни гленоїда необхідно виявити до ухвалення рішення про тип встановлюваного ендопротезу.

На першому етапі проводили комплексну оцінку функції плечового суглобу після однополюсного ендопротезування, яка включала в себе застосування загальноприйнятих та найбільш поширених у світі шкал оцінки функції плечового суглобу: 4 оцінювальні шкали: Oxford Shoulder Score, Constant Shoulder Score, Шкала - ASES та шкала - SPADI. В подальшому проводили оцінку ефективності оперативного лікування за двома шкалами Constant Shoulder Score та шкалою ASES. Результат ефективності лікування оцінювався як відмінний при сумі балів 90 та більше, Дослідження проводилось через 3 та 12 місяців після оперативного втручання та приросту функції рухів у суглобі.

Біомеханічні дослідження виконували на базі лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут травматології та ортопедії Національної Академії медичних наук України», яка атестована ДП «Укрметртестстандарт» на проведення відповідних вимірювань (свідоцтво ПТ-№107/215 від 09.03.2021).

Засобами програмного пакету Solid Works побудована імітаційна 3D модель плечового суглоба для створення якої застосовували анатомічні та антропометричні дані, максимально наближені до реальних. Модель складалась з елементів – лопатки, хряща суглобової западини з хрящовою губою, плечової кістки, хряща голівки плечової кістки, а також м'язів: *m. supraspinatus*, *m. infraspinatus*, *m. subscapularis* та *m. teres min.* Для оптимізації та спрощення розрахунків м'язи замінено на стандартні елементи ANSYS, задавши відповідні властивості, а саме жорсткість, яка характерна для пружин. Побудовані 3D моделі плечового суглоба було імпортовано у середовище ANSYS. Подальші розрахунки напружено-деформованого стану (НДС) моделі здійснювали у програмному пакеті ANSYS методом скінченних елементів (СЕ). У розрахунках застосовували фізичні властивості кісткової та хрящової тканини, які отримані з літературних джерел. На наступному етапі проведено дослідження напружено-деформованого стану моделі плечового суглоба в умовах ендопротезування голівки плечової кістки. Для чого в створеній моделі плечового суглоба змінено фізичні властивості саме голівки плечової кістки, без зміни її геометрії. Плечова кістка замінена сталієм

ендопротезом протезом з медичної сталі 12Х18Н10Т з відповідними механічними властивостями. Оцінку НДС проводили на елементах моделі, що складають плечовий суглоб, а саме на хрящовій та кістковій тканині гленоїдальної западини, а також на поверхні ендопротезу голівки плечової кістки, в ділянках контакту суглобових поверхонь. Аналіз напружень за Мізисом та загальних переміщень (Total Deformation) здійснювали для моделі в цілому, а також окремо для елементів моделі один відносно одного, для чого задавали додаткові осі координат відносно яких визначали переміщення в кожній з площин. Проведені біомеханічна дослідження з 5 різних положеннях великого горбка плечової кістки.

Обробку отриманих результатів проводили у відповідності з правилами медико-біологічної статистики із використанням критерію Крускала-Уолліса (непараметричний аналог однофакторного дисперсійного аналізу) з подальшим апостеріорним (пост-хок) аналізом з використанням тесту Дана при його значущості та кореляційного аналізу якісних ознак із застосуванням поліхоричного показника зв'язку.

Другий розділ присвячений визначенню структури причин первинного протезування плечового суглоба, порівнянню шкал-опитувальників для оцінки функції плечового суглоба у пацієнтів після однополюсного ендопротезування плечового суглоба, визначенню ефективності оперативного лікування хворих після однополюсного ендопротезування плечового суглоба залежно від розташування великого горбка плечової кістки, Біомеханічні дослідження проведені для визначення розподілу напружень на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні однополюсний ендопротез плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини), визначення напружено-деформованого стану на елементах моделі плечового суглоба (контактні поверхні однополюсний ендопротез плечової кістки та хрящ гленоїдальної западини) при зміщенні великого горбка у 5 різних варіантах.

Аналіз клінічних даних визначив, що причинами протезування плечового суглоба є важкі ушкодження, що виникають при високоенергетичних травмах – 84 (58,8 %) хворих, та післятравматичному асептичному некрозі – 29 (20,2 %). Свіжі

та застарілі переломи і перелоמו-вивихи проксимального метаепіфізу плечової кістки є одним із найчастіших травм згідно аналізу – 52 (36,4 %), та 32 (22,4 %), а їх кількість та складність продовжує збільшуватись з віком. Травматичні ушкодження структур ротаторної манжетки складають – 12,6 % в загальній структурі. Розуміння етіологічних факторів що призвели до ендопротезування плечового суглоба, дає можливість прогнозувати віддалені функціональні результати та працювати над зменшенням кількості таких хворих.

Визначено, що шкали CMS та ASES найбільш популярні, що пов'язано з їх простотою у використанні, широко валідовані та збалансовані за об'єктивними та суб'єктивними критеріями. У результаті аналізу 4 основних шкал оцінки функції плечового суглоба найбільш збалансованою системою оцінки є шкала Constant Shoulder Score, оскільки містить не лише кількісні характеристики, але й якісні критерії визначення результатів лікування. Параметри оцінки стану плечового суглоба у різних шкалах мають відмінні показники приросту функції в часовому проміжку, шкала ASES в нашому спостереженні показала найбільшу різницю в прирості процентів протягом року згідно даних шкали. Шкала CMS включає в одну стандартизовану форму як суб'єктивні, так і об'єктивні показники, що підвищують точність у визначенні об'єму рухів та сили при відведенні плеча з вантажем після ендопротезування. Використання даної шкали дозволяє більш виважено підійти до формування індивідуальних схем реабілітаційного лікування у коротких та віддалених термінах післяопераційного періоду. Таким чином визначено, що при оцінці функції плечового суглоба у хворих після ендопротезування доцільно використовувати оціночні системи ASES та CMS.

При проведенні клінічних досліджень визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження характеристик побутової активності, об'єму рухів та сили м'язів бальних показників згідно класифікації CMS через 3 місяця після оперативного втручання у дослідних підгрупах хворих де великий горбок плечової кістки знаходився anterior та posterior від норми в порівнянні з даними контрольної групи хворих де великий горбок не переміщався. Такі ж показники дещо зменшені

при положенні горбка superior та inferior від норми. Бальні показники болю не відрізняються у контрольній та дослідних підгрупах обстежених хворих. Аналогічні результати отримані і при обстеженні хворих згідно класифікації ASES. Відмічається статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження показника побутової активності в дослідних підгрупах anterior та posterior від норми (21,09 бали та 15,74 бали) в порівнянні з підгрупою де великий горбок синтезувався в нормальному положенні (41,40 балів). Дещо зменшені показники побутової активності при положенні горбка superior та inferior від норми (35,91 балів та 35,27 балів відповідно). Показники болю не відрізнялися у всіх підгруп обстежених хворих.

Визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження характеристик побутової активності, об'єму рухів та сили м'язів бальних показників згідно класифікації CMS у дослідних підгрупах хворих через 12 місяців після однополюсного ендопротезування плечового суглоба де великий горбок плечової кістки знаходився anterior та posterior від норми в порівнянні з даними групи хворих де великий горбок синтезувався в нормальне положення. В порівнянні з показниками тих же хворих в ранньому післяопераційному періоді (3 міс після оперативного втручання) спостерігається практично такі ж бальні показники побутової активності – 10,06 балів (10,02 – через 3 місяця спостереження), незначне збільшення показників об'єму рухів (від 20,06 балів до 20,14 балів при великому горбку anterior від норми, від 19,00 балів до 19,21 бали при великому горбку posterior від норми) сили м'язів плечового поясу (від 18,03 балів до 19,11 балів при великому горбку anterior від норми, від 18,01 балів до 18,17 балів при великому горбку posterior від норми). Такі ж показники дещо зменшені в порівнянні з групою при нормальному положенні горбка при положенні горбка superior та inferior від норми. Бальні показники болю не відрізняються у контрольній та дослідних підгрупах обстежених хворих. визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження характеристик побутової активності бальних показників згідно класифікації ASES у дослідних підгрупах хворих через 12 місяців після однополюсного ендопротезування плечового суглоба де великий горбок плечової

кістки знаходився anterior та posterior від норми в порівнянні з даними групи хворих де великий горбок синтезувався в нормальному положенні. В порівнянні з показниками тих же хворих в ранньому післяопераційному періоді (3 міс після оперативного втручання) спостерігається незначне збільшення показників побутової активності (від 21,09 балів до 22,79 балів при великому горбку anterior від норми, від 15,74 балів до 17,81 балів при великому горбку posterior від норми). Показник побутової активності дещо зменшений в порівнянні з групою де великий горбок синтезувався в нормальному положенні при положенні горбка superior та inferior від норми. Бальні показники болю не відрізняються у контрольній та дослідних підгрупах обстежених хворих.

Таким чином проведене клінічне дослідження довело, що розташування великого горбка впливає на приріст функції та ефективність ендопротезування плечового суглоба згідно сучасних класифікацій CMS та ASES. При виконанні ендопротезування плечового суглоба треба робити реінсерцію великого горбка максимально точно в точці його анатомічного розташування. Зміщення великого горбка anterior чи posterior від норми значно знижує приріст показників об'єму руху, сили м'язів плечового поясу та побутової активності прооперованих хворих.

У третьому розділі біомеханічними дослідженнями визначили, що при нормальній позиції великого горбка плечової кістки напруження на всіх елементах моделі розподіляються рівномірно, максимальні напруження не перевищують 1 МПа, які розподілені по зоні контакту. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{\max} = 0,76$ МПа, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 0,94$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западині – $\sigma_{\max} = 1,09$ МПа, на субхондральній кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 0,85$ МПа. На плечовій кістці присутні ділянки концентрації напружень в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{\max} = 13,58$ МПа, які не перевищують межі міцності тканин. Найбільші напруження на елементи моделі (НДС) спостерігали при розташуванні великого горбка плечової кістки anterior та posterior від норми.

При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см posterior від норми навантаження на м'язи також змінюються і напруження на елементах моделі розподіляються не рівномірно. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{\max} = 2,08$ МПа, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 1,86$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западині – $\sigma_{\max} = 2,81$ МПа, на субхондральній кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 3,14$ МПа. На плечовій кістці зростають значення показників напруження в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{\max} = 22,71$ МПа.

При зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см anterior від норми навантаження на м'язи також змінюються і напруження на елементах моделі розподіляються не рівномірно. Максимальні напруження на суглобовій губі рівні $\sigma_{\max} = 2,64$ МПа, на хрящі голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 2,04$ МПа, на субхондральній кістці гленоїдальної западині – $\sigma_{\max} = 4,30$ МПа, на субхондральній кістці голівки плечової кістки – $\sigma_{\max} = 1,19$ МПа. На плечовій кістці зростають значення показників напруження в місцях кріплення м'язів (пружин), із максимальними значеннями в зоні кріплення m.supraspinatus – $\sigma_{\max} = 7,92$ МПа.

За показником переміщення визначається ступінь нестабільності плечового суглоба. Чим показник вище, тим більше явища нестабільності суглоба. Визначено, що найбільш нестабільним плечовий суглоб буде при зміщенні кріплення м'язів РМП внаслідок зміщення великого горбка плечової кістки на 1 см anterior (0,54 мм за віссю X, 5,07 мм за віссю Y та 1,09 мм за віссю Z) та на 1 см posterior (0,29 мм за віссю X, 2,42 мм за віссю Y, 0,40 мм за віссю Z) при значеннях (0,08 мм для вісі X, 0,82 мм для вісі Y та 0,19 мм для вісі Z) при нормальному розташуванні великого горбка.

Таким чином проведені біомеханічні дослідження підтверджують клінічні дослідження та доводять, що найбільші напруження та деформація, що може призвести до нестабільності ендопротезу спостерігається при розміщенні великого горбка anterior та posterior від норми.

Четвертий розділ присвячений розробці схеми диференційованого лікування хворих із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки та оцінці ефективності проведених діагностично-лікувальних заходів у хворих із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки.

Розроблена схема оперативного лікування багатоуламкових переломів ПВПК представлена на рисунку 4.1. Для користування схемою оперативного лікування багатоуламкових переломів ПВПК треба відповісти на ряд послідовних питань.

Яка кількість кісткових уламків за класифікацією Neer? Якщо відламків 3 : Чи у пацієнта (ки) вік більше 65 років? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання однополюсного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є діагностоване порушення СФС КТ (остеопенія, остеопороз)? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання однополюсного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є ушкодження ротаторної манжети плечового суглоба? Якщо відповідь — «є» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «немає» пацієнтам рекомендовано виконання репозиції та остеометалосинтезу.

Якщо відламків 4 та більше : Чи у пацієнта (ки) вік більше 65 років? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є діагностоване порушення СФС КТ (остеопенія, остеопороз)? Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивного ендопротезування плечового суглоба. Якщо відповідь — «ні» пропонується наступне запитання: Чи є ушкодження ротаторної манжети плечового суглоба? Якщо відповідь — «є» пацієнтам рекомендовано виконання реверсивного ендопротезування плечового суглоба.

Якщо відповідь — «немає» пацієнтам рекомендовано виконання однополюсного ендопротезування плечового суглоба.

У хворих яким **рекомендовано** виконання **ендопротезування** (однополюсного чи реверсивного) плечового суглоба пропонується наступне запитання: Чи є зміщення великого горбка плечової кістки ?. Якщо відповідь — «так» пацієнтам рекомендовано виконання реінсерції великого горбка плечової кістки в його анатомічне положення. Необхідно запобігати реінсерції великого горбка плечової кістки anterior та superior від норми. Якщо відповідь — «ні» виконується ендопротезування плечового суглоба за звичайною технікою.

Для оцінки рекомендованої системи лікування груп спостереження використовували шкали CMS та ASES через 3 та 12 місяців після оперативного втручання.

Визначено, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами дослід та 1 контроль за шкалою ASES через 3 місяці є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах дослід та 1 контроль за шкалою ASES через 3 місяці статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д). Визначено, що кількість незадовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,8 % від загальної кількості хворих цієї групи. На відміну від 2 контрольної групи в 1 контрольній та дослідній групи незадовільних результатів не спостерігали, добрі результати склали 100 % та 80 % відповідно.

Визначено, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 3 місяці є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 3 місяці статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д). Визначено, що кількість незадовільних та задовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,7 % від загальної кількості хворих цієї групи, незадовільні результати склали 37,4 %. На відміну від 2 контрольної групи

в 1 контрольній та дослідній групі незадовільних та задовільний результатів не спостерігали, відмінні результати склали 100 %.

Визначено, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами Дослід та 1 контроль за шкалою ASES через 12 місяців є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1 контроль за шкалою ASES через 12 місяців статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д). Визначено, що кількість незадовільних та задовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,7 % від загальної кількості хворих цієї групи, незадовільні результати склали 37,4 %. На відміну від 2 контрольної групи в 1 контрольній та дослідній групі незадовільних та задовільний результатів не спостерігали, відмінні результати склали 87,1 % та 60,0 % відповідно. Відмічається незначний вплив реабілітаційних заходів на результати ефективності лікування у 2 контрольній групі показники тільки 2 хворих (6,3 %) змінилися з незадовільного на задовільні результати, у 12 хворих (37,4 %) спостерігаємо незадовільний результат лікування. На відміну від пацієнтів 2 контрольної групи у групі 1 контроль та дослідній показники після проведення реабілітаційних заходів змінилися з добрі на відмінні у 81,1 % та 60 % відповідно.

Визначено, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2 контроль у порівнянні з групами Дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 12 місяців є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1 контроль за шкалою CMS через 12 місяців статистично не підтвердилась ($p > 0,05$) (додаток Д). Визначено, що кількість незадовільних та задовільних результатів у 2 контрольній групі, де реінсерцію великого горбка виконували в 5 різних позиціях, складає 43,8 % від загальної кількості хворих цієї групи, незадовільні результати склали 31,3 %. На відміну від 2 контрольної групи в 1 контрольній та дослідній групі незадовільних та задовільний результатів не спостерігали, відмінні результати склали 100 %. Відмічається незначний вплив реабілітаційних заходів на результати ефективності лікування у 2 контрольній

групі показники тільки 4 хворих (12,5 %) змінилися з незадовільного на задовільні результати, у 10 хворих (31,3 %) спостерігаємо незадовільний результат лікування.

Проведене дослідження переконливо доводить ефективність призначеної диференційованої схеми лікування хворих із багатоуламковими переломами проксимального відділу плечової кістки. Впровадження запропонованої схеми дозволила збільшити кількість добрих та відмінних результатів лікування на 23,8 % за шкалою ASES та 43,8 % за шкалою CMS. Після проведення реабілітаційних заходів (через 12 місяців) різниця склала 43,7 % за шкалою ASES та 43,8 % за шкалою CMS. Дані отримані в результаті дослідження є статистично оброблені та достовірні ($p < 0,01$).

Таким чином, проведені клінічні дослідження дозволили розв'язати важливе науково-практичне завдання – покращити результати ендопротезування плечового суглоба при багатоуламкових переломах плечової кістки. Проведеними клінічними дослідженнями визначена структура причин первинного ендопротезування плечового суглоба, визначені найбільш інформативні шкали для оцінки його стану, вперше на основі біомеханічних та клінічних досліджень визначено оптимальне положення великого горбка при його реінсерції під час ендопротезування плечового суглоба. На основі власних клінічних та біомеханічних досліджень та даних літературних джерел розроблена схема диференційованого лікування багатоуламкових переломів плечової кістки та доведена його перевага перед традиційними підходами до лікування цієї категорії пацієнтів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне завдання травматології та ортопедії – покращення хірургічного лікування хворих із багатофрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки шляхом удосконалення диференційованої тактики лікування на основі клініко-інструментальної діагностики та теоретично обґрунтованого біомеханічного аналізу напружено-деформованого стану на елементах моделі після однополюсного ендопротезування зі зміщенням великого горбка у 5 різних положеннях, та аналізу оцінки функціонального стану плечового суглоба після оперативного втручання через 3 та 12 місяців.

1. За результатами біомеханічного дослідження зі зміщенням великого горбка плечової кістки визначено оптимально допустиме положення після імплантації однополюсного ендопротезу плечового суглобу. Аналіз напружено-деформованого стану контактних поверхонь плечового суглоба зі зміною положення великого горбка з кутом відведення плеча на 60 градусів показав, що максимальне зростання значень напружень спостерігається на субхондральній кістці гленоїдальної западини при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см вперед – у 3,4 рази, до $\sigma_{max} = 4,02$ МПа. Визначено, що зміщення великого горбка на 1 см донизу є оптимально допустимим положенням при якому субхондральна кістка гленоїдальної западини зазнає мінімальних значень напружень та деформацій.

2. Зростання напружень у ділянці інсерції *m.supraspinatus* зростає на 45 % до ($\sigma_{max} = 38,54$ МПа), при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см доверху та відведення верхньої кінцівки до кута 60 градусів, проте при зміщенні великого горбка плечової кістки на 1 см донизу, відведення верхньої кінцівки до кута 60 градусів навпаки, призводить до зниження значень напружень у

ділянці інсерції *m.supraspinatus* на 33 % до ($\sigma_{\max} = 17,81$ МПа). Зміна тиску на контактних поверхнях є значною при зміні положення великого горбка, що беззаперечно буде впливати на об'єм та діапазон рухів в післяопераційному періоді. Врахування даних значень напруження на контактних поверхнях, отриманих від розробленої нами імітаційної комп'ютерної 3D-моделі плечового суглоба дозволяє підвищити якість передопераційного планування при виконанні різних типів ендопротезів плечового суглоба.

3. За результатами проведеного власного аналізу клінічного матеріалу визначено що причинами протезування плечового суглоба є важкі ушкодження, що виникають при високоенергетичних травмах у 62,3 % хворих, та аваскулярному остеонекрозі – 30,2 %. Свіжі та застарілі переломи і переломовивихи проксимального метаепіфізу плечової кістки складають 21,6 % та 29,6 % відповідно та ушкодження структур ротаторної манжетки – 11,1 % в загальній структурі оперованих хворих.

4. Визначено, що оцінювальні шкали ASES та CMS є збалансованими за об'єктивними та суб'єктивними критеріями для оцінки функції прооперованого плечового суглоба. Шкала Constant Shoulder Score, містить не лише кількісні характеристики, але й якісні критерії визначення результатів лікування. Шкала CMS включає в одну стандартизовану форму як суб'єктивні, так і об'єктивні показники, що підвищують точність у визначенні об'єму рухів та сили при відведенні плеча з вантажем після ендопротезування. Вище вказані шкали більш чутливі до зміни функцій, що дозволяє більш виважено підійти до формування індивідуальних схем реабілітаційного лікування у коротких та віддалених термінах післяопераційного періоду.

5. На основі проведеного аналізу бальних показників результатів лікування у хворих після однополюсного ендопротезування визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження характеристик побутової активності, об'єму рухів та сили м'язів через 3 та 12 місяців у дослідних підгрупах, де великий горбок зміщувався в порівнянні із даними контрольної

групи, де великий горбок залишався в анатомічному положенні. Положення великого горбка superior та inferior від норми визначено найбільш оптимальним, за даними бальних показників по шкалі CMS – $(86,80 \pm 0,87)$ балів та $(85,27 \pm 0,58)$ балів та ASES $(78,20 \pm 0,81)$ балів, $(77,43 \pm 1,29)$ балів відповідно. Визначено статистично достовірне ($p \leq 0,01$) зниження бальних показників за шкалою ASES та CMS у підгрупах де положення великого горбка було anterior та posterior в порівнянні з групою хворих де великий горбок синтезувався в нормальному положенні.

6. Запропонована схема діагностики та диференційованого лікування хворих із переломами проксимального відділу плечової кістки включала наступні критерії: кількість уламків за класифікацією Neer, вік хворого, порушення структурно-функціонального стану кісткової тканини, положення великого горбка та стан ротаторної манжети. Доведено, що різниця у функціональних результатах у контрольних підгрупах та дослідній групі є суттєвою ($p < 0,01$). Запропонована схема лікування дозволила збільшити кількість добрих та відмінних результатів лікування на 23,8% на шкалою ASES та 43,8 % за шкалою CMS відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kralinger, F., Schwaiger, R., Wambacher, M., Farrell, E., Menth-Chiari, W., Lajtai, G., Hübner, C., & Resch, H. (2004). Outcome after primary hemiarthroplasty for fracture of the head of the humerus. A retrospective multicentre study of 167 patients. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 86(2), 217–219. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b2.14553>
2. Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1970 Sep;52(6):1077-89. PMID: 5455339.
3. Boileau, P., Krishnan, S. G., Tinsi, L., Walch, G., Coste, J. S., & Molé, D. (2002). Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 11(5), 401–412. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.124527>
4. Giovale, M., Mangano, T., Rodà, E., Repetto, I., Cerruti, P., Kuqi, E., & Franchin, F. (2014). Shoulder hemiarthroplasty for complex humeral fractures: a 5 to 10-year follow-up retrospective study. *Musculoskeletal surgery*, 98 Suppl 1, 27–33. <https://doi.org/10.1007/s12306-014-0319-y>
5. А.І. Капанджи Верхня кінцівка. Фізіологія суглобів. Схеми біомеханіки людини з коментарями. 7-ме вид. м: Ексмо, 2020 – 376 с.
6. Boileau, P., Alta, T. D., Decroocq, L., Sirveaux, F., Clavert, P., Favard, L., & Chelli, M. (2019). Reverse shoulder arthroplasty for acute fractures in the elderly: is it worth reattaching the tuberosities?. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 28(3), 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.08.025>
7. Archer, L. A., & Furey, A. (2016). Rate of avascular necrosis and time to surgery in proximal humerus fractures. *Musculoskeletal surgery*, 100(3), 213–216. <https://doi.org/10.1007/s12306-016-0425-0>

8. Omid, R., Trasolini, N. A., Stone, M. A., & Namdari, S. (2021). Principles of Locking Plate Fixation of Proximal Humerus Fractures. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 29(11), e523–e535. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-20-00558>.
9. Baker, H. P., Gutbrod, J., Strelzow, J. A., Maassen, N. H., & Shi, L. (2022). Management of Proximal Humerus Fractures in Adults-A Scoping Review. *Journal of clinical medicine*, 11(20), 6140. <https://doi.org/10.3390/jcm11206140>
10. Iglesias-Rodríguez, Sandra & Dominguez-Prado, Diego & Garcia Reza, Alejandro & Fernández-Fernández, Daniel & Pérez-Alfonso, Elena & García-Piñeiro, Javier & Castro-Menéndez, Manuel. (2021). Epidemiology of proximal humerus fractures. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 16.10.1186/s13018-021-02551-x.
11. McLean, A. S., Price, N., Graves, S., Hatton, A., & Taylor, F. J. (2019). Nationwide trends in management of proximal humeral fractures: an analysis of 77,966 cases from 2008 to 2017. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 28(11), 2072–2078. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.03.034>
12. Khatib, O., Onyekwelu, I., & Zuckerman, J. D. (2014). The incidence of proximal humeral fractures in New York State from 1990 through 2010 with an emphasis on operative management in patients aged 65 years or older. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 23(9), 1356–1362. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.12.034>
13. Handoll, H. H., Elliott, J., Thillemann, T. M., Aluko, P., & Brorson, S. (2022). Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 6(6), CD000434. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000434.pub5>.
14. Gracitelli, M. E. C., Dotta, T. A. G., Assunção, J. H., Malavolta, E. A., Andrade-Silva, F. B., Kojima, K. E., & Ferreira Neto, A. A. (2017). Intraobserver and interobserver agreement in the classification and treatment of proximal humeral fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 26(6), 1097–1102. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.11.047>

15. Marongiu, G., Leinardi, L., Congia, S., Frigau, L., Mola, F., & Capone, A. (2020). Reliability and reproducibility of the new AO/OTA 2018 classification system for proximal humeral fractures: a comparison of three different classification systems. *Journal of orthopaedics and traumatology : official journal of the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology*, 21(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s10195-020-0543-1>
16. Meinberg, E. G., Agel, J., Roberts, C. S., Karam, M. D., & Kellam, J. F. (2018). Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *Journal of orthopaedic trauma*, 32 Suppl 1, S1–S170. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001063>
17. Ellis, B. J., Debski, R. E., Moore, S. M., McMahon, P. J., & Weiss, J. A. (2007). Methodology and sensitivity studies for finite element modeling of the inferior glenohumeral ligament complex. *Journal of biomechanics*, 40(3), 603–612. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2006.01.024>
18. Yesil, O.B., Ozturk, T.C., Çevik, Ş.E., & Guneysel, O. (2012). Which Comes First in Posterior Shoulder Dislocation; X-Ray or Computed Tomography? *Journal of Academic Emergency Medicine Case Reports*, 3, 12-14.
19. Boileau, P., & Walch, G. (1997). The three-dimensional geometry of the proximal humerus. Implications for surgical technique and prosthetic design. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 79(5), 857–865. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.79b5.7579>
20. Abdelhady A. M. (2013). Timing of shoulder arthroplasty in comminuted proximal humerus fracture, how much does it matter?. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*, 23(5), 515–519. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1025-9>
21. Wooten, C., Klika, B., Schleck, C. D., Harmsen, W. S., Sperling, J. W., & Cofield, R. H. (2014). Anatomic shoulder arthroplasty as treatment for locked posterior dislocation of the shoulder. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 96(3), e19. <https://doi.org/10.2106/JBJS.L.01588>

22. Fallahi, F., Green, N., Gadde, S., Jeavons, L., Armstrong, P., & Jonker, L. (2013). Indirect magnetic resonance arthrography of the shoulder; a reliable diagnostic tool for investigation of suspected labral pathology. *Skeletal radiology*, 42(9), 1225–1233. <https://doi.org/10.1007/s00256-013-1644-1>
23. Baker, H. P., Gutbrod, J., Strelzow, J. A., Maassen, N. H., & Shi, L. (2022). Management of Proximal Humerus Fractures in Adults-A Scoping Review. *Journal of clinical medicine*, 11(20), 6140. <https://doi.org/10.3390/jcm11206140>
24. Boileau, P., Gaudi, M. O., Wagner, E. R., Clowez, G., Chaoui, J., Chelli, M., & Walch, G. (2019). The reverse shoulder arthroplasty angle: a new measurement of glenoid inclination for reverse shoulder arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 28(7), 1281–1290. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.11.074>
25. Kralinger, F., Schwaiger, R., Wambacher, M., Farrell, E., Menth-Chiari, W., Lajtai, G., Hübner, C., & Resch, H. (2004). Outcome after primary hemiarthroplasty for fracture of the head of the humerus. A retrospective multicentre study of 167 patients. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 86(2), 217–219. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b2.14553>
26. Neer C. S., 2nd (1970). Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 52(6), 1090–1103.
27. Boileau, P., Krishnan, S. G., Tinsi, L., Walch, G., Coste, J. S., & Molé, D. (2002). Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 11(5), 401–412. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.124527>
28. Giovale, M., Mangano, T., Rodà, E., Repetto, I., Cerruti, P., Kuqi, E., & Franchin, F. (2014). Shoulder hemiarthroplasty for complex humeral fractures: a 5 to 10-year follow-up retrospective study. *Musculoskeletal surgery*, 98 Suppl 1, 27–33. <https://doi.org/10.1007/s12306-014-0319-y>
29. Chang, C. J., Su, W. R., Hsu, K. L., Hong, C. K., Kuan, F. C., Chang, C. H., & Lin, C. L. (2021). Augmented cerclage wire improves the fixation strength of a

two-screw construct for humerus split type greater tuberosity fracture: a biomechanical study. *BMC musculoskeletal disorders*, 22(1), 350. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04215-7>

30. Hasler, A., Ker, A., Grubhofer, F., El Nashar, R., Ernstbrunner, L., Gerber, C., & Wieser, K. (2024). Clinical and radiographic long-term outcomes of hemiarthroplasty for complex proximal humeral fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 33(3), 698–706. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.07.022>

31. Handoll, H. H., Elliott, J., Thillemann, T. M., Aluko, P., & Brorson, S. (2022). Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 6(6), CD000434. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000434.pub5>

32. Iyengar, J. J., Devic, Z., Sproul, R. C., & Feeley, B. T. (2011). Nonoperative treatment of proximal humerus fractures: a systematic review. *Journal of orthopaedic trauma*, 25(10), 612–617. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182008df8>

33. Lopiz, Y., Alcobía-Díaz, B., Galán-Olleros, M., García-Fernández, C., Picado, A. L., & Marco, F. (2019). Reverse shoulder arthroplasty versus nonoperative treatment for 3- or 4-part proximal humeral fractures in elderly patients: a prospective randomized controlled trial. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 28(12), 2259–2271. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.06.024>

34. Olerud, P., Ahrengart, L., Ponzer, S., Saving, J., & Tidermark, J. (2011). Internal fixation versus nonoperative treatment of displaced 3-part proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 20(5), 747–755. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.12.018>

35. Fraser, A. N., Bjørddal, J., Wagle, T. M., Karlberg, A. C., Lien, O. A., Eilertsen, L., Mader, K., Apold, H., Larsen, L. B., Madsen, J. E., & Fjalestad, T. (2020). Reverse Shoulder Arthroplasty Is Superior to Plate Fixation at 2 Years for Displaced Proximal Humeral Fractures in the Elderly: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 102(6), 477–485. <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.01071>

36. Rangan, A., Handoll, H., Brealey, S., Jefferson, L., Keding, A., Martin, B. C., Goodchild, L., Chuang, L. H., Hewitt, C., Torgerson, D., & PROFHER Trial Collaborators (2015). Surgical vs nonsurgical treatment of adults with displaced fractures of the proximal humerus: the PROFHER randomized clinical trial. *JAMA*, 313(10), 1037–1047. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.1629>
37. Cadet, E. R., & Ahmad, C. S. (2012). Hemiarthroplasty for three- and four-part proximal humerus fractures. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 20(1), 17–27. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-20-01-017>
38. Jacobson, J. A., Duquin, T. R., Sanchez-Sotelo, J., Schleck, C. D., Sperling, J. W., & Cofield, R. H. (2014). Anatomic shoulder arthroplasty for treatment of proximal humerus malunions. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 23(8), 1232–1239. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.11.015>
39. Savin, D. D., Zamfirova, I., Iannotti, J., Goldberg, B. A., & Youderian, A. R. (2016). Survey study suggests that reverse total shoulder arthroplasty is becoming the treatment of choice for four-part fractures of the humeral head in the elderly. *International orthopaedics*, 40(9), 1919–1925. <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3227-y>
40. Ferrel, J. R., Trinh, T. Q., & Fischer, R. A. (2015). Reverse total shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for proximal humeral fractures: a systematic review. *Journal of orthopaedic trauma*, 29(1), 60–68. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000224>
41. Alispahic, N., Brorson, S., Bahrs, C., Joeris, A., Steinitz, A., & Audigé, L. (2020). Complications after surgical management of proximal humeral fractures: a systematic review of event terms and definitions. *BMC musculoskeletal disorders*, 21(1), 327. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03353-8>
42. Antonios, T., Bakti, N., Phadkhe, A., Gulihar, A., & Singh, B. (2020). Outcomes following arthroplasty for proximal humeral fractures. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*, 11(Suppl 1), S31–S36. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.07.008>

43. Hashiguchi, H., Iwashita, S., Ohkubo, A., & Takai, S. (2015). The outcome of hemiarthroplasty for proximal humeral fractures is dependent on the status of the rotator cuff. *International orthopaedics*, 39(6), 1115–1119. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2758-y>
44. Sebastiá-Forcada, E., Cebrián-Gómez, R., Lizaur-Utrilla, A., & Gil-Guillén, V. (2014). Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. A blinded, randomized, controlled, prospective study. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 23(10), 1419–1426. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.06.035>
45. Li X. (2021). In Older Adults with 3- or 4-Part Dislocated Proximal Humeral Fractures, Reverse Shoulder Arthroplasty Improved Anterior Elevation and Constant Score, but Not DASH Scores, Quality of Life, or Radiographic Outcomes Compared with Hemiarthroplasty. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 103(22), 2142. <https://doi.org/10.2106/JBJS.21.01006>
46. Laas, N., Engelsma, Y., Hagemans, F. J. A., Hoelen, M. A., van Deurzen, D. F. P., & Burger, B. J. (2021). Reverse or Hemi Shoulder Arthroplasty in Proximal Humerus Fractures: A Single-Blinded Prospective Multicenter Randomized Clinical Trial. *Journal of orthopaedic trauma*, 35(5), 252–258. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001978>
47. Jonsson, E. Ö., Ekholm, C., Salomonsson, B., Demir, Y., Olerud, P., & Collaborators in the SAPF Study Group (2021). Reverse total shoulder arthroplasty provides better shoulder function than hemiarthroplasty for displaced 3- and 4-part proximal humeral fractures in patients aged 70 years or older: a multicenter randomized controlled trial. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 30(5), 994–1006. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.10.037>
48. Batar, S., Turkmen, I., Celik, H., Uzer, G., & Bilsel, K. (2020). Improved Functional Outcomes with Reverse Shoulder Arthroplasty Compared to Hemiarthroplasty after Proximal Humeral Fractures in the Elderly. Lepší funkční výsledky reverzní artroplastiky ramena ve srovnání s hemiartroplastikou u zlomenin

proximálního humeru u starších pacientů. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca*, 87(4), 278–284.

49. Cuff, D. J., & Pupello, D. R. (2013). Comparison of hemiarthroplasty and reverse shoulder arthroplasty for the treatment of proximal humeral fractures in elderly patients. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 95(22), 2050–2055. <https://doi.org/10.2106/JBJS.L.01637>

50. Fjalestad, T., & Hole, M. Ø. (2014). Displaced proximal humeral fractures: operative versus non-operative treatment--a 2-year extension of a randomized controlled trial. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*, 24(7), 1067–1073. <https://doi.org/10.1007/s00590-013-1403-y>

51. Fjalestad, T., Hole, M. Ø., Hovden, I. A., Blücher, J., & Strømsøe, K. (2012). Surgical treatment with an angular stable plate for complex displaced proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *Journal of orthopaedic trauma*, 26(2), 98–106. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e31821c2e15>

52. Olerud, P., Ahrengart, L., Ponzer, S., Saving, J., & Tidermark, J. (2011). Hemiarthroplasty versus nonoperative treatment of displaced 4-part proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 20(7), 1025–1033. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2011.04.016>

53. Cai, M., Tao, K., Yang, C., & Li, S. (2012). Internal fixation versus shoulder hemiarthroplasty for displaced 4-part proximal humeral fractures in elderly patients. *Orthopedics*, 35(9), e1340–e1346. <https://doi.org/10.3928/01477447-20120822-19>

54. Boons, H. W., Goosen, J. H., van Grinsven, S., van Susante, J. L., & van Loon, C. J. (2012). Hemiarthroplasty for humeral four-part fractures for patients 65 years and older: a randomized controlled trial. *Clinical orthopaedics and related research*, 470(12), 3483–3491. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2531-0>

55. Kany, S., Vollrath, J. T., & Relja, B. (2019). Cytokines in Inflammatory Disease. *International journal of molecular sciences*, 20(23), 6008. <https://doi.org/10.3390/ijms20236008>

56. Herman, A., El Mansari, M., Adham, N., Kiss, B., Farkas, B., & Blier, P. (2018). Involvement of 5-HT_{1A} and 5-HT_{2A} Receptors but Not α ₂-Adrenoceptors in the Acute Electrophysiological Effects of Cariprazine in the Rat Brain In Vivo. *Molecular pharmacology*, 94(6), 1363–1370. <https://doi.org/10.1124/mol.118.113290>
57. Oosterhof, C. A., El Mansari, M., & Blier, P. (2014). Acute effects of brexpiprazole on serotonin, dopamine, and norepinephrine systems: an in vivo electrophysiologic characterization. *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics*, 351(3), 585–595. <https://doi.org/10.1124/jpet.114.218578>
58. Kralinger, F., Schwaiger, R., Wambacher, M., Farrell, E., Menth-Chiari, W., Lajtai, G., Hübner, C., & Resch, H. (2004). Outcome after primary hemiarthroplasty for fracture of the head of the humerus. A retrospective multicentre study of 167 patients. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 86(2), 217–219. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b2.14553>
59. Robinson, C. M., Page, R. S., Hill, R. M., Sanders, D. L., Court-Brown, C. M., & Wakefield, A. E. (2003). Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 85(7), 1215–1223. <https://doi.org/10.2106/00004623-200307000-00006>
60. Boileau, P., Krishnan, S. G., Tinsi, L., Walch, G., Coste, J. S., & Molé, D. (2002). Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 11(5), 401–412. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.124527>
61. Boileau, P., Gonzalez, J. F., Chuinard, C., Bicknell, R., & Walch, G. (2009). Reverse total shoulder arthroplasty after failed rotator cuff surgery. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 18(4), 600–606. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.03.011>
62. Gerber, C., Pennington, S. D., & Nyffeler, R. W. (2009). Reverse total shoulder arthroplasty. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 17(5), 284–295. <https://doi.org/10.5435/00124635-200905000-00003>
63. Wall, B., Nové-Josserand, L., O'Connor, D. P., Edwards, T. B., & Walch, G. (2007). Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology.

The Journal of bone and joint surgery. American volume, 89(7), 1476–1485.
<https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00666>

64. Raiss, P., Alami, G., Bruckner, T., Magosch, P., Habermeyer, P., Boileau, P., & Walch, G. (2018). Reverse shoulder arthroplasty for type 1 sequelae of a fracture of the proximal humerus. *The bone & joint journal*, 100-B(3), 318–323.
<https://doi.org/10.1302/0301-620X.100B3.BJJ-2017-0947.R1>

65. Du, S., Ye, J., Chen, H., Li, X., & Lin, Q. (2017). Interventions for Treating 3- or 4-part proximal humeral fractures in elderly patient: A network meta-analysis of randomized controlled trials. *International journal of surgery (London, England)*, 48, 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2017.09.002>

66. Launonen, A. P., Lepola, V., Flinkkilä, T., Laitinen, M., Paavola, M., & Malmivaara, A. (2015). Treatment of proximal humerus fractures in the elderly: a systemic review of 409 patients. *Acta orthopaedica*, 86(3), 280–285.
<https://doi.org/10.3109/17453674.2014.999299>

67. Boons, H. W., Goosen, J. H., van Grinsven, S., van Susante, J. L., & van Loon, C. J. (2012). Hemiarthroplasty for humeral four-part fractures for patients 65 years and older: a randomized controlled trial. *Clinical orthopaedics and related research*, 470(12), 3483–3491. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2531-0>

68. Kontakis, G., Koutras, C., Tosounidis, T., & Giannoudis, P. (2008). Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty: a systematic review. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 90(11), 1407–1413.
<https://doi.org/10.1302/0301-620X.90B11.21070>

69. Walch, G., Boileau, P., & Noël, E. (2010). Shoulder arthroplasty: evolving techniques and indications. *Joint bone spine*, 77(6), 501–505.
<https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2010.09.004>

70. Boileau, P., Trojani, C., Walch, G., Krishnan, S. G., Romeo, A., & Sinnerton, R. (2001). Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 10(4), 299–308.
<https://doi.org/10.1067/mse.2001.115985>

71. Valenti, P., Aliani, D., Maroun, C., Werthel, J. D., & Elkolti, K. (2017). Shoulder hemiarthroplasty for proximal humeral fractures: analysis of clinical and radiographic outcomes at midterm follow-up: a series of 51 patients. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*, 27(3), 309–315. <https://doi.org/10.1007/s00590-017-1927-7>
72. Lazzarini, F., Distefano, M., Shen, T., Secci, G., Cresci, M., Tucci, R., & Zanna, L. (2024). Anatomic Reduction of Greater Tuberosity Fragment for Shoulder Hemiarthroplasty: a Predictor of Good Clinical Outcome. *The archives of bone and joint surgery*, 12(2), 108–115. <https://doi.org/10.22038/ABJS.2023.74441.3448>
73. Boileau, P., Krishnan, S. G., Tinsi, L., Walch, G., Coste, J. S., & Molé, D. (2002). Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 11(5), 401–412. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.124527>
74. Sirveaux, F., Roche, O., & Molé, D. (2010). Shoulder arthroplasty for acute proximal humerus fracture. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 96(6), 683–694. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.07.001>
75. Wiesel, B. B., Nagda, S., & Williams, G. R. (2013). Technical pitfalls of shoulder hemiarthroplasty for fracture management. *The Orthopedic clinics of North America*, 44(3), 317–viii. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2013.03.006>
76. Boileau, P., Winter, M., Cikes, A., Han, Y., Carles, M., Walch, G., & Schwartz, D. G. (2013). Can surgeons predict what makes a good hemiarthroplasty for fracture?. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 22(11), 1495–1506. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.04.018>
77. Mighell, M. A., Kolm, G. P., Collinge, C. A., & Frankle, M. A. (2003). Outcomes of hemiarthroplasty for fractures of the proximal humerus. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 12(6), 569–577. [https://doi.org/10.1016/s1058-2746\(03\)00213-1](https://doi.org/10.1016/s1058-2746(03)00213-1)
78. Christoforakis, J. J., Kontakis, G. M., Katonis, P. G., Stergiopoulos, K., & Hadjipavlou, A. G. (2004). Shoulder hemiarthroplasty in the management of humeral head fractures. *Acta orthopaedica Belgica*, 70(3), 214–218.

79. Antuña, S. A., Sperling, J. W., & Cofield, R. H. (2008). Shoulder hemiarthroplasty for acute fractures of the proximal humerus: a minimum five-year follow-up. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 17(2), 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.06.025>
80. Roy, J. S., MacDermid, J. C., & Woodhouse, L. J. (2009). Measuring shoulder function: a systematic review of four questionnaires. *Arthritis and rheumatism*, 61(5), 623–632. <https://doi.org/10.1002/art.24396>
81. Rocourt, M. H., Radlinger, L., Kalberer, F., Sanavi, S., Schmid, N. S., Leunig, M., & Hertel, R. (2008). Evaluation of intratester and intertester reliability of the Constant-Murley shoulder assessment. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 17(2), 364–369. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.06.024>
82. Michener, L. A., McClure, P. W., & Sennett, B. J. (2002). American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Assessment Form, patient self-report section: reliability, validity, and responsiveness. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 11(6), 587–594. <https://doi.org/10.1067/mse.2002.127096>
83. Richards, R. R., An, K. N., Bigliani, L. U., Friedman, R. J., Gartsman, G. M., Gristina, A. G., Iannotti, J. P., Mow, V. C., Sidles, J. A., & Zuckerman, J. D. (1994). A standardized method for the assessment of shoulder function. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 3(6), 347–352. [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(09\)80019-0](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(09)80019-0)
84. Smith, M. V., Calfee, R. P., Baumgarten, K. M., Brophy, R. H., & Wright, R. W. (2012). Upper extremity-specific measures of disability and outcomes in orthopaedic surgery. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 94(3), 277–285. <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.01744>
85. Wylie, J. D., Beckmann, J. T., Granger, E., & Tashjian, R. Z. (2014). Functional outcomes assessment in shoulder surgery. *World journal of orthopedics*, 5(5), 623–633. <https://doi.org/10.5312/wjo.v5.i5.623>
86. Roach, K. E., Budiman-Mak, E., Songsiridej, N., & Lertratanakul, Y. (1991). Development of a shoulder pain and disability index. *Arthritis care and research: the official journal of the Arthritis Health Professions Association*, 4(4), 143–149.

87. Williams, J. W., Jr, Holleman, D. R., Jr, & Simel, D. L. (1995). Measuring shoulder function with the Shoulder Pain and Disability Index. *The Journal of rheumatology*, 22(4), 727–732.
88. Kubíček, Martin & Florian, Zdeněk. (2009). Stress Strain Analysis of Knee Joint.
89. Nyman, J. S., Gorochow, L. E., Adam Horch, R., Uppuganti, S., Zein-Sabatto, A., Manhard, M. K., & Does, M. D. (2013). Partial removal of pore and loosely bound water by low-energy drying decreases cortical bone toughness in young and old donors. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 22, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2012.08.013>
90. Smith, C. D., Masouros, S., Hill, A. M., Amis, A. A., & Bull, A. M. (2009). A biomechanical basis for tears of the human acetabular labrum. *British journal of sports medicine*, 43(8), 574–578. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.053645>
91. Кашуба В. О. Біомеханіка просторової організації тіла людини: сучасні методи та засоби діагностики і відновлення порушень : монографія / В. О. Кашуба, Ю. А. Попадюха. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. – 768 с.
92. The Rotator Cuff. Musculoskeletal Key. Останній перегляд 18 вересня 2024. <https://musculoskeletalkey.com/the-rotator-cuff/>
93. Sakai, T., Sugano, N., Nishii, T., Hananouchi, T., & Yoshikawa, H. (2008). Extent of osteonecrosis on MRI predicts humeral head collapse. *Clinical orthopaedics and related research*, 466(5), 1074–1080. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0179-6>
94. Wiesler, E. R., Sarlikiotis, T., Mavrogenis, A. F., & Kokkalis, Z. T. (2013). Attrition tendinitis of long head of biceps brachii in relation to humeral head osteonecrosis: case report. *Journal of surgical orthopaedic advances*, 22(3), 245–248. <https://doi.org/10.3113/jsoa.2013.0245>
95. Drake, G. N., O'Connor, D. P., & Edwards, T. B. (2010). Indications for reverse total shoulder arthroplasty in rotator cuff disease. *Clinical orthopaedics and related research*, 468(6), 1526–1533. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1188-9>

96. Angst, F., Pap, G., Mannion, A. F., Herren, D. B., Aeschlimann, A., Schwyzer, H. K., & Simmen, B. R. (2004). Comprehensive assessment of clinical outcome and quality of life after total shoulder arthroplasty: usefulness and validity of subjective outcome measures. *Arthritis and rheumatism*, 51(5), 819–828. <https://doi.org/10.1002/art.20688>
97. Sanchez-Sotelo, J., O'Driscoll, S. W., Torchia, M. E., Cofield, R. H., & Rowland, C. M. (2001). Radiographic assessment of cemented humeral components in shoulder arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 10(6), 526–531. <https://doi.org/10.1067/mse.2001.118482>
98. Strafun, S., Zanko, I., Lazarev, I., Dolhopolov, O., Bezruchenko, S., & Skyban, M. (2023). Computer-Assisted Modeling of Greater Tubercle Transposition Effect on Stress Distribution in Shoulder. *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja*, 25(6), 321–332. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.2884>
99. Richard, G. J., Denard, P. J., Kaar, S. G., Bohsali, K. I., Horneff, J. G., Carpenter, S., Fedorka, C. J., Mamelson, K., Garrigues, G. E., Namdari, S., Abboud, J. A., Paxton, E. S., Kovacevic, D., Hebert-Davies, J., Ponce, B. A., & King, J. J. (2020). Outcome measures reported for the management of proximal humeral fractures: a systematic review. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 29(10), 2175–2184. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.04.006>
100. Frankle, M. A., & Mighell, M. A. (2004). Techniques and principles of tuberosity fixation for proximal humeral fractures treated with hemiarthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 13(2), 239–247. [https://doi.org/10.1016/s1058-2746\(02\)00041-1](https://doi.org/10.1016/s1058-2746(02)00041-1).

ДОДАТОК А

АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

ДОДАТОК А1

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
в.о. Генеральний директор
Веселовський Олександр Борисович
КНП «Обласна клінічна лікарня
ім. О.Ф.Гербачевського»



_____ 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

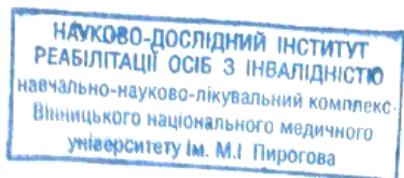
1. Назва: «Алгоритм переопераційної діагностики при оперативному лікуванні багатофрагментарних переломів плечової кістки».
2. Установа розробник, її адреса, П.І.Б. автора: ДУ «ІТО України», МСП 01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Страфун С.С. Долгополов О.В., Занько І.С.
3. Джерело інформації: Інформаційний бюлетень НАМН України, К., 2023. – Випуск 45– С.
4. Строк впровадження: 01/01/2022 – 31/10/2024.
5. Загальна кількість спостережень: 20
6. Ефективність впровадження: Запропонований алгоритм використаний при оперативному лікуванні багатофрагментарних переломів плечової кістки у 20 хворих. Визначення оптимальної тактики оперативного лікування багатофрагментарних переломів плечової кістки дозволило на 20 % покращити діагностику цієї категорії хворих. Ускладнень при виконанні лікувальних процедур не спостерігалось.
7. Зауваження та пропозиції: рекомендується для впровадження в ортопедо-травматологічних відділеннях обласних та міських лікарень, де виконуються ендопротезування плечового суглоба.

Дата «04» лютого 2024 рік.

ДОДАТОК А2

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Головний лікар



Курименко І.В.
НДІ реабілітації осіб
з інвалідністю (ННЛ) ВІМУ ім.
М.І. Пирогова
 « 24 » 10 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Назва: «Алгоритм переопераційної діагностики при оперативному лікуванні багатофрагментарних переломів плечової кістки».
2. Установа розробник, її адреса, П.І.Б. автора: ДУ «ІТО України», МСП 01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27, Страфун С.С. Долгополов О.В., Занько І.С.
3. Джерело інформації: Інформаційний бюлетень НАМН України, К., 2023. – Випуск 45– С.
4. Строк впровадження: 01/01/2022 – 31/10/2024.
5. Загальна кількість спостережень: 20
6. Ефективність впровадження: Запропонований алгоритм використаний при оперативному лікуванні багатофрагментарних переломів плечової кістки у 20 хворих. Визначення оптимальної тактики оперативного лікування багатофрагментарних переломів плечової кістки дозволило на 20 % покращити діагностику цієї категорії хворих. Ускладнень при виконанні лікувальних процедур не спостерігалось.
7. Зауваження та пропозиції: рекомендується для впровадження в ортопедо-травматологічних відділеннях обласних та міських лікарень, де виконуються ендопротезування плечового суглоба.

Дата « 24 » 10 2024 рік.



Курименко І.В.
[Signature]

ДОДАТОК Б

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Страфун, С., Гайович, В., & Занько, І. (2021). Порівняння шкал-опитувальників для оцінки функції плечового суглоба у пацієнтів після однополюсного ендопротезування. *TERRA ORTHOPAEDICA*, (4(111), 14–20. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-111-4-14-20>.
2. Страфун, С., & Занько, І. (2021). Структура причин первинного протезування плечового суглоба. *TERRA ORTHOPAEDICA*, (1(108), 42–48. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-108-1-42-48>.
3. Страфун, С., Занько, І., Лазарев, І., Юрійчук, Л., Страфун, О., & Богдан, С. (2022). Діагностична цінність клінічних тестів у хворих із ротаторною артропатією плечового суглоба. *TERRA ORTHOPAEDICA*, (3(114), 4–14. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-114-3-4-14>.
4. Strafun, S., Zanko, I., Lazarev, I., Dolhopolov, O., Bezruchenko, S., & Skyban, M. (2023). Computer-Assisted Modeling of Greater Tubercle Transposition Effect on Stress Distribution in Shoulder. *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja*, 25(6), 321–332. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.2884>.
5. Strafun, S., Zanko, I., & Lazarev, I. (2024). Аналіз напружено-деформованого стану тривимірної моделі однополюсного ендопротеза при зміні положення великого горбка плечової кістки. *Біль. Суглоби. Хребет - Bol', Sustavy, rozvooposnik*, 13(4), 248–255. <https://doi.org/10.22141/pjs.13.4.2023.395>. (Здобувач розробив дизайн дослідження, зібрав матеріал та провів його статистичну обробку і аналіз, написав та підготував публікацію до друку. Інтерпретація отриманих результатів здійснена разом із співавторами)

ДОДАТОК В

ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні положення та результати роботи обговорені на:

1. Науково-практична конференція з міжнародною участю «29 SECES-ESSSE CONGRESS – POZNAN 2021», м. Познань, Польща, 15-18 вересня 2022 року, усна доповідь.
2. П'ята Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування», м. Запоріжжя-Приморськ, Україна, 2-4 вересня 2021 року, усна доповідь.
3. Науково-практична конференція з міжнародною участю «The 23rd EFORT Annual Congress», м. Лісабон, Португалія, 22-24 червня 2022 року, усна доповідь.
4. Вчена Рада ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, липень 2022 року, усна доповідь
5. Вчена Рада ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, червня 2023 року, усна доповідь

ДОДАТОК Г

ПЕРЕВІРКА ОДНОРІДНІСТІ ГРУП СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Оцінюємо розбіжності у групах спостереження відносно віку хворих за допомогою критерію Крускала-Уолліса:

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єдненої групи дорівнює 42 при загальній кількості спостережень 83.

Отримуємо наступне:

	Групи порівняння		
	1_контроль	2_контроль	Дослідна
сума рангів групи	1313,5	1482,5	690
кількість в групі	31	32	20
середній ранг групи	42,37	46,33	34,5

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R_m} - \overline{R})^2 = 1728,71$$

За вищенаведеною формулою (3) обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 2,98$.

По таблиці граничних значень критерію χ^2 знаходимо 5 % критичне значення при ступені вільності $n' = 2$. Воно дорівнює 5,991, більше отриманого нами, тобто відмінності в групах спостереження відносно віку хворих статистично не значущі.

Оцінюємо розбіжності у групах спостереження відносно статі та Тип перелому за Neer (Кореляційний аналіз якісних ознак із застосуванням поліхоричного показника зв'язку)

Стать хворих: Обчислюємо поліхоричний показник зв'язку.

Для цього складаємо кореляційну таблицю, яка має наступний вигляд:

Кореляційна таблиця

Група постереження	Стать хворих		n_j
	жінки	чоловіки	
1-контроль	$\frac{16,00}{8,26}$	$\frac{15,00}{7,26}$	31,00
2-контроль	$\frac{17,00}{9,03}$	$\frac{15,00}{7,03}$	32,00
Дослідна	$\frac{13,00}{8,45}$	$\frac{7,00}{2,45}$	20,00
n_i	46,00	37,00	83,00
$\sum (n_{ij}^2/n_j)$	25,74	16,74	
$\sum (n_{ij}^2/n_j) : n_i$	0,56	0,45	1,01

При наявності кореляційної таблиці обчислюємо за формулою (20) поліхоричний показник зв'язку, який дорівнює: $\rho = 0,01$

Оцінювання значущості знайденого значення ρ виконували за допомогою розподілу χ^2 для числа ступеня вільності $n'=2$

По формулі (22) обчислюємо χ^2 . В результаті обчислень отримуємо значення розподілу $\chi^2 = 0,99$.

Відповідно до таблиці критичних значень критерію χ^2 значенню $\chi^2 = 0,99$ при $n'=2$ відповідає імовірність $p > 0,50$, тобто відмінності в групах спостереження відносно статі хворих не є вірогідними.

Тип перелому за Neer: Обчислюємо поліхоричний показник зв'язку.

Для цього складаємо кореляційну таблицю, яка має наступний вигляд:

Кореляційна таблиця

Тип перелому за Neer	Група порівняння			n _j
	1-контроль	2-контроль	Дослідна	
2ф	$\frac{1,00}{0,50}$	$\frac{1,00}{0,50}$	$\frac{0,00}{0,00}$	2,00
3ф	$\frac{4,00}{1,60}$	$\frac{4,00}{1,60}$	$\frac{2,00}{0,40}$	10,00
3фпв	$\frac{7,00}{2,58}$	$\frac{8,00}{3,37}$	$\frac{4,00}{0,84}$	19,00
4ф	$\frac{10,00}{3,85}$	$\frac{9,00}{3,12}$	$\frac{7,00}{1,88}$	26,00
4фпв	$\frac{9,00}{3,12}$	$\frac{10,00}{3,85}$	$\frac{7,00}{1,88}$	26,00
n _i	31,00	32,00	20,00	83,00
$\sum(n^2_{ij}/n_j)$	11,64	12,43	5,01	
$\sum(n^2_{ij}/n_j):n_i$	0,38	0,39	0,25	1,01

При наявності кореляційної таблиці обчислюємо за формулою (20) поліхоричний показник зв'язку, який дорівнює: $\rho = 0,01$

Оцінювання значущості знайденого значення ρ виконували за допомогою розподілу χ^2 для числа ступеня вільності $n'=2$

По формулі (22) обчислюємо χ^2 . В результаті обчислень отримуємо значення розподілу $\chi^2 = 1,20$.

Відповідно до таблиці критичних значень критерію χ^2 значенню $\chi^2 = 1,20$ при $n'=6$ відповідає імовірність $p>0,50$, тобто відмінності в групах спостереження відносно Тип перелому за Neer не є вірогідними.

Таким чином, проведений аналіз показав що розбіжність між групами спостереження стосовно статті, віку та типу перелому за Neer слід визнати не істотними. (Групи спостереження можна вважати однорідними.)

ДОДАТОК Д

ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛІКУВАННЯ

Результат лікування за шкалою ASES:

Групи порівняння	Середнє значення <u>за шкалою ASES через 3 місяці</u> ($\bar{X} \pm m_x$)	Середнє значення <u>за шкалою ASES через 12 місяців</u> ($\bar{X} \pm m_x$)	Всього
1_контроль	87,74±1,29	90,74±0,87	31
2_контроль	68,28±11,61	70,63±12,20	32
Дослідна	85,47±4,82	90,08±0,77	20

Результат лікування за шкалою CMS:

Групи порівняння	Середнє значення <u>за шкалою CMS через 3 місяці</u> ($\bar{X} \pm m_x$)	Середнє значення <u>за шкалою CMS через 12 місяців</u> ($\bar{X} \pm m_x$)	Всього
1_контроль	93,16±1,07	97,81±0,96	31
2_контроль	73,57±13,71	76,00±14,53	32
Дослідна	92,61±1,14	96,65±0,98	20

У групі 2_контроль спостерігається значний розкид між мінімальним та максимальним значенням.

Оцінка функціональних результатів лікування у групах спостереження за допомогою критерію Крускала-Уолліса з подальшим апостеріорним (пост-хок) аналізом з використанням тесту Дана при його значущості:

Результати лікування – за шкалою ASES через 3 місяці.

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 42 при загальній кількості спостережень 83.

Отримуємо наступне:

	Групи порівняння		
	1_ контроль	2_ контроль	Дослідна
сума рангів групи	1955	583,5	947,5
кількість в групі	31	32	20
середній ранг групи	60,06	18,23	47,38

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R_m} - \overline{R})^2 = 32406,70$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 55,78$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n' = 2$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 13,816, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p < 0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19)):

група Дослід та група 1_ контроль:

$$Q = \frac{\overline{R_A} - \overline{R_B}}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{63,06 - 47,38}{\sqrt{\frac{83 * 84}{12} \left(\frac{1}{31} + \frac{1}{20} \right)}} = 2,27$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k = 3$. Воно дорівнює 2,394, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: група 1_ контроль та група 2_ контроль:

$$Q = 7,38$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара група Дослід та група 2_контроль:

$$Q = 4,24$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2_контроль у порівнянні з групами Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 3 місяці є суттєвою ($p<0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 3 місяці статистично не підтвердилась ($p>0,05$).

Результати лікування – за шкалою ASES через 12 місяців.

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 42 при загальній кількості спостережень 83.

Отримуємо наступне:

	Групи порівняння		
	1_контроль	2_контроль	Дослідна
сума рангів групи	1881	612	993
кількість в групі	31	32	20
середній ранг групи	60,68	19,13	49,65

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R_m} - \overline{R})^2 = 28729,18$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H=49,45$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n'=2$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 13,816, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p<0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19)):

група Дослід та група 1_контроль:

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{60,68 - 49,45}{\sqrt{\frac{83 * 84}{12} \left(\frac{1}{31} + \frac{1}{20} \right)}} = 1,60$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,394, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: група 1_контроль та група 2_контроль:

$$Q = 6,84$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара група Дослід та група 2_контроль:

$$Q = 4,44$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2_контроль у порівнянні з групами Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 12 місяців є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 12 місяців статистично не підтвердилась ($p > 0,05$).

Результати лікування – за шкалою CMS через 3 місяці.

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 42 при загальній кількості спостережень 83.

Отримуємо наступне:

	Групи порівняння		
	1_контроль	2_контроль	Дослідна
сума рангів групи	1872,5	562,5	1051
кількість в групі	31	32	20
середній ранг групи	60,40	17,58	52,55

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R_m} - \overline{R})^2 = 31810,79$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 54,75$

В даному випадку є наявною велика кількість співпадаючих рангів, тому значення H треба поділити на коефіцієнт 0,99832, в результаті отримуємо:

$$H_k = 54,88$$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n' = 2$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 13,816, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p < 0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19)):

група Дослід та група 1_контроль:

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{60,40 - 52,55}{\sqrt{\frac{83 * 84}{12} \left(\frac{1}{31} + \frac{1}{20} \right)}} = 1,14$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,394, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: група 1_контроль та група 2_контроль:

$$Q = 7,05$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p < 0,01$).

Наступна пара група Дослід та група 2_контроль:

$$Q = 5,09$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p < 0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2_контроль у порівнянні з групами Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 3 місяці є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1_контроль за шкалою CMS через 3 місяці статистично не підтвердилась ($p > 0,05$).

Результати лікування – за шкалою CMS через 12 місяців.

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 42 при загальній кількості спостережень 83.

Отримуємо наступне:

	Групи порівняння		
	1_ контроль	2_ контроль	Дослідна
сума рангів групи	1975	561,7	949
кількість в групі	31	32	20
середній ранг групи	63,71	17,55	47,45

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R_m} - \overline{R})^2 = 34329$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 59,09$

В даному випадку є наявною велика кількість співпадаючих рангів, тому значення H треба поділити на коефіцієнт 0,99742, в результаті отримуємо:

$$H_k = 59,24$$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n' = 2$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 13,816, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p < 0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19):

група Дослід та група 1_контроль:

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{63,71 - 47,45}{\sqrt{\frac{83 * 84}{12} \left(\frac{1}{31} + \frac{1}{20} \right)}} = 2,35$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,394, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: група 1_контроль та група 2_контроль:

$$Q = 7,60$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p < 0,01$).

Наступна пара група Дослід та група 2_контроль:

$$Q = 4,35$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=3$. Воно дорівнює 2,936, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p < 0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що різниця у функціональних результатах лікування у групі 2_контроль у порівнянні з групами Дослід та 1_контроль за шкалою ASES через 12 місяці є суттєвою ($p < 0,01$). Різниця у функціональних результатах лікування у групах Дослід та 1_контроль за шкалою CMS через 12 місяці статистично не підтвердилась ($p > 0,05$).

Оцінка функціональних результатів лікування залежно від фіксації горбка при лікуванні (група 2_контроль) за допомогою критерію Крускала-Уолліса з

подальшим апостеріорним (пост-хок) аналізом з використанням тесту Дана при його значущості:

До групи 2_контроль увійшли хворі зі зміщення горбків, у яких при лікуванні фіксація горбка була у різних положеннях від норми.

N - фіксація горбка в нормальному положення

sup.- фіксація горбка вище норми

inf.- фіксація горбка нижче норми

ant- фіксація горбка допереду від норми

post.- фіксація горбка дозаду від норми.

Шкала оцінки	Положення горбка					Всього
	N	sup.	inf.	ant	post.	
ASES через 3 місяці, %	85,83±0,56	75,91±0,96	75,27±0,96	56,09±1,17	55,74±2,13	32
ASES через 12 місяців, %	90,23±0,83	78,20±0,81	77,43±1,29	57,79±1,24	57,81±1,62	
CMS через 3 місяці, %	91,45±1,10	84,34±0,83	82,23±0,88	59,14±0,88	58,03±0,90	
CMS через 12 місяців,%	95,85±0,75	86,80±0,87	85,27±0,58	60,63±0,75	59,76±0,77	
Всього	4	8	6	7	7	

Оцінено функціональні результати лікування в цій групі

шкала ASES через 3 місяці

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 16,5 при загальній кількості спостережень 32.

Отримуємо наступне:

	2 контроль				
	N	sup.	inf.	ant	post.
сума рангів групи	122	180,5	120,5	47	58
кількість в групі	4	8	6	7	7
середній ранг групи	30,5	22,56	20,08	6,71	8,29

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R}_m - \overline{R})^2 = 2297,72$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 26,11$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n' = 4$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 18,469, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p < 0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19)):

пара **inf.** та **N**:

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{30,5 - 20,08}{\sqrt{\frac{32 * 33}{12} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right)}} = 1,72$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: **N** та **sup.**:

$$Q = 1,38$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Наступна пара: **sup.** та **inf.**:

$$Q = 0,49$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Наступна пара: **ant та post.:**

$$Q = 0,31$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **post. та inf.:**

$$Q = 2,26$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N та post.:**

$$Q = 3,78$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара: **ant та sup.:**

$$Q = 3,26$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,05$).

Наступна пара: **post. та sup.:**

$$Q = 2,94$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,05$).

Наступна пара: **ant. та inf.:**

$$Q = 2,56$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N та ant.:**

$$Q = 4,05$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, функціональний результат лікування за шкалою ASES через 3 місяці у групі 2_контроль залежить від положення фіксації горбка при лікуванні, а саме:

- при фіксації горбка у положення **sup.** результат лікування достовірно не відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** та при фіксації у положенні **inf.** ($p>0,05$), але **sup.** достовірно відрізняється від **ant** та **post.** ($p<0,05$) а різницю в результатах лікування у положенні **inf.** та **ant** та **inf.** та **post.** не можна визнати вірогідною ($p>0,05$), хоча обчислене значення критерію Данна наближається до 5 % критичного значення для $k=5$.

- при фіксації горбка у положення **ant** та **post.** результат лікування достовірно відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** ($p<0,01$).

Таким чином, статистично доведено, що найкращі результати лікування за шкалою ASES через 3 місяці отримані при фіксації горбка у нормальному положенні **N**, наступні при фіксації у положенні **sup.**, за ними при положенні **inf.**, найгірші результати лікування були при фіксації горбка у положенні **post.** та **ant.**

Шкала ASES через 12 місяців

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 16,5 при загальній кількості спостережень 32.

Отримуємо наступне:

	2 контроль				
	N	sup.	inf.	ant	post.
сума рангів групи	122	180	121	53,5	51,5
кількість в групі	4	8	6	7	7
середній ранг групи	30,5	22,5	20,17	7,64	7,35

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R}_m - \overline{R})^2 = 2286,95$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 25,99$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n' = 4$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 18,469, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p < 0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19)):

пара **inf.** та **N**:

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{30,5 - 20,16}{\sqrt{\frac{32 * 33}{12} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right)}} = 1,71$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: **N та sup.:**

$$Q = 1,39$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **sup. та inf.:**

$$Q = 0,46$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **ant та post.:**

$$Q = 0,06$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **post. та inf.:**

$$Q = 2,45$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N та post.:**

$$Q = 3,94$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара: **ant** та **sup.**:

$$Q = 3,06$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,05$).

Наступна пара: **post.** та **sup.**:

$$Q = 3,12$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,05$).

Наступна пара: **ant.** та **inf.**:

$$Q = 2,40$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N** та **ant.**:

$$Q = 3,89$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, функціональний результат лікування за шкалою ASES через 12 місяців у групі 2_контроль залежить від положення фіксації горбка при лікуванні, а саме:

- при фіксації горбка у положення **sup.** результат лікування достовірно не відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** та при фіксації у положенні **inf.** ($p>0,05$), але **sup.** достовірно відрізняється від **ant** та **post.** ($p<0,05$) а різницю в результатах лікування у положенні **inf.** та **ant** та **inf.** та **post.** не можна визнати вірогідною ($p>0,05$),

- при фіксації горбка у положення **ant** та **post.** результат лікування достовірно відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** ($p < 0,01$).

Таким чином, статистично доведено, що найкращі результати лікування за шкалою ASES через 12 місяців отримані при фіксації горбка у нормальному положенні **N**, наступні при фіксації у положенні **sup.**, за ними при положенні **inf.**, найгірші результати лікування були при фіксації горбка у положенні **post.** та **ant.**

Шкала CMS через 3 місяці

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 16,5 при загальній кількості спостережень 32.

Отримуємо наступне:

	2 контроль				
	N	sup.	inf.	ant	post.
сума рангів групи	122	194	107	67,5	37,5
кількість в групі	4	8	6	7	7
середній ранг групи	30,5	24,5	17,83	9,64	5,36

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R_m} - \overline{R})^2 = 2473,45$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 28,11$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n' = 4$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 18,469, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p < 0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19)):

пара **inf.** та **N**:

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{30,5 - 17,83}{\sqrt{\frac{32 * 33}{12} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right)}} = 2,09$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: **N** та **sup.**:

$$Q = 1,09$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Наступна пара: **sup.** та **inf.**:

$$Q = 1,29$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Наступна пара: **ant** та **post.**:

$$Q = 0,85$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Наступна пара: **post.** та **inf.**:

$$Q = 2,39$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N та post.:**

$$Q = 4,28$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара: **ant та sup.:**

$$Q = 3,01$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,05$).

Наступна пара: **post. та sup.:**

$$Q = 3,89$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара: **ant. та inf.:**

$$Q = 1,57$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N та ant.:**

$$Q = 3,55$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, функціональний результат лікування за шкалою CMS через 3 місяці у групі 2_контроль залежить від положення фіксації горбка при лікуванні, а саме:

- при фіксації горбка у положення **sup.** результат лікування достовірно не відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** та при фіксації у положенні **inf.** ($p > 0,05$), але **sup.** достовірно відрізняється від **ant** ($p < 0,05$) та **post.** ($p < 0,01$) а різницю в результатах лікування у положенні **inf.** та **ant** та **inf.** та **post.** не можна визнати вірогідною ($p > 0,05$),

- при фіксації горбка у положення **ant** та **post.** результат лікування достовірно відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** ($p < 0,01$).

Таким чином, статистично доведено, що найкращі результати лікування за шкалою CMS через 3 місяці отримані при фіксації горбка у нормальному положенні **N**, наступні при фіксації у положенні **sup.**, за ними при положенні **inf.**, найгірші результати лікування були при фіксації горбка у положенні **post.** та **ant.**

Шкала CMS через 12 місяців

Обчислюємо суми рангів кожної групи та для кожної групи визначаємо середній ранг.

Середній ранг для об'єднаної групи дорівнює 16,5 при загальній кількості спостережень 32.

Отримуємо наступне:

	2_ контроль				
	N	sup.	inf.	ant	post.
сума рангів групи	122	194	107	66,5	38,5
кількість в групі	4	8	6	7	7
середній ранг групи	30,5	24,5	17,83	9,5	5,5,5

Обчислюємо значення D – аналог між групової варіації

$$D = \sum_1^m n_m (\overline{R}_m - \overline{R})^2 = 2473,45$$

За вищенаведеною формулою обчислюємо H значення критерію Крускала-Уолліса, $H = 28,11$

По таблиці критичних значень критерію χ^2 для числа ступеня вільності $n' = 4$ знаходимо 0,1 % критичне значення χ^2 . Воно дорівнює 18,469, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значимі $p < 0,001$.

За допомогою проведеного аналізу ми виявили відмінність декількох груп.

Для з'ясування в чому полягає відмінність (результати лікування в яких групах відрізняються) скористуємося критерієм Данна.

Обчислюємо значення критерію Данна (формула (19)):

пара **inf.** та **N**:

$$Q = \frac{\overline{R}_A - \overline{R}_B}{\sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}} = \frac{30,5 - 17,83}{\sqrt{\frac{32 * 33}{12} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right)}} = 2,09$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Далі проводимо аналогічні розрахунки.

Наступна пара: **N** та **sup.**:

$$Q = 1,09$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Наступна пара: **sup.** та **inf.**:

$$Q = 1,27$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p > 0,05$).

Наступна пара: **ant** та **post.**:

$$Q = 0,80$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **post. та inf.:**

$$Q = 2,36$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N та post.:**

$$Q = 4,25$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара: **ant та sup.:**

$$Q = 3,04$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,05$).

Наступна пара: **post. та sup.:**

$$Q = 3,86$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

Наступна пара: **ant. та inf.:**

$$Q = 1,60$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 5 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 2,807, більше отриманого нами. Таким чином, відмінності в групах не можна визнати вірогідними ($p>0,05$).

Наступна пара: **N та ant.:**

$$Q = 3,57$$

По таблиці критичних значень Q знаходимо 1 % критичне значення для $k=5$. Воно дорівнює 3,291, менше отриманого нами. Таким чином, відмінності груп статистично значущі ($p<0,01$).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, функціональний результат лікування за шкалою CMS через 3 місяці у групі 2_ контроль залежить від положення фіксації горбка при лікуванні, а саме:

- при фіксації горбка у положення **sup.** результат лікування достовірно не відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** та при фіксації у положенні **inf.** ($p>0,05$), але **sup.** достовірно відрізняється від **ant** ($p<0,05$) та **post.** ($p<0,01$) а різницю в результатах лікування у положенні **inf.** та **ant** та **inf.** та **post.** не можна визнати вірогідною ($p>0,05$),

- при фіксації горбка у положення **ant** та **post.** результат лікування достовірно відрізняється від результату лікування з фіксацією горбка у нормальному положенні **N** ($p<0,01$).

Таким чином, статистично доведено, що найкращі результати лікування за шкалою CMS через 12 місяців отримані при фіксації горбка у нормальному положенні **N**, наступні при фіксації у положенні **sup.**, за ними при положенні **inf.**, найгірші результати лікування були при фіксації горбка у положенні **post.** та **ant.**