

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

**ЛОГАЙ ВЯЧЕСЛАВ АРТУРОВИЧ**

УДК 616.717.49 – 001.6-08-089

**МАЛОІНВАЗИВНЕ ЛІКУВАННЯ ЗВИЧНОГО ВИВИХУ ПЛЕЧА У  
ХВОРИХ СТАРШИХ ВІКОВИХ ГРУП**

14.01.21 – травматологія та ортопедія

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата медичних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Одеському національному медичному університеті МОЗ України,  
м. Одеса

**Науковий керівник:** доктор медичних наук, професор  
**Сухін Юрій Віталійович,**  
Одеський національний медичний університет, МОЗ  
України, м. Одеса  
завідувач кафедри травматології та ортопедії

**Офіційні опоненти:** доктор медичних наук, професор  
**Герцен Генріх Іванович,**  
Національна медична академія післядипломної освіти  
імені П. Л. Шупика МОЗ України, завідувач кафедри  
травматології та ортопедії № 1

доктор медичних наук, професор  
**Кваша Володимир Петрович,**  
Національний медичний університет імені О.О.  
Богомольця МОЗ України, професор кафедри  
травматології та ортопедії

Захист відбудеться «28» січня 2020 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.606.01 при ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» за адресою: 01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» за адресою: 01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.

Автореферат розісланий «24» грудня 2019 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д 26.606.01



Ю. М. Гук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Серед усіх вивихів великих суглобів травматичний вивих плеча є найбільш поширеним, частота його появи становить від 50 до 60% (М.І. Pagnani, 1995). Одним з найважчих наслідків цієї травми є звичний вивих плеча, який виникає у 16,3-60,0% пацієнтів (С.Д. Зуєв-Ратніков, А.П. Чернов, 2008).

З віком розвитку звичного вивиху плеча також сприяють диспластичні зміни в суглобі, такі як остеопороз головки плечової кістки та великого горбика, зниження репаративних властивостей м'яких тканин та тонусу м'язів суглоба. Частота розвитку нестабільності плечового суглоба після первинного вивиху плеча становить від 15 до 38% у осіб старше 40 років.

Сьогодні загально визнаним є той факт, що лікування звичного вивиху плеча може бути тільки хірургічним. Про це прямо свідчать результати консервативного лікування цієї патології, які в 31,2% випадків закінчуються рецидивом вивиху, а у молодих, активних пацієнтів цей відсоток може досягати 70-95% (В. Шаповалов та співавт., 2002). Однак вітчизняні та зарубіжні автори відзначають, що й після існуючих реконструктивно-відновлювальних операцій з приводу звичного вивиху плеча відсоток рецидивів становить від 2,8 до 30,0% (М.О. Верещагін, 2001; М.Б. Цикунов та співавт., 2002; П. Г. Скакун, 2003; В.А. Неверов та співавт., 2007; S.J. Cooke et al, 2009 і ін.).

Крім цього, застосування більшої частини популярних сьогодні методів лікування звичного вивиху плеча у пацієнтів старшого віку супроводжується не тільки високою ймовірністю рецидиву, але й на підставі соматичних захворювань підвищеним операційним ризиком через високий рівень травматизму оперативного доступу, тяжкості самої операції та супутніх ускладнень. Для багатьох пацієнтів це служить причиною відмови від оперативного лікування, незважаючи на явну патологію плечового суглоба, яка значно знижує якість їхнього життя.

Тому розробка малоінвазивного методу хірургічного лікування звичного вивиху плеча є дуже актуальною проблемою для пацієнтів старших вікових груп та з високим операційним ризиком з огляду на можливість мінімізувати об'єм операційної травми, забезпечити повний обсяг рухів та запобігти виникненню рецидиву вивиху постраждалої кінцівки.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є фрагментом НДР "Хірургічне лікування внутрішньо- та навколосуглобових ушкоджень великих суглобів" кафедри травматології та ортопедії Одеського національного медичного університету МОЗ України (№ державної реєстрації 0112U008305).

Це дослідження покладено в основу НДР «Розробка нових методів хірургічного лікування нестабільності плечового суглоба із застосуванням комп'ютерних інноваційних програм» за рахунок коштів державного бюджету на замовлення МОЗ України (№ державної реєстрації 0115U001377).

**Мета дослідження:** на підставі даних аналізу результатів лікування звичного вивиху плеча у хворих старшого віку з високим ступенем операційного ризику розробити малоінвазивну закриту технологію підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках.

**Завдання дослідження:**

1. Провести аналіз результатів оперативного лікування хворих зі звичним вивихом плеча після операції відкритого підвішування плечової кістки до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках.

2. На підставі аналізу результатів лікування звичного вивиху плеча методом відкритого підвішування розробити метод малоінвазивного підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках.

3. На підставі експериментальних даних по визначенню оптимальних точок розробити комп'ютерно-навігаційне обладнання для визначення необхідного положення верхньої кінцівки при проведенні оперативного втручання.

4. На підставі розробленого методу оперативного втручання та комп'ютерно-навігаційного обладнання розробити та впровадити техніку операції із застосуванням комп'ютерно-апаратного комплексу.

5. Визначити міцність підвішування плечової кістки до акроміального відростку лопатки та кут введення анкерного фіксатора в експерименті методом комп'ютерного моделювання та кінцевих елементів.

6. Провести порівняльний аналіз результатів оперативного лікування та термінів реабілітації після традиційної та малоінвазивної операції підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках.

7. На підставі даних аналізу результатів лікування запропонованим методом визначити показання до проведення розробленого методу лікування звичного вивиху плеча.

**Об'єкт дослідження:** функціональні порушення у хворих при звичному вивиху плеча.

**Предмет дослідження:** клініко-рентгенологічні ознаки звичного вивиху плеча; електроміографічні показники м'язів плечового суглоба; результати хірургічного лікування звичного вивиху плеча; міцність підвішування плечової кістки до акроміального відростку лопатки та кут введення анкера.

**Методи дослідження.** Поставлені завдання вирішувалися за допомогою клінічних, функціональних, інструментальних, експериментальних, а також статистичних методів дослідження.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше проведено аналіз віддалених результатів оперативного лікування хворих зі звичним вивихом плеча після операції відкритого підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках. Виявлено відсутність рецидивів вивиху плеча та повний обсяг рухів у всіх пацієнтів основної групи.

Вперше запропоновано метод малоінвазивного підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках. Усунено вагомні недоліки операції-прототипу, а саме: велику операційну травму, масивну крововтрату та тривалий перебіг самої операції та післяопераційного періоду.

Вперше розроблено комп'ютерно-навігаційний комплекс на основі контролера Arduino на базі чіпу ATmega328P та програмного забезпечення, написаного мовою програмування C++ з використанням бібліотек пакетів ARToolKit, Visualization Toolkit та OpenGL. Комплекс необхідний для визначення правильного положення верхньої кінцівки при проведенні запропонованого методу

лікування.

Вперше визначено міцність підвішування плечової кістки до акроміального відростку лопатки та кут введення анкерного фіксатора в експерименті. Доведено, що оптимальним кутом введення анкерного фіксатора є кут  $60^\circ$ , при якому пара кістка-гвинт може витримати навантаження до 44Н.

Вперше проведено порівняльний аналіз результатів оперативного лікування та термінів реабілітації після традиційної та малоінвазивної технологій підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках. Встановлено зростання об'єму рухів у плечовому суглобі в обох групах лікування до рівня нормальних значень ( $p < 0,05$ ), відновлення показників ЕМГ до значень здорової кінцівки ( $p < 0,05$ ). У порівнянні з відкритою методикою при закритому підвішуванні плеча встановлено скорочення середніх строків перебування в стаціонарі в 3,8 рази ( $p < 0,05$ ) та середніх строків реабілітації для відновлення функції плечового суглоба в 2,3 рази ( $p < 0,05$ ).

Вперше визначено показання до проведення малоінвазивного методу лікування звичного вивиху плеча шляхом підвішування плечової кістки до акроміального відростку лопатки. Встановлено, що середній показник оцінки результатів лікування при закритому підвішуванні склав  $90,9 \pm 0,6$  ( $p < 0,05$ ) за шкалою Rowe та  $85,3 \pm 2,0$  ( $p < 0,05$ ) за шкалою Constant-Murley.

**Практичне значення отриманих результатів.** Впровадження в практику хірургічної методики закритого лікування звичного вивиху плеча дозволяє, у порівнянні з відкритою методикою підвішування плеча, скоротити середні строки перебування в стаціонарі в 3,8 рази ( $p < 0,05$ ) та середні строки реабілітації для відновлення функції плечового суглоба в 2,3 рази ( $p < 0,05$ ), а також запобігти виникненню рецидивів вивиху у 100% випадків шляхом надійної фіксації плеча відносно суглобової западини лопатки.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертація є завершеним науковим дослідженням здобувача. Дисертантом зібрано клінічний матеріал дослідження та проведено його аналіз, самостійно вивчено дані інструментальних та лабораторних досліджень, персонально виконано аналіз медичних карт стаціонарного хворого. Автор брав участь у виконанні оперативних втручань всіх хворих, включених в дослідження.

Науковий аналіз, статистична обробка даних, узагальнення результатів дослідження виконано безпосередньо дисертантом. Здобувач підготував до друку статті, написав всі розділи дисертаційної роботи. Формулювання та обґрунтування висновків дисертації проведено сумісно з науковим керівником.

Автором отримано два патенти України: патент України "Спосіб малоінвазивного лікування звичного вивиху плеча" (№102348, А61В / 17/56, бюл. №20 від 26.10.2015р.) та патент України "Пристрій для інтраопераційної візуалізації кісток" (№103515, А61В 8/13, бюл. №24 від 25.12.2015р.) при консультативній та технічній допомозі співробітника кафедри травматології та ортопедії ОНМедУ МОЗ України Данілова П.В.

**Впровадження результатів дослідження.** Розроблені та удосконалені хірургічні методики діагностики та лікування із застосуванням нововведень за матеріалами дисертації впроваджені у роботу ортопедо-травматологічних відділень МКЛІ №11

м.Одеси, Україна.

Основні положення роботи включені в програму лекцій та практичних занять з інтернами кафедри травматології та ортопедії Одеського національного медичного університету МОЗ України.

**Апробація результатів роботи.** Основні результати та хід виконання дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на конференції молодих вчених «Сучасні теоретичні та практичні аспекти клінічної медицини» (2012, Одеса), на конференції «Лікування травм та захворювань верхньої кінцівки» (2012, Київ), на конференції з міжнародною участю «Сучасні методи лікування навколо- та внутрішньосуглобових пошкоджень» (2013, Одеса), на VI міжнародній науково-практичній конференції «Особливості лікування поєднаної травми в Особливий період» (2016, Одеса), а також на засіданнях науково-практичного товариства травматологів-ортопедів Одеської області. Розроблений автором спосіб лікування нестабільності плеча (патент України № №102348, А61В/17/56, бюл. №20 від 26.10.2015р.) включений в програму занять з інтернами на кафедрі травматології та ортопедії Одеського національного медичного університету.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 7 наукових робіт, з них 5 статей у провідних фахових спеціалізованих виданнях, рекомендованих ДАК МОН України (наукометричні бази Ulrichsweb, РИНЦ (Science Index), Google Scholar), 2 наукові статті у зарубіжних фахових виданнях (РИНЦ). Є 2 патенти. Запропонований спосіб лікування звичного вивиху плеча опублікований у реєстрі нововведень (2015р., випуск №1, реєстраційний №385/1/14).

**Обсяг та структура дисертації.** Дисертація викладена на 212 сторінках машинопису. Складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів та методів дослідження, 3 розділів власних досліджень, аналізу та обговорення результатів, висновків та практичних рекомендацій, списку використаних джерел літератури, який містить 414 найменування: 176 кирилицею та 238 латиницею. У роботі представлено 32 таблиці та 74 рисунки.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі обґрунтовано актуальність, сформульовано мету та завдання дослідження, його наукову новизну та практичну значущість.

**Перший розділ «Історичні аспекти та сучасні проблеми лікування хворих з звичним вивихом плеча»** присвячений огляду літератури, аналізу основних анатомо-фізіологічних особливостей плечового суглоба, також представлено в історичному аспекті розвиток та різноманіття засобів консервативного та оперативного лікування звичного вивиху плеча..

**Другий розділ «Матеріали та методи дослідження»** присвячений **матеріалам та методам дослідження.** Матеріалом для даної роботи стали дані 36 пацієнтів зі звичним вивихом плеча, які проходили лікування в відділеннях Донецької обласної травматологічної лікарні в 1997–1999 роки та базових відділеннях кафедри травматології та ортопедії Одеського національного медичного університету (МКЛ №11 м.Одеси) в 2012–2015 роки. З них 20 хворих склали контрольну групу (середній вік  $43,05 \pm 2,06$  років) та 16 – основну групу (середній вік

64±0,4 років). Методами дослідження були: клініко-рентгенологічний, інструментальний (комп'ютерна томографія, ультразвукове дослідження, електроміографія), експериментальний та статистичний.

Клінічно визначалися найбільш поширені симптоми, характерні для звичного вивиху плеча – симптом Джоуба, симптом Леклерка, симптом Хітрова, симптом западання дельтоподібного м'язу, симптом Дроботуна, гіпотрофія плеча, симптом Бабіча, симптом Вайнштейна, симптом Голяховського, симптом "відносного подовження кінцівки" Штутіна та другий симптом Штутіна "зниження опору приведення".

Об'єм рухів в суглобі оцінювався з використанням нейтрального 0-прохідного методу, запропонованого В.О. Марксом. Вимірювання об'єму рухів верхньої кінцівки виробляли кутоміром: одну браншу фіксували на вимірюваній вісі, іншу фіксували на вісі тулуба.

Рентгенологічне дослідження було проведено всім хворим на стаціонарному рентген-апараті Clinomat, виробництва Company Kodak, Італія. Рентгенографію плечового суглоба здійснювали в двох взаємо перпендикулярних проекціях.

Комп'ютерну томографію виконували на 38-зрізовому комп'ютерному томографі Somatom Emotion 16 фірми "Siemens"(Німеччина). Субміліметрова товщина зрізів - 0,3 мм, просторове розширення - 0.15 мм.

Ультразвукове дослідження виконувалося на переносному апараті Logiq E фірми Healthcare GE.Co. Обстеження проводились за стандартною методикою з використанням широкосмугового лінійного датчика з частотою 5-13 МГц.

Електроміографію виконували на переносному 2-канальному мініатюрному електронейроміографі Нейро-МВП-Мікро (версія 2009 р.в.). Обстеження проводилося шляхом інтерференційної ЕМГ з використанням двох датчиків та частотою квантування до 100 кГц.

Експеримент було виконано у відповідності до міжнародного стандарту (ISO) ліцензованим програмним комплексом ANSYS. Математичне моделювання ґрунтується на використанні методу кінцевих елементів (МКЕ).

При оцінці результатів лікування в післяопераційному періоді використовували анкетування за шкалами Rowe та Constant-Murley.

Для статистичної обробки використовували пакети прикладних програм Statistica for Windows 8.0 (StatSoft, Inc, 2001) та MS Excel (у складі MS Office 2010). Кількісні дані представлені у вигляді  $M \pm m$  (середнє ± стандартне відхилення). При  $p < 0,05$  результати вважали статистично вірогідними.

**У третьому розділі «Загальна характеристика пацієнтів зі звичним вивихом плеча»** представлено результати обстеження хворих зі звичним вивихом плеча.

При обстеженні вивчали характер первинної травми плечового суглоба, яка могла бути причиною розвитку звичного вивиху плеча, віковий, гендерний розподіл даної патології. Аналізували помилки при виборі виду анестезії, методу та термінів іммобілізації при лікуванні первинної травми, що призвели до появи звичного вивиху плеча.

Друга частина розділу була присвячена дослідженню діагностичної інформативності клінічних тестів та інструментальних методів обстеження

(рентгенографії, комп'ютерної томографії, електроміографії та ультразвукового обстеження) у хворих з звичним вивихом плеча.

Клінічне дослідження проведено у всіх 36 (100,0%) пацієнтів. Серед інструментальних методів дослідження застосовувалась рентгенографія (36 хвор., 100,0%), артросонографія (36 осіб, 100,0%), електроміографія (36 хвор., 100,0%) та комп'ютерна томографія (16 осіб, 44,4%).

Встановлено, що перше місце в структурі травматизму займає травма при падінні на відведену руку (12 випадків, 33,3%), друге - падіння на область плечового суглоба (8 випадків, 22,2%). У переважній більшості випадків (29 пацієнтів, 80,6%) відзначався непрямий механізм травми. Встановлено більшу долю правобічної патології (58,3%), порівняно з лівобічною (38,9%).

Проаналізовано залежність виникнення патології звичного вивиху плеча від виду анестезії при лікуванні первинного травматичного вивиху плеча, виду іммобілізації після лікування первинного вивиху плеча та строків іммобілізації після лікування первинного вивиху плеча. Встановлено, що найчастіше звичний вивих зустрічається після вправлення первинного вивиху під місцевим знеболенням (52,8%) та провідниковою анестезією (19,4%); при іммобілізації після первинного вивиху косинковою пов'язкою (44,5%) та м'якою пов'язкою типу Дезо (25,0%); при строках іммобілізації після первинного вивиху менш ніж 20 днів (52,8%).

Важливими клініко-діагностичними ознаками було наявність специфічних клінічних симптомів – тест Джоуба (72,2%), симптом Леклерка (63,9%), симптом Хітрова Ф.М. (13,9%), симптом западання дельтоподібного м'язу (36,1%), симптом Дроботуна В.Я. (5,6%), гіпотрофія плеча (52,8%), симптом Бабіча Б.К. (36,1%), симптом Вайнштейна В.Г. (50,0%), симптом Голяховського Ю.В. (16,7%) симптом "відносного подовження кінцівки", запропонований Штутіним А.Я., (52,8%), другий симптом Штутіна А.Я. "зниження опору приведення" (50,0%).

За даними гоніометрії плечового суглоба верифіковано, що амплітуда рухів на стороні звичного вивиху плеча є нижчою, ніж у нормі ( $p < 0,05$ ).

Рентгенологічні показники при звичному вивиху плеча відрізнялись наявністю вдавненого перелому переднього відділу суглобового відростку лопатки (47,2%), регіонарного склерозу переднього відділу суглобового відростку лопатки (61,1%), інконгруентністю суглобових поверхонь (36,1%) та пошкодженням Hill-Sachs (38,9%).

Комп'ютерна томографія була проведена всім пацієнтам основної групи для уточнення розміру кісткових дефектів гленоїда та головки плеча. Встановлено, що у 7 пацієнтів (43,75%) був наявний дефект-вдавнення передньовнутрішнього відділу суглобового відростка лопатки об'ємом менше 20%. Встановлено, що у 6 пацієнтів (37,5%) діагностовано дефект-вдавнення задньозовнішніх відділів головки плечової кістки (пошкодження Hill-Sachs) об'ємом менше 20%.

При проведенні артросонографії було встановлено, що найбільш вірогідними непрямыми сонографічними ознаками звичного вивиху плеча є гіпотрофія та дефект візуалізації ротаторної манжети плеча (РМП) (47,2%), витончення сухожилля та зменшення товщини м'язів РМП (58,3%), наявність рубця в структурі м'язів РМП (66,7%).

При електроміографічному обстеженні встановлено, що на порівняльних



електроміограмах ураженої та здорової верхніх кінцівок було значне зниження амплітуди та частоти М-відповіді на боці ураження ( $p < 0,05$ ). Крім того, було встановлено, що провідність аксілярного нерву при звичному вивиху плеча зменшується до 45-50%.

У четвертому розділі «Експериментальне дослідження міцності фіксації анкерного гвинта в голівці плечової кістки» представлено результати експериментальних досліджень.

**Підрозділ 4.1** присвячений побудові кінцево-елементної моделі фрагмента кістки зі штучним включенням.

Побудована модель, апроксимована об'ємним шестиграним кінцевим елементом SOLID45, який має три ступені свободи в кожному вузлі - переміщення в напрямках вісей X, Y, Z вузлової системи координат. Елемент може приймати вироджену форму, що особливо зручно при розгляді конструкцій складної конфігурації.

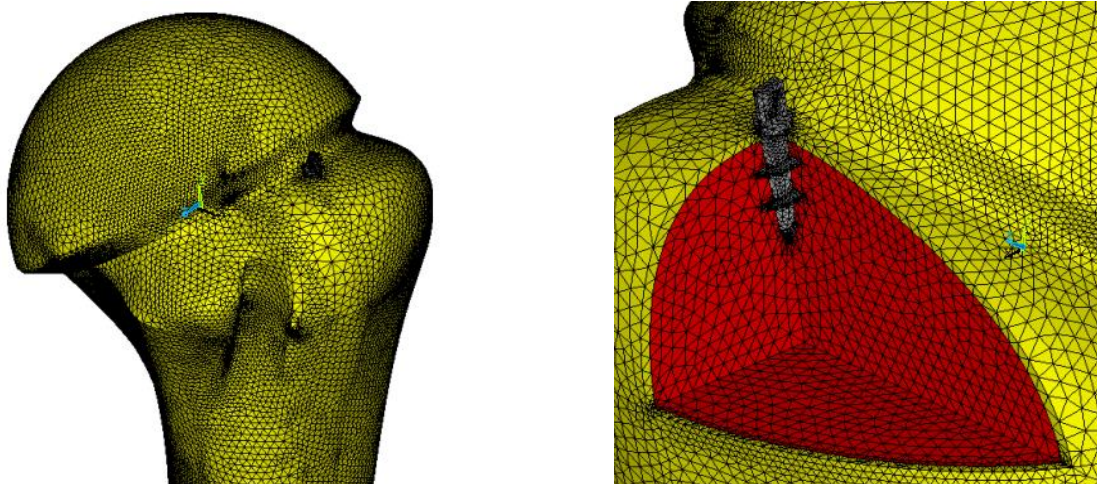


Рис. 1. Кінцево-елементна модель фрагмента кістки зі штучним включенням

**Підрозділ 4.2** присвячений аналізу напружено-деформованого стану кісткової тканини при зміні кута прикладання навантаження.

Метою досліджень було визначення максимального (безпечного) навантаження, яке може витримати кісткова тканина плечової кістки.

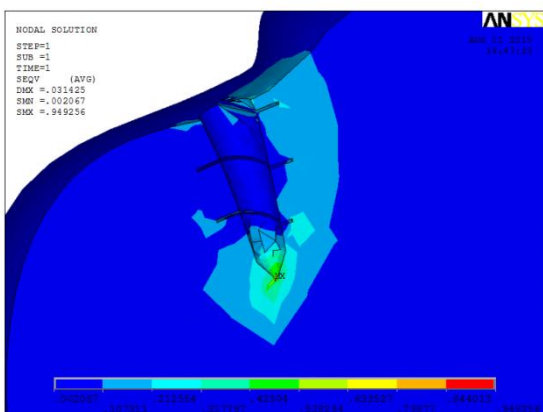


Рис. 2. Еквівалентні напруження в губчастій кістці

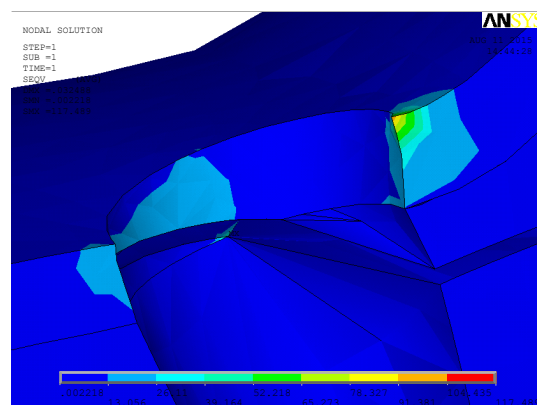


Рис. 3. Еквівалентні напруження в компактній кістці

В ході експерименту збільшувалося навантаження до тих пір, поки максимальні еквівалентні напруження не перевищать 117,72 МПа для компактної речовини та 14,715 МПа – для губчастої.

В результаті експерименту було виявлено, що при зміні кута прикладання навантаження в моделі спостерігається виникнення локальної зони концентрації напружень. Віддаляючись від зони концентрації, прямує різке зменшення напруження. Встановлено, що максимальне навантаження на пару гвинт-кістка відбувається при відведенні плеча до  $90^\circ$  та згинанні плеча теж до  $90^\circ$  (58Н та 28Н відповідно).

**Підрозділ 4.3** присвячений аналізу напружено-деформованого стану при зміні кута нахилу гвинта.

У підрозділі доведено, що оптимальним кутом введення анкерного фіксатора є кут  $60^\circ$ , при якому пара кістка-гвинт може витримати навантаження до 44Н.

У п'ятому розділі «Лікування звичного вивиху плеча» описана розробка запропонованого методу лікування звичного вивиху плеча та супутнього обладнання.

**Підрозділ 5.1** присвячений розробці малоінвазивної техніки оперативного лікування звичного вивиху плеча. В основі запропонованої методики лікування плеча лежить спосіб відкритого підвішування плечової кістки до акроміального відростка лопатки в математично обґрунтованих точках, які мінімально віддаляються одна від одної при максимальних рухах в суглобі. Точка А розташована на акроміальному відростку лопатки, в 25 мм від переднього краю та 5 мм від зовнішнього краю; точка Б - на голівці плеча, на анатомічній шийці на 20 мм дозадку від міжгорбкової борозни.

За даними авторів створення штучної зв'язки за допомогою лавсанової стрічки між акроміоном та голівкою плеча в цих точках, виключить можливість рецидиву вивиху плеча та обмеження рухливості в плечовому суглобі.

У своєму дослідженні ми модернізували метод відкритого підвішування плеча в оптимальних точках, зробивши його малоінвазивним. Замість лавсанової стрічки було вирішено використовувати анкерні гвинти фірми Stryker, а саме 5mm Wedge Anchor II with Force Fiber.

**Підрозділ 5.2** присвячений розробці необхідного програмного забезпечення та навігаційного обладнання. Для проведення розробленого закритого методу лікування звичного вивиху плеча були розроблені система інтраопераційної візуалізації на основі доповненої реальності та механізована шина як єдиний комп'ютерно-апаратний комплекс.

Система інтраопераційної візуалізації на основі доповненої реальності проектує на моніторі кісткові елементи плечового суглоба у режимі реального часу. Вона складається з позиційних маркерів, 3D моделі необхідної кістки та ПК з програмою доповненої реальності, написаної мовою програмування C++ (з використанням бібліотек пакетів ARToolKit, Visualization Toolkit та OpenGL) та пристрою захоплення відео. Нами була використана веб-камера Logitech HD Webcam C270 з роздільною здатністю 1280\*720 пікселів та частотою 30 кадрів/сек. Для коректної роботи підпрограми розпізнавання маркера необхідне добре освітлення. Для вирішення даної проблеми можна скористатися іншими типами

захоплення відео, наприклад лазерною системою сканування, аналогічної тій, яка використовується в контролері Kinect. 3D модель кістки формується самою програмою з файлів зрізів комп'ютерної томографії у форматі DICOM.

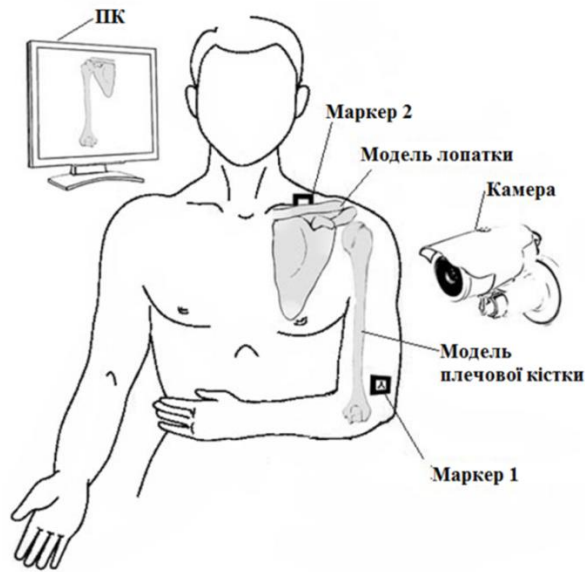


Рис. 4. Основні компоненти системи доповненої реальності

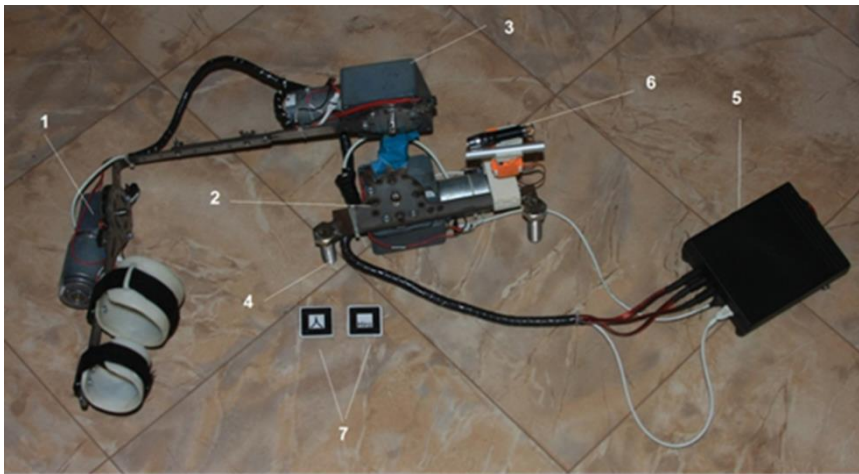


Рис. 5. Комп'ютерно-апаратний комплекс: 1 – мотор вісі ротації; 2 – мотор вісі відведення; 3 – мотор вісі згинання; 4 – кріплення до операційного столу; 5 – керуючий блок; 6 – лазерний моторизований вказівник; 7 – металізовані маркери.

Механізована шина – це пристрій-фіксатор для верхньої кінцівки, необхідний для позиціонування руки під час оперативного втручання. Фіксатор має три ступеня свободи, відповідних згинанню, відведенню та ротації плечового суглоба. Максимальні кути руху фіксатора відповідають анатомічному об'єму рухів в плечовому суглобі. У рух шина приходить за допомогою трьох моторів з черв'ячними редукторами.

Блок керування моторами складається з керуючих силових мікросхем L298N та центрального керуючого контролера. За основу контролера була взята схема контролера Arduino на базі чипа ATmega328P.

Алгоритм взаємодії системи доповненої реальності та механізованої шини як єдиного комп'ютерно-навігаційного комплексу включає в себе три етапи.

На першому етапі на пошкодженій верхній кінцівці пацієнта встановлюють металізований маркер. Найбільш підходящу ділянку обирають в області зовнішнього мищелка плеча. Для кріплення другого маркера вибирають ділянку шкіри в підключичній області. Після установки маркерів пацієнта направляють на комп'ютерну томографію.

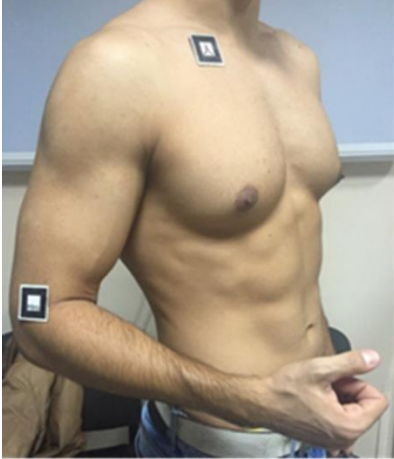


Рис. 6. Місце кріплення маркера



Рис. 7. Тривимірна реконструкція зрізів КТ

На другому етапі в розроблену програму завантажуються отримані зрізи КТ. Після проведення необхідної обробки зображень та вибору зон інтересу проводиться процес реконструкції двох моделей. На цьому етапі 3D моделі зіставляються з зображенням верхньої кінцівки пацієнта в реальному часі. Далі, використовуючи графічний інтерфейс програми, хірург встановлює на кожній моделі точки (А та Б), які повинні будуть розташовуватися одна під другою в момент проведення операції.

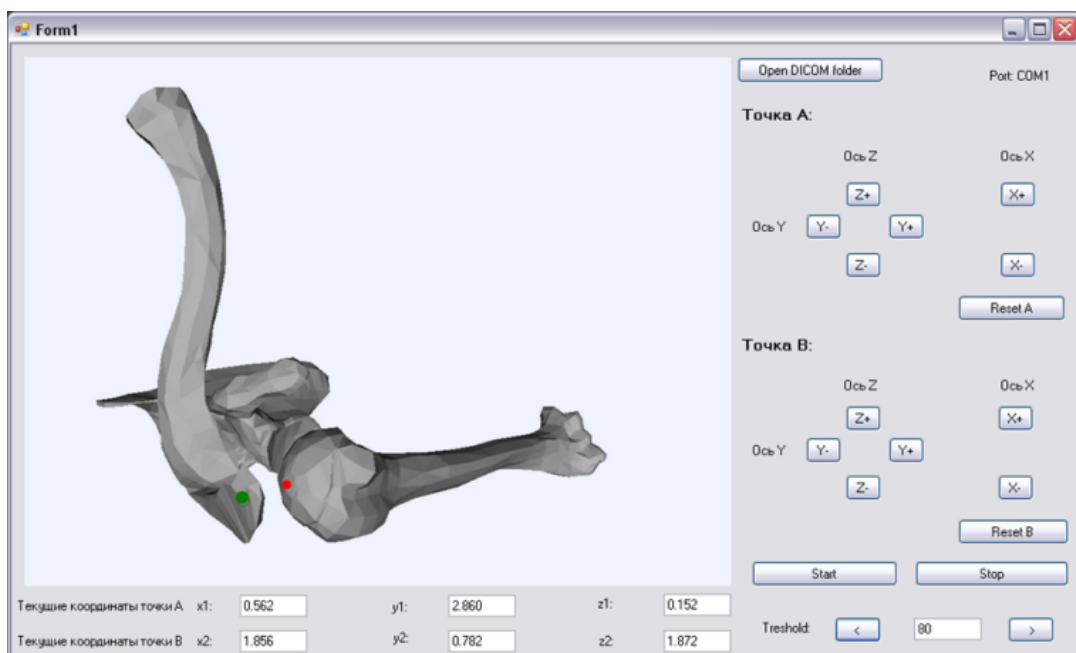


Рис. 8. Інтерфейс робочої програми



На завершальному, третьому, етапі програма розраховує необхідну відстань для кожної вісі та передає їх на контролер, який в свою чергу управляє відповідними приводами автоматизованої шини, на якій знаходиться рука пацієнта. Після зіставлення точок загоряється промінь лазерної указки, який вказує місце введення та напрямок анкерного гвинта.

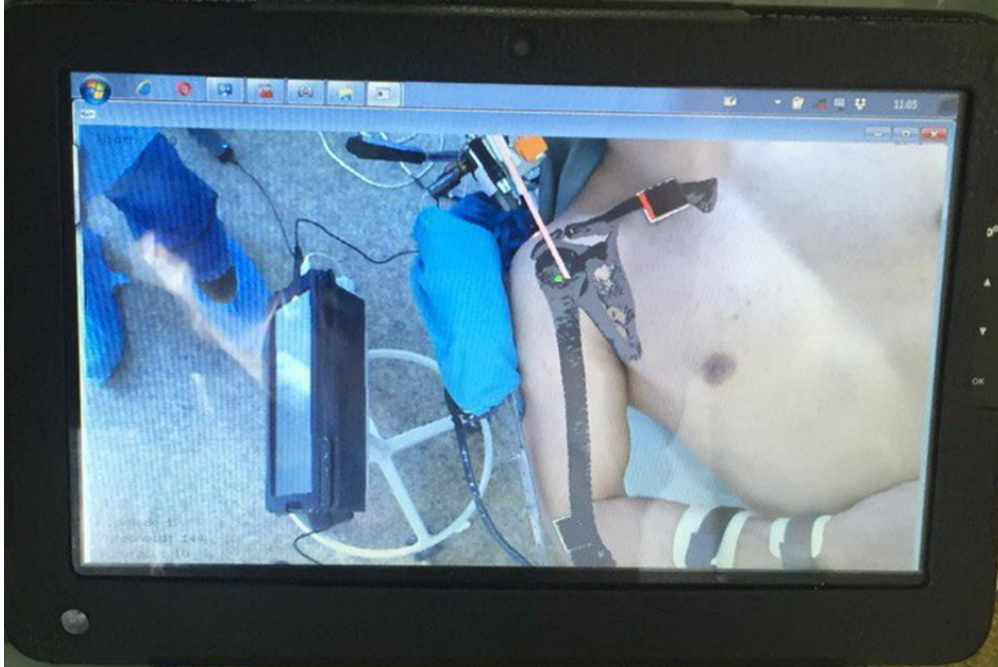


Рис. 9. Зіставлення оптимальних точок за допомогою програми доповненої реальності

Режим роботи програми в реальному часі дозволяє вести постійне спостереження за взаємним розташуванням моделей кісток, а, отже, й за взаємним розташуванням самих кісток за умови, що маркери не були переміщені з моменту проведення КТ. У разі порушення заданого положення руки під час операції програма фіксує це відхилення та посилає відповідний сигнал на приводи, які компенсують це відхилення в реальному часі.

**Підрозділ 5.3** присвячений **передопераційній підготовці хворого**, яка включала такі заходи: за день до операції хворий приймав гігієнічну ванну, волосся надпліччя виголювалося, а операційне поле обробляли 2% розчином йоду та покривали стерильною пов'язкою.

Операція виконувалася із застосуванням методики інфільтраційної місцевої анестезії по А.А. Вишневському (у 12 осіб).

**Підрозділ 5.4** висвітлює **основні етапи розробленого малоінвазивного методу лікування** звичного вивиху плеча. Після проведення передопераційної підготовки наявні зрізи КТ завантажуються у програму доповненої реальності комп'ютерно-навігаційного обладнання. Електронно-механічна шина, яка сполучена з комп'ютером та жорстко фіксована до операційного столу, виставляє кінцівку пацієнта в положенні, коли обидві оптимальні точки знаходяться одна під другою.

Електронно-механізована шина оснащена лазерним наведенням, яке формує позначку в проекції точки А на тілі пацієнта. Операційне поле двічі обробляють 1%

розчином йоду та обкладають стерильними серветками. Орієнтуючись на лазерну позначку, скальпелем роблять розріз в проекції точки А, що не перевищує 5 мм.



Рис. 10. Позичіонування верхньої кінцівки в положення за допомогою електронно-механізованої шини

М'які тканини розсовують зігнутиим затискачем Кохера. Керуючись лазерним наведенням, в точку А на акроміальному відростку вкручується анкерний гвинт 5mm Wedge Anchor II with Force Fiber. Пройшовши акроміальний відросток та підакроміальний простір, гвинт фіксується в шийці плечової кістки, точці Б.

Нитки анкера виводяться назовні разом з викруткою. Кінці ниток фіксуються на титановому екстракортикальному фіксаторі Flipptack (Model 28729 FT) фірми Karl Storz. Шкіра зашивається двома П-подібними швами.

У шостому розділі «Аналіз та узагальнення результатів дослідження» викладено ранні та віддалені результати лікування запропонованою методикою та проведено порівняння з результатами лікування з операцією-прототипом.

В ході виконання роботи оцінювалися: тривалість стаціонарного та загального лікування, терміни відновлення функції плечового суглоба, дані біомеханічних (гоніометрія) досліджень, дані ЕМГ-досліджень, оцінка результатів лікування за шкалою Rowe та Constant-Murley.

Терміни стаціонарного лікування у хворих основної та контрольної груп зі звичним вивихом плеча наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

**Тривалість перебування пацієнтів в стаціонарі  
в залежності від методу лікування звичного вивиху плеча**

| Вид втручання                                     | n  | Ліжко-дні<br>(M ± m) | P      |
|---|----|----------------------|--------|
| Відкрите підвішування плеча<br>(контрольна група) | 20 | 14,4 ± 0,2           | p<0,05 |
| Закрите підвішування плеча<br>(основна група)     | 16 | 3,8 ± 0,3            | p<0,05 |

Аналіз отриманих результатів підтвердив статистично достовірне скорочення в 3,8 рази (p<0,05) середніх термінів стаціонарного лікування хворих, яким було виконано розроблене закрите підвішування плечової кістки в порівнянні з відкритим

підвішуванням плеча в оптимальних точках, застосованим у хворих контрольної групи.

Об'єм рухів оцінювався з використанням нейтрального 0-прохідного методу, запропонованого В.О. Марксом. Вимірювався та оцінювався об'єм рухів в плечелопатковому суглобі без участі лопатки та рухів тулубом. У таблиці 2. наведено порівняння показників об'єму рухів в плечовому суглобі у пацієнтів контрольної та основної груп у віддаленому періоді. Дані таблиці 2. вказують на відсутність розбіжностей в показниках об'єму рухів в плечовому суглобі в усіх площинах в контрольній та основній групах.

Таблиця 2.

### Порівняння показників об'єму рухів в плечовому суглобі

| Амплітуда рухів   | Клінічні групи, хворих (M ± m) |                | P      |
|-------------------|--------------------------------|----------------|--------|
|                   | контрольна (n=20)              | основна (n=16) |        |
| Згинання          | 68,1° ± 0,3°                   | 69,9° ± 0,4°   | p<0,05 |
| Розгинання        | 34,8° ± 0,3°                   | 36,3° ± 0,5°   | p<0,05 |
| Відведення        | 80,9° ± 0,4°                   | 82,4° ± 0,6°   | p<0,05 |
| Приведення        | 6,4° ± 0,1°                    | 7,4° ± 0,1°    | p<0,05 |
| Зовнішня ротація  | 34,3° ± 0,5°                   | 35,0° ± 0,6°   | p<0,05 |
| Внутрішня ротація | 55,1° ± 1,2°                   | 58,2° ± 0,5°   | p<0,05 |

Це безпосередньо свідчить про ефективність запропонованого методу лікування в порівнянні з прототипом.

Розподіл пацієнтів контрольної та основної груп за термінами повного відновлення функції плечового суглоба після оперативного лікування показано на таблиці 3.

Таблиця 3.

### Розподіл пацієнтів контрольної та основної груп за термінами повного відновлення функції

| Клінічні групи | Строки відновлення функції |             |             |             |                        | Всього |     |
|----------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|--------|-----|
|                | до 3 тижнів                | до 4 тижнів | до 6 тижнів | до 8 тижнів | Повністю не відновлена |        |     |
| Контрольна     | -                          | -           | 9           | 7           | 4                      | 20     |     |
| Основна        | 16                         | -           | -           | -           | -                      | 16     |     |
| Всього         | абс.                       | 16          | -           | 9           | 7                      | 4      | 36  |
|                | %                          | 44,4        | -           | 25          | 19,4                   | 11,1   | 100 |

Таблиця 3. показує повну розбіжність показників відновлення функції плечового суглоба у пацієнтів контрольної та основної груп. Так, відповідно до

даної таблиці, всі пацієнти основної групи змогли здійснювати активні рухи та повністю відновити функцію плечового суглоба на строках до 3 тижнів, в той час як хворим контрольної групи на це знадобилося вдвічі більше часу. У графі «повністю не відновлена» відзначені всі пацієнти контрольної групи, у яких функція плечового суглоба була відновлена не повністю через больовий синдром при максимальних рухах у суглобі (3 пацієнта, або 8,3%) або незначне обмеження рухів у суглобі (1 пацієнт, або 2,8%).

Електроміографічне дослідження проводилося не тільки з метою об'єктивізувати зміни м'язового апарату верхніх кінцівок, а й вивчити динаміку його відновлення на етапах лікування, а також оцінити результати лікування в залежності від характеру оперативного втручання (відкритого та закритого підвищування плеча в оптимальних точках). Біоелектрична активність м'язів плечового поясу вивчалася в такі строки: до операції, через 3 місяці, через 6 місяців та більше 6-ти місяців після оперативного лікування.

З метою визначення ступеня відновлення біоелектричної активності м'язів після проведеного лікування дослідження проводилися на обох верхніх кінцівках. Різниця між показниками БА прооперованої та здорової кінцівки фіксувалася у вигляді значень коефіцієнту асиметрії (КА).

Так, коефіцієнт асиметрії великого грудного м'яза до операції складав 53% та 66% у контрольній та основній групі відповідно. Задньої порції дельто-подібного м'яза – 42% та 34%, надостьового – 47% та 42%, передньої порції дельто-подібного м'яза – 44% та 46%, підостьового – 41% та 46% та середньої порції дельто-подібного м'яза – 50% та 51% в контрольній та основній групі відповідно.

В післяопераційному періоді через 3, 6 та 12 місяців відмічалася стійке збільшення показників амплітуди М-відповіді всіх м'язів прооперованого суглоба. Так, через 3 місяці після оперативного втручання КА великого грудного м'яза склав вже 28% та 19% у контрольній та основній групах відповідно. Через 6 місяців – 20% та 11%, а через 12 місяців – 9% та 4%. Показники КА інших цільових м'язів через 12 місяців після операції в контрольній та основній групі становили: задньої порції дельто-подібного м'яза – 7% та 3%, надостьового – 11% та 4%, передньої порції дельто-подібного м'яза – 8% та 1%, підостьового – 8% та 3% та середньої порції дельто-подібного м'яза – 8% та 3% в контрольній та основній групі відповідно.

Сукупний аналіз результатів лікування звичного вивиху плеча визначався за 100-бальною шкалою Rowe (таб. 4) та Constant-Murley (таб. 5).

Таблиця 4.

**Результати лікування за шкалою Rowe в контрольній та основній групах**

| Клінічні групи   | n  | Бали<br>(M ± m) | P      |
|------------------|----|-----------------|--------|
| Контрольна група | 20 | 87,2 ± 1,0      | p<0,05 |
| Основна група    | 16 | 90,9 ± 0,6      | p<0,05 |

Проведений аналіз показав, що серед 20 пацієнтів контрольної клінічної групи кількість відмінних та хороших результатів розділилася порівну, задовільні та



незадовільні результати відзначені не були. Середній показник результатів лікування при цьому склав  $87,2 \pm 1,0$  ( $p < 0,05$ ).

В основній клінічній групі з 16 пацієнтів відмінні результати отримані у 11 (68,75%), хороші - у 5 (31,25%), задовільних та незадовільних результатів не спостерігали. Середній показник оцінки результатів лікування при цьому склав  $90,9 \pm 0,6$  ( $p < 0,05$ ).

Таблиця 5.

**Результати лікування за шкалою Constant-Murley в контрольній та основній групах**

| Клінічні групи   | n  | Бали<br>(M ± m) | P        |
|------------------|----|-----------------|----------|
| Контрольна група | 20 | 90,2 ± 1,3      | p < 0,05 |
| Основна група    | 16 | 85,3 ± 2,0      | p < 0,05 |

Слід зауважити, що дана шкала є залежною від статі пацієнтів, а найголовніше – від віку. Це пояснює більш низькі результати пацієнтів основної групи, тому що середній вік в цій групі складав  $64 \pm 0,4$  років.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальне завдання травматології – розроблено та впроваджено в практику метод малоінвазивного лікування звичного вивиху плеча. Отримані в процесі дослідження результати дозволили зробити наступні висновки:

1. На підставі даних аналізу результатів оперативного лікування звичного вивиху розроблена та впроваджена малоінвазивна операція підвішування плеча до акроміального відростка лопатки в оптимальних точках для хворих з високим ступенем операційного ризику та зниженим тонусом м'язів плечового суглоба.

2. На підставі отриманої інформації про розташування оптимальних точок (на 25 мм від переднього краю та 5 мм від зовнішнього краю акроміона та на анатомічній шийці у місця прикріплення капсули суглоба на 20 мм дозадку від міжгорбкової борозни) був розроблений метод малоінвазивного підвішування плеча до акроміального відростка лопатки в цих точках. Метод забезпечує динамічну стабілізацію головки плечової кістки відносно суглобової западини лопатки та є операцією вибору, компенсуючи наявність стійкого зниження тонусу м'язів плечового суглоба через багаторазові вивихи та ушкодження аксілярного нерва. Математично обґрунтоване підвішування в оптимальних точках повністю виключає можливість рецидивів вивиху плеча, створює умови для раннього початку розробки рухів в плечовому суглобі та прискореної реабілітації пацієнтів.

3. Розроблений комплекс комп'ютерно-навігаційного обладнання складається з електромеханічної шини з трьома шнековими двигунами та блоком управління на базі схеми контролера Arduino на базі чипа ATmega328P та програмного забезпечення, написаного мовою програмування C++ з використанням бібліотек пакетів ARToolKit, Visualization Toolkit і OpenGL. Комплекс дозволяє в режимі

реального часу виставляти верхню кінцівку в положення, при якому оптимальні точки позиціонуються одна під другою.

4. Розроблена техніка закритого підвішування плеча із застосуванням комп'ютерно-навігаційного комплексу дозволяє скоротити середні терміни перебування на ліжку в 3,8 раз ( $p < 0,05$ ) та середні терміни реабілітації для відновлення функції плечового суглоба в 2,3 рази ( $p < 0,05$ ).

5. Проведений експеримент за допомогою моделювання методом кінцевих елементів показав, що при підвішуванні плечової кістки до акроміального відростка лопатки за допомогою анкерного фіксатора оптимальним кутом введення анкерного фіксатора в зону головки плечової кістки є кут  $60^\circ$ , що цілком достатньо для відсутності рецидивів та ускладнень, пов'язаних з руйнуванням пари гвинт-кістка.

6. Показаннями до проведення розробленого методу лікування звичного вивиху плеча є:

- пацієнти з високим та середнім ступенем операційного ризику (операційний ризик ступеня IIIA та IV за Рябовим Г.А. та ступеня III та IV за шкалою ASA);
- пацієнти з гіпотрофією та стійким зниженням тону м'язів плечового суглоба через багаторазові вивихи та збереженням провідності аксілярного нерва більше 30%;
- пацієнти з патологічними змінами статичних стабілізаторів плечового суглоба, в першу чергу такими, як згладженість суглобової западини лопатки, при дефекті менше 20%;

7. Порівняльні результати лікування звичного вивиху плеча розробленим методом в порівнянні з прототипом показало скорочення в 3,8 раз ( $p < 0,05$ ) середніх термінів стаціонарного лікування хворих; повне відновлення об'єму рухів в плечовому суглобі в усіх площинах; скорочення середніх термінів реабілітації для відновлення функції плечового суглоба в 2,3 рази ( $p < 0,05$ ); відновлення БА м'язів плечового поясу в терміни до 12 місяців.

Відмінні результати лікування за шкалою Rowe в основній групі отримані в 68,75%, хороші - в 31,25%, задовільних та незадовільних результатів не спостерігали. Середній показник оцінки результатів лікування при цьому склав  $90,9 \pm 0,6$  ( $p < 0,05$ ). За шкалою Constant-Murley - відмінних та задовільних результатів було по 25%, хороших - у 60% пацієнтів. Середній показник склав  $85,3 \pm 2,0$  ( $p < 0,05$ ).

У групі порівняння відмінні результати за шкалою Rowe досягнуті в 50,0%, хороші - в 50,0%, задовільні та незадовільні результати відзначені не були. Середній показник результатів лікування при цьому склав  $87,2 \pm 1,0$  ( $p < 0,05$ ). За шкалою Constant-Murley відмінні результати в контрольній групі були у 12 пацієнтів, хороші - в 6, задовільні - в одному випадку. Середній показник склав  $90,2 \pm 1,3$  ( $p < 0,05$ ). Основними причинами високого відсотка задовільних результатів у контрольній групі за шкалою Rowe є: неправильний вибір виду іммобілізації (16,7%) та надмірний (22,2%) термін іммобілізації.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сухин Ю.В. Метод лечения повторяющегося вывиха плеча у людей с высоким операционным риском / Ю.В. Сухин, В.А. Логай, В.П. Сухин // Літопис травматології та ортопедії. – Киев, 2013. - № 3-4. – с. 41-42
2. Сухин Ю.В. Лечение повторяющегося вывиха плеча у людей пожилого и старческого возраста / Ю.В. Сухин, В.А. Логай // Травма. – Донецк, 2012. – Том 13, №2. – с. 132-133
3. Сухин Ю.В. Разработка компьютерно-навигационной системы для лечения привычного вывиха плеча / Ю.В. Сухин, В.А. Логай // Ученые записки Петразаводского государственного университета. - 2015. - №2(147). - С. 35-38
4. Сухин Ю.В. Лікування звичного вивиху плеча за допомогою обладнання на базі принципів доповненої реальності / Ю. В. Сухін, В. А. Логай, Ю. Ю. Павличко // Вісник морської медицини. - 2015. - № 3 (68). - С. 75-80.
5. Сухин Ю.В. Анализ напряженно-деформированного состояния плечевой кости при нагрузке на анкерный фиксатор, используемый для подвешивания плеча к акромиону при лечении привычного вывиха плеча / Ю.В. Сухин, В.А. Логай, П.В. Данилов, Д.В. Лазарева // Досягнення біології та медицини. - 2015. - №2(26). - С. 14-18.
6. Сухин Ю.В. Експериментальне дослідження міцності фіксації анкерного гвинту в голівці плечової кістки, використовуване для підвішування плеча до акроміону при лікуванні звичного вивиху плеча / Ю.В. Сухин, В.А. Логай, П.В. Данилов, Д.В. Лазарева // Journal of Education, Health and Sport. - 2015. - Vol. 5, N 12. - P. 289-298.
7. Сухин Ю.В. Устройство для интраоперационного позиционирования и визуализации плечевой кости при малоинвазивном лечении привычного вывиха плеча / Ю. В. Сухин, В. А. Логай, А. И. Бодня, Ю. Ю. Павличко, А. В. Гуриенко // Вісник морської медицини. - 2016. - № 2 (71). - С. 264-270.

## АНОТАЦІЯ

**Логай В.А. Малоінвазивне лікування звичного вивиху плеча у хворих старших вікових груп.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук (доктора філософії) за спеціальністю 14.01.21 – травматологія та ортопедія. – ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, 2019.

Дисертацію присвячено розробці малоінвазивної технології підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках для хворих старшого віку з високим ступенем операційного ризику.

Досліджено превалюючі види травматизму та гендерні, вікові особливості при звичному вивиху плеча. Проаналізовано залежність ступеня зношеності суглобових елементів плечового суглоба від кількості вивихів в анамнезі. Вивчено діагностичну цінність тестів під час клінічного та функціонального дослідження. Проаналізовано результати рентгенографії, комп'ютерної томографії, артросонографії та електроміографії (ЕМГ). Розроблено комп'ютерно-навігаційний

комплекс та проведено хірургічне лікування шляхом підвішування плеча до акроміального відростку лопатки в оптимальних точках.

**Ключові слова:** звичний вивих плеча, оперативне лікування, малоінвазивне лікування, комп'ютерна навігація, підвішування плеча.

## АННОТАЦІЯ

**Логай В.А. Малоінвазивное лечение привычного вывиха плеча у больных старших возрастных групп.** - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук (доктора философии) по специальности 14.01.21 – травматология и ортопедия. – ГУ «Институт травматологии и ортопедии НАМН Украины», Киев, 2019.

Диссертация посвящена разработке малоинвазивной технологии подвешивания плеча к акроміальному отростку лопатки в оптимальных точках для больных старшего возраста с высокой степенью операционного риска.

Исследованы превалирующие виды травматизма и гендерные, возрастные особенности при привычном вывихе плеча. Проанализирована зависимость степени изношенности суставных элементов плечевого сустава от количества вывихов в анамнезе. Изучено диагностическую ценность тестов во время клинического и функционального исследования. Проанализированы результаты рентгенографии, компьютерной томографии, артрозонографии и электромиографии (ЭМГ). Разработан компьютерно-навигационный комплекс и проведено хирургическое лечение путем подвешивания плеча к акроміальному отростку лопатки в оптимальных точках.

**Ключевые слова:** привычный вывих плеча, оперативное лечение, малоинвазивное лечение, компьютерная навигация, подвешивания плеча.

## ANNOTATION

**Logai V.A. Minimally invasive treatment of the recurrent shoulder in patients of older age groups.** - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the academic degree of a candidate of medical sciences (doctor of philosophy) in specialty 14.01.21 – traumatology and orthopedics. - SI "Institute of Traumatology and Orthopedics" under NAMS of Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the development of a minimally invasive technology for hanging the shoulder to the acromial process of the scapula at optimal points for age-related patients with a high degree of operational risk.

There were investigated in this research the prevalent types of traumatism and gender/age features of the recurrent shoulder dislocation. It has been analyzed the dependence between degree of shoulder articular elements deterioration and the number of dislocations in the anamnesis. The diagnostic value of tests was studied during clinical and functional research. The results of X-ray, arthrosonography and electromyography (EMG) have been analyzed. Surgical treatment was performed by hanging the shoulder to the acromial process of the scapula at optimal points.

It was established that the first place in the structure of injuries is trauma after falling on the abducted arm (12 cases, 33.3%), the second place - the falling on the shoulder joint (8 cases, 22.2%). In the vast majority of cases (29 patients, 80.6%) there was an indirect mechanism of injury. A greater proportion of right-sided pathology (58.3%) was established, compared to the left-hand side (38.9%).

Important clinical and diagnostic features were the presences of specific clinical symptoms – Jobe`s test (72.2%), symptom of Leclerc (63.9%), the symptom of Hitrov F.M. (13.9%), symptom of deltoid muscle retraction (36.1%), symptom of Drobotun V.Ya. (5.6%), hypotrophy of the shoulder joint area (52.8%), symptom of Babich B.K. (36.1%), symptom of Weinstein V.G. (50.0%), symptom of Golyakhovsky Yu.V. (16.7%) symptom of "relative elongation of the limb", proposed by Stutin A.Ya. (52.8%), the second symptom of Stutin A.Ya. "reduction of the resistance to adduction" (50.0%).

According to the goniometry of the shoulder joint, it was verified that the amplitude of movements on the side of the recurrent shoulder dislocation is lower than normal ( $p<0.05$ ).

Radiographic signs of the recurrent shoulder dislocation were characterized by the presence of impressed fracture of the anterior part of the scapula articular process (47.2%), regional sclerosis of the anterior part of the scapula articular process (61.1%), incongruity of the articular surfaces (36.1%) and damage of Hill-Sachs (38.9%).

During arthrosonography, it was found that the most probable indirect sonographic signs of the recurrent shoulder dislocation are hypotrophy and visual defect of the rotator cuff muscles (47.2%), thinning of the tendon and decreasing of thickness of the rotator cuff muscles (58.3%), the presence of scars in the structure of rotator cuff muscles (66.7%).

It was established that on comparative electromyograms of the affected and healthy upper extremities there was a significant decrease in the amplitude and frequency of the M-response on the side of the damage ( $p<0.05$ ).

It was suggested a minimally invasive method of treatment of the recurrent shoulder dislocation for the patients of older age groups in the way of hanging the humerus to the acromial process of the scapula.

It was carried out an experimental research about strength of anchor screw fixation in the head of the humerus by an end-element method. It is proved that the optimal angle of anchor insertion is an angle  $60^\circ$ , in which a pair bone-screw can withstand a load of 44N.

It was developed a computer-navigational system based on the Arduino controller with the ATmega328P chip and software written in the C++ programming language using ARToolKit, Visualization Toolkit and OpenGL package libraries. The complex is used for determination the correct position of the upper limb during the proposed method of treatment.

To evaluate the results of surgical treatment of the recurrent shoulder dislocation it was performed a comparative analysis of open and closed methods of hanging shoulder to the acromial process of the scapula at optimal points. It was determined the increase of movements volume in the shoulder joint in both treatment groups up to the level of normal values ( $p<0.05$ ) and recovery of EMG parameters to values of healthy limb ( $p<0.05$ ). In comparison with the open method, after the closed hanging of the shoulder, it was noted

the shortening of the average terms of staying in the hospital in 3.8 times ( $p < 0.05$ ) and the mean time of rehabilitation for restoring the function of the shoulder joint in 2.3 times ( $p < 0.05$ ). It was found that the average index of evaluation of the results of treatment after closed hanging was  $90.9 \pm 0.6$  ( $p < 0.05$ ) after the Rowe scale and  $85.3 \pm 2.0$  ( $p < 0.05$ ) after Constant-Murley scale.

It was developed indications for the closed method of hanging the shoulder to the acromial process of scapula at the optimal points.

Based on this scientific research two patents of Ukraine were received: the patent of Ukraine No. 102348, A61V/17/56, bullet. № 20 dated October 26, 2015 "Method of minimally invasive treatment of the usual dislocation of the shoulder" and the patent number 103515, A61V8/13, bullet. №24 dated 25.12.2015 "Device for intraoperative bones visualization".

**Key words:** recurrent shoulder dislocation, operative treatment, minimally invasive treatment, computer navigation, shoulder hanging.

### ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БА – біоелектрична активність (м'язів)

РМП – ротаторна манжета плеча

КА – коефіцієнт асиметрії

КТ – комп'ютерна томографія

МКЕ – метод кінцевих елементів

МРТ – магнітно-резонансна томографія

НДС – напружено-деформований стан

ПК – персональний комп'ютер

УЗД – ультразвукове дослідження

ЕМГ - електроміографія