

Зміст

ОРИГІНАЛЬНІ СТАТТІ

Барков О. О., Дуплій Д. Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта.....	5
Головаха М. Л., Бондаренко С. А., Орлянський В. Результати малоінвазивної пластики структур задньолатерального кута колінного суглоба.....	13
Мателенок Є. М. Іпсилатеральні ушкодження ліктьового суглоба та дистального відділу променевої кістки.....	22
Бодня О. І., Дубовик С. Л., Карпінський М. Ю., Карпінська О. Д. Експериментальне дослідження стабільності остеосинтезу дистального відділу променевої кістки.....	28
Вирва О. Є., Міхановський Д. О., Біцадзе М. З., Головіна О. О., Данишук З. М., Бабич О. О. Передопераційна терапія деносумабом у хворих на гігантноклітинну пухлину кісток.....	33
Вирва О. Є., Головіна Я. О., Леонтєва Ф. С., Малик Р. В. Дослідження біохімічних маркерів остеогенезу в разі інкорпорації кісткових алоімплантатів у щурів із післяопераційним введенням цисплатину за різних умов стерилізації алоімплантата.....	42
Шишка І. В., Корольков О. І., Карпінський М. Ю., Яреско О. В. Математичне моделювання напружено-деформованого стану елементів стопи в умовах гіпоплазії латеральної кісточки.....	49
Тяжелов О. А., Карпінський М. Ю., Карпінська О. Д., Юрченко Д. О., Браніцький О. Ю. Математичне моделювання роботи м'язів тазового пояса у хворих із привідною контрактурою кульшового суглоба під час одноопорного стояння.....	58
Підлісецький А. Т., Долгополов О. В., Савосько С. І., Макаренко О. М. Дослідження структурних змін у субфасціальній ділянці скелетних м'язів гомілки після травматичної ішемії та впливу регенеративних технологій на відновлювальні процеси (експериментальне дослідження).....	63
НА ДОПОМОГУ ЛІКАРЮ, ЩО ПРАКТИКУЄ. ЛЕКЦІЇ	
Зазірний І. М., Барабаш К. І. Сучасні тенденції ендопротезування кульшового та колінного суглобів.....	70
ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ	
Лизогуб М. В., Лизогуб К. І., Котульський І. В., Паздніков Р. В., Кострікова Е. В., Яковенко С. М. Особливості проведення анестезії у напівсидячому положенні (огляд літератури)....	79

Contents

ORIGINAL ARTICLES

Barkov O. O., Duplii D. R. Practical aspects of intraoperative neuromonitoring in patients with different spinal pathologies.....	5
Golovakha M. L., Bondarenko S. A., Orljanski W. Results of minimally invasive knee posterolateral corner reconstruction.....	13
Matelenok Ie. M. Ipsilateral injuries of the elbow joint and the distal radius.....	22
Bodnya O. I., Dubovyk S. L., Karpinsky M. Yu., Karpinska O. D. Experimental study of osteosynthesis stability of the distal part of the humerus.....	28
Vyrva O. Ye., Mikhanovskiy D. O., Bitsadze M. Z., Golovina O. O., Danyshchuk Z. M., Babych O. O. Preoperative denosumab therapy in patients with giant cell tumor of bone.....	33
Vyrva O. Ye., Golovina Ya. O., Leontyeva F. S., Malyk R. V. Study of biochemical markers of osteogenesis in case of bone allografts incorporation in rats with followed after surgery administration of cisplatin at the different methods of implant sterilization.....	42
Shishka I. V., Korolkov O. I., Karpinsky M. Yu., Yaresko O. V. Mathematical modeling of the stress-strain relations of the foot elements in the conditions of lateral malleolus hypoplasia.....	49
Tyazhelov O. A., Karpinsky M. Yu., Karpinska O. D., Yurchenko D. O., Branitsky O. Yu. Mathematical modeling of pelvic muscle function in patients with hip joint adduction contracture at single-support standing.....	58
Pidlisetsky A. T., Dolhopolov O. V., Savosko S. I., Makarenko O. M. Research of structural changes in the subfascial area skeletal muscles of the lower leg after traumatic ischemia and the impact of regenerative technologies on recovery processes (experimental study).....	63
IN AID OF PRACTING DOCTOR. LECTURES	
Zazirnyi I. M., Barabash K. I. Modern trends in the developments of hip and knee arthroplasty.....	70
DIGEST AND REVIEWS	
Lyzohub M. V., Lyzohub K. I., Kotulskiy I. V., Pazdnikov R.V., Kostrikova E. V., Yakovenko S. M. Anesthesia peculiarities in beach chair position (literature review).....	79

Корж М. О., Макаров В. Б., Підгайська О. О., Танькут О. В. Тотальне реверсивне ендопротезування плечового суглоба. Історія та перспективи розвитку.....	85	Korzh M. O., Makarov V. B., Pidgaiska O. O., Tankut O. V. Reverse shoulder arthroplasty. History and development prospects.....	85
ЛИСТИ ДО РЕДАКЦІЇ Голобородько С. А. Лист редактору журналу «Ортопедия, травматология и протезирование».....	96	LETTERS TO EDITORIAL Goloborodko S. A. Letter to editor of the journal «Orthopaedics, Traumatology and Prosthetic».....	96
Гарбузник І. М., Гриценко А. М. Відповідь авторів статті «Особливості хірургічної корекції різних форм синдактилії кистей у дітей. Ретроспективний аналіз власного досвіду лікування».....	98	Harbuzniak I. M., Hrytsenko A. M. Answer of article's authors «Peculiarities of surgical correction of different forms hand syndactyly in children. Retrospective study of own experience».....	98
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ Сулима В. С., Філяк Ю. О., Мадій М. В. Вишкіл і практично-центрична метода професора Сулими.....	99	METHODICALS RECOMMENDATIONS Sulyma V. S., Filiak Y. O., Madii M. V. Training and practice-centric method of Professor Sulima.....	99
ЗВІТИ	109	REPORTS	109
Інформація про з'їзди, конгреси, симпозіуми та науково-практичні конференції у 2022 році.....	113	Information about meetings, congresses, symposiums and practice scientific conferenses in 2022.....	113
Показчик статей, що опубліковані в 2021 році.....	114	The index of articles, published in 2021 year.....	114

ОРИГІНАЛЬНІ СТАТТІ

УДК 617.547-089.8:616.8-003-06](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987202145-12>**Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта****О. О. Барков, Д. Р. Дуплій**

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

Objective. To study the operating parameters and phenomena of intraoperative monitoring and to identify the specificity and sensitivity of its different modalities associated with postoperative neurological complications in patients with different spinal pathologies. *Methods.* The intraoperative neurophysiological monitoring (IOM) protocols of 88 patients who underwent spinal surgeries were analyzed: kyphoscoliotic spinal deformities — 58 (68 %), traumatic — 12 (13.3 %), degenerative diseases — 10 (11.7 %), neoplasms — 6 (6.7 %). In 33 (38.4 %) cases, a combination of modalities of motor evoked potentials (MEP) and transpedicular screws stimulation (TSS) was used, in 36 (41.9%) — only MEP, 17 (19.8 %) — TSS. In all cases, freerun and triggered EMG was used. *Results.* The most stable MEPs were recorded at mm. tibialis anterior, mm. abductor hallucis longus. It has been proven that an unfavorable and reliable factor of the anxiety sign is a unilateral sustained decrease in the MEP amplitude by more than 80 %. According to the TSS results 424 (97.5 %) screws are installed correctly, 1 (0.2 %) false negative case of incorrect installation. False positive results for the TSS test ranged from 34.7 to 15.4 %, depending on the chosen critical threshold of the current applied to the pedicle screw. We consider the threshold of the TSS test at 13 mA satisfactory, and below it, unsatisfactory. A group of patients was identified who had 72 screws (16.6% of all analyzed) who, according to the results of the TSS test, received an unsatisfactory assessment, and X-ray did not reveal any deviations in the position of the screws. *Conclusions.* IOM modalities are highly sensitive and specific to damage to the structures of the spinal cord and spinal nerves, but dependence on a number of external factors reduces their information content, which leads to false positive and false negative results. It was established, that the dynamics of the MEP amplitudes of the target muscles differs in information content and efficiency during surgery due to individual morphological and motor characteristics. *Key words.* Intraoperative monitoring, motor evoked potentials, screw stimulation test, spinal pathology.

Мета. Дослідити робочі параметри та явища інтраопераційного моніторингу та виявити специфічність і чутливість різних його модальностей у зв'язку з післяопераційними неврологічними ускладненнями в пацієнтів із різною патологією хребта. *Методи.* Проаналізовано протоколи інтраопераційних нейрофізіологічних моніторингів (ІОМ) 88 хворих, яким проведено хірургічні втручання на хребті: кіфосколіотичні деформації хребта — 58 (68 %), травматичні — 12 (13,3 %), дегенеративні захворювання — 10 (11,7 %), новоутворення — 6 (6,7 %). У 33 (38,4 %) випадках використано поєднання модальностей моторних викликаних потенціалів (МВП) і стимуляцію транспедиккулярних гвинтів (СТГ), у 36 (41,9 %) — лише МВП, 17 (19,8 %) — СТГ. У всіх випадках застосовано самопоточну і тригерну електроміографію. *Результати.* Найстабільніші МВП виявлено на mm. tibialis anterior, mm. abductor hallucis longus. Підтверджено, що несприятливим і достовірним чинником ознаки тривоги є однобічне стійке зниження амплітуди МВП більш ніж на 80 %. За результатами СТГ 424 (97,5 %) гвинти встановлено коректно, 1 (0,2 %) — хибно негативний випадок некоректного проведення. Хибно позитивні результати за тестом СТГ склали від 34,7 до 15,4 % залежно від обраного критичного порога сили струму, який надходив на транспедиккулярний гвинт. Уважаємо поріг тесту СТГ у 13 мА задовільним, а нижчий — незадовільним. Визначено групу пацієнтів, у яких встановлено 72 гвинти (16,6 % від усіх аналізованих), котрі за результатами тесту СТГ отримали незадовільну оцінку, а рентгенологічно не виявлено похибок у положенні гвинтів. *Висновки.* Модальності ІОМ високочутливі та специфічні до ушкоджень структур спинного мозку та спинномозкових нервів, але залежність від низки зовнішніх чинників знижує їхню інформативність, що призводить до отримання хибно позитивних і хибно негативних результатів. Визначено, що динаміка амплітуд МВП м'язів-мішеней відрізняється за інформативністю й ефективністю під час хірургічного втручання через індивідуальні морфологічні та моторні характеристики.

Ключові слова. Інтраопераційний моніторинг, моторні викликані потенціали, тест стимуляції гвинтів, патологія хребта

Вступ

Проведення інтраопераційного моніторингу (ІОМ) під час хірургічних втручань на хребті стало рутинною практикою в усьому світі [1]. Моніторування викликаних відповідей на таргетних м'язах дозволяє в режимі реального часу виявити іритацію нервових структур у відповідь на хірургічний вплив і негайно вжити заходів щодо усунення неврологічних ускладнень. Це підвищує впевненість хірурга в безпеці своїх дій під час маніпуляцій на хребті, наприклад: у разі корекції деформацій хребта, після проведення транспедикулярних гвинтів, що значно впливає на якість передбачуваного результату хірургічного лікування. Існує велика розбіжність критеріїв оцінювання ІОМ, їхньої специфічності, що ускладнює безпосередню інтерпретацію інтраопераційних показників [2–4]. Саме це обумовлює необхідність подальших досліджень параметрів ІОМ визначення їхньої чутливості й специфічності.

Мета дослідження: проаналізувати робочі параметри та явища інтраопераційного моніторингу та виявити специфічність і чутливість різних його модальностей у зв'язку з післяопераційними неврологічними ускладненнями у хворих із різною патологією хребта.

Матеріал і методи

Роботу виконано за планом науково-дослідних робіт ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України»: «Вивчити основні помилки та ускладнення транспедикулярної фіксації в хірургії хребта та розробити заходи їх профілактики та лікування», № державної реєстрації 0118U006949. Дослідження було обговорено та схвалено на засіданні комітету з біоетики при ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (протокол № 180 від 14.05.2018).

Проаналізовано протоколи інтраопераційних нейрофізіологічних моніторингів 88 хворих, яким виконано хірургічні втручання на хребті за період із березня 2014 року по листопад 2021. Усі операції виконано із заднього доступу. У табл. 1 наведено розподіл пацієнтів за нозологіями. Два протоколи виключено з аналізу за технічними причинами (наявність зовнішніх електричних наведень).

ІОМ проводили за допомогою нейрофізіологічної системи для хірурга фірми «Medtronic» «NIM-Eclipse system». Під час виконання процедури керувалися методичними рекомендаціями Американського товариства нейрофізіологів [5].

Протягом хірургічного втручання комбіновано застосовували модальності транскраніальної електричної стимуляції (ТкЕС) із реєстрацією моторних викликаних потенціалів (МВП), самопоточну та тригерну електроміографію (ЕМГ) (*free run emg* в англійській літературі), модальність стимуляції транспедикулярних гвинтів (СТГ). Монтаж електродів проводили після початкової анестезії й інтубації пацієнта за умов ендотрахеального наркозу. Використано одноразові голчасті електроди фірми «Medtronic». Залежно від рівня інструментації, моніторували розташовані у відповідних міотомах м'язи: *mm. abdominis rectus* (Th_{II}–Th_{VIII}), *mm. abdominis obliquus* (Th_X–Th_{XII}), *mm. vastus lateralis* (L_{II}–L_{IV}), *mm. tibialis anterior* (L_V–S_I), *mm. abductor hallucis longus* (S_I–S_{II}) [6].

Стимулювальні спіральні електроди розташовували в ділянці проєкції моторної кори прецентральної звивини головного мозку в точках С3, С4 згідно з міжнародною класифікацією для накладання електродів під час електроенцефалографії (ЕЕГ) [5]. МВП викликали одиничними стимулами тривалістю 0,2 мс і напругою від 200 до 600 В. Реєстрували МВП одночасно на восьми каналах, де оцінювали амплітуду, латентність і форму кожного потенціалу. Першу стимуляцію проводили до початку втручання в положенні на спині, другу — після повороту в положення на животі. Отримані амплітуди МВП (від піка до піка) приймали за індивідуальні референтні значення (baseline) для хворого. Рекомендована мінімальна ефективна амплітуда МВП має перевищувати 50 мкВ [7].

Модальність СТГ базувалася на різниці електричного опору кісткової та нервової тканин. За допомогою хірургічного щупа на головку гвинта подавали постійний струм інтенсивністю від 0 до 30 мА. Якщо гвинт оточено кістковою тканиною, яка має високий опір, то струм залишається в межах штифт-каналу за сили струму до 30 мА, і не спричинює тригерну активність м'язів. Тест закінчується, результат вважається «відмінним». У разі пенетрації гвинта в спинномозковий канал

Таблиця 1
Розподіл пацієнтів за нозологією

Нозологія	Кількість хворих (n = 86)
Кіфосколиотичні деформації хребта	58 (68,3 %)
Травматичні ушкодження хребта	12 (13,3 %)
Дегенеративні захворювання хребта	10 (11,7 %)
Новоутворення хребта	6 (6,7 %)

(тобто за його некоректного розташування) струм поширюється в напрямку меншого опору через гвинт і пробій у дужці хребця до спинномозкового каналу, тобто відбувається витік струму. Це, у свою чергу, призводить до збудження нервового корінця, що проявляється як тригерна ЕМГ-активність у відповідному міотомі за меншої інтенсивності стимулу, аніж у випадку неушкодженого кіркового шару. Поріг збудження корінця спинномозкового нерва дорівнює 5 мА [8]. Отже, виникнення тригерної ЕМГ-активності в разі сили постійного струму менш ніж 6–10 мА може бути приводом для перепроведення транспедикулярного гвинта. Відсутність ЕМГ-активності в разі сили струму 30 мА є відмінною ознакою коректності встановлення транспедикулярного гвинта, 20–29 мА — доброю, а 10–19 мА — невизначеною, менше за 10 мкВ — незадовільною [8]. За наявності витіку струму в разі сили стимулу менше ніж 10 мА тест СТГ автоматично припиняється, «NIM-Eclipse system» надає сигнал тривоги у вигляді червоного кольору індикатора на моніторі та хірургічному щупі. Якщо витік відбувається за сили стимулу 10–19 мА, тест СТГ припиняють, надається сигнал попередження у вигляді жовтого індикатора. Якщо витіку струму не відбувається до 30 мА, тест СТГ закінчується, надходить сигнал «відмінно» у вигляді зеленого кольору індикатора.

У 33 (38,4 %) випадках використано поєднання модальностей МВП і СТГ, у 36 (41,9 %) — лише МВП, 17 (19,8 %) — модальність СТГ. В усіх випадках застосовано самопоточну ЕМГ (free run emg).

Отже, щоб запобігти плутанині термінів під час оцінювання результатів нейрофізіологічного тесту коректності встановлення транспедикулярного гвинта, у подальшому називатимемо позитивним результатом тесту СТГ наявність сигналів «тривога» або «попередження», а нега-

тивним — їхню відсутність (тобто наявність сигналу «відмінно»).

Результати модальностей СТГ для виявлення перфорації гвинтом медіальної ніжки дуги хребця оцінювали на підставі визначень: 1) істинно негативний (відсутність сигналів «тривога» та «попередження» тесту СТГ, інтра- або післяопераційне рентгенологічне підтвердження коректності топографічного положення гвинта); 2) істинно позитивний (наявність сигналів «тривога» або «попередження» тесту СТГ, підтвердження некоректного розташування гвинта під час інтраопераційної рентгенографії); 3) хибно негативний (відсутність сигналів «тривога» та «попередження» тесту СТГ, але виявлення некоректно розташованого гвинта на інтра- або післяопераційних рентгенограмах); 4) хибно позитивний (наявність сигналів «тривога» чи «попередження» тесту СТГ на фоні коректного розташування гвинта за інтраопераційною рентгенографією) (рис. 1).

Результати та їх обговорення

Середня тривалість операції склала 7 год і 6 хв. За цей час проводили від 4 до 35 ТкЕС, середня кількість ($14,3 \pm 6,49$). МВП — складний потенціал дії, який викликається стимуляцією рухової кори головного мозку та реєструється на периферичних м'язах-мішенях. Для ефективного виконання МВП у пацієнта, який перебуває під загальною анестезією, важливим є правильний підбір параметрів стимуляції, таких як: частота подання стимулів, міжстимульний інтервал та інтенсивність стимулів. Наприклад, групою вчених із Франції на підставі аналізу 77 операцій із приводу сколіозу показано, що оптимальна частота для стимуляції з метою отримання інтраопераційних рухових потенціалів із переднього великогомілкового м'яза, становить від 5 до 7 мс (тривалість 5 мс), міжстимульний інтервал — від 2 до 4 мс, інтенсивність стимулів — від 300 до 700 В [9].

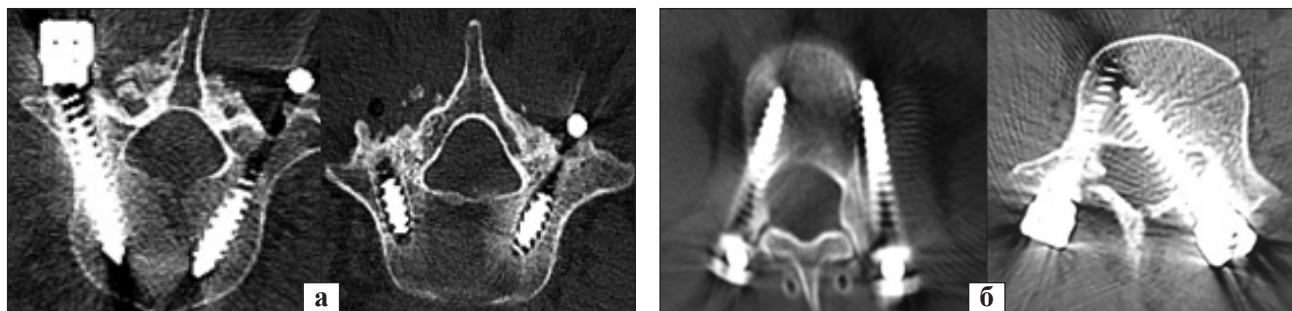


Рис. 1. Рентгенологічний контроль розташування гвинтів у хребці: коректне (а) та некоректне (б)

Зазвичай, у нашому дослідженні робоча сила стимулу складала 200 В. У випадках значних знижень амплітуд МВП або втрати сигналів (явище тривоги), для отримання ефективних МВП інтенсивність стимулу підвищували. Наприкінці хірургічного втручання, на момент накладання пов'язки, величина стимулу залишилася такою, як і на початку у 21 % випадків, у 12 % — стимул збільшували до 225 В, 14 % — до 250, 2 % — до 500 В (рис. 2).

Із плином операції та збільшенням напруги стимулу ТкЕС також зростала сила струму, яка діяла на пацієнта. У деяких випадках сила струму, що проходить через хворого, збільшувалася від першої стимуляції до останньої аж до 70 %.

Аналіз напруги стимулу ТкЕС і сили струму показав, що електричний опір тіла пацієнта істотно не змінюється або знижується до кінця операції. Кореляція між тривалістю хірургічного втручання та приростом сили струму виявилася статистично незначною ($R < 0,5$) (рис. 3). Ці результати вказують, що вимушене підвищення вольтажу стимулу ТкЕС і збільшення сили струму, який проходить через пацієнта, імовірно обумовлено зниженням збудливості рухової зони кори головного мозку та провідності нервових структур унаслідок анестезії. Наприкінці хірургічного втручання, на етапі зашивання рани,

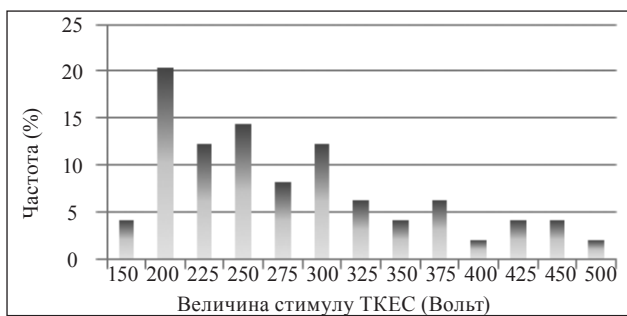


Рис. 2. Гістограма збільшення величин стимулів ТкЕС наприкінці хірургічного втручання

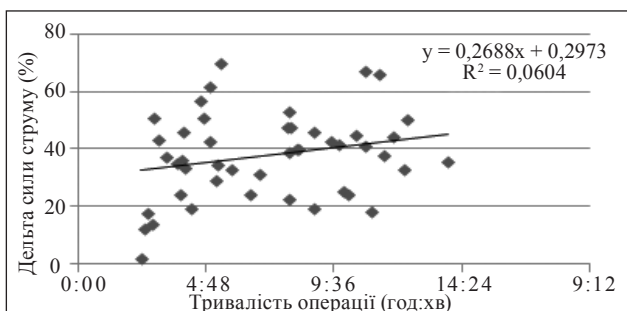


Рис. 3. Кореляція між приростом сили струму, який проходить через пацієнта, відносно референтного значення, та тривалістю хірургічного втручання

у разі сценарію ІОМ без явищ тривоги амплітуда МВП підвищується, а силу стимулу можна знизити.

Амплітуди МВП протягом хірургічного втручання значно змінюються. Для прикладу приведено графік динаміки амплітуди МВП у хворого з травматичним ушкодженням хребта (рис. 4). На ньому наведено амплітуди МВП на нижніх кінцівках (*mm. tibialis anterior*) протягом хірургічного втручання. Перші точки — це амплітуди МВП, отримані до початку операцій в 11:00, величини яких прийняті за референтні. Потім фіксували коливання амплітуд, тенденцію зростання, одноразове зниження та подальше збільшення.

Ми реєстрували МВП на *mm. tibialis anterior*, *mm. abductor hallucis longus* в усіх 86 (100 %) пацієнтів, на *mm. abdominis rectus* — у 59 (69 %), *mm. abdominis obliquus* — 64 (55 %), *mm. vastus lateralis* — 59 (69 %). Амплітуди МВП змінюються з технічних, хірургічних та анестезіологічних причин. Перші МВП реєстрували до початку втручання, останні — під час зашивання шкіри та накладання пов'язки. Проаналізовано амплітуди МВП наприкінці операції, коли дію анестезії, зазвичай, зменшено (табл. 2).

Високі амплітуди МВП зафіксовані на передньому великогомілковому м'язі та м'язах живота. МВП на чотириголовому м'язі стегна виявилися низькими, часто менші за 50 мкВ, що зменшує їхню інформативність. Такий факт можна пояснити тим, що *mm. abductor hallucis longus* — дистальний, компактний м'яз, має обширніше представництво в руховій корі порівняно, наприклад, із *mm. vastus lateralis*. На *mm. abdominis rectus* МВП були високими, але на них часто реєстрували перешкоди, обумовлені положенням пацієнта. Найстабільніші МВП спостерігали на *mm. tibialis anterior* і *mm. abductor hallucis longus*, їхні амплітуди мало схильні до механічних перешкод і змін артеріального тиску.

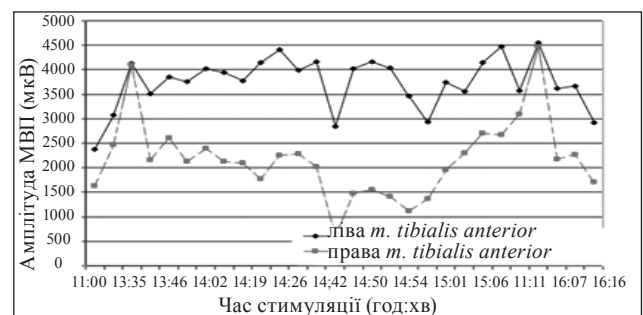


Рис. 4. Динаміка амплітуд МВП під час хірургічного втручання

Таким чином, амплітуди МВП таргетних м'язів відрізняються за інформативністю через індивідуальні морфологічні та моторні характеристики (рис. 5).

Саме тому необхідно використовувати максимально можливу кількість м'язів для моніторингу. Наприклад, у разі інструментації сегмента L_V–S_I не слід обмежуватися лише переднім великоомілковим м'язом, а моніторувати також м'язи стопи та стегна. У пацієнтів із грубими деформаціями хребта певною мірою компресований спинний мозок, що в умовах анестезії може порушувати провідність кортикоспінальним трактом.

Загальні фізіологічні зміни, такі як зниження артеріального тиску та температури тіла, відображаються одночасним зниженням МВП на всіх каналах і повертаються до початкових значень після відповідних заходів. Різні фахівці сигналом тривоги вважають зниження амплітуд відносно референтних від 30 до 50–80 % [10, 11].

У нашому дослідженні двостороннє зменшення амплітуд МВП більш, ніж на 80 % спостерігали в 17 (19 %) випадках. Це зниження було оборотним і після підвищення інтенсивності стимулу амплітуди МВП досягали референтних значень. В однієї пацієнтки (2 %) відзначено одностороннє стійке падіння амплітуд МВП на *mm. tibialis anterior* і *mm. abductor hallucis longus*. У післяопераційному періоді в неї розвився нижній монопарез.

Ще в одному випадку однобічного зниження МВП, яке спостерігали через 1,5 год після хірургічної маніпуляції (відкритого вправлення L_V хребця за умов спондилолітезу IV ступеня) амплітуда впала на *mm. tibialis anterior* у 20 разів, а на *mm. abductor hallucis longus* — знизилась лише на 16 %. У ранньому післяопераційному пе-

ріоді в пацієнтки виявлено монопарез із подальшим відновленням на 10-ту добу. В інших випадках ознак неврологічного дефіциту не визначено.

Також ми провели стимуляцію 435 гвинтів на рівнях Th_{IX}–S_I (табл. 3). Інтраопераційне перепроведення гвинтів виконано в 11 випадках у 9 хворих. Критерієм перепроведення гвинтів був сигнал «тривога» та ознаки некоректного його розташування за результатами рентген-контролю. Ревісійних хірургічних втручань із приводу некоректного встановлення гвинтів у подальшому не проводили.

Істинно негативні результати (відсутність сигналу «тривога» та ознак некоректно розташованого гвинта) отримано в 62 (72 %) пацієнтів, яким встановлено 424 (97,5 %) гвинти. При цьому 284 (86 %) гвинти пройшли тест на силі стимулу більше ніж 20 мА, усі — більш ніж 13 мА. Істинно позитивні результати отримано в 9 (1,05 %) пацієнтів за встановлення 11 (2,5 %) гвинтів. СТГ у всіх був нижче 13 мА, а у 8 (72,7 %) гвинтів нижче 10 мА. Хибно негативний результат спостерігали в однієї хворої, з одним гвинтом (0,2 %).

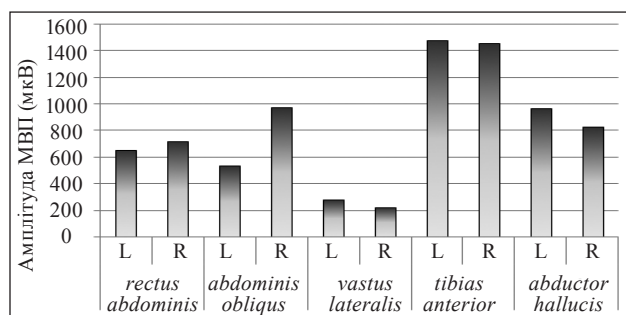


Рис. 5. Гістограма амплітуд МВП. По осі ординат вказано м'яз і сторону

Таблиця 2

Результати аналізу амплітуд МВП під час хірургічного втручання на хребті

М'яз	Бік	Середня амплітуда МВП (μV)	Стандартна похибка	Макс.	Мін.	Інтервал	Кількість
<i>abdominis rectus</i>	лів.	655,98	±728,23	3017	18	2999	41
	прав.	721,02	±1205,67	7127	14	7127	41
<i>abdominis obliquus</i>	лів.	535,73	±86,31	1444	98	1346	22
	прав.	974,05	±237,13	3975	20	3955	22
<i>vastus lateralis</i>	лів.	282,73	±68,29	1370	29	1341	26
	прав.	220,92	±63,82	1647	15	1632	26
<i>tibialis anterior</i>	лів.	1479,98	±183,65	4993	106	4887	49
	прав.	1454,31	±179,35	4590	106	4484	49
<i>abductor hallucis longus</i>	лів.	969,10	±127,20	3645	19	3626	49
	прав.	829,51	±138,55	3692	20	3672	49

Наявність сигналу «тривога» за коректно встановлених гвинтів, спостерігали в 13 (15,1 %) пацієнтів у разі встановлення 151 гвинта на величині тесту до 19 мА, серед них у 7 осіб тест СТГ був нижчим за 10 мА. Хибно позитивний результат отримано відповідно у 34,7 і 15,4 % випадків.

Отже, під час проведення 84 гвинтів за результатом СТГ від 10 до 19 мА істинно позитивний результат отримано лише у 3 гвинтів нижче ніж 13 мА (2 гвинти — 11 мА, 1 — 13 мА). Тест СТГ від 13 до 19 мА показав коректне розташування 81 гвинта. Це свідчить, що висновок про «позитивний» або «негативний» результат тесту СТГ залежить від обраного порога сигналу тривоги. У нашому дослідженні результат СТГ нижчий за 19 мА класифікували як сигнал попередження, невизначеності, а нижчий за 10 мА — визначеної тривоги за рекомендаціями «Medtronic» [8]. Інші автори пропонують поріг тривоги нижче ніж 10–12 мА і навіть нижче за 5 мА оцінювати як незадовільний [12].

За результатами виконаного дослідження пропонуємо вважати поріг тесту СТГ у 13 мА задовільним, а нижче — незадовільним, оскільки

було 3 гвинти некоректно розташованих за СТГ 11–13 мА, а після перепроведення тесту СТГ становив 25–30 мА. Чутливість тесту СТГ за нашими результатами встановила 91,67 %; специфічність за умов порогу 19 мА — 73,74 %, 10 мА — 86,36 %. Отримані показники відповідають результатам досліджень інших вчених. Зокрема, за результатами тесту СТГ для 3 112 гвинтів на рівнях L_I–S_I істинно позитивні результати в 7,8 % отримано в діапазоні від 2,6 до 19,8 мА. Чутливість і специфічність оцінено в 93,33 % і 92,88 % [13].

За критерієм тесту СТГ хворих розподілили на 3 групи (рис. 6). У першій групі (21 пацієнт) перевірено 137 гвинтів за сили струму 30 мкВ, тобто оцінювали як відмінний результат. У другій (8 осіб) перевірено 74 гвинти, з яких 26 (35,2 %) оцінено на «відмінно», 24 (32,4 %) — «добре», 24 (32,4 %) — «невизначено». Третю групу склали 15 пацієнтів, у яких за результатами тесту СТГ 117 гвинтів якість їхнього встановлення класифіковано як незадовільну в 72 (61,5 %) випадках, невизначену — 37 (31,6 %), добру — лише у 8 (6,8 %).

Таким чином, виявлено групу пацієнтів, у яких тест СТГ був незадовільний на всіх гвинтах, але вони були встановлені коректно, і неврологічних ускладнень не спостерігали. Переконливих клінічних особливостей пацієнтів 3 групи не виявлено. Це питання потребує окремого дослідження.

Деякі автори пропонують використовувати не лише модальність СТГ, а й модальність стимуляції стінок каналу до проведення гвинта. Зокрема, науковці з Італії показали на 161 коректно встановленому гвинті, що поріг локальної стимуляції стінок штифт-каналу був ($7,5 \pm 2,46$) мА, проти ($21,8 \pm 6,8$) мА за стимуляції гвинтів. У результаті порівняння цих двох порогів на окремих гвинтах визначено, що за СТГ відбувся непередбачуваний витік струму від 10 до 90 % випадків, що призвело до збільшення хибно позитивних результатів. Крім того, у разі локальної стимуляції

Таблиця 3
Результати тесту стимуляції транспецикулярних гвинтів

Рівень фіксації	Бік	Результат тесту СТГ (мА)				Усього гвинтів
		30	20–29	19–10	< 10	
Th _{IX}	лів.	—	—	—	1	1
	прав.	—	—	—	1	1
Th _X	лів.	2	—	2	2	6
	прав.	2	—	2	2	6
Th _{XI}	лів.	6	—	2	4	12
	прав.	6	—	2	5	13
Th _{XII}	лів.	7	1	6	3	17
	прав.	7	—	6	4	17
L _I	лів.	10	5	2	6	23
	прав.	10	5	3	5	23
L _{II}	лів.	13	3	2	3	21
	прав.	11	2	5	2	20
L _{III}	лів.	18	3	6	4	31
	прав.	18	4	4	5	31
L _{IV}	лів.	20	5	5	3	33
	прав.	21	6	3	4	34
L _V	лів.	23	5	5	4	37
	прав.	22	4	7	3	36
S _I	лів.	19	2	12	4	37
	прав.	20	4	10	2	36
Усього гвинтів		235	49	84	67	435

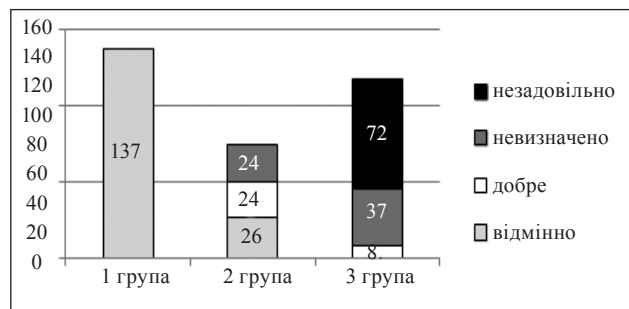


Рис. 6. Розподіл пацієнтів за результатами тесту СТГ

каналу автори не спостерігали випадків хибно негативних результатів на відміну від тесту СТГ. Поріг стимуляції штифт-каналу наближався до порогу прямого збудження корінця (2,6 мА; $p < 0,05$). Отже, автори наголошують, що локальна стимуляція каналу струму перед проведенням гвинта значно безпечніша та попереджає ушкодження стінки дужки хребця травмонебезпечним, об'ємним і різьбленим гвинтом [14].

В іншому дослідженні визначено, що ІОМ може бути корисним інструментом, але слід пам'ятати про можливість отримання як хибно позитивних результатів, які обумовлюють подовження операції та крововтрати, так і хибно негативних, що спричиняють ускладнення [15]. Отже, успіх хірургічного втручання залежить від досвіду й індивідуальних уподобань хірурга. Рациональним є спільне використання як ІОМ, так і візуалізаційної навігації [16].

Висновки

Модальності ІОМ високочутливі та специфічні до ушкоджень структур спинного мозку та спинномозкових нервів, але залежність від низки зовнішніх чинників знижує їхню інформативність, що призводить до хибно позитивних і хибно негативних результатів.

Динаміка амплітуд МВП м'язів-мішеней відрізняється за інформативністю й ефективністю під час хірургічного втручання через індивідуальні морфологічні та моторні характеристики. Найстабільніші МВП зафіксовано на *mm. tibialis anterior*, *mm. abductor hallucis longus*. Підтверджено, що несприятливим і достовірним чинником ознаки тривоги є однобічне стійке зниження амплітуди МВП більш ніж на 80 %. За результатами СТГ отримано 424 (97,5 %) коректно проведених гвинти, та один хибно негативний випадок (0,2 %) некоректного проведення, який підтверджено післяопераційним рентгеноконтролем. Хибно позитивні результати за тестом СТГ склали від 34,7 до 15,4 % залежно від обраного критичного порогу сили струму, який надходить на транспедикулярний гвинт. За результатами дослідження рекомендуємо поріг нижче ніж 13 мА вважати критичним, що обов'язково потребує перевірки коректності проведення гвинта під контролем рентгенографії.

Водночас виявлено групу пацієнтів, у яких встановлено 72 гвинти (16,6 % від загальної кількості аналізованих), які за результатами тесту СТГ отримали незадовільну оцінку, а рентгено-

логічно не виявлено похибок у їхньому топографічному положенні.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Does intraoperative CT navigation increase the accuracy of pedicle screw placement in pediatric spinal deformity surgery? A systematic review and meta-analysis / M. D. Kadiyala, W. N. Sankar, T. D. Flynn [et al.] // *Spine Deformity*. — 2021. — DOI: 10.1007/s43390-021-00385-5.
2. Biscevic M. Intraoperative Neuromonitoring in Spine Deformity Surgery: Modalities, Advantages, Limitations, Medico legal Issues — Surgeons' Views / M. Biscevic, A. Sehic, F. Krupic // *Review EFORT Open Review*. — 2020. — Vol. 5 (1). — P. 9–16. — DOI: 10.1302/2058-5241.5.180032.
3. Triggered electromyography is a useful intraoperative adjunct to predict postoperative neurological deficit following lumbar pedicle screw instrumentation / R. Reddy, R. Chang, D. Coutinho [et al.] // *Global Spine Journal*. — 2021. — DOI: 10.1177/21925682211018472.
4. Deletis V. Basic methodological principles of multimodal intraoperative monitoring during spine surgeries / V. Deletis // *European Spine Journal*. — 2007. — Vol. 16 (Suppl 2). — P. S147–S152. — DOI: 10.1007/s00586-007-0429-4.
5. American Society of Neurophysiological Monitoring. Intraoperative motor evoked potential monitoring — a position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring / D. B. Macdonald, S. Skinner, J. Shils [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. — 2013. — Vol. 124 (12). — P. 2291–2316. — DOI: 10.1016/j.clinph.2013.07.025.
6. Heuristic map of myotomal innervation in humans using direct intraoperative nerve root stimulation / C. M. Schirmer, J. L. Shils, J. E. Arle [et al.] // *Journal of Neurosurgery. Spine*. — 2011. — Vol. 15 (1). — P. 64–70. — DOI: 10.3171/2011.2.SPINE1068.
7. Intraoperative neuromonitoring practice patterns in spinal deformity surgery: a global survey of the Scoliosis Research Society / P. Y. Dikmen, M. F. Halsey, A. Yucekul [et al.] // *Spine deformity*. — 2021. — Vol. 9 (2). — P. 315–325. — DOI: 10.1007/s43390-020-00246-7.
8. NIM-ECLIPSE SD System User's Manual, Version 3.5.350.
9. Optimal parameters of transcranial electrical stimulation for intraoperative monitoring of motor evoked potentials of the tibialis anterior muscle during pediatric scoliosis surgery / E. Azabon, V. Manel, N. Andre-Obadia [et al.] // *Neurophysiologie Clinique*. — 2013. — Vol. 43 (4). — P. 243–250. — DOI: 10.1016/j.neucli.2013.08.001.
10. Transcranial motor evoked potential monitoring for the detection of nerve root injury during adult spinal deformity surgery / H. Ushirozako, G. Yoshida, S. Kobayashi [et al.] // *Asian Spine Journal*. — 2018. — Vol. 12 (4). — P. 639–647. — DOI: 10.31616/asj.2018.12.4.639.
11. Transcranial electrical motor-evoked potential monitoring during surgery for spinal deformity: a study of 145 patients / D. D. Langeloo, A. Lelivelt, H. Louis Journée [et al.] // *Spine*. — 2003. — Vol. 28 (10). — P. 1043–1050. — DOI: 10.1097/01.BRS.0000061995.75709.78.
12. Mikula A. L. The use of intraoperative triggered electromyography to detect misplaced pedicle screws: a systematic review and meta-analysis / A. L. Mikula, S. K. Williams, P. A. Anderson // *Journal of Neurosurgery. Spine*. — 2016. — Vol. 24 (4). — P. 624–638. — DOI: 10.3171/2015.6.SPINE141323.
13. Intraoperative electromyographic monitoring to optimize safe lumbar pedicle screw placement — a retrospective analysis / A. K. Kaliya-Perumal, J. R. Charng, C. C. Nju [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2017. — Vol. 18 (1). — DOI:

- 10.1186/s12891-017-1594-1.
14. Troni W. Focal hole versus screw stimulation to prevent false negative results in detecting Pedicle breaches during spinal instrumentation / W. Troni, C. A. Benech, R. Perez // *Clinical Neurophysiology*. — 2018. — Vol. 130 (4). — P. 573–581. — DOI: 10.1016/j.clinph.2018.11.029.
 15. Effectiveness of EMG use in pedicle screw placement for thoracic spinal deformities / A. Oner, C. G. Ely, J. T. Hermsmeier, D. C. Norvell // *Evidence-based spine-care journal*. — 2012. — Vol. 3 (1). — P. 35–43. — DOI: 10.1055/s-0031-1298599.
 16. Combining pedicle screw stimulation with spinal navigation, a protocol to maximize the safety of neural elements and minimize radiation exposure in thoracolumbar spine instrumentation / S. Z. Kassis, L. K. Abukwedat, A. K. Msaddi [et al.] // *European spine journal*. — 2016. — Vol. 25 (6). — P. 1724–1728. — DOI: 10.1007/s00586-015-3973-3.

Стаття надійшла до редакції 24.11.2021

PRACTICAL ASPECTS OF INTRAOPERATIVE NEUROMONITORING IN PATIENTS WITH DIFFERENT SPINAL PATHOLOGIES

O. O. Barkov, D. R. Duplii

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Oleksandr Barkov, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: a.barkov.79@gmail.com

✉ Diana Duplii, PhD in Biol. Sci.: duplijd@gmail.com

УДК 616.728.3-089.844-089.2(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021413-21>

Результати малоінвазивної пластики структур задньолатерального кута колінного суглоба

М. Л. Головаха¹, С. А. Бондаренко², В. Орлянський³

¹ Запорізький державний медичний університет МОЗ України

² Клініка «Мотор Січ», Запоріжжя, Україна

³ Віденська приватна клініка, Австрія

Posterolateral rotational knee instability is one of the insufficiently studied problems of modern orthopedics. Complexity of anatomy, difficulties of diagnosis together with a small number of such injuries did not allow to formulate a clear concept and algorithm for the treatment of such patients. Only in the last 10 years, this problem has been given attention. The paper describes a new minimally invasive technique of posterolateral corner reconstruction under arthroscopic control. Objective. To analyze the long-term results of minimally invasive posterolateral corner reconstruction under arthroscopic control. Methods. The results of treatment of 58 patients were presented, 26 of them formed a study group and 32 — comparison. The dynamics of the pain syndrome, the nature of range of motion restoration, as well as tests of rotational stability were assessed. Results. Statistical analysis of long-term results showed that pain syndrome after minimally invasive technique is significantly lower, and the function of the knee in dynamics recovers faster. The results of knee lateral stability were better in the study group. The main classification of posterolateral corner injuries by Fanelli and Larson is mostly consistent with clinical practice. However, it does not take into account clinical cases of anterior cruciate ligament ruptures combined with injuries of the posterolateral corner. Conclusions. The use of the proposed method of minimally invasive knee posterolateral corner reconstruction with arthroscopic grafting of the popliteal tendon provided positive short-term and long-term results of treatment of patients, reduction of pain intensity after surgery and earlier recovery of range of motion in the knee. An increase complications and deterioration of function was not detected in any case. Key words. Knee, arthroscopy, cruciate ligament, structures of the posterolateral corner, instability.

Задньолатеральна ротаційна нестабільність колінного суглоба є однією з недостатньо вивчених проблем сучасної ортопедії. Складність анатомії, труднощі діагностики разом із невеликою кількістю таких травм не дозволили сформулювати чітку концепцію й алгоритм ведення таких пацієнтів. Лише останні 10 років цій проблемі почали приділяти належну увагу. У роботі описано нову малоінвазивну методику пластики структур задньолатерального кута колінного суглоба під артроскопічним контролем. Мета. Провести аналіз віддалених результатів малоінвазивного відновлення структур задньолатерального кута під артроскопічним контролем. Методи. Вивчено результати лікування 58 пацієнтів, 26 з яких склали групу дослідження і 32 — порівняння. Оцінено динаміку больового синдрому, характер відновлення обсягу рухів, а також тести ротаційної стабільності. Результати. Статистичний аналіз віддалених результатів показав, що больовий синдром після операції, виконаної за малоінвазивною методикою істотно нижчий, а функція колінного суглоба в динаміці відновлюється швидше. Результати відновлення задньолатеральної стабільності колінного суглоба кращі в групі дослідження. Основну класифікацію ушкоджень структур задньолатерального кута за Fanelli і Larson було розроблено для діагностики задньолатеральної нестабільності, вона здебільшого відповідає клінічній практиці. Проте не враховує клінічні випадки розриву передньої схрещеної зв'язки в поєднанні з ушкодженнями структур задньолатерального кута. Висновки. Використання запропонованої методики малоінвазивного відновлення структур задньолатерального кута колінного суглоба з артроскопічною реконструкцією сухожилка підколінного м'яза забезпечило позитивні найближчі та віддалені результати лікування пацієнтів, зменшення інтенсивності болю після операції та швидше відновлення обсягу рухів у колінному суглобі. Збільшення кількості ускладнень і погіршення функції кінцівки не виявлено в жодному випадку.

Ключові слова. Колінний суглоб, артроскопія, схрещена зв'язка, структури задньолатерального кута, стабільність

Вступ

Діагностика та лікування комбінованих ушкоджень задньої схрещеної зв'язки (ЗСЗ) і структур задньолатерального кута є актуальною проблемою. Не дарма в сучасній літературі задньолатеральний відділ колінного суглоба називають «the dark side of the knee», оскільки існує багато питань із вивчення анатомії, біомеханіки, методів реконструкції цих структур. Оцінювання клінічних результатів лікування пацієнтів із такими травмами залишається нез'ясованими. Ушкодження задньолатерального кута внаслідок травм бувають як ізольованими, так і комбінованими з розривами передньої та задньої схрещених зв'язок. Роль ушкодження задньолатеральних структур у поєднанні з розривом ЗСЗ неодноразово описано [1–5].

Ушкодження ЗСЗ і пов'язане з ним виникнення задньої та задньолатеральної нестабільності колінного суглоба є однією з найбільш дискусійних тем серед усього спектра ортопедичної патології колінного суглоба. Пов'язано це, насамперед, із відносно низькою частотою ушкоджень ЗСЗ (3–6 % від усієї патології зв'язкового апарата).

Нині багато фахівців підтримують думку, що ушкодження ЗСЗ найчастіше поєднується з травмами структур задньолатерального кута і спричинює виникнення не лише задньої, а й задньолатеральної ротаційної нестабільності [6–8]. Поняття «задньолатеральний кут» з'явилося відносно недавно — у 1980-х роках [4]. Тривалий час задньолатеральний кут і його структури вважали «темною плямою» у функціональній анатомії колінного суглоба. Лише найсвіжіші дослідження дозволили досить чітко сформувану думку про його будову [6]. Відновлення всіх трьох зазначених структур (у тому числі й дугоподібної зв'язки) на додаток до пластики ЗСЗ отримало в літературі назву «анатомічна реконструкція задньолатерального кута» [9, 10]. На сьогодні запропоновано понад 10 різних варіантів пластики задньолатерального кута [11]. Безсумнівно, підвищена увага до цих структур і до відновлення ротаційної стабільності відображує прагнення авторів поліпшити віддалені результати лікування пацієнтів із хронічною задньою нестабільністю. Відновлення кількох стабілізуювальних зв'язкових компонентів колінного суглоба вимагає значної кількості пластичного матеріалу та використання алогенних сухожилків [12]. Крім того, більшість сучасних методик досить травматичні й обумовлюють виконання повноцінних широких доступів до латеральної поверхні колінного суглоба.

Багато авторів відзначають, що відкрита пластика задньолатерального кута пов'язана з ризиком таких ускладнень, як ушкодження малогомілкового нерва, перелом головки малогомілкової кістки та перетин кісткових тунелів для проведення трансплантатів [13, 14].

Типовим механізмом ушкодження цих структур є травма під час одночасного згинання колінного суглоба та стопи, а також надмірної зовнішньої ротації гомілки за умов варусного або вальгусного її відхилення. Крім того, порушення задньолатеральних структур може відбуватися за гіперфлексії або гіперекстензії гомілки. До анатомічних компонентів структури відносять (рис. 1): задній ріг латерального меніска, *lig. meniscofemorale anterius*, *lig. meniscofemorale posterius*, *lig. collaterale fibulare*, латеральна головка *m. gastrocnemius*, *lig. popliteum obliquum*, *lig. popliteum arcuatum* і *lig. popliteofibulare*, задньолатеральну капсулу та місце прикріплення сухожилка *m. popliteus*. Ці структури та їхня локалізація можуть бути варіабельними [2, 11, 15, 16]. Відповідно до сучасних біомеханічних досліджень, можна виділити три ключові структури задньолатерального кута, які забезпечують варусну та зовнішню ротаційну стабільність колінного суглоба. *Lig. collaterale fibulare* — первинний стабілізатор варусного розкриття та вторинний обмежувач задньолатеральної ротації великогомілкової кістки по відношенню до стегнової кістки. *Lig. popliteofibulare* — пасивний стабілізатор зовнішньої ротації гомілки. *M. popliteus* із сухожилком діють одночасно як статичний і динамічний стабілізатор, контролюючи задньолатеральну ротацію гомілки.

При цьому стійко сформувався підхід, де структури задньолатерального кута розглядають як агоністи ЗСЗ і обґрунтовують обов'язкове

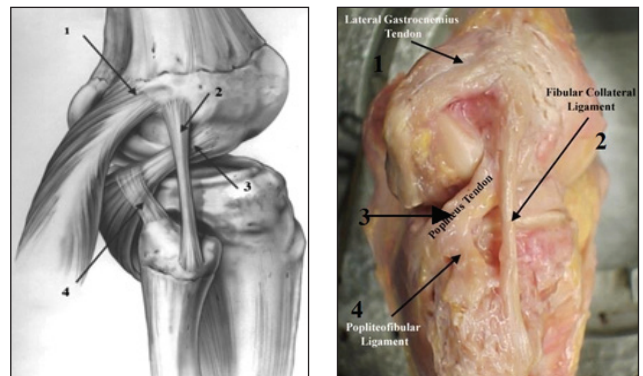


Рис. 1. Анатомічні структури задньолатерального кута колінного суглоба: 1 — *m. gastrocnemius*, 2 — *lig. collaterale fibulare*, 3 — сухожилок *m. popliteus*, 4 — *lig. popliteofibulare* [17]

їхнє відновлення під час її реконструкції. Проте, на практиці ми зтикаємося і з ізольованими травмами структур задньолатерального кута, і з комбінацією з розривом передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ). Варто відзначити, що ізольовані ушкодження задньолатерального кута трапляються відносно рідко та становлять 1,6–2,8 % від усіх травм колінного суглоба. Показано, що недостатня увага до порушення цих структур за розривів як передньої, так і задньої схрещених зв'язок призводить до незадовільних результатів лікування пацієнтів [1, 2, 6, 18, 19]. Зазвичай, акцентуючи увагу на відновленні схрещеної зв'язки, часто не зважають на супутні ушкодження вторинних стабілізаторів колінного суглоба. Не повністю усунений ротаційний компонент дає як суб'єктивну, так і об'єктивну нестабільність колінного суглоба та спричинює рецидив задньої нестабільності внаслідок перевантаження трансплантата.

Натепер немає єдиної думки щодо діагностики та методів лікування ротаційної нестабільності колінного суглоба внаслідок ушкодження задньолатерального кута, відсутній комплексний підхід до відновлення стабільності суглоба з урахуванням усіх складових цього патологічного процесу. Методики відновлення задньолатерального кута колінного суглоба складні й травматичні. Тому, відновлюючи передню або задню схрещені зв'язки, не завжди вдаються до реконструкції, а операції за умов ізольованої задньолатеральної нестабільності взагалі виконують вкрай рідко. Тому впровадження в клінічну практику малоінвазивного методу реконструкції зазначених структур є актуальним. Перший досвід застосування артроскопічної техніки відновлення сухожилка підколінного м'яза [20, 21] дозволив знизити травматичність цього хірургічного втручання.

Мета роботи: проаналізувати віддалені результати малоінвазивного відновлення структур задньолатерального кута під артроскопічним контролем.

Матеріал і методи

Клінічний матеріал

Дослідження схвалено локальним комітетом з біоетики (Комісія з питань біоетики Запорізького державного медичного університету, протокол № 7 від 26.10.2017). Від усіх пацієнтів, які увійшли в дослідження, отримано інформовану згоду. Загалом під наглядом перебували 75 пацієнтів, з яких через 2 роки після операції обстежено 58. Таким чином, у дослідження включено 58 пацієнтів із задньолатеральною ротаційною нестабільністю колінного суглоба, прооперованих у період із 2006 по 2019 р. у КНП «Запорізька обласна клінічна лікарня» ЗОР «Клініка Мотор Січ» (м. Запоріжжя).

Пацієнтів розподілено на дві групи залежно від способу реконструкції структур задньолатерального кута: група дослідження (26 постраждалих, 44,8 %) — малоінвазивне відновлення структур під артроскопічним контролем; група порівняння (32, 55,2 %) — відновлення задньолатерального кута відкритим способом [22, 23]. Розподіл хворих провели за класифікацією Fanelli–Larson [15].

Обидві групи однорідні за статтю та віком. Чоловіків було 43 (74,1 %), жінок — 15 (25,9 %). Розподіл пацієнтів за віком: до 20 років — 2 (3,5 %), 21–30 — 18 (31,0 %), 31–40 — 22 (37,9 %), старше за 40 — 16 (27,6 %). Середній вік пацієнтів склав 32 роки (18–48). Пацієнтів прооперували в різні терміни після травми — від 2 тижнів до 3 років. Усі операції виконані одним хірургом. Розподіл хворих за поєднаною патологією колінного суглоба проведено з урахуванням класифікації Fanelli–Larson [15] і наведено в табл. 1.

Особливості клінічного обстеження

Використано алгоритм діагностики, який вміщує клінічні тести й додаткові інструментальні обстеження для точнішого визначення ступеня задньої та задньолатеральної нестабільності, що є важливим для вибору тактики лікування таких пацієнтів.

Таблиця 1

Розподіл пацієнтів залежно від ушкоджених структур колінного суглоба

Група пацієнтів	Тип патології за класифікацією Fanelli–Larson [15]				Загалом
	A, ізольоване	B, ізольоване	B, у поєднанні з ушкодженням передньої схрещеної зв'язки	C, із ушкодженням задньої схрещеної зв'язки	
Дослідження	3	—	8	13	26
Порівняння	1	1	12	18	32
Усього	4	1	20	33	58

Коли статичні стабілізатори коліна травмовані, динамічні не можуть функціонувати належним чином. Задньолатеральна нестабільність призводить до виникнення характерної ходи з динамічною варусною деформацією — «*vagus thrust*». Dial-тест є одним із найважливіших під час клінічного обстеження пацієнтів з ушкодженням задньолатеральних структур колінного суглоба. Виконано тести передньої та задньої висувної шухляди, передній і задній Лахмана, передній і зворотний pivot shift, *vagus* стрес-тест за кута згинання в колінному суглобі від 20° до 30°. Рентгенографію колінного суглоба в стандартних проєкціях (передньо-задній і бічній) здійснено для виключення супутніх кісткових ушкоджень. Стрес-рентгенографія колінного суглоба (рис. 2) є важливим моментом у діагностиці ушкоджень ЗСЗ і структур задньолатерального кута. Зокрема, доведено, що з метою діагностики задньолатеральної нестабільності необхідно проводити стрес-рентгенографію колінного суглоба з варусним навантаженням за кута згинання 20° [20]. Магнітно-резонансну томографію (МРТ) проведено всім пацієнтам для діагностики супутніх ушкоджень внутрішньосуглобових структур.

Хірургічні методики

Групу порівняння склали пацієнти, оперовані за методикою LaPrade (рис. 3, 4) зі застосуванням двопучкового автотрансплантата, що дозволило відновити біомеханічний вектор *lig. popliteofibulare*, сухожилка *m. popliteus* і *lig. collaterale fibulare*. Для фіксації трансплантата у великогомілкової кістці використано пластинку типу «end button» (рис. 4). Занадто сильна ротація всередину може спричинити контрактури колінного суглоба. Ця операція технічно складна, але дозволяє отримати хороші результати.

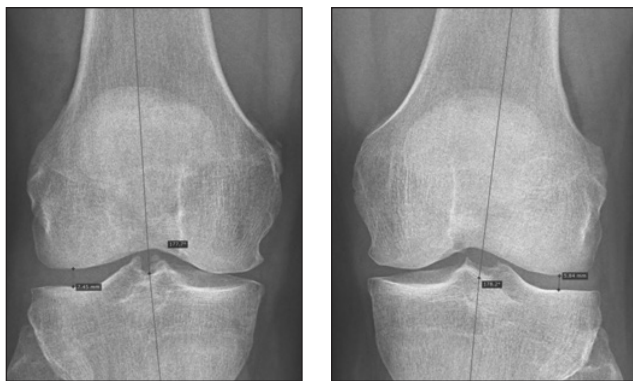


Рис. 2. Рентгенографія колінних суглобів із варусним стресом. Патологічне розкриття латерального відділу правого колінного суглоба

Малоінвазивна пластика структур задньолатерального кута

Операцію проводили під артроскопічним контролем. Візуалізували зовнішній меніск і сухожилок підколінного м'яза. Особливістю ушкодження структур задньолатерального кута є безперешкодне широке розкриття латеральної суглобової щілини під час артроскопії (рис. 5).

Тому ми без труднощів потрапляли артроскопом і електродом коагулятора під зовнішній меніск у проєкції сухожилка підколінного м'яза, препарували рубці та капсулу суглоба донизу на 2–3 см, щоб можна було ввести щуп великогомілкового кондуктора (рис. 6). Після цього, інструментом FlipCutter 7,0 мм, свердлили канал у зовнішньому виростку великогомілкової кістки, проводили в нього спрямовальну нитку, яку виводили на шкіру через додатковий розріз у проєкції місця прикріплення трансплантата в зовнішньому виростку стегнової кістки. За нитки витягали трансплантат, на дистальному кінці якого встановлювали гудзиковий фіксатор. Другий кінець трансплантата проводили підшкірно до головки малогомілкової кістки та фіксували його там або гвинтом для тенодеза, або якорем Swive Lock 5,5 мм. Петлю трансплантата проводили підшкірно до точки фіксації сухожилля підколінного м'яза на зовнішньому виростку стегна, в якому свердлили канал, витягали до нього петлю трансплантата і фіксували інтерферуючим гвинтом, або прив'язували до пластинки, встановленої на протилежній поверхні стегнової кістки (рис. 6).

Оцінювання результатів лікування

Порівняльний аналіз відновлення виконували шляхом оцінювання больового синдрому за ВАШ.

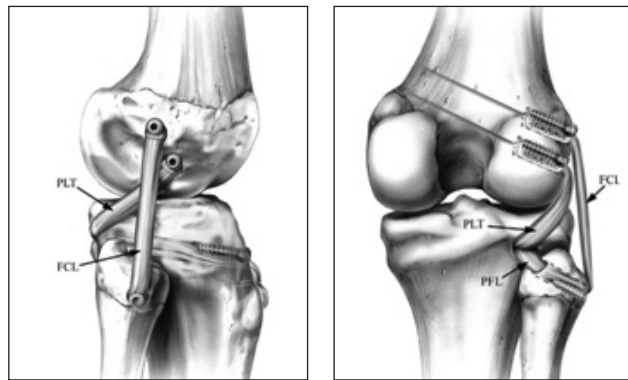


Рис. 3. Реконструкція задньолатерального кута за LaPrade. Вигляд із латерального боку та ззаду. FCL — пучок, що реконструює обхідну малогомілкову зв'язку, PLT — підколінний сухожилок, PFL — підколінно-малогомілкова зв'язка [5, 14]



Рис. 4. Клінічний приклад пластики задньолатерального кута в разі одночасного ушкодження ПСЗ. Трансплантат із сухожилка напівсухожильного м'яза для пластики ПСЗ (методика all inside) і трансплантат із сухожилка тонкого м'яза для пластики задньолатерального кута

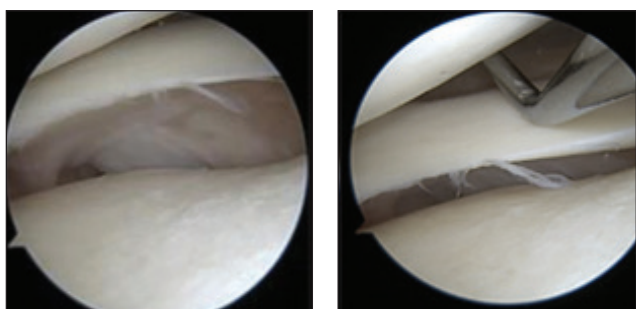


Рис. 5. Розкриття латеральної суглобової щілини в разі ушкодження структур задньолатерального кута

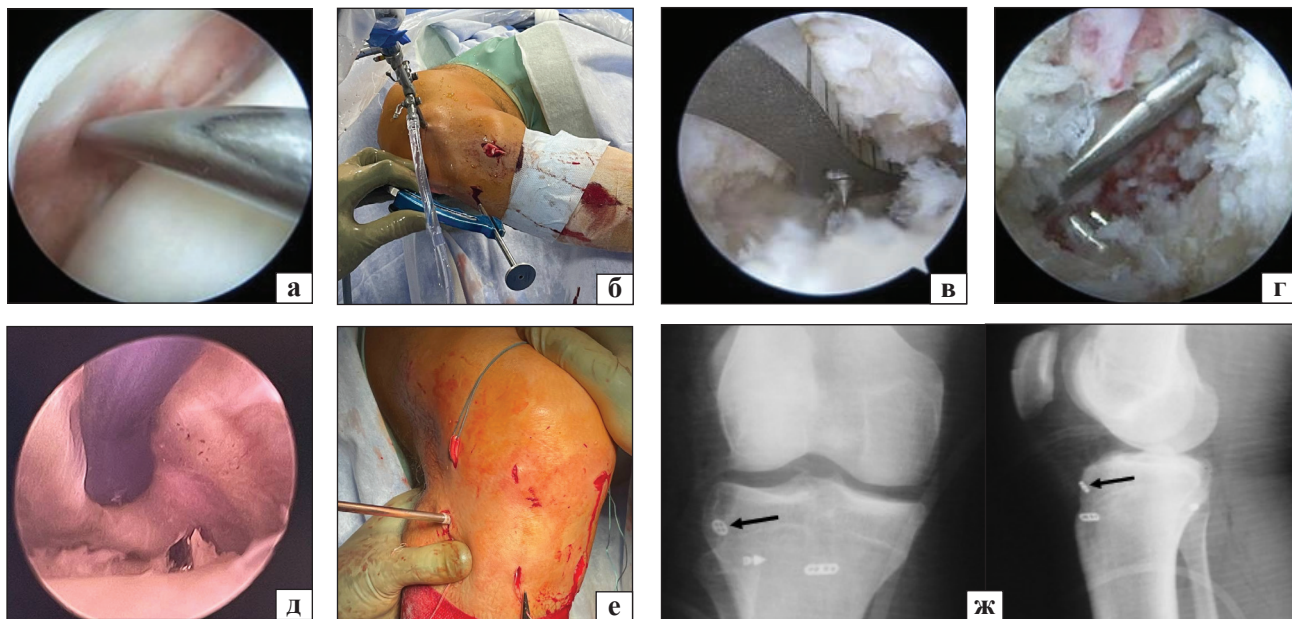


Рис. 6. Етапи ендоскопічної реконструкції сухожилка підколінного м'яза в пацієнта із ушкодженням ПСЗ: а) діагностичний зонд під зовнішнім меніском; б, в) встановлення кондуктора; г) свердління каналу PIP-Cutter 7,0 мм; д) вийняття кондуктора; е) встановлення трансплантата ж) післяопераційні рентгенограми, стрілкою показаний фіксатор трансплантата

Таблиця 2

Динаміка больового синдрому за ВАШ у групах пацієнтів після реконструкції структур задньолатерального кута

Група пацієнтів	Показник за ВАШ					
	1-ша доба	2-га доба	1-й тиждень	4-й тиждень	6-й тиждень	8-й тиждень
Дослідження (ендоскопічна пластика)	3,1 ± 0,8	2,6 ± 0,6	1,4 ± 0,8	1,2 ± 0,7	1,3 ± 0,9	1,2 ± 1,1
Порівняння (відкрита пластика)	5,8 ± 0,7	3,6 ± 0,8	2,9 ± 0,6	2,6 ± 1,1	1,4 ± 0,9	1,1 ± 1,0
Статистична значущість	p < 0,01	p < 0,01	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Таблиця 3

Обсяг рухів (град.) після відновлення ПСЗ і структур задньолатерального кута колінного суглоба

Група пацієнтів	Обсяг рухів згинання/розгинання			
	1-й тиждень	2-й тиждень	4-й тиждень	6-й тиждень
Дослідження (ендоскопічна пластика)	88 ± 11/0	96 ± 7/0	114 ± 9/0	124 ± 11/0
Порівняння (відкрита пластика)	59 ± 12/0	61 ± 13/0	97 ± 12/0	101 ± 14/0
Статистична значущість	p < 0,01	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05

Таблиця 4

Обсяг рухів (град.) після відновлення ЗСЗ і структур задньолатерального кута колінного суглоба

Група пацієнтів	Обсяг рухів згинання/розгинання			
	2-й тиждень	4-й тиждень	6-й тиждень	8-й тиждень
Дослідження (ендоскопічна пластика)	76 ± 10/0	92 ± 11/0	111 ± 9/0	121 ± 18/0
Порівняння (відкрита пластика)	56 ± 10/0	65 ± 14/0	96 ± 16/0	109 ± 24/0
Статистична значущість	p < 0,01	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05

Досліджували динаміку відновлення обсягу рухів у колінному суглобі після операції, а також шляхом опитування провели суб'єктивну оцінку загальної задоволеності результатом лікування через рік після операції.

Результати та їх обговорення

Результати лікування пацієнтів з ушкодженнями структур задньолатерального кута проаналізовано в обох групах. Рецидивів нестабільності не виявлено в жодному випадку.

У ранньому післяопераційному періоді оцінили результати лікування пацієнтів за динамікою болю (ВАШ) і відновленням обсягу рухів. Проте оцінювання обсягу рухів у нас спочатку було неоднорідним, оскільки протоколи мобілізації колінного суглоба після пластики ПСЗ і ЗСЗ відрізняються. Тому ми їх аналізували окремо.

Результати за ВАШ наведено в табл. 2. Незважаючи на неоднорідність хірургічних утручань у групах, виявилось, що за відкритого відновлення структур задньолатерального кута рівень больового синдрому за ВАШ статистично значущо вищий, починаючи з першого дня післяопераційного періоду, порівняно з малоінвазивним методом. Відмінність залишається клінічно значущою протягом перших чотирьох тижнів після опера-

ції, пізніше істотної різниці болю між групами не визначено.

Динаміку відновлення обсягу рухів (табл. 3, 4) аналізували окремо серед пацієнтів із реконструкцією передньої та задньої схрещених зв'язок. Після реконструкції ЗСЗ ми завжди здійснювали тривалішу іммобілізацію, використовуючи PTS-шину протягом 4 тижнів і лише через 2 тижні починали пасивне згинання в колінному суглобі.

Результати аналізу відновлення обсягу рухів свідчать про чітку тенденцію швидкого відновлення серед пацієнтів із малоінвазивною пластикою й ендоскопічною реконструкцією сухожилка підколінного м'яза. В обох групах хворих, як у випадках пластики ПСЗ, так і реконструкції ЗСЗ малоінвазивна техніка дозволила мінімум на 4 тижні швидше відновити згинання в колінному суглобі.

Суб'єктивне оцінювання задоволеності результатом операції через 2 роки свідчить, що в групі дослідження 14 (53,85 %) пацієнтів дуже задоволені, 7 (26,92 %) — задоволені, 5 (19,23 %) — частково задоволені. У групі порівняння 16 (50,00 %) осіб дуже задоволені, 9 пацієнтів (28,13 %) — задоволені, 5 (15,62 %) — частково задоволені, 2 хворих (6,25 %) — не задоволені. Стосовно думки пацієнтів,

Таблиця 5

Результати визначення Dial-тесту в динаміці в групах пацієнтів

Величина ротації голімки		До операції				Після операції			
		0+	1+	2+	3+	0+	1+	2+	3+
Група дослідження, n = 26	абс.	0	9	17	0	21	5	0	0
	%	0,0	34,6	65,4	0,0	80,8	19,2	0,0	0,0
Група порівняння, n = 32	абс.	0	11	21	0	20	12	0	0
	%	0,00	34,37	65,63	0,00	62,50	37,50	0,00	0,00

Таблиця 6

Результати визначення Varus стрес-тесту в динаміці в групах пацієнтів

Величина ротації голімки		До операції				Після операції			
		0+	1+	2+	3+	0+	1+	2+	3+
Група дослідження, n = 26	абс.	2	16	6	2	22	4	0	0
	%	7,69	61,54	23,08	7,69	84,62	15,38	0,00	0,00
Група порівняння, n = 32	абс.	0	18	14	0	21	8	3	0
	%	0,00	56,25	43,75	0,00	65,62	25,00	9,38	0,00

Таблиця 7

Класифікація ушкоджень задньолатеральних структур колінного суглоба Fanelli–Larson [15]

Тип ушкодження	Характеристика	Травмована структура
A	Збільшення зовнішньої ротації голімки на 10°	<i>Lig. popliteofibulare</i> , сухожилок <i>m. popliteus</i>
B	Збільшення зовнішньої ротації голімки на 10°. Відкриття латерального відділу колінного суглоба за варус стрес-тесту на 5–10 мм	<i>Lig. popliteofibulare</i> , сухожилок <i>m. popliteus</i> . <i>Lig. collaterale fibulare</i>
C	Збільшення зовнішньої ротації голімки на 10°. Відкриття латерального відділу колінного суглоба за варус стрес-тесту більш ніж на 10 мм	<i>Lig. popliteofibulare</i> , сухожилок <i>m. popliteus</i> . <i>Lig. collaterale fibulare</i> , капсула суглоба, ЗСЗ

чи погодилися б вони на ідентичну операцію, розуміючи перебіг утручання та післяопераційного періоду, результат лікування, визначено, що 54 (93,1 %) з 58 осіб наважилися б на операцію ще раз: серед 26 опитаних групи дослідження — 25 (96,1 %), серед 32 із групи порівняння — 29 (90,6 %).

Результати клінічних тестів наведено в табл. 5, 6. Стабільність колінного суглоба оцінювали за їхніми результатами. Для аналізу ротаційної стійкості використано Dial-тест, а для фронтальної стабільності — варусний стрес-тест. Отримано схожі показники в групах, із кращою тенденцією в групі дослідження. Через невелику кількість пацієнтів ми не можемо провести належне статистичне порівняння, оскільки в обох групах виконували й ізольоване відновлення структур задньолатерального кута, і передньої або задньої схрещених зв'язок, що передбачає зовсім різні очікування щодо результату лікування.

Обговорення

Лише в 4 пацієнтів із 58 прооперовано ізольоване ушкодження структур задньолатерального

кута колінного суглоба, що склало 7 % і цілком відповідає даним літератури. Такі травми не завжди вчасно діагностують через те, що вони трапляються рідко та мають нечітку клініку у вигляді болю в зовнішньому відділі колінного суглоба за умов великих фізичних навантажень — бігу з ривками та зміною напрямку руху. При цьому на МРТ бачимо дегенеративні зміни в тілі зовнішнього меніска, які згодом можуть призвести до його неповного розриву. Ухвалюючи рішення про зміцнення задньолатерального кута ми маємо пам'ятати, що це — досить травматична операція з використанням авто- або алотрансплантата. Застосування алотрансплантата є доцільнішим, оскільки зменшує травмування кінцівки, час операції, що особливо важливо в разі лікування комплексних ушкоджень зв'язкового апарата.

Водночас ми відзначили недолік класифікації G. C. Fanelli і R. V. Larson [15], призначеної для оцінювання випадків задньолатеральної нестабільності. Проте на практиці ми бачимо пацієнтів із травмою ПСЗ, зовнішнього меніска та структур

задньолатерального кута колінного суглоба. Тому ушкодження типу Fanelli C можна розглядати як поєднання неспроможності структур задньолатерального кута з розривом однієї зі схрещених зв'язок, або виділити 2 види ушкодження типу Fanelli B, що вже роблять інші автори [24].

На наш погляд під час лікування пацієнтів із розривами ПСЗ і ЗСЗ особливу увагу слід приділяти постраждалим із ушкодженням задньолатеральних структур колінного суглоба, які мають граничні показники ротаційної та варусної нестабільності: збільшену зовнішню ротацію гомілки близько 5° і відкриття латерального відділу колінного суглоба за варус стрес-тесту до 5 мм. Тобто це такі показники, які насправді зафіксувати клінічно можливо, але слід бути на це націленим. Під час виконання Dial-test це можна оцінити, як невелику тенденцію до зовнішньої ротації: трохи більше порівняно зі здоровою стороною. Такі випадки трапляються в разі розривів і ПСЗ, і ЗСЗ. Часто ми бачимо невелику тенденцію до зовнішньої ротації, але відновлюємо ізольовано ушкоджений центральний стабілізатор колінного суглоба (ПСЗ або ЗСЗ). Інтраопераційно ми додатково перевіряємо ротаційні тести після встановлення та фіксації трансплантата. Якщо тенденція до зовнішньої ротації зберігається, необхідно виконати пластику структур задньолатерального кута колінного суглоба. Готових рішень для цього поки немає. Якщо ми не усунемо патологічний ротаційний компонент нестабільності, то з'явиться переваження зовнішнього меніска й трансплантата схрещеної зв'язки.

У разі реконструкції ЗСЗ не виникає великих дискусій щодо рутинної пластики структур задньолатерального кута колінного суглоба. За умов ушкодження ПСЗ незначна зовнішня ротація гомілки не описана чітко як показання для пластики. Інша проблема реконструкції структур задньолатерального кута полягає в тому, що пластика підколінного м'яза жорсткою зв'язкою не дає змогу повністю відновити його функцію. Проте через відсутність кращих методик доводиться використовувати зазначений спосіб у клінічній практиці. Необхідно також зауважити, що виконуючи пластику структур задньолатерального кута, ми не можемо абсолютно точно відтворити їхню анатомічну установку, а відновлюємо лише основні з них.

Поява в арсеналі ортопеда-травматолога ендоскопічної малоінвазивної методики пластики сухожилка підколінного м'яза під артроскопічним контролем дала змогу знизити травматичність

цього хірургічного втручання та полегшити післяопераційну реабілітацію.

Недоліком нашого дослідження є незначна кількість пацієнтів, що можна пояснити рідким виникненням таких травм. Проте статистичний аналіз показав суттєві відмінності низки показників динаміки відновлення функції в групах дослідження та порівняння і підтвердив зменшення травматичності хірургічного втручання без погіршення віддалених результатів лікування.

Висновки

Запропонована методика малоінвазивного відновлення структур задньолатерального кута колінного суглоба з артроскопічною реконструкцією сухожилка підколінного м'яза показала позитивні найближчі та віддалені результати лікування пацієнтів, не привела до збільшення кількості ускладнень і погіршення функції кінцівки, знизила інтенсивність болю після операції та забезпечила раннє відновлення обсягу рухів у колінному суглобі.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Comparative analysis of the results of reconstruction of the posterior cruciate ligament using the «inlay» techniques and transtibial canal conduction / M. L. Golovakha, I. V. Didenko, V. Orlyansky, K. P. Benedetto // *Orthopedics, traumatology and prosthetics*. — 2019. — № 1. — P. 64–71. — DOI: 10.15674/0030-59872019164-71.
2. Golovakha M. L. Posterior cruciate ligament injuries / M. L. Golovakha, V. Orlyansky, K. P. Benedetto. — *Zaporozhye : Prosvita*, 2017. — 92 p.
3. Posterolateral corner of the knee: current concepts / J. Chahla, G. Moatshe, C. S. Dean, R. F. LaPrade // *The Archives of Bone and Joint Surgery*. — 2016. — Vol. 4 (2). — P. 97–103.
4. Gollehon D. L. The role of the posterolateral and cruciate ligaments in the stability of the human knee. A biomechanical study / D. L. Gollehon, P. A. Torzilli, R. F. Warren // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 1987. — Vol. 69 (2). — P. 233–242.
5. The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon / R. F. LaPrade, T. V. Ly, F. A. Wentorf, L. Engebretsen // *The American Journal of Sports Medicine*. — 2003. — Vol. 31 (6). — P. 854–860. — DOI: 10.1177/03635465030310062101.
6. Posterolateral corner of the knee: an expert consensus statement on diagnosis, classification, treatment, and rehabilitation / J. Chahla, I. R. Murray, J. Robinson [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2019. — Vol. 27 (8). — P. 2520–2529. — DOI: 10.1007/s00167-018-5260-4.
7. Posterior laxity increases over time after PCL reconstruction / C. Gwinner, T. M. Jung, I. Schatka, A. Weiler // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2019. — Vol. 27 (2). — P. 389–396. — DOI: 10.1007/s00167-018-5035-y.
8. Evolving evidence in the treatment of primary and recurrent posterior cruciate ligament injuries, part 2: surgical tech-

- niques, outcomes and rehabilitation / P. W. Winkler, B. Zsidai, N. N. Wagala [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2021. — Vol. 29 (3). — P. 682–693. — DOI: 10.1007/s00167-020-06337-2.
9. Minimally invasive, arthroscopic-assisted, anatomic posterolateral corner reconstruction / K. Hermanowicz, K. Malinowski, A. Goralczyk [et al.] // *Arthroscopy Techniques*. — 2019. — Vol. 8 (3). — P. e251–e257. — DOI: 10.1016/j.eats.2018.10.021.
 10. Wood R. Anatomic posterolateral corner reconstruction using single graft plus adjustable-loop suspensory fixation device / R. Wood, J. Robinson, A. Getgood // *Arthroscopy Techniques*. — 2019. — Vol. 8 (3). — P. e301–e309. — DOI: 10.1016/j.eats.2018.11.011.
 11. Fibular collateral ligament/posterolateral corner injury: when to repair, reconstruct, or both / M. I. Kennedy, A. Bernhardsen, G. Moatshe [et al.] // *Clinics in Sports Medicine*. — 2019. — Vol. 38 (2). — P. 261–274. — DOI: 10.1016/j.csm.2018.11.002.
 12. The use of allograft tissue in posterior cruciate, collateral and multiligament knee reconstruction / M. J. Strauss, R. Varatojo, T. Boutefnouchet [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2019. — Vol. 27 (6). — P. 1791–1809. — DOI: 10.1007/s00167-019-05426-1.
 13. Anatomic reconstruction of the posterolateral corner: an all-arthroscopic technique / J. Frings, J. P. Kolb, T. C. Drenck [et al.] // *Arthroscopy Techniques*. — 2019. — Vol. 8 (9). — P. e999–e1006. — DOI: 10.1016/j.eats.2019.05.010.
 14. Arthroscopic reconstruction of the popliteus complex: accuracy and reproducibility of a new surgical technique / K. H. Frosch, R. Akoto, M. Heitmann [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2015. — Vol. 23 (10). — P. 3114–3120. — DOI: 10.1007/s00167-014-3000-y.
 15. Fanelli G. C. Practical management of posterolateral instability of the knee / G. C. Fanelli, R. V. Larson // *Arthroscopy*. — 2002. — Vol. 18 (2 Suppl 1). — P. 1–8. doi: 10.1053/jars.2002.31779.
 16. Posterior cruciate ligament injuries: what do we really know? / P. W. Winkler, J. D. Hughes, J. J. Irrgang [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2021. — Vol. 29 (3). — P. 669–671. — DOI: 10.1007/s00167-020-06425-3.
 17. Anatomy; Journal of bone & joint surgery: <http://www.boneandjoint>
 18. An analysis of an anatomical posterolateral knee reconstruction: an *in vitro* biomechanical study and development of a surgical technique / R. F. LaPrade, S. Johansen, F. A. Wentorf [et al.] // *The American journal of sports medicine*. — 2004. — Vol. 32 (6). — P. 1405–1414. — doi: 10.1177/0363546503262687.
 19. Evolving evidence in the treatment of primary and recurrent posterior cruciate ligament injuries, part 1: anatomy, biomechanics and diagnostics / P. W. Winkler, B. Zsidai, N. N. Wagala [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2021. — Vol. 29 (3). — P. 672–681. — DOI: 10.1007/s00167-020-06357-y.
 20. A hamstring-based anatomic posterolateral knee reconstruction with autografts improves both radiographic instability and functional outcomes / C. E. Franciozi, L. J. B. Albertoni, M. S. Kubota [et al.] // *Arthroscopy*. — 2019. — Vol. 35 (6). — DOI: 10.1016/j.arthro.2019.01.016.
 21. An all-arthroscopic technique for complex posterolateral corner reconstruction / J. P. Kolb, J. Frings, M. Krause [et al.] // *Arthroscopy techniques*. — 2019. — Vol. 8 (9). — P. e999–e1006. — DOI: 10.1016/j.eats.2019.05.010.
 22. The reproducibility and repeatability of varus stress radiographs in the assessment of isolated fibular collateral ligament and grade-III posterolateral knee injuries: an *in vitro* biomechanical study / R. F. LaPrade, C. Heikes, A. J. Bakker, R. B. Jakobsen // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2008. — Vol. 90 (10). — P. 2069–2076. — DOI: 10.2106/JBJS.G.00979.
 23. Outcomes of an anatomic posterolateral knee reconstruction / R. F. LaPrade, S. Johansen, J. Agel // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2010. — Vol. 92. — P. 16–22. — DOI: 10.2106/JBJS.I.00474.
 24. The Posterolateral Instability Score (PoLIS) of the knee joint: a guideline for standardized documentation, classification, and surgical decision-making / A. Weiler, K. H. Frosch, C. Gwiner [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2021. — Vol. 29 (3). — P. 889–899. — DOI: 10.1007/s00167-020-06044-y.

Стаття надійшла до редакції 10.10.2021

RESULTS OF MINIMALLY INVASIVE KNEE POSTEROLATERAL CORNER RECONSTRUCTION

M. L. Golovakha¹, S. A. Bondarenko², W. Orljanski³

¹ Zaporizhzhia State Medical University. Ukraine

² «Motor Sich» Clinic, Zaporizhzhia. Ukraine

³ Vienna Private Clinic. Austria

✉ Maxim Golovakha, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: golovahaml@gmail.com

✉ Stanislav Bondarenko, MD: trauma.bon.s@gmail.com

✉ Weniain Orljanski, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: orljanski@hotmail.com

УДК 616.728.3+616.717.5]-001.5(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021422-27>

Іпсилатеральні ушкодження ліктьового суглоба та дистального відділу променевої кістки

Є. М. Мателенок

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

The elbow joint injury and the ipsilateral fractures of distal radius are rare but are different. Objective. To analyze character of the elbow joint injury and distal part radius fractures in connection with peculiarities of traumatic energy intensity, to consider of treatment options of such trauma cases. Methods. The study is based on the retrospective analyze of the clinical observation of 8 patients with the ipsilateral elbow joint injury and distal part of radius (3 men and 5 women, average age is 39 ± 5). Besides of the distal part radius fracture 1 patient had luxation of the forearm, 5 — fracture-dislocations in the elbow joint and in 2 cases — the fractures of distal metaepiphysis of the humerus. In 7 cases of the elbow joint injuries and in 3 cases of the distal part radius fractures the surgical treatment was made. Results. Except 2 cases the injuries happened in result of landing from the height of 1–12 meters. The severity of injuries was ranking and their correlation with the indicator of falling height was analyzed. The treatment peculiarity of the elbow joint injury and the ipsilateral fractures of distal part radius is considered. Conclusions. In the majority of cases ipsilateral injuries of the elbow joint and of the distal part radius are the result of falling from the height, infrequently — the results of falling from easy posture of the body; the severity of injury depends on the falling height (correlation coefficient Spearman's — 0.78), the character of elbow joint injury may depend on the position of the extremity at the time of landing and successive additional collision of elbow region with traumatic agent. When the patient falls from significant height may happen polytrauma, what lead to many stages of treatment. By the ipsilateral injuries substantiation of manipulations or surgical operations priorities is very important. Key words. Ipsilateral Injuries, elbow joint, distal metaepiphysis of the radius, fractures, luxation, fracture-dislocations.

Ушкодження ліктьового суглоба та переломи дистального відділу променевої кістки однойменної кінцівки трапляються дуже рідко, а травми досить різноманітні. Мета. Проаналізувати характер іпсилатеральних ушкоджень ліктьового суглоба та дистального метаепіфіза променевої кістки у зв'язку з особливостями енергоємності травмування, розглянути варіанти лікувальної тактики, які використовують за таких ушкоджень. Методи. Дослідження базується на ретроспективному аналізі клінічного матеріалу 8 пацієнтів із іпсилатеральними ушкодженнями ліктьового суглоба та переломами дистального відділу променевої кістки (3 чоловіки, 5 жінок, середній вік (39 ± 5) років). Окрім перелому дистального відділу променевої кістки, в 1 випадку був вивих передпліччя, у 5 — переломовивихи в ліктьовому суглобі, 2 — переломи дистального метаепіфіза плечової кістки. Хірургічне лікування ушкоджень у ділянці ліктьового суглоба проведено у 7 випадках, а в ділянці променево-зап'ясткового суглоба — у 3. Результати. Окрім 2 пацієнтів, травми отримані внаслідок падіння з висоти від 1 до 12 м. Проведено ранжування важкості ушкоджень та аналіз їхнього співвідношення з показниками висоти падіння пацієнтів, тобто з енергоємністю травмування. Розглянуто особливості лікування пацієнтів із односторонніми ушкодженнями в ділянці ліктьового та променево-зап'ясткового суглобів. Висновки. Більшість випадків іпсилатеральних ушкоджень зони ліктьового та променево-зап'ясткового суглобів трапляються в разі падіння з деякої висоти, рідше — з висоти власного зросту. Ступінь тяжкості ушкодження прямо залежить від висоти падіння (коефіцієнт кореляції $r = 0,78$). Характер травми в зоні ліктьового суглоба визначається позицією кінцівки на момент приземлення, а також можливістю послідовного додаткового зіткнення зони ліктьового суглоба з травмувальними агентами. За умов падіння зі значної висоти вага ймовірності виникнення політравм, що обумовлює багатоступінь лікування. Важливо для пацієнтів з іпсилатеральними ушкодженнями є обґрунтування черговості втручання або маніпуляцій.

Ключові слова. Іпсилатеральні ушкодження, ліктьовий суглоб, дистальний метаепіфіз променевої кістки, переломи, вивихи, переломовивихи

Вступ

Поєднання ушкоджень ліктьового суглоба з іпсилатеральними переломами дистального відділу променевої кістки трапляється дуже рідко [1, 2]. При цьому варіанти ушкоджень досить різноманітні: описані випадки поєднання переломів променевої кістки в проксимальному та дистальному її відділах [3, 4], переломів дистального відділу променевої кістки з вивихами в ліктьовому суглобі дозаду [5], із вивихом передпліччя допереду [6], а також із переломовивихами в ліктьовому суглобі [7]. Можна згадати також про інші варіанти ушкоджень саме цієї зони, наприклад, про можливість одночасного вивиху в проксимальному та дистальному променево-ліктьовому зчленуванні [8], а також ушкодження Essex-Lopresti [9], які не згадуються в нашому дослідженні.

Мета роботи: проаналізувати характер іпсилатеральних ушкоджень ліктьового суглоба та дистального метаепіфіза променевої кістки у зв'язку з особливостями енергоємності травмування, розглянути варіанти лікувальної тактики.

Матеріал і методи

Під нашим спостереженням за десятирічний період перебувало 8 пацієнтів з іпсилатеральними ушкодженнями ліктьового суглоба та дистального відділу променевої кістки, серед яких було 3 чоловіки та 5 жінок, середній вік пацієнтів становив (39 ± 5) років (від 19 до 60). Крім перелому дистального відділу променевої кістки, в одного хворого діагностовано задній вивих передпліччя; у 5 — вивихи передпліччя в поєднанні з переломами проксимальних відділів кісток передпліччя (2 особи з переломом головки променевої кістки та вінцевого відростка та вивихом передпліччя назад, 1 — із заднім вивихом головки та переломом проксимального метаепіфіза ліктьової кістки, 2 — із переломом головки променевої кістки та заднім вивихом передпліччя); у 2 — переломи дистального метаепіфіза плечової кістки. Хірургічне лікування з приводу переломів дистального відділу променевої кістки здійснено в 5 випадках, консервативне — в 3. Оперативне втручання на ліктьовому суглобі проведено в 7 випадках і лише в одному — консервативне лікування.

Коротка інформація про пацієнтів, висоту падіння (значення 0 виставлено для випадків падіння пацієнта з природного положення в разі стояння, ходьби або бігу), ушкодження кінцівки на двох рівнях та проведено лікування подано в табл. 1. Для виявлення статистично значущого зв'язку між висотою падіння пацієнтів і ступенем

тяжкості отриманих ушкоджень використано коефіцієнт кореляції Spearman. Аналіз даних виконано зі застосуванням програми Statistica. Матеріали роботи схвалено комітетом з біоетики при ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (протокол № 220 від 18.10.2021).

Результати та їх обговорення

У 6 із 8 випадків ушкодження отримані внаслідок падіння пацієнтів із висоти від 1 до 12 м над поверхнею приземлення (слід зазначити, що ці величини не є абсолютно точними), у 2 випадках — із природної висоти тіла. Інакше кажучи, енергоємність травмування кінцівок пацієнтів дуже різна. Точно описати положення сегментів кінцівки, у тому числі й кути згинання-розгинання в променево-зап'ястковому, ліктьовому суглобах у момент контакту кінцівки з поверхнею приземлення або з іншими предметами, пацієнтам важко. Запропоновано дві теорії, які пояснюють імовірні механізми виникнення переломів променевої кістки в дистальному відділі та вивихи передпліччя: «single-impact» та «double-impact» [6]. У першому варіанті в результаті падіння пацієнта на кисть випрямленої руки за умов контакту кисті з поверхнею приземлення відбувається перелом променевої кістки в її дистальному відділі і, якщо при цьому кінетична енергія не гаситься, то вона передається переважно через ліктьову кістку в зону перерозігнутого та вальгованого ліктьового суглоба, що призводить до вивиху кісток передпліччя. У другому варіанті сила удару під час падіння на випрямлену руку призводить до перелому променевої кістки в дистальному відділі, а ушкодження в ділянці ліктьового суглоба є результатом наступного окремого травмувального впливу. Застосовуючи дані теорії механізму виникнення ушкоджень до наших випадків, можна припустити, що за варіантом «single-impact» відбулися травми, які включають вивихи та переломовивихи в ліктьовому суглобі, а «double-impact» прийнятний для випадків переломів дистального відділу плечової кістки.

Чи можна пов'язати характер розглянутих ушкоджень із висотою падіння? У двох випадках (2-й і 3-й) висота падіння була значнішою, ніж в інших — 12 і 10 м. При цьому в пацієнтів виявлено також ушкодження кісток таза, тобто можна припустити, що первинний контакт із поверхнею приземлення міг відбуватися не з травмованою верхньою кінцівкою, а з іншими частинами тіла, а потім зі згаданою кінцівкою або одночасно з нею, що могло дещо знизити величину

травмувальної кінетичної енергії. Серед аналізованих ушкоджень виділяються два випадки (4-й і 8-й), коли в зоні ліктьового суглоба травмовано не кістки передпліччя, а дистальні метаепіфізи плечової кістки. Травма в обох епізодах сталося внаслідок падіння з висоти 1 і 4 м. Попри близькість цих ушкоджень за класифікаційною ознакою, за результатами рентгенографії (рис. 1), ступінь усунення кісткових фрагментів істотно різниться та можна вважати, що й м'які тканини зони ліктьового суглоба в другому випадку постраждали більш значно.

Для виявлення можливого взаємозв'язку характеру ушкоджень із висотою падіння зробили ранжування ушкоджень, орієнтуючись на

їхню складність та тяжкість з умовного ступеня ушкодження м'яких тканин і кісткових утворень, тобто на класифікаційну приналежність. Для ушкоджень зони ліктьового суглоба виділили такі ступені (бали) в порядку зростання їхньої тяжкості:

1. М'якотканинні ушкодження (приклад, 20-A2);
2. М'якотканинні ушкодження й однієї з кісток передпліччя (приклад 20-B2 + 21-B1);
3. М'якотканинні ушкодження та дистального відділу плечової кістки (приклад 13-C2.3);
4. М'якотканинні ушкодження й обох кісток передпліччя (приклад 20-A4 + 21-C2)

Для ушкодження в зоні променево-зап'ясткового суглоба:

Таблиця 1

Інформація про пацієнтів, висоту падіння, ушкодження кінцівки на двох рівнях і проведене лікування

Випадок	Стать	Вік	Висота падіння (м)	Кінцівка	Діагноз (класифікація АО)		Лікування (хірургічне, консервативне)	
					зона ліктьового суглоба	дистальне передпліччя	зона ліктьового суглоба	дистальне передпліччя
1	ж	40	1	Ліва	20-B2 + 21-B1	23-C3	Остеосинтез проксимального метаепіфіза ліктьової кістки за Вебером	Закрите вправлення перелому променевої кістки
2	м	45	12	Права	20-A2 + 21-C2	23-C3	У гострому періоді — закриті вправлення вивиху передпліччя, фіксація гіпсовою пов'язкою через 1 міс. — відкрите усунення вивиху кісток передпліччя, трансартикулярна фіксація спицею, гіпсова шина	У гострому періоді — фіксація гіпсовою шиною, через 1 міс. — дистракційний позавогнищевий остеосинтез променевої кістки
3	м	42	10	Права	20-A4 + 21-C2	23-C3	У гострому періоді фіксація ліктьового суглоба АЗФ, через 2 міс. — відкрите вправлення передпліччя, остеосинтез перелому головки променевої кістки	У гострому періоді — фіксація променево-зап'ясткового суглоба АЗФ, через 2 міс. — відкрите вправлення вивиху головки ліктьової кістки в дистальному променево-ліктьовому зчленуванні
4	ж	60	1	Права	13-C2.3	23-C2	Остеосинтез дистального відділу плечової кістки	Остеосинтез дистального відділу променевої кістки
5	ж	54	0	Ліва	20-A2 + 21-B2	23-C3	Відкрите вправлення передпліччя, видалення фрагментів головки променевої кістки, трансартикулярна фіксація спицею плечоліктьового зчленування	Остеосинтез дистального відділу променевої кістки
6	ж	19	0	Права	20-A2 + 21-B2	23-A2	Остеосинтез головки променевої кістки	Закриті вправлення перелому променевої кістки
7	ж	30	1	Ліва	20-A2	23-A3	Закриті вправлення передпліччя	Закриті вправлення перелому променевої кістки
8	м	20	4	Ліва	13-C3.2	23-C2	АЗФ, через 2 тижні — відкрите вправлення, остеосинтез дистального відділу плечової кістки	АЗФ, через 2 тижні — відкрите вправлення, остеосинтез дистального відділу променевої кістки

1. Метафізарні переломи променевої кістки без значного зміщення (приклад 23-A2);

2. Метафізарні переломи променевої кістки зі значним зміщенням (приклад 23-A3);

3. Епіметафізарні переломи променевої кістки зі зміщенням у зоні метафіза та без зміщення епіфізарної, суглобової поверхні (приклад 23-С 2);

4. Епіметафізарні переломи променевої кістки зі зміщенням фрагментів суглобової поверхні (приклад 23-С3).

У табл. 2 наведено розподіл випадків із відповідною висотою падіння пацієнта за ступенем тяжкості ушкоджень, а в табл. 3 — сума балів ступеня тяжкості ушкоджень у зоні ліктьового та променево-зап'ясткового суглоба для кожного випадку.

Як видно з табл. 3, найважчі ушкодження (сумарний показник ступеня тяжкості 8–9 балів) спостерігали в разі отримання травми після падіння з висоти 4–12 м, тобто внаслідок високоенергетичної травми. Коефіцієнт кореляції Spearman (r) між показником ступеня тяжкості та висотою падіння пацієнта дорівнює 0,78 ($p < 0,05$), що згідно з оцінкою тісноти зв'язку між випадковими величинами свідчить про високий ступінь зв'язку цих показників. У всіх цих випадках ушкодження отримали особи чоловічої статі, що, на наших прикладах, можна пояснити лише деякими особливостями переваг у заняттях чоловіків і жінок. Статистичний аналіз щодо впливу віку пацієнтів на характер ушкоджень, за нашими спостереженнями, виконати неможливо.



Рис. 1. Рентгенограми травмованої кінцівки: а) пацієнтка Г. (випадок 4, падіння з висоти 1 м); б) хворий Д. (випадок 8, падіння з висоти 4 м)

Іпсилатеральний характер ушкодження накладає відбиток на тактику лікування. Вибір консервативного чи хірургічного методу щодо кожної травми, визначається за тими самими критеріями, як у разі ізольованих травм, але за іпсилатеральних слід особливо уважно поставитися до обґрунтування послідовності маніпуляцій. На цьому також акцентують увагу автори робіт із цієї проблеми [2, 5].

Таблиця 2

Розподіл випадків та висоти падіння пацієнта за ступенем тяжкості ушкоджень

Ступінь тяжкості	Зона ліктьового суглоба		Зона променево-зап'ясткового суглоба	
	випадок	висота (м)	випадок	висота (м)
1	7	1	6	0
2	1, 6, 5	1, 0, 0	7	1
3	4, 8	1, 4	4, 8	0, 4
4	2, 3	10, 12	1, 2, 3, 5	1, 12, 10, 0

Таблиця 3

Сума балів ступеня тяжкості ушкоджень у зоні ліктьового та променево-зап'ясткового суглоба для кожного випадку

Випадок	Ступінь тяжкості	Висота (м)
1	5	1
2	9	12
3	9	10
4	6	1
5	6	0
6	3	0
7	3	1
8	8	4

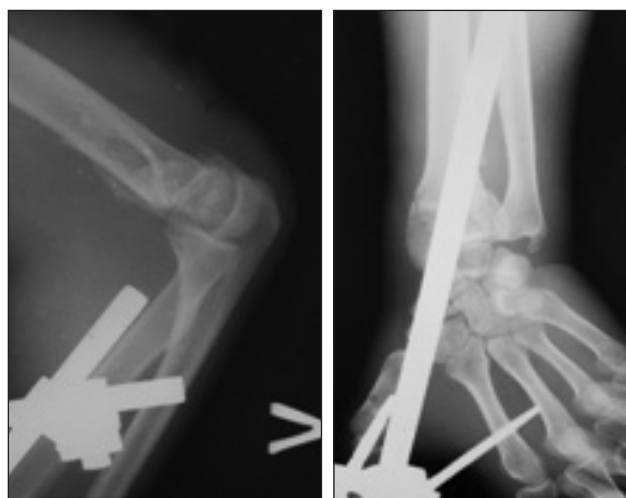


Рис. 2. Рентгенограми ліктьового та променево-зап'ясткового суглобів після першого хірургічного втручання в день отримання травми

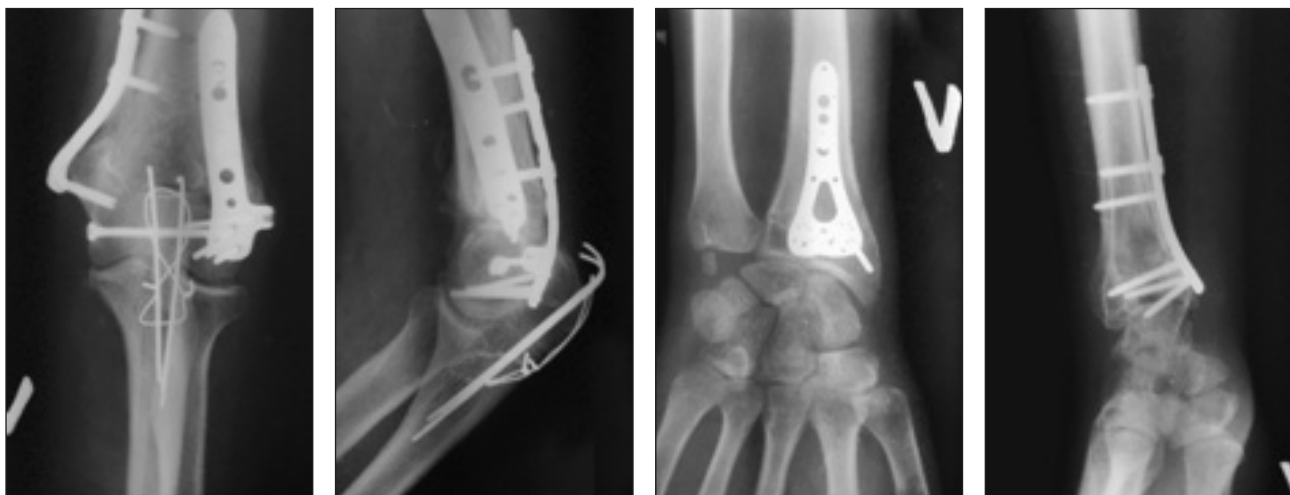


Рис. 3. Рентгенограми ліктьового та променево-зап'ясткового суглобів через 6 міс. після другого втручання

Наприклад, за наявності вивиху передпліччя та перелому променевої кістки в дистальному відділі спочатку усувають вивих передпліччя, а потім, за умов утримання зігнутого в ліктьовому суглобі передпліччя, виконують репозицію перелому променевої кістки [5]. У такій самій послідовності зроблено маніпуляції в одного з пацієнтів (випадок 7). Інший варіант послідовності втручань доцільно було робити в інших випадках, один з яких ми наводимо нижче.

У хворих, які отримали ушкодження в результаті падіння зі значної висоти, велика ймовірність виникнення політравм (випадок 2 та 3), при цьому приземлення може здійснюватися (випадок 2) на нерівну, жорстку поверхню, наприклад, будівельне сміття тощо. Навіть у разі відсутності супутніх ушкоджень, за умов падіння зі значної висоти більшою мірою страждають м'які тканини травмованої кінцівки. Тому час лікування збільшується та воно може бути багатоетапним.

Як приклад наводимо клінічне спостереження (випадок 8). Пацієнт Д., 20 років, травму отримав у результаті падіння з висоти 4 м. У лікувальному закладі, куди був доставлений потерпілий, після клінічного та рентгенологічного обстеження встановлено діагноз: осколковий перелом дистального метаепіфіза лівої плечової кістки зі зміщенням відламків, перелом дистального метаепіфіза лівої променевої кістки зі зміщенням (рис. 1, б). Здійснено позаогнищевий остеосинтез ушкоджених кісткових утворень (рис. 2), проведено протизапальну терапію. Через два тижні пацієнт звернувся до ДУ «ПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України». Ураховуючи наявність залишкового зміщення кісткових фрагментів, тобто показань для відкритого вправлення

переломів і виконання остеосинтезу, апарат позаогнищевий фіксації демонтовано і, після загоєння ран у місцях кріплення стрижнів апарата, здійснено спочатку відкрите вправлення, накістковий остеосинтез дистального метаепіфіза променевої кістки, а потім із транселектраноного доступу — відкрите вправлення й остеосинтез дистального відділу плечової кістки. Тобто спочатку втручання виконано на дистальному відділі променевої кістки, оскільки при цьому не було необхідності переміщення кінцівки на операційному столі, отже на зону перелому плечової кістки не здійснювалося негативного впливу. Другим етапом виконано втручання на плечовій кістці зі зміною положення кінцівки під час операції, але за умов стабілізованої зони перелому променевої кістки. Під час оцінювання результатів лікування через 6 міс. після операції визначено, що функцію кінцівки відновлено, консолідацію переломів підтверджено рентгенологічно (рис. 3).

Таким чином, характер іпсилатеральних ушкоджень у зоні ліктьового та променево-зап'ясткового суглобів досить різноманітний, в основному визначається інтенсивністю кінетичної енергії тіла, що розвивається за падіння, положенням тіла та кінцівки під час зіткнення з поверхнею приземлення, а також якостями цієї поверхні. Вибір лікувальної тактики за умов іпсилатеральних ушкоджень слід здійснювати з урахуванням раціональної послідовності втручань на зонах ушкодження.

Висновки

Більшість випадків іпсилатеральних ушкоджень зони ліктьового та променево-зап'ясткового суглобів трапляються в разі падіння з деякої висоти, рідше з висоти власного зросту. Ступінь тяжкості

ушкодження кінцівки прямо пропорційно залежить від висоти падіння, тобто від величини кінетичної енергії, що виникає під час падіння тіла (коефіцієнт кореляції $r = 0,78$). Тобто, характер травми в зоні ліктьового суглоба (вивих кісток передпліччя, переломовивих, перелом дистального відділу плечової кістки) визначається позицією кінцівки в її суглобах на момент приземлення, а також можливістю послідовного додаткового зіткнення зони ліктьового суглоба з травмуючими агентами.

У разі падіння зі значної висоти висока ймовірність виникнення політравм, що призводить до багатоетапності лікувального процесу в цієї категорії пацієнтів. Важливим моментом під час визначення лікувальної тактики є обґрунтування черговості маніпуляцій чи втручань.

Конфлікт інтересів. Автор декларує відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Batra S. Ipsilateral compound distal radius fracture with missed elbow dislocation. A rare injury pattern / S. Batra, J. G. Andrew // *European Journal of Emergency Medicine*. — 2007. — Vol. 14 (6). — P. 363–364. — DOI:10.1097/MEJ.0b013e32823a3cad.
2. Ravikumar T. V. Ipsilateral distal radius fracture with elbow dislocation—a rare entity: report of 3 cases / T. V. Ravikumar, G. Amit, G. Daksh. // *International Journal of Medicine*. — 2015. — Vol. 3(1) — P. 12–15. — DOI: 10.14419/ijm.v3i1.4270.
3. Nagaya H. Simultaneous ipsilateral fractures of distal and proximal ends of radius / H. Nagaya, Y. Saito, H. Warashina // *Journal of Orthopaedic Science*. — 2001. — Vol. 6 (5). — P. 439–443. — DOI: 10.1007/s007760170012.
4. Simultaneous ipsilateral distal radius and radial head fractures. Two case reports of radius bipolar fracture / I.-J. Park, Y. J. Sur, J. Kim [et al.] // *Medicine*. — 2021. — Vol. 100 (3). — Article ID: e24036 — DOI: 10.1097/MD.00000000000024036.
5. Elbow dislocation with ipsilateral distal radius fracture / S. Meena, V. Trikha, R. Kumar [et al.] // *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*. — 2013. — Vol. 4 (2). — P. 479–481. — DOI: 10.4103/0976-9668.116982.
6. A rare combination of complex elbow dislocation and distal radial fracture in adults / R. Vaishya, M. Krishnan, V. Vijay, A. K. Agarwal // *Cureus*. — 2016. — Vol. 8 (11). — Article ID: e868. — DOI: 10.7759/cureus.868.
7. Unusual combination of elbow dislocation with a retained intraarticular fragment and trochlear fracture and ipsilateral distal radius fracture in an amateur snowboarder: A case report and review of literatures / D. K. Moon, S. C. Hwang, J. I. Yoo, J. S. Park // *International Journal of Surgery Case Reports*. — 2019. — Vol. 55. — P. 196–201. — DOI: 10.1016/j.ijscr.2019.01.039.
8. Simultaneous dislocation of radiocapitellar and distal radioulnar joint / T. Nishi, N. Suzuki, T. Tani, H. Aonuma // *Case Reports in Orthopedics*. — 2013. — Article ID: 106567. — DOI: 10.1155/2013/106567.
9. The Essex-Lopresti lesion / K. Wegmann, J. Dargel, K. J. Burkhart, G. P. Brüggemann, L. P. Müller // *Strategies Trauma Limb Reconstr*. — 2012. — Vol. 7 (3). — P. 131–139. — DOI: 10.1007/s11751-012-0149-0.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2021

IPSILATERAL INJURIES OF THE ELBOW JOINT AND THE DISTAL RADIUS

Ie. M. Matelenok

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Ievgen Matelenok, MD, DSci in Traumatology and Orthopaedics: mate.evgeny@gmail.com

УДК 616.717.4-001.514-089.2-092.6(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021428-32>

Експериментальне дослідження стабільності остеосинтезу дистального відділу плечової кістки

О. І. Бодня¹, С. Л. Дубовик¹, М. Ю. Карпінський², О. Д. Карпінська²

¹ Одеський національний медичний університет. Україна

² ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

Unresolved issue is improving of the osteosynthesis of extra-articular fractures of the distal humerus. Search for a simplified method of biological fixation, which assumes, with low trauma, to ensure the stable fixation of fragments and movements in the elbow joint in the early postoperative period. Objective. To carry out a comparative analysis of the bone fragments displacement of the distal humerus in extra-articular fractures, stabilized by extraosseous and transosseous osteosynthesis. Methods. Biomechanical study of the distal humerus model was made. Transosseous osteosynthesis was modeled using the author's external fixation apparatus (EFA). For comparison, we chose an osteosynthesis with a Y-shaped plate. The humeral models were loaded with an interval and a stepwise increased in the load for compression along the axis, flexion in a parallel plane, as well as perpendicular to the fixing elements of the plate and EFA. The magnitude of the load gradually increased from 0 to 250 N with a step of 50 N. The magnitude of the forces at which, due to the action of various loads, a displacement at the level of the fracture appeared. Results. The analysis of experimental studies showed that the rod apparatus and the plate provide the same stability of fixation of the fragments of the humerus under conditions of axial compression load ($p > 0.05$). Under the influence of bending loads of more than 100 N in a plane parallel to the fixing elements, the plate had a slight advantage (10 %). A significantly better result ($p < 0.01$) was obtained when an external device was used under the action of bending loads in a plane perpendicular to the fixing elements. Conclusions. In the case of fractures of the distal humerus, the transosseous osteosynthesis using the proposed external fixation rod device ensures the stability of the fragments under all loading options. It is quite reliable and can be recommended for use in clinical practice. Key words. Distal humerus, transosseous osteosynthesis, external osteosynthesis, full-scale biomechanical studies.

Предметом невирішених питань удосконалення остеосинтезу позасуглобових переломів дистального відділу плечової кістки є пошук спрощеної методики біологічної фіксації, що передбачає за малої травматичності забезпечення стабілізації відламків кісток і рухів у ліктьовому суглобі в ранньому післяопераційному періоді. Мета. Провести порівняльний аналіз залежності величини зміщення фрагментів у дистальному відділі плечової кістки за умов позасуглобових переломів, стабілізованих за допомогою накісткового та черезкісткового остеосинтезу. Методи. Проведено стендове біомеханічне дослідження стану моделі дистального відділу плечової кістки. Моделювали черезкістковий остеосинтез із використанням авторського апарату зовнішньої фіксації (АЗФ). Для порівняння вибрали накістковий остеосинтез Y-подібною пластиною. Моделі плечової кістки навантажували з інтервалом і ступінчастим збільшенням навантаження на стиск по осі, згинання в площині, що проходить паралельно, а також перпендикулярно фіксувальним елементам пластини й АЗФ. Величину навантаження поступово збільшували від 0 до 250 Н із кроком 50 Н. Фіксували величину сил, за яких унаслідок дії різних навантажень з'являлося зміщення на рівні перелому. Результати. Аналіз експериментальних досліджень показав, що стрижневий апарат і пластина забезпечують однакову стабільність фіксації відламків плечової кістки за умов осьового навантаження на стиск ($p > 0,05$). Під впливом згинальних навантажень понад 100 Н у площині, паралельній фіксувальним елементам, незначну перевагу (10 %) має пластина. Суттєво кращий результат ($p < 0,01$) отримано в разі застосування зовнішнього пристрою під дією згинальних навантажень у площині, перпендикулярній фіксувальним елементам. Висновки. У випадку переломів дистального відділу плечової кістки черезкістковий остеосинтез запропонованим стрижневим апаратом зовнішньої фіксації забезпечує стабільність відламків за всіх варіантів навантаження. Він є досить надійним і може бути рекомендованим до використання в клінічній практиці.

Ключові слова. Дистальний відділ плечової кістки, черезкістковий остеосинтез, накістковий остеосинтез, натурні біомеханічні дослідження

Вступ

До найважчих ушкоджень верхньої кінцівки в дорослих відносять переломи кісток, які утворюють ліктьовий суглоб [1]. Серед них особливу анатомічну форму має нижній кінець плечової кістки, зумовлюючи велику різноманітність ушкоджень у цій зоні. Прихильники системи АО/ASIF рекомендують хірургічне лікування переломів виростка плечової кістки — відкрити репозицію та внутрішню фіксацію [2, 3]. Через складну конфігурацію та біомеханіку ліктьового суглоба (фізіологічні згинання та сплюснення в надвиростковій зоні з наявністю ліктьової ямки, близькість проходження нервових стовбурів) репозиція фрагментів та їхній остеосинтез є досить непростим процесом. Фахівці змушені використовувати малогабаритні, але порівняні з відламками за величиною пристрої під час остеосинтезу дистального кінця плечової кістки, які повинні забезпечити жорсткість фіксації та можливість рухів у ліктьовому суглобі в ранньому післяопераційному періоді. Більшість надає перевагу активній хірургічній тактиці, що передбачає застосування різних LCP-пластин, спиць, гвинтів та дроту [4]. У цих умовах невпевненість фахівців щодо достатньої жорсткості фіксації кісткових фрагментів зумовлює тривалість іммобілізації, а під час відновлення рухів у ліктьовому суглобі змушує застосовувати найбезпечнішу амплітуду, що призводить до розвитку різних ускладнень [5].

На сьогодні домінування технологій АО/ASIF не означає, що необхідно виключити з клінічної практики та забути вітчизняні технології позаосередкової фіксації, яким немає альтернативи в разі лікування відкритих і вогнепальних переломів [6]. Стрімкий розвиток і впровадження черезкісткового остеосинтезу (ЧКО) дистального відділу плечової кістки на основі стрижнів показали переваги малоінвазивної хірургії [7, 8]. Проте в сучасних джерелах літератури ми не знайшли натурних експериментальних досліджень, в яких проаналізовано стабільність остеосинтезу плечової кістки за умов позасуглобових переломів її дистального відділу.

Мета дослідження: провести порівняльний аналіз залежності величини зміщення фрагментів у дистальному відділі плечової кістки за умов позасуглобових переломів, стабілізованих за допомогою накісткового та черезкісткового остеосинтезу.

Матеріал і методи

У лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» проведено експериментальні дослідження стабільності фіксації фрагментів у разі переломів дистального відділу плечової кістки з використанням зовнішнього пристрою авторської конструкції [9] та накісткової реконструктивної пластини.

Об'єктом порівняльних досліджень стали моделі лівої плечової кістки людини, виготовлені з пластику, механічні характеристики якого наближені до властивостей кісткової тканини. У дистальному відділі плечових кісток за допомогою дискової пили, відповідно, моделювали переломи з лінією зламу, яка проходить дистально від їхнього тіла, не торкаючись суглобової частини виростка, що відповідало типу переломів 12A1-3 за класифікацією АО/ОТА. Натурні моделі переломів розділили на дві групи, у кожній виконували фіксацію кісткових фрагментів методом черезкісткового та накісткового остеосинтезу.

У першій групі розглядали модель апарата зовнішньої фіксації (АЗФ), яка з огляду на механіку належить до складних просторових систем і є конструкцією, що складається з набору товстостінних дугових пластин (ширина 16 мм; товщина 3 мм) із рівномірними отворами діаметром 8 мм, гвинтових шпильок діаметром 6 мм, різьбових з'єднань і 4 стрижневих фіксаторів, в отворах яких знаходяться різьбові стрижні діаметром 6×100 мм із механічними властивостями титанового сплаву VT-16.

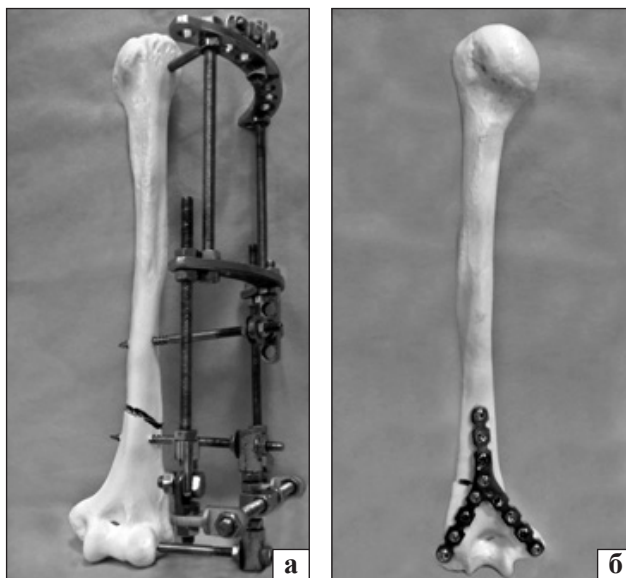


Рис. 1. Загальний вигляд об'єктів дослідження: а) стрижневий апарат; б) Y-подібна пластина

У другій групі застосовано Y-подібну реконструктивну пластину, яка складається з 12 отворів, товщиною 2 мм, довжиною 110 мм, фіксована гвинтами діаметром 2,5 мм із механічними властивостями титанового сплаву Ti6Al4V (рис. 1, а, б).

Експериментальні дослідження проводили на стенді для біомеханічних досліджень із використанням у кожній групі різних видів навантаження на дистальний фрагмент плечової кістки (рис. 2).

Моделі плечової кістки навантажували з інтервалом і ступінчастим збільшенням навантаження на стиск по осі, згинання в площині, що проходить паралельно, а також перпендикулярно фіксувальним елементам пластини й АЗФ. Величину навантаження поступово збільшували від 0 до 250 Н із кроком 50 Н. Контроль навантаження здійснювали за допомогою тензометричного датчика SBA-100 L і пристрою реєстрації типу CAS CI-2001A. На певному інтервалі кроку навантаження вимірювали величину зміщення відламків у зоні діастазу за допомогою мікрометра годинникового типу. Виконано по 3 серії досліджень у кожному режимі навантаження. Аналізували кісткові фрагменти й елементи остеосинтезу. Фіксували величину сил, за яких унаслідок дії різних навантажень візуально з'являлося зміщення та деформація на рівні перелому. На прикладі моделі черезкісткового остеосинтезу плечової кістки стрижневим АЗФ наведено схеми навантажень (рис. 3).

Результати експериментальних досліджень були опрацьовані статистично. Розраховували середнє (M), стандартне відхилення (SD), мінімальне (min) та максимальне (max) значення вибірок. Порівняння розглянутих конструкцій проводили

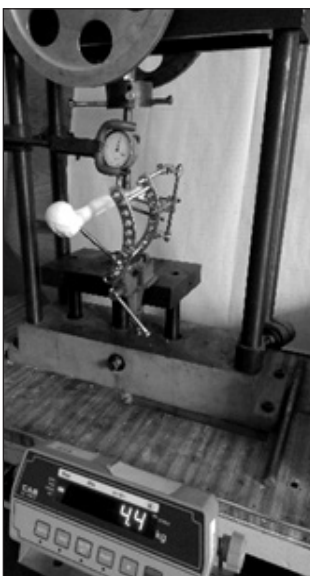


Рис. 2. Вигляд стенда та підготовленої до експерименту моделі

за допомогою Т-тесту для незалежних вибірок. Рівень критичної значущості вважали $p < 0,05$. Опрацювання отриманих показників проводили в пакеті прикладних програм IBM SPSS Statistics 20.0.

Результати та їх обговорення

Першим етапом виконання випробувань стало навантаження вздовж вертикальної осі підготовлених моделей плечової кістки на стиск. Показники, отримані під час дослідів, наведено в табл. 1.

Результати проведених експериментальних випробувань показали, що АЗФ і накісткова пластина забезпечують майже однакову стабільність фіксації відламків плечової кістки за умов вертикального осьового навантаження на стиск.

Таблиця 1

Залежність величини зміщення фрагментів плечової кістки під впливом вертикального осьового навантаження на стиск

Осьове навантаження, Н	Параметр	Зміщення, мм		Т-тест
		АЗФ	пластина	
50	M ± SD	0,45 ± 0,06	0,42 ± 0,07	t = 0,497 p = 0,645
	min ÷ max	0,40 ÷ 0,52	0,38 ÷ 0,50	
100	M ± SD	0,98 ± 0,09	0,91 ± 0,13	t = 0,763 p = 0,488
	min ÷ max	0,88 ÷ 1,05	0,76 ÷ 1,01	
150	M ± SD	1,78 ± 0,10	1,48 ± 0,02	t = 5,133 p = 0,017
	min ÷ max	1,69 ÷ 1,88	1,47 ÷ 1,50	
200	M ± SD	2,55 ± 0,58	2,42 ± 0,09	t = 0,382 p = 0,722
	min ÷ max	1,96 ÷ 3,13	2,33 ÷ 2,51	
250	M ± SD	3,58 ± 0,22	3,80 ± 0,18	t = -1,318 p = 0,258
	min ÷ max	3,45 ÷ 3,84	3,60 ÷ 3,96	

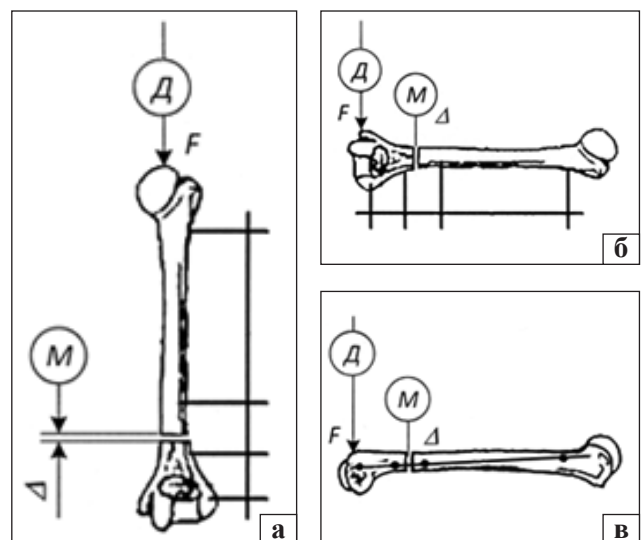


Рис. 3. Схематичне зображення експерименту: а) вертикальне навантаження по осі плечової кістки (стиск); б) навантаження на дистальний фрагмент паралельно стрижням (згин); в) навантаження на дистальний фрагмент перпендикулярно стрижням (згин). F — навантаження; Δ — деформація; Д — динамометр; М — мікрометр

Таблиця 2

Залежність величини зміщення фрагментів плечової кістки від впливу навантаження на згин паралельно фіксувальним елементам

Осьове навантаження, Н	Параметр	Зміщення, мм		Т-тест
		АЗФ	пластина	
50	M ± SD min ÷ max	1,41 ± 0,10 1,34 ÷ 1,52	1,58 ± 0,12 1,49 ÷ 1,72	t = -1,935 p = 0,125
100	M ± SD min ÷ max	2,79 ± 0,34 2,44 ÷ 3,12	3,33 ± 0,21 3,09 ÷ 3,48	t = -2,314 p = 0,082
150	M ± SD min ÷ max	3,49 ± 0,11 3,37 ÷ 3,56	4,54 ± 0,14 4,39 ÷ 4,67	t = -9,992 p = 0,001
200	M ± SD min ÷ max	4,69 ± 0,37 4,43 ÷ 5,11	5,75 ± 0,25 5,47 ÷ 5,97	t = -4,099 p = 0,015
250	M ± SD min ÷ max	6,02 ± 0,10 5,92 ÷ 6,12	7,10 ± 0,14 6,99 ÷ 7,26	t = -10,947 p = 0,001

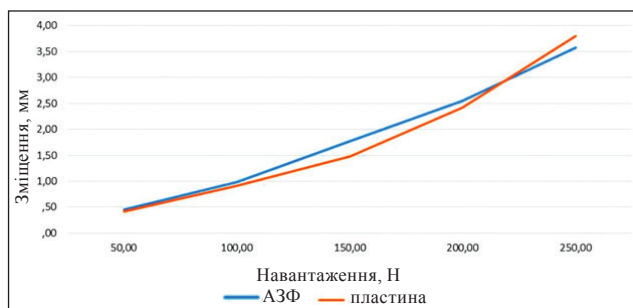


Рис. 4. Графік залежності величини зміщення фрагментів плечової кістки від вертикального осьового стискального навантаження

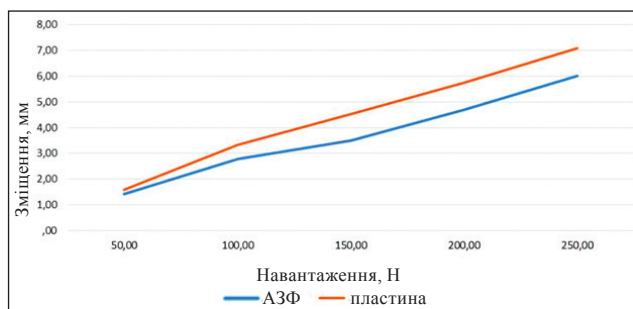


Рис. 5. Графік залежності величини зміщення фрагментів плечової кістки від навантаження на згин паралельно фіксувальним елементам

Про це свідчать показники статистичної значущості різниці між двома варіантами остеосинтезу, зафіксовані під час експерименту ($p > 0,05$). Наочно порівняти величини усунення фрагментів плечової кістки від величини вертикального осьового навантаження на стиск можна за допомогою графіка (рис. 4).

На другому етапі випробувань моделей остеосинтезу плечової кістки визначили вплив навантажень на згин. Результати навантаження на дистальний фрагмент у площині, яка паралельно

Таблиця 3

Залежність величини зміщення фрагментів плечової кістки від впливу навантаження на згин перпендикулярно фіксувальним елементам

Осьове навантаження, Н	Параметр	Зміщення, мм		Т-тест
		АЗФ	пластина	
50	M ± SD min ÷ max	0,26 ± 0,06 1,21 ÷ 1,32	0,78 ± 0,13 0,65 ÷ 0,92	t = 5,673 p = 0,005
100	M ± SD min ÷ max	3,09 ± 0,09 2,99 ÷ 3,15	1,61 ± 0,46 1,20 ÷ 2,11	t = 5,500 p = 0,005
150	M ± SD min ÷ max	3,53 ± 0,31 3,31 ÷ 3,89	2,52 ± 0,20 2,33 ÷ 2,72	t = 4,725 p = 0,009
200	M ± SD min ÷ max	5,13 ± 0,18 4,94 ÷ 5,31	3,67 ± 0,49 3,11 ÷ 4,04	t = 4,848 p = 0,008
250	M ± SD min ÷ max	6,11 ± 0,13 6,00 ÷ 6,25	4,81 ± 0,10 4,70 ÷ 4,89	t = 14,237 p = 0,001

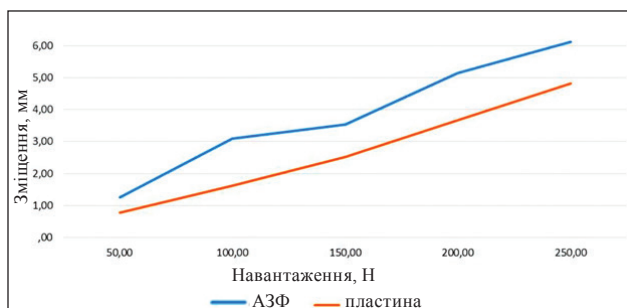


Рис. 6. Графік залежності величини зміщення фрагментів плечової кістки від навантаження на згин перпендикулярно фіксувальним елементам

фіксує пластину гвинтами або стрижнями АЗФ, наведено в табл. 2.

Установлено, що пластина краще стабілізує фрагменти кістки. За умов навантаження в 150 Н і вище різниця величин зміщення фрагментів набуває статистичної значущості ($p < 0,05$). За навантажень 50 Н і 100 Н статистично значущої різниці між моделями АЗФ і пластини не виявлено. Залежність величин зміщення дистального фрагмента плечової кістки від величини навантаження на згин у площині, паралельній гвинтам, які фіксують пластину, або стрижням АЗФ, подано на графіку (рис. 5).

На завершення експерименту випробувано моделі на згин під дією навантаження на дистальний фрагмент у площині, що проходить перпендикулярно фіксувальним стрижням АЗФ або гвинтам пластини. Результати досліджень після статистичної обробки наведено в табл. 3.

Середні значення величини навантаження показали, що модель плечової кістки з позасуглобовим переломом дистального відділу в стрижневому АЗФ значно краще чинить опір згинальним

навантаженням, які діють у площині, перпендикулярній стрижням, між гвинтами, що фіксують кісткову пластину. Показники статистичної значущості різниці величин зміщення відламків плечової кістки під час навантаження не перевищують значень $p < 0,01$. Графік наочно подає залежність величин зміщення фрагментів плечової кістки від величини згинального навантаження (рис. 6).

Висновки

Результати експериментальних досліджень показали, що авторський стрижневий АЗФ і накісткова пластина забезпечують практично однакову стабільність фіксації фрагментів моделі плечової кістки в разі позасуглобових переломів її дистального відділу.

Накісткова пластина та АЗФ також забезпечують однакову стабільність відламків під впливом згинальних навантажень величиною до 100 Н, що діють у площині, паралельній фіксувальним гвинтам пластини або стрижням АЗФ. За навантажень, які перевищують ці значення, незначну перевагу має кісткова пластина (до 10 %), що пояснюється її жорсткістю та наявністю безпосереднього контакту з кісткою.

Значну перевагу ($p < 0,01$) АЗФ виявлено в разі навантажень моделей на згин у площині, перпендикулярній фіксувальним гвинтам пластини або стрижням АЗФ. У цьому випадку вирішальну роль відіграє перевага жорсткості фіксації стрижнів перед гвинтами.

У разі переломів дистального відділу плечової кістки черезкістковий остеосинтез запропонованим стрижневим АЗФ забезпечує стабільність відламків за всіх варіантів навантаження, тому він є досить надійним у використанні та може

бути рекомендований до застосування в клінічній практиці.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Bilins'kyj P. I. Outstanding issues of modern osteosynthesis of humeral fractures / Trauma // P. I. Bilins'kyj, Ju. P. Cjura, V. R. Antoniv // Trauma. — 2021. — No. 1 (22). — P. 16–22. — DOI: 10.22141/1608-1706.1.22.2021.226391.
2. Analysis of the results of surgical treatment for distal humerus fractures / O. Je. Loskutov, A. M. Domans'kyj, I. I. Zherdjev, S. L. Lushnja // Trauma. — 2019. — No. 1 (20). — P. 23–27. — DOI: 10.22141/1608-1706.1.20.2019.158665.
3. Kurinnyj I. M. Results of treatment of patients with distal humeral fractures and their consequences / I. M. Kurinnyj, O. S. Strafun // Trauma. — 2019. — No. 3 (20). — C. 60–67. — DOI: 10.22141/1608-1706.3.20.2019.172095.
4. Kochish A. Y. The new method of minimally invasive osteosynthesis of humeral shaft fractures with helical plates / A. Y. Kochish, B. A. Maiorov, I. G. Belenky // Traumatology and Orthopedics of Russia. — 2016. — № 3 (22). — P. 99–109. — DOI: 10.21823/2311-2905-2016-22-3-99-109.
5. Frequency of complications at shaft fractures according to kharkiv traumatological medical-social expert committee (MSEC) data / O. Popsuishapka, V. Litvishko, O. Uzhegova, O. Pidgaiska // Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics. — 2020. — No.1 (618). — C. 20–25. — DOI: 10.15674/0030-59872020120-25.
6. Bets I. H. Features of treatment of distal metaepiphyseal humerus injuries / I. H. Bets // Trauma. — 2018. — No. 5 (19). — P. 118–124. — DOI: 10.22141/1608-1706.5.19.2018.146653.
7. Erokhin A. N. Specifics of diaphyseal humerus fractures healing in patients treated by ilizarov external fixation / A. N. Erokhin, V. T. Tarchokov // Traumatology and Orthopedics of Russia. — 2017. — No. 1 (23). — P. 70–80. — DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-70-80.
8. Treatment of the humeral fracture complicated by the ulnar and radial nerve neuropathy / V. T. Tarchokov, I. A. Meshcheriagina, A. N. D'iachkov, S. P. Boichuk // Genij Ortopedii. — 2016. — No. 1 (22). — P. 85–89. — DOI: 10.18019/1028-4427-2016-1-85-89.
9. Patent 119470 UA. МПК А61В 17/62 (2006.01), А61В 17/64 (2006.01). Device for transosseous osteosynthesis of distal humerus fractures / O. I. Bodnya, V. H. Slavov, S. L. Dubovyk. — No. a201702353; declared 03.05.2017; published 25.06.2019; Bulletin No.12.

Стаття надійшла до редакції 16.10.2021

EXPERIMENTAL STUDY OF OSTEOSYNTHESIS STABILITY OF THE DISTAL PART OF THE HUMERUS

O. I. Bodnya¹, S. L. Dubovyk¹, M. Yu. Karpinsky², O. D. Karpinska²

¹ Odessa National Medical University, Ukraine

² Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Olexander Bodnya, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: alex0509@ukr.net

✉ Sergey Dubovik, MD: sergeydubovik@ukr.net,

✉ Mykhaylo Karpinsky: korab.karpinsky9@gmail.com

✉ Olena Karpinska: helen.karpinska@gmail.com

УДК 616.717/.718-006.03:615.277Деносумаб](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021433-41>

Передопераційна терапія деносумабом у хворих на гігантоклітинну пухлину кісток

О. Є. Вирва, Д. О. Міхановський, М. З. Біцадзе,
О. О. Головіна, З. М. Данищук, О. О. Бабич

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

Giant cell tumor of bone (GCTB) is a benign osteolytic tumor with an aggressive course, affects the metaphyseal and epiphyseal areas of bone. GCTB is RANKL-positive tumor. Therefore, RANKL is a promising target for directed influence on the processes of bone resorption. Objective. To analyze the world and own experience of denosumab using in the treatment of patients with giant cell tumor of bone. Methods. The search for publications in electronic systems was carried out Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, specialized archives journals and manuscripts. In addition, 57 patients with histologically verified GCTB without signs of malignancy were included. Results. Denosumab binds and inhibits RANKL, by stopping bone resorption by inhibiting differentiation, function and survival of osteoclasts. Information on the effectiveness of the drug in the treatment of patients with GCTB is contradictory. Some researchers claim that its use in the preoperative period reduces the amount of surgical intervention and the likelihood of recurrence of GCTB. The effect correlates with the duration of drug administration. Other authors report an increase in the percentage of local tumor recurrence with denosumab and the next performance of curettage. This is explained by the complexity of macroscopic determination of the boundaries changed by action tumor preparation and, accordingly, the difficulty of choosing reach for removal during surgery. Our own experience showed that neoadjuvant therapy with denosumab 120 mg on the 1, 8, 15, 28 days promotes the formation of clear boundaries of the tumor, its compaction and, consequently, reduces the risk of pathological fracture and allows ablastic tumor removal. Conclusions. The results of the study of the effect neoadjuvant therapy with denosumab is ambiguous. Under conditions its use followed by curettage increase the proportion of local recurrences of the tumor. At significant differences measures of lesions of GCTB before wide resection with endoprosthesis replacement administration of denosumab promotes bone formation skeleton around the tumor and its compaction, which allows ablastically remove it and reduce the risk of local recurrences. Key words. Giant cell tumor, denosumab, bone oncology, preoperative therapy.

Гігантоклітинна пухлина кістки (ГКПК) — доброякісна остеолітична пухлина з агресивним перебігом, вражає метафізарні й епіфізарні ділянки кісток. ГКПК є RANKL-позитивною пухлиною. Тому RANKL — перспективна мішень для цілеспрямованого впливу на процеси кісткової резорбції. Мета. Проаналізувати світовий і власний досвід використання деносумабу в лікуванні хворих на гігантоклітинну пухлину кісток. Методи. Проведено пошук публікацій в електронних системах Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, архівах спеціалізованих журналів і дисертаційних робіт. Крім того, відібрано 57 пацієнтів із гістологічно верифікованою ГКПК без ознак малигнізації. Результати. Деносумаб пов'язує й пригнічує RANKL, зупиняючи кісткову резорбцію шляхом інгібування диференціації, функції та виживаності остеокластів. Інформація щодо ефективності препарату в лікуванні хворих на ГКПК суперечлива. Деякі дослідники стверджують, що його використання в передопераційному періоді зменшує обсяг хірургічного втручання й імовірність виникнення рецидивів ГКПК. При цьому ефект корелює з тривалістю введення препарату. Інші автори повідомляють про збільшення відсотка локальних рецидивів пухлини за умов використання деносумабу та наступного виконання кюретажу. Це пояснюють складністю макроскопічного визначення меж зміненої внаслідок дії препарату пухлини та, відповідно, ускладненням вибору обсягу тканин для видалення під час операції. Власний досвід показав, що неoad'ювантна терапія деносумабом 120 мг на 1, 8, 15, 28-му доби сприяє формуванню чітких меж пухлини, її ущільненню та, унаслідок цього, знижує ризик виникнення патологічного перелому й уможливорює абластичне видалення пухлини. Висновки. Результати вивчення ефекту неoad'ювантної терапії деносумабом неоднозначні. За умов його використання з наступним виконанням кюретажу збільшується частка локальних рецидивів пухлини. За значних розмірів вогнищ ГКПК перед широкою резекцією зі заміщенням ендопротезом введення деносумабу сприяє формуванню кісткового каркаса навколо пухлини та її ущільненню, що дозволяє абластично видалити її та знизити ризик виникнення локальних рецидивів.

Ключові слова. Гігантоклітинна пухлина кістки, деносумаб, кісткова онкологія, передопераційна терапія

Вступ

Гігантоклітинна пухлина кістки (ГКПК) є доброякісною первинною остеолітичною пухлиною з місцево агресивним перебігом, вражає метафізарні й епіфізарні ділянки кісток. Уперше її виявлено в 1818 році та лише в 1940 відділено від інших доброякісних пухлин кісток, таких як аневризмальна кісткова кіста, хондробластома та фіброзний дефект кістки [1, 2]. Здебільшого ГКПК має доброякісний перебіг, хоча в 2–3 % пацієнтів спостерігають віддалене метастазування, переважно в легені, але подібні вторинні вогнища не несуть такої значної загрози, як, наприклад, метастазування остеосаркоми, і часто позначаються як доброякісні легеневі імплантати. ГКПК майже не знає справжньої злоякісної трансформації.

У США на ГКПК припадає близько 3–5 % від усіх первинних пухлин кісток і 15–20 % — від усіх доброякісних пухлин кісток [3]. Зафіксовано дещо більший рівень захворюваності в популяції Швеції: із 4 625 пухлин кісток, діагностованих протягом 53 років, 505 (11 %) становили ГКПК [4, 5]. В азіатських популяціях установлений значно вищий рівень захворюваності, ніж у західних. У Китаї ГКПК становить близько 20 % від усіх первинних пухлин кісток [6, 7].

ГКПК — RANKL-позитивна пухлина. Ліганд-рецепторна система є ключовою ланкою гомеостазу кісткової тканини, що регулює диференціацію остеокластів та остеоліз, і саме дисбаланс кісткового гомеостазу спричинює руйнування кісток за умов прогресування пухлини [8, 9].

Дискусійним на сьогодні залишається питання оптимальної тактики лікування ГКПК. Частка місцевих рецидивів, за даними різних авторів, коливається від 0 до 75 % залежно від методу лікування, локалізації пухлини та її розміру. Внутрішньопорожнинне видалення пухлини, або кюретаж, із наступною обробкою стінок кістки хімічними засобами, чи без неї, дозволяє зберегти суглоб, але дає велику кількість місцевих рецидивів. Широке видалення новоутворення зі заміщенням післярезекційного дефекту ендопротезом значно поліпшує онкологічний результат, але ендпротезування може супроводжуватися деякими специфічними ускладненнями, а саме: погіршенням функції ураженої кінцівки, розхитуванням ніжки імплантата, перипротезними переломами та парапротезною інфекцією [10].

Комплексний підхід до лікування ГКПК має бути спрямований на отримання в передопераційному періоді оптимальної реакції на неoad'ювантну

хіміотерапію (ХТ) з боку пухлини у вигляді її ущільнення чи осифікації; зменшення обсягу хірургічного втручання та вірогідності місцевого рецидиву.

У 2013 році Управлінням із контролю за продуктами та ліками США (FDA) був затверджений препарат деносуаб — моноклональне антитіло, яке пригнічує дозрівання остеокластів через інгібування ліганда рецептора активатора ядерного фактора κ B (RANKL), для лікування дорослих і підлітків зі закінченим ростом із ГКПК і метастатичним ураженням кісток [11, 12]. RANKL виявився перспективною мішенню для цілеспрямованого впливу на процеси кісткової резорбції. Результатом розроблення нової концепції — використання «таргетних» препаратів — став синтез специфічного високоафінного людського моноклонального антитіла (ізотип імуноглобуліну IgG2) із високим ступенем афінності до RANKL. Деносуаб отримують із використанням технології XenoMouse, яка полягає в модифікації генома миші та синтезі в її організмі людських антитіл замість мишачих. Препарат пов'язує й пригнічує RANKL, запобігаючи його взаємодії з відповідним рецептором, повністю імітуючи в такий спосіб фізіологічну функцію остеопротегерину (фактора інгібування остеокластогенезу, OPG), зупиняючи кісткову резорбцію шляхом пригнічення диференціації, функції та виживаності остеокластів (рис. 1) [11, 12].

Мета передопераційного лікування деносуабом полягає в ущільненні пухлинної тканини, формуванні кісткових трабекул і кіркового шару навколо новоутворення. Унаслідок цього створюються сприятливі умови для подальшого хірургічного лікування гігантоклітинної пухлини кістки. Завдяки сформованому кірковому шару з'являється технічна можливість виконати внутрішньопорожнинний кюретаж.

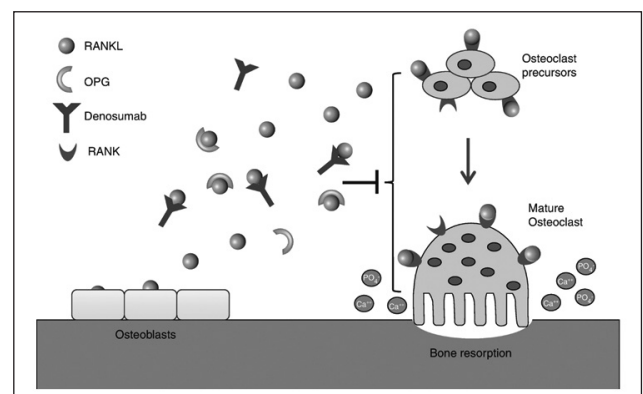


Рис. 1. Механізм дії деносуабу (за [13])

Проте за цієї методики хірургічного лікування збільшується ризик рецидиву, не зважаючи на значно зменшену кількість гігантських клітин типу остеокластів після неoad'ювантної ХТ деносумабом, відсутність м'якотканинного компонента полегшує видалення пухлини та заміщення післярезекційного дефекту в разі широкої резекції і, як наслідок, знижує вірогідність локального рецидиву [15–18].

Мета роботи: проаналізувати світовий та власний досвід використання деносумабу в лікуванні хворих на гігантоклітинну пухлину кісток.

Матеріал і методи

Для аналізу ефективності використання деносумабу як препарату для неoad'ювантної ХТ у разі ГКПК проведено пошук публікацій в електронних системах Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, архівах спеціалізованих журналів, дисертаційних робіт.

У відділі кісткової онкології ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» накопичено досвід лікування хворих на ГКПК. Для аналізу відібрано 57 пацієнтів із гістологічно верифікованою ГКПК без ознак малігнізації. Найчастіше спостерігали ураження дистального відділу стгенової кістки — 24 (42 %), проксимального відділу великогомілкової — 10 (17,5 %) і дистального метаепіфіза променевої — 7 (12 %). Серед методів хірургічного лікування найчастіше використано широку резекцію з ендопротезуванням — 36 (63,5 %) пацієнтів, кюретаж — 10 (17,5 %), резекцію з алопластикою — 7 (12 %). Широку резекцію без заміщення проведено 4 рази за умов ураження верхньої третини малоомілкової кістки. У добірку не ввійшли хворі з неоперабельними формами ГКПК. Два пацієнти отримали неoad'ювантну терапію деносумабом 120 мг на 1, 8, 15, 28-му добу, після чого їм виконано широку резекцію пухлини зі заміщенням індивідуальним модульним ендопротезом.

Матеріали роботи обговорено та схвалено на засіданні комітету з біоетики при ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (протокол № 221 від 08.11.2021).

Результати та їх обговорення

Одне з перших досліджень щодо ефективності деносумабу проведено у 2010 р. колективом фахівців на чолі з D. Tomas [11]. Метою роботи було вивчення реакції ГКПК на деносумаб у хворих із рецидивами та неоперабельними формами пухлини. У дослідженні взяли участь 37 пацієнтів, тера-

пія (120 мг деносумабу підшкірно кожен 28-й день) тривала від 3 до 7 міс. Вивчено два критерії — зниження 90 % і більше гігантських клітин типу остеокластів за даними патогістологічного дослідження та відсутність прогресування захворювання на основі рентгенографії. У 2 осіб не було достатньо рентгенологічних чи гістологічних даних для оцінювання, тому їх виключено з дослідження. У 20 із 35 хворих отримано відповідь на лікування за результатами патогістології, у 10 — рентгенологічно визначено позитивну реакцію ГКПК. Побічні реакції спостерігали в 33 пацієнтів: найчастіше (7) — біль у кінцівках, головний біль (4) і біль у спині (4). Лише 7 пацієнтам виконано хірургічне втручання — широку резекцію пухлини зі заміщенням післярезекційного дефекту. Дослідники не повідомляли про рецидив захворювання в жодному випадку та дійшли висновку, що деносумаб має терапевтичні та гістопатологічні властивості для лікування ГКПК.

У 2013 році S. Chawla і співавт. [12] довели ефективність деносумабу в дослідженні, проведеному за участі 100 хворих. У середньому передопераційна терапія тривала 24 міс., 26 осіб прооперовано: 16 — кюретаж, 10 — широка резекція. Пацієнти в післяопераційному періоді перебували під наглядом 9 міс. і за цей період часу не виявлено жодного рецидиву ГКПК. Також авторами відмічено, що 16 хворим виконано операцію меншого обсягу, ніж планували спочатку.

V. Rekhі і співавт. [19] дослідили результати комбінованого лікування 27 хворих на ГКПК. Тривалість введення деносумабу становила 2,5 міс., у подальшому 15 пацієнтам виконано кюретаж, 12 — широку резекцію. У 55 % визначено зникнення гігантських клітин типу остеокластів під час гістологічного дослідження видалених новоутворень. Середня тривалість спостереження після операції становила 18 міс. (7–27 міс.). У 5 хворих після кюретажу виявили локальні рецидиви ГКПК із середньої тривалістю 14 міс. (12–19 міс.). Дослідники довели, що використання деносумабу в передопераційному періоді зменшує ймовірність виникнення рецидивів ГКПК.

H. Urakawa і співавт. [20] оцінили результати кюретажу у 21 хворого на ГКПК. У передопераційному періоді пацієнти отримували деносумаб у середньому 6 міс. (від 2 до 41). Немає даних щодо тривалості післяопераційного спостереження, але локальний рецидив виявлений у 6 хворих (28,6 %). Дослідники встановили пряму кореляцію між тривалістю введення деносумабу та ймовірністю виникнення місцевих рецидивів.

Результати виконаних досліджень [11, 12, 14–25] наведено в табл. 1.

Деякі автори порівняли результати лікування ГКПК із деносумабом у передопераційному періоді та кюретажем і окремо кюретажем зі середнім строком спостереження від 27 до 75 міс. Зокрема, С. Errani і співавт. [26] повідомили про вищий рівень місцевих рецидивів у групі хворих, які отримували деносумаб перед кюретажем за середнього спостереження 42,1 міс. (діапазон 37,4–50,8). Місцева частота рецидивів становила 60 % (15/25) пацієнтів порівняно з 16 % (36/222) хворих з ізольованим кюретажем. Деносумаб був єдиним незалежним елементом, який корелював із поганим прогнозом з огляду на виживаність без рецидивів.

Інші дослідження, результати яких наведені в табл. 2, демонструють схожі результати [15, 26–31].

Зазначені автори за результатами багатофакторного аналізу дійшли висновку, що терапія де-

носумабом була єдиним незалежним фактором, який мав відношення до виникнення місцевих рецидивів.

Нещодавно S. Tsukamoto і співавт. [33] здійснили систематичний аналіз 7 досліджень за участі 619 пацієнтів і показали, що частка осіб із місцевими рецидивами коливається від 20 до 100 % у разі кюретажу з передопераційною терапією деносумабом проти 0–50 % у групі, яким виконано лише кюретаж. Автори вважають, що терапія деносумабом може бути пов'язаною зі збільшенням місцевих рецидивів, хоча фактичні дані були слабкими через відсутність рандомізованих досліджень та упередженості показань. В іншому метааналізі, що охоплює 10 досліджень із 1 082 випадками, встановлено, що використання деносумабу корелювало з вищою частотою місцевих рецидивів і нижчою 5-річною виживаністю без рецидивів [34]. Автори пояснюють високу кількість рецидивів ГКПК після неoad'ювантного

Таблиця 1

Результати комбінованого лікування гігантоклітинної пухлини кісток за даними літератури (за [25])

Автор	Кількість пацієнтів	Середня тривалість передопераційної терапії деносумабом 120 мг (міс.)	Тип операції кюретаж/резекція (кількість хворих)	Середня тривалість післяопераційного спостереження (міс.)	Кількість рецидивів кюретаж/резекція
D. Thomas і співавт. [11]	7	5	0/7	Не відомо	Не відомо
S. Chawla і співавт. [12]	26	24	16/10	9	0/0
T. Goldschlager і співавт. [14]	4	6	2/2	12	0/0
D. A. Muller і співавт. [15]	7	4	5/2	23	1 (20 %)/0
F. Traub і співавт. [16]	18	8	18/0	30	3 (16,7 %)
A. Borkowska і співавт. [17]	17	7	6/11	Не відомо	2(33,3 %)/0
A. Dubory і співавт. [18]	4	6	3/1	19	Не відомо
C. L. McCarthy і співавт. [19]	5	3	5/0	37	1 (20 %)
B. Rekhі і співавт. [20]	27	3	15/12	18	5(33,3 %)/0
K. Boye і співавт. [21]	1	7	0/1	Не відомо	0
M. A. Deveci і співавт. [22]	10	9	6/4	17	0/0
Z. Chen і співавт. [23]	1	Не відомо	1/0	9	1 (100 %)
H. Urakawa і співавт. [24]	21	6	21/0	Не відомо	6 (28,5 %)

Таблиця 2

Порівняні результати комбінованого та лише хірургічного (кюретаж) лікування ГКПК (за [32])

Автор	Кількість хворих (комбіноване лікування)	Середній строк спостереження (міс.)	Місцевий рецидив		Середня кількість доз або місяців терапії деносумабом	Середній час до рецидиву (міс.)
			комбіноване лікування	кюретаж		
C. Errani і співавт. [26]	25	42	60 % (15/25)	16 % (36/222)	Не відомо	15
M. G. Agarwal і співавт. [27]	25	27	44 % (11/25)	21 % (7/34)	6,8 дози	Не відомо
G. Scoccianti і співавт. [28]	13	39	41,6 % (5/12)	11,1 % (1/9)	Не відомо	23
A. Puri і співавт. [29]	25	30	44 % (11/25)	Не відомо	5 доз	16
M. R. Medellin і співавт. [30]	4	75	100 % (4/4)	39 % (9/23)	8,9 міс.	Не відомо
P. S. Chinder і співавт. [31]	42	35	42,8 % (18/42)	18,5 % (15/81)	2,9 міс.	12,9

лікування деносумабом і кюретажу дією препарату лише на багатоядерні остеокластичні клітини, при цьому неопластичні стромальні клітини частково продовжують функціонувати. Типовий м'якотканинний компонент ГКПК перетворюється на «піщаний» фіброзно-кістковий матрикс, через що пухлина макроскопічно мало відрізняється від здорової кістки, що ускладнює вибір обсягу тканин для видалення під час операції. Не виключають, що клітини пухлини потрапляють в нову кістку, яка сформувалась під час лікування деносумабом.

Спеціалістами з Національного Інституту Раку (Київ, Україна) проведено порівняльний аналіз результатів лікування 99 пацієнтів із ГКПК, яких розподілено на дві групи: контрольну (57 хворих) — виконано хірургічне лікування у вигляді ексхолеації (кюретажу), основну (42) — застосовано комбіноване лікування у вигляді пристіночної резекції з неoad'ювантним і ад'ювантним введенням деносумабу (5 курсів перед операцією, 5 — після неї). Термін спостереження становив у контрольній групі 189 міс., в основній — 45 міс. Автори зафіксували локальні рецидиви в 15 пацієнтів (25,4 %) контрольної групи в середньому через 15,1 міс. після втручання, у 7 (16,7 %) — основної в середньому через 19,8 міс. Вони довели, що використання деносумабу до та після пристіночної резекції зменшує частоту рецидивів ГКПК — 16,7 % проти 25,4 % без нього, та не зафіксували жодного випадку злоякісної трансформації ГКПК в основній групі. Проте відсутність суттєвої різниці показника між групами не дало змогу переконливо рекомендувати неoad'ювантне застосування деносумабу. Післяопераційне його введення автори вважають профілактичним чинником щодо виникнення рецидиву після первинної ексхолеації пухлини, що потребує подальших досліджень [35].

Через суперечливі результати клінічних спостережень сьогодні немає чітких рекомендацій лікування хворих на ГКПК за допомогою деносумабу. Найчастіше використовують схему, за якою деносумаб 120 мг вводять підшкірно на 1, 8, 15, 28-й день, далі — кожні 4 тижні, та призначають підтримувальну терапію препаратами кальцію (500 мг і більше) та вітаміну D (400 МО та більше) щоденно. Тривалість проведення терапії також не регламентована (фахівці вказують 3–6 міс.) і, зазвичай, базується на рентгенологічному поліпшенні структури пухлини, що дає змогу виконати найменш травматичне хірургічне втручання. При цьому слід уникати довготрива-

лого лікування зважаючи на дозозалежну токсичність деносумабу [36]. Зокрема, серед 43 хворих на ГКПК, передопераційне лікування деносумабом у середньому тривало 12 міс. (від 6 до 45), спостерігали деякі ускладнення, обумовлені використанням препарату: остеонекроз нижньої щелепи — 6 (12 %), гіпофосфатемію — 2 (4 %), атипічний перелом стегнової кістки — 2 (4 %), шкіряні висипи — 5 (10 %), периферичну нейропатію — 6 (12 %) [36]. У дуже рідкісних випадках описано злоякісну трансформацію ГКПК, спричинену терапією деносумабом [37–40]. Із приводу післяопераційного призначення деносумабу для зменшення рецидивування ГКПК єдиної думки також немає.

Основною проблемою під час видалення ураженого сегмента кістки та наступного заміщення післярезекційного дефекту ендопротезом виявилось абластичне видалення пухлини через відсутність чітких меж новоутворення. Нерідко в проміжок часу між встановленням діагнозу та виконанням хірургічного втручання траплявся патологічний перелом, що ускладнювало стан хворого та заплановані операційні заходи.

Задля полегшення виконання операції та профілактики патологічного перелому у двох випадках ми провели передопераційну терапію деносумабом. Для цього використано схему: деносумаб 120 мг вводили на 1, 8, 15, 28-му доби, загалом 4 дози. За цей час планували операцію, виготовляли індивідуальні ендопротези.

Клінічний приклад № 1

Хвора Б., 28 років, звернулась до відділення кісткової онкології ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» зі скаргами на біль і обмеження рухів у правому колінному суглобі. Рентгенологічно визначено літичну деструкцію в нижній третині стегнової кістки, потоншення кіркового шару навколо пухлини, переважно в ділянці зовнішнього виростка (рис. 2, а). Гістологічно підтверджено діагноз ГКПК. Із урахуванням скарг, імовірності виникнення патологічного перелому зовнішнього виростка стегнової кістки та часу на підготовку до хірургічного втручання проведено неoad'ювантну терапію деносумабом 120 мг (4 дози за наведеною вище схемою). За тиждень після першого введення хвора відзначила повний регрес больового синдрому та збільшення обсягу рухів у колінному суглобі.

На рентгенограмах після проведення неoad'ювантної терапії (рис. 2, б) визначено формування нової кістки безпосередньо в пухлині, ущільнення та потовщення прилеглого кіркового шару без

ознак імпресійного патологічного перелому. Хворій виконано широку резекцію новоутворення, заміщення післярезекційного дефекту модульним ендопротезом. Протягом 4 років після операції не виявлено ознак локального рецидивування.

Клінічний приклад № 2

Хвора Б., 35 років, звернулась зі скаргами на біль у нижній третині лівого передпліччя, який посилювався в разі фізичного навантаження на кисть, що знижувало її функціональність, наявність пухлинного новоутворення, зниження обсягу рухів у променево-зап'ястковому суглобі. У результаті пальпації новоутворення виявилось м'яким, визначено пульсацію променевої артерії тильною поверхнею передпліччя. На рентгенограмах (рис. 3, а) виявлено літичну деструкцію дистального метаепіфіза променевої кістки зі значним м'якотканинним компонентом, переважно по передній поверхні, який щільно прилягає до променевої артерії. За результатами гістологічного аналізу біопсійного матеріалу виявлено добре васкуляризовану тканину пухлини з незначною кількістю сполучнотканинних перетинок. Вона містила кровеносні судини капілярного та синусоїдного типу, клітини двох типів: більшість — витягнуті остеобластоподібні клітини з округлим або овальним ядром, серед яких розподілені багатоядерні гігантські клітини типу остеокластів,

що містили 10–20 ядер. Крім того, у складі пухлини візуалізували ділянки з фібробластами, поля ксантомних клітин, вогнища крововиливів з явищами вільного кровообігу. Це підтвердило діагноз ГКПК (рис. 4).

Із огляду на ступінь ураження променевої кістки було схвалено рішення про виконання широкої резекції новоутворення й ендопротезування. Для полегшення операції та зниження ризику ушкодження судинних і нервових структур, хвора отримала 4 дози деносумабу 120 мг. Після першої вона відзначила зменшення больового синдрому, розмірів новоутворення, збільшення обсягу рухів у променево-зап'ястковому суглобі та загальне покращення функції кисті. На рентгенограмах після неoad'ювантного лікування визначено ущільнення пухлини з формуванням нової кістки, чіткими краями в тому числі й субхондрально (рис. 3, б). Гістологічний аналіз видаленого вогнища показав активне утворення в ньому фібробластичних і остеобластичних структур із формуванням кісткових трабекул. Проростання судин капілярного типу. Кількість і розмір остеокластів зменшилися порівняно з показником у біопсійному матеріалі, вони містили від 3 до 5 ядер. У міжтрабекулярних просторах спостерігали розростання фіброретикулярної тканини, в якій розташовані остеобласти й фіброласти (рис. 5).

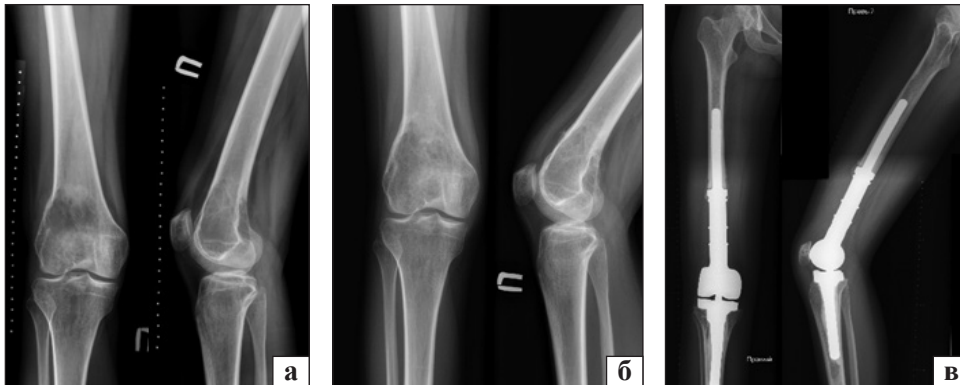


Рис. 2. Рентгенограми хворої Б., 28 років: а) на момент надходження; б) після неoad'ювантної терапії; в) після операції



Рис. 3. Рентгенограми хворої Б., 35 років: а) первинні; б) після неoad'ювантної терапії; в) після хірургічного втручання

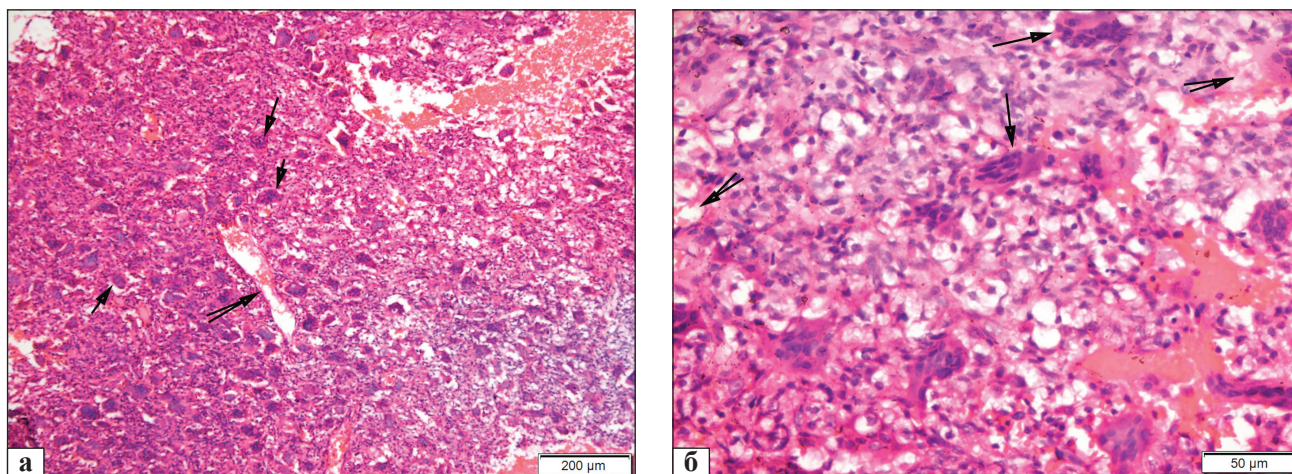


Рис. 4. Хвора Б, 35 років. Фрагмент гігантклітинної пухлини кістки. Біопсійний матеріал. Остеобластоподібні клітини з округлим або овальним ядром, ксантомні клітини. Багатоядерні гігантські клітини типу остеокластів (стрілка) містять 10–20 ядер. Судини синусоїдного (подвійна стрілка на рис. 4, а) та капілярного (подвійна стрілка на рис. 4, б) типів. Рис 4, б є фрагментом рис. 4, а. Гематоксилін та еозин

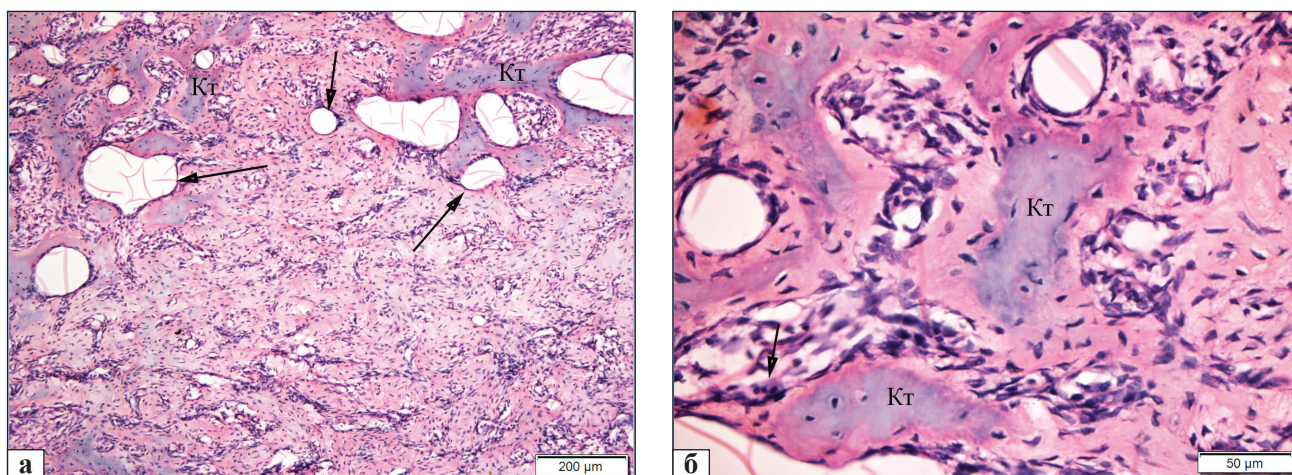


Рис. 5. Хвора Б, 35 років. Фрагмент гігантклітинної пухлини кістки. Післяопераційний матеріал. Фібробластичні й остеобластичні структури, формування кісткових трабекул (Кт). Проростання судин капілярного типу (стрілка на рис. 5, а). Остеокласт (стрілка на рис. 5, б). Рис 5, б є фрагментом рис. 5, а. Гематоксилін та еозин

Отриманий терапевтичний результат після введення деносумабу дозволив абластично видалити новоутворення без ушкодження прилеглих структур. Післярезекційний дефект був заміщений індивідуальним модульним ендопротезом, суглобова поверхня якого виконана з рентгенпрозорого полімеру РЕЕК (poly aryl-ether-etherketone), що широко використовують в ортопедії та травматології [41].

Таким чином, за результатами наших досліджень, неoad'ювантна терапія деносумабом 120 мг на 1, 8, 15, 28-му добу сприяє формуванню чітких меж пухлини, її ущільненню та, унаслідок цього, знижує ризик виникнення патологічного перелому й уможливорює абластичне видалення пухлини.

Висновки

Тактика використання деносумабу в лікуванні хворих на ГКПК на сьогодні залишається дискусійним питанням. Із огляду на отримані різними авторами результати щодо передопераційної терапії з наступним кюретажем, а саме розвиток локальних рецидивів і малігнізацію ГКПК, порівняно з результатами лікування кюретажем окремо, можна зробити висновок, що використовуване нині комбіноване лікування в таких випадках недоцільне. Проте неoad'ювантна терапія деносумабом у випадках ризику виникнення патологічного перелому, великого розміру пухлини з м'якотканинним компонентом, який контактує з прилеглими анатомічними структурами (судинами та нервами) з метою підготування до

широкої резекції новоутворення зі заміщенням дефекту є, безумовно, доречною. Особистий досвід використання деносумабу в неoad'ювантній терапії хворих на ГКПК підтверджує його ефективність.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

- Cooper A. Surgical essays / A. Cooper, B. Travers. — London, 1818. — 246 p.
- Jaffe H. L. Giant cell tumor of bone. Its pathologic appearance, grading, supposed variants, and treatment / H. L. Jaffe, R. B. Portis // Archives of Pathology & Laboratory Medicine. — 1940. — Vol. 30. — P. 993.
- Epidemiology of bone tumors in Mexico City: retrospective clinicopathologic study of 566 patients at a referral institution / L. del C. Baena-Ocampo, E. Ramirez-Perez, L. M. Linares-Gonzalez, R. Delgado-Chavez // Annals of Diagnostic Pathology. — 2009. — Vol. 13. — P. 16–21. — DOI: 10.1016/j.anndiagpath.2008.07.005.
- Larsson S. E. Giant-cell tumor of bone. A demographic, clinical, and histopathological study of all cases recorded in the Swedish Cancer Registry for the years 1958 through 1968 / S. E. Larsson, R. Lorentzon, L. Boquist // The Journal of bone and joint surgery. American volume. — 1975. — Vol. 57. — P. 167–173.
- Incidence Trends in the Diagnosis of Giant Cell Tumor of Bone in Sweden Since 1958 / J. Rockberg, B. A. Bach, J. Amelio [et al.] // The Journal of bone and joint surgery. American volume. — 2015. — Vol. 97. — P. 1756–1766. — DOI: 10.2106/JBJS.O.00156.
- Comparative frequency of bone sarcomas among different racial groups / W. Guo, W. Xu, A. G. Huvos [et al.] // Chinese Medical Journal (Engl). — 1999. — Vol. 112. — P. 1101–1104.
- Giant-cell tumor of bone: analysis of two hundred and eight cases in Chinese patients / H. W. Sung, D. P. Kuo, W. P. Shu [et al.] // The Journal of bone and joint surgery. American volume. — 1982. — Vol. 64. — P. 755–761.
- The clinical approach toward giant cell tumor of bone / L. V. D. Heijden, P. D. S. Dijkstra, M. A. J. v. d. Sande [et al.] // The Oncologist. — 2014. — Vol. 19 (5). — P. 550–561. — DOI: 10.1634/theoncologist.2013-0432.
- Expression of osteoclast differentiation signals by stromal elements of giant cell tumors / G. J. Atkins, D. R. Haynes, S. E. Graves [et al.] // Journal of Bone and Mineral Research. — 2000. — Vol. 15 (4). — P. 640–649. — DOI: 10.1359/jbmr.2000.15.4.640.
- Treatment options for recurrent giant cell tumors of bone. / M. Balke, H. Ahrens, A. Streitbueger [et al.] // Journal of Cancer Research and Clinical Oncology. — 2009. — Vol. 135 (1). — P. 149–158. — DOI: 10.1007/s00432-008-0427-x.
- Denosumab in patients with giant-cell tumour of bone: an open-label, phase 2 study / D. Thomas, R. Henshaw, K. Skubitz [et al.] // The Lancet Oncology. — 2010. — Vol. 11 (3). — P. 275–280. — DOI: 10.1016/S1470-2045(10)70010-3.
- Safety and efficacy of denosumab or adults and skeletally mature adolescents with giant cell tumour of bone: interim analysis of an open-label, parallel-group, phase 2 study / S. Chawla, R. Henshaw, L. Seeger [et al.] // The Lancet Oncology. — 2013. — Vol. 14 (9). — P. 901–908. — DOI: 10.1016/S1470-2045(13)70277-8.
- Lewiecki E. M. Denosumab: mechanisms and therapeutic effects in the treatment of osteoporosis / E. M. Lewiecki // Osteoporosis. Contemporary Endocrinology / B. Leder, M. Wein (eds.). — Humana, Cham, 2020. — DOI: 10.1007/978-3-319-69287-6_1.
- Giant cell tumors of the spine: has denosumab changed the treatment paradigm? / T. Goldschlager, N. Dea, M. Boyd [et al.] // Journal of Neurosurgery: Spine. — 2015. — Vol. 22 (5). — P. 526–533. — DOI: 10.3171/2014.10.SPINE13937.
- Risks and benefits of combining denosumab and surgery in giant cell tumor of bone—a case series / D. A. Muller, G. Beltrami, G. Scoccianti [et al.] // World Journal of Surgical Oncology. 2016. — Vol. 14 (1). — P. 281. — DOI: 10.1186/s12957-016-1034-y.
- Efficacy of denosumab in joint preservation for patients with giant cell tumour of the bone / F. Traub, J. Singh, B. C. Dickson [et al.] // European Journal of Cancer. — 2016. — Vol. 59. — P. 1–12. — DOI: 10.1016/j.ejca.2016.01.006.
- Denosumab treatment of inoperable or locally advanced giant cell tumor of bone / A. Borkowska, T. Goryn, A. Pienkowski [et al.] // Oncology Letters. — 2016. — Vol. 12 (6). — P. 4312–4318. — DOI: 10.3892/ol.2016.5246.
- Interest of denosumab for the treatment of giant-cells tumors and aneurysmal bone cysts of the spine. about nine cases / A. Dubory, G. Missenard, J. Domont, C. Court // Spine (Phila Pa 1976). — 2016. — Vol. 41 (11). — P. 654–660. — DOI: 10.1097/BRS.0000000000001350.
- Giant cell tumour of the distal radius/ulna: response to pre-operative treatment with short-term denosumab / C. L. McCarthy, C. Gibbons, K. M. Bradley [et al.] // Clinical Sarcoma Research. — 2017. — Vol. 7. — P. 19. — DOI: 10.1186/s13569-017-0085-3.
- Clinicopathological features of a series of 27 cases of post-denosumab treated giant cell tumors of bones: a single institutional experience at a Tertiary Cancer Referral Centre, India. / B. Rekhi, V. Verma, A. Gulia [et al.] // Pathology & Oncology Research. — 2017. — Vol. 23 (1). — P. 157–164. — DOI: 10.1007/s12253-016-0123-0.
- Denosumab in patients with giant-cell tumor of bone in Norway: results from a nationwide cohort / K. Boye, N. L. Jebsen, O. Zaikova [et al.] // Acta Oncologica. — 2017. — Vol. 56 (3). — P. 479–483. — DOI: 10.1080/0284186X.2016.1278305.
- Clinical and pathological results of denosumab treatment for giant cell tumors of bone: Prospective study of 14 cases. / M. A. Deveci, S. Paydas, G. Gonlusen [et al.] // Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica. — 2017. — Vol. 51 (1). — P. 1–6. — DOI: 10.1016/j.aott.2016.03.004.
- Therapeutic benefits of neoadjuvant and post-operative denosumab on sacral giant cell tumor: a retrospective cohort study of 30 cases / Z. Chen, Y. Yang, W. Guo [et al.] // Journal of the Balkan Union of Oncology. — 2018. — Vol. 23 (2). — P. 453–459.
- Clinical outcome of primary giant cell tumor of bone after curettage with or without perioperative denosumab in Japan: from a questionnaire for JCOG 1610 study / H. Urakawa, T. Yonemoto, S. Matsumoto [et al.] // World Journal of Surgical Oncology. — 2018. — Vol. 16 (1). — P. 160. — DOI: 10.1186/s12957-018-1459-6.
- Preoperative denosumab plus surgery in the management of giant cell tumor of bone: a comprehensive narrative literature review. / A. Abu-Zaid, S. I. Alaqailli, S. O. Ahmad [et al.] // Gulf Journal of Oncology. — 2019. — Vol. 1(30). — P. 67–75.
- Denosumab may increase the risk of local recurrence in patients with giant-cell tumor of bone treated with curettage / C. Errani, S. Tsukamoto, G. Leone, [et al.] // The Journal of bone and joint surgery. American volume. — 2018. — Vol. 100. — P. 496–504. — DOI: 10.2106/JBJS.17.00057.
- Does denosumab change the giant cell tumor treatment strategy? Lessons learned from early experience / M. G. Agarwal, M. K. Gundavda, R. Gupta, R. Reddy // Clinical Orthopaedics and Related Research. — 2018. — Vol. 476. — P. 1773–1782. — DOI: 10.1007/s11999-0000000000000243.
- Preoperative denosumab with curettage and cryotherapy in giant

- cell tumor of bone: is there an increased risk of local recurrence? / G. Scoccianti, F. Totti, M. Scorianz [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2018. — Vol. 476. — P. 1783–1790. — DOI: 10.1007/s11999.000000000000104.
29. Neoadjuvant denosumab: its role and results in operable cases of giant cell tumour of bone / A. Puri, A. Gulia, P. Hegd [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. — 2019. — Vol. 101. — P. 170–177. — DOI: 10.1302/0301-620X.101B2.BJJ-2018-0907.R2.
 30. Prognostic factors for local recurrence in extremity-located giant cell tumours of bone with pathological fracture / M. R. Meddellin, T. Fujiwara, R. M. Tillman [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. — 2018. — Vol. 100-B. — P. 1626–1632. — DOI: 10.1302/0301-620X.100B12.BJJ-2018-0189.R2.
 31. Evaluation of local recurrence in giant-cell tumor of bone treated by neoadjuvant denosumab / P. S. Chinder, S. Hindiskere, S. Doddarangappa, U. Pal // *Clinics in Orthopedic Surgery*. — 2019. — Vol. 11. — P. 352–360. — DOI: 10.4055/cios.2019.11.3.352.
 32. Denosumab in giant cell tumor of bone: current status and pitfalls. / H. Li, J. Gao, Y. Gao [et al.] // *Frontiers in Oncology*. — 2020. — DOI: 10.3389/fonc.2020.580605.
 33. Is treatment with denosumab associated with local recurrence in patients with giant cell tumor of bone treated with curettage? A systematic review. / S. Tsukamoto, Y. Tanaka, A. F. Mavrogenis [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2020. — Vol. 478. — P. 1076–1085. — DOI: 10.1097/CORR.0000000000001074.
 34. Pre-operative denosumab is associated with higher risk of local recurrence in giant cell tumor of bone: a systematic review and meta-analysis / X. Chen, H. Li, S. Zhu [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2020. — Vol. 21. — Article ID: 256. — DOI: 10.1186/s12891-020-03294-2.
 35. The results of treatment of giant cell tumor of long bones with denosumab / A. G. Diedkov, B. V. Maksimenko, S. I. Boychuk, V. Yu. Kostyuk // *Otrhopaedics, Traumatology and Prosthetic*. — 2021. — No. 3. — P. 59–64. — DOI: 10.15674/0030-59872021359-64.
 36. Denosumab in advanced/unresectable giant-cell tumour of bone (GCTB): For how long? / E. Palmerini, N. S. Chawla, S. Ferrari // *European Journal of Cancer*. — 2017. — Vol. 76. — P. 118–124. — DOI: 10.1016/j.ejca.2017.01.028.
 37. Kadowaki M. Late malignant transformation of giant cell tumor of bone 41 years after primary surgery / M. Kadowaki, S. Yamamoto, Y. Uchio // *Orthopedics*. — 2012. — Vol. 35 (10). — P. 1566–1570. — DOI: 10.3928/01477447-20120919-32.
 38. Spontaneous malignant transformation of conventional giant cell tumor. / H. J. Grote, M. Braun, T. Kalinski [et al.] // *Skeletal Radiology*. — 2004. — Vol. 33 (3). — P. 169–175. — DOI: 10.1007/s00256-003-0682-5.
 39. Benign giant cell tumor of bone with osteosarcomatous transformation (“dedifferentiated” primary malignant GCT): report of two cases. / E. W. Brien, J. M. Mirra, S. Kessler [et al.] // *Skeletal Radiology*. — 1997. — Vol. 26 (4). — P. 246–255. — DOI: 10.1007/s002560050230.
 40. Denosumab-treated giant cell tumor of bone exhibits morphologic overlap with malignant giant cell tumor of bone / J. Wojcik, A. E. Rosenberg, M. A. Bredella [et al.] // *The American Journal of Surgical Pathology*. — 2016. — Vol. 40 (1). — P. 72–80. — DOI: 10.1097/PAS.0000000000000506.
 41. Kurtz S. M. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants / S. M. Kurtz, J. N. Devine // *Biomaterials*. — 2007. — Vol. 28 (32). — P. 4845–4869. — DOI: 10.1016/j.biomaterials.2007.07.013.

Стаття надійшла до редакції 08.11.2021

PREOPERATIVE DENOSUMAB THERAPY IN PATIENTS WITH GIANT CELL TUMOR OF BONE

O. Ye. Vyrva, D. O. Mikhanovskiy, M. Z. Bitsadze, O. O. Golovina, Z. M. Danyshchuk, O. O. Babych

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Oleg Vyrva, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: dr.olegvyrva@gmail.com

✉ Dmytro Mikhanovskiy, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: dmitriy.mikhanovskiy@gmail.com

✉ Marianna Bitsadze, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: bitsadze85@gmail.com

✉ Olga Golovina, MD: oGolovina@ukr.net

✉ Zinaida Danyshchuk, MD: zinada1962@gmail.com

✉ Oleksandr Babych, MD: aleksandrbbabic74@gmail.com

УДК 616.717/.718-006-089.844-092.2:615.277](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021442-48>

Дослідження біохімічних маркерів остеогенезу в разі інкорпорації кісткових алоімплантатів у щурів із післяопераційним введенням цисплатину за різних умов стерилізації алоімплантата

О. Є. Вирва, Я. О. Головіна, Ф. С. Леонтєва, Р. В. Малик

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

Bone allografts are commonly used for surgical treatment of cancer patients. However, such complications as violation of allograft fusion, its lysis and fractures, infection lead to additional research in this field of medicine. Objective. To study changes in biochemical osteogenesis markers under the action of cytostatics on the process of incorporation of bone allografts. Methods. The work was performed on 20 male white rats (age at the beginning of the experiment 5–6 months). All animals have a perforated defect in the distal metaphysis of the femur filled with bone allograft (diameter 2 mm, height 3 mm), γ -radiation sterilized (Control-1 and Experiment-1) or saturation of the antibiotics sterilized (Control-2 and Experiment-2). In groups «Control» 14 days after implantation intraperitoneally injected 2.0–2.4 ml of 0.9 % sodium chloride solution, in the groups «Experiment» — cisplatin at a dose of 2.5 mg/kg once. 30 days after surgery, blood glycoproteins, total protein, Ca, chondroitin sulfates, acidic and alkaline phosphatase activity were evaluated. The index of mineralization (ratio of alkaline to acid phosphatases), degree is analyzed mineralization (ratio of calcium to protein). Results. In the experimental groups, compared with the control, a significant decrease in total protein and values was determined: total calcium, which indicates the suppression of processes mineralization during remodeling of bone tissue of the recipient and allograft. The highest indicators of activity acid phosphatase were recorded in groups Experiment-1 and Experiment-2, reflecting the predominance of resorption over bone formation. The degree of mineralization in the experimental groups was higher than in the control, and the mineralization index was significantly smaller. Conclusions. The detected changes in the values of biochemical markers of bone metabolism reflect the negative effect of cisplatin on osteogenesis under the conditions of allograft implantation, which leads to the lack of their fusion with the recipient bone. Key words. Biochemical markers of bone metabolism, remodelling of bone allografts, sterilisation, γ -ionisation, cisplatin, rats.

Кісткова алопластика — часто вживана методика хірургічного лікування онкологічних пацієнтів. Проте ускладнення в разі її використання (порушення зрощення алоімплантата та кістки реципієнта, його лізис і переломи, інфекція) обумовлюють проведення досліджень у цьому напрямку. Мета. Дослідити зміни біохімічних маркерів остеогенезу за умов дії цитостатиків на процес інкорпорації кісткових алоімплантатів. Методи. Роботу виконано на 20 самцях білих щурів (вік на початок експерименту 5–6 міс.). Усім тваринам дірчастий дефект у дистальному метафізі стегнової кістки заповнили алогенним кістковим матеріалом (діаметр 2 мм, висота 3 мм), стерилізованим за допомогою γ -випромінювання (Контроль-1 і Дослід-1) або насиченням антибіотика (Контроль-2 та Дослід-2). У групах «Контроль» через 14 днів після імплантації внутрішньоочеревинно вводили 2,0–2,4 мл розчину 0,9 % натрію хлориду, у групах «Дослід» — цисплатину у дозі 2,5 мг/кг одноразово. Через 30 днів після операції в крові оцінювали глікопротеїни, загальний білок, Ca, хондроїтинсульфати, активність кислотої та лужної фосфатази. Проаналізовано індекс мінералізації (співвідношення лужної до кислотої фосфатази), ступінь мінералізованості (співвідношення вмісту кальцію до білка). Результати. У дослідних групах порівняно з контрольними визначено суттєве зниження загального білка, значень загального кальцію, що свідчить про пригнічення процесів мінералізації під час ремоделювання кісткової тканини реципієнта й алоімплантата. Найбільші показники активності кислотої фосфатази зафіксовано в групах Дослід-1 і Дослід-2, що відображує переважання резорбції над кісткоутворенням. Ступінь мінералізованості в дослідних групах був вищим, ніж у контрольних, а індекс мінералізації — суттєво меншим. Висновки. Виявлені зміни значень біохімічних маркерів кісткового метаболізму відображують негативний вплив цисплатину на остеогенез за умов імплантації алоімплантатів, що призводить до відсутності їхнього зрощення з кісткою реципієнта.

Ключові слова. Біохімічні маркери кісткового метаболізму, ремоделювання кісткових алоімплантатів, стерилізація, γ -випромінювання, цисплатин, щури

Вступ

Заміщення післярезекційних дефектів довгих кісток у разі їхнього пухлинного ураження — одне з важливіших завдань онкоортопедії. Адекватне та максимально повне відновлення функції ураженої пухлиною кінцівки — запорука гарного ортопедичного результату. Уже багато десятиріч кісткова алопластика є часто вживаною методикою хірургічного лікування онкологічних пацієнтів [1–3]. Постійно вдосконалюють хірургічні методики та способи підготування алопластичного матеріалу. Це пов'язано з труднощами, які спостерігають у процесі лікування зазначеної категорії хворих. Основні ускладнення в разі кісткової алопластики: порушення зрощення алоімплантата й кістки реципієнта, лізис і переломи алоімплантата, інфекційні ускладнення [4, 5]. На процеси перебудови кісткових алоімплантатів впливають способи їхньої стерилізації та виготовлення, а також вік і захворювання донорів кісткового матеріалу. Відомо, що в разі застосування γ -випромінювання знижується активність остеокластів і, як наслідок, порушується ремоделювання кісткової тканини, а алоімплантати набувають підвищеної ламкості. У разі застосування свіжезаморожених алоімплантатів виявляють більший відсоток інфекційних ускладнень порівняно з матеріалом, обробленим γ -випромінюванням [5, 6].

Для вивчення якості остеогенезу та ремоделювання кісткової тканини, а також інкорпорації кісткових алоімплантатів застосовують морфологічні методи та дослідження біохімічних показників крові пацієнтів і піддослідних тварин.

Натепер широко вивчені біохімічні маркери кісткового ремоделювання за умов різної кісткової патології та, особливо, під час порушень процесів репарації кісткової тканини травматичного генезу та в разі остеопорозу [7].

Серед основних біохімічних маркерів остеогенезу та мінералізації кісткової тканини — кисла та лужна фосфатази, загальний кальцій, остеокальцин, кісткові морфогенетичні білки, глікопротеїни тощо. Ремодування кісткової тканини відбувається за рахунок двох основних процесів, які постійно перебігають в організмі — резорбції та кісткоутворення. Ці процеси взаємопов'язані та забезпечуються балансом роботи остеокластів та остеобластів. Основними фазами ремоделювання кістки є ініціація, резорбція, реверсія, остеогенез і спокій. Під час фази резорбції активується діяльність остеокластів, які секретиують

кислі протеази, далі залучаються в процес остеогенні клітини, які трансформуються в остеобласти. Інкorporація кристалів гідроксиапатиту в органічний матрикс забезпечує процес мінералізації. Цей фізіологічний процес дозволяє організму пристосовуватися до різних навантажень через оновлення мікроархітекtonіки кісткової тканини. У результаті її ремоделювання в кров потрапляють вільні амінокислоти й високомолекулярні фрагменти білків, які в подальшому виявляють у біологічних рідинах організму. Для оцінювання якості процесу ремоделювання аналізують індекс мінералізації (співвідношення лужної та кислої фосфатаз), а також ступінь мінералізованості (співвідношення вмісту кальцію та білка) [7]. Таким чином, за допомогою виявлення цих біохімічних маркерів можна вивчати різні патологічні процеси, які відбуваються в кістковій тканині.

Мета: дослідити зміни біохімічних маркерів остеогенезу за умов дії цитостатиків на процес інкорпорації кісткових алоімплантатів.

Матеріал і методи

Роботу виконано на 20 лабораторних білих щурах-самцях (вік — 5 міс., маса тіла — 300–440 г) популяції експериментально-біологічної клініки ДУ «ПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України». Експеримент на щурах проведений із дотриманням вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986) та Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (ст. 26) [8, 9]. Усі хірургічні втручання виконували в умовах асептики й антисептики під загальним знеболюванням: аміназин (10 мг/кг живої маси, внутрішньом'язово) та кетамін (50 мг/кг живої маси, внутрішньом'язово). План експерименту затверджений на засіданні комітету з біоетики інституту (протокол № 204 від 15.06.2020).

Тварин розподілили на 4 групи по 5 щурів у кожній:

– Контроль-1 (n = 5) та Дослід-1 (n = 5) — алокісткові імплантати (діаметр 2 мм, висота 3 мм), стерилізовані за допомогою γ -випромінювання (γ -rays);

– Контроль-2 (n = 5) та Дослід-2 (n = 5) — алокісткові імплантати (діаметр 2 мм, висота 3 мм), просочені розчином антибіотика цефтріаксон.

Стерилізацію алоімплантатів проводили радіаційним γ -випромінюванням у дозі від 15 до 25 кГр або шляхом занурювання на 24 год за температури +4 °C у розчин антибіотика цефтріаксон,

розчинник — 0,9 % натрію хлорид, концентрація розчину 1 г/10 мл.

У групах «Контроль» через 14 днів після імплантації алокісткового матеріалу внутрішньоочередово вводили 2,0–2,4 мл розчину 0,9 % натрію хлориду, у групах «Дослід» — цисплатин у дозі 2,5 мг/кг одноразово.

Евтаназію щурів здійснювали через 30 днів після операції шляхом введення летальної дози анестетика (тіопентал натрію, 90 мг/кг внутрішньом'язово) та декапітації з подальшим отриманням крові для біохімічних досліджень.

Техніку хірургічних втручань на щурах ми не наводимо, оскільки вона детально описана в попередній статті [10].

Для оцінювання процесів кісткової регенерації та запальних процесів нами обрані такі біохімічні показники крові: глікопротеїни, загальний білок, Са, хондроїтинсульфати, кисла та лужна фосфатази. Також проаналізовано такі показники, як індекс мінералізації (співвідношення лужної до кислої фосфатази), ступінь мінералізованості (співвідношення вмісту кальцію до білка, яке для зручнішого подання збільшене в 1 000 разів).

У сироватці крові визначали вміст глікопротеїнів за методом Штейнберга та Доценка в реакції з молібденовокислим амонієм [11], загальних хондроїтинсульфатів за реакцією з риванолом [12]. Рівень загального білка визначали за біуретовою реакцією згідно з інструкцією до набору реактивів. Активність лужної та кислої фосфатаз досліджували за реакцією з діетаноламіном кінетичними методами згідно з інструкціями до наборів «Лужна фосфатаза – кін. Сп.Л» та «Кисла фосфатаза – кін. Сп.Л». Дослідження проводили на напівавтоматичному біохімічному аналізаторі GBG Statfax 1904 plus.

Вміст загального та іонізованого кальцію в сироватці крові визначали потенціометричним методом [13] зі застосуванням аналізатора електродів АЭК-01.

Результати статистично опрацьовано з використанням методів параметричного та непараметричного аналізу. Накопичення, коригування, систематизацію вихідної інформації та візуалізацію отриманих показників здійснювали в електронних таблицях Microsoft Office Excel 2016. Статистичний аналіз проведений із використанням програми STATISTICA 10 (розробник — StatSoft, Inc).

У разі опису кількісних показників розраховували результати вимірювань і вони подані як медіана (Me), верхній і нижній квартилі (25 і 75 %).

Для порівняння незалежних сукупностей у випадках малої кількості спостережень і відсутності ознак нормального розподілу даних використано U-критерій Манна-Уїтні.

Результати та їх обговорення

У дослідженні проаналізовано окремо кожний показник біохімічних маркерів крові щурів і проведено порівняння їх у групах «Дослід» – «Контроль» та «Контроль 1» – «Контроль 2».

Аналізуючи рівні хондроїтинсульфатів крові щурів, виявили, що їхня медіана в групах Дослід-1 і Дослід-2 склала 0,19 г/л та 0,18 г/л з інтерквартильним діапазоном від 0,17 г/л до 0,23 г/л і від 0,15 г/л до 0,20 г/л відповідно. Значення в групах Контроль-1 і Контроль-2 становили 0,18 г/л (0,17; 0,21) та 0,16 г/л (0,16; 0,17) відповідно. Рівень хондроїтинсульфатів крові у всіх групах тварин статистично не відрізнявся ($p > 0,05$), що свідчить про відсутність суттєвих змін у метаболізмі глікозаміногліканів.

Аналіз рівня глікопротеїнів крові щурів показав схожі результати. А саме, медіана рівня глікопротеїнів у щурів груп Дослід-1 і Дослід-2 склала 0,74 од. та 0,77 од. з інтерквартильним діапазоном від 0,73 од. до 0,75 од. та від 0,73 од. до 0,78 од. відповідно. Аналогічні показники в контрольних групах (Контроль-1 і Контроль-2) склали 0,80 од. (0,79; 0,82) та 0,77 од. (0,63; 0,81) відповідно. Статично значущої різниці під час аналізу значень глікопротеїнів у всіх групах не визначено ($p > 0,05$) (табл. 1), що вказує на відсутність процесів запалення у тварин.

Медіана рівня загального білка крові у щурів груп Дослід-1 і Дослід-2 склала 69,80 г/л та 66,00 г/л з інтерквартильним розмахом від 66,20 г/л до 72,90 г/л та від 65,50 г/л до 67,80 г/л відповідно. Показники в групах Контроль-1 і Контроль-2 дорівнювали 80,40 г/л (70,70; 83,20) та 83,30 г/л (78,80; 88,70) відповідно.

Показник загального білка крові щурів у дослідних групах щурів був меншим, ніж у контрольних. Статистично значуще зниження показника загального білка крові виявлено в дослідних групах порівняно з Контролем-2: у разі попарного порівняння груп Дослід-1 і Контроль-2 — $U = 0$; $Z = 2,51$; $p = 0,012$, Дослід-2 та Контроль-2 — $U = 0$; $Z = 2,51$; $p = 0,012$.

Медіана рівня загального кальцію крові щурів у групах Дослід-1 і Дослід-2 становила 0,0942 г/л і 0,0934 г/л з інтерквартильним діапазоном від 0,0934 г/л до 0,0954 г/л та від 0,0922 г/л до 0,0942 г/л відповідно. Показники у групах Конт-

роль-1 і Контроль-2 дорівнювали 0,0994 г/л (0,0954; 0,1006) та 0,0994 г/л (0,0982; 0,1006) відповідно.

Показник загального кальцію крові щурів у дослідних групах щурів був меншим, ніж у контрольних. Статистично значуще зниження цього показника зафіксовано в дослідних групах порівняно з групою Контролем-2: у разі попарного порівняння груп Дослід-1 і Контроль-2 — $U = 0$; $Z = -2,51$; $p = 0,012$, а для груп Дослід-2 та Контроль-2 — $U = 0$; $Z = -2,51$; $p = 0,012$.

Медіана рівня лужної фосфатази у щурів груп Дослід-1 і Дослід-2 становила 383 од. та 290 од. з інтерквартильним діапазоном від 276 од. до 446 од. та від 255 од. до 299 од. відповідно. Аналогічні показники в групах Контроль-1 і Контроль-2 склали 269 од. (256; 290) та 313 од. (262; 317) відповідно. Попарно між усіма групами тварин статистично значущої різниці рівня лужної фосфатази не виявлено ($p > 0,05$) (табл. 3, рис. 1).

Медіана рівня кислої фосфатази у щурів груп Дослід-1 і Дослід-2 становила 35,30 од. та 35,00 од.

з інтерквартильним діапазоном від 33,50 од. до 40,50 од. та від 33,70 од. до 35,70 од. відповідно. Аналогічні показники в групах Контроль-1 і Контроль-2 дорівнювали 6,80 од. (6,50; 7,80) і 18,50 од. (18,20; 20,20) відповідно. Після попарного порівняння показників кислої фосфатази між дослідними та контрольними групами виявлено статистично значуще збільшення в групах Дослід-1 і Дослід-2 — $U = 0$; $Z = 2,51$; $p = 0,012$ (табл. 3, рис. 1).

Медіана ступеня мінералізованості у щурів груп Дослід-1 і Дослід-2 становила 1,35 і 1,41 з інтерквартильним розмахом від 1,31 до 1,41 та від 1,39 до 1,41 відповідно. Аналогічні величини в групах Контроль-1 і Контроль-2 дорівнювали 1,24 (1,21; 1,35) та 1,21 (1,17; 1,25) відповідно. Попарне порівняння показників ступеня мінералізованості між дослідними та контрольними групами виявило статистично значуще збільшення в групах Дослід-1 і Дослід-2 порівняно з групою Контроль-2 ($U = 0$; $Z = 2,51$; $p = 0,012$),

Таблиця 1

Значення глікопротеїнів і хондроїтинсульфатів у крові щурів після встановлення кісткових алоімплантатів, стерилізованих різними методами, та введення цитостатичного препарату

Група тварин	Глікопротеїни, од.			Хондроїтинсульфати, г/л		
	медіана	25 % кuartиль	75 % кuartиль	медіана	25 % кuartиль	75 % кuartиль
Дослід-1 (γ -гаус + цисплатин)	0,74	0,73	0,75	0,19	0,17	0,23
Дослід-2 (цефтріаксон + цисплатин)	0,77	0,73	0,78	0,18	0,15	0,20
Контроль-1 (γ -гаус + NaCl 0,9 %)	0,80	0,79	0,82	0,18	0,17	0,21
Контроль-2 (цефтріаксон + NaCl 0,9 %)	0,77	0,63	0,81	0,16	0,16	0,17

Таблиця 2

Значення загального білка та загального кальцію в крові щурів після встановлення кісткових алоімплантатів, стерилізованих різними методами, та введення цитостатичного препарату

Група тварин	Загальний білок, г/л			Загальний кальцій, г/л		
	медіана	25 % кuartиль	75 % кuartиль	медіана	25 % кuartиль	75 % кuartиль
Дослід-1 (γ -гаус + цисплатин)	69,80	66,20	72,90	0,0942	0,0934	0,0954
Дослід-2 (цефтріаксон + цисплатин)	66,00	65,50	67,80	0,0934	0,0922	0,0942
Контроль-1 (γ -гаус + NaCl 0,9 %)	80,40	70,70	83,20	0,0994	0,0954	0,1006
Контроль-2 (цефтріаксон + NaCl 0,9 %)	83,30	78,80	88,70	0,0994	0,0982	0,1006

Таблиця 3

Значення активності лужної та кислої фосфатаз у крові щурів після встановлення кісткових алоімплантатів, стерилізованих різними методами, та введення цитостатичного препарату

Група тварин	Лужна фосфатаза, од.			Кисла фосфатаза, од.		
	медіана	25 % кuartиль	75 % кuartиль	медіана	25 % кuartиль	75 % кuartиль
Дослід-1 (γ -гаус + цисплатин)	383,00	276,00	446,00	35,30	33,50	40,50
Дослід-2 (цефтріаксон + цисплатин)	290,00	255,00	299,00	35,00	33,70	35,70
Контроль-1 (γ -гаус + NaCl 0,9 %)	269,00	256,00	290,00	6,80	6,50	7,80
Контроль-2 (цефтріаксон + NaCl 0,9 %)	313,00	262,00	317,00	18,50	18,20	20,20

а також у групі Дослід-2 порівняно з групою Контроль-1 ($U = 2,00$; $Z = 2,089$; $p = 0,037$).

Проведений аналіз показників індексу мінералізації (табл. 4, рис. 2): медіана у щурів груп Дослід-1 і Дослід-2 склала 9,36 та 8,54 од. з інтерквартильним діапазоном від 7,82 од. до 12,22 од. та від 7,14 од. до 8,61 од. відповідно. Аналогічні значення в групах Контроль-1 і Контроль-2 дорівнювали 41,38 од. (28,13; 42,65) та 17,14 од. (13,13; 18,91) відповідно. Парне порівняння показників індексу мінералізації між дослідними та контрольними групами показало статистично значуще зменшення в групах Дослід-1 і Дослід-2 порівняно з групою Контроль-1 ($U = 0$; $Z = 2,51$; $p = 0,012$), а також статистично значуще збільшення в групі Дослід-2 порівняно з Контроль-2 ($U = 1,00$; $Z = -2,298$; $p = 0,022$).

Обговорення

Біологію приживлення кісткового трансплантата вивчали багато фахівців [2, 4, 14–17], але вплив γ -випромінювання на цей процес нез'ясований. Відновлення та перебудова алотрансплантата передбачає й остеоіндукцію, й остеокондукцію. Остеоіндукція пов'язана з адгезією мезенхімаль-

них клітин реципієнта на поверхні трансплантата з подальшою їхньою диференціацією й утворенням кісткової тканини. Одну з вирішальних ролей у ремоделюванні кістки відіграють остеокласти. Під час виготовлення алотрансплантатів (знежирення, сублімаційне сушіння та γ -випромінювання) знижується активність остеокластів на 57 % у порівнянні зі свіжозамороженою кісткою. Тобто, γ -випромінювання впливає на процес ремоделювання кісткового алотрансплантата. Проте рівень цього порушення відрізняється [18], що залежить від дози та методики опромінення імплантатів. Ми виявили негативний вплив γ -випромінювання на остеогенез у результаті гістологічних досліджень [10], проте аналіз його біохімічних маркерів не показав значущого впливу. Дію цитостатичних хіміопрепаратів на процеси перебудови алотрансплантата вивчено недостатньо й аналітичного огляду з цієї теми в літературі не виявлено. Є повідомлення, що хіміотерапія спричинює імуносупресію та через це негативно впливає (уповільнює або зовсім пригнічує) на процеси зрощення алотрансплантатів із кісткою реципієнта [19].

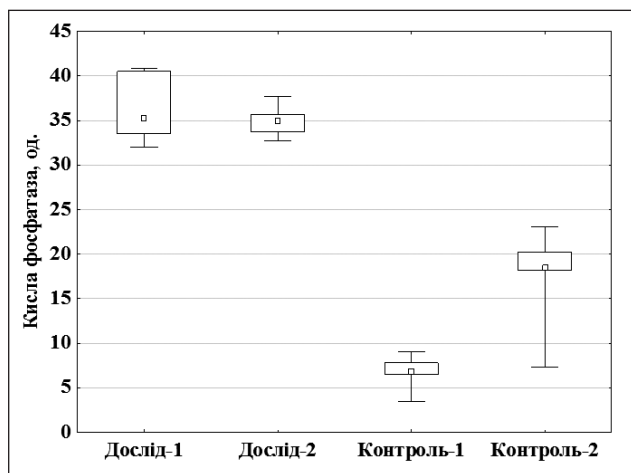


Рис. 1. Діаграма показників активності кислій фосфатази. Статистично значуще підвищення в групах Дослід-1 і Дослід-2

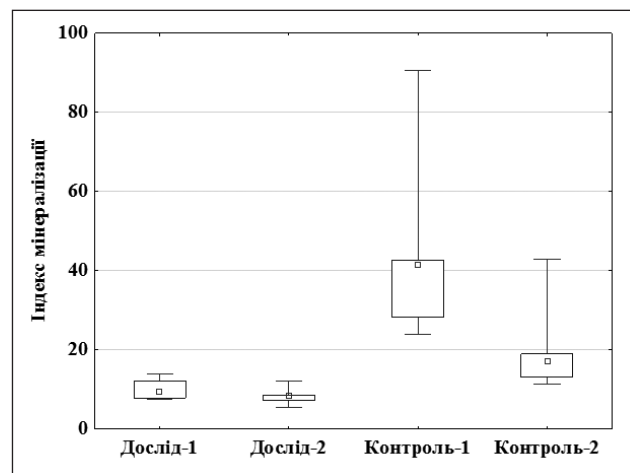


Рис. 2. Діаграма показників індексу мінералізації. Статистично значуще зменшення в групах Дослід-1 і Дослід-2

Таблиця 4
Оцінювання ступеня мінералізованості й індексу мінералізації кісткової тканини щурів після встановлення кісткових алотрансплантатів, стерилізованих різними методами, та введення цитостатичного препарату

Група тварин	Ступінь мінералізованості			Індекс мінералізації		
	медіана	25 % кватиль	75 % кватиль	медіана	25 % кватиль	75 % кватиль
Дослід-1 (γ -гаус + цисплатин)	1,35	1,31	1,41	9,36	7,82	12,22
Дослід-2 (цефтріаксон + цисплатин)	1,41	1,39	1,41	8,54	7,14	8,61
Контроль-1 (γ -гаус + NaCl 0,9 %)	1,24	1,21	1,35	41,38	28,13	42,65
Контроль-2 (цефтріаксон + NaCl 0,9 %)	1,21	1,17	1,25	17,14	13,13	18,91

Визначено статистично значуще зниження загального білка в крові тварин груп Дослід-1 і Дослід-2 (де через 14 днів після імплантації вводили цисплатин) у порівнянні з контрольними групами. Це вказує на те, що обрана доза цитостатичного препарату (цисплатин) була адекватною та викликала токсичну реакцію організму. Таким чином, експериментальна модель щодо вивчення дії хіміопрепаратів на процеси ремоделювання кісткової тканини за умов кісткової алопластики відтворена максимально близькою до такої в пацієнтів зі злякисними пухлинами кісток.

Вміст хондроїтинсульфатів у досліджених групах щурів суттєво не відрізнявся, що свідчить про відсутність впливу обох чинників на обмін глікозамінгліканів.

Статистично значущої різниці рівня глікопротеїнів у крові щурів досліджуваних груп також не спостерігали, що відображає відсутність запальних процесів. Відповідно, запалення не впливало на перебіг остеогенезу, що дало нам змогу адекватно оцінити інші біохімічні маркери.

Зниження значень загального кальцію в крові тварин дослідних груп порівняно з контрольними свідчить про пригнічення процесів мінералізації під час ремоделювання кісткової тканини реципієнта і перебудови алоімплантата.

Зафіксовані найбільші показники активності кислої фосфатази у групах Дослід-1 і Дослід-2, де застосовано цисплатин, відображають порушення процесів ремоделювання та перевагу резорбції над кісткоутворенням.

Ступінь мінералізованості в дослідних групах виявився вищим, ніж у контрольних. Також установлено значне зменшення індексу мінералізації в групах щурів, які отримали цисплатин.

Після попарного порівняння груп біохімічних маркерів остеогенезу в групах Дослід-1/Дослід-2, Контроль-1/Контроль-2 не виявлено суттєвих розбіжностей. Це дає змогу стверджувати, що спосіб стерилізації кісткових алоімплантатів не впливає на метаболізм кісткової тканини.

Таким чином, можна зробити висновок, що саме хіміотерапевтичний цитостатичний препарат (цисплатин) чинить негативну дію на перебіг остеогенезу, загальмовує його та призводить до переважання процесу резорбції кісткової тканини. Усе це сповільнює зрощення кісткового алоімплантата з кісткою реципієнта або повністю внеможливує його інкорпорацію та спричинює лізис.

Висновки

У результаті проведеного біохімічного дослідження маркерів остеогенезу виявлено, що токсична доза цитостатичного хіміопрепарату була підібрана адекватно, ознак запальних реакцій не визначено. Тобто, на піддослідних тваринах відтворено максимально наближену ситуацію до клінічної в пацієнтів.

Виявлені зміни у значеннях біохімічних маркерів кісткового метаболізму відображають негативний вплив цисплатину на остеогенез за умов імплантації алоімплантатів, що призводить до відсутності їхнього зрощення з кісткою реципієнта.

Спосіб стерилізації кісткових алоімплантатів не впливає на метаболізм кісткової тканини.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Megaprosthesis versus allograft prosthesis composite for the management of massive skeletal defects: a meta-analysis of comparative studies / D. Gautam, N. Arora, S. Gupta [et al.] // *Current reviews in Musculoskeletal Medicine*. — 2021. — Vol. 14 (3). — P. 255–270. — DOI: 10.1007/s12178-021-09707-6.
2. Evaluation of clinical results and complications of structural allograft reconstruction after bone tumor surgery / M. Ghare-daghi, M. T. Peivandi, M. Mazloomi [et al.] // *The Archives of Bone and Joint Surgery*. — 2016. — Vol. 4 (3). — P. 236–242.
3. Systematic review and meta-analysis of modular endoprosthesis and allograft-prosthetic composite reconstruction results after bone tumor resection / O. Vyryva, Y. Golovina, R. Malyk, O. Golovina // *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. — 2020. — No. 2. — P. 5–15. — DOI: 10.15674/0030-5987202025-15 (in Ukrainian).
4. Nguyen H. Sterilization of allograft bone: effects of gamma irradiation on allograft biology and biomechanics / H. Nguyen, D. A. Morgan, M. R. Forwood // *Cell and Tissue Banking*. — 2007. — Vol. 8 (2). — P. 93–105. — DOI: 10.1007/s10561-006-9020-1.
5. Post-operative infection with fresh frozen allograft: reported outcomes of a hospital-based bone bank over 14 years / W. Y. Man, T. Monni, R. Jenkins, P. Roberts // *Cell and Tissue Banking*. — 2016. — Vol. 17 (2). — P. 269–275. — DOI: 10.1007/s10561-016-9547-8.
6. Gamma radiation sterilization reduces the high-cycle fatigue life of allograft bone / A. Islam, R. Chapin, E. Moore [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2016. — Vol. 474 (3). — P. 827–835. — DOI: 10.1007/s11999-015-4589-y.
7. Masheiko I. V. Biochemical markers for the evaluation of bone tissue remodeling in osteopenia and osteoporosis / I. V. Masheiko // *Journal of the Grodno State Medical University*. — 2017. — No. 2. — P. 149–153. — Available from: <http://journal-grsmu.by/index.php/ojs/article/view/2086> (in Russian).
8. European Convention for the protection of vertebrate animals used for research and other scientific purposes. Strasbourg, 18 March 1986: official translation. Verkhovna Rada of Ukraine. (In Ukrainian). URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994_137.
9. On protection of animals from cruel treatment: Law of Ukraine № 3447-IV of February 21, 2006. The Verkhovna Rada of Ukraine. (In Ukrainian). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/>

- main.cgi?nreg=3447-15.
10. Effects of gamma radiation and post-operative cisplatin injection on the incorporation of bone allografts in rats / O. Vyrva, Y. Holovina, N. Ashukina [et al.] // Ukrainian Journal of Radiology and Oncology. — 2021. — Vol. 29 (3). — P. 51–62. — DOI: 10.46879/ukroj.3.2021.51-62.
 11. Leontieva F. S. [Biochemical markers of connective tissue metabolism in osteochondrosis of the lumbar spine] / F. S. Leontieva, D. V. Morozenko // Pivdenoukrayins'kyy medychnyy naukovyy zhurnal. — 2016. — No. 13. — С. 100–102. — Available from: http://medfoundation.od.ua › zhurnaly › 13_2016. (in Russian).
 12. Morozenko D. V. [Research methods markers of connective tissue metabolism in modern clinical and experimental medicine] / D. V. Morozenko, F. S. Leontieva // Molodyy vchenyy. — 2016. — No. 2 (29). — P. 168–172. — Available from: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2016/2/41.pdf> (in Ukrainian).
 13. [Medical laboratory technology: A guide to clinical laboratory diagnostics, in 2 volumes] / Ed. A. I. KArpishchenko. — 3rd edition. — Vol. 2. — Moscow : Geotar-Media. — 2013. — 792 p. — Available from: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970422748.html> (in Russian).
 14. Sohn H. S.. Review of bone graft and bone substitutes with an emphasis on fracture surgeries / Sohn H. S., Ю К. Oh // Biomaterials Research. — 2019. — Vol. 23. — Article ID: 9. — DOI: 10.1186/s40824-019-0157-y.
 15. Factors affecting nonunion of the allograft-host junction / F. J. Hornicek, M. C. Gebhardt, W. W. Tomford [et al.] // Clinical Orthopaedics and Related Research. — 2001. — Vol. 382. — P. 87–98. — DOI: 10.1097/00003086-200101000-00014.
 16. Russell N. The effect of sterilization methods on the osteoconductivity of allograft bone in a critical-sized bilateral tibial defect model in rabbits / N. Russell, R. A. Oliver, W. R. Walsh // Biomaterial. — 2013. — Vol. 34 (33). — P. 8185–8194. — DOI: 10.1016/j.biomaterials.2013.07.022.
 17. Bone regeneration during use of allo- and xenografts in combination with bioactive blood serum factors / M. Korzh, P. Vorontsov, N. Ashukina [et al.] // Ortopaedisc, Traumatology and Prosthetics. — 2019. — No. 2. — P. 5–12. — DOI: 10.15674/0030-5987201925-12 (in Ukrainian)
 18. Do massive allograft reconstructions for tumors of the femur and tibia survive 10 or more years after implantation? / L. A. Aponte-Tinao, M. A. Ayerza, J. I. Albergo, G. L. Farfalli // Clinical Orthopaedics and Related Research. — 2020. — Vol. 478 (3). — P. 517–524. — DOI: 10.1097/CORR.0000000000000806.
 19. Cisplatin inhibits bone healing during distraction osteogenesis / Stine K. C., Wahl E. C., Liu L. [et al.] // Journal of Orthopaedic Research. — 2014. — Vol. 32 (3). — P. 464–470. — DOI: <https://doi.org/10.1002/jor.22527>

Стаття надійшла до редакції 31.10.2021

STUDY OF BIOCHEMICAL MARKERS OF OSTEOGENESIS IN CASE OF BONE ALLOGRAFTS INCORPORATION IN RATS WITH FOLLOWED AFTER SURGERY ADMINISTRATION OF CISPLATIN AT THE DIFFERENT METHODS OF IMPLANT STERILIZATION

O. Ye. Vyrva, Ya. O. Golovina, F. S. Leontyeva, R. V. Malyk

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Oleg Vyrva, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: dr.olegvyrva@gmail.com

✉ Yanina Golovina, PhD in Traumatology and Orthopaedics: dr.yanina.golovina@gmail.com

✉ Frieda Leontyeva, PhD in Biol. Sci: alwisia@i.ua

✉ Roman Malyk, PhD in Traumatology and Orthopaedics: malyk_roman@mail.ua

УДК 616.728.4-007.21-001:004.94](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021449-57>

Математичне моделювання напружено-деформованого стану елементів стопи в умовах гіпоплазії латеральної кісточки

I. В. Шишка¹, О. І. Корольков², М. Ю. Карпінський³, О. В. Ярьсько³

¹ КНП ЗОР «Запорізька обласна клінічна лікарня». Україна

² Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. Україна

³ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

One of the most common complications of long-term talocrural joint (TCJ) injury is the development of chronic instability. Among the risk factors for its occurrence - congenital or acquired shortening (hypoplasia) of the lateral malleolus of varying degrees. Objective. Determine the effect of lateral malleolus hypoplasia on the distribution of stresses in the bone and ligament elements of the foot. Methods. Mathematical modeling of the distal end of the lower extremity was performed. There are two variants of the position of the heel bone — varus and valgus with an angle of deviation from the vertical axis in both cases 15°. A vertical distributed load of 700 N was applied to the tibial plateau. On the supporting surface of the feet model's were rigidly fixed. Measurements of mechanical stresses were performed at control points. According to the criteria for estimating the stress-strain relations (SSR), the Mises stress was used. Results. It was determined that lateral malleolus hypoplasia increases the values of stresses on the lateral side of the distal tibial bone from 6.3 MPa to 6.4 MPa, from the medial — on the heel bone from 5.8 MPa to 6.0 MPa, talus from 2.1 MPa to 2.3 MPa. SSR on TCJ are also varies. In the case of a neutral position of the heel bone, lateral malleolus hypoplasia causes a decrease in the values of the ligaments on the lateral side of the TCJ, which can be explained by their elongation and, consequently, the projection increase in length. In the case of varus or valgus position of the heel bone under conditions of lateral ankle hypoplasia, it was found that the varus position of the heel bone overstrains the ligaments on the lateral side, valgus - from the medial. Conclusions. Decreased stress in the ligaments of the TCJ in cases of valgus or varus position of the heel bone is one of the factors reducing the functional stability of the joint and may be the cause of its chronic instability. Key words. Injury of the talocrural joint joint, ligaments, instability, finite element method, lateral malleolus hypoplasia, stress-strain condition.

Одним із частих ускладнень лікування травм над'яtkово-гомількового суглоба (НГС) у віддаленому періоді є розвиток його хронічної нестабільності. Серед чинників ризику її виникнення — уроджене або набуте укорочення (гіпоплазія) латеральної кісточки різного ступеня. Мета. Визначити вплив гіпоплазії латеральної кісточки на розподіл напружень у кісткових і зв'язкових елементах стопи. Методи. Проведене математичне моделювання дистального кінця нижньої кінцівки. Відтворено два варіанти положення п'яtkової кістки — варусне та вальгусне з кутом відхилення від вертикальної осі в обох випадках 15°. Вертикальне розподілене навантаження величиною 700 Н прикладали до плато великогомілкової кістки. По опорній поверхні стопи моделі мали жорстке закріплення. Заміри величин механічних напружень проводили в контрольних точках. За критерії оцінки напружено-деформованого стану (НДС) використано напруження за Мізесом. Результати. Визначено, що за гіпоплазії латеральної кісточки збільшуються величини напружень із латерального боку на піднад'яtkовій кістці від 6,3 МПа до 6,4 МПа, із медіального — на п'яtkовій від 5,8 МПа до 6,0 МПа, над'яtkовій від 2,1 МПа до 2,3 МПа. Також змінюється НДС у зв'язках НГС. У випадку нейтрального положення п'яtkової кістки гіпоплазія латеральної кісточка спричинює зниження величин напружень у зв'язках із латерального боку НГС, що можна пояснити їхнім подовженням та, відповідно, проєкційним збільшенням довжини. У випадку варусного або вальгусного положення п'яtkової кістки за умов гіпоплазії латеральної кісточка виявлено, що за варусного положення п'яtkової кістки перенапружуються зв'язки з латерального боку, вальгусного — із медіального. Висновки. Зменшення величин напружень у зв'язках НГС у випадках вальгусного або варусного положення п'яtkової кістки є одним із чинників зниження функціональної стійкості суглоба та може бути причиною розвитку його хронічної нестабільності.

Ключові слова. Ушкодження над'яtkово-гомількового суглоба, зв'язки, нестабільність, метод скінченних елементів, гіпоплазія латеральної кісточка, напружено-деформований стан

Вступ

Травми над'яtkово-гомiлкового суглоба (НГС) посiдають одне з перших мiсць у структурi ушкоджень нижнiх кiнцiвок i становлять вiд 10 до 20 % усiх травм опорно-рухової системи, а травми зв'язкового апарату НГС трапляються в 35–50 % таких випадкiв [1, 2]. Одним iз частих ускладнень лiкування таких уражень НГС у вiддаленому перiодi є розвинення його хронiчної нестабiльностi (ХН). Клiнiчна картина ХН НГС досить характерна та полягає в надмiрнiй рухомостi (гiпермобiльностi) стопи, наявностi симптому «висувної шухляди», епiзодах болю та набряку та, як наслiдок, — розвинення раннiх дегенеративних змiн у НГС [3, 4]. Серед багатьох чинникiв, якi впливають на розвинення ХН НГС видiляють уроджене або набуте вкорочення (гiпоплазiя) латеральної кiсточки рiзного ступеня вираженостi, яке може призводити до зазначених змiн [5].

Мета: визначити вплив гiпоплазiї латеральної кiсточки на розподiл напружень у кiсткових i зв'язкових елементах стопи.

Матерiал i методи

У лабораторiї бiомеханiки ДУ «IPXC iм. проф. М. I. Ситенка НАМН України» проведено математичне моделювання для визначення впливу гiпоплазiї латеральної кiсточки на напружено-деформований стан (НДС) елементiв стопи.

Для вирiшення поставленого завдання ранiше розроблено [6, 7] математичну скiнченно-елементну модель (МСЕМ) дистального кiнця нижньої кiнцiвки iз доповненнями, яка мiстила кiстковi елементи стопи та гомiлки (рис. 1).

МСЕМ мiстила основнi зв'язки НГС та заднього вiддiлу стопи: *lig. calcaneofibulare* (п'яtkово-малогомiлкова), *lig. talofibulare anterius* (передня

над'яtkово-малогомiлкова), *lig. talofibulare posterius* (задня над'яtkово-малогомiлкова), *lig. tibiofibulare anterius* (передня мiжгомiлкова), *lig. tibiofibulare posterius* (задня мiжгомiлкова), *membrana* (мiжкiсткова мембрана), *lig. tibiocalcaneo medial* (великогомiлково-п'яtkова), *lig. tibiotalar anterius* (передня над'яtkово-великогомiлкова), *lig. tibiotalar posterius* (задня над'яtkово-великогомiлкова), *aponeurosis plantaris* (пiдошовний апоневроз).

Положення латеральної кiсточки обрали за таке, коли її верхiвка розташована на рiвнi медiальної кiсточки (в нормi — на 1–1,5 см нижче рiвня). Через те, що зв'язки працюють лише на розтягнення, у процесi дослiдження моделювали два варiанти положення п'яtkової кiстки — варусне та вальгусне. Кут вiдхилення вiд початкового положення п'яtkової кiстки в обох випадках становив 15° (рис. 2).

Матерiал вважали однорiдним та iзотропним. За скiнченний елемент обраний 10-вузловий тетраедр iз квадратичною апроксимацiєю. Механiчнi властивостi бiологiчних тканин взяли з наведених у лiтературi [8, 9]. Для аналізу використано характеристики: модуль пружностi (E , модуль Юнга), коефiцiєнт Пуассона (ν) (табл. 1).

Таблиця 1

Механiчнi характеристики використаних у процесi моделювання матерiалiв

Матерiал	Модуль Юнга (E), МПа	Коефiцiєнт Пуассона, ν
Кiркова кiстка	18350	0,29
Губчаста кiстка	330	0,30
Хрящова тканина	10,5	0,49
Зв'язки	110 000	0,20

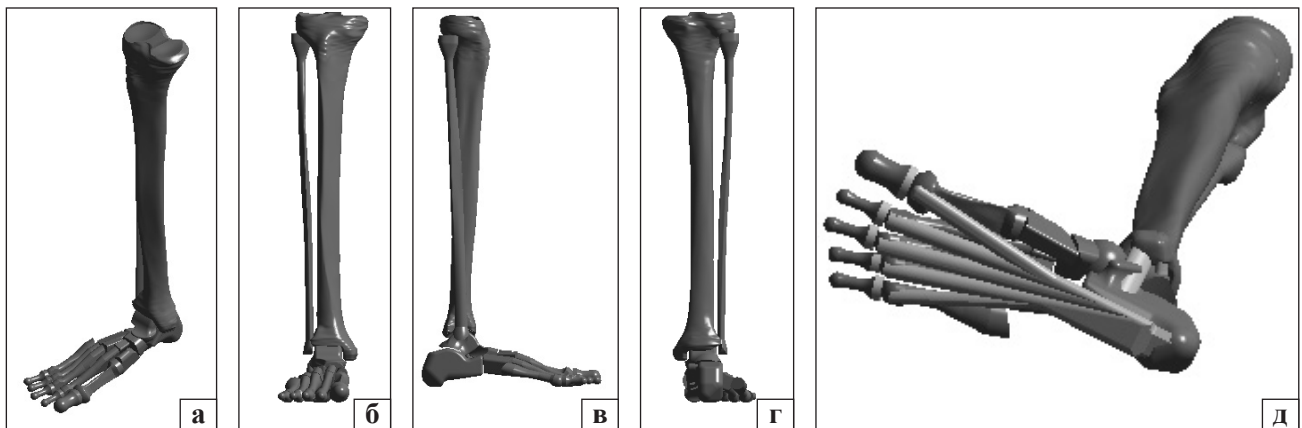


Рис. 1. МСЕМ правої гомiлки та стопи за умов гiпоплазiї латеральної кiсточки: загальний вигляд (а), спереду (б), у сагiтальнiй площинi (в), ззаду (г), знизу (д)

Моделі випробували під впливом вертикального розподіленого навантаження величиною 700 Н, яке відповідає середній масі дорослої людини [10]. Навантаження прикладали до плато великогомілкової кістки. По опорній поверхні стопи моделі мали жорстке закріплення. Схема навантаження моделей наведена на рис. 3, а.

Для порівняння змін НДС моделей обрано контрольні точки, в яких проводили заміри величин механічних напружень (табл. 2). Схема розташування контрольних точок наведена на рис. 3, б, в.

Розрахунок НДС моделей виконували за допомогою методу скінченних елементів. Як критерій оцінювання напруженого стану моделей використано напруження за Мізесом [8].

Моделювання проведено за допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks. Розрахунки НДС моделей виконували застосовуючи програмний комплекс CosmosM [11].

Результати та їх обговорення

На першому етапі нашої роботи ми вивчали напружено-деформований стан моделі гомілки

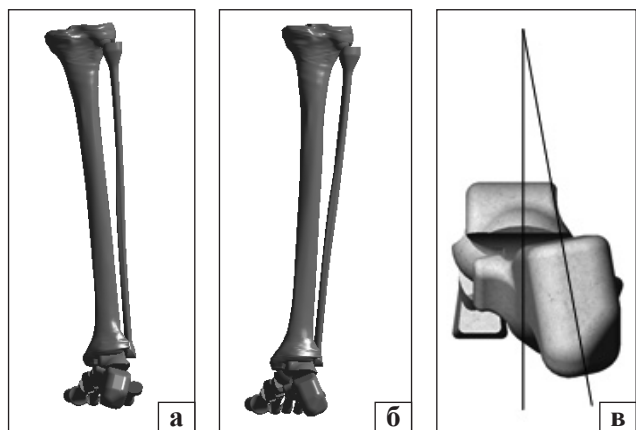
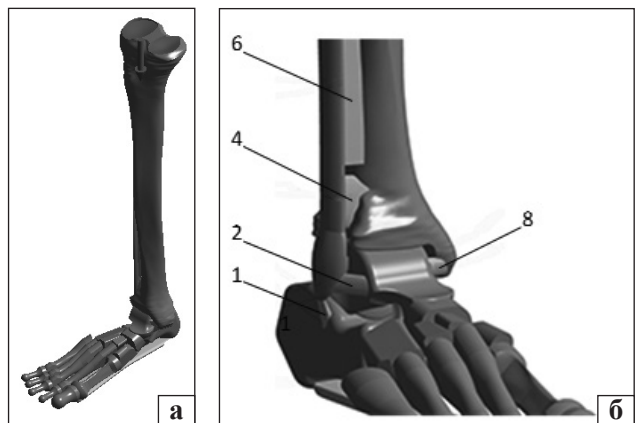


Рис. 2. Моделі патологічної постановки стопи: варусне (а) та вальгусне (б) положення п'яткової кістки, кут 15°; п'ятково-великогомілковий кут (в)



з гіпоплазією латеральної кісточки за умов одноопорного стояння та під час нормального положення п'яткової кістки. Картину розподілу напружень у кісткових елементах моделі наведено на рис. 4.

За умов гіпоплазії латеральної кісточки під час одноопорного стояння та в разі нормального положення п'яткової кістки виникають максимальні напруження в кісткових елементах: із латерального боку найбільш напруженою виявилася піднадп'ятова кістка (6,4 МПа) порівняно з п'ятковою (2,6 МПа). Із медіального боку, навпаки, більш напруженою була п'яткова кістка (6,0 МПа проти 2,3 МПа в зоні піднадп'ятової). Напруження максимальної величини визначено на опорних поверхнях п'яткової та піднадп'ятової кісток — 37,4 МПа та 21,0 МПа відповідно.

Таблиця 2

Контрольні точки МСЕМ правої гомілки та стопи

Бік	Контрольна точка	Анатомічна структура
Латеральний	1	<i>lig. calcaneofibulare</i>
	2	<i>lig. talofibulare anterius</i>
	3	<i>lig. talofibulare posterius</i>
	4	<i>lig. tibiofibulare anterius</i>
	5	<i>lig. tibiofibulare posterius</i>
	6	membrana (мембрана)
	13	п'яткова кістка
Медіальний	14	надп'ятова кістка
	7	<i>lig. tibiocalcaneo medial</i>
	8	<i>lig. tibiotalar anterius</i>
	9	<i>lig. tibiotalar posterius</i>
	10	<i>aponeurosis plantaris</i>
	15	п'яткова кістка
	16	надп'ятова кістка
	11	п'яткова кістка
12	надп'ятова кістка	

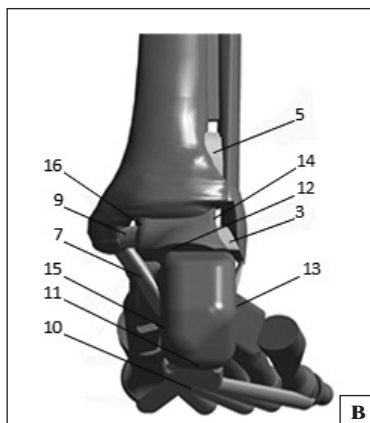


Рис. 3. Схеми: а) навантаження МСЕМ правої гомілки та стопи; б, в) розташування на ній контрольних точок

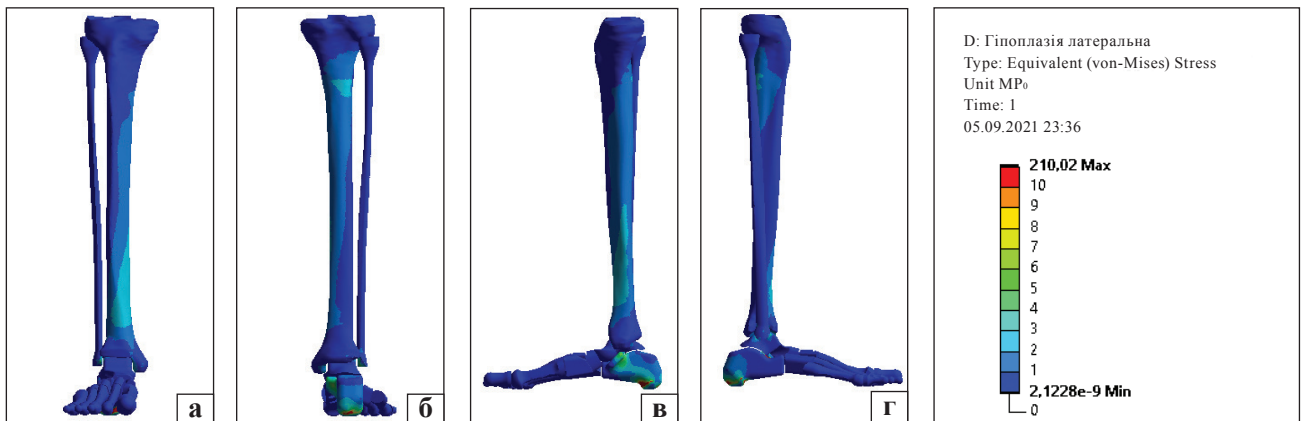


Рис. 4. Картина розподілу напружень у кісткових елементах моделі гомілки та стопи з гіпоплазією латеральної кісточки за нормального положення п'яткової кістки: вигляд спереду (а), ззаду (б), із медіального (в), із латерального (г) боків

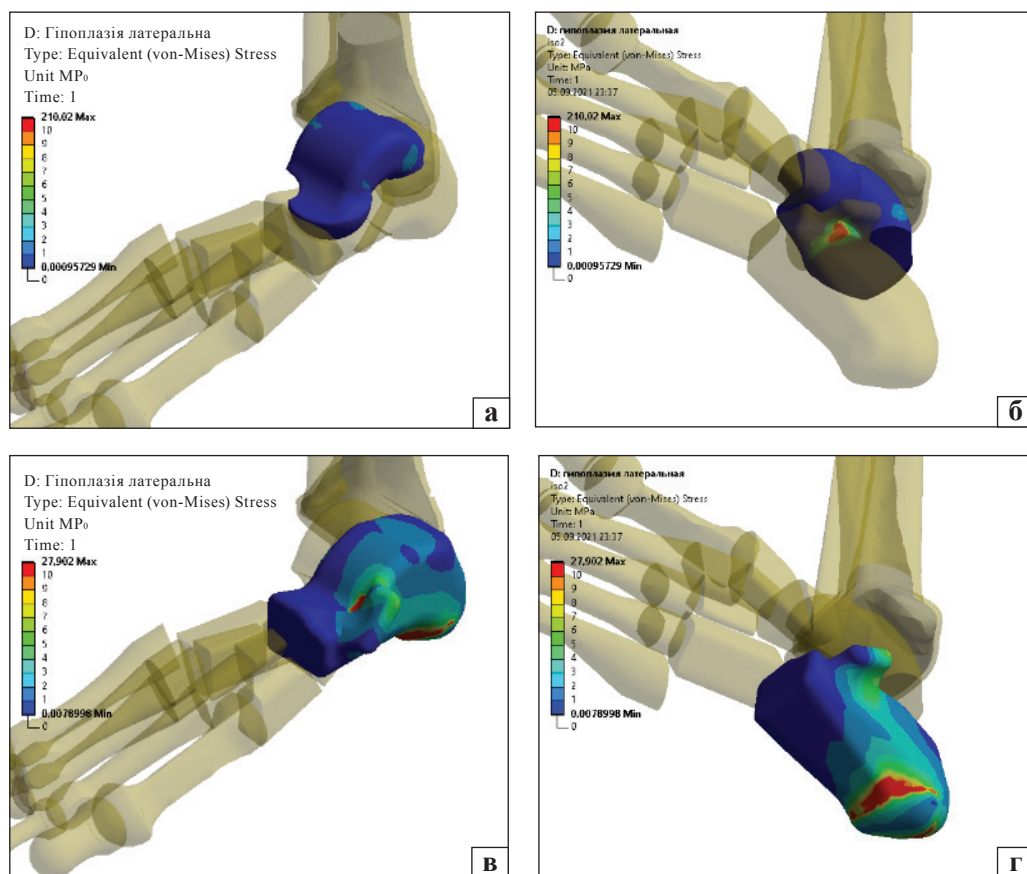


Рис. 5. Картина розподілу напружень у зв'язках моделі гомілки та стопи з гіпоплазією латеральної кісточки за нормального положення п'яткової кістки: НДС на піднадп'ятковій кістці — вигляд зверху (а) та знизу (б); на п'ятковій кістці — вигляд зверху (в) та знизу (г)

НДС зв'язок моделі та стопи з гіпоплазією латеральної кісточки за умов нормального положення п'яткової кістки показано на рис. 5.

Максимальні напруження у зв'язках зафіксовані з латерального боку, а саме, *lig. talofibulare posterius* та *lig. talofibulare anterius*, де вони набувають значення 4,4 МПа та 2,6 МПа відповідно. Проміжне значення 3,4 МПа визначено

в *lig. calcaneofibulare*. В інших зв'язках із латерального боку величини напружень не перевищували значення 0,5 МПа.

Із медіального боку напруження у зв'язках виявилися дещо нижчими. Найнапруженіші *lig. tibiotalar anterius* та *lig. tibiotalar posterius* — 3,5 МПа і 3,3 МПа. У *lig. tibio calcaneo medial* максимальне напруження становило 2,7 МПа,

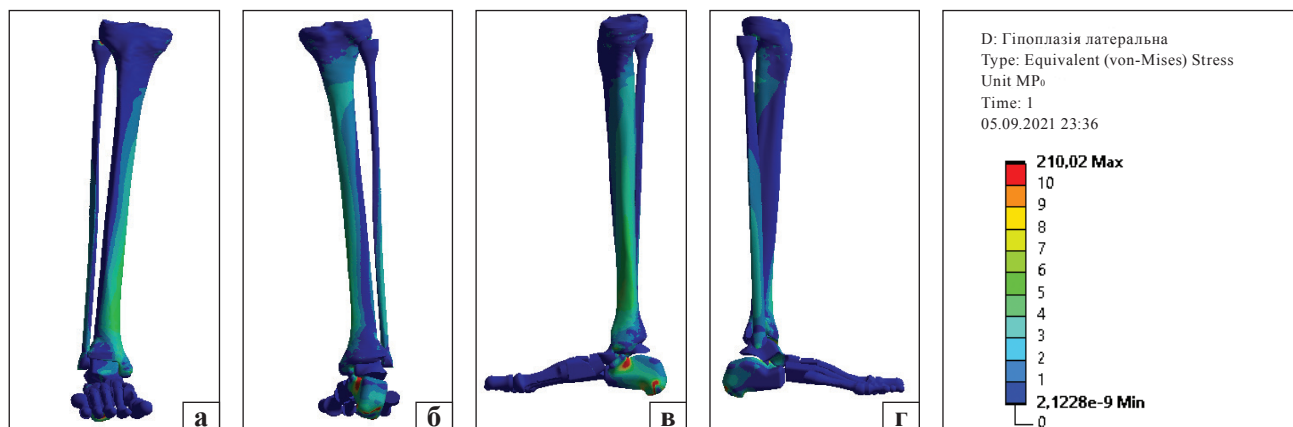


Рис. 6. Картина розподілу напружень у кісткових елементах моделі гомілки та стопи з гіпоплазією латеральної кісточки за умов варусного положення п'яткової кістки: вигляд спереду (а), ззаду (б), із медіального (в) та латерального (г) боків

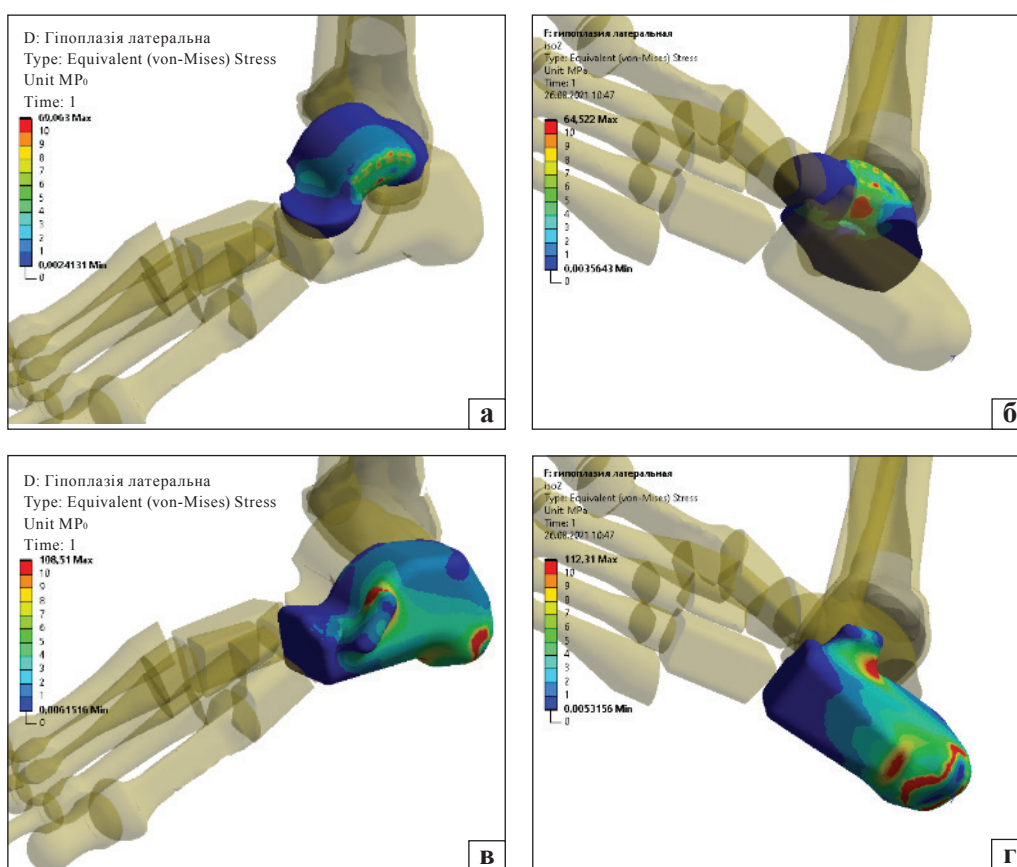


Рис. 7. Картина розподілу напружень у зв'язках моделі гомілки та стопи з гіпоплазією латеральної кісточки за варусного положення п'яткової кістки. НДС на піднадп'ятковій кістці — вигляд зверху (а), знизу (б); на п'ятковій кістці — вигляд зверху (в) та знизу (г)

а *aponeurosis plantaris* виявилася майже не напруженою — 0,2 МПа.

Другим етапом роботи вивчено напружено-деформований стан моделі гомілки та стопи з гіпоплазією латеральної кісточки за умов варусного положення п'яткової кістки. Картину розподілу напружень у кісткових елементах моделі подано на рис. 6.

Опора на стопу за варусного положення п'яткової кістки призвела до значного перерозподілу напружень на кісткових елементах моделі, а саме до їхнього зростання з медіального боку п'яткової кістки до 13,8 МПа, піднадп'яткової — до 13,3 МПа. На латеральному боці напруження трохи збільшилися в п'ятковій кістці — 4,6 МПа, але вони знизилися в піднадп'ятковій — 1,8 МПа.

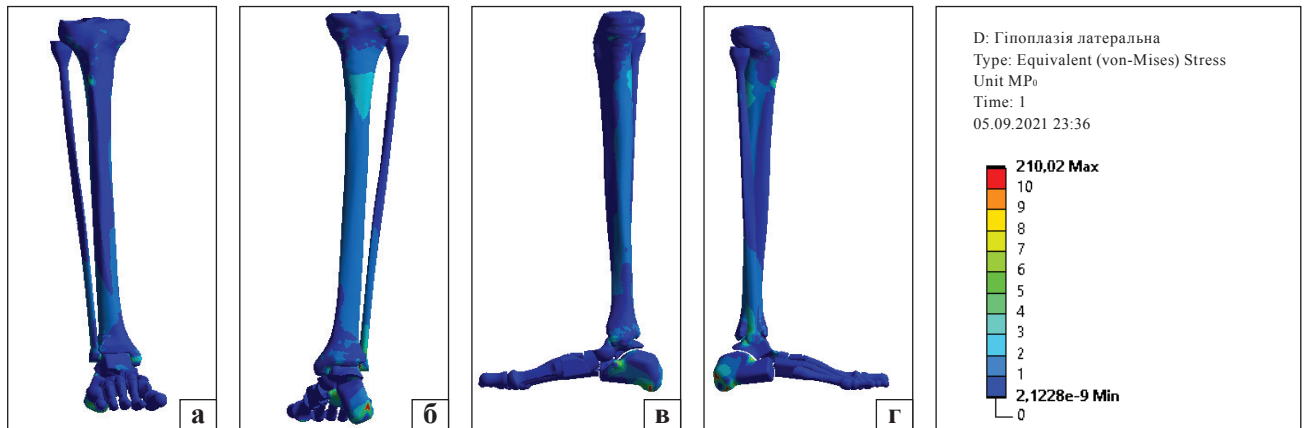


Рис. 8. Картина розподілу напружень у кісткових елементах моделі гомілки та стопи з гіпоплазією латеральної кісточки за умов вальгусного положення п'яткової кістки: вигляд спереду (а), ззаду (б), із медіального (в) та латерального (г) боків

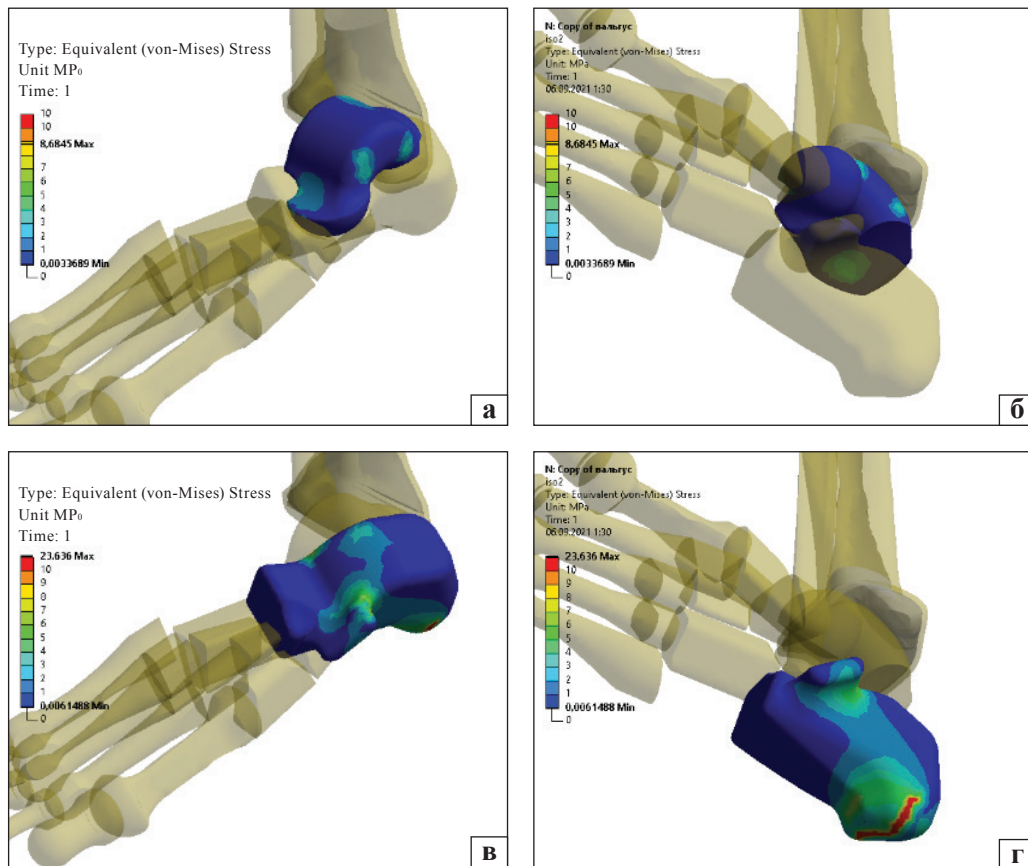


Рис. 9. Картина розподілу напружень у зв'язках моделі гомілки та стопи у випадку гіпоплазії латеральної кісточки за умов вальгусного положення п'яткової кістки: на надп'ятковій кістці — вигляд зверху (а) та знизу (б); на п'ятковій — вигляд зверху (в) та знизу (г)

На опорній поверхні обох кісток визначено підвищення величин напружень, які досягли позначок 74,0 МПа та 108,0 МПа на п'ятковій і надп'ятковій кістках відповідно.

Розподіл напружень у зв'язках моделі гомілки та стопи у випадку гіпоплазії латеральної кісточки за варусного положення п'яткової кістки наведено на рис. 7.

Варусне положення п'яткової кістки за умов опори на стопу призвело до підвищення величин напружень у зв'язках, розташованих на латеральному боці. Максимальні величини напружень (7,6 МПа) визначено в *lig. calcaneofibulare*. Виняток склали *lig. talofibulare posterius* та *lig. talofibulare anterius*, де напруження знизилися до 2,1 МПа та 1,2 МПа відповідно.

На медіальному боці напруження в *lig. tibiotalar anterior* та *lig. tibiotalar posterius* зросли до 3,8 МПа та 4,2 МПа відповідно. Також збільшення величини напружень до 0,5 МПа визначено в *aponeurosis plantaris*, а в *lig. tibiocalcaneo medial* — зменшення до 1,0 МПа порівняно з опорою за нормального положення п'яткової кістки.

Останнім етапом роботи вивчено розподіл напружень у кісткових елементах моделі гомілки та стопи у випадку гіпоплазії латеральної кісточки за умов вальгусного положення п'яткової кістки (рис. 8).

Вальгусне положення п'яткової кістки в разі опори на стопу у випадку гіпоплазії латеральної кісточки призвело до значного підвищення напружень на латеральному боці піднадп'яткової кістки — 10,1 МПа. На латеральному боці п'яткової кістки напруження визначені на рівні 9,8 МПа. На медіальному боці величини напружень у п'ятковій і піднадп'ятковій кістках зафіксовані на рівні

3,0 МПа та 2,5 МПа відповідно. На опорній поверхні п'яткової кістки напруження набули значення 50,0 МПа, на надп'ятковій — 69,1 МПа.

Розподіл напружень у зв'язках моделі гомілки та стопи у випадку гіпоплазії латеральної кісточки за умов вальгусного положення п'яткової кістки наведено на рис. 9.

У разі навантаження кінцівки у вальгусному положенні п'яткової кістки найнапруженішими були зв'язки з медіального боку: *lig. tibiotalar posterius* — 14,3 МПа, *lig. tibiocalcaneo medial* — 9,7 МПа, *lig. tibiotalar anterior* — 8,8 МПа. Із латерального боку зафіксовано нижчі напруження у зв'язках. Максимальну величину напружень визначено в *lig. talofibulare posterius* — 3,3 МПа.

Показники величини напружень у контрольних точках моделей у випадку гіпоплазії латеральної кісточки залежно від варіантів положення п'яткової кістки наведено в табл. 3. Як бачимо, гіпоплазія латеральної кісточки за умов нормального положення п'яткової кістки порівняно з моделлю нормальної будови стопи призвела до зниження величин НДС у найнапруженіших зв'язках із латерального боку: *lig. calcaneofibulare* та *lig. talofibulare posterius* — 3,4 МПа і 4,4 МПа відповідно. Незначне збільшення виявлено в *lig. tibiotalar anterior* — від 3,4 МПа до 3,5 МПа.

На рис. 10 наведено графік залежності величини напружень у зв'язках моделі у випадку гіпоплазії латеральної кісточки залежно від величини кута варусного положення п'яткової кістки.

На рис. 11 відображено залежність НДС у зв'язках моделі у випадку гіпоплазії латеральної кісточки від величини кута вальгусного положення п'яткової кістки.

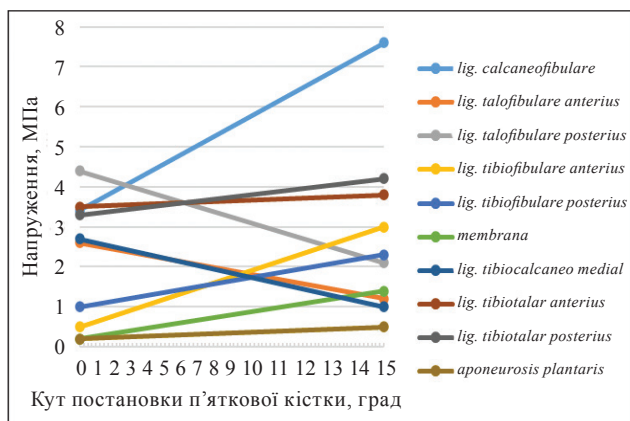


Рис. 10. Графік залежності величини напружень у зв'язках моделі у випадку гіпоплазії латеральної кісточки залежно від величини кута варусного положення п'яткової кістки

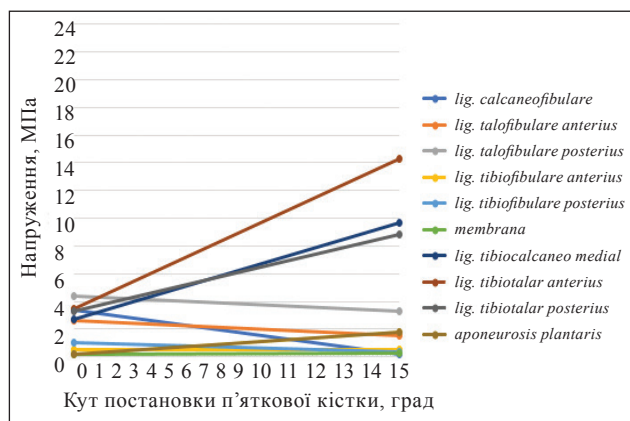


Рис. 11. Графік залежності величини напружень у зв'язках моделі з гіпоплазією латеральної кісточки від величини кута вальгусного положення п'яткової кістки

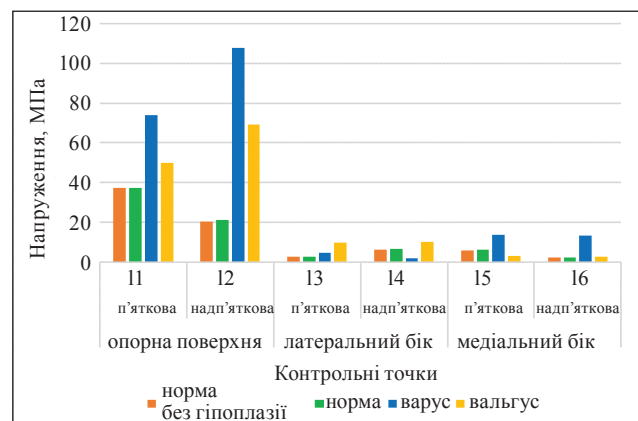


Рис. 12. Діаграма величин напружень у п'ятковій і піднадп'ятковій кістках у моделі у випадку гіпоплазії латеральної кісточки залежно від варіантів положення п'яткової кістки

Таблиця 3

Величини напружень у контрольних точках моделей у випадку гіпоплазії латеральної кісточки залежно від варіантів положення п'яtkової кісточки

Бік	Контрольна точка	Анатомічна структура	Напруження, МПа			
			Норма	Гіпоплазія		
				норма	варус	вальгус
Латеральний	1	<i>lig. calcaneofibulare</i>	8,4	3,4	7,6	0,2
	2	<i>lig. talofibulare anterius</i>	2,6	2,6	1,2	1,5
	3	<i>lig. talofibulare posterius</i>	8,2	4,4	2,1	3,3
	4	<i>lig. tibiofibulare anterius</i>	0,6	0,5	3,0	0,5
	5	<i>lig. tibiofibulare posterius</i>	1,2	1,0	2,3	0,4
	6	membrana	0,2	0,2	1,4	0,3
	15	п'яtkова кістка	2,6	2,6	4,6	9,8
	14	піднадп'яtkова кістка	6,3	6,4	1,8	10,1
Медіальний	7	<i>lig. tibiocalcaneo medial</i>	3,2	2,7	1,0	9,7
	8	<i>lig. tibiotalar anterius</i>	3,4	3,5	3,8	14,3
	9	<i>lig. tibiotalar posterius</i>	4,6	3,3	4,2	8,8
	10	<i>aponeurosis plantaris</i>	0,2	0,2	0,5	1,8
	15	п'яtkова кістка	5,8	6,0	13,8	3,0
	16	піднадп'яtkова кістка	2,1	2,3	13,3	2,5
Опорна поверхня	11	п'яtkова кістка	37,4	37,4	74,0	50,0
	12	піднадп'яtkова кістка	20,2	21,0	108,0	69,1

На рис. 12 наведено діаграму, яка дає змогу детальніше порівняти величини напружень у п'яtkовій і піднадп'яtkовій кістках моделей у випадку гіпоплазії латеральної кісточки залежно від варіантів положення п'яtkової кісточки.

У кісткових елементах моделі НГС гіпоплазія латеральної кісточки призводить до зміни величин напружень із латерального боку на піднадп'яtkовій кістці від 6,3 МПа до 6,4 МПа, медіального — на обох кістках: п'яtkовій — від 5,8 МПа до 6,0 МПа, надп'яtkовій — від 2,1 МПа до 2,3 МПа.

Висновки

Проведене дослідження показало, що гіпоплазія латеральної кісточки призводить до змін НДС як у кісткових елементах НГС, так і в його зв'язках. Зокрема, у випадку нейтрального положення п'яtkової кісточки знижуються величини напружень у зв'язках із латерального боку НГС, що можна пояснити їхнім відносним подовженням і, відповідно, проєкційним збільшенням їхньої довжини. У випадку варусного або вальгусного положення п'яtkової кісточки за умов гіпоплазії латеральної кісточки на моделях виявлено досить передбачуваний результат: у разі варусного положення п'яtkової кісточки перенапруженими були зв'язки з латерального боку, вальгусного — із медіального.

Зменшення величин напружень у зв'язках НГС у випадках вальгусного або варусного положення п'яtkової кісточки є одним із чинників зниження функціональної стійкості цього суглоба та може спричинити розвиток його хронічної нестабільності.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Diagnosis and surgical treatment of anterolateral instability of the ankle joint (guidelines) [Diahnostyka ta khirurgichne likuvannya peredn'o-lateral'noyi nestabil'nosti homilkovostopnoho suhloba (metodychni rekomendatsiyi) / A. P. Liabakn, O. A. Burianov, O. A. Turchin [et al.]. — Kyiv, 2020. — 13 p. (in Ukrainian)
2. Tiazhelov O. A. Acute ankle injuries [Ostryye povredzheniya golenostopnogo sustava] / O. A. Tiazhelov, L. D. Goncharova. — Kharkiv. — Donetsk, 2012. — 230 p. (in Russian).
3. All-inside arthroscopic lateral collateral ligament repair for ankle instability with a knotless suture anchor technique / J. Vega, P. Golanó, A. Pellegrino [et al.] // Foot & Ankle International. — 2013. — Vol. 34 (12). — P. 1701–1709. — DOI: 10.1177/1071100713502322.
4. Comparison of outcomes in patients with generalized ligamentous laxity and without generalized laxity in the arthroscopic modified broström operation for chronic lateral ankle instability / E. D. Yeo, J. Y. Park, J. H. Kim, Y. K. Lee // Foot & Ankle International. — 2017. — Vol. 38 (12). — P. 1318–1323. — DOI: 10.1177/1071100717730336.
5. Guillo S., Bauer T., Leec J.W. et al. Consensus in chronic

- ankle instability: aetiology, assessment, surgical indications and place for arthroscopy / S. Guillo, T. Bauer, J. W. Lee [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research*. — 2013. — Vol. 99 (8 Suppl). — P. S411–S419. — DOI: 10.1016/j.otsr.2013.10.009.
6. Assessment of stress-strain distribution in flatfoot deformity (part 1) / O. Korolkov, P. Rakhman, M. Karpinsky [et al.] // *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. — 2017. — No. 4. — P. 80–84. — DOI: 10.15674/0030-59872017480-84 (in Ukrainian)
 7. Characteristics of stress-strain foot model before and after subtalar arthroereisis with implants at the treatment of flatfoot (part 2) O. Korolkov, P. Rakhman, M. Karpinsky [et al.] // *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. — 2018. — No. 1. — P. 65–71. — DOI: 10.15674/0030-59872018165-71
 8. Berezovskii V. A. Biophysical characteristics of human tissues: A Handbook [Biofizicheskiye kharakteristiki tkaney cheloveka: Spravochnik] / V. A. Berezovskii, N. N. Kolotilov. — Kiyv : Naukova dumka, 1990. — 224 p. (in Russian)
 9. The problem of strength in biomechanics: A study guide for tech. and biol. specialties of universities Universities [Problema prochnosti v biomekhanike: Uchebnoye posobiye dlya tekhnich. i biol. spetsial'nostey VUZov] / I. F. Obratsov, I. S. Adamovich, I. S. Barer [et al.] — Moscow : Vysshaya shkola, 1988. — 311 p. (in Russian)
 10. Zenkevich O. K. Finite element method in engineering [Metod konechnykh elementov v tekhnike]. — Moscow : Mir, 1978. — 519 p. (in Russian)
 11. Alyamovsky A. A. SolidWorks / COSMOSWorks. Finite Element Analysis [SolidWorks/COSMOSWorks. Inzhenernyy analiz metodom konechnykh elementov] / A. A. Alyamovsky. — Moscow : DMK Press, 2004. — 432 p. (in Russian)

Стаття надійшла до редакції 08.11.2021

MATHEMATICAL MODELING OF THE STRESS-STRAIN RELATIONS OF THE FOOT ELEMENTS IN THE CONDITIONS OF LATERAL MALLEOLUS HYPOPLASIA

I. V. Shishka ¹, O. I. Korolkov ², M. Yu. Karpinsky ³, O. V. Yaresko ³

¹Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital. Ukraine

²MNC ELRC Lviv Regional Children's Clinical Hospital «OKHMATDYT». Ukraine

³Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Igor Shishka, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: cancelariya.zokb@gmail.com

✉ Oleksandr Korolkov, MD, DSci in Traumatology and Orthopaedics: korolkovmd@gmail.com

✉ Mykhaylo Karpinsky: korab.karpinsky9@gmail.com

✉ Oleksandr Yaresko: avyresko@gmail.com

УДК 616.741:616.728.2-018.3-007.24]:004.94](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021458-62>

Математичне моделювання роботи м'язів тазового пояса у хворих із привідною контрактурою кульшового суглоба під час одноопорного стояння

О. А. Тяжелов¹, М. Ю. Карпінський¹, О. Д. Карпінська¹,
Д. О. Юрченко², О. Ю. Браніцький³

¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

² Донецький національний медичний університет. Україна

³ Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова. Україна

Long existing hip arthritis is accompanied by the development of pain and contractures that cause contractile muscle spasm, reduction in the length of the adductor muscles and flexors of the thigh, relative overstretching of the abductor muscles, which over time leads to changes in their structure. The result is weakness of the pelvic muscles, the clinical manifestation of which is a violation of postural balance — lameness, torso tilts while walking, changes in pelvic position, etc. Objective. To determine the effect of the hip joint adduction contracture on the ability to maintain balance standing position with mathematical model. Methods: mathematical model is worked out that represents the pelvis with the thigh and the vectors of action of the adductor and abductor muscles. The muscular effort required to maintain body balance during one-leg standing was normal and the hip position was set at 5° and 10°. Calculations were performed for patients weighing 70; 100; 120 kg. Results. It is determined that at the adduction contracture in 5° m. gracilis, m. add magnus, m. piriformis are not able to perform the functions of maintaining body balance due to the necessity to develop greater efforts than their maximum possible, even at the minimal patient's weight. If the patient's weight exceeds 120 kg, then almost the entire muscular system of stabilization of the thigh works beyond its capabilities. The adduction contracture of 10° increases the required force of the thigh stabilizer muscles. The absolute values showed an increase in their strength indicators. Conclusions. The adduction contracture of the hip joint causes a change in the biomechanical conditions of the pelvic muscles due to changes in the angles of action of the abductor muscles, reducing the effectiveness of their work to stabilize the pelvis. As the angle of adduction contracture increases, there is a tendency for the pelvic muscles to work effectively. An additional factor that negatively affects this indicator is the patient's overweight. Key words. Postural balance, hip abductors and adductors muscles, mathematic model.

Тривалий перебіг коксартрозу супроводжується розвитком больового синдрому та контрактур, які спричинюють контрактильний спазм м'язів, зменшення довжини привідних м'язів і згиначів стегна, відносно перерозтягнення відвідних м'язів, що з плином часу призводить до змін їхньої структури. Наслідком цього є слабкість м'язів тазового пояса, клінічним проявом якої є порушення постурального балансу — кульгавість, нахили тулуба під час ходьби, зміна становища таза тощо. Мета. На математичній моделі визначити вплив привідної контрактури кульшового суглоба на здатність підтримки рівноваги під час стояння. Методи. Створено математичну модель, яка представляє таз зі стегною кісткою та вектори дії привідних і відвідних м'язів стегна. Визначали м'язові зусилля, необхідні для підтримки рівноваги тіла під час одноопорного стояння в нормі та за наявності установки стегна в 5° і 10°. Розрахунки виконували для пацієнтів вагою 70; 100; 120 кг. Результати. Визначено, що за привідної контрактури в 5° m. gracilis, m. add magnus, m. piriformis не здатні виконувати функції з підтримки рівноваги тіла через необхідність розвивати зусилля більші, ніж їхні максимально можливі, навіть за мінімальної ваги пацієнта. Якщо вага хворого перевищує 120 кг, то практично вся м'язова система стабілізації стегна працює за межами власних можливостей. Привідна контрактура в 10° призводить до збільшення необхідного зусилля м'язів-стабілізаторів стегна. За абсолютними значеннями встановлено збільшення їхніх силових показників. Висновки. Привідна контрактура кульшового суглоба спричинює зміну біомеханічних умов роботи м'язів тазового пояса через зміну кутів дії сил відвідних м'язів стегна, зниження ефективності їхньої роботи зі стабілізації таза. Зі збільшенням кута привідної контрактури простежується тенденція до погіршення умов ефективної роботи м'язів тазового пояса. Додатковим чинником, який негативно впливає на цей показник, є надмірна вага пацієнта.

Ключові слова. Постуральний баланс, відвідні та привідні м'язи стегна, математична модель

Вступ

Тривалий перебіг коксартрозу практично завжди супроводжується розвитком больового синдрому й згинально-привідної контрактури кульшового суглоба, що негативно впливає на результат ендопротезування. Затяжний больовий синдром і контрактура кульшового суглоба призводять до контрактильного спазму м'язів, зменшення довжини привідних м'язів і згиначів стегна, відносного перерозтягнення відвідних м'язів, що спричинює зменшення їхньої еластичності та порушення скорочення, а з плином часу — структурні зміни та значну втрату сили відвідних м'язів. Наслідком цього є слабкість м'язів тазового пояса, а клінічний прояв — порушення постурального балансу — кульгавість, нахили тулуба під час ходьби, зміни положення таза тощо.

Одним із характерних наслідків тривалого перебігу коксартрозу є недостатність м'язів тазового пояса, що робить неможливим утримання горизонтальної рівноваги таза. Саме цей принцип — утримання горизонтальної рівноваги таза — покладений в основу побудови моделі роботи м'язів тазового пояса: момент сили м'язів-стабілізаторів таза має урівноважувати момент сили гравітації [1–3].

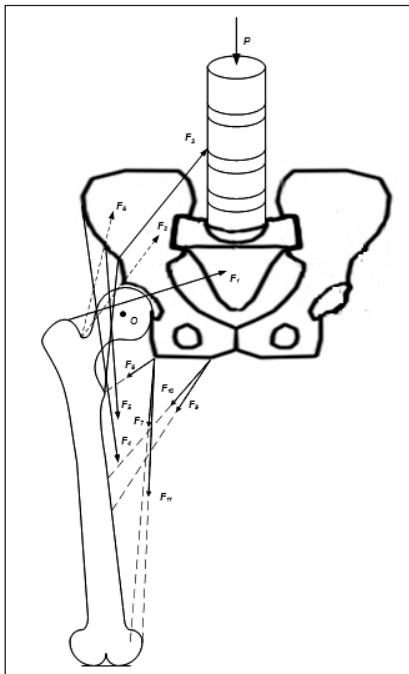


Рис. 1. Схема фізичної моделі. Векторами позначені сили дії м'язів: F_1 — *m. piriformis*; F_2 — група м'язів: *m. gluteus medius*, *m. gluteus minimus*, *m. tensor fasciae latae*; F_3 — *m. iliocapsos major*; F_4 — *m. sartorius*; F_5 — *m. rectus femoris*; F_6 — *m. gluteus maximus*; F_7 — *m. gracilis*; F_8 — *m. pectineus*; F_9 — *m. add longus*; F_{10} — *m. add brevis*; F_{11} — *m. add magnus*; P — вага тіла

Останніми роками з'являється все більше інформації про вплив привідної контрактури стегна на функцію м'язів [4–7]. Ці роботи мають клінічний характер і потребують узагальнення та наукового обґрунтування.

Мета роботи — на математичній моделі визначити вплив привідної контрактури кульшового суглоба на здатність підтримки рівноваги під час стояння.

Матеріал і методи

Для вивчення функції підтримки рівноваги таза під час одноопорного стояння в умовах привідної контрактури кульшового суглоба було удосконалено математичну модель [8], яка відображала таз із стегновою кісткою та вектори дії м'язів двох груп: привідних і відвідних стегна у фронтальній площині (рис. 1).

На підставі запропонованої моделі побудовано розрахункову схему (рис. 2). Вона відображає дію сил на тазовий пояс людини у фронтальній площині та наведена у вигляді горизонтальної балки, встановленої на рухомому шарнірі (аналог — аптечні терези). На обидва кінці балки діють вага тіла та м'язи привідної та відвідної груп, задача яких зводиться до підтримки балки в рівновазі.

Дані про величину сили м'язів, задіяних у моделі, а також про величину пліч і кутів їхньої дії були обрані за даними М. R. Carhart [9] і зведені в таблиці.

У процесі моделювання визначали м'язові зусилля, необхідні для підтримки рівноваги тіла під час одноопорного стояння в нормі та за наявності привідної установки стегна в 5° і 10° . Розрахунки виконували для пацієнтів вагою 70; 100; 120 кг.

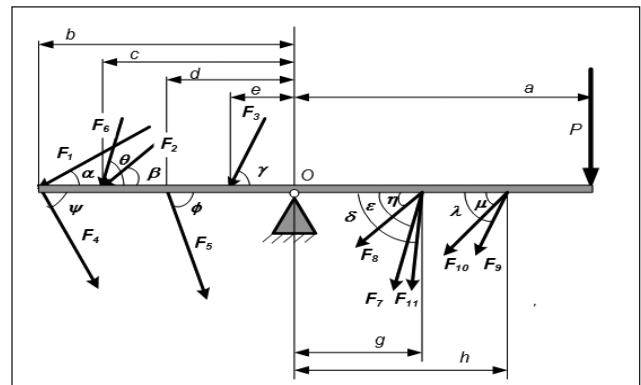


Рис. 2. Розрахункова схема

Результати та їх обговорення

Відповідно до законів механіки систему вважають урівноваженою, якщо сума всіх моментів сил, які впливають на неї, дорівнює 0:

$$\sum M = 0 \tag{1}$$

Напишемо рівняння рівноваги для нашої системи (рис. 2). Умови рівноваги моментів:

$$M(P) - M(F_1) - M(F_2) - M(F_3) - M(F_4) - M(F_5) - M(F_6) - M(F_7) - M(F_8) - M(F_9) - M(F_{10}) - M(F_{11}) = 0 \tag{2}$$

або

$$aP - dF_1 \cos\alpha - cF_2 \cos\beta - dF_3 \cos\gamma - bF_4 \cos\varphi - dF_5 \cos\phi - cF_6 \cos\theta + gF_7 \cos\varepsilon + gF_8 \cos\eta + hF_9 \cos\lambda + hF_{10} \cos\mu + gF_{11} \cos\delta = 0 \tag{3}$$

або

$$aP = bF_1 \cos\alpha + cF_2 \cos\beta + eF_3 \cos\gamma + bF_4 \cos\varphi + dF_5 \cos\phi + cF_6 \cos\theta - gF_7 \cos\varepsilon - gF_8 \cos\eta - hF_9 \cos\lambda - hF_{10} \cos\mu - gF_{11} \cos\delta, \tag{4}$$

де *a, b, c, d, e, g, h* — плечі дії сил відповідних м'язів.

Підставимо значення величин пліч і кутів дії сил м'язів з табл. 1 у рівняння (4):

$$0,07P = 0,04F_1 \cos 70^\circ + 0,03F_2 \cos 30^\circ + 0,01F_3 \cos 20^\circ + 0,04F_4 \cos 20^\circ + 0,02F_5 \cos 5^\circ + 0,03F_6 \cos 10^\circ - 0,03F_7 \cos 80^\circ - 0,03F_8 \cos 5^\circ - 0,05F_9 \cos 55^\circ - 0,05F_{10} \cos 50^\circ - 0,03F_{11} \cos 85^\circ \tag{5}$$

або

$$0,07P = 0,038F_1 + 0,015F_2 + 0,003F_3 + 0,014F_4 + 0,02F_5 + 0,05F_6 - 0,03F_7 - 0,003F_8 - 0,041F_9 - 0,038F_{10} - 0,03F_{11}. \tag{6}$$

Результати розрахунків для привідної контрактури кульшового суглоба величиною 5°, а саме:

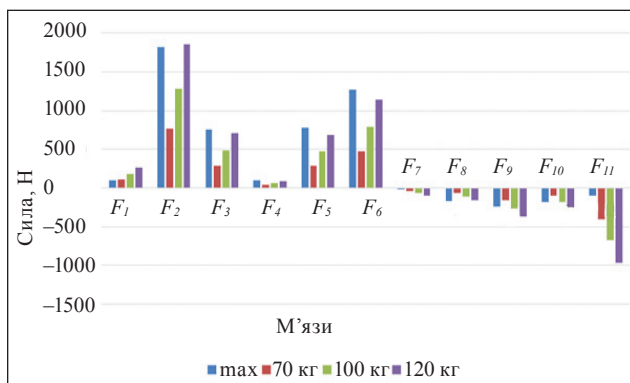


Рис. 3. Діаграма величини сил м'язів, необхідних для підтримки рівноваги таза за наявності привідної контрактури кульшового суглоба величиною 5°

величини сил м'язів, необхідних для підтримки рівноваги за її наявності наведено на рис. 3.

Як показано на діаграмі, привідна контрактура кульшового суглоба величиною 5° спричинює неспроможність *m. gracilis*, *m. add magnus*, *m. piriformis* виконувати функції з підтримки рівноваги тіла, оскільки вони змушені розвивати зусилля більші ніж їхні максимальні можливі, навіть за мінімальної ваги пацієнта. Якщо вага хворого перевищує 120 кг, майже вся м'язова система стабілізації стегна вимушена працювати за межами власних можливостей.

Збільшення кута привідної контрактури кульшового суглоба до 10° призводить до ще більшого підвищення зусиль усіх м'язів-стабілізаторів

Таблиця

Величини тягових зусиль м'язів, які беруть участь у стабілізації таза, й величини пліч прикладання цих зусиль

Група	Сила	М'язи	Макс. сила, Н	Плече сили, м	Кут дії, град		
Відвідна	F_1	piriformis	296	2105	70		
	F_2	gluteus medius	1365				
		gluteus minimus	585				
		tensorfasciae latae	155				
	F_3	iliacuspsaos major	800			0,01	20
	F_4	sartorius	104			0,04	20
F_5	rectus femoris	779	0,02	5			
Привідна	F_6	gluteus maximus	1296	0,03	10		
	F_7	Gracilis	110	0,03	80		
	F_8	Pectineus	175	0,03	5		
	F_9	Add Longus	420	0,05	55		
	F_{10}	Add Brevis	285	0,05	50		
	F_{11}	Add Magnus	1100	0,03	85		

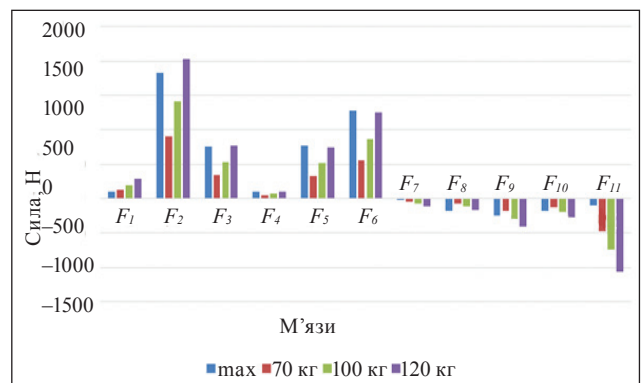


Рис. 4. Діаграма величини сил м'язів, необхідних для підтримки рівноваги таза за наявності привідної контрактури кульшового суглоба величиною 10°

стегна, необхідних для підтримки рівноваги тіла під час одноопорного стояння. Для більш чіткого порівняння величин цих зусиль результати розрахунків подано у вигляді діаграми (рис. 4).

Як показано на діаграмі, зі збільшенням величини привідної контрактури кульшового суглоба до 10° характер змін м'язових зусиль, необхідних для підтримки рівноваги тіла, зберігається таким самим, як і за 5° приведення. Але за абсолютними значеннями визначається збільшення силових показників для всіх м'язів-стабілізаторів стегна.

Беручи до уваги певну умовність розробленої моделі, слід відмітити, що отримані результати свідчать про явну тенденцію до погіршення умов ефективної роботи м'язів зі збільшенням привідної контрактури кульшового суглоба. При цьому ефективність роботи відвідного механізму кульшового суглоба знижується, що має клінічні прояви у вигляді кульгавості, нахилів тулуба під час ходьби, нахилів таза тощо. Використана модель роботи тазового пояса має низку обмежень, а саме: вона статична та не враховує поєднану роботу м'язів антагоністів — привідних і відвідних. Але вона працює та дає змогу виявити певні тенденції. Зокрема, різні м'язи неоднаково реагують на зміни умов своєї роботи, що може призводити до певної клінічної картини.

Дуже важливим чинником, який негативно впливає на збереження ефективності відвідного механізму кульшового суглоба, є зниження функціональної активності й абсолютної сили відвідних м'язів. Ми не враховували цей чинник у поданій моделі, але наші попередні роботи про це свідчать [10]. Цей фактор (зниження абсолютної сили м'язів за умов тривалого перебігу коксартрозу) слід не лише враховувати під час виконання операції ендопротезування кульшового суглоба, й, за можливості, усувати його ще до хірургічного втручання.

Висновки

Привідна контрактура кульшового суглоба змінює біомеханічні умови роботи м'язів тазового пояса через зміну кутів дії сил відвідних м'язів

стегна, що знижує ефективність їхньої роботи зі стабілізації таза. Зі збільшенням кута привідної контрактури простежується тенденція до погіршення умов ефективної роботи м'язів. Додатковим чинником, який негативно впливає на ефективну роботу м'язів тазового пояса, є надмірна вага пацієнта

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Functioning and disability in patients with hip osteoarthritis with mild to moderate pain / K. Rydevik, L. Fernandes, L. Nordsletten, M. A. Risberg // *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. — 2010. — Vol. 40 (10). — P. 616–624. — DOI: 10.2519/jospt.2010.3346.
2. Hip muscle strength and muscle cross sectional area in men with and without hip osteoarthritis / M. H. Arokoski, J. P. Arokoski, M. Naara [et al.] // *The Journal of rheumatology*. — 2002. — Vol. 29 (10). — P. 2185–2195.
3. Risk factors for early revision after total hip arthroplasty / C. J. Dy, K. J. Bozic, T. J. Pan [et al.] // *Arthritis Care & Research*. — 2014. — Vol. 66 (6). — P. 907–915. — DOI: 10.1002/acr.22240.
4. Bedotto R. A. Biomechanical assessment and treatment in lower extremity prosthetics and orthotics: A clinical perspective / R. A. Bedotto // *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. — 2006. — Vol. 17 (1). — P. 203–243. — DOI: 10.1016/j.pmr.2005.10.007.
5. Lower limb kinematics in individuals with hip osteoarthritis during gait: a focus on adaptative strategies and interlimb symmetry / M. Porta, M. Pau, B. Leban [et al.] // *Bioengineering*. — 2021. — Vol. 8 (4). — DOI: 10.3390/bioengineering8040047.
6. The metabolic and mechanical consequences of altered propulsive force generation in walking. / N. L. Pieper, S. T. Baudendistel, C. J. Hass [et al.] // *Journal of biomechanics*. — 2021. — Vol. 122. — Article ID: 110447. — DOI: 10.1016/j.jbiomech.2021.110447.
7. Predicting gait adaptations due to ankle plantar flexor muscle weakness and contracture using physics-based musculoskeletal simulations / C. F. Ong, T. Geijtenbeek, J. L. Hicks, S. L. Delp // *PLoS computational biology*. — 2019. — Vol. 15 (10). — Article ID: e1006993. — DOI: 10.1371/journal.pcbi.1006993.
8. Selection of endoprosthetic components and value of general femoral offset after hip replacement (X-ray study) / V. A. Filipenko, R. V. Klimovitsky, O. A. Tyazhelov [et al.] // *Trauma*. — 2018. — Vol. 19 (1). — P. 17–24. — DOI: 10.22141/1608-1706.1.19.2018.126658. (in Russian)
9. Yamaguchi G. T. Dynamic modeling of musculoskeletal motion: A vectorized approach for biomechanical analysis in three dimensions / G. T. Yamaguchi. — Springer, 2001. — 262 p.
10. Modeling the work of pelvic girdle muscles after hip replacement in different size of global femoral offset / O. A. Tyazhelov, M. Yu. Karpinsky, E. D. Karpinskaya [et al.] // *Trauma*. — 2017. — Vol. 18 (6). — P. 133–141. (in Russian)

**MATHEMATICAL MODELING OF PELVIC MUSCLE FUNCTION
IN PATIENTS WITH HIP JOINT ADDUCTION CONTRACTURE
AT SINGLE-SUPPORT STANDING**

O. A. Tyazhelov ¹, M. Yu. Karpinsky ¹, O. D. Karpinska ¹, D. O. Yurchenko ², O. Yu. Branitsky ³

¹ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

² Donetsk National Medical University. Ukraine

³ National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya. Ukraine

✉ Olexiy Tyazhelov, MD, Prof. in Orthopaedics and Traumatology: alzhar3001@gmail.com

✉ Mykhaylo Karpinsky: korab.karpinsky9@gmail.com

✉ Olena Karpinska: helen.karpinska@gmail.com

✉ Denys Yurchenko: xnuvijak@gmail.com

✉ Oleksandr Branitsky: branicki2018@gmail.com

УДК 616.748-007.23:616.758-005.4]-003.93:611.018.1"712.4"](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021463-69>

Дослідження структурних змін у субфасціальній ділянці скелетних м'язів гомілки після травматичної ішемії та впливу регенеративних технологій на відновлювальні процеси (експериментальне дослідження)

А. Т. Підлісецький^{1,2}, О. В. Долгополов¹, С. І. Савосько³, О. М. Макаренко⁴

¹ ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

² КНП ЛОР «Львівський обласний госпіталь ветеранів війни та репресованих імені Ю. Липи», Україна

³ Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, кафедра гістології та ембріології, Київ, Україна

⁴ Міжрегіональна Академія управління персоналом, Київ, Україна

Post-traumatic muscle ischemia results from severe injury and can lead to muscle dysfunction. Therefore, patient management and treatment are very significant in all periods of injury. New methods are performed, especially using regenerative technologies to avoid complications and improve long-term outcomes. Objective. To determine histological changes in the muscles of the injured limb after traumatic ischemia after injection of platelet-rich plasma, Bone marrow stem cell concentrate (BMAC), and Stromal vascular fraction (SVF) prepared from adipose tissue on the 5, 15, and 30 days. Material and methods. Experiments were conducted on rabbits (Chinchilla breed). A tourniquet imposed on a lower limb, from the middle third of the thigh to the ankle joint. After 6 hours, the tourniquet was removed. The animals were divided into four groups: control, platelet-rich plasma, bone marrow stem cell concentrate, and stromal vascular fraction prepared from adipose tissue—histological muscle changes provided by Tescan Mira 3 LMU (Czech Republic) in scanning transmission electron microscopy. Results. On the 5th day after the experiment were no significant histological changes in muscles but in the contrary on the 15 days after experiment in BMAC and SVF groups detected new muscle fibers formation in necrotic areas and myonucleus organization. On the 30th day new angiogenesis was detected around muscle fibers. Platelet-rich plasma group characterized by massive connective tissue formation in necrotic areas. Conclusions. Necrosis and progressive muscle hypotrophy are unavoidably for this type of injury. It was shown that BMAC and SVF could stimulate regeneration and angiogenesis. Key words. Traumatic ischemia, necrosis, histological changes in muscles.

Тактика ведення та лікування пацієнтів із післятравматичною ішемією м'язів кінцівок є визначальною на всіх етапах, тому розроблюють новітні методи лікування зі застосуванням клітинних технологій для попередження розвитку ускладнень і покращення віддалених результатів. Мета. Визначити в експерименті гістологічні зміни в м'язах ушкодженої кінцівки після травматичної ішемії за умов введення збагаченої тромбоцитами плазми, аспірата кісткового мозку та стромально-васкулярної фракції жирової тканини. Методи. Роботу виконано на 65 кролях породи Шиншила вагою 4,2–4,5 кг. Тваринам накладали джгут на ліву нижню кінцівку від середньої третини стегна до над'яtkово-гомількового суглоба, який через 6 год знімали. Після цього тварин розділили на 4 групи: 1-ша — ішемія-контроль, 2-га — введення збагаченої тромбоцитами плазми, 3-тя — введення клітин аспірата кісткового мозку, 4-та — стромально-васкулярної фракції жирової тканини. На 5, 15, 30-ту доби по 5 тварин із кожної групи виводили з експерименту та виконували гістологічні дослідження. Результати. На 5-ту добу після моделювання в усіх групах кролів виявлено набряк м'язової тканини, дегенерацію та фрагментацію м'язових волокон у субфасціальній ділянці. На 15 і 30-ту доби в 3-й і 4-й групах зафіксовано формування нових м'язових волокон на місцях некрозу, появу міотубул із міомер. На 30-ту добу в групі контроль-ішемія домінувала атрофія м'язових волокон. Висновки. Травматична ішемія кінцівки кролів протягом 6 год спричинює дегенерацію та прогресування гіпотрофії м'язових волокон скелетних м'язів гомілки. Введення збагаченої тромбоцитами плазми, аспірата кісткового мозку та стромально-васкулярної фракції жирової тканини не призводить до відновлення м'язової тканини в субфасціальних ділянках, але позначається на частковому збереженні м'язових волокон глибоких м'язів.

Ключові слова. Кролі, травматична ішемія, нижня кінцівка, некроз, гістологічні зміни в м'язах

Вступ

Атрофія скелетних м'язів на фоні тяжкої травми нервів кінцівки і травматичної ішемії є стійкою, а функція кінцівки — значно погіршеною. Навіть за умов раннього й успішного мікрохірургічного відновлення периферичних нервів, кровоносних судин кінцівки й адекватної післяопераційної терапії неможливо з високою ймовірністю прогнозувати ступінь відновлення м'язів кінцівки, атрофія яких може бути незворотною, із розвитком фіброзу, контрактур та інвазії жировою тканиною. За умов виникнення атрофії м'язових волокон після різних ушкоджень є тенденція до наростання різного ступеня незворотних морфологічних змін, навіть після лікування дефіцит функції кінцівки є неминучим [1, 2].

Відомо, що скелетні м'язи мають потенціал до регенерації у відповідь на різні типи ушкоджень, такі як травма, ішемія та деякі типи м'язової дистрофії [2–5]. Проте структурні основи та динаміка відновлення в скелетних м'язах досліджені недостатньо. Передбачають, що регенерацію м'язової тканини можна стимулювати шляхом використання аутологічних клітинних технологій. Зокрема встановлено, що введення пацієнтам із критичною ішемією кінцівки мезенхімальних стромальних клітин (МСК), одержаних із кісткового мозку, стимулювало ангиогенез і дало змогу зберегти ішемічно уражену кінцівку в близько 80 % випадків [6]. Дослідження впливу МСК кісткового мозку показали їхню стимулювальну дію на проліферацію та міграцію ендотеліальних клітин і диференціацію міобластів [7]. Проте слід урахувати, що близько 98 % клітин в аспіраті кісткового мозку є популяцією гемопоетичних клітин, а решта 2 % — попередники ендотеліоцитів і деякі інші клітини [8, 9].

Як альтернативу ізольованим МСК пропонують використовувати в травматології для стимуляції регенерації тканин після травматичних ушкоджень концентрований аутологічний аспірат кісткового мозку, одержаний з жирової тканини клітини та концентрат тромбоцитарної плазми [10].

Раніше ми виявили ушкодження периферійного нерва кінцівки, структурні та біохімічні зміни скелетних м'язів після травматичної ішемії, суттєву атрофію м'язових волокон із фібротизацією, а також клітинну реорганізацію вздовж окремих м'язових волокон, що може бути раннім проявом регенерації [11]. Морфометрія ушкоджених м'язових волокон не дозволила цілком оцінити відновні процеси без і після введення суспензій

аутологічних клітин, хоча це зручний спосіб лінійного вимірювання м'язових волокон, динаміки їхньої атрофії. Аналіз біохімічних змін у м'язах указує на порушення окисно-відновних процесів і стрімке нагромадження продуктів перекисного окиснення ліпідів, які можуть здійснювати цитотоксичну дію на ушкоджені клітини і, відповідно, провокувати перманентні порушення [12].

У цьому дослідженні ми додатково використали трансмісійну електронну мікроскопію для аналізу реакцій клітин-сателітів в ушкоджених ділянках м'язів. Ґрунтуючись на опублікованих працях, раніше не порівнювали ці зміни після травматичної ішемії та введення тромбоцитарної плазми й аспіратів клітин. Усе зазначене свідчить про актуальність проблеми вивчення морфологічних основ регенерації скелетних м'язів після травматичної ішемії та виявлення явищ активації відновних процесів або небажаних наслідків застосування тканинних технологій у травматології.

Мета дослідження: дослідити регенерацію м'язів гомілки після травматичної ішемії та введення тромбоцитарної плазми, аспірата клітин кісткового мозку та жирової тканини.

Матеріал і методи

Експерименти проведено на 65 кролях породи Шиншила вагою 4,2–4,5 кг. Тваринам моделювали механічну ішемію лівої задньої кінцівки. Для цього на неї накладали медичний еластичний джгут (ширина 5,5 см) від середньої третини стегна до над'яtkово-гомілкового суглоба, тим самим іммобілізували кінцівку та спричинювали порушення перфузії судин. Через 6 год джгут знімали та розподілили тварин на 4 групи по 15 особин у кожній: 1-ша — ішемія-контроль, 2-га — введення тромбоцитарного концентрату плазми, 3-тя — аспірата клітин кісткового мозку, 4-та — стромально-васкулярної фракції жирової тканини. По 5 кролів із кожної групи виводили з експерименту на 5, 15 і 30-ту доби. Для морфометричного дослідження додатково використано 5 інтактних кролів. Тварин наркотизували тіопенталом натрію у дозі 60 мг/кг (внутрішньоочеревинно).

Усі маніпуляції з тваринами виконано відповідно до положень Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей, № 123, Рада Європи, L222, 24.08.1999 і комісії з біоетики ДУ «Інститут травматології та ортопедії при НАМН України» (протокол № 4 від 10.12.2021).

Приготування концентрату тромбоцитарної плазми

Здійснювали забір крові з вушної вени кроля у кількості 5 мл, яку поміщали в спеціальну пробірку для отримання концентрату тромбоцитарної маси. Після чого проводили центрифугування за 760 г протягом 8 хв. Отриманий концентрат евакуювали у 5 мл шприц і вводили в задній глибокий футляр гомілки.

Одержання аспірата клітин кісткового мозку

Аутологічний аспірат клітин кісткового мозку отримували з проксимального відділу стегна кролів. Кістковий троакар (діаметр 10 G) вводили в проксимальний відділ стегна, шприцом 5 мл виконували аспірацію кісткового мозку в об'ємі 2 мл. Аспірат сепарували через фільтр Tulip Emulsifier™, додавали антикоагулянт цитрат декстрози АЦД-А. Отриманий аспірат центрифугували за 760 г протягом 8 хв та проводили аспірацію 1 мл верхнього шару плазми та клітинного шару (55 800 клітин/мл).

Одержання стромально-васкулярної фракції жирової тканини

Через доступ до 2 см виконували забір 5 мг черевного сальника, який подрібнювали механічним способом до стану суспензії, котру гомогенізували за допомогою пропускання систем у двох з'єднаних шприців через 1 мм отвір. Після чого її центрифугували за 760 г протягом 8 хв.

Концентрат тромбоцитарної плазми, клітини аспірата кісткового мозку та суспензії жирової тканини вводили в середню третину литкового м'яза.

Гістологічні дослідження

Фрагменти м'язів тварин із ділянкою введення клітин і плазми фіксували в 10 % розчині формаліну на фосфатному буфері (рН = 7,4) упродовж 24 год за температури 4 °С. Потім зразки промивали, зневоднювали в розчині ізопропанолу з хлороформом (70–99,8 %) (1:1) та заливали в парафін. На мікротомі Thermo Microm HM 360 (Thermo Fisher Scientific, США) виготовляли зрізи товщиною 6 мкм, депарафінували, забарвлювали гематоксиліном та еозином. Морфометрію м'язових волокон (діаметр, мкм) здійснювали за допомогою програмного забезпечення Carl Zeiss (AxioVision SE64 Rel.4.9.1) (Carl Zeiss Microscopy, LLC, США) та мікроскопа BX 51 (Olympus, Японія).

Трансмисійна електронна мікроскопія (ТЕМ)

Зразки м'язів фіксували у 2,5 % розчині глутаральдегіду у фосфатному буфері з наступною дофіксацією 1 % OsO₄, зневоднювали в етанолі й ацетоні, ущільнювали в епоксидній смо-

лі (Epon 812, Araldite 502). Ультратонкі зрізи з епоксидних блоків одержували на ультратомі Reichert-Jung (Ultracut E, Німеччина). Зрізи фіксували на вольфрамових сітках і контрастували 2 % розчином уранілацетату та цитратом свинцю. Зразки досліджували на скануючому електронному мікроскопі Tescan Mira 3 LMU (Чехія) у режимі трансмісійної мікроскопії (STEM).

Статистичні дослідження проведено в програмі Origin Lab 8.0. Показники подані у вигляді $M \pm m$, де M — середнє значення, m — стандартна похибка. Групи порівнювали за допомогою непараметричного критерію Крускала-Уоліса. Різниці вважали суттєвими з $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення

За результатами гістологічних досліджень субфасціальної ділянки м'язів у контрольній групі тварин з ішемією, у групах після введення концентрату тромбоцитарної плазми, клітин аспірата кісткового мозку та стромально-васкулярної фракції жирової тканини на 5, 15 і 30-ту доби виявлено структурні порушення у м'язових волокнах, сполучній тканині ендомізії та перимізії.

У групі ішемія-контроль (рис. 1, а, б, в) зафіксовано набряк, суттєве зменшення товщини або фрагментацію м'язових волокон, їхню атрофію на 30-ту добу. На 5-ту добу внаслідок набряку між м'язовими волокнами збільшився інтерстиційний простір. Одночасно виявлено волокна з ознаками атрофії та з додатковими ядрами (рис. 1, а). В ендомізії та перимізії зафіксовано розшарування колагенових волокон унаслідок набряку, ділянки з моноклеарною інфільтрацією, стаз судин капілярного типу. За допомогою ТЕМ виявлено ділянки клітинного детриту та макрофагів із фагосомами, зафіксовано активний фагоцитоз та утилізацію цих продуктів (рис. 2, а).

Після введення тромбоцитарної плазми на 5-ту добу, як і у групі ішемія-контроль, визначено зміни щільності та форми м'язових волокон, їхнє роз'єднання внаслідок набряку ендомізії. У деяких м'язових волокнах зафіксовано збільшення кількості ядер по контуру волокна, що можна розглядати як прояв регенерації (рис. 1, г). За допомогою ТЕМ встановлено деструктивні зміни фіброblastів перимізії — лізис ядер, вакуолізацію цитоплазми. Визначено появу макрофагів (рис. 2, г). Відомо, що регенерація скелетних м'язів передбачає симбіоз макрофагів і міобластів [3].

Введення аспірата клітин кісткового мозку не сприяло поліпшенню структури дегенеративно змінених м'язових волокон унаслідок ішемії.

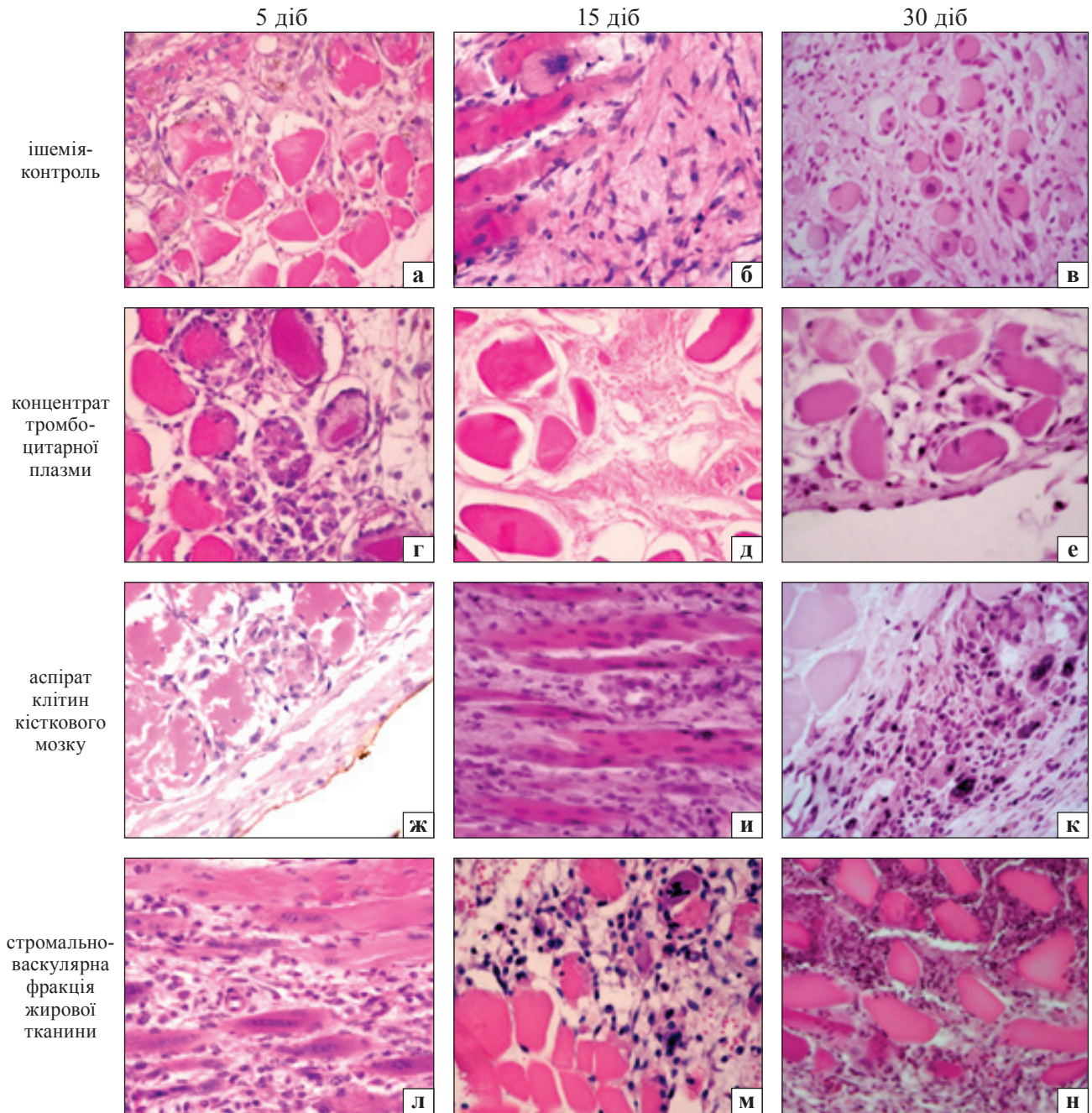


Рис. 1. Структурні зміни у субфасціальній ділянці скелетних м'язів голілки кролів з ішемією кінцівки (а–в) та введенням тромбоцитарного концентрату плазми (г–е), аспірата клітин кісткового мозку (ж–к), стромально-васкулярної фракції кісткової тканини (л–о). Дегенерація м'язових волокон у всіх групах на 5-ту добу та на всі терміни в 4-й групі (л–н); запальна інфільтрація (н); поява груп ядер в ушкоджених волокнах (в, д, е, и, к). Гематоксилін та еозин. Об. 40, ок. 10

Відмічено глибокий розпад м'язових волокон (рис. 1, ж), проліферацію фібробластів між м'язовими волокнами, порушення гістоархітекtonіки ендомізійу (рис. 2, ж).

Після введення в ділянку м'яза стромально-васкулярної фракції жирової тканини також спостерігали деструктивні порушення м'язових волокон, проте поміж ними вже на 5-ту добу розташовувалися мононуклеарні клітини та фібробласти (рис. 1, л). У м'язових волокнах виявлено по-

здовжньо орієнтовані стрічки ядер, що є проявом регенерації. У ділянках деструкції переважали макрофаги з фагосомами, зафіксовано елімінацію з інтерстиційного простору клітинного детриту та ліпідні гранули, що походять від адипоцитів (рис. 2, г).

Через 15 діб після моделювання ішемії в усіх серіях експерименту відмічено схожі дегенеративні зміни, а саме: витончення м'язових волокон із порушенням поперечної посмугованості на

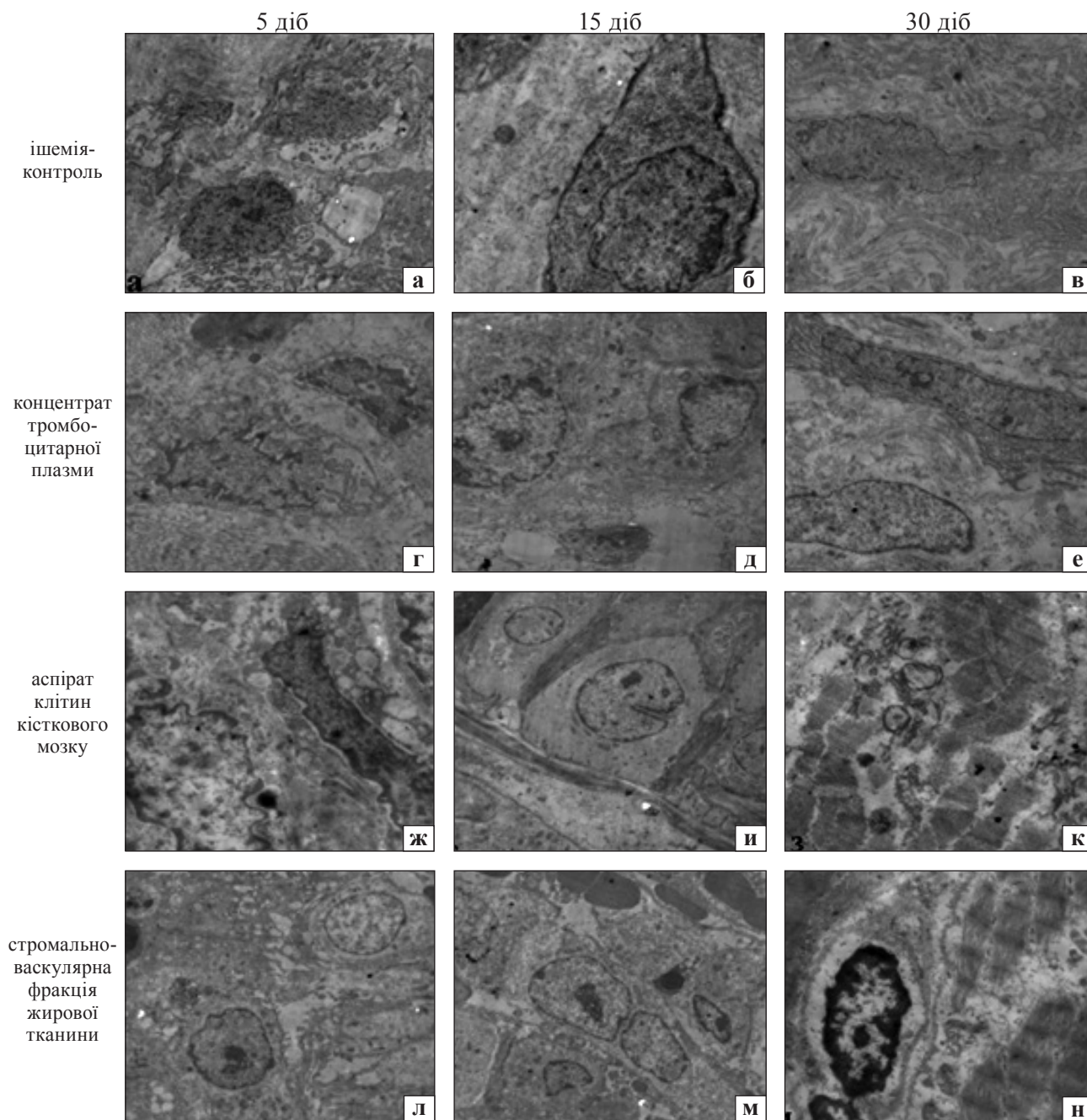


Рис. 2. Ділянки ушкодження м'язів гомілки з ішемією кінцівки (а–в) та подальшим введенням тромбоцитарного концентрату плазми (г–е), аспірата клітин кісткового мозку (ж–к), стромально-васкулярної фракції жирової тканини (л–н). Макрофаги на 5-ту добу в усіх групах; клітини-сателіти на 15-ту добу (и, м); збільшення щільності колагену (ж); ламелярні атипіві тільця у м'язових волокнах (к). Контрастування оксидом осмію й уранілацетатом TEM. Збільшення 60 000 (ж, к, н); 30 000 (г, д, е); 22 000 (а–в, и)

поздовжніх зрізах, центральне розташування ядер, ознаки атрофії. Зберігався набряк, що призвело до роз'єднання м'язових волокон (рис. 1, д, м). Після введення тромбоцитарного концентрату плазми було виявлено групи м'язових волокон без ядер, що також вказує на їхню атрофію (рис. 1, д). Відбулось ремоделювання ендомізю й перимізю з утворенням пухкої сполучної тканини (рис. 1, б, и).

За електронномікроскопічним дослідженням у групі контроль-ішемія та після введення концентрату тромбоцитарної плазми реєстрували ділянки з фібробластиами, колагеногенезом (рис. 2 б, д). Після введення аспірата клітин кісткового мозку та клітин жирової тканини зафіксовано ділянки зі стрічками з клітин-сателітів, подекуди відмічено формування міотубул (рис. 2, и, м), що є ознакою регенерації.

Міобласти мали великі ядра, в них домінував еухроматин, а у цитоплазмі не реєстрували міофібрил. За науковою інформацією, міобластична диференціація починається з активації резидентних клітин-сателітів [13].

На 30-ту добу в м'язах переважали дегенеративні зміни в усіх серіях експерименту. На різних ділянках перимізію й ендомізію спостерігали фіброз. Істотну атрофію м'язових волокон зафіксовано в групі ішемія-контроль (рис. 1, в), а після введення клітин жирової тканини відмічено додаткові запальні інфільтрати (рис. 1, н). Регенеративні зміни були пов'язані з проліферацією клітин, наявністю сателітів і макрофагів. У глибоких міонах виявлено появу додаткових ядер уздовж м'язових волокон, що також є проявом регенерації. У процесі електронно-мікроскопічного дослідження на цей термін спостереження визначено збільшення кількості фіброblastів і колагену (рис. 2, в, е), у м'язових волокнах — атипові ламелярні структури, що є проявом аутофагії (рис. 2, к). У структурно збережених м'язових волокнах зафіксовано міофібрили з межами саркомерів, хоча щільність фібрил в актин-міозинових комплексах була зменшеною (рис. 2, н).

За результатами морфометричного дослідження м'язові волокна глибокої зони на 30-ту добу після ішемії кінцівки мали значно менший діаметр порівняно з показником інтактної групи — $(41,9 \pm 2,5)$ мкм проти $(81,5 \pm 1,4)$ мкм ($p < 0,05$). Після введення тромбоцитарної плазми ширина м'язових волокон виявилася більшою порівняно з 1-ю групою експерименту в 1,7 разу, проте не досягала контрольних показників — $(70,5 \pm 1,8)$ мкм проти $(81,5 \pm 1,4)$ мкм ($p < 0,05$). Зростання ширини м'язових волокон зафіксовано також у серії з введенням клітин кісткового мозку — $(65,2 \pm 2,2)$ мкм, зі стромально-васкулярною фракцією жирової тканини — $(45,7 \pm 1,7)$ мкм. Ці величини також виявилися суттєво меншими ($p < 0,05$) порівняно з інтактною групою.

Відомо, що для значних ушкоджень скелетної м'язової тканини характерною є низька репаративна спроможність, що обумовлює проведення досліджень щодо використання різних технологій стимуляції регенерації [14]. Проте особливості використання клітинних технологій і збагаченої тромбоцитами плазми потребують поглибленого виявлення, бо дотепер за їхнім застосуванням повідомлено лише про часткове відновлення м'язової тканини [15]. Поліпшення запального стану, зменшення розміру фіброзного рубця та відновлення продемонстровано в оброблених

PRP уражених м'язах [16]. У разі використання концентрату тромбоцитарної плазми на всі терміни експерименту ми спостерігали дегенеративні зміни м'язової тканини з формуванням ділянок фіброзу. Після введення аспірата клітин кісткового мозку та стромально-васкулярної фракції жирової тканини відмічено підвищення репаративних проявів, хоча в 4-й групі розвинулася запальна інфільтрація, що є небажаним наслідком застосування клітин, одержаних із жирової тканини.

Таким чином, проведені гістологічні й електронно-мікроскопічні дослідження дозволили зробити кілька важливих висновків. По-перше, у наслідок 6-годинної механічної ішемії розвиваються дегенеративні зміни в скелетних м'язах кінцівки з вираженими проявами в ділянках субфасціальних міонів, а м'язи глибоких міонів зазнають гіпотрофії, що проявляється значним зменшенням товщини м'язових волокон. По-друге, застосування тканинних технологій лише частково запобігає прогресуванню деструктивних змін м'язів у віддалений термін. Ішемічне ушкодження поверхневих міонів у субфасціальній ділянці є необоротним. Введення клітин аспірата кісткового мозку, стромально-васкулярної фракції жирової тканини та концентрату тромбоцитарної плазми не призвело до регенерації м'язів. На кінцевий термін спостереження (30-та доба) зберігаються деструктивні зміни м'язових волокон, набряк, фібротизація ендомізію та перимізію. Проте на межі некрозу відбувається регенерація окремих м'язових волокон, що за даними електронної мікроскопії виявлено починаючи з 15-ї доби. Дискусійним є питання частоти введення досліджених чинників і ймовірно кілька ін'єкцій сприяло б покращенню результатів, що потребує подальшого дослідження. Відомо, що наслідки травматичної ішемії в м'язах залежать від стану кровоносної мікроциркуляції, проте в поданій роботі ці дані не висвітлено.

Висновки

Травматична ішемія кінцівки кролів протягом 6 год спричинює розвиток дегенеративних змін із прогресуванням гіпотрофії м'язових волокон скелетних м'язів гомілки. Введення тромбоцитарної плазми, аспірата кісткового мозку та стромально-васкулярної фракції жирової тканини не приводить до відновлення м'язової тканини в субфасціальних ділянках, проте позначається на частковому збереженні м'язових волокон глибоких міонів м'язу, що виявлено за мор-

фометричними дослідженнями на 30-ту добу експерименту.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Savel'ev V. A. Long-term results of restoration of the peripheral nerve trunks of the upper extremities: a clinical and experimental study : / abstract dis. ... candidate of medical sciences / V. A. Savel'ev . — Dushanbe, 2009. — 23 p.
2. Satellite cells CD44 positive drive muscle regeneration in osteoarthritis patients / M. Scimeca, E. Bonanno, E. Piccirilli [et al.] // *Stem Cells International*. — 2015. — Vol. 2015. — Article ID: 469459. — DOI: 10.1155/2015/469459.
3. Skeletal muscle regeneration involves macrophage-myoblast bonding / L. C. Ceafalan, T. E. Fertig, A. C. Popescu [et al.] // *Cell Adhesion & Migration*. — 2018. — Vol. 12 (3). — P. 228–235. — DOI: 10.1080/19336918.2017.1346774.
4. Pax7 is required for the specification of myogenic satellite cells / P. Seale, L. A. Sabourin, A. Girgis-Gabardo [et al.] // *Cell*. — 2000. — Vol. 102 (6). — P. 777–786. — DOI: 10.1016/s0092-8674(00)00066-0.
5. Harri J. B. Myotoxic phospholipases A2 and the regeneration of skeletal muscles / J. B. Harris // *Toxicon*. — 2003. — Vol. 42. — P. 933–945. — DOI: 10.1016/j.toxicon.2003.11.011.
6. Autologous transplantation of CD34(+) bone marrow derived mononuclear cells in management of non-reconstructable critical lower limb ischemia / A. M. Ismail, S. M. Abdou, H. A. Aty [et al.] // *Cytotechnology*. — 2016. — Vol. 68 (4). — P. 771–781. — DOI: 10.1007/s10616-014-9828-7.
7. Hypoxia preconditioned mesenchymal stem cells improve vascular and skeletal muscle fiber regeneration after ischemia through a Wnt4-dependent pathway / L. Leroux, B. Descamps, N. F. Tojais [et al.] // *Molecular Therapy*. — 2010. — Vol. 18(8). — P. 1545–1552. — DOI: 10.1038/mt.2010.108.
8. Liew A. Therapeutic potential for mesenchymal stem cell transplantation in critical limb ischemia / A. Liew, T. O'Brien // *Stem Cell Research & Therapy*. — 2012. — Vol. 3 (4). — Article ID: 28. — DOI: 10.1186/scrt119.
9. Elshaer S. L. Cell Therapy and critical limb ischemia: evidence and window of opportunity in obesity / S. L. Elshaer, R. E. Lorys, A. B. El-Remessy // *Obesity & Control Therapies*. — 2016. — Vol. 3 (1). — Article ID: 121. — DOI: 10.15226/2374-8354/3/1/00121.
10. Treatment of muscle injuries with platelet-rich plasma: a review of the literature / K. Setayesh, A. Villarreal, A. Gottschalk [et al.] // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. — 2018. — Vol. 11 (4). — P. 635–642. — DOI: 10.1007/s12178-018-9526-8.
11. Peripheral nerve lesions after a mechanically induced limb ischemia / A. Pidlisetsky, S. Savosko, O. Dolhopolov [et al.] // *Georgian Medical News*. — 2021. — Vol. 310. — P. 165–169.
12. Administration of platelet-rich plasma or concentrated bone marrow aspirate after mechanically induced ischemia improves biochemical parameters in skeletal muscle / A. T. Pidlisetsky, G. V. Kosiakova, T. M. Goridko [et al.] // *The Ukrainian Biochemical Journal*. — 2021. — Vol. 93 (3). — P. 30–38. — DOI: 10.15407/ubj93.03.030.
13. Turner N. J. Regeneration of skeletal muscle / N. J. Turner, S. F. Badylak // *Cell and Tissue Research*. — 2012. — Vol. 347 (3). — P. 759–774. — DOI: 10.1007/s00441-011-1185-7.
14. Langridge B. Regenerative medicine for skeletal muscle loss: a review of current tissue engineering approaches / B. Langridge, M. Griffin, P. E. Butler // *Journal of Materials Science. Materials in Medicine*. — 2021. — Vol. 32 (1). — Article ID: 15. — DOI: 10.1007/s10856-020-06476-5.
15. Influence of platelet-rich and platelet-poor plasma on endogenous mechanisms of skeletal muscle repair/regeneration / F. Chellini, A. Tani, S. Zecchi-Orlandini [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2019. — Vol. 20 (3). — Article ID: 683. — DOI: 10.3390/ijms20030683.
16. Punduk Z. Single dose of intra-muscular platelet rich plasma reverses the increase in plasma iron levels in exercise-induced muscle damage: A pilot study / Z. Punduk, O. Oral, N. Ozkayin [et al.] // *Journal of Sport and Health Science*. — 2016. — Vol. 5 (1). — P. 109–114. — DOI: 10.1016/j.jshs.2014.11.005.

Стаття надійшла до редакції 30.08.2021

THE INFLUENCE OF REGENERATIVE TECHNOLOGIES ON RECOVERY PROCESSES IN LEG AFTER TRAUMATIC ISCHEMIA (EXPERIMENTAL STUDY)

A. T. Pidlisetsky^{1,2}, O. V. Dolhopolov¹, S. I. Savosko³, O. M. Makarenko⁴

¹ SI «Institute of Traumatology and Orthopedics NAMS of Ukraine», Kyiv

² Communal non-profit enterprise ENT «Lviv Regional Hospital for War Veterans and Repressed named after Yu. Lypa». Ukraine

³ Bohomolets National Medical University, Department of Histology and Embryology, Kyiv. Ukraine

⁴ Interregional Academy of personnel Management, Kyiv. Ukraine

✉ Andriy Pidlisetsky: apidlis@gmail.com

✉ Oleksii Dolhopolov, MD, DSci in Orthopaedics and Traumatology: poloff@ua.fm

✉ Serhii Savosko, MD, PhD: savosko_s@ukr.net

✉ Olexandr Makarenko, MD, DSci in Orthopaedics and Traumatology: makarenko.alexander.1954@gmail.com

НА ДОПОМОГУ ЛІКАРЮ, ЩО ПРАКТИКУЄ. ЛЕКЦІЇ

УДК 616.728.2+616.728.3]-089.843-77(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021470-78>

Сучасні тенденції ендопротезування кульшового та колінного суглобів

І. М. Зазірний, К. І. Барабаш

Центр ортопедії, травматології і спортивної медицини Клінічної лікарні «Феофанія», Київ, Україна

Total hip (THA) and knee (TKA) arthroplasty is an effective surgical treatment for late-stage osteoarthritis. Objective. Highlight the most significant technological developments in the design of implants and assistive technologies for hip and knee arthroplasty. Results. The development of hip and knee arthroplasty is associated with the desire to improve treatment outcomes, reduce complications and increase the survival of implants. The emphasis is placed on some of the most interesting, in our opinion, trends in this area. It has been shown that metal-to-metal friction steam implants are used to replace the articular surface of the hip joint, but the method is the best option only for active men with a large hip joint. New approaches involve the use of friction pairs «ceramic – ceramic» or «metal – polyethylene». The creation of smaller femoral components of endoprostheses (mini-legs) for THA is aimed at preserving bone tissue and achieving physiological load. Dual mobility endoprostheses are increasingly preferred for primary THA. The creation of implants with a porous surface (in particular, with the use of additive technologies) is promising to increase their osteointegration and antibacterial properties. The latest direction is the creation of robotic support systems for joint replacement operations, which will improve the accuracy of implant positioning, reduce blood loss, improve functional results, as well as achieve after TKA balance of ligaments and joint space by accurately determining its size and accuracy resection of the femur. However, high-evidence clinical trials are needed to find convincing long-term results for this approach to become standard in hip and knee arthroplasty. Conclusions. Robotic surgery is one of the most interesting developments in hip and knee surgery. The growth in the use of this technology has shown convincing long-term results. Key words. Orthopaedics, hip arthroplasty, total knee arthroplasty, osteoarthritis, robot-assisted surgery.

Тотальне ендопротезування кульшового (ТЕК) та колінного суглобів (ТЕКС) є ефективним хірургічним методом лікування остеоартрозу на пізніх стадіях. Мета. Висвітлити найзначніший технологічні розробки щодо дизайну імплантатів і допоміжних технологій для ендопротезування кульшового та колінного суглобів. Результати. Розвиток ендопротезування кульшового та колінного суглобів пов'язаний із прагненням покращити результати лікування, зменшити ускладнення та підвищити виживаність імплантатів. Акцентовано увагу на деяких найцікавіших, на нашу думку, тенденціях у цій галузі. Показано, що для заміни суглобової поверхні кульшового суглоба використовують імплантати з парою тертя «метал – метал», але метод є оптимальним варіантом лише для активних чоловіків із великим кульшовим суглобом. Нові підходи передбачають застосування пар тертя «кераміка – кераміка» або «метал – поліетилен». Створення менших стегнових компонентів ендопротезів (мінініжок) для ТЕК спрямовано на збереження кісткової тканини та досягнення фізіологічного навантаження. Ендопротезам із подвійною мобільністю все частіше віддають перевагу для первинного ТЕК. Перспективним є створення імплантатів із пористою поверхнею (зокрема, і з використанням адитивних технологій) для підвищення їхніх остеointegraційних і антибактеріальних властивостей. Новітнім напрямом є створення роботизованих систем супроводу операцій ендопротезування, що дасть змогу покращити точність позиціонування імплантатів, зменшити крововтрату, покращити функціональні результати, а також досягти після ТЕКС балансу зв'язок і суглобової цілності завдяки точному визначенню її розмірів та точної резекції стегнової кістки. Проте необхідно провести клінічні дослідження з високим рівнем доказовості для виявлення переконливих довгострокових результатів, щоб цей підхід став стандартом в ендопротезуванні кульшового та колінного суглобів. Висновки. Роботизована хірургія є однією з найцікавіших розробок хірургії кульшового та колінного суглобів. Проте необхідні подальші дослідження в цьому напрямі.

Ключові слова. Ортопедія, ендопротезування кульшового суглоба, тотальне ендопротезування колінного суглоба, остеоартрит, робото-асистована хірургія

Вступ

Тотальне ендопротезування кульшового та колінного суглобів є ефективним хірургічним методом лікування остеоартрозу. Замісна операція передбачає резекцію дегенеративного суглоба та заміну синтетичними компонентами, які реконструюють зношені поверхні суглоба, дозволяючи ранню безболісну мобілізацію. Дизайн і вдосконалення кульшового та колінного імплантатів за минуле століття були переважно зосереджені на зменшенні механічного зношування та покращення фіксації. Цей підхід був дуже успішним завдяки створенню поверхонь тертя та матеріалів для покриття імплантатів, забезпечуючи набагато довговічніші рішення, ніж ті, що були доступні за часи перших операцій ендопротезування кульшового та колінного суглобів у 1960-х.

Для представників сучасного людства характерна довша тривалість життя, продовження фізичних навантажень, що впливає на тенденцію до заміни суглобів на раніше. Тому робота щодо поліпшення виживаності імплантатів залишається актуальною. Проте все частіше розробки в технології ендопротезів кульшового та колінного суглобів зосереджені на методах, від яких очікують покращення стану та результатів лікування пацієнта завдяки стратегії імітації природнішої кінематики й оптимізованого розташування імплантатів. У цій роботі ми зупинились на висвітленні найбільш значних технологічних розробок щодо дизайну імплантатів і допоміжних технологій в ендопротезуванні кульшового та колінного суглобів.

Заміна суглобової поверхні кульшового суглоба (Hip resurfacing)

Заміна лише суглобової поверхні кульшового суглоба — це напрям, який слід розглядати як нову технологію, урахувавши те, що імплантати для цього використовують у різноманітних варіаціях понад 40 років [1]. Операція зі заміни суглобової поверхні кульшового суглоба забезпечує альтернативу більш традиційному ендопротезуванню для лікування остеоартрозу. Така хірургічна маніпуляція (рис. 1, а) дає змогу зберегти кісткову тканину стегнової кістки на відміну від класичного тотального ендопротезування. Більший розмір компонента головки стегнової кістки призводить до біомеханічно стійкішого з'єднання [2]. Але використання металоконструкції більших розмірів не обійшлося без певних недоліків: ці імплантати демонструють високі

відсотки ревізії, зазвичай, через утворення металевих мікрочастинок, які спричиняють побічні реакції в деяких пацієнтів. Збільшені показники ревізійних втручань негативно вплинули на сприйняття заміни суглобової поверхні кульшового суглоба.

Проте цей метод демонструє нижчий рівень вивихів і вищий — функціональних результатів для молодих активних пацієнтів порівняно з тотальним ендопротезуванням кульшового суглоба [3, 4]. При цьому заміна суглобової поверхні з використанням імплантів із парою тертя «метал – метал» залишається оптимальним варіантом для активних чоловіків із великим кульшовим суглобом, проте вже не розглядається для чоловіків із меншими розмірами головки стегнової кістки та ніколи для жінок. Нові підходи до вирішення цього питання передбачають застосування пар тертя «кераміка – кераміка» (рис. 1, б) або «метал – поліетилен» (рис. 1, в).

На сьогодні існують щонайменше два види кераміки для заміни суглобової поверхні, які проходять ранні клінічні випробування. Кераміку H1 — непористу для безцементної заміни суглобової поверхні — розроблену Embody Orthopedic Limited (Лондон, Великобританія) нині оцінюють у багатоцентровому обсерваційному дослідженні, розпочатому у вересні 2017 року. Метою цього десятирічного контрольованого дослідження є аналіз безпеки й ефективності протезування. Пара «кераміка – кераміка» ReCerf™, розроблена MatOrtho (Летерхед, Суррей, Великобританія) на сьогодні очікує сертифікації у Великобританії, хоча перший виріб був імплантований 24 вересня 2018 р. Ранніх клінічних даних ще немає для жодного з цих матеріалів, але біомеханічні дослідження на тілах померлих продемонстрували співставні деформації в разі встановлення стандартного металевого та новітнього керамічного ReCerf™ ацетабулярного компонента ендопротеза [5].

Хоча суглобова пара «кераміка – кераміка» справді має сприятливі характеристики зношування, існує занепокоєння щодо виникнення скрипу та крихкості керамічних опорних елементів. Крім того, можлива ймовірність небажаного зменшення щільності кісткової тканини навколо імплантованих керамічних елементів — явища, відомого як stress shielding [6]. Для усунення цієї потенційної проблеми розроблено пару тертя «метал – поперечно-зв'язаний поліетилен» (MoX) для заміни суглобової поверхні кульшового суглоба. Нині імплантовано понад сотні виробів MoX [7].

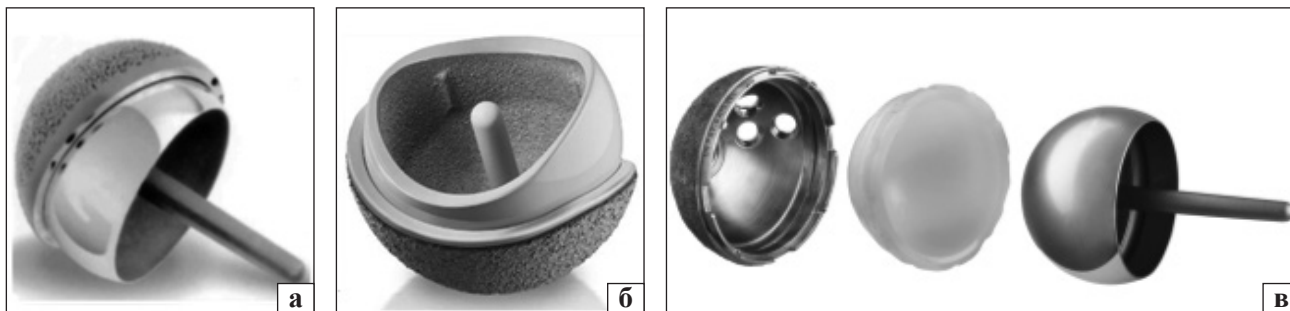


Рис. 1. а) Суглобові пари для заміни суглобової поверхні кульшового суглоба: «метал – метал» від Birmingham; б) «кераміка – кераміка» H1® (Emboday, London, UK); в) «метал – поперечно-зв'язаний поліетилен» (за [3])



Рис. 2. Мінініжка Tri-lock для тотального ендопротезування кульшового суглоба [13]

Ця суглобова пара має потенціал мінімізувати вивільнення іонів металів, а менша жорсткість поліетилену сприяє зниженню ризику виникнення феномену stress shielding порівняно з жорсткішими ацетабулярними компонентами, хоча водночас можливе збільшення об'ємного зносу поліетилену [8].

Тотальне ендопротезування кульшового суглоба імплантатом із мінініжкою

У наслідок відмови від заміни суглобової поверхні кульшового суглоба парою «метал – метал» і зростання популярності малоінвазивних хірургічних підходів намітилася тенденція створення менших стегнових компонентів ендопротезів (рис. 2), що спрямовано на збереження кісткової тканини та фізіологічніше навантаження проксимальної частини стегнової кістки [9].

Відмінності між філософіями і дизайном міні-ніжок відображують складність систематичних досліджень і метааналізів щодо їхнього використання [10]. Зокрема, S. Lidder і співавт. [11] на підставі аналізу 15 досліджень продемонстрували збереження імплантатів у 98,6 % випадків протягом у середньому 12 років. Проте термін

навчання спеціалістів для використання мінініжок є більшим, порівняно з рутинним тотальним ендопротезуванням кульшового суглоба, а необхідність у стабільній press fit фіксації вимагає зменшення кількості помилок установлення імплантатів і покращення хірургічної техніки [12]. У нещодавньому опублікованому рандомізованому дослідженні, яке тривало 2 роки, за допомогою радіостереометричного аналізу визначено стабільність імплантатів із мінініжкою, що була нижчою порівняно з ніжками стандартної довжини, а саме виявлено міграцію стегнових компонентів ендопротезів [13].

Тотальне ендопротезування кульшового суглоба імплантатом із подвійною рухомістю

Використанню суглобових ендопротезів із подвійною рухомістю, хоча це й не новітній метод (уперше запропонований Gilles Bousquet в 1974 році [14]), останніми роками все частіше віддають перевагу для первинного тотального ендопротезування кульшового суглоба [8]. Імплантати з подвійною рухомістю (рис. 3) складаються з металевої або керамічної головки невеликого розміру, яка є закритою, але мобільною всередині більшої поліетиленової головки, котра, у свою чергу, з'єднується з ацетабулярною частиною ендопротеза. На підставі аналізу національних суглобових реєстрів різних країн визначено тенденцію до збільшення використання з'єднань із подвійною мобільністю. Зокрема, у результаті вивчення Американського реєстру зі заміщення суглобів установлено підвищення застосування зазначених імплантатів до 6,9 % від загальної кількості операцій ендопротезування кульшових суглобів [15]. Навіть опубліковано пропозиції щодо використання ендопротезів із подвійною мобільністю як основної альтернативи традиційним імплантатам [16]. Зважаючи на покращення стабільності імплантатів із подвійною мобільністю, необхідним є вивчення впливу несприят-



Рис. 3. Тотальний ендопротез кульшового суглоба з подвійною рухомістю [18]

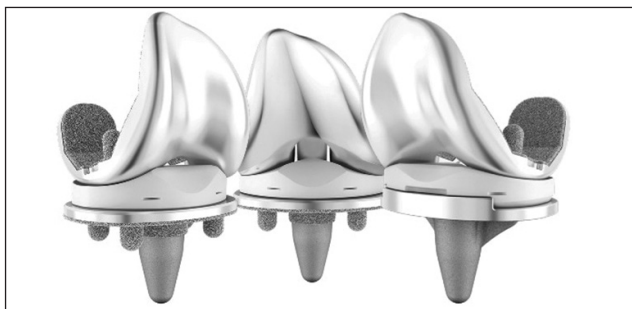


Рис. 4. Безцементний ендопротез колінного суглоба Attune Johnson & Johnson (за [27])

ливої попереково-тазової рухомості та її наслідків і розвитку вивихів тотальних ендопротезів кульшового суглоба. Виявлено зростання використання вказаних імплантатів у хворих із порушеною нервово-м'язовою системою або когнітивними розладами [17]. Проте існують проблеми, пов'язані зі зношуванням поліетилену, внутрішньосуглобовими вивихами, а також з обмеженням публікацій щодо довготривалої виживаності поліетиленових ендопротезів [18]. На сьогодні відомо, що середньорічне зношування лайнерів із подвійною рухомістю становить 38 мм³/рік, що не перевищує показник аналогічних цементних імплантатів [19].

Ендопротези з подвійною рухомістю були успішно використані для ревізії стегнового компонента з великою головкою в парі тертя «метал – метал» під час протезування кульшового суглоба [20]. Такі імплантати демонструють вищий рівень виживаності після ревізійних операцій порівняно зі стандартними (fixed-bearing implants) [21].

Безцементне тотальне ендопротезування колінного суглоба

Одним із найперспективніших напрямів у створенні імплантатів для ендопротезування колінного суглоба є безцементний метод фіксації. Традиційно ендопротези для тотального ендопротезування колінного суглоба фіксують поліметилметакрилатним цементом, який з'єднується з губчастою

кісткою реципієнта. Безцементне тотальне ендопротезування колінного суглоба має важливу перевагу — змогу уникнути додаткової речовини в ділянці взаємодії «кістка – імплантат» зі сподіванням на зменшення швидкості зношування та розхитування елементів конструкції. Проте на початку використання цієї техніки на фоні ідеальної фіксації стегнового компонента ендопротеза спостерігали 8 % асептичного розхитування великогомілкового імплантата й утворення навколо нього або гвинтів невеликих осередків лізису (12 %) за середнього терміну спостереження 11 років. Частота ревізії наколінкового компонента досягала 48 %. Зазначене стало підставою для відмови від використання техніки [22].

Нещодавні дослідження в галузі безцементної технології та дизайну конструкцій для неї привели до створення нового покоління імплантатів із пористим покриттям для безцементного тотального ендопротезування колінного суглоба. Це сприяло поверненню уваги до цієї техніки. Після проведення рандомізованого контрольованого дослідження зі залученням 147 пацієнтів, яке тривало в середньому 2 роки, не виявлено різниці за ранніми і віддаленими рентгенологічними та клінічними результатами в разі виконання цементного й безцементного ендопротезування колінного суглоба. Варто зазначити, що вік понад 75 років, індекс маси тіла понад 40 кг/м², остеопороз або дефекти кісток були критеріями виключення з дослідження [23]. J. M. Newman і співавт. [24] виконали метааналіз опублікованих у 2000–2017 роках досліджень, в яких порівнювали функціональні результати, виживаність імплантатів після первинного безцементного та цементного ендопротезування колінного суглоба з середньою тривалістю спостереження 6 років. Виявлено кращу виживаність безцементних імплантатів на фоні відсутності відмінностей функціональних результатів та обсягу рухів у суглобів. Проте в метааналіз було включено лише 7 робіт, що обумовлює проведення додаткових рандомізованих випробувань для отримання переконливих доказів на користь безцементної техніки. Відносно вибіркового характеру досліджень імплантатів для безцементного ендопротезування колінного суглоба обмежує впевненість щодо доцільності їхнього використання загалом для населення [25].

Безцементна технологія може бути успішною для одновиросткового ендопротезування колінного суглоба. Безцементна часткова заміна колінного суглоба OxfordVR® від Zimmer Biomet продемонструвала відмінну виживаність [26].

Проте після встановлення безцементних конструкцій під час ендопротезування колінного суглоба в багатьох молодих пацієнтів отримали незадовільні результати через значний лізис і втрату кісткової тканини [5]. Загалом первинні результати використання нового класу імплантатів для безцементної заміни колінного суглоба обнадійливі, хоча й необхідні подальші тривалі дослідження перед тим, як ця технологія замінить методику з використанням цементу.

Модифікація поверхні імплантата

Форма ендопротезів, яка відповідає анатомічній будові, біомеханіці та фізіологічному функціонуванню суглобів, є вкрай важливою складовою успіху хірургічного лікування хворих на остеоартроз III–IV стадії. Проте через збільшення випадків перипротезної інфекції та з метою покращення остеоінтеграції виконують усе більше досліджень із модифікації фізичних (рельєф поверхні, пористість) і хімічних властивостей імплантатів.

Натепер сплави титану, здебільшого Ti-6Al-4V, часто використовують в ортопедії завдяки біоінертності, біосумісності, необхідним біомеханічним властивостям і зручності модифікації поверхні [28]. Задля покращення остеоінтеграції та тривалої стабільності імплантатів зусилля дослідників зосереджені на створенні новітніх покриттів і методів їхнього нанесення, наприклад: піскоструминна обробка або використання плазмового напилення [29].

Визнання потенційно позитивних ефектів нанорельєфу поверхні імплантатів на їхню стабільність і функціональність привели до розвитку методів його модифікації. Ці підходи включають такі способи, як електронно-променева літографія, анодування, 3D-друк, що дають змогу створювати нанорозмірні трубки, ямки, пори та стовпчики на поверхні імплантата, що сприятиме покращенню остеокондукції й остеоінтеграції. Окрім цього, наноструктурні модифіковані матеріали (зокрема, титан і його сплави) також розглядають у контексті здатності мінімізувати адгезію бактерій, пригнічувати утворення біоплівки та забезпечувати знищення бактерій [30, 31]. Із моменту відкриття несприятливого впливу біоплівок, які утворюють збудники бактеріальної інфекції на поверхні імплантатів [32], розроблено привабливі підходи до розв'язання цієї проблеми за допомогою створення наноструктурних покриттів або елюювання бактерицидними іонами, такими як срібло. В експерименті *in vitro* показано, що нанощорсткі поверхні титану, утво-

рені шляхом електронно-променевого напилення, знижують адгезію *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, які відповідають за понад 50 % випадків перипротезної інфекції. Це відбувається за рахунок підвищення абсорбції фібронектину, який стимулює прикріплення остеобластів і, відповідно, утворення нової кістки [33]. Також у культурі клітин показано, що наноматриці, створені на поверхні титану за допомогою процесу гідротермального травлення, проявляють селективну бактерицидну дію, зменшуючи майже на 50 % прикріплених клітин *Pseudomonas aeruginosa* і близько 20 % — *S. aureus*. Натомість, прикріплення та проліферація первинних фібробластів людини протягом 10 днів росту збільшується [34]. Визначені властивості нанощорстких поверхонь титану дають змогу сподіватися на перешкоджання в разі їхнього використання розвитку колоній бактерій на імплантатах у ранньому післяопераційному періоді, що зменшить ризик виникнення такого загрозливого ускладнення ендопротезування, як бактеріальна інфекція.

Альтернативою модифікації структури поверхні імплантата є локальне вивільнення антибіотиків із масиву нанотрубок і синтетичних полімерів молочної та гліколієвої кислот, використання срібла як антибактеріального покриття тощо [35]. Наночасточки срібла найбільш вивчені неантибіотичні антибактеріальні покриття. Вони вивільняються в периімплантаційний простір і, проникаючи в бактеріальні клітини, руйнують їх. Зокрема, низька концентрація іонів срібла виявилася ефективною проти *S. aureus* протягом 10 днів культивування [36]. Проте великі концентрації іонів срібла можуть чинити цитотоксичну дію. Ці технології перебувають на стадії розроблення та вивчення, але, ймовірно, знайдуть практичне застосування [37].

Адитивне виробництво й індивідуальні імплантати

Здебільшого під час виконання операції ендопротезування використовують стандартні компоненти, які задовольняють більшість пацієнтів і хірургів. Виготовлення індивідуальних ендопротезів для реконструкції кульшового та колінного суглобів дасть змогу підвищити ефективність хірургічного лікування у випадку складних ревізійних втручань у пацієнтів зі значною втратою кісткової тканини, видалення пухлин і реконструкції дефектів після серйозних травм. Із розвитком технологій індивідуальні витрати на ендопротезування зменшуються, тож очікується зростання попиту на персональні імплантати [38].

Їхнє виготовлення для тотального ендопротезування кульшового суглоба спрямоване на зниження стресового навантаження завдяки відповідності ендопротеза анатомічним особливостям пацієнта, а також на точніше відновлення центра ротації суглоба. Спочатку імплантати виготовлялися на основі стандартних рентгенівських знімків за допомогою стандартного комп'ютерного управління (Computer Numerical Control, CNC) з механічним опрацюванням перед нанесенням покриття для стимулювання остеоінтеграції. Аналіз результатів застосування серії індивідуальних стегнових компонентів ендопротезів кульшового суглоба, виготовлених за цією технологією, показав виживаність 98,2 % із них через 13,2 років у середньому, що можна порівняти з найкращими стандартними компонентами стегна [39]. В аналогічному дослідженні E. Dessyn і співавт. [40] продемонстрували 96,8 % виживаності індивідуальних ніжок через 20 років після операції і 94,5 % — 25.

Новітні технології адитивного виробництва спростили виготовлення складних індивідуальних імплантатів, включаючи пористі структури зі змінною щільністю та жорсткістю, щоб мінімізувати резорбцію кістки через стресове навантаження [41]. Досвід використання спеціальних адитивних імплантатів пов'язаний із ревізійними операціями зі заміни ацетабулярного компонента. У нещодавно опублікованому огляді наукових публікацій за результатами 17 досліджень щодо використання спеціального трифланцевого ацетабулярного компонента показано, що загальна частота ускладнень становила 29 %. Найчастіше спостерігали вивих (11 %), потім — інфекційні ускладнення (6,2 %), ушкодження нервів (3,8 %), асептичне розхитування (1,7 %) [42]. Ці складні випадки продемонстрували результати, які співставні з іншими реконструктивними варіантами. Хоч ці нестандартні рішення часто здаються привабливим варіантом для важких випадків, слід пам'ятати, що через їхню індивідуальність неможливо створити однорідну групу дослідження для порівняння з групами пацієнтів, яким імплантовано стандартні ендопротези. Із 2002 року Комісія з оцінювання ортопедичних показників (Orthopaedic Data Evaluation Panel, ODEP) класифікувала результати стандартного ендопротезування, як безпечні й ефективні, а також встановила еталоном новітні імплантати. Проте така оцінка недоступна для індивідуальних ендопротезів, тому хірурги мають інформувати па-

цієнтів про відсутність показників виживаності імплантатів.

Роботизована хірургія

Рішення щодо інтраопераційного розміщення компонентів для ендопротезування колінного та кульшового суглобів традиційно спираються на анатомічні орієнтири й опорні точки для розташування компонентів. Одним із найбільш захоплюючих досягнень у галузі ендопротезування суглобів є використання роботизованих систем, які полегшують ухвалення критичних рішень хірургом. Такі системи почали використовувати ще в 1980-х роках [43]. Роботизована хірургія — це еволюція навігаційного ендопротезування, коли комп'ютерний супровід допомагає найкраще позиціонувати інструменти й імплантати. Наступний крок — робот допомагає позиціонувати інструменти або контролює їхню функцію для забезпечення резекції кістки, відповідної до запланованої. Хірургічний план може ґрунтуватися на анатомічних особливостях конкретного пацієнта, які визначено в результаті комп'ютерної томографії.

Значне зростання використання роботизованої хірургії припадає в США на останнє десятиріччя. У регіоні Нью-Йорк у 2008–2015 роках трохи більше 5 % від усіх процедур на кульшовому суглобі й операцій ендопротезування виконано з роботизованою або навігаційною допомогою [44]. Прагнення до збільшення використання роботизованих технологій вплинуло на залучення до їхнього виробництва провідних виробників кульшових та колінних імплантатів: СИСТЕМА Mako від Stryker, Navio/BlueBelt від Smith & Nephew, ROSA від Zimmer Biomet стають більш доступними.

Є вагомі докази того, що роботизована хірургія може допомогти покращити точність позиціонування імплантатів порівняно з ручним під час виконання тотального ендопротезування кульшового та колінного суглобів. Продемонстровано статистично значуще більшу кількість ацетабулярних компонентів, розміщених у межах 5° від цільового вирівнювання в разі використання роботизованої навігації [45]. Аналогічні результати отримано внаслідок спостереження за 300 пацієнтами, 100 з яких операцію тотального ендопротезування кульшового суглоба виконано з використанням роботизованої системи [46].

S. W. Bell і співавт. [47] провели рандомізоване дослідження зі залученням 120 пацієнтів і повідомили про підвищену точність розташування імплантатів за допомогою роботизованої

хірургії порівняно зі стандартними техніками під час одновиросткового ендопротезування колінного суглоба. Кілька інших робіт щодо використання роботизованих систем під час одновиросткового і тотального ендопротезування колінного суглоба також засвідчили підвищення точності розташування імплантатів за цих умов [48–50]. У разі ендопротезування колінного суглоба використання роботизованого супроводу уможливає досягнення в післяопераційному періоді балансу зв'язок і суглобової щілини завдяки точному визначенню її розмірів та точної роботизованої резекції стегнової кістки [51].

До інших переваг роботизованої хірургії належать: менша інтраопераційна крововтрата та кращі функціональні показники за шкалами HHS, WOMAC протягом 1,5 року після тотального ендопротезування кульшового суглоба [52]; захист м'яких тканин порівняно з мануальними методами [53]. Проте загалом існує небагато даних, завдяки яким можна припустити досягнення чудових функціональних результатів за використання цієї технології. У метааналізі S. Karunaratne і співавт. [54] оцінено результати 14 досліджень роботизованого ендопротезування колінного та кульшового суглобів і не виявлено різниці між функціональними результатами порівняно з мануальною хірургією. У жодному з включених досліджень не показано суттєвих відмінностей у рівні больового синдрому, якості життя або задоволеності операцією. Інші автори також не встановили різниці між групами роботизованого та мануального одновиросткового ендопротезування колінного суглоба з огляду на функціональні результати, частоту ревізійних операцій або діапазон рухів [55].

Роботизована хірургія пов'язана з додатковими витратами на придбання обладнання, спеціальні радіологічні дослідження, збільшеним часом операції. Ураховуючи невизначену на сьогодні клінічну користь, економічна ефективність стала бар'єром для ширшого впровадження цієї технології. Проте дослідження показали, що центри з великим пацієнтообігом (понад 1 000 на рік), які використовують роботизовану хірургію, можуть бути економічно ефективними для одновиросткового ендопротезування колінного суглоба [56]. У всякому разі, подальші дослідження в цій галузі триватимуть.

Висновки

У цьому огляді ми зупинились на кількох найцікавіших, на нашу думку, стратегіях і розробках

в ендопротезуванні кульшового та колінного суглобів, а також на питанні використання для таких хірургічних втручань робототехніки. Хоча ці розробки зосереджені на окремих аспектах ендопротезування суглобів, вони єдині у своїй загальній меті — поліпшенні результатів лікування пацієнтів. Зважаючи на те, що більшість класичних операцій ендопротезування забезпечили чудові віддалені результати, лише оцінка застосування роботизованої хірургії, отримана внаслідок якісного рандомізованого дослідження на рівні доказовості 1 чи 2 може виявити переконливі довгострокові результати, щоб виправдати її прийняття як стандартизованої сучасної технології ендопротезування.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Amstutz H. C. Hip resurfacing: history, current status, and future / H. C. Amstutz, M. J. L. Duff // *Hip International*. — 2015. — Vol. 25 (4). — P. 330–338. — DOI: 10.5301/hipint.5000268.
2. Su E. P. Hip resurfacing: for the right patient and surgeon / E. P. Su // *Seminars in Arthroplasty*. — 2016. — Vol. 27 (4). — P. 239–243. — DOI: 10.1053/j.sart.2017.03.012.
3. Patient-reported outcomes in hip resurfacing versus conventional total hip arthroplasty: a register-based matched cohort study of 726 patients / A. Oxblom, H. Hedlund, S. Nemes [et al.] // *Acta Orthopaedica*. — 2019. — Vol. 90 (4). — P. 1–10. — DOI: 10.1080/17453674.2019.1604343.
4. Haddad F. S. A prospective comparative study of cementless total hip arthroplasty and hip resurfacing in patients under the age of 55 years / F. S. Haddad, B. Konan, J. Tahmassebi // *The Bone & Joint Journal*. — 2015. — Vol. 97-B (5). — P. 617–622. — DOI: 10.1302/0301-620X.97B5.34537.
5. Comparing the cup deformation following implantation of a novel ceramic-on-ceramic hip resurfacing bearing to a metal standard in a cadaveric model / A. J. Farrier, L. Moore, W. Manning [et al.] // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of Engineering in Medicine*. — 2019. — Vol. 233 (6). — P. 603–610. — DOI: 10.1177/0954411919845721.
6. Su. E. P. Ceramic-Ceramic bearing: Too unpredictable to use it regularly / E. P. Su // *HSS Journal*. — 2012. — Vol. 8 (3). — P. 287–290. — DOI: 10.1007/s11420-012-9289-5.
7. Preliminary report of clinical experience with metal-on-highlycrosslinked-polyethylene hip resurfacing / R. B. C. Treacy, J. P. Holland, J. Daniel [et al.] // *Bone & Joint Research*. — 2019. — Vol. 8 (10). — P. 443–450. — DOI: 10.1302/2046-3758.810.BJR-2019-0060.R1.
8. The use of dual-mobility bearings in patients at high risk of dislocation / C. W. Jones, I. De Martino, R. D'Apolito [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. — 2019. — Vol. 101-B (1_Suppl_A). — P. 41–45. — DOI: 10.1302/0301-620X.101B1.BJJ-2018-0506.R1.
9. Stulberg S. D. The short stem: promises and pitfalls / S. D. Stulberg, R. M. Patel // *The Bone & Joint Journal*. — 2013. — Vol. 95-B (11 Suppl A). — P. 57–62. — DOI: 10.1302/0301-620X.95B11.32936.
10. Feyen H. Is the length of the femoral component important in primary total hip replacement? / H. Feyen, A. J. Shimmin // *The Bone & Joint Journal*. — 2014. — Vol. 96-B (4). — P. 442–448. DOI: 10.1302/0301-620X.96B4.33036.
11. Lidder S. A systematic review of short metaphyseal loading cementless stems in hip arthroplasty / S. Lidder, D. J. Ep-

- stein, G. Scott // *The Bone & Joint Journal*. — 2019. — Vol. 101-B (5). — P. 502–511. — DOI: 10.1302/0301-620X.101B5.BJJ-2018-1199.R1.
12. Pairon P. Stem size in hip arthroplasty : could shorter be better and when will we know? / Pairon P. and Haddad FS. // *The Bone & Joint Journal*. — 2018. — Vol. 100-B (9). — P. 1133–1135. — DOI: 10.1302/0301-620X.100B9.BJJ-2018-0750.
 13. Primary stability of a short bone-conserving femoral stem : a two-year randomized controlled trial using radiostereometric analysis / R. J. Ferguson, J. A. Broomfield, T. T. Malak [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. — 2018. — Vol. 100-B (9). — P. 1148–1156. — DOI: 10.1302/0301-620X.100B9.BJJ-2017-1403.R1.
 14. Fessy M. H. La double mobilité en marche dans les prothèses totales de hanche: Iere Intention&Reprise (Cahiers d'enseignement de la SOFCOT) / M. H. Fessy. — Elsevier Masson. 2018. — 259 p. (French Edition)
 15. Trends in the use of dual mobility bearings in hip arthroplasty: an analysis of the American joint replacement registry / N. Heckmann, D. S. Weitzman, H. Jaffri [et al.] // *The Bone & Joint Journal*. — 2020. — Vol. 102-B (7 Supple B). — P. 27–32. — DOI: 10.1302/0301-620X.102B7.BJJ-2019-1669.R1.
 16. Blakeney W. G. Dual mobility total hip arthroplasty: should everyone get one? / W. G. Blakeney, J.-A. Epinette, P.-A. Venditoli // *EFORT Open Reviews*. — 2019. — Vol. 4: 541–547. — DOI: 10.1302/2058-5241.4.180045
 17. The influence of spine-hip relations on total hip replacement: a systematic review / C. Riviere, J.-Y. Lazennec, C. V. D. Straeten [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research*. — 2017. — Vol. 103 (4). — P. 559–568. — DOI: 10.1016/j.otsr.2017.02.014.
 18. Plummer D. R. Dual mobility in total hip arthroplasty / D. R. Plummer, B. D. Haughom, C. J. Della Valle // *The Orthopedic clinics of North America* 2014. — Vol. 45 (1). — P. 1–8. — DOI: 10.1016/j.ocl.2013.08.004.
 19. Long-term wear of dual mobility total hip replacement cups: explant study / B. Boyer, T. Neri, J. Geringer [et al.] // *International Orthopaedics*. — 2018. — Vol. 42 (1). — P. 41–47. — DOI: 10.1007/s00264-017-3525-z.
 20. Femoral side-only revision options for the Birmingham resurfacing arthroplasty / M. K. Chan, M. Caudwell, A. Suchowersky, A. Ashton // *ANZ Journal of Surgery*. — 2019. — Vol. 89 (9). — P. 1016–1021. — DOI: 10.1111/ans.15036.
 21. Mid-term outcomes of dual mobility acetabular cups for revision total hip arthroplasty / S. F. Harwin, A. A. Sultan, A. Khlopas [et al.] // *The Journal of Arthroplasty*. — 2018. — Vol. 33. — P. 1494–1500. — DOI: 10.1016/j.arth.2017.12.008.
 22. Problems with cementless total knee arthroplasty at 11 years followup / R. A. Berger, J. H. Lyon, J. J. Jacobs [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2001. — No. 392. — P. 196–207. — DOI: 10.1097/00003086-200111000-00024.
 23. Cemented versus cementless total knee arthroplasty of the same modern design / D. Nam, C. M. Lawrie, R. Salih [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2019. — Vol. 101 (3). — P. 1185–1192. — DOI: 10.2106/JBJS.18.01162.
 24. Survivorship and functional outcomes of cementless versus cemented total knee arthroplasty: a meta-analysis / J. M. Newman, N. Sodhi, J. C. Dekis [et al.] // *J Knee Surg*. — 2020. — Vol. 33 (3). — P. 270–278. — DOI: 10.1055/s-009-1678525.
 25. How long does a knee replacement last? a systematic review and metaanalysis of case series and national registry reports with more than 15 years of follow-up / J. T. Evans, R. W. Walker, J. P. Evans [et al.] // *Lancet*. — 2019. — Vol. 393 (10172). — P. 655–663. — DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32531-5.
 26. Mohammad HR, Kennedy JA, Mellon SJ, et al. Ten-year clinical and radiographic results of 1000 cementless Oxford unicompartmental knee replacements / H. R. Mohammad, J. A. Kennedy S. J. Mellon [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2019. — Vol. 28 (5). — P. 1479–1487. — DOI: 10.1007/s00167-019-05544-w.
 27. <https://www.multivu.com/players/English/8471351-depuy-synthes-attune-cementless-knee-platform/>
 28. Guillemot F. Recent advances in the design of titanium alloys for orthopedic applications / F. Guillemot // *Expert Review of Medical Devices*. — 2005. — Vol. 2 (6). — P. 741–748. — DOI: 10.1586/17434440.2.6.741.
 29. Ramaswamy Y. Orthopedic coating materials: considerations and applications / Y. Ramaswamy, W. Chengtie, H. Zreiqat // *Expert Review of Medical Devices*. — 2009/ — Vol. 6 (4). — P. 423–430. — DOI: 10.1586/erd.09.17.
 30. Gbejuade H. O. The role of microbial biofilms in prosthetic joint infections / H. O. Gbejuade, A. M. Lovering, J. C. Webb // *Acta Orthopaedica*. — 2015. — Vol. 86 (2). — P. 147–158. — DOI: 10.3109/17453674.2014.966290.
 31. Review of titanium surface modification techniques and coatings for antibacterial applications / H. Chouirfa, H. Bouloussa, V. Migonney, C. Falentin-Daudré // *Acta Biomater*. — 2019. — Vol. 83. — P. 37–54. — DOI: 10.1016/j.actbio.2018.10.036.
 32. Costerton J. W. Biofilm theory can guide the treatment of device-related orthopaedic infections / J. W. Costerton // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2005. — No. 437. — P. 7–11. — DOI: 10.1097/00003086-200508000-00003.
 33. The relationship between the nanostructure of titanium surfaces and bacterial attachment / S. D. Puckett, E. Taylor, T. Raimondo, T. J. Webster // *Biomaterials*. — 2010. — Vol. 31 (4). — P. 706–713. — DOI: 10.1016/j.biomaterials.2009.09.081.
 34. Antibacterial titanium nano-patterned arrays inspired by dragonfly wings / C. M. Bhadra, V. K. Truong, V. T. H. Pham [et al.] // *Scientific Reports*. — 2015. — Vol. 5. — Article ID: 16817. — DOI: 10.1038/srep16817.
 35. Current options and emerging biomaterials for periprosthetic joint infection / A. E. Levack, E. L. Cyphert, M. P. Bostrom [et al.] // *Current Rheumatology Reports*. — 2018. — Vol. 20 (6). — Article ID: 33. — DOI: 10.1007/s11926-018-0742-4.
 36. Single-step electrochemical deposition of antimicrobial orthopaedic coatings based on a bioactive glass/chitosan/nano-silver composite system / F. Pishbin, V. Mourino, J. B. Gilchrist [et al.] // *Acta Biomaterialia*. — 2013. — Vol. 9 (7). — P. 7469–7479. — DOI: 10.1016/j.actbio.2013.03.006
 37. Nanotechnology / M. P. Sullivan, K. J. McHale, J. Parvizi, S. Mehta // *The Bone & Joint Journal*. — 2014. — 96-B (5). — P. 569–573. — DOI: 10.1302/0301-620X.96B5.33606.
 38. Trauner K. B. The emerging role of 3D-printing in arthroplasty and orthopedics / K. B. Trauner // *Journal of Arthroplasty*. — 2018. — Vol. 33 (8). — P. 2352–2354. — DOI: 10.1016/j.arth.2018.02.033.
 39. Uncemented custom computer-assisted design and manufacture of hydroxyapatite-coated femoral components / S. K. Muirhead-Allwood, N. Sandiford, J. A. Skinner [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. — 2010. — Vol. 92 (8). — P. 1079–1084. — DOI: 10.1302/0301-620X.92B8.23123.
 40. A 20-year followup evaluation of total hip arthroplasty in patients younger than 50 using a custom cementless stem / E. Dessyn, X. Flecher, S. Parratte [et al.] // *Hip International*. — 2018. — Vol. 29 (5). — P. 481–488. — DOI: 10.1177/1120700018803290.
 41. Fully porous 3D printed titanium femoral stem to reduce stressshielding following total hip arthroplasty / S. Arabnejad, B. Johnston, M. Tanzer, D. Pasini // *Journal of Orthopaedic Research*. — 2017. — Vol. 35. — P. 1774–1783. — DOI: 10.1002/jor.23445.
 42. Survivorship and clinical outcomes of custom triflange acetabular components in revision total hip arthroplasty: a systematic review / I. De Martino, V. Strigelli, G. Cacciola [et al.] // *The Journal of Arthroplasty*. — 2019. — Vol. 34 (10). — P. 2511–2518. — DOI: 10.1016/j.arth.2019.05.032.

43. Clement N. D. Robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty for patients with isolated medial compartment osteoarthritis is cost-effective / N. D. Clement, D. J. Deehan, J. T. Patton // *The Bone & Joint Journal*. — 2019. — Vol. 101-B (9). — P. 1063–1070. — DOI: 10.1302/0301-620X.101B9.BJJ-2018-1658.R1.
44. Use of robotic-arm assisted technique in complex primary total hip arthroplasty / W. Chai, R. Guo, K. L. Puah [et al.] // *Orthopaedic Surgery*. — 2020. — Vol. 12 (2). — P. 686–691. — DOI: 10.1111/os.12659.
45. Does robotic-assisted total hip arthroplasty improve accuracy of cup positioning? / J. A. Lawson, A. T. Garber, J. D. Stimac [et al.] // *The Journal of Hip Surgery*. — 2019. — Vol. 03 (04). — P. 176–180. — DOI: 10.1055/s-0039-1693480.
46. Robotic-Assisted total hip arthroplasty: outcomes at minimum two-year follow-up / R. L. Ilgen Nd, B. R. Bukowski, R. Abiola [et al.] // *Surgical Technology International*. — 2017. — Vol. 30. — P. 365–372.
47. Improved accuracy of component positioning with robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty / S. W. Bell, I. Anthony, B. Jones [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2016. — Vol. 98 (2). — P. 627–635. — DOI: 10.2106/JBJS.15.00664.
48. Lonner JH and Fillingham YA. Pros and cons: a balanced view of robotics in knee arthroplasty / J. H. Lonner, Y. A. Fillingham // *Journal of Arthroplasty*. — 2018. — Vol. 33 (8). — P. 2007–2013. — DOI: 10.1016/j.arth.2018.03.056.
49. Volpin A. New advances in robotic surgery in hip and knee replacement / A. Volpin, C. Maden, S. Konan // *Handbook of Robotic and Image-Guided Surgery* / Mohammad H. Abedin-Nasab (ed.). — Elsevier, 2020. — C. 397–410. — DOI: 10.1016/C2017-0-01316-2.
50. Robotic-Arm assisted total knee arthroplasty demonstrated greater accuracy and precision to plan compared with manual techniques / E. L. Hampp, M. Chughtai, L. Y. Scholl [et al.] // *The Journal of Knee Surgery*. — 2019. — Vol. 32 (3). — P. 239–250. — DOI: 10.1055/s-0038-1641729.
51. Imageless, robotic-assisted total knee arthroplasty combined with a robotic tensioning system can help predict and achieve accurate postoperative ligament balance / S. Shalhoub, J. M. Lawrence, J. M. Keggi [et al.] // *Arthroplasty Today*. — 2019. — Vol. 5 (3). — P. 334–340. — DOI: 10.1016/j.artd.2019.07.003.
52. Improved functional outcomes with robotic compared with manual total hip arthroplasty / B. R. Bukowski, P. Anderson, A. Khlopas [et al.] // *Surgical Technology International*. — 2016. — Vol. 29. — P. 303–308.
53. Utilization of Robotic-Arm assisted total knee arthroplasty for soft tissue protection / A. A. Sultan, N. Piuze, A. Khlopas [et al.] // *Expert Review of Medical Devices*. — 2017. — Vol. 14 (12). — P. 925–927. — DOI: 10.1080/17434440.2017.1392237.
54. The effectiveness of robotic hip and knee arthroplasty on patient-reported outcomes: a systematic review and meta-analysis / S. Karunaratne, M. Duan, E. Pappas [et al.] // *International Orthopaedics*. — 2019. — Vol. 43 (6). — P. 1283–1295. — DOI: 10.1007/s00264-018-4140-3.
55. Robotic arm-assisted vs conventional unicompartmental knee arthroplasty: a Metaanalysis of the effects on clinical outcomes / F. Zhang, H. Li, Z. Ba [et al.] // *Medicine*. — 2019. — Vol. 98 (35). — Article ID : e16968. — DOI: 10.1097/MD.00000000000016968.
56. Can Robot-Assisted unicompartmental knee arthroplasty be Cost-Effective? A markov decision analysis / W. E. Moschetti, J. F. Konopka, H. E. Rubash, J. W. Genuario // *The Journal of Arthroplasty*. — 2016. — Vol. 31. — P. 759–765. — DOI: 10.1016/j.arth.2015.10.018.

Стаття надійшла до редакції 01.11.2021

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENTS OF HIP AND KNEE ARTHROPLASTY

I. M. Zazirnyi, K. I. Barabash

Centre of orthopaedics, traumatology and sport medicine of «Feofaniya» Hospital by State administration, Kyiv. Ukraine

✉ Igor Zazirnyi, MD, DSci in Orthopaedics and Traumatology: zazirny@ukr.net

✉ Kateryna Barabash, MD: barabash.kateryna.i@gmail.com

ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ

УДК 617.572-089.5(048.8)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021479-84>**Особливості проведення анестезії у напівсидячому положенні (огляд літератури)****М. В. Лизогуб¹, К. І. Лизогуб², І. В. Котульський¹,
Р. В. Паздніков¹, Е. В. Кострікова¹, С. М. Яковенко¹**¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків² Харківська медична академія післядипломної освіти МОЗ України

Beach chair position (BCP) that is applied for shoulder surgery has a number of advantages for surgeons, but it may lead to intraoperative hypotension, bradycardia and postoperative neurologic complications. Objective of the publication is to review up-to-date literature to emphasize complications related to BCP and methods of their monitoring and prophylaxis. Methods. We have analyzed publications from Google Scholar, PubMed, and specialized scientific journals databases. Results. In orthopedic practice the main types of surgical positions that are used for shoulder surgery are the next: semi-BCP — 30°, BCP — 60°, Semi-upright sitting position — 90°. In spite of its correlations with hemodynamic changes the tilt angle is rarely measured in clinical practice. The etiology of nervous system impairment is thought to be hypotension and subsequent brain hypoperfusion that is induced by BCP under general anesthesia. Blood pressure at the standard brachial level is significantly higher than at the meatus acoustic level. That is why today the safety level of blood pressure for BCP surgery is not clearly estimated. The majority of clinical investigations have shown that BCP leads to decreasing of regional cerebral blood flow and brain oxygenation. The high incidence of cerebral desaturation events in BCP (more than 50 %) require its accurate monitoring. The most widely used method is NIRS (near-infrared spectroscopy). Other methods including Doppler scanning of brain vessels and jugular saturation has limited clinical using. In majority of trials of cerebral desaturation events has shown to have controversial impact on postoperative cognitive dysfunction. Serum neurospecific proteins examination may be a perspective method of further investigations for neurologic impairment after surgeries in BCP. Key words. Beach chair position, intraoperative hypotension, cerebral perfusion.

Положення шезлонга або Beach chair position (BCP), яке використовують під час операцій на плечовому суглобі, має низку переваг для хірурга, проте може призводити до інтраопераційної гіпотензії, брадикардії, та, як наслідок, до післяопераційних ускладнень неврологічного характеру. Мета. Провести аналіз сучасної літератури для виявлення частоти ускладнень, які виникають у разі BCP, методик їхнього моніторингу та запобігання. Методи. Проаналізовано публікації з пошукової системи Google, електронних баз PubMed, Google Scholar, архівів спеціалізованих журналів й інших джерел науково-медичної інформації. Результати. Сьогодні в ортопедичній практиці застосовують такі види напівсидячого положення залежно від кута підйому верхньої половини тулуба: Semi-beach-chair position — 30°, BCP — 60°, Semi-upright sitting position — 90°. Точне вимірювання кута підйому в клінічній практиці використовують украй рідко, хоча він прямо корелює зі змінами гемодинаміки. Передбачуваною етіологією ушкодження центральної нервової системи є гіпотензія з подальшою гіперперфузією головного мозку, що виникає після зміни положення тіла пацієнта в умовах загальної анестезії. Стандартне вимірювання артеріального тиску на рівні плеча дає спотворені показники щодо реального тиску на рівні Вілізієва кола. Чіткі рекомендації щодо безпечного рівня артеріального тиску за операцій у BCP відсутні. Більшість клінічних досліджень показали, що положення шезлонга призводить до зниження регіональної оксигенації мозку та церебрального кровотоку. Висока частота епізодів мозкової десатурації (понад 50 %) обумовлює необхідність її моніторингу у BCP. Сьогодні найчастіше його проводять за методикою NIRS (Near-Infrared Spectroscopy). Менше клінічне значення мають доплерографічне дослідження мозкових судин і сатурації крові в яремній вені. Проте виявлення фактів десатурації здебільшого не впливає на частоту виникнення післяопераційної когнітивної дисфункції. Перспективним напрямом подальших досліджень є аналіз вмісту нейроспецифічних білків після операцій у BCP.

Ключові слова. Beach chair position, інтраопераційна артеріальна гіпотензія, мозкова перфузія

Вступ

У 1980-х роках для проведення ортопедичних процедур під час артроскопії плечового суглоба вперше застосовано положення шезлонга або Beach chair position (BCP). Ця операційна позиція має низку переваг, створюючи зручні умови для проведення хірургічного втручання. Проте BCP супроводжується низкою специфічних змін функціонального стану пацієнтів, що може призводити до ускладнень, з якими має бути добре ознайомлений анестезіолог для запобігання їхніх негативних наслідків.

Мета дослідження: провести аналіз сучасної літератури для виявлення частоти ускладнень, які виникають у разі Beach chair position, методик їхнього виявлення та запобігання.

Матеріал і методи

Проаналізовано публікації з пошукової системи Google, електронних баз PubMed, Google Scholar, архівів спеціалізованих журналів й інших джерел науково-медичної інформації.

Результати та їх обговорення

На сьогодні в ортопедичній практиці застосовують такі види напівсидячого положення залежно від кута підйому верхньої половини тулуба: Semi-beach-chair position — 30° [1], Beach-chair position — 60°, Semi-upright sitting position — 90° [2], проте точне вимірювання кута підйому використовують у край рідко. Перевагами BCP в ортопедичній хірургії є покращений доступ до переднього та заднього відділів плеча, зниження частоти спричиненої тракцією нейропатії плечового сплетення, травматичності, часу операції та, головне, більш фізіологічні умови під час руху плеча. Крім того, BCP забезпечує менший набряк обличчя порівняно з положенням лежачи [3]. Під час операцій на плечовому суглобі можуть використовувати загальну або регіонарну анестезію, або їхню комбінацію [4]. У більшості пацієнтів, які перебувають у свідомості, перехід із положення лежачи на спині у вертикальне супроводжується підвищенням системного судинного опору. Це може мати різноспрямований вплив на серцевий викид. R. Gillespie та співавт. [5] визначили зменшення ударного об'єму, систолічного та середнього артеріального тиску, що забезпечило зниження церебрального кровотоку на 12 %. У пацієнтів в умовах загальної анестезії фізіологічні гемодинамічні реакції суттєво змінюються під впливом анестетиків на серцево-судинну систему. Це призводить до зниження середнього

артеріального тиску та, у подальшому, — серцевого викиду. Через це пацієнта бажано поступово переводити в положення сидячи, а артеріальний тиск слід підтримувати за допомогою інфузійної терапії та/або використовувати вазопресори [6]. Проте S. Larsen і співавт. [7] не виявили суттєвих змін гемодинамічних показників під час переведення пацієнта в умови анестезії з горизонтального положення у BCP.

BCP, «положення шезлонга» — це різні варіації однієї позиції зі схожими фізіологічними змінами та специфічними ускладненнями. У край рідкими, проте катастрофічними, можуть бути такі неврологічні ускладнення, як інсульт, смерть мозку, втрата зору [8]. Справжня частота цих ситуацій залишається невідомою, оскільки наявні публікації — це здебільшого клінічні випадки. Потенційно небезпечними є гіпотензія, брадикардія (ймовірніше через рефлекс Bezold-Jarisch), виникнення післяопераційного набряку в ділянці плечового суглоба та шиї [9]. Деякі ускладнення з'являються через некоректне вкладання пацієнта в BCP. Надмірне згинання голови може спричинити артеріальну та венозну обструкцію, що призводить до набряку верхніх дихальних шляхів і потенційного порушення прохідності дихальних шляхів після екстубації. Є повідомлення про травми спинного мозку внаслідок надмірного згинання голови. Тому сучасні рекомендації наполягають на нейтральному фіксованому положенні голови та шиї під час операцій у BCP [10].

Одним із чинників ризику післяопераційних ускладнень, на який важливо коректно та своєчасно впливати, може бути інтраопераційна гіпотензія (ІГ). Близько однієї третини періодичних епізодів ІГ відбувається в період після індукції загальної анестезії, але до хірургічного розрізу та їх можна описати як постіндукційну або передопераційну гіпотензію [11]. Постіндукційну гіпотензію слід диференціювати з фазами ІГ, оскільки причини їхнього виникнення різняться на різних етапах. Пропрофол, який використовують під час індукції, сприяє значному зниженню артеріального тиску [12]. Загальна анестезія знижує потребу головного мозку в кисні та пацієнти краще переносять епізоди гіпотензії. Етіологія інтраопераційної артеріальної гіпотензії є багатофакторною: вазодилатація (вплив анестетиків), гіповолемія (кровотеча), низький серцевий викид, високий внутрішньогрудний тиск (механічна вентиляція), порушення функції симпатичної нервової системи [13]. Частота виникнення ІГ та брадикардії під час операцій у BCP

можуть перевищувати 60 % [14]. Одним з ефективних методів попередження ІГ під час операцій у ВСР може бути використання передопераційного навантаження кристалоїдними розчинами в об'ємі 10 мл/кг ідеальної маси тіла [15].

Керована гіпотензія — це стан індукованої/контрольованої гіпотензії під час анестезії для зменшення кровотечі та покращення візуалізації операційного поля. Дуже важливо виконувати її з урахуванням віку пацієнта, передопераційного артеріального тиску та початкового соматичного стану, тому ступінь гіпотензивної анестезії має бути індивідуалізованим залежно від передопераційного артеріального тиску пацієнта, а не конкретного цільового артеріального тиску. Більш того, саме на фоні контрольованої гіпотензивної анестезії частіше трапляються критичні зниження артеріального тиску [16]. Періопераційне управління артеріальним тиском є ключовим чинником моніторингу пацієнтів, оскільки інтраопераційна гемодинамічна нестабільність може призводити до післяопераційних серцево-судинних, неврологічних, ниркових та інших ускладнень. На сьогодні більшість досліджень щодо використання керованої гіпотензії в ортопедії є низького рівня доказовості, тому питання безпечності залишається відкритим [17]. За умов керування артеріальним тиском у сидячому положенні анестезіолог має усвідомлювати ймовірність недостатньої перфузії головного мозку, якщо під час операції не буде досягнуто нижньої межі ауторегуляції. Під час анестезії обов'язковою є підтримка адекватної перфузії тканин. Натепер в разі проведення керованої гіпотензії у ВСР її безпечні межі чітко не визначені. Зниження середнього артеріального тиску (САТ) понад 20 % часто вибирають для визначення періопераційної гіпотензії [6]. Проте не артеріальний тиск, а ступінь перфузії органів є кінцевою метою використання стратегій оптимізації артеріального тиску. Перфузійний тиск, зазвичай, — це різниця між «тиском припливу» (яким є САТ для більшості органів, включаючи мозок і нирки) та «тиском відтоку». Відомо, що порогові значення САТ для пацієнтів, яких оперують у ВСР, мають бути вищими для забезпечення адекватного церебрального перфузійного тиску. Украй важливо також усвідомлювати вплив гравітації на вимірювані показники артеріального тиску. К. Tanabe і співавт. [18] порівнювали САТ, виміряний на рівні ІV ребра та зовнішнього слухового проходу (приблизний рівень Вілізієва кола), та показали, що різниця складає близько 14 мм рт. ст. Зниження

САТ на 40 % або епізод САТ менше ніж 50 мм рт. ст. під час операції пов'язані з кардіальними ускладненнями в пацієнтів із групи високого ризику. Навіть короткі епізоди інтраопераційного САТ менше ніж 55 мм рт. ст. пов'язані з гострим ушкодженням нирок і міокарду [19]. У. У. Жо та співавт. [20] надали результати досліджень, які свідчать, що не лише переднавантаження, а й передопераційні показники серця можуть бути важливими чинниками для розвитку гіпотензії після переведення хворих у вертикальне положення під час загальної анестезії. У ретроспективному дослідженні зі залученням 384 пацієнтів більшу кількість епізодів гіпотензії спостерігали в когорті хворих, які приймали антигіпертензивні препарати [21]. Звичайними терапевтичними підходами для корекції гіпотензії є використання вазоактивних агентів, особливо вазопресорів та інфузійних середовищ.

Найзагрозливішим наслідком гемодинамічної нестабільності під час операцій у ВСР є гіпоперфузія головного мозку з можливими неврологічними порушеннями. Пролонгування часу операції потенційно збільшує ризик гіпоперфузії головного мозку. За даними J. Chan [1] 19 із 25 суб'єктів зазнали церебральної десатурації (CDE — cerebral desaturation event) під час операцій у ВСР. Інші автори виявили, що в пацієнтів у групі з використанням регіонарної анестезії значно менше CDE та отримано суттєво кращі результати нейроповедінкового тесту наступного дня після операції. Також доведено вищу гемодинамічну стабільність у ВСР порівняно з хворими, яких оперували в умовах загальної анестезії [22]. Під час хірургічних втручань на плечовому суглобі застосовують також положення на боці, проте церебральні ішемічні події спостерігають лише на фоні операцій у ВСР [23]. Вертикальне положення вважають незалежним чинником інтраопераційної церебральної ішемії, є повідомлення про серію випадків ішемії головного та спинного мозку, причиною яких була некоректна оптимізація артеріального тиску в періопераційному періоді [24]. Є також інформація про розвиток геміпарезу в пацієнтів із вродженою асиметрією кола Уїлліса, яка призводить до обмеження колатерального кровотоку (неповне коло Уїлліса може бути присутнім у 40 % хворих) [25].

Для моніторингу кровопостачання головного мозку на сьогодні доступні такі методики: NIRS (near-infrared spectroscopy), сатурація крові в яремній вені, транскраніальна доплерографія. Методику NIRS широко та успішно застосовують як спосіб

вимірювання в реальному часі для оцінювання церебральної оксигенації ($rScO_2$), перфузії головного мозку та можливості раннього виявлення церебральної десатурації. Проте кореляція між CDE, церебральним кровотоком і впливом на когнітивні функції залишається невідомою [26–28]. I. Meex і співавт. [29] не виявили CDE у неанестезованих добровольців у ВСР, тоді як у 55 % пацієнтів в аналогічному положенні в умовах загальної анестезії такі епізоди були зафіксовані. Цікаво, що CDE частіше трапляються у жінок у ВСР [30]. T. Ghandour і співавт. [2] визначили відсутність відмінностей у регіональному насиченні киснем головного мозку між пацієнтами, які перебували в положенні 60° і 90° нахилу крісла, але зафіксований прямий зв'язок між зниженням САТ та церебрального насичення киснем. C. Songy і співавт. [31] установили статистично значуще зниження сатурації в разі підйому головного кінця від 0° до 30°, від 30° до 45° та від 45° до 60°. Аналогічні результати отримали J. Chan і співавт. [1], які вивчали зміни церебральної оксиметрії в положенні 30°. Епізоди десатурації виявлені в 76 % пацієнтів, причому динаміка сатурації була такою: стрімке зниження після позиціонування з подальшим поступовим зниженням до кінця операції. E. A. Shin і співавт. [32] у результаті спостереження за 60 пацієнтами під час артороскопії плеча визначили, що вибір анестетика не впливає на оксигенацію головного мозку або гемодинаміку. Останні дослідження нових нейроспецифічних білків після операцій у ВСР показують підвищення білка tau у сироватці, концентрація якого корелює з тривалістю CDE [33].

Висновки

Найпоширенішими ускладненнями, які можуть виникати у ВСР, є гіпотензія, брадикардія та епізоди десатурації головного мозку, що з ними пов'язані. Останні вкрай рідко спричиняють катастрофічні неврологічні наслідки. Сьогодні не існує чітких критеріїв безпечного рівня АТ у ВСР, проте відомо, що завдяки гравітації показник САТ на рівні плеча в середньому на 14 мм рт. ст. нижчий, ніж у ділянці Вілізівського кола.

Висока частота епізодів мозкової десатурації (понад 50 %) обумовлює необхідність її моніторингу у ВСР, який найчастіше проводять із використанням методики NIRS. Проте способи дослідження мозкової перфузії слабо корелюють із післяопераційними когнітивними функціями та необхідні подальші поглиблені дослідження системного та мозкового кровообігу, когнітивних

функцій і концентрації нейроспецифічних білків у цих пацієнтів для вибору безпечного рівня інтраопераційного підтримання артеріального тиску.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Evaluation of cerebral oxygen perfusion during shoulder arthroplasty performed in the semi-beach chair position / J. Chan, H. Perez, H. Lee [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2020. — Vol. 29 (1). — P. 79–85. — DOI: 10.1016/j.jse.2019.05.022.
2. Does the degree of beach chair position during shoulder arthroscopy affect cerebral oxygenation? A prospective comparative study / T. Ghandour, A. Ahmed, I. Mohamed, M. Zaki // *Current Orthopaedic Practice*. — 2017. — Vol. 28 (4). — P. 353–357. — DOI: 10.1097/BCO.0000000000000518.
3. Shoulder surgery in the beach chair position is associated with diminished cerebral autoregulation but no differences in postoperative cognition or brain injury biomarker levels compared with supine positioning: the anesthesia patient safety foundation beach chair study / A. Laffam, B. Joshi, K. Brady [et al.] // *Anesthesia and Analgesia*. — 2015. — Vol. 120 (1). — P. 176–185. — DOI: 10.1213/ANE.0000000000000455.
4. Abraham S. Anaesthetic considerations for shoulder surgery / A. Abraham // *Southern African Journal of Anaesthesia and Analgesia*. — 2018. — Vol. 24 (3) (Suppl. 1). — P. 54–57.
5. The safety of controlled hypotension for shoulder arthroscopy in the beach-chair position / R. Gillespie, Y. Shishani, J. Streit [et al.] // *Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2012. — Vol. 94 (14). — P. 1284–1290. — DOI: 10.2106/JBJS.J.01550.
6. Optimal perioperative management of arterial blood pressure / L. Lonjaret, O. Lairez, V. Minville, T. Geeraerts // *Integrated Blood Pressure Control*. — 2014. — Vol. 7. — P. 49–59. — DOI: 10.2147/IBPC.S45292.
7. Cardiovascular consequence of reclining vs. sitting beach-chair body position for induction of anesthesia / S. Larsen, T. Lyngeraa, C. Maschmann [et al.] // *Frontiers in Physiology*. — 2014. — Vol. 5. — P. 1–6. — DOI: 10.3389/fphys.2014.00187.
8. Cerebral desaturation events during shoulder arthroscopy in the beach chair position / D. Salazar, W. Davis, N. Ziroğlu, N. Garbis // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. Global Research & Reviews*. — 2019. — Vol. 3 (8). — Article ID: e007. — DOI: 10.5435/JAAOSGlobal-D-19-00007.
9. Rains D. Pathomechanisms and complications related to patient positioning and anesthesia during shoulder arthroscopy / D. Rains, G. A. Rooke, C. J. Wahl // *Arthroscopy*. — 2011. — Vol. 27 (4). — P. 532–541. — DOI: 10.1016/j.arthro.2010.09.008.
10. Shoulder arthroscopy in the beach chair position / J. D. Higgins, R. M. Frank, J. T. Hamamoto [et al.] // *Arthroscopy Techniques*. — 2017. — Vol. 6 (4). — P. e1153–e1158. — DOI: 10.1016/j.eats.2017.04.002.
11. The association of hypotension during non-cardiac surgery, before and after skin incision, with postoperative acute kidney injury: a retrospective cohort analysis / K. Maheshwari, A. Turan, G. Mao [et al.] // *Anaesthesia*. — 2018. — Vol. 73 (10). — P. 1223–1228. — DOI: 10.1111/anae.14416.
12. Möller P. Bispectral index-guided induction of general anaesthesia in patients undergoing major abdominal surgery using propofol or etomidate: a double-blind, randomized, clinical trial / P. Möller, M. Kamenik // *British Journal of Anaesthesia*. — 2013. — Vol. 110 (3). — P. 388–396. — DOI: 10.1093/bja/aes416.
13. Intraoperative hypotension: Pathophysiology, clinical rel-

- evance, and therapeutic approaches / K. Karim, H. Phillip, B. Luisa, S. Bernd // *Indian Journal of Anaesthesia*. — 2020. — Vol. 64 (2). — P. 90–96. — DOI: 10.4103/ija.IJA_939_19.
14. Risk factors associated with hypotensive bradycardic events during open shoulder surgery in the beach chair position / J. W. Choi, D. K. Kim, H. J. Jeong [et al.] // *Korean Journal of Anesthesiology*. — 2021. — Vol. 74 (1). — P. 38–44. — DOI: 10.4097/kja.19493.
 15. Fluid preloading before beach chair positioning for arthroscopic shoulder procedures: a randomized controlled trial / H. C. Gokduman, E. Aygun, N. Canbolat [et al.] // *Brazilian Journal of Anesthesiology*. — 2021. — S0104-0014(21)00335-3. — DOI: 10.1016/j.bjane.2021.08.007.
 16. Controlled hypotensive anesthesia in the beach-chair position under general anesthesia: Is it safe for shoulder arthroscopy? / M. Ozhan, M. Eşkin, C. Çaparlar [et al.] // *Gulhane Medical Journal*. — 2020. — Vol. 62 (2). — P. 109–113. — DOI: 10.4274/gulhane.galenos.2020.924.
 17. Is deliberate hypotension a safe technique for orthopedic surgery? A systematic review and meta-analysis of parallel randomized controlled trials / J. Jiang, R. Zhou, B. Li [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. — 2019. — Vol. 409 (1). — DOI: 10.1186/s13018-019-1473-6.
 18. The cardiac function in the beach chair position under general anesthesia / K. Tanabe, Y. Yamada, K. Nagase [et al.] // *Open Journal of Anesthesiology*. — 2018. — Vol. 8 (1). — DOI: 10.4236/ojanes.2017.81003.
 19. Relationship between intraoperative mean arterial pressure and clinical outcomes after noncardiac surgery: toward an empirical definition of hypotension / M. Walsh, P. J. Devereaux, A. X. Garg [et al.] // *Anesthesiology*. — 2013. — Vol. 119 (3). — P. 507–515. — DOI: 10.1097/ALN.0b013e3182a10e26.
 20. Prediction of hypotension in the beach chair position during shoulder arthroscopy using pre-operative hemodynamic variables / Y. Y. Jo, W. S. Jung, H. S. Kim [et al.] // *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. — 2014. — Vol. 28. — P. 173–178. — DOI: 10.1007/s10877-013-9512-z.
 21. More hypotension in patients taking antihypertensives preoperatively during shoulder surgery in the beach chair position / T. L. Trentman, S. L. Fassett, J. K. Thomas [et al.] // *Canadian Journal of Anaesthesia*. — 2011. — Vol. 58 (11). — P. 993–1000. — DOI: 10.1007/s12630-011-9575-6.
 22. Cerebral oxygenation in patients undergoing shoulder surgery in beach chair position: comparing general to regional anesthesia and the impact on neurobehavioral outcome / A. Borgeat, T. Trachsel, I. Prado, J. Andrés // *Revista Espanola de Anestesiologia y Reanimacion*. — 2014. — Vol. 61 (2). — P. 64–72. — DOI: 10.1016/j.redar.2013.08.002.
 23. The beach chair position for shoulder surgery in intravenous general anesthesia and controlled hypotension: Impact on cerebral oxygenation, cerebral blood flow and neurobehavioral outcome / J. Aguirre, F. Etzensperger, M. Brada [et al.] // *Journal of Clinical Anesthesia*. — 2019. — Vol. 53. — P. 40–48. — DOI: 10.1016/j.jclinane.2018.09.035.
 24. Pohl A. Cerebral ischemia during shoulder surgery in the upright position: a case series / A. Pohl, D. J. Cullen // *Journal of Clinical Anesthesia*. — 2005. — Vol. 17 (6). — P. 463–469. — DOI: 10.1016/j.jclinane.2004.09.012.
 25. Drummond J. C. Focal cerebral ischemia after surgery in the “beach chair” position: the role of a congenital variation of circle of Willis anatomy / J. C. Drummond, R. R. Lee, J. P. Howell Jr. // *Anesthesia and Analgesia*. — 2012. — Vol. 114 (6). — P. 1301–1303. — DOI: 10.1213/ANE.0b013e31823aca46.
 26. Pant S. Cerebral oxygenation using near-infrared spectroscopy in the beach-chair position during shoulder arthroscopy under general anesthesia // S. Pant, D. J. Bokor, A. K. Low // *The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. — 2014. — Vol. 30 (11). — P. 1520–1527. — DOI: 10.1016/j.arthro.2014.05.042.
 27. Nielsen H. B. Systematic review of near-infrared spectroscopy determined cerebral oxygenation during non-cardiac surgery / H. B. Nielsen // *Frontiers in Physiology*. — 2014. — Vol. 5 (93). — P. 1–15. — DOI: 10.3389/fphys.2014.00093.
 28. Prospective evaluation of cognitive outcomes after anesthesia for patients in the beach chair position / K. Boukhemis, M. Perez, E. Olness [et al.] // *Orthopedics*. — 2020. — Vol. 43 (1). — P. e27–e30. — DOI: 10.3928/01477447-20191031-09.
 29. Cerebral tissue oxygen saturation values in volunteers and patients in the lateral decubitus and beach chair positions: a prospective observational study / I. Meex, J. Vundelinckx, K. Buyse [et al.] // *Canadian Journal of Anesthesia*. — 2016. — Vol. 63 (5). — P. 537–543. — DOI: 10.1007/s12630-016-0604-3.
 30. Thanaboriboon C. What is the risk of intraoperative cerebral oxygen desaturation in patients undergoing shoulder surgery in the beach chair position? / C. Thanaboriboon, P. Vanichvithya, P. Jinaworn // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2021. — Vol. 479 (12). — P. 2677–2687. — DOI: 10.1097/CORR.0000000000001864.
 31. The effect of the beach-chair position angle on cerebral oxygenation during shoulder surgery / C. E. Songy, E. R. Siegel, M. Stevens [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2017. — Vol. 26 (9). — P. 1670–1675. — DOI: 10.1016/j.jse.2017.03.018.
 32. Shin, Jae Joon Yoon, Kyung Yeon Yoo, Seongtae Jeon. Background anaesthetic agents do not influence the impact of arginine vasopressin on haemodynamic states and cerebral oxygenation during shoulder surgery in the beach chair position: a prospective, single-blind study / E. A. Jang, J. A. Song, J. Y. Shin [et al.] // *BMC Anesthesiology*. — 2017. — Vol. 17 (1). — DOI: 10.1186/s12871-017-0364-9.
 33. Serum-neuroproteins, near-infrared spectroscopy, and cognitive outcome after beach-chair shoulder surgery: Observational cohort study analyses / J. R. Larsen, T. Kobborg, P. Shahim [et al.] // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. — 2021. — Vol. 65 (1). — P. 26–33. — DOI: 10.1111/aas.13691.

ANESTHESIA PECULIARITIES IN BEACH CHAIR POSITION

(LITERATURE REVIEW)

M. V. Lyzohub ¹, K. I. Lyzohub ², I. V. Kotulskiy ¹, R.V. Pazdnikov ¹, E. V. Kostrikova ¹, S. M. Yakovenko ¹

¹ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

² Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of Ukraine

✉ Mykola Lyzohub, MD, PhD in Anesthesiology and Intensive Therapy: nlizogub@gmail.com

✉ Kseniia Lyzohub, MD, PhD in Department of Emergency Medicine and Disaster Medicine: kslizogub@gmail.com

✉ Igor Kotulskiy, MD, PhD in Normal Physiology: Igor.kotulsky@gmail.com

✉ Roman Pazdnikov, MD, PhD in Orthopaedics and Traumatology: kalmik1976@gmail.com

✉ Eleonora Kostrikova, MD, PhD: rozalinda3591@gmail.com

✉ Svitlana Yakovenko, MD, PhD in Orthopaedics and Traumatology: jakobzs777@gmail.com

УДК 616.728.2-089.843(091)(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021485-95>

Тотальне реверсивне ендопротезування плечового суглоба. Історія та перспективи розвитку

М. О. Корж¹, В. Б. Макаров², О. О. Підгайська¹, О. В. Танькут¹

¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

² КНП «Міська клінічна лікарня № 16» ДМР, Дніпро. Україна

In elderly patients with a low bone mineral density primary endoprosthesis shoulder joint is one of the methods of surgical treatment. Goal. Perform a historical review of the development of reverse shoulder arthroplasty (RSA) with analysis of biomechanical features of existing implants, their advantages and disadvantages to identify possible areas for further ways of improvement. Methods. Search for scientific information was performed in electronic databases PubMed, ScienceDirect, Google Scholar with a search depth of 30 years. There were selected 68 sources. Results. Unsatisfactory results after shoulder hemiarthroplasty caused in patients with severe damage to the rotator cuff and multifragmental fractures of the proximal humerus using RSA. Endoprosthesis design C. Neer replaced the implants of P. Grammont design, built on the principles: spherical glenoid component, concave support part on the humerus, the center of rotation at the level or medially of the scapular neck, proximal humerus fractures is displaced medially and distally. Medialization of the center of rotation is an unfavorable factor that leads to loss of tension of the deltoid muscle. To eliminate this disadvantages, lateralized hemispheres have been developed, with the help of which stability is achieved, the formation of a defect of the lower edge of the scapular neck is prevented. Their size affects on the volume of movements: the smallest diameters should be used for prevention of soft tissue strain. Note that the use of RSA with a lateralized center of rotation and varus shoulder component brings biomechanics closer shoulder joint to normal anatomical features. Conclusions. The main directions of RSA improvement: conducting biomechanical research to evaluate structures endoprostheses in order to choose the optimal design; introduction of modern additive technologies that will allow to obtain porous components with increased osteointegrative properties; reduce the weight of the hemisphere; improving friction pairs. Key words. Proximal humerus fractures, reverse shoulder arthroplasty.

У пацієнтів похилого та старечого віку на фоні зниження мінеральної щільності кістки первинне ендопротезування плечового суглоба є одним із методів хірургічного лікування. Мета. Провести історичний огляд розвитку реверсивного ендопротезування (RSA) плечового суглоба з аналізом біомеханічних особливостей наявних імплантатів, їхніх переваг і недоліків для визначення можливих напрямів подальшого вдосконалення конструкції. Методи. Пошук наукової інформації проведений в електронних базах PubMed, ScienceDirect, Google Scholar із глибиною пошуку 30 років. Відібрано 68 джерел. Результати. Незадовільні результати після геміартропластики плечового суглоба обумовили в пацієнтів із важкими ушкодженнями обертальної манжети й багатofрагментарними переломами проксимального відділу плечової кістки (ПВПК) використання RSA. Ендопротези дизайну С. Неєр змінили імплантати конструкції Р. Грамонта, побудовані за принципами: сферичний гленоїдальний компонент, увігнута опорна частина на плечовій кістці, центр ротації на рівні або медіальніше шийки лопатки, ПВПК зміщений медіально та дистальніше. Медіалізація центра обертання є несприятливим чинником, що призводить до втрати напруження дельтоподібного м'яза. Задля усунення цього недоліку розроблено латералізовані гемісфери, за допомогою яких досягається стабільність, попереджується утворення дефекту нижнього краю шийки лопатки. Їхній розмір впливає на обсяг рухів: найменші діаметри слід використовувати для попередження перенапруження м'яких тканин. Зауважимо, що застосування RSA з латералізованим центром обертання та варусним плечовим компонентом наближає біомеханіку плечового суглоба до нормальних анатомічних особливостей. Висновки. Основні напрями вдосконалення RSA: проведення біомеханічних досліджень для оцінювання конструкцій ендопротезів із метою вибору оптимального дизайну; впровадження сучасних адитивних технологій, які дозволять одержати пористі компоненти з підвищеними остеointегративними властивостями; зменшити вагу гемісфери; вдосконалення пари тертя.

Ключові слова. Переломи проксимального відділу плечової кістки, ендопротезування плеча

Вступ

Переломи проксимального відділу плечової кістки становлять (ППВПК) 5–6 % від усіх переломів довгих кісток скелета, їх виявляють у третини пацієнтів старших за 65 років, найчастіше — у жінок (70 %) [1, 2]. У молодих осіб ППВПК виникають, зазвичай, унаслідок високоенергетичних травм [3, 4]. У пацієнтів старших за 50–55 років ППВПК, які діагностують за низькоенергетичних механізмів травми, є ознакою остеопорозу. Консервативне лікування є найчастішим методом для більшості пацієнтів (67–85 %) із ППВПК [1–11]. Показаннями до хірургічного втручання ППВПК у постраждалих старшої вікової групи вважають нестабільні три- та чотирифрагментарні переломи. Вибір хірургічної методики залежить від функції кінцівки до травми, супутніх захворювань, рівня кваліфікації хірурга. Удосконалення техніки відкритої репозиції й імплантатів для внутрішньої фіксації (ORIF) призвело до поширення цієї методики [12]. Використання накісткових пластин типу PHILOS та інтрамедулярних стрижнів для остеосинтезу ППВПК у молодих пацієнтів із переломами типу А та В за класифікацією AO/ASIF та гарною якістю кістки дозволяють отримати позитивні результати хірургічного лікування у більшості випадків [13]. У хворих похилого та старечого віку на фоні зниження мінеральної щільності кістки ORIF не забезпечує адекватної фіксації та призводить до негативних результатів [14]. Альтернативним методом хірургічного втручання є первинне ендпротезування плечового суглоба, що зменшує період дезадаптації після травми, больовий синдром уже в перші тижні після операції та поліпшує якість життя.

Мета роботи – провести історичний огляд розвитку реверсивного ендпротезування плечового суглоба з аналізом біомеханічних особливостей наявних імплантатів, їхніх переваг і недоліків для визначення можливих напрямів подальшого вдосконалення конструкцій.

Матеріал і методи

Пошук наукової інформації проведений в електронних базах PubMed, ScienceDirect, Google Scholar із глибиною пошуку 30 років.

Результати та їх обговорення

Із моменту проведення першої артропластики плечового суглоба Жюлем Емілем Пеаном у 1893 році із приводу туберкульозу (за [15]) удосконалення конструкції та техніки ендпротезу-

вання плечового суглоба пройшло декілька етапів. Наприклад, запропоновану Dr. Charles Neer у 1955 році геміартропластику плечового суглоба [16] як операцію відчаю в разі аваскулярного некрозу головки плечової кістки за багатофрагментарних ППВПК через незадовільні результати натеper практично не застосовують [17–18]. Зазначають, що статистично значущої різниці між результатами консервативного лікування багатофрагментарних ППВПК і геміартропластики немає [19]. Незадовільні результати після останньої призвели до створення тотальних ендпротезів плечового суглоба. Глибоке вивчення біомеханіки плечового суглоба, упровадження нових матеріалів, удосконалення техніки хірургічного втручання для імплантації тотальних анатомічних ендпротезів плечового суглоба (TSA) дозволили отримати значно більше позитивних результатів у віддаленому періоді порівняно з результатами геміартропластики [19, 20]. Водночас, унаслідок негативних результатів TSA у пацієнтів із важкими ушкодженнями обертальної манжети та багатофрагментарними ППВПК почало поступово розвиватися тотальне реверсивне ендпротезування плечового суглоба (RSA), що базується на іншій біомеханічній концепції [20]. TSA історично вважали ідеальним методом лікування III стадії остеоартриту плечового суглоба, але нині деякі хірурги віддають перевагу RSA в осіб похилого та старечого віку з первинним остеоартритом плечового суглоба й нешкодженою обертальною манжетою через можливість післяопераційного (вторинного) її розриву [21]. Для визначення оптимального імплантата в пацієнтів похилого віку з первинним остеоартритом необхідні подальші дослідження та триваліші спостереження. Є думка, що оптимальними показаннями для виконання RSA є багатофрагментарний перелом на фоні остеопорозу та неоперабельне ушкодження обертальної манжети плеча в разі остеоартрозу плечового суглоба [22].

Загалом тотальне реверсивне ендпротезування плечового суглоба розвивається протягом останніх 50 років. Спочатку RSA використовували як рішення в разі ушкодження обертальної манжети плеча. Перші ендпротези, створені Dr. Charles Neer, зазнали невдачі (рис. 1, а, в). Революційні принципи в стратегії дизайну ендпротезів упроваджені Dr. Paul Grammont у 1985 році: сферична гленоїдальна частина, увігнута опорна частина на плечовій кістці, центр ротатії на рівні або медіальніше шийки лопатки, а проксимальний відділ плечової кістки має бути зміщений

медіально та дистальніше. Незважаючи на створення новітніх ендопротезів, принципи RSA Dr. Paul Grammont і сьогодні визначають розвиток імплантатів і хірургічну техніку [15]. У листопаді 2003 року Управління санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США (FDA) схвалило використання RSA. Відповідно, у 2003–2004 роках почала зростати кількість операцій RSA в країні та збільшується щорічно [23]. Із підвищенням кількості хірургічних утручань із використанням RSA зростає й кількість повідомлень і доказів на підтримку його застосування за умов ППВПК [24–27]. Постійні проблеми, невдачі й абсолютно непередбачувані результати в разі консервативного лікування, ORIF та геміартропластики за ППВПК, особливо в людей похилого віку, призвели до значного збільшення використання RSA, головним чином через незалежність від стану м'язів оберտальної манжети.

Низьку конструктивних особливостей, які раніше розглядали доцільними, у сучасних моделях реверсивних ендопротезів уже не застосовують. Наприклад, спроби відтворити в ендопротезі анатомічний центр ротації спричинили ранні незадовільні результати через зростання контактних напружень, а також напружень у гленоїдальній западині та дестабілізації базової опори. Відсутність позитивних результатів застосування ендопротезів серії MARK, розроблених Dr. Charles Neer, призвело до відмови від їхнього використання (рис. 1) [28].

Подальші розробки з метою поліпшення конструкції та стабільності фіксації гленоїдального компонента реверсивного ендопротеза привели до створення ендопротеза Кесселя, в якому використаний один великий центральний гленоїдальний гвинт для базової опори, а ніжка виготовлена з поліетилену [30]. У 23 пацієнтів, яким встановили такі імплантати та які перебували під наглядом не менше ніж 5 років, спостерігали рент-

генологічно прозорі лінії навколо компонентів гленоїда, а в 6 особам виконано повторні операції до 3 років спостереження [31]. Надалі дизайн RSA був покращений Бейлі та Вокером (рис. 2): гленоїдальний гвинт покрили гідроксилапатитом, а центр обертання перемістили медіально та дистально, плечову поліетиленову ніжку замінили на металеву з поліетиленовим вкладишем [31].

Реверсивний ендопротез плечового суглоба Liverpool (1969) схожий на конструкцію перевернутого імплантата кульшового суглоба, гленоїдальний компонент і ніжка були цементовані в лопатці, а поліетиленова чашка — в проксимальному відділі плечової кістки [32]. У 1973 р. Y. Gerard і співавт. [33] опублікували результати 6 імплантацій реверсивних тотальних ендопротезів плечового суглоба (рис. 3, а) із металевою гленоїдальною пластиною, закріпленою 2 гвинтами в лопатці та з отвором у центрі для загвинчування металевої сфери 20 мм у пластину. Плечовий компонент являв собою поліетиленову напівсферичну чашку, закріплену на металевій ніжці. У всіх пацієнтів досягнуто стабільність плечового суглоба та зменшення больового синдрому. Проте активні рухи не збільшилися, оскільки конструкція протеза не компенсувала функцію оберտальної манжети.

Ідея реверсивного ендопротеза J. M. Fenlin (рис. 3, б) полягала в створенні двофрагментового лопаткового компонента, який міг би заповнити два продовження губчастої порожнини, що виходять за межі суглобового склепіння. Одне з цих подовжень йде нерівномірно до дзьобоподібного відростка, інше — вниз уздовж ребра лопатки. Його лопатковий якір був зацементований в лопатку, як і в попередніх моделях RSA [34]. Для вирішення проблеми фіксації гленоїдального компонента в лопатці B. Reeves і співавт. [35] запропонували нову конструкцію з відтворенням нормального анатомічного центра (рис. 3, в).

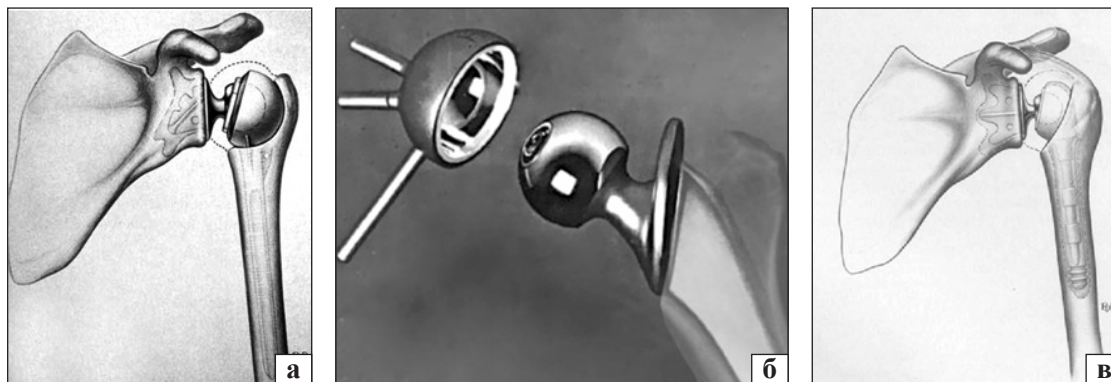


Рис. 1. Реверсивні ендопротези: а) Mark I (за [29]); б) MARK II; (за [28]); в) Mark III (за [15])

Цей ендпротез продемонстрував вищу міцність на виривання, ніж інші конструкції під час тестування *in vitro*, але його використання також не призвело до успіху.

У 1985 році Dr. Paul Grammont і співавт. [36] опублікували перші результати ендпротезування реверсивним ендпротезом плечового суглоба авторського дизайну. Відмінною рисою цього імплантата є медіалізація центра ротації, що дало змогу знизити розсікальні та зрізувальні напруження навколо гленоїдальної сфери та базової пластини та, відповідно, поліпшити виживаність ендпротеза [37]. Dr. Paul Grammont висловив припущення, що зміщення центра ротації в дистальному напрямку необхідно для покращення функції дельтоподібного м'яза за рахунок його натягнення та підвищення тону. Ця концепція залишається «наріжним каменем» у створенні більшості реверсивних ендпротезів плечового суглоба й натепер. Незважаючи на те, що медіалізація центра ротації є одним з основних принципів у розробленні реверсивних ендпротезів плечового суглоба, у разі їхнього встановлення розвивається дефект нижнього краю шийки лопатки, що може призвести до нестабільності гленоїдального компонента імплантата. На під-



Рис. 2. Реверсивний ендпротез Бейлі-Уокера (Stanmore Implants, Элстри, Великобританія) (за [31])

ставі багатоцентрового дослідження [38] зі залученням 80 пацієнтів, яким встановили реверсивний ендпротез плечового суглоба Grammont Delta, у 96 % випадків зафіксовано мінімальні болі або їхню відсутність на фоні доброго відновлення функції. Нестабільність гленоїдального компонента виникла у 5 пацієнтів, порушення з'єднання гемісфери та базової пластини — у 7, розвиток вирізки на шийці лопатки — 49, глибока інфекція — 1. Середній термін спостереження становив 44 міс. Автори дійшли висновку, що вдосконалення конструкції RSA дозволить скоротити кількість ускладнень.

У подальшому медіалізацію центра обертання розглядали як несприятливий фактор, що призводить до втрати напруження дельтоподібного м'яза внаслідок порушення нормального обертання довкола великого горбка. Водночас, конструктивні особливості вдосконалених ендпротезів типу Grammont дозволяють покращити функцію цього м'яза лише за рахунок зміщення в дистальному напрямку центра ротації. Проте надмірне зміщення в дистальному напрямку теж є несприятливим чинником для відновлення функції, оскільки потенціально може спричинювати перерозтягнення плівкового нервового сплетення, збільшення «мертвого простору» навколо протеза та, відповідно, підвищити ризик розвитку інфекції [39].

Для позбавлення негативних факторів медіалізації центра обертання RSA розроблено латералізовані гемісфери, що дають змогу досягти й стабільності з покращенням функції, й попередити виникнення дефекту нижнього краю шийки лопатки. Стабільність плечового суглоба забезпечується шляхом зміщення латерального краю великого горбка майже на нормальну анатомічну позицію. Відновлення відстані від великого горбка до суглобової западини лопатки й акроміально-горбковий офсет дозволяє підтримувати напруження обертальної манжети фізіологічно

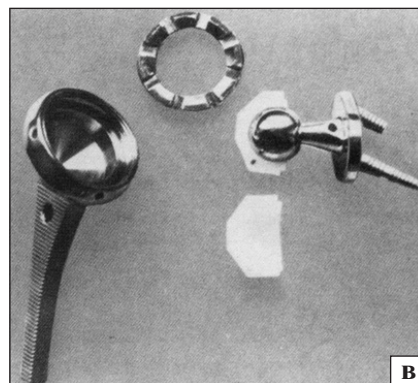
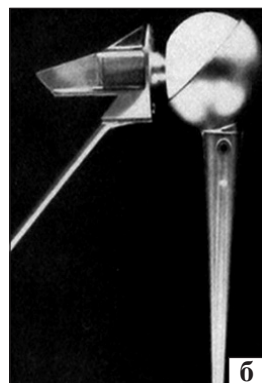


Рис. 3. Реверсивні ендпротези: а) Y. Gerard і співавт. (за [33]); б) J. M. Fenlin (за [34]); в) B. Reeves і співавт. (за [35])

відповідним. У такий спосіб відновлюється ефект компресії дельтоподібного м'яза під час роботи навколо великого горбка. Підвищення стабільності дозволяє використовувати варусні плечові компоненти, що, у свою чергу, зменшує ризик плечелопаткового імпінджменту [40]. Наразі триває дискусія щодо переваг і недоліків медіалізації та латералізації центра обертання. Відомо, що анатомо-функціональні особливості людського плечового суглоба дуже складні та неможливо штучним імплантатом їх ідеально повторити, отже, й очікувати максимального відновлення функції. У результаті біомеханічного дослідження доведено, що варусний плечовий компонент є основним чинником зменшення ймовірності розвитку плечелопаткового імпінджменту [41]. Іншими важливими складовими є позиція базової пластини та латералізація центра ротації. Цю концепцію підтверджено й клінічно, оскільки за умов використання латералізованих ендпротезів із варусним плечовим компонентом частота утворення дефекту по нижньому краю шийки лопатки становить від 0 до 10 %, а в разі встановлення класичних ендпротезів типів Grammont із медіалізацією центра обертання — до 90 %. S. Guitierrez і співавт. [39] біомеханічно обґрунтували збільшення обсягу рухів за умов застосування латералізованої гленосфери. Максимально низьке її розхитування та нахил униз, варусний плечовий компонент — також суттєві чинники, які впливають на функцію. Проте інші автори показали, що використання варусних плечових компонентів із медіалізацією обертального центра є неприйнятним через високу частоту розвитку нестабільності складових ендпротеза. У разі застосування реверсивних імплантатів із латералізованим центром обертання покращується зовнішня ротація, що обумовлено підвищеним натягом збережених м'язів обертальної манжети та збільшенням радіуса обертання до настання кісткового імпінджменту [42].

Найчастішими ускладненнями RSA є: нестабільність базової пластини та компонентів, перелом акроміону, інфекція, нейропатія плечового сплетення. Конструктивні особливості реверсивного ендпротеза значною мірою впливають на ризик розвитку ускладнень. Розхитування та нестабільність базової опори може виникнути внаслідок значних зрізувальних зусиль на межі «кістка – імплантат» або втрати структурної інтеграції між кісткою й імплантатом. У дослідженнях *in vitro* показано, що зрізувальні зусилля на межі «кістка – базова опора ендпротеза» більші

за латералізації центра ротації, ніж за медіалізації [43]. У клінічних умовах визначено нестабільність базової пластини у 12 % пацієнтів після ендпротезування імплантатами з латералізованим центром ротації раннього дизайну [44]. Після широкого використання 4 периферичних блокованих гвинтів для фіксації базової опори частота розвитку її нестабільності наблизилася до 0 %. Це свідчить, що ризик розвитку вказаного ускладнення передбачувано знижується з підвищенням стабільності та ригідності первинної фіксації базової опори [45]. Оскільки величина зрізувальних сил через з'єднання базової опори з суглобовим відростком лопатки збільшується за умов латералізації центра обертання, дуже важливим є отримання первинної жорсткої фіксації. Базову пластину слід встановлювати з максимально можливим ступенем компресії та додатково фіксувати периферичними блокованими гвинтами [43, 44, 46–49].

Іншою причиною розвитку нестабільності базової опори є її асептичне розхитування через утворення дефекту по нижньому краю шийки лопатки в разі плечелопаткового імпінджменту. Третьою причиною є зношування поліетилену та накопичення запального дебрису з розвитком асептичного лізису кістки [45, 46].

Частота нестабільності за умов використання ендпротезів із різним центром обертання приблизно однакова. Біомеханічні дослідження підтверджують, що покращення стабільності досягається зі збільшенням латерального офсету, глибиною вкладиша та дуги обертання до отримання кісткового імпінджменту. Латеральний офсет і кістковий імпінджмент залежать від діаметра гемісфери, центра ротації, а глибина занурення у вкладиш — незалежна величина від центра ротації [46, 50–53].

Розмір гленосфери безпосередньо впливає на обсяг рухів у післяопераційному періоді. Найменші її діаметри слід використовувати для попередження перенапруження м'яких тканин і, як наслідок, підвищення дестабілізуювальних зусиль на базову опору. Можна вважати, що застосування ендпротезів із латералізованим центром обертання та варусним плечовим компонентом наближає біомеханіку плечового суглоба до нормальних анатомічних особливостей [46].

Серед особливостей хірургічної техніки слід зазначити за доцільне намагатися підшивати сухожилля підлопаткового м'яза або до проксимального відділу плечової кістки, або до ендпротеза. Фахівці вважають цю маніпуляцію

необхідною, оскільки робота підлопаткового м'яза дозволяє зрівноважити зусилля задньої частини м'яза оберальної манжети плеча. Слід пам'ятати, що зміщення осі гленосфери більше донизу може зменшити ризик виникнення дефекту шийки лопатки та водночас завдяки підвищенню натягнення дельтоподібного м'яза може призвести до перелому в цьому місці. Навпаки, центральне розташування гленосфери зменшує ризик виникнення перелому суглобового відростка лопатки, але підвищує ризик розвитку плечелопаткового імпінджменту [50, 52, 46, 49, 54].

Усі відомі реверсивні ендопротези плечового суглоба мають певні переваги та недоліки. Центр ротації за умов RSA є лише одним із багатьох чинників, які визначають функцію та стабільність штучного плечового суглоба. Незалежно від вибору типу ендопротеза завжди дуже важливо мінімально змінювати анатомію для попередження ускладнень і максимального відновлення функції. Сьогодні більшість авторів пропонують використовувати реверсивні ендопротези плечового суглоба з латералізацією центра обертання, що дає змогу збільшити обсяг рухів [43, 44, 46–54].

Ключове поняття механіки нормального плечового суглоба найкраще описали F. Matsen і S. Lippitt [50, 52]: чим більша глибина увігнутої поверхні, тим більшою має бути сила зміщення, яка зсуне сферу або півсферу з цієї увігнутості для конкретного стискального навантаження. У здоровому плечовому суглобі м'язи обертальної манжети забезпечують стискальне навантаження. За їхнього ушкодження настає дисбаланс м'язового тону та нестабільність положення головки щодо западини [50].

Інше важливе питання біомеханіки плечового суглоба — це концепція центральної лінії гленоїда [52]. У нормальній здоровій лопатці людини центральна лінія перпендикулярна суглобовій поверхні западини та спрямована в середньому приблизно на 10° назад від площини лопатки. Центральна лінія служить віссю, відносно якої обертається головка плечової кістки; рухи в плечовому суглобі та рухи лопатки щодо грудної клітки пов'язані між собою для постійного утримання осі обертання головки щодо цієї лінії. За умов м'язового дефіциту або ушкодження обертальної манжети підвищується зношування суглобової поверхні гленоїдальної западини. В ідеалі суглобовий компонент розміщується по центральній лінії суглобової западини. Проте в деяких випадках втрати кісткової тканини суг-

лобової западини лопатки встановлення компонентів у цій площині неможливе. За умов важкої або ексцентричної втрати кісткової тканини необхідно використовувати або кісткову пластику, або заміщення дефекту пористими конструкціями — аугментами з титанових сплавів.

Третім важливим біомеханічним чинником у разі масивного ушкодження надосьового м'яза є імпінджмент між великим горбком і акроміоном. У пацієнтів, які втратили динамічні стабілізатори м'язів обертальної манжети, головка плечової кістки зміщується вгору та призводить до упору під акроміоном. У таких випадках використання RSA дає змогу нейтралізувати патологічну динамічну нестабільність.

Фіксація компонентів реверсивного ендопротеза плечового суглоба зазнала значних змін відтоді, коли Dr. Charles Neer запропонував свої перші конструкції. Спочатку імплантати фіксували цементом, у подальшому під час розроблення конструкцій ендопротезів зважали на їхню остеоінтеграцію. Вона досягається за умов надійної первинної стабілізації компонента ендопротеза до кістки, використанням прес-фіт техніки або фіксації гвинтами [53]. Задля більшої остеоінтеграції поверхні плечового та гленоїдального компонентів виробляють зі шорсткими покриттями з пористістю 65–80 % [46, 47, 53].

Доступні сьогодні конструкції реверсивних ендопротезів плечового суглоба (рис. 4) використовують комбінацію цементу для фіксації діафізарної частини плечового компонента і шорстке покриття проксимальної для досягнення остеоінтеграції. Фіксація гленоїдальної частини у всіх ендопротезів лише безцементна, забезпечується за рахунок компресії та нейтралізації можливих зрізувальних сил. Стиснення здійснюється центральним гвинтом, а периферичні гвинти протидіють зрізувальним силам, які дестабілізують, уздовж площі контакту, знижуючи можливість мікрорухомоті до мінімуму [48].

Деякі фахівці наголошують на важливості розміщення одного з периферичних гвинтів для фіксації базової пластини в основі дзьобоподібного відростка. Вивчення компресії гвинтами гленоїдального компонента двох найчастіше імплантованих ендопротезів виявило 10-разову різницю між DJO RSP (2000 N) і Delta III (200 N) [49]. Хоча біомеханічні дослідження показали сильнішу фіксацію з використанням центрального блокованого гвинта 6,5 мм у поєднанні з периферичними неблокованими гвинтами 3,5 мм для фіксації гленоїда, клінічно визначено нестабільність у разі

застосування таких конструкцій близько 10 % [43, 44].

Подальший аналіз за допомогою скануючої електронної мікроскопії виявив порушення простору кістки між базовою опорою. З'ясовано, що використання 5,0 мм центральні і 3,5 мм периферичних блокованих гвинтів знижую частоту виникнення нестабільності до 14 % [54]. Пошук оптимального позионування та дизайну гленоїдального компонента триває. Р. М. Grammont і Е. Vaulot [55] вважають, що порушення стабільності базової пластини за RSA пов'язане зі знач-

ним напруженнями зсуву, які проходять через гленоїдальний компонент, а медіалізація центра обертання дозволить зменшити ці стресові навантаження [56].

Аналіз несприятливих результатів RSA, пов'язаних із нестабільністю базової пластини, виявив, що у всіх випадках гленосфера була встановлена з нахилом вгору [45]. Максимально рівномірний розподіл сил, які впливають на гленоїдальний компонент, відбувається під час його імплантації з нахилом донизу до 10–15° [57].

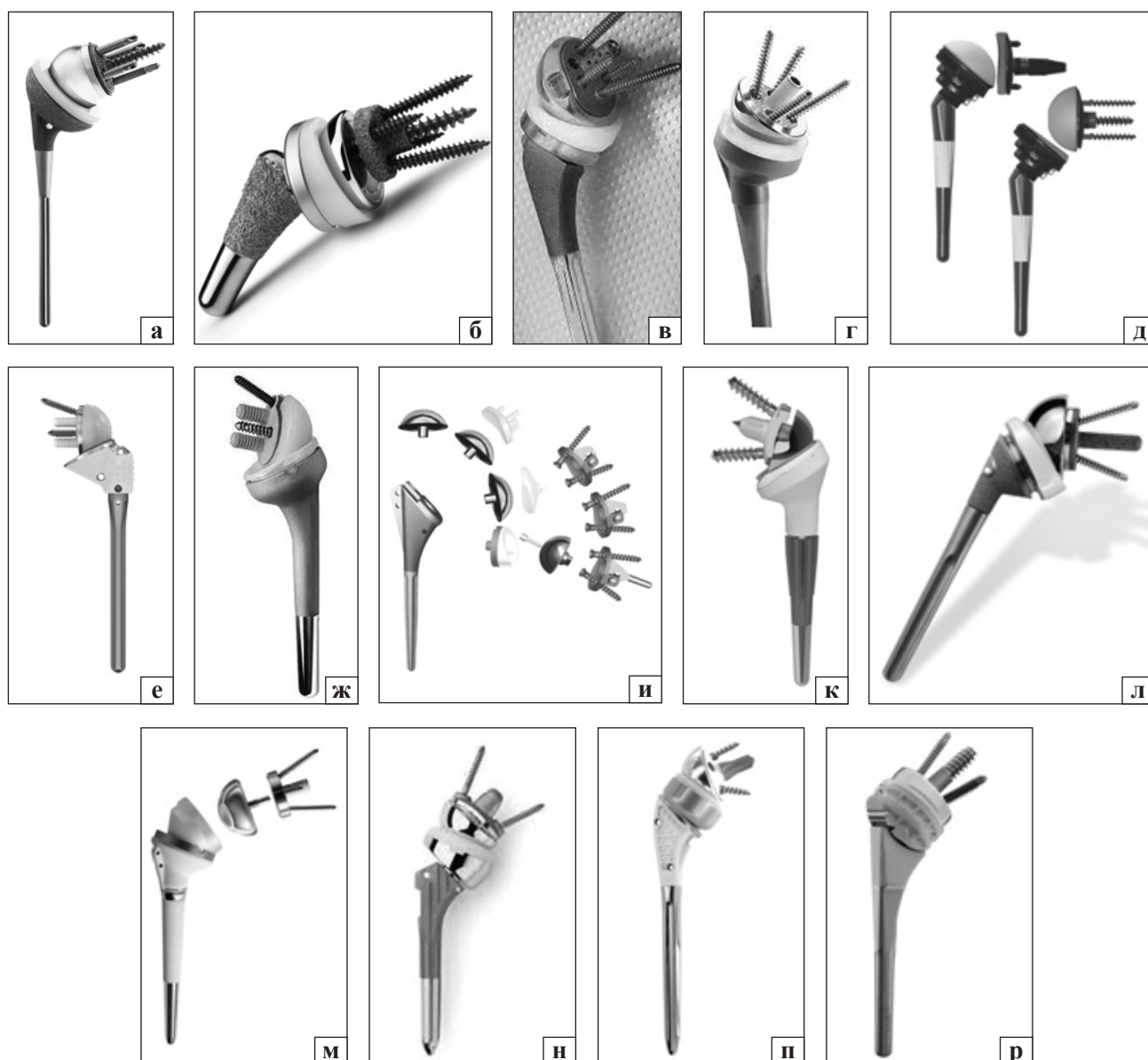


Рис. 4. Сучасні реверсивні тотальні ендпротези плечового суглоба: а) DJO RSP (Vista, CA); б) Zimmer Biomet Comprehensive® Reverse Shoulder System; в) Exactech Equinox (Gainesville, FL); г) Wright Tornier Aequalis (Edina, MN); д) Mirai RSA Permedica, Italy; е) Affinis Inverse, Switzerland old type; ж) Affinis Inverse, Switzerland, new type; з) Universal Arrow System (Heimsbrunn, France); к) Lima SMR (Udine, Italy); л) Zimmer Trabecular (Warsaw, IN); м) DePuy Delta III reverse shoulder Warsaw, IN; н) Reverse Anatomical Shoulder Fracture system Zimmer with two types of stem; о) Evolutis UNIC Reverse Shoulder Prosthesis; п) Unvers Revers™ Modular Glenoid System Arthrex

RSA все частіше використовують у разі три- та чотирифрагментарних ППВПК для пацієнтів похилого віку, оскільки кількість ускладнень і незадовільних результатів після геміартропластики та ORIF залишається на високому рівні. Зокрема, частота повторних операцій після RSA значно нижча, ніж 20 років тому, при цьому повідомляють про значне поліпшення функціональних результатів, особливо в людей похилого віку. Пацієнт і хірург мають знати, що хоча функція не буде нормальною, вона, зазвичай, підходить для цієї популяції із низькими потребами. RSA також є «хірургічним втручанням порятунку» після невдалої ORIF [58–61].

Удосконалення хірургічних методик, технології імплантації та коректніший відбір пацієнтів дали змогу покращити результати RSA в разі ППВПК. У ретроспективному дослідженні зі середнім періодом спостереження протягом 35 міс. за 52 хворими віком 59–89 років із три- та чотирифрагментарними ППВПК, яким було проведено RSA, отримані здебільшого позитивні результати [62]. Але попри зростання позитивних результатів RSA, відмінні наслідки у випадку зазначених ППВПК досить рідкісні. Є думка, що RSA у випадку ППВПК дозволяє досягти 80 % нормальної функції плеча, усунення болю та здатність до самообслуговування. Порівняння RSA та геміартропластики в людей похилого віку з три- та чотирифрагментарними ППВПК довело, що сприятливіші та надійніші функціональні результати спостерігають у пацієнтів після RSA. Хоча частота ускладнень варіює, кількість повторних операцій значно нижча у хворих після RSA. На відміну від геміартропластики успішний результат у разі RSA не залежить від загоснення великого горбка та цілісності обертальної манжети плеча [63]. Проте відновлення анатомічних горбків може збільшити діапазон рухів у плечовому суглобі в пацієнтів після RSA [64–67]. У багатоцентровому ретроспективному дослідженні за участі 898 осіб із ППВПК, яким проведено RSA, загальна частота ускладнень становила 12,5 %, ревізій — 5 %, рівень смертності через 1 рік після операції — 6 %. Нестабільність була найчастішим ускладненням у 33 % випадків, утворення дефекту нижнього краю лопатки — 11,9 %. Частота ревізій після RSA зафіксована на рівні 5,1 % проти 12,1 % після ORIF у період до 3,6 року після хірургічного втручання [68].

Висновки

Позитивні функціональні результати після RSA та тривала робота реверсивного ендопротеза пов'язані з дизайном конструкції, особливостями хірургічної техніки й адекватним вибором пацієнта.

Підсумовуючи результати проаналізованих наукових публікацій, вважаємо, що основними напрямками щодо вдосконалення конструкції реверсивного тотального ендопротеза плечового суглоба є:

– проведення тривимірного моделювання для порівняльного оцінювання напружень, які виникають у здоровому людському суглобі та після імплантації різних конструкцій ендопротезів, гленосфери під різними кутами, а також використання ексцентричних та еліпсоподібних гленосфер;

– упровадження сучасних адитивних технологій, які дають змогу одержати як гленоїдальні, так і плечові пористі компоненти з підвищеними остеоінтегративними властивостями;

– біомеханічні та гістологічні експериментальні дослідження пористих 3D-компонентів ендопротезів для обґрунтування їхнього застосування в клінічній практиці.

Удосконалюючи конструкції реверсивного ендопротеза плечового суглоба, слід звертати увагу на діаметр і глибину увігнутості плечового компонента (вкладиша), його нахил щодо діафіза плечової кістки; кут фіксації гленоїдального компонента відносно осі суглобового відростка лопатки та її центральної осі, наявність дефекту гленоїдальної западини, важливість центральної та периферичної фіксації базової пластини; зменшення ваги напівсфери й особливості її фіксації до базової пластини; удосконалення пари тертя для зменшення зношування та можливого лізису кісткової тканини.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Court-Brown C. M. Epidemiology of adult fractures: a review / C. M. Court-Brown, B. Caesar // *Injury*. — 2006. — Vol. 37 (8). — P. 691–697. — DOI: 10.1016/j.injury.2006.04.130.
2. Trends in surgical management and costs for operative treatment of proximal humerus fractures in the elderly / E. K. Hasty, E. W. Jernigan, A. Soo [et al.] // *Orthopedics*. — 2017. — Vol. 40 (4). — P. 641–647. — DOI: 10.3928/01477447-20170411-03.
3. Proximal humerus fractures in the elderly: concomitant fractures and management / K. Zachariassen, B. R. Dart, E. Ablah [et al.] // *Kansas Journal of Medicine*. — 2020. — Vol. 13. — P. 101–105.
4. Fractures in older adults. A view of the future / C. M. Court-Brown, A. D. Duckworth, N. D. Clement, M. M. Mcqueen // *Injury*. — 2018. — Vol. 49 (12). — P. 2161–2166. — DOI: 10.1016/j.injury.2018.11.009.

5. Rate of proximal humeral fractures in older Finnish women between 1970 and 2007 / P. Kannus, M. Palvanen, S. Niemi [et al.] // *Bone*. — 2009. — Vol. 44 (4). — P. 656–659. — DOI: 10.1016/j.bone.2008.12.007.
6. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures / M. Palvanen, P. Kannus, S. Niemi, J. Parkkari // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2006. — № 442. — P. 87–92. — DOI: 10.1097/01.blo.0000194672.79634.78.
7. Kim SH, Szabo RM, Marder RA. Epidemiology of humerus fractures in the United States: nationwide emergency department sample, 2008 / S. H. Kim, R. M. Szabo, R. A. Marder // *Arthritis Care & Research*. — 2012. — Vol. 64 (3). — P. 407–414. — DOI: 10.1002/acr.21563.
8. Conservative treatment, plate fixation, or prosthesis for proximal humeral fracture. A prospective randomized study / A. P. Launonen, V. Lepola, T. Flinkkila [et al.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2012. — Vol. 13. — Article ID: 167. — DOI: 10.1186/1471-2474-13-167.
9. Humeral fractures in the elderly / J. Bell, B. C. Leung, K. F. Spratt [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2011. — Vol. 93 (2). — P. 121–131. — DOI: 10.2106/JBJS.I.01505.
10. Clement N. D. The outcome of proximal humeral fractures in the elderly predictors of mortality and function / N. D. Clement, A. D. Duckworth, M. M. McQueen // *The Bone & Joint Journal*. — 2014. — Vol. 96-B (7). — P. 970–977. — DOI: 10.1302/0301-620X.96B7.32894.
11. Proximal humerus fragility fractures: recent trends in nonoperative and operative treatment in the Medicare population / R. J. Han, D. C. Sing, B. T. Feeley [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2016. — Vol. 25 (2). — P. 256–261. — DOI: 10.1016/j.jse.2015.07.015.
12. Does the magnitude of injuries affect the outcome of proximal humerus fractures treated by locked plating (PHILOS)? / T. Berk, S. Halvachizadeh, F. Bellmann [et al.] // *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. — 2020. — DOI: 10.1007/s00068-020-01451-9.
13. Long-term follow-up after MIPO Philos plating for proximal humerus fractures / Y. Frima, C. Michelitsch, R. B. Beks [et al.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. — 2019. — Vol. 139 (2). — P. 203–209. — DOI: 10.1007/s00402-018-3063-1.
14. Kim DY, Kim TY, Hwang JT. PHILOS plate fixation with polymethyl methacrylate cement augmentation of an osteoporotic proximal humerus fracture / D. Y. Kim, T. Y. Kim, J. T. Hwang // *Clinics in Shoulder and Elbow*. — 2020. — Vol. 23 (3). — P. 156–158. — DOI: 10.5397/cise.2020.02026.
15. Flatow E. L. A history of reverse total shoulder arthroplasty / E. L. Flatow, A. K. Harrison // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2011. — Vol. 469 (9). — P. 2432–2439. — DOI: 10.1007/s11999-010-1733-6.
16. Neer C. S. Articular replacement for the humeral head / C. S. Neer // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 1955. — Vol. 37. — P. 215–228. — DOI: 10.2106/00004623-195537020-00001.
17. Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for treatment of proximal humerus fractures / W. W. Schairer, B. U. Nwachukwu, S. Lyman [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2015. — Vol. 24 (10). — P. 1560–1566. — DOI: 10.1016/j.jse.2015.03.018.
18. Use and cost of reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute proximal humerus fractures / C. S. Politzer, A. Bala, T. M. Seyler [et al.] // *Orthopedics*. — 2020. — Vol. 43 (2). — P. 119–125. — DOI: 10.3928/01477447-20200107-06.
19. Functional results of hemi- and total shoulder arthroplasty according to diagnosis and patient age at surgery / B. Sowa, H. Thierjung, M. Bühlhoff [et al.] // *Acta Orthopaedica*. — 2017. — Vol. 88 (3). — P. 310–314. — DOI: 10.1080/17453674.2017.1280656.
20. Anatomic total shoulder arthroplasty for primary glenohumeral osteoarthritis is associated with excellent outcomes and low revision rates in the elderly / R. A. Jensen, J. Tangtiphai-boontana, E. Marigi [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2021. — Vol. 30 (7S). — P. S131–S139. — DOI: 10.1016/j.jse.2020.11.030.
21. Polisetty T. S. Value analysis of anatomic and reverse shoulder arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis with an intact rotator cuff / T. S. Polisetty, R. Colley, J. C. Levy // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2021. — Vol. 103 (10). — P. 913–920. — DOI: 10.2106/JBJS.19.01398. PMID: 33983149.
22. Anatomic and reverse shoulder arthroplasty in patients 70 years of age and older: a comparison cohort at early to midterm follow-up / R. K. Poondla, M. M. Sheth, L. B. Heldt [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2021. — Vol. 30 (6). — P. 1336–1343. — DOI: 10.1016/j.jse.2020.08.030.
23. Increasing incidence of shoulder arthroplasty in the United States / Сю H. Kim, B. L. Wise, Y. Zhang, R. M. Szabo // *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. — 2011. — Vol. 93 (24). — P. 2249–2254. — DOI: 10.2106/JBJS.J.01994.
24. Reverse total shoulder arthroplasty for acute head-splitting, 3- and 4-part fractures of the proximal humerus in the elderly / F. Grubhofer, K. Wieser, D. C. Meyer [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2016. — Vol. 25. — P. 1690–1698. — DOI: 10.1016/j.jse.2016.02.024.
25. Uncemented reverse total shoulder arthroplasty as initial treatment for comminuted proximal humerus fractures / J. O. Wright, A. Ho, J. Kalma [et al.] // *Journal of Orthopaedic Trauma*. — 2019. — Vol. 33 (7). — P. e263–e269. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000001465.
26. Reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: outcomes comparing primary reverse arthroplasty for fracture versus reverse arthroplasty after failed osteosynthesis / F. S. Shannon, E. R. Wagner, M. T. Houdek [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2016. — Vol. 25 (10). — P. 1655–1660. — DOI: 10.1016/j.jse.2016.02.012.
27. Reverse shoulder arthroplasty for complex fractures of the proximal humerus in elderly patients: impact on the level of independence, early function, and pain medication / F. Wolfensperger, P. Grüniger, M. Dietrich [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2017. — Vol. 26 (8). — P. 1462–1468. — DOI: 10.1016/j.jse.2017.01.021.
28. Zilber S. Shoulder arthroplasty: historical considerations / S. Zilber // *The Open Orthopaedics Journal*. — 2017. — Vol. 11. — P. 1100–1107. — DOI: 10.2174/1874325001711011100.
29. Neer C. S. II. Glenohumeral arthroplasty / C. S. Neer II (ed) // *Shoulder Reconstruction*. — Philadelphia: W. B. Saunders, 1990. — 149 p.
30. Kessel L. Prosthetic replacement of shoulder joint: preliminary communication / L. Kessel, I. Bayley // *Journal of the Royal Society of Medicine*. — 1979. — Vol. 72 (10). — P. 748–752.
31. The Kessel prosthesis in total shoulder arthroplasty. A five-year experience / L. A. Broström, R. Wallensten, E. Olsson, D. Anderson // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 1992. — No. 277. — P. 155–160.
32. Blauth W. Zur Geschichte der Arthroplastik [Notes on the history of arthroplasty (author's transl)] / W. Blauth, K. Donner // *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*. — 1979. — Vol. 117 (6). — P. 997–1006. (in German)
33. Gerard Y. Une prothèse totale d'épaule [A complete shoulder prosthesis] / Y. Gerard, J. P. Leblanc, B. Rousseau // *Chirurgie*. — 1973. — Vol. 99 (9). — P. 655–663. (in French).
34. Fenlin J. M. Jr. Total glenohumeral joint replacement / J. M. Fenlin Jr. // *The Orthopedic Clinics of North America*. — 1975. — Vol. 6 (2). — P. 565–583.
35. A total shoulder endoprosthesis / B. Reeves, B. Jobbins, D. Dowson,

- V. Wright // *Engineering of Medicine*. — 1974. — Vol. 1. — P. 64–67. — DOI: 10.1243/EMED_JOUR_1971_001_028_02.
36. Study and development of a new shoulder prosthesis / P. Grammont, P. Trouilloud, J. Laffay, X. Deries // *Rhumatologie*. — 1987. — Vol. 39. — P. 407–418. (in French).
 37. Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics / P. Boileau, D. J. Watkinson, A. M. Hatzidakis [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2005. — Vol. 14 (Suppl 1). — P. 147S–161S
 38. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders / F. Sirveaux, L. Favard, D. Oudet [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. — 2004. — Vol. 86 (3). — P. 388–395. — DOI: 10.1302/0301-620x.86b3.14024.
 39. Range of impingement-free abduction and adduction deficit after reverse shoulder arthroplasty. Hierarchy of surgical and implant-design-related factors / S. Gutiérrez, C. A. Comiskey 4th, Z. P. Luo [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2008. — Vol. 90 (12). — P. 2606–2615. — DOI: 10.2106/JBJS.H.00012.
 40. Polyethylene wear in retrieved reverse total shoulder components / J. S. Day, D. W. MacDonald, M. Olsen [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2012. — Vol. 21 (5). — P. 667–674. — DOI: 10.1016/j.jse.2011.03.012.
 41. Reverse shoulder arthroplasty components and surgical techniques that restore glenohumeral motion / N. A. Virani, A. Cabezas, S. Gutiérrez [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2013. — Vol. 22 (2). — P. 179–187. — DOI: 10.1016/j.jse.2012.02.004.
 42. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of rotator cuff deficiency: a concise follow-up, at a minimum of five years, of a previous report / D. Cuff, R. Clark, D. Pupello, M. Frankle // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2012. — Vol. 94 (21). — P. 1996–2000. — DOI: 10.2106/JBJS.K.01206.
 43. Frankle M. Rationale and biomechanics of the reverse shoulder prosthesis: the American experience / M. Frankle (ed.) // *Rotator Cuff Deficiency of the Shoulder*. — New York: Thieme, 2008. — P. 76–104.
 44. The reverse shoulder prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency: a minimum two-year follow-up study of sixty patients / M. Frankle, S. Siegal, D. Pupello [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 2005. — Vol. 87 (8). — P. 1697–1705. — DOI: 10.2106/JBJS.D.02813.
 45. Coronal plane tilt angle affects risk of catastrophic failure in patients treated with a reverse shoulder prosthesis / M. Frankle, S. Siegal, D. Pupello [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2007. — Vol. 16 (2). — Article ID: e46. — DOI: 10.1016/j.jse.2007.02.096.
 46. How reverse shoulder arthroplasty works / M. Walker, J. Brooks, M. Willis, M. Frankle // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 2011. — Vol. 469 (9). — P. 2440–2451. — DOI: 10.1007/s11999-011-1892-0.
 47. Tissue response to porous tantalum acetabular cups: a canine model / J. D. Bobyn, K. K. Toh, S. A. Hacking [et al.] // *The Journal of Arthroplasty*. — 1999. — Vol. 14 (3). — P. 347–354. — DOI: 10.1016/s0883-5403(99)90062-1.
 48. Initial glenoid component fixation in ‘reverse’ total shoulder arthroplasty: a biomechanical evaluation / M. Harman, M. Frankle, M. Vasey, S. Banks // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2005. — Vol. 14. — P. 162S–167S. — DOI: 10.1016/j.jse.2004.09.030.
 49. Optimizing glenosphere position and fixation in reverse shoulder arthroplasty, Part Two: the three-column concept / C. S. Humphrey, J. D. Kelly 2nd, T. R. Norris // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2008. — Vol. 17 (4). — P. 595–601. — DOI: 10.1016/j.jse.2008.05.038.
 50. Matsen F. Principles of glenohumeral stability / F. Matsen // F. Matsen, S. Lippitt, S. DeBartolo (eds.) / *Shoulder Surgery: Principles and Procedures*. — Philadelphia: WB Saunders, 2004. — P. 83.
 51. Neer C. S. 2nd. Cuff-tear arthropathy / C. S. Neer 2nd, E. V. Craig, H. Fukuda // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 1983. — Vol. 65 (9). — P. 1232–1244.
 52. Matsen F. Principles of glenoid concavity / F. Matsen, S. Lippitt, // F. Matsen, S. Lippitt, S. DeBartolo (eds.) / *Shoulder Surgery: Principles and Procedures*. — Philadelphia: WB Saunders, 2004. — P. 89.
 53. In vivo skeletal responses to porous-surfaced implants subjected to small induced motions / M. Jasty, C. Bragdon, D. Burke [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. — 1997. — Vol. 79 (5). — P. 707–714. — DOI: 10.2106/00004623-199705000-00010.
 54. Initial glenoid component fixation in ‘reverse’ total shoulder arthroplasty: a biomechanical evaluation / M. Harman, M. Frankle, M. Vasey, S. Banks // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2005. — Vol. 14. — P. 162S–167S. — DOI: 10.1016/j.jse.2004.09.030.
 55. Grammont P. M. Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture / P. M. Grammont, E. Baulot // *Orthopedics*. — 1993. — Vol. 16 (1). — P. 65–68.
 56. Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics / P. Boileau, D. J. Watkinson, A. Hatzidakis, F. Balg // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2005. — Vol. 14 (Suppl S). — P. 147S–161S. — DOI: 10.1016/j.jse.2004.10.006.
 57. Effects of tilt and glenosphere eccentricity on baseplate/bone interface forces in a computational model, validated by a mechanical model, of reverse shoulder arthroplasty / S. Gutiérrez, M. Walker, M. Willis [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2011. — Vol. 20 (5). — P. 732–739. — DOI: 10.1016/j.jse.2010.10.035.
 58. Ferrel J. R. Reverse total shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for proximal humeral fractures: a systematic review / L. R. Ferrel, T. Q. Trinh, R. A. Fischer // *Journal of Orthopaedic Trauma*. — 2015. — Vol. 29 (1). — P. 60–68. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000000224.
 59. Decreased reoperations and improved outcomes with reverse total shoulder arthroplasty in comparison to hemiarthroplasty for geriatric proximal humerus fractures: a systematic review and meta-analysis / D. C. Austin, M. T. Torchia, N. H. Cozzolino [et al.] // *Journal of Orthopaedic Trauma*. — 2019. — Vol. 33 (1). — P. 49–57. — DOI: 10.1097/BOT.00000000000001321.
 60. A cost-effectiveness analysis of reverse total shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for the management of complex proximal humeral fractures in the elderly / G. G. N. N. O’Hara, J. D’Cruz [et al.] // *Value Health*. — 2017. — Vol. 20 (3). — P. 404–411. — DOI: 10.1016/j.jval.2016.10.017.
 61. Reverse total shoulder arthroplasty for failed open reduction and internal fixation of fractures of the proximal humerus / F. Grubhofer, K. Wieser, D. C. Meyer [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2017. — Vol. 26 (1). — P. 92–100. — DOI: 10.1016/j.jse.2016.05.020.
 62. Reverse total shoulder arthroplasty for acute head-splitting, 3- and 4-part fractures of the proximal humerus in the elderly / F. Grubhofer, K. Wieser, D. C. Meyer [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2016. — Vol. 25. — P. 1690–1698. — DOI: 10.1016/j.jse.2016.02.024.
 63. Reverse shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures: outcomes comparing primary reverse arthroplasty for fracture versus reverse arthroplasty after failed osteosynthesis / S. F. Shannon, E. R. Wagner, M. T. Houdek [et al.] // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2016. — Vol. 25 (10). — P. 1655–1660. — DOI: 10.1016/j.jse.2016.02.012.

64. Reuther F, Petermann M, Stangl R. Reverse shoulder arthroplasty in acute fractures of the proximal humerus: does tuberosity healing improve clinical outcomes / F. Reuther, M. Petermann, R. Stangl // *Journal of Orthopaedic Trauma*. — 2019. — Vol. 33 (2). — P. 46–51. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000001338.
65. Tuberosity healing after reverse shoulder arthroplasty for complex proximal humeral fractures in elderly patients—does it improve outcomes? A systematic review and meta-analysis / N. P. Jain, S. S. Mannan, R. Dharmarajan, A. Rangan // *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. — 2019. — Vol. 28 (3). — P. e78–e91. — DOI: 10.1016/j.jse.2018.09.006.
66. Effect of tuberosity healing on clinical outcomes in elderly patients treated with a reverse shoulder arthroplasty for 3-and 4-part proximal humerus fractures / R. W. Simovitch, C. P. Roche, R. B. Jones [et al.] // *Journal of Orthopaedic Trauma*. — 2019. — Vol. 33 (2). — P. E39–E45. — DOI: 10.1097/BOT.0000000000001348.
67. Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of acute complex proximal humeral fractures: influence of greater tuberosity healing on the functional outcomes / C. Torrens, E. Alentorn-geli, F. Mingo [et al.] // *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*. — 2018. — Vol. 26 (1). — P. 1–7. — DOI: 10.1177/2309499018760132.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2021

REVERSE SHOULDER ARTHROPLASTY. HISTORY AND DEVELOPMENT PROSPECTS

M. O. Korzh¹, V. B. Makarov², O. O. Pidgaiska¹, O. V. Tankut¹

¹ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

² Municipal non-profit enterprise «City Clinical Hospital № 16» of the Dnipro City Council. Ukraine

✉ Mykola Korzh, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: mykola.korzh47@gmail.com

✉ Vasyly Makarov, MD, PhD in Orthopaedics and Traumatology: vasylymakarov2010@gmail.com

✉ Olga Pidgaiska, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: podgayo@yahoo.com

✉ Oleksiy Tankut, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: tankutmed@gmail.com

ЛИСТИ ДО РЕДАКЦІЇ

УДК 616.717.7/9-007.274-053.3(049.3)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021496-97>

Лист редактору журналу «Ортопедия, травматология и протезирование»

С. А. Голобородько^{1,2}

¹ Харківська медична академія післядипломної освіти МОЗ України

² КНП «Обласна клінічна травматологічна лікарня» Харківської міської ради. Україна

Шановна редакціє журналу «Ортопедия, травматология и протезирование»!

Із цікавістю ознайомився зі статтею І. М. Гарбузняк, А. М. Гриценко «Особливості хірургічної корекції різних форм синдактилії кистей у дітей. Ретроспективний аналіз власного досвіду лікування», опублікованій у другому номері журналу за 2021 рік [1]. Проте один момент викликав у мене певне незрозуміння. У розділі «Вступ» на сторінці 6 згадано метод distraкції для створення надлишку шкіри, що докорінно відрізняється від решти способів усунення синдактилії. Із подивом дізнався, що «...описано метод distraкції м'яких тканин за допомогою «magic cube» / «cube fix», який застосовують у разі тотальної та складної форм синдактилії чи пансиндактилії з кістковим зрощенням на фоні Apert-синдрому за методикою лікаря R. Habenicht [2–5]».

Можна погодитися з тим, що R. Habenicht запропонував використовувати для distraкції розроблений ним пристрій, який, на мою думку, значно поступається за своїми конструктивними та функціональними можливостями іншим апаратам, що використовують з тією ж метою за будь-якої форми синдактилії. Додам, що R. Habenicht почав застосовувати апарат і метод distraкції для усунення синдактилії лише в 1995–1996 роках. Але стверджувати, що саме метод distraкції в лікуванні синдактилії був запропонований R. Habenicht мені здається не зовсім коректним і справедливим стосовно тих дослідників, хто справді першим у світі розробив і використав distraкцію у цій клінічній ситуації.

У своїй роботі V. I. Shevtsov і M. Yu. Danilkin [6] досить чітко вказують, що зовнішній фіксатор для нарощування об'єму м'яких тканин уперше використаний в 1978 році [7]. У списку літератури до згаданої роботи наведено статтю О. Н. Гудушаурі, Л. А. Тваліашвілі (1983), в якій описано використання distraкційного методу підготовки до шкір-

ної пластики за умов синдактилії [8] Твердження V. I. Shevtsov і M. Yu. Danilkin не викликає сумніву, бо власне методика distraкції для створення надлишку шкіри з метою усунення синдактилії й апарат для її виконання справді вперше у світі запропоновано радянськими ортопедами-травматологами, що документально підтверджено.

У 1981 році було видано авторське свідоцтво СРСР на винахід «Спосіб лікування м'якотканої синдактилії кисті» академіку О. М. Гудушаурі та Л. А. Тваліашвілі [7]. На оригінальний апарат реалізації distraкції пальців у разі синдактилії Л. А. Тваліашвілі та Г. А. Джалалішвілі в 1983 році також отримали авторське свідоцтво СРСР на винахід [9]. Крім того, у 1985 році в Харківському інституті ортопедії та травматології ім. проф. М. І. Ситенка Тамарою Олексіївною Тваліашвілі захищено кандидатську дисертацію на тему «Дистракційний метод підготовки до місцевої шкірної пластики пальців у разі синдактилії» [10].

У 1987 році «За створення методів відновлення функції кисті за допомогою апаратів черезкісткової фіксації та реконструктивних операцій» у складі колективу лікарів та вчених країни О. Н. Гудушаурі та Л. А. Тваліашвілі були удостоєні звань лауреата Державної премії СРСР.

На мою думку, пріоритет у створенні методу апаратної distraкції м'яких тканин для усунення синдактилії цілком належить вітчизняним ортопедам-травматологам.

Список літератури

1. Harbuzniak I. M. Features of surgical correction of various forms of hand syndactyly in children. Retrospective study of own treatment experience / I. M. Harbuzniak, A. M. Hrytsenko // Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics. — 2021. — № 2. — P. 5–9. — DOI: 10.15674/0030-5987202125-9.
2. Ferrari B. R. A cross-sectional study of long-term satisfaction after surgery for congenital syndactyly: does skin grafting influence satisfaction? / B. R. Ferrari, P. Werker // The Journal of Hand Surgery. European volume. — 2019. — Vol. 44 (3). —

- P. 296–303. — DOI: 10.1177/1753193418808183.
3. Buck-Gramcko D. Syndactyly between the thumb and index finger / D. Buck-Gramcko // *Congenital Malformations of the Hand and Forearm* / Ed. D. Buck-Gramcko. — New York : Churchill Livingstone, 1998. — P. 141–147.
 4. Friedman R. The dorsal transplattation flap for congenital contractures of the first web space: a 20-year / R. Friedman, V. E. Wood // *The Journal of Hand Surgery*. — 1997. — Vol. 22(4). — P. 664–670. — DOI: 10.1016/S0363-5023(97)80126-8.
 5. Poke K. Inspection of syndactyly / K. Poke, S. Haugstvedt Jr.: *Materials of the Norwegian Surgical Association*. — Oslo, 2004. — Abstract 196. — Available from : www.grafiskpartner.no/hostmotet/2004/frie_foredrag_190-201.htm (13.5.2013).
 6. Shevtsov V. I. Application of external fixation for management of hand syndactyly / V. I. Shevtsov, M. Yu. Danilkin // *International Orthopaedics (SICOT)*. — 2008. — Vol. 32(4). — P. 535–539. — DOI: 10.1007/s00264-007-0348-3.
 7. Copyright certificate SU No. 876114 A61B 17/00. Method of treatment of soft tissue syndactyly of the hand / Gudushauri O. N, Tvaliashvili L. A.; applicant is Tbilisskiy ordena Trudovogo Krasnogo Znameni meditsinskiy institut. — No. 2750319/28-13; declared 04.23.1979; publ. 30.10.1981, Bul. № 40.
 8. Gudushauri O. N. Distraction method of preparing for skin plasty in syndactyly / O. N. Gudushauri, L. A. Tvaliashvili // *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. — 1983. — № 11. — P. 25–27.
 9. Copyright certificate SU No. 1063406 A61B 17/184. Distraction apparatus for plastics of fingers of the hand / Tvaliashvili L. A., Jalalishvili G. A.; applicant is Tbilisskiy ordena Trudovogo Krasnogo Znameni meditsinskiy institut. — № 438588/28-13; declared. 14.05.1982; publ. 30.12.1983, Bul. № 48.
 10. Tvaliashvili L. A. Distraction method of preparation for local skin plastics of fingers in syndactyly: author. Dis. ... candidate of medical sciences / L. A. Tvaliashvili. — Kharkiv, 1985. — 28 p.

Лист надійшов до редакції 08.10.2021

УДК 616.717.7/9-007.274-053.3(049.3)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021498>

Відповідь авторів статті «Особливості хірургічної корекції різних форм синдактилії кистей у дітей. Ретроспективний аналіз власного досвіду лікування»

І. М. Гарбузняк, А. М. Гриценко

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

Шановний пане Голобородько!

Нам дуже цікава Ваша пропозиція щодо подібного формату дискусії та приємно отримати додаткову рецензію щодо опублікованої роботи. Ми ознайомились з Вашим листом і вважаємо слушними Ваші зауваження щодо джерел літератури, наведених у нашій статті.

Проте метою нашої роботи було висвітлення власних результатів хірургічного лікування пацієнтів дитячого віку з різними формами синдактилії. Огляд наукової літератури виконано без поглибленого вивчення історичних довідок стосовно світової першості використання дистракційних апаратів для збільшення обсягу м'яких тканин за умов синдактилії кисті. Увагу акцентовано на методиці доктора R. Habenicht через її широке застосування у світовій практиці, зокрема в Європі, останніми роками та висвітлення результатів на різноманітних конгресах і симпозиумах [1, 2].

У літературі наведено аналіз результатів використання дистракційного апарата для збільшення обсягу м'яких тканин (розробленого Dr. R. Habenicht) перед усуненням синдактилії, зокрема в разі Apert-синдрому. За період 1996–2012 рр. авторами проліковано 168 випадків важких синдактилій. Дистракцію виконували зі швидкістю 0,5 мм/добу, досягнуте збільшення — 15–25 мм. [3].

Звичайно, ми чудово ознайомлені з апаратами для дистракції м'яких тканин, розроблених вітчизняними науковцями Л. А. Тваліашвілі та Г. А. Джалалішвілі [4]. Проте сьогодні ці апарати не популярні серед практикуючих ортопедів-травматологів.

Ми також детально не висвітлили такі можливі методики хірургічного лікування, як імплантаційна дерматотензія з усуненням синдактилії другим етапом, та формування міжпальцевих проміжків із використанням шкірних перфорантних клаптів [5].

Застосування дистракційних апаратів і балонної дерматотензії — двоетапне хірургічне лікування, на відміну від одноетапного усунення синдактилії з використанням класичних технік, яке сприятливішим для лікування синдактилії у дітей.

Список літератури

1. Hessman P. Reconstruction of Apert hands with a Cube fix distractor / P. Hessman, A. Nachemson : XVth Congress of the Federation of Societies for Surgery of the Hand Bucharest (Romania 23–26 June 2010).
2. Operative treatment of the hands and feet in apert syndrome / M. Mann, W. Hülsemann, F. Winkler [et al.] : 28th Annual Meeting of the Children's Orthopaedics (Bonn, 15-16 March 2014). — *Journal of children's orthopaedics*. — 2014. — Vol. 8 (6). — P. 521–546. — DOI: 10.1007/s11832-014-0608-x.
3. Transverse soft tissue distraction preceding separation of complex syndactylies / J. A. Lohmeyer, W. Hülsemann, M. Mann, R. Habenicht // *The Journal of hand surgery, European volume*. — 2016. — Vol. 41 (3). — P. 308–314. — DOI: 10.1177/1753193415612380.
4. Gudushauri O. N. Distraction method of preparing for skin plasty in syndactyly / O. N. Gudushauri, L. A. Tvaliashvili // *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. — 1983. — № 11. — P. 25–27.
5. Zavarukhin V. I. The main principles of management of congenital anomalies of the upper limb. Part I / V. I. Zavarukhin // *Voprosi rekonstruktivnoy i plasticheskoy hirurgii*. — 2018. — № 4 (67). — P. 40–54. — DOI: 10.17223/1814147/67/05.

Відповідь надійшла до редакції 10.11.2021

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

УДК 378:61].091.33-027.22(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872021499-105>

Вишкіл і практично-центрична метода професора Сулими

В. С. Сулима, Ю. О. Філяк, М. В. Мадій

Івано-Франківський національний медичний університет. Україна

The paper is concerned with the current state of doctors' training methodologies. Problems of teaching the discipline were identified: inability to memorize the amount of theoretical material, the ineffectiveness of methodological techniques for practical training, amount of new training centers. It has been proven that these faults are risky for mastering learning skills. The method of «see - repeat» preferred by coaches is not a panacea for the effective educational process during various medical interventions. Particular attention is paid to the psychological borders of young doctors in the recollection of new information that is needed to be improved. Objective. Build an innovative methodological strategy that requires a combination: high quality of theoretical medical knowledge and practical skills. Results. Among modern pedagogical techniques, the most profitable is the method of Peyton, which became the base of «Professor's Sulyma training». Detailed instruction of the author's teaching strategy is suggested in the report. This way of education is based on neurobiological research and divided into 10 stages, which are theoretically and methodically described. The authors approbated training and paid attention to its effectiveness. Conclusions. «Professor's Sulyma training» is a method that allows practicing any valuable skills in different medical areas. Key words. Peyton method, medical training, author's methodology, practical skills.

Проаналізовано сучасний стан методології навчання слухачів курсів тематичного удосконалення в медичних ВНЗ. Виявлено такі проблеми викладання дисциплін за спеціальністю, як непосильні для запам'ятовування обсяги теоретичного матеріалу, неефективність методологічних прийомів для занять практичного відпрацювання навичок, незначна кількість нових навчально-тренінгових центрів. Доведено, що ці недоліки не сприяють глибокому засвоєнню хірургічних навичок, а облюбований сучасними викладачами метод «побач — повтори» не є панацеєю для ефективного застосування знань молодих лікарів під час різного роду хірургічних втручань. Звернено особливу увагу на психологічні бар'єри, які виникають унаслідок неминучих енергетичних спустошень у молодих спеціалістів під час вивчення нової інформації, яка є необхідною для кваліфікованого безперервного освітнього розвитку. Мета. Побудова новаторської методологічної стратегії, яка передбачає органічне поєднання вивчення теоретичних аспектів медицини з практичними навичками. Результати. Визначено, що серед сучасних способів навчання найбільш ефективний метод Пейтона, який став основою «Вишколу за методикою професора Сулими». Наведено детальну інструкцію авторської стратегії лікаря ортопеда-травматолога та професора кафедри травматології і ортопедії ІФНМУ В. С. Сулими, яка ґрунтується на нейробіологічних дослідженнях, для засвоєння будь-якої практичної навички. Цей спосіб навчання структурований на 10 етапів, кожен з яких докладно теоретично та методично прокоментовано. Особливу увагу приділено методиці проведення вишколу й аналізу отриманих результатів після його апробації в межах медичного тренінгу під час відпрацювання навички «Двогвинтової цефаломедулярної фіксації проксимального відділу стегнової кістки» за допомогою відповідного інструментарію. Висновки. «Вишкіл за методикою професора Сулими» — загальнонауковий педагогічний метод, що уможливує відпрацювання будь-якої практичної навички за різними напрямками та ступенем складності.

Ключові слова. Метод Peyton, медичний вишкіл, авторська методологія, практичні навички

Вступ

Медицина як галузь наукової та практичної діяльності завжди якісно відрізнялась специфікою поєднання обсягів теоретичного матеріалу, призначеного для запам'ятовування та відповідного практичного відпрацювання навичок майбутнім лікарем [1]. Це створювало суттєві труднощі для молодих фахівців як під час опанування вузькозорієнтованих дисциплін медичної спеціальності для студентів, так і проведення складних хірургічних втручань [2]. Результатом складнощів у процесі засвоєння значної кількості інформації для подальшого її практичного застосування й у старшого, і в молодого покоління лікарів став певний психологічний спротив до вивчення чогось нового в медицині, оскільки це апіорі потребує для пересічної людини значних енергетичних витрат.

Кожна наука є симбіозом трьох компонентів, які перебувають у діалектичному взаємозв'язку, — теорія, практика та методологія [3]. Саме порушення останнього з вказаних елементів є причиною виникнення психологічного бар'єру в лікарів-початківців. Мистецький підбір способів і засобів навчання дозволяє якісно та швидко адаптувати потрібну інформацію до особливостей різного типу мислення слухачів, що уможливує досягнення прогнозованих результатів навчання [4]. Усе це зумовлює актуальність нашої наукової розвідки, метою якої є побудова новаторської методологічної стратегії, яка передбачає органічне поєднання вивчення теоретичних аспектів медицини із практичними навичками.

Відомо, що у світі обсяг інформації за день становить близько 5 блн пошуків у Google, і цей показник постійно зростає [5]. До інформаційного інтенсиву сучасності долучений і лікар, який прагне безперервного розвитку, а, отже, перебуває в постійному пошуку фахової інформації, яка є життєвонеобхідною для підтримки та покращення рівня будь-якої кваліфікації. Таке інформаційне перенавантаження створює ефект «удаваного навчання», коли мозок не здатний сприймати надмірну кількість інформації [6].

На жаль, теоретична складова дидактичних методів навчання залишається провідною у вищих навчальних закладах, та більше — не лише медичних. Такий традиційний підхід до викладання є малоефективним [7]. Відчуття «в теорії знаю» супроводжує дипломованого спеціаліста навіть тоді, коли він розпочинає професійну діяльність [8]. Дефіцит умінь, який гостро відчуває мо-

лодій лікар, є причиною виникнення труднощів і фахових помилок у хірургічній діяльності, які можуть завдати непоправної шкоди пацієнту [9]. Саме тому, на нашу думку, так важливо поглибити практичну орієнтованість викладання у вищих навчальних закладах шляхом створення навчально-тренінгових і симуляційних центрів, забезпечених сучасним матеріальним оснащенням, яке має базуватися на новітніх науково обґрунтованих розробках і постійно бути на крок попереду їхнього рутинного практичного використання.

Основним способом відпрацювання практичної навички в незначній кількості новостворених навчально-тренінгових центрах залишається метод «побач – повтори». На жаль, у сучасних умовах і такий метод не працює [10]. Одноразове відтворення, особливо хірургічної навички, є недостатнім для впевненого її застосування в процесі лікування пацієнта, оскільки породжує ризик припущення помилок. Нейробіологічні дослідження стверджують, що перехід отриманої інформації з короткотривалої в довготривалу пам'ять займає чотири тижні за умови обов'язкового інтервального повторення. Саме за цей час формуються міцні зв'язки між нейронами головного мозку, які допомагають надійно засвоїти відпрацьовану практичну навичку, а не моделюють «вдаване (поверхневе) знання». Доведено, що неодноразове виконання в рази покращує засвоєння матеріалу в довготривалій пам'яті [11]. Цей процес відбувається передусім тому, що робочу пам'ять мозку розширюють слуховий і зоровий аналізатори, які формують міцні зв'язки гнозії та практики, спрямовані на виконання досконалої професійної дії.

Матеріал і методи

Серед сучасних способів навчання особливої уваги, на нашу думку, заслуговує метод, розроблений хірургом-консультантом-травматологом J. W. Rodney Peyton [12]. Чотириетапна стратегія дозволяє у 1,5 разу підвищити ефективність відпрацювання хірургічної навички за короткий період часу. Проте проведені порівняльні дослідження доводять, що результативність застосування навички за методом J. W. Rodney Peyton через 6 міс. без постійного її використання в клінічній практиці така сама, як і після одноразового відпрацювання шляхом «побач – повтори» [13]. Це стало поштовхом до створення авторського симулятивного тренінгу під назвою «Вишкіл за методикою професора Сулими», який має на меті вирішити зазначені проблеми навчання

в медичних вишах та стати базою для відпрацювання практичних навичок без інформаційного перевантаження мозку. Проте обов'язковою передумовою застосування будь-якої методологічної стратегії є попереднє ретельне вивчення інструкції-рекомендації для створення «узагальненого знання» про те, що відбуватиметься на вишколі [14].

Для створення вишколу, який би відповідав сучасним вимогам, що спрямовані на практичне опанування новітніх способів лікування, було опрацьовано 62 наукові джерела з інформацією про методику проведення майстер-класів. Після аналізу всіх переваг і недоліків ми долучили знання з нейробіології людського сприйняття та засвоєння інформації, розробили й апробували власну методику. На прикладі відпрацювання хірургічної навички «Двогвинтової цефаломедулярної фіксації проксимального відділу стегнової кістки» за допомогою відповідного інструментарію нам вдалося ретельно проаналізувати кожен зі запропонованих етапів вишколу, урахувавши тривалість, інтенсивність подання різноманітного матеріалу (теоретичних аспектів із наукових джерел у поєднанні з коректно підібраними клінічними випадками [15] й активним залученням усіх аналізаторів до процесу опанування методики).

Результати та їх обговорення

Наводимо детальну інструкцію створеної стратегії сучасного вишколу для засвоєння будь-якої практичної навички з обґрунтуванням кож-

ного з десяти запропонованих та апробованих етапів.

Деякі загальні зауваження:

- кількість учасників тренінгу не має перевищувати шести осіб [16];
- тривалість роботи — 3 год з двома 15-хвилинними організаційними та підготовчими перервами, які пропонуємо здійснювати щогодини [17];
- етапи тренінгу в ігровому форматі передбачають створення системи запам'ятовування та відтворення хірургічної навички [18].

Етап I — «Ще не вишкіл»

Зверніть увагу! Під час первинного засвоєння матеріалу нейронні зв'язки слабкі, лише починають формуватися в неокортексі (рис. 1). Цей етап є винятково важливим, оскільки моделює загальне уявлення про предмет [20]. Якщо не повторювати вивчене протягом певного періоду часу, то зв'язки розриваються, а все почуте забувається. Саме тому в жодному разі не слід нехтувати першим етапом вишколу під час навчання, оскільки він є базою для утворення майбутніх знань.

Важливим на першому етапі є встановлення зв'язку тренер — учасник. Він полягає у створенні попередньої комунікації в чаті. У такий спосіб тренер та учасники налагоджують звичне спілкування для сучасної людини [21], що дозволяє повністю розкритися та стерти міжособистісні межі ще до початку тренування [22]. Про нативний характер порозуміння за допомогою соціальних мереж свідчать і такі показники: 95 % розвинених країн світу мають Інтернет-з'єднання, а 45 % із них знаходяться онлайн майже весь час [23].

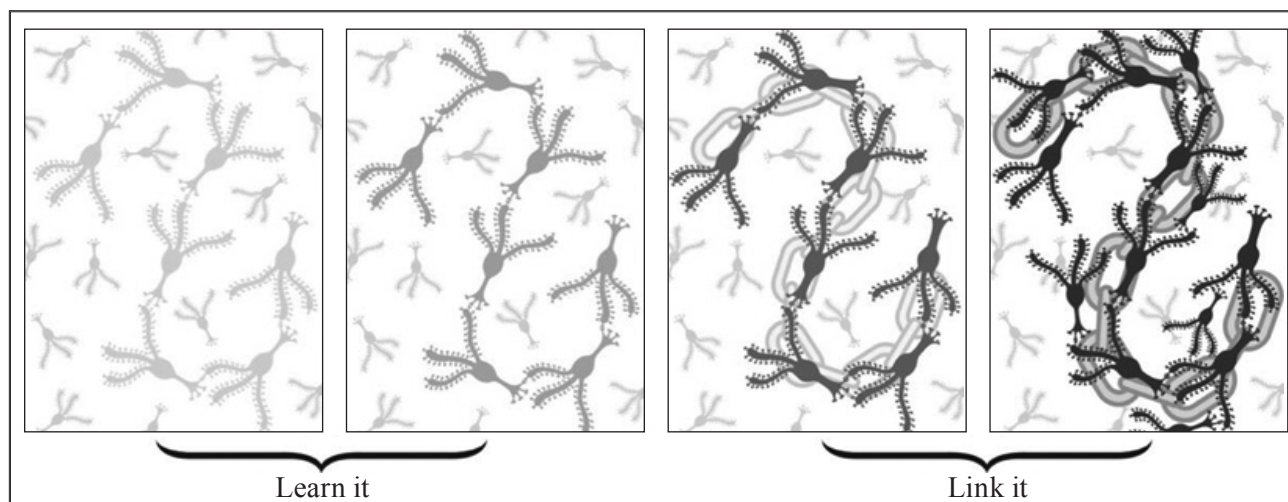


Рис. 1. Адаптовано з книги «Practical Insights in Brain Science to Help Students Learn» авторства Barbara Oakley, Beth Rogowsky, Terrence J. Sejnowski [19]. Динаміка формування «нового знання». На першій частині рисунку наведено формування зв'язків між нейронами, яке відбувається під час ознайомлення з матеріалом. Щоденне відпрацювання навички приводить до формування нових стійких ділянок у пам'яті мозку

Установлений зв'язок з учасниками вишколу через зручну для них онлайн платформу, дає змогу надіслати відеоролик із симуляційним відтворенням процесу тематичної навички [24]. Коли учасник переглядає відео вперше, активізується візуальний аналізатор. Працює короткотривала пам'ять, яка може утримати 4 фрагменти [25]. Зрозуміло, що учасник не здатний засвоїти всі деталі одразу, тому оптимальна тривалість запропонованого для перегляду відео не може перевищувати 15 хв [26]. Ритмічна, по-мистецьки підібрана мелодія, яка супроводжує відеокадри, активізує слуховий аналізатор, що покращує якість запам'ятовування [27].

Етап II — «Зустріч»

Це етап початку офлайн-початку вишколу. Учасники отримують роздаткові матеріали, знайомляться зі структурою вишколу, інструкцією-коміксом симуляційного втручання. Інструкція-комікс — це мнемонічна система запам'ятовування [28]. Детальне візуальне зображення активізує асоціативне мислення, що сприяє швидкому пошуку інформації в пам'яті мозку [29]. Інструкція не містить складних слів, а, отже, не змушує учасника



Рис. 2. Теоретичні аспекти вишколу



Рис. 3. Етап демонстрації практичної навички

замислюватися над спелінгом та на 90 % полегшує сприйняття інформації.

Етап III — «Знайомство»

На цьому етапі відбувається обговорення правил проведення вишколу з його учасниками [30]. Знайомство відбувається за єдиним форматом: тренер бере маленький м'ячик і, кидаючи його в руки кожному слухачеві, пропонує відповіді на три запитання. В описаній методиці м'яч відіграє роль активатора уваги [31]. Відповіді учнів дають змогу краще пізнати один одного, що знижує рівень дискомфорту під час роботи групи. Кожен може вільно висловлювати думку: у такий спосіб в учасника продовжує зникати бар'єр між слухачем і тренером-викладачем [32, 33].

Важливо також, щоб учасники повідомили про свої очікування від вишколу: дорослі люди повинні розуміти мету свого візиту. Її усвідомлення створює домінанту: «МЕНІ ЦЕ ПОТРІБНО», яка поступово активізує робочу пам'ять і роботу мозку загалом [34].

Етап IV — «Клінічний випадок»

Клінічний випадок є першим кроком до активного навчання, що стимулює учасників вишколу до дії. Ретельний підбір унікального випадку сприяє зростанню мотивації слухачів до навчання, підвищує рівень зацікавленості в тому, що відбувається, передбачає краще запам'ятовування та зміну акцентів уваги з теоретичної інформації на вибір адекватних шляхів вирішення проблеми (симбіоз теорії, практики та методології) [35]. Випадок слід обирати актуальний, неординарний, показовий, підкріплений науковими публікаціями, релізами, метааналізами [36].

Етап V — «Теоретичні основи»

Мінілекція обмежена 15 хв, містить вибірку доказової інформації з опублікованих наукових джерел. На сучасному етапі розвитку людства мультимедійне унаочнення матеріалу є обов'язковим



Рис. 4. Етап повторного виконання практичної навички

елементом будь-якого навчання. Саме тому пропонуємо такі рекомендації до презентації [37]:

- чорний фон для слайдів (дозволяє спікеру контрастувати викладений матеріал на фоні);
- важливе — велике (усе, на чому потрібно акцентувати увагу, слід прописати великим шрифтом);
- контраст у візуалізації;
- висока якість зображення (викликає довіру до спікера);
- дотримання всіх деонтологічних норм.

Мова спікера має бути дещо сповільненою та дуже чіткою. Усю важливу інформацію (акценти) в презентації слід інтонаційно виділяти для кращої слухової реакції учасників [38]. Рекомендуємо спікеру також наголосити на можливості занотовувати елементи теоретичної інформації для активізації механічного запам'ятовування [39]. Зоровий і слуховий аналізатори сприяють формуванню нових зв'язків у мозку слухача (рис. 2).

Етап VI — «Демонстрація»

Етап передбачає пасивне спостереження учасниками за відтворенням навички (хірургічної методики) тренером (рис. 3). Важливо, щоб учасники пригадали, що вони бачили в попередньо надісланому відеоролику. Пригадування — один із найефективніших методів навчання, який сприяє зміцненню зв'язків між нейронами мозку [40].

Етап VII — «Відтворення»

«Відтворення» передбачає повторне виконання тренером хірургічного симулятивного втручання з детальним коментуванням кожної дії (рис. 4). Етап активізовує зорові нервові зв'язки, а також змушує учасника аналізувати події для можливості формування щонайменше 15-ти запитань до тренера. Рекомендуємо дотримуватися методу Pomodoro [41] у регулюванні тривалості кожного з етапів (не більше ніж 30 хв), оскільки це дає змогу переключати сконцентрований режим запам'ятовування на дифузний: для ефективного розуміння й узагальнення вивченого людина змушена відволіктися [42].

Етап VIII — «Змагайся-перемагай»

Етап-гра з винагородою за уважність, суть якої полягає у тому, що дві створені конкуруючі команди отримують завдання відповідно до тематики тренінгу. Команда-переможець нагороджується. Робота в групах, яка передбачає відповідальність кожного учасника за власні дії для досягнення перемоги, стимулює пам'ять [43]. Азарт, який виникає під час гри, є стресовим фактором запам'ятовування.

Етап IX — «Виконай»

Передбачає самостійне одноосібне виконання кожного з етапів навички під ретельним спостереженням тренера. Ця частина вишколу надає впевненості у виконанні практичної навички, створює можливість поставити запитання. Етап «Виконай» є надзвичайно важливим і для самоаналізу виконання навички кожним учасником зокрема [44].

Етап X — «Оцінювання»

Передбачає аналіз досягнутих цілей, обговорених на першому етапі, із можливістю висловити враження від вишколу, оцінити його переваги і недоліки [45]. На цьому етапі учасники отримують сертифікати, їм пропонують безперервну професійну підтримку — шлях до повторюваності в засвоєнні матеріалу вишколу [46].

Висновки

Авторський вишкіл за методикою професора В. С. Сулими складається з десятих етапів, які ґрунтуються на науково доведених нейробіологічних дослідженнях. Запропонована методика дозволяє підвищити ефективність опанування практичного застосування теоретичних знань, що неодноразово апробовано під час відпрацювання складної хірургічної навички «Двогвинтової цефаломедулярної фіксації проксимального відділу стегнової кістки» за допомогою відповідного інструментарію. Результати навчання й аналіз зворотних форм промовисто засвідчують високу якість проведеної роботи та суттєве посилення мотивації до практичного відпрацювання отриманих знань у галузі медицини за методикою «Вишкіл». Запропонована нами стратегія не прив'язана до ортопедичних хірургічних втручань, а тому уможлиблює відпрацювання будь-якої практичної навички, навчання за різними напрямками та ступенем складності. Використання методики професора Сулими суттєво покращує ефективність застосування навички в клінічній практиці та є перспективою розвитку подальшої науково-педагогічної діяльності.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Innovations in medical education / Journal of General Internal Medicine. — 2004. — Vol. 19 (suppl. 1). — P. 83–99. — DOI: 10.1111/j.1525-1497.2004.S1006_2.x.
2. Gill D. Challenges to medical education at a time of physical distancing / D. Gill, C. Whitehead, D. Wondimagegn // The Lancet. — 2020. — Vol. 396 (10244). — P. 77–79. — DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31368-4.
3. Dobronravova I. Philosophy and methodology of science /

- I. Dobronravova, L. Sidorenko. — Kyiv : Kyiv University Publishing and Printing Center, 2008. — 223 p.
4. Oakley B. Learning how to learn / B. Oakley, T. Sejnowski, A. Mcconville. — TarcherPerigee, 2018. — 256 p.
 5. Desjardins J. How much data is generated each day? [web source] / J. Desjardins. — Available from : <https://www.weforum.org/agenda/2019/04/how-much-data-is-generated-each-day-cf4bddf29f/>.
 6. Carey B. How we learn: Throw out the rule book and unlock your brain's potential / B. Carey. — New York : Random Hause, 2015. — 272 p.
 7. Challa K. Modern techniques of teaching and learning in medical education: a descriptive literature review / K. Challa, A. Sayed, Y. Acharya // *MedEdPublish*. — 2021. — Vol. 10 (1). — DOI: 10.15694/mep.2021.000018.1.
 8. Cowan N. The many faces of working memory and short-term storage / N. Cowan // *Psychonomic Bulletin & Review*. — 2017. — Vol. 24 (4). — P. 1158–1170. — DOI: 10.3758/s13423-016-1191-6.
 9. Hayes S. Restriction of working memory capacity during worry / S. Hayes, C. Hirsch, A. Mathews // *Journal of Abnormal Psychology*. — 2008. — Vol. 117 (3). — P. 712–717. — DOI: 10.1037/a0012908.
 10. Training methods: a review and analysis / B. Ostrowski Martin, K. Kolomito, T. Lam // *Human Resource Development Review*. — 2013. — Vol. 13 (1). — P. 11–35. — DOI: 10.1177/1534484313497947.
 11. Burgoyne A. P. How firm are the foundations of mind-set theory? The claims appear stronger than the evidence / A. P. Burgoyne, D. Z. Hambrick, B. N. Macnamara // *Psychological science*. — 2020. — Vol. 31 (3). — P. 258–267. — DOI: 10.1177/0956797619897588.
 12. Ahmed F. Effect of Payton's four step approach on skill acquisition, self-confidence and self-satisfaction among critical care nursing / F. Ahmed, S. R. Morsi, H. M. Mostafa // *Journal of Nursing and Health Science*. — 2018. — Vol. 7 (6). — P. 38–47.
 13. Sulyma V. Step-by-Step orthopaedics training of simulation skill of osteosynthesis by the method of Peyton / V. Sulyma, R. Bigun // *Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*. — 2020. — № 3. — P. 89–92. — DOI: 10.15674/0030-59872020389-92.
 14. Oakley B. Mindshift: break through obstacles to learning and discover your hidden potential / B. Oakley. — TarcherPerigee, 2017. — 304 p.
 15. McLean S. F. Case-based learning and its application in medical and health-care fields: A review of worldwide literature / S. F. McLean // *Journal of Medical Education and Curricular Development*. — 2016. — Vol. 3. — DOI: 10.4137/JMECD.S20377.
 16. Wang D. Research: When Small Teams Are Better Than Big Ones / D. Wang, J. Evans // *Harvard Business Review*. — 2019. — Available from : <https://hbr.org/2019/02/research-when-small-teams-are-better-than-big-ones>.
 17. Anderson Chr. TED Talks: The Official TED Guide to Public Speaking / Anderson Chr. — London: Hodder & Stoughton, 2018. — 288 p.
 18. The effect of video game-based training on postural control during gait initiation in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial / R. Khanmohammadi, G. Olyaei, S. Talebian [et al.] // *Disability and Rehabilitation*. — 2021. — Vol. 23. — P. 1–8. DOI: 10.1080/09638288.2021.1925360.
 19. Oakley B. Practical insights in brain science to help students learn / Oakley B., Rogowsky B., Sejnowski T. — Available from : <https://barbaraOakley.com/books/uncommon-sense-teaching>.
 20. Buzsáki G. Neurophysiology of Remembering / G. Buzsáki, S. McKeuzie, L. Davachi // *Annual Review of Psychology*. — 2021. — DOI: 10.1146/annurev-psych-021721-110002.
 21. The impact of communication technologies on life and relationship Satisfaction / J. Goodman-Deane, A. Mieczakowska, D. Johnsonb [et al.] // *Computers in Human Behavior*. — 2016. — Vol. 57. — P. 219–229. — DOI: 10.1016/j.chb.2015.11.053.
 22. Albalawi H., Nadeem M. Exploring the Impact of Ineffective Formal Communication between Teachers and Students: A Case Study of Mustaqbal University and Jubail University College, Kingdom of Saudi Arabia / H. Albalawi, M. Nadeem // *English Language Teaching*. — 2020. — Vol. 13 (3). — P. 68–76. — DOI: 10.5539/elt.v13n3p68.
 23. The “online brain”: how the Internet may be changing our cognition: article / J. Firth, J. Torous, B. Stubbs [et al.] // *World Psychiatry*. — 2019. — Vol. 18 (2). — P. 119–129. — DOI: 0.1002/wps.20617.
 24. Wibawa B. The effect of instructional videos on learning performance / Wibawa B., Muhidin A. // *AIP Conference Proceedings*. — 2021. — Vol. 2331 (1). — DOI: 10.1063/5.0041759.
 25. Zlotnik G. Memory: An extended definition / G. Zlotnik, A. Vansintjan // *Frontiers in Psychology*. — 2019. — Vol. 10. — Article ID: 2523. — DOI: 10.3389/fpsyg.2019.02523.
 26. Leveraging recorded mini-lectures to increase student learning [web source] / R. Berg, A. Brand, J. Grant [et al.] — Available from : https://www.csusb.edu/sites/default/files/upload/file/Leveraging_Recorded_Mini-Lectures_to_Inc.pdf.
 27. Zhang Sh. The Positive Influence of Music on the Human Brain / Sh. Zhang // *Journal of Behavioral and Brain Science*. — 2020. — Vol. 10 (1). — P. 95–104. — DOI: 10.4236/jbbs.2020.101005.
 28. Cohn N. Visual narratives and the mind: Comprehension, cognition, and learning / N. Cohn // *Psychology of Learning and Motivation*. — 2019. — Vol. 70. — P. 97–128. — DOI: 10.1016/bs.plm.2019.02.002.
 29. The neural mechanisms of associative memory revisited: fMRI evidence from implicit contingency learning / M. P. Caviezel, C. F. Reichert, D. S. Bahmani // *Frontiers in Psychiatry*. — 2020. — Vol. 10. — Article ID : 1002. — DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01002.
 30. Bennett T. The trainee teacher behavioural toolkit: a summary [web source] / T. Bennett. — 2019. — Available from : <https://www.gov.uk/government/publications/initial-teacher-training-itt-core-content-framework/the-trainee-teacher-behavioural-toolkit-a-summary>.
 31. McMorris T. Exercise-Cognition Interaction: Neuroscience Perspectives / T. McMorris. — Elsevier Inc., 2016. — 504 p. — DOI: 10.1016/C2013-0-18937-4.
 32. The influences of emotion on learning and memory / C. M. Tyng, H. U. Amin, M. N. M. Saad, A. S. Malik // *Frontiers in Psychiatry*. — 2017. — Vol. 8. — Article ID: 1454. — DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01454.
 33. Dhir H. K. Handbook of Research on Barriers for Teaching 21st-Century Competencies and the Impact of Digitalization / H. K. Dhir. — 2021. — 496 p. — DOI: 10.4018/978-1-7998-6967-2.
 34. Effective Adult Learning A Toolkit for Teaching Adult [web source]. — Available from : http://also-chicago.org/also_site/wp-content/uploads/2019/11/Adult-Education-Toolkit_Updated_022814.pdf.
 35. Scaffolding medical student knowledge and skills: team-based learning (TBL) and case-based learning (CBL) / A. Burgess, E. Matar, C. Roberts [et al.] // *BMC Medical Education*. — 2021. — Vol. 21 (1). — Article ID: 238. — DOI: 10.1186/s12909-021-02638-3.
 36. iCBLs: An interactive case-based learning system for medical education / M. Ali, S. C. Han, H. Bilal [et al.] // *International Journal of Medical Informatics*. — 2018. — Vol. 109. — P. 55–69. — DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2017.11.004.
 37. Duarte N. Slide:ology: Nancy Duarte The art and science of creating great presentations / N. Duarte. — California: O'Reilly Media, Inc., 2008. — 296 p.

38. Sibbet D. Visual meetings: How graphics, sticky notes and idea mapping can transform group productivity / D. Sibbet. — Hoboken, New Jersey, 2010. — 288 p.
39. Mueller P. A. The pen is mightier than the keyboard: advantages of longhand over laptop / P. A. Mueller, D. M. Oppenheimer // *Psychological Science*. — 2014. — Vol. 25 (6). — P. 1159–1168. — DOI: 10.1177/0956797614524581.
40. Romani S. Practice makes perfect in memory recall / S. Romani, M. Katkov, M. Tsodyks // *Learning & memory*. — 2016. — Vol. 23 (4). — P. 169–173. — DOI: 10.1101/lm.041178.115.
41. Wang X Turning time from enemy into an Ally using the Pomodoro Technique / X. Wang, F. Gobbo, M. Lane // *Agility across time and space. Implementing Agile Methods in Global Software Projects* / D. Smite, N. B. Moe, P. Agerfalk (Eds.). — Springer Verlag, 2010. — Ch. 10. — DOI: 10.1007/978-3-642-12442-6_10.
42. Oakley B. Learning how to learn how to succeed in school without spending all your time studying; A guide for kids and teens / B. Oakley. — USA : J.P.Tarcher,U.S./Perigee Bks., 2018. — 256 p.
43. Vogel S. Learning and memory under stress: implications for the classroom. / S. Vogel, L. Schwabe // *NPJ Science of Learning*. — 2016. — Vol. 1. — Article ID : 16011. — DOI: 10.1038/npscilearn.2016.11.
44. Berry A. The Role of self-study in times of radical change / A. Berry, J. Kitchen // *Studying Teacher Education*. — 2020. — Vol. 16. — P. 123–126. — DOI: 10.1080/17425964.2020.1777763.
45. Impact of self-assessment by students on their learning / R. Sharma, A. Jain, N. Gupta [et al.] // *International Journal of Applied & Basic Medical Research*. — 2016. — Vol. 6 (3). — P. 226–229. — DOI: 10.4103/2229-516X.186961.
46. Martin H. J. Improving training impact through effective follow-up: Techniques and their application / H. J. Martin // *Journal of Management Development*. — 2010. — Vol. 29 (6). — P. 520–534. — DOI: 10.1108/02621711011046495.

Стаття надійшла до редакції 17.11.2021

TRAINING AND PRACTICE-CENTRIC METHOD OF PROFESSOR SULIMA

V. S. Sulyma, Y. O. Filiak, M. V. Madii

Ivano-Frankivsk National Medical University. Ukraine

✉ Vadym Sulyma, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: vadysulyma1961@gmail.com

✉ Yuliia Filiak, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: filiakyulia@gmail.com

✉ Marta Madii: madiy.marta@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720214106-112>

Звіт про роботу осередків та асоціацій ортопедів-травматологів

Харківський обласний осередок української асоціації ортопедів-травматологів

Науково-практична онлайн конференція в межах Дня травматолога, присвячена 100-річчю кафедри травматології та ортопедії Харківського національного медичного університету 18.02.2021

Г. Г. Голка, А. Г. Істомін, М. І. Березка, В. О. Литовченко (кафедра травматології та ортопедії ХНМУ) «Історичні аспекти діяльності кафедри травматології та ортопедії ХНМУ». Кафедра травматології та ортопедії Харківського національного медичного університету (ХНМУ) є найстаршою серед профільних кафедр вищих навчальних закладів не лише України, а й усього пострадянського простору. Автори зазначили високий рівень лекцій проф. Струве А. К. (1843) з десмургії, підручник проф. Нарановича П. А. (1849), а також наукові роботи в галузі ортопедії та травматології проф. Грубе В. Ф. (1863) і його учня проф. Дудукалова О. І. (1882), що виходили з хірургічної клініки імператорського університету. Вони стояли біля витоків заснування такого об'єднання викладачів у Харківському університеті, які пізніше готували фахівців з ортопедії та травматології. Висвітлено історію створення кафедри (зі спогадів В. Д. Чакліна «Жизнь, искания, встречи», 2000), віхи та ступені розвитку, зміни напрямів досліджень залежно від того, хто очолює і веде «корабель». Зокрема, за ініціативи проф. Вегнера К. Ф., видатного вітчизняного фахівця ортопеда-травматолога, організатора та педагога схвалено рішення про створення двох кафедр ортопедії та травматології в січні 1921 р. Проф. Трегубов С. Л. — один із перших завідувачів кафедрою, вивчав туберкульоз, доцент Рюмшина Є. П. (із 1944 р. після повернення з евакуації) — запропонувала проведення занять у ліжку хворого; проф. Трубніков В. П. (із 1962 р.) — відкрити переломи, комплексні поразки хімічними речовинами тощо. Після переїзду кафедри в 1977 р. із лікарні № 11 у побудовану лікарню швидкої допомоги основним напрямом стає дорожній травматизм. Пізніше завідувачем обрано проф. Бітчука Д. Д. (із 1989 р.), який був піонером методики блокувального остеосинтезу, динамізував зрощення перелому, проводив роботи з військово-польової хірургії тощо. У доповіді були названі прізвища багатьох професорів, доцентів, асистентів, вчителів та учнів, які плідно працювали на кафедрі й ставали відомими лікарями і вченими. Із 2008 р. кафедрою завідує проф. Голка Г. Г., робота триває на двох базах: лікарні швидкої допомоги й обласної клінічної лікарні. За його часів розширено спектр досліджень кістково-суглобового туберкульозу, активізована хірургічна діяльність у галузі вертебрології, ендпротезування суглобів, хірургії таза тощо. Наведено фото співробітників кафедри. Зауважено на нових методах викладання в епоху пандемії XXI століття.

Г. Г. Голка, В. В. Веснін, А. О. Олейник, М. А. Гаркуша, Д. А. Істомін (кафедра травматології та ортопедії ХНМУ) «Експериментальні дослідження кістково-суглобового туберкульозу на сучасному етапі

розвитку медицини». Зазначено, що першу експериментальну модель кістково-суглобового туберкульозу (КСТ) на території колишнього Радянського союзу створив проф. Скоблін Олексій Петрович в інституті ім. проф. М. І. Ситенка (кінець 1940-х – початок 1950-х). Центром КСТ на пострадянському просторі тривало був ленинградський інститут хірургічного туберкульозу (ЛХТ), але після об'єднання ЛХТ та ЛФП (фтізіопульмонології), наприкінці 1990-х років зусилля спрямовано на дослідження легеневого туберкульозу. Автори акцентували важливість створених експериментальних моделей КСТ, які потрібні не лише для вивчення особливостей перебігу процесу та впливу антибактеріальної терапії, а й для розроблення сучасних підходів до діагностики та лікування захворювання. Автори детально висвітлили результати проведених експериментів на двох моделях: туберкульозу колінних суглобів морських свинок — для верифікації можливостей полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР); туберкульозного спондиліту (ТС) — для вивчення впливу антибактеріальних препаратів. Дослідження проведені в науково-дослідному інституті експериментальної та клінічної ветеринарної медицини (наведено фото тварин, макропрепаратів, рентгенограми, знімки гістологічних препаратів). Показано високу специфічність ПЛР у діагностиці КСТ і високу діагностичну чутливість тесту (80 %), що разом із незначною вартістю дає можливість рекомендувати його за туберкульозного ураження суглобів. Проведення сучасної інтенсивної специфічної антибактеріальної терапії в умовах експерименту дає змогу досягти відмежування деструктивного процесу в ранні терміни розвитку захворювання (4–5 тижнів). Отримані нові знання про патоморфологічні особливості перебігу ТС дозволяють проводити радикальні хірургічні втручання на хребті без ризику генералізації туберкульозного процесу в ранні терміни.

Г. Г. Голка, В. В. Бурлака, О. Г. Фадєєв, В. В. Веснін (кафедра травматології та ортопедії ХНМУ) «Сучасні методи хірургічного лікування кістково-суглобового туберкульозу». Відкриті проблеми фтізіоостеології: стійкість мікобактерій (МБТ) до протитуберкульозних препаратів, тривала діагностична та терапевтична паузи, пізня верифікація специфічного процесу та збільшення кількості хворих на кістково-суглобовий туберкульоз (КСТ) на фоні ВІЛ-інфекції. Автори привернули увагу ортопедо-травматологічної служби до проблем лікування КСТ і поділилися досвідом його хірургічного лікування. За останні 10 років загальна лікарська стійкість МБТ у разі КСТ істотно зросла (від 39,8 до 65,1 %). Автори навели результати хірургічного лікування КСТ хребта і великих суглобів за 2012–2019 роки 184 пацієнта (здебільшого з різними ускладненнями у вигляді абсцесів, свищів, контрактур, деформацій тощо). Частина з них оперували на базі кафедри ортопедії та травматології, оскільки не було епідеміологічної складності (без

поєднаної патології). Інша група хворих отримала лікування на базі обласного туберкульозного диспансеру. На 12 клінічних спостереженнях продемонстрований досвід хірургічного лікування туберкульозу хребта та великих суглобів із використанням пористих керамічних імплантів (розроблених в інституті ім. проф. М. І. Ситенка), розсувних кейджів, заглибних конструкцій тощо. У висновку автори оцінили позитивні результати лікування КСТ, і, звертаючись до ортопедичної громадськості, запропонували створити в Україні національний науково-практичний центр для надання висококваліфікованої спеціалізованої медичної допомоги хворим із КСТ організувати секції позалегенового туберкульозу на з'їздах, конференціях і проводити наукові дослідження з розробки нових методів діагностики, лікування, вивчення епідеміології захворювання.

Г. Г. Голка, В. В. Бурлака, В. В. Паламарчук, М. В. Перхун, В. В. Веснін (кафедра травматології та ортопедії ХНМУ, КНП «МКЛШНМД ім. проф. А. І. Мещанінова») «Оптимізація лікування туберкульозного спондиліту». Акцентовано увагу на актуальності та серйозності медико-соціальної проблеми етіологічної діагностики та хірургічного лікування хворих на туберкульозний спондиліт (ТС). Автори навели результати досліджень за двома напрямками — експериментальному та клінічному. У першому випадку вивчено особливості клініко-патоморфологічного перебігу ТС і вплив антибактеріальної терапії (АБТ). Моделювання ТС проведено згідно з розробленою методикою (пат. № 115503) на 40 морських свинках шляхом введення суспензії *m. bovis* штам *valle* в тіло L₁₂ хребця зі штучно створеним порушенням кровообігу (в інституті експериментальної та клінічної ветеринарної медицини). У результаті експерименту виявлено, що у тварин із модельованим туберкульозом на фоні специфічної АБТ резервного ряду спостерігається пригнічення патологічного процесу з утворенням молоді кісткової та сполучної тканин різного ступеня зрілості. Отримані нові знання про патоморфологічні особливості перебігу ТС за умов проведення адекватної специфічної АБТ. Це дає змогу проводити радикальні хірургічні втручання на хребті без ризику генералізації туберкульозного процесу в ранні терміни. У клінічне дослідження залучено 60 пацієнтів з активним ТС, які отримали лікування в інституті ім. проф. М. І. Ситенка 2012–2017 рр. Вивчено ефективність короткочасної інтенсивної АБТ препаратами другого ряду в передопераційному періоді та радикально-декомпресійних пластичних втручаннях із використанням розсувного титанового кейджа для переднього спондилолізу. Пацієнтам основної групи встановлено розсувний телескопічний титановий кейдж, а, операцію проведено після короткострокового інтенсивного курсу АБТ. Наведено клінічні приклади лікування пацієнтів із ТС основної та контрольної груп з відмінними результатами лікування 46,7 і 26,7 % відповідно.

Г. Г. Голка, В. В. Бурлака, В. В. Паламарчук, М. В. Перхун (кафедра травматології та ортопедії ХНМУ, КНП «МКЛШНМД ім. проф. А. І. Мещанінова») «Власний досвід ендопротезування кульшового суглоба». У доповіді викладені результати ендопротезування кульшових суглобів 286 осіб за період із листопада до січня 2021 р. (середній вік 66 років). Хірургічні втручання з приводу гострої травми виконано 179 особам, наслідків травм і захворювань — 107. Застосовано цементне тотальне ендопротезування — 141 випадок, цементне біполярне — 19, безцементне —

123, гібридне — 3. Детально висвітлено ускладнення хірургічних втручаннях: 4 — летальних результати, 7 — вивихи в кульшовому суглобі, контрактури, біль, ранні та пізні глибокі інфекційні ускладнення тощо. Результати лікування класифіковано як добрі у 272 пацієнтів (95,1 %), задовільні — 5 (1,7 %), незадовільні — 9 (3,1 %).

Засідання 18.03.2021

І. І. Спесивий (Експерт Департаменту охорони здоров'я ХОДА за напрямом «ортопедія та травматологія») «Підсумки діяльності ортопедо-травматологічної служби Харківської області за 2020 р.». Автор проаналізував основні показники діяльності ортопедо-травматологічних відділень м. Харкова та Харківської області. У зв'язку з пандемією коронавірусу ліжковий фонд у 2020 р. зменшився на 65 одиниць (658 ортопедо-травматологічних ліжок для дорослих у лікувальних установах ДОЗ Харківської обласної державної адміністрації та ДОЗ ХМР), що пов'язано з необхідністю створення відділень для лікування хворих на COVID-19. При цьому з 28 районів області травматологічні ліжка функціонують лише в 15. Також зафіксовано зменшення на 4 000 кількості пролікованих хворих порівняно з 2019 р. Наведено показники загального травматизму (побутова та виробнича травми, ДТП), первинної інвалідності внаслідок травм опорно-рухової системи. Детально проаналізовано стаціонарну допомогу в лікувально-профілактичних закладах м. Харкова та Харківської області за 2020 р. Визначено, що за звітний період зросла кількість виконаних операцій — ендопротезувань колінного та кульшового суглобів у 4 лікувальних установах м. Харкова (849 операцій в ОКЛ, ОКЛІ, МКБЛ № 17, МЛШНМД ім. О. І. Мещанінова).

І. І. Білоконов (Експерт Департаменту охорони здоров'я ХОДА за напрямом «дитяча ортопедія та травматологія») «Підсумки роботи дитячої ортопедо-травматологічної служби Харківської області за 2020 р.». У доповіді проаналізовано показники забезпеченості дитячого населення м. Харкова та Харківської області ортопедо-травматологічними ліжками та кадрами в 2020 р. Установлено зниження дитячого травматизму за 2020 р. приблизно на 15–20 % порівняно з попереднім роком через оголошену пандемію та локдаун. Зауважено, заборона на планове хірургічне та консервативне лікування і збір у системі запису епізодів надання допомоги пацієнтам через спеціальний додаток в інтернеті призвели до зниження обліку графіків прийому лікарів. Відзначено також зменшення впливу обласних фахівців (у тому числі контролю самозвітів) на отримання або підтвердження лікарями категорії. Проаналізовано показники травматизму та поширеності патології кістково-м'язової системи серед дитячого населення за даними зверненнями в дитячі медичні установи м. Харкова (побутова травма, вулична, спортивна, шкільна, ДТП тощо).

В. А. Філіпенко (Голова Харківського обласного відділення ВГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів») «Звіт про діяльність Харківського обласного відділення Української асоціації ортопедів-травматологів за 2020 р.». У доповіді висвітлено науково-практичну та організаційну діяльність правління та членів ХГОВО «УАОТ» за 2020 р. За звітний період організовано та проведено 2 засідання осередку в звичайному режимі та 6 випусків новин на сайті Товариства. 16.01.2020 проведено зустріч у будівлі Харківського медичного товариства з лекціями провідних

фахівців: проф. Головаха М. Л. (Запоріжжя), проф. Істомін А. Г. (Харків), проф. Белінський П. І. (Київ).

20.02.2020 у межах дня ортопеда-травматолога пройшла науково-практична конференція на базі відділення невідкладної травматології та відновної хірургії ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», присвячена 75-річчю від дня народження проф. Л. Д. Горидової. Проведено огляд хворих і проконсультовано 59 пацієнтів. Розміщено 6 блоків новин у режимі перегляду доповідей-презентацій на сайті Осередку (www.uaot.kharkiv.ua): 19.03.2020 — звіт роботи Осередку за 2019 р. (3 доповіді); 16.04.2020 — ХКМБЛ № 17 (3 доповіді); 21.05.2020 — ХОКТЛ, засідання, присвячене 100-річчю відкриття дитячого ортопедичного відділення в м. Харкові (5 доповідей); 17.09.2020 — МКЛШНМД ім. проф. О. І. Мещанінова, відділення політравми (2 доповіді); 19.11.2020 — відділення патології хребта ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», присвячене 85-річчю від дня народження проф. Грунтовського Г. Х. (5 доповідей); 17.12.2020 — спільне засідання з Асоціацією радіологів (3 доповіді). Засідання, заплановане на 18.06.2020 в КНП «Лозівське територіальне об'єднання» та наукова конференція «Сучасні методи діагностики в ортопедії та травматології» (П'ять наукові читання, присвячені пам'яті акад. О. О. Коржа) через карантинні заходи перенесено на 2021 р. У Днях травматолога, проведених у 2020 р., взяли участь 189 членів Осередку, заслухано 9 доповідей, у режимі новин подано на сайті 21 слайд-презентацію. У 2020 р. отримали рекомендацію 11 лікарів ортопедів-травматологів, для атестації щодо присвоєння або отримання вищої кваліфікаційної категорії. Присвоєно категорію 2 ортопедам-травматологам, підтверджено — 9. За участю членів Харківської асоціації в 2020 р. видано 2 монографії, 20 інструктивних матеріалів, опубліковано 163 статті, отримано 15 патентів, прочитано 59 лекцій для лікарів. Було 4 виступи на телебаченні, 2 — радіо, опубліковано 7 науково-популярних статей в газетах і журналах.

Засідання 15.04.2021

У квітні 2021 року на базі «УкрНДІ протезування, протезобудування та відновлення працездатності» відбулася науково-практична конференція у форматі онлайн/офлайн «Реабілітація та протезування/ортезування XXI століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти відновлення рухової активності», присвячена 75-річчю від дня заснування інституту. У вступному слові директор інституту Салеева А. Д. звернула увагу на сучасний формат проведення заходу запланованого на 3 платформах (у трьох залах) «...де ми не лише віддаємо данину засновникам установи, а й складаємо іспит, підбиваючи підсумки роботи за останні 15 років». В урочистій частині прозвучало багато теплих слів та привітань на адресу колективу інституту та його директора. Від імені голови Харківської ОДА Айни Тимчук зачитав лист-привітання її заступник Михайло Черняк. В. о. міського голови Харкова Ігор Терехов виступив із привітанням і зазначив, що душевна теплота й турбота всіх співробітників закладу реально повертає людей до активного життя. Вручено почесні грамоти співробітникам інституту, подарунки, квіти та поздоровлення від першого заступника Міністра соціальної політики України Котика Є. Д., директора Фонду соціального захисту інвалідів Чеглакова Є. В., Голови правління Харківського обласного відділення ВГО «УАОТ» Філі-

пенка В. А., директора інституту ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» Коржа М. О., представників Школи реабілітаційних наук Human Study та багатьох інших. Урочиста частина завершилася відкриттям меморіальної дошки проф. Яременко Д. О.

На пленарному засіданні в доповіді директора інституту Салеевої А. Д. висвітлені проблеми та перспективи відновлення рухової активності постраждалих, представлені міжнародні стандарти реабілітації. У секційних засіданнях виступили: проф. Вирва О. Є., проф. Бур'янов О. А., проф. Лябах А. П., к. мед. н. Кабаненко І. В., к. мед. н. Петров В. Г., к. мед. н. Чернишова І. Г., Істомина О. С., доц. Диннік О. А., к. мед. н. Прозоровський Д. В., д. мед. н. Корольков О. І. та інші. У доповідях порушено питання відновної хірургії опорно-рухової системи в дітей і дорослих, упровадження сучасних освітніх стандартів підготовки фахівців із протезування, ортезування та реабілітації, шляхи підвищення реабілітаційного потенціалу пацієнтів способами фізичної реабілітації та ерготерапії.

Науково-практична конференція, присвячена 85-річчю від дня народження проф. С. Д. Шевченка, 20.05.2021

Г. В. Кикош (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Життя та творчий шлях проф. Шевченка С. Д. — видатного ортопеда-травматолога». У доповіді висвітлено шлях славної 60-річної праці видатного ортопеда-травматолога, ученого та хірурга, доктора медичних наук, професора Шевченка Станіслава Дмитровича. Почавши свою кар'єру як хірург-онколог у копальневій лікарні шахти в м. Красний Луч, завідувач відділення дитячої ортопедії та травматології ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» пройшов шлях до заступника директора з наукової роботи інституту та заступника головного редактора журналу «Ортопедия, травматология и протезирование». Професор Шевченко С. Д. зробив значний внесок у розвиток вітчизняної дитячої ортопедії, його заслуги високо оцінені науковою спільнотою: був нагороджений орденом «Знак шани», значком «Відмінник охорони здоров'я», неодноразово відмінений Почесними грамотами Національної академії медичних наук та Міністерства охорони здоров'я України. До останніх років свого життя професор не припиняв лікарську діяльність, консультував складних і тяжких пацієнтів. Дякуючи таланту Станіслава Дмитровича тисячам маленьких пацієнтів було повернене здоров'я.



Рисунок. Відкриття меморіальної дошки проф. Яременко Д. О.

В. В. Баєв (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Реконструктивно-відновні операції в дітей із пухлинами кісток». Подано основні класифікації, які використовують у діагностиці та лікуванні пухлин кісток у дітей (міжнародна гістологічна пухлин кісток ВООЗ; МКХ-10; хірургічна за W. Enneking і клініко-статистична), алгоритм обстеження хворих. За даними «Бюлетеню національного канцер-реєстру України» щорічно в Україні фіксують 11–12 випадків захворювань на злоякісні пухлини на 100 тис. дитячого населення (до 18 років), що становить близько 1 000 дітей на рік. Із них 10 % припадає на кісткові пухлини. Наведено методи заміщення дефектів кісток після видалення пухлин, їхні переваги в разі ухвалення рішення про органозбережні операції, а саме: використання кісткових ало- й ауто-трансплантатів, керамічних матеріалів, модульного й алокомполітного ендопротезування. Доповідь проілюстровано 7 клінічними прикладами. Автор зробив висновок, що пацієнти дитячого віку із пухлинами та пухлиноподібними захворюваннями кісток — потенційні кандидати на пластику дефекту імплантатами галогенного походження, які дитячі ортопеди використовують найчастіше, а перевагами модульного ендопротезування є велика варіабельність конструкцій і розмірів, можливість відновлення функції кінцівки в короткі строки.

І. М. Гарбузняк, А. М. Гриценко (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Використання перфорантних кровопостачальних клаптів у дитячій ортопедії. Власний досвід». Перфорантні клапті кровопостачаються за рахунок перфорантних шкірно-фасціальних, шкірно-м'язових судин (septo-cutaneous, muscul-cutaneous) та за складом тканин можуть бути шкірно-підшкірними, шкірно-фісціальними, шкірно-м'язовими. У доповіді викладено результати хірургічного лікування 9 дітей у віці від 4 до 17 років з набутими деформаціями кінцівок після різних травм за період 2012–2021 рр. Показано найчастіше використовувані види клаптів для верхньої та нижньої кінцівок, ускладнення, 2 клінічних приклади з позитивними результатами лікування. У висновках відмічено, що на власному досвіді доведено можливість використання в дітей дошкільного віку suralis flap для закриття шкірних дефектів гомілки та ступні; posterior interosseous perforator flap кисті. Упровадження в дитячу практику використання перфорантних клаптів для закриття дефектів шкіри значно покращало функціональні результати лікування дітей.

І. М. Гарбузняк, А. М. Гриценко (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Реконструктивні втручання в разі гіпоплазії I пальця кисті». Викладено результати лікування 27 пацієнтів у віці від 1 до 10 років із вродженими пороками росту I пальця кисті (I–V типи гіпоплазії I пальця за Manske в поєднанні з променевою косорукістю; Mirror hand) за останні 10 років. Наведено методи діагностики, застосовувані види хірургічного втручання залежно від типу гіпоплазії за Manske (звичай, використовували поліцізацію за Ezaki-Carther) Після оцінювання функціональних і косметичних результатів лікування гіпоплазії I пальця кисті зроблені висновки: пацієнти з гіпоплазією I пальця та аномально прикріпленими сухожиллями FPL і EPL/AbPI потребують багатоступеневий тактики лікування. Після виконання поліцізації II пальця кисті в 100 % випадків покращився косметичний вигляд, у 84,2 % — відновлена функція двобічного хвату, у 89,4 % досягнуто анатомічність

глибини знов сформованого першого міжпальцевого проміжку. Наведено 3 клінічних приклади з віддаленими результатами лікування.

С. О. Хмизов, А. В. Гриценко (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Ахондроплазія — що нового». Викладено коротку інформацію про сучасні тенденції лікування ахондроплазії та досвід клініки дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України». Хворі на ахондроплазію досить часто звертаються до ортопедів для подовження росту, зменшення косметичних дефектів і покращення функціональних можливостей кінцівок. Доповідач показав апарати зовнішньої фіксації (АЗФ) для подовження кінцівок: Ілізарова, із механічними й електричними приводами. Стрижневий АЗФ, розроблений у відділі патології хребта та суглобів дитячого віку проф. Хмизовим С. О., де максимально використаний принцип триточкової фіксації, дає змогу мінімізувати габарити зовнішніх опор на фоні їхньої високої динамізації. Освітлено тактику лікування та наведено 1 клінічний приклад.

О. В. Пашенко, Є. С. Кацалап (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Застосування інтрамедулярних телескопічних фіксаторів у разі різної ортопедичної патології в дітей». Використання ротатійно-стабільних інтрамедулярних телескопічних фіксаторів (ІТФ) у лікуванні патології довгих кісток у дітей є досить актуальною проблемою, за пів століття вивчення якої розроблено багато методів і конструкцій для її вирішення. Показано досвід експлуатації авторських ІТФ із ротатійною стабільністю (пат. України 88254; 114597) для корекції деформації довгих кісток у дітей у віці 4–16 років із багатоплощинними деформаціями верхніх і нижніх кінцівок і порушенням опороздатності (на прикладі двох груп — із недосконалим остеогенезом і фосфат-діабетом). Висвітлено результати лікування, ускладнення, 3 клінічних приклади. Відзначено, що використання ІТФ для хірургічної корекції деформації довгих кісток у дітей є ефективним і супроводжується низьким відсотком ускладнень.

О. О. Барков, Є. С. Кацалап, Ю. Е. Колесніченко (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Індивідуальне хірургічне лікування вроджених і набутих деформацій хребта в дітей і підлітків із застосуванням 3D-навігації та нейромоніторингу». Доповідач зазначив, що свою практичну та наукову діяльність проф. Шевченко С. Д. присвятив саме лікуванню дітей і підлітків із деформаціями хребта. В однієї дитини можна спостерігати їх декілька — у фронтальних і сагітальних площинах, різноманітних за етіологією та важкістю перебігу. Матеріалом дослідження були 30 пацієнтів у віці 6–18 років із такими деформаціями, як ідіопатичний сколіоз, уроджений кіфосколіоз, нейрофіброматоз, некротичний сколіоз, юнацький кіфоз (хвороба Шейермана-Мау), спондилоепіфізарна дисплазія, спондилоартроз. Автори подали методи передопераційного обстеження та зауважили на важливості комп'ютерної томографії (КТ) для контролю проведення транспедикулярних гвинтів, види хірургічних втручань. Позитивні результати лікування проілюстровані 11 клінічними прикладами. Установлювали гвинти у всіх пацієнтів за допомогою навігаційної системи «Vtainlab» у режимі доопераційного КТ-сканування й інтраопераційного нейромоніторингу системи «Medtronic NIM Eclips». Найкращим способом лікування автори вважають індивідуальні операції, виконані після ретельного передопераційного

обстеження, відповідно до конкретних видів аномалій і деформацій хребта в дітей і підлітків. Використання новітніх технологій дає змогу підвищити ефективність лікування, уникнути ревізійних операцій, пов'язаних із некоректним розташуванням гвинтів.

С. О. Хмизов, Є. Ю. Якушкін (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Нестабільність колінного суглоба в дітей із вадами розвитку нижніх кінцівок». У доповіді подано поняття «нестабільність суглоба» у трактуванні Фаткулліна Н. В., Logerstedt D. S. та колективу авторів під керівництвом Голки Г. Г. патологію класифіковано як патологічний стан, що призводить до надмірної рухомості в суглобі та порушенню біомеханіки руху. Основні причини, які обумовлюють нестабільність колінного суглоба (КС) за умов уроджених вад розвитку нижніх кінцівок: порушення анатомії (ізолювана агенезія схрещених зв'язок 3 типів; комплексні вади розвитку нижніх кінцівок) та порушення структури стабілізаторів КС. Щоб зрозуміти різноманітність аномалій розвитку КС та простежити зв'язок із формуванням схрещених зв'язок (СЗ) автори пропонують повернутись до онтогенезу структур КС, описаний R. O'Rahilly у 1987 році, який стверджував, що закладання всіх органів тіла відбувається в перші вісім тижнів постовуляторного періоду ембріонального розвитку плода та поділив цей період на 23 стадії. Диференціація структур КС починається на 17–18 стадії, а СЗ можуть з'являтися на 20-й, але частіше — на 21-й (першою — задня СЗ, другою — передня). На 23-й стадії КС являє собою цілісний орган. Передня СЗ частіше за класифікаціями є гіпопластичною або апластичною. Зазначено, що організм адаптується до вродженої вади, а чинниками виникнення нестабільності КС (НКС) є надмірні фізичні навантаження, травми, хірургічна корекція вроджених вад розвитку нижніх кінцівок. Наведено клінічний приклад пацієнта 2 років із діагнозом: вроджена фібулярна гемімелія з вкороченням правої нижньої кінцівки на 5 см. Детально освітлений метод хірургічного лікування — позасуглобова стабілізація SUPER knee за Dr. Paley, яку використовують у відділенні дитячої ортопедії та травматології. Акцентовано увагу на можливості розвитку НКС через варіабельність і складність уроджених вад розвитку нижніх кінцівок, багатоетапне хірургічне лікування. Показаннями до операції є неефективне консервативне лікування симптоматичної НКС, підвихів або вивих під час або до процедури подовження.

Науково-практична онлайн конференція, присвячена 100-річчю від дня народження проф. Сіменача Б. І., 17.06.21

О. П. Бабуркіна (ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Богдан Ілліч Сіменач: життя, присвячене науці». Автор розповіла про багатогранність і складність шляху становлення Богдана Ілліча Сіменача як ортопеда-травматолога, а загалом — великого вченого та вчителя. Він отримав освіту в переді післявоєнні роки в гімназії (1939) та педагогічному училищі у м. Стрий (Польща), на заочному відділенні хімічного факультету Львівського університету (1940) та курсах професійної медичної підготовки (1941), Львівському медичному інституті (1943–1947) після закінчення якого аспірантуру на кафедрі патологічної фізіології. Потім молодий фахівець працював хірургом, головний лікарем і господарником у лікарні м. Стебник (Львівська область), навчався на курсах з хірургії при Ленінградському інституті вдоскона-

лення лікарів. Мобілізація до лав Радянської армії (1952) і робота в різних шпиталях дала можливість опублікувати свої перші роботи з цікавої для нього тоді проблеми резекції шлунка. У 1956 р. у шпиталі Секешфегервар (Угорщина), зіткнувшись із великою кількістю синовітів у солдатів, почав вивчати цю проблему, і, як майор Радянської армії, під керівництвом тоді доцента Коржа О. О. захистив кандидатську дисертацію «Посттравматичні реактивні зміни в колінному суглобі (діагностика, перебіг та лікування)» (1964). Після демобілізації (1966) професійний шлях Богдана Ілліча нерозривно пов'язаний з інститутом ім. проф. М. І. Ситенка, де у 1970 р. він очолив відділ науково-медичної інформації та «групу вивчення колінного суглоба». У результаті дослідження таких напрямів, як системний підхід, методологія, концептуальне моделювання у 1979 р. захистив докторську дисертацію «Ушкодження сумково-зв'язувального апарата колінного суглоба. Діагностика та хірургічне лікування». Далі, вивчаючи фізіологічні та патологічні процеси в суглобі, створив «смыслову модель суглоба», «ортопедичну артрологію», «синдром артродезивної деформації» (схеми було наведено на слайдах). Дослідження, виконані під керівництвом Б. І. Сіменача на есенціальному рівні, допомогли розробити концепції про захворювання суглобів, зумовлені спадковою схильністю, що внесло суттєві корективи в ортопедичну науку та практику. Доповідачка, одна з численних учнів проф. Сіменача Богдана Ілліча, відзначила його доброту, чуйність і відповідальне ставлення до науки, яка була основою його життя. Подані фото професора з різних років із учнями, колегами й останній виступ на конференції у 2011 р., присвяченій пам'яті акад. Коржа О. О., коли він уже погано бачив і всі слайди тримав у голові. Також до 100-річчя Богдана Ілліча його учні видали бібліографічний покажчик наукових праць учителя.

Ю. М. Гнедушкін, О. О. Ковальчук, Д. І. Чимандрін (КНП БМРХО «Балаклійська клінічна багатопрофільна лікарня інтенсивного лікування») «Надання ортопедо-травматологічної допомоги сьогодні: можливості та виклики». У повідомленні автори запропонували повернутися до витоків — початку роботи у 1980-х роках, коли в травматологічному відділенні Балаклійської лікарні було 65 ліжок, а одним із головних методик лікування було скелетне витягнення. Також автори нагадали про початок співпраці з товариством ортопедів-травматологів і перший виїзний День травматолога у 1984 р. у м. Балаклії. Продемонстровано безліч проявів тогочасного остеосинтезу (накістковий, інтрамедулярний, позавогнищевий), який постійно розвивався та модифікувався, у тому числі фіксатори Д. Д. Бітчука (прообраз блокового інтрамедулярного остеосинтезу — БІОС). Висвітлено роботу на сучасному етапі, складності за умов реформи і відсутності фінансування витратних матеріалів, металоконструкцій та ендопротезів, надання адекватної допомоги пацієнтам, які не можуть оплатити конструкції. Доповідач навів багато цікавих клінічних випадків лікування переломів кісток скелета, зокрема, вертлюгових, із використанням різних металоконструкцій на підставі принципів БІОС з позитивними результатами лікування. Визначено, що нині в травматологічному відділенні на 30 ліжок на перше місце виходить оптимізація процесу лікування — зниження його тривалості, зростання хірургічної активності, що уможливорює наявність у лікарні комп'ютерного томографа, електронно-оптичного перетворювача та рентгеноконтрастного столу в опе-

раційній. Упроваджуючи малоінвазивні методики лікування ортопедичної патології, артроскопія стала «візитною карткою» відділення. Через 2 міс. відзначається 30-річчя першої артроскопічної операції, на якій був присутній Б. І. Сіменач разом зі своєю «групою вивчення колінного суглоба». За ці роки виконано понад 4 000 артроскопічних втручань, налагоджено співпрацю з провідними фахівцями артроскопічних центрів (Норвегії, Ізраїлю, Німеччини, Великобританії, Іспанії тощо), взято участь у безлічі наукових конференцій наприкінці наведено фото, датоване понад 30 років тому, із колегами та вчителями, з якими довелося багато спілкуватися та навчатися, назване «Команда молодості нашої» (О. О. Корж, Б. І. Сіменач, В. А. Філіпенко, Ю. М. Гнедушкін та ін.). Доповідач виводить слова вдячності людям, завдяки яким «... ми маємо можливість надавати пацієнтам адекватну медичну допомогу в сучасних умовах, не втративши поваги до себе».

П. В. Болховітін, С. О. Нестеренко, Ю. М. Гнедушкін, М. П. Болховітін (ДУ «ІПХС ім проф. М. І. Ситенка НАМН України», КНП БМРХО «Балаклійська клінічна багатопрофільна лікарня інтенсивного лікування») «Синдром порушення рівноваги наколінка диспластичного генезу: минуле, сучасне, майбутнє». У повідомленні надано інформацію про системний підхід до лікування нестабільності наколінка, який розробив проф. Сіменач Б. І. Це — концептуальне моделювання, методологія, технології, а також п'ятифакторна концептуальна модель суглоба, яку можна застосувати до синдрому порушення рівноваги наколінка диспластичного генезу (СПРНДГ). Проведено паралель із Леонською школою ортопедів-травматологів (Франція), сучасним представником якої є David Dejour – колишній президент ESSKA (європейське товариство спортивної травматології, хірургії колінного суглоба та артроскопії), засновник хірургії «A la carte» та класифікації дисплазій. Їхні ідеї перегукуються та є елементом системного підходу, який пропагував Б. І. Сіменач. Висвітлено методи діагностики СПРНДГ на сучасному етапі, із використанням нових критеріїв (Insall-Salvati, Caton-Deshamps, TT-TG), симптомів (J-симптом, Q-кут, Zohlen) та підходів, а також основні хірургічні втручання за нестабільності наколінка — латеральне відновлення, трохлеопластика тощо. Доповідач акцентував увагу на різних артроскопічних маніпуляціях, які проводять сьогодні обов'язково під час хірургічних втручань із нестабільності наколінка; артроскопічному контролі на момент завершення операції, а також впливу артроскопії на суглобовий хрящ. Показано 3 клінічні приклади з позитивними результатами лікування. Автори наголосили на важливості медикаментозного супроводу артроскопічних втручань під час лікування СПРНДГ — це симптом-модифікуювальні препарати повільної дії для лікування остеоартрозу, зокрема хондроїтинсульфати.

П. В. Болховітін, М. П. Болховітін (ДУ «ІПХС ім проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Відновлення медіальної наколінково-стегнової зв'язки в системі лікування синдрому порушення рівноваги наколінка диспластичного генезу». На сьогодні в разі нестабільності наколінка виконують величезну кількість хірургічних втручань: ендоскопічні, відновлення зв'язок MPFL, трохлеопластика, медіалізація та зведення горбистості, резекція краю наколінка, остеотомії тощо. Запропоновано до розгляду власний досвід лікування СПРНДГ: операція «золотого стандарту» забезпечує

досить значну стабільність і застосовується у 80 % випадків. Показано пластичні матеріали (авто- або ало-трансплантати MPFL, MTFL), методики та принципи виконання таких операцій, важливість визначення анатомічних координат точки прикріплення трансплантата до стегнової кістки (на підставі концепції проф. Сіменача Б. І. та теорії німецького ортопеда Schotle), встановлення міток, рентгенологічний і артроскопічний контроль, проблеми, які виникають під час таких операцій. Позитивні результати лікування простежені в терміні понад 2 років, оцінювали їх за шкалою Lysholm (90–100 балів), за високою активністю пацієнтів, у тому числі спортсменів.

І. Б. Зеленецький, О. М. Хвисюк, С. Б. Довгань, Ю. І. Вольвач (КНП ХОР «Обласна клінічна травматологічна лікарня») «Сучасні методи лікування патології колінного суглоба у дітей». Доповідач наголосив, що розроблені концепції лікування суглобів проф. Сіменача Б. І. застосовуються і для лікування пацієнтів дитячого віку. Навів спільні наукові дослідження щодо патології суглобів у дітей (дисертації та методичні рекомендації). У повідомленні надано інформацію про результати дослідження, метою яких було проаналізувати результати хірургічного лікування ушкоджень і захворювань колінного суглоба в дітей за матеріалами роботи дитячого ортопедичного та травматологічного відділень КНП ХОР «ОКТБ» (114 пацієнтів віком 7–14 років). Висвітлено методи обстеження, власні тактики та техніки лікування за розривів менісків (29 дітей), передньої схрещеної зв'язки (21), травматичної і диспластичної нестабільностей наколінка різного ступеня тяжкості (21, у тому числі пацієнт із ДЦП, нестабільністю наколінка за дисплазії стегново-наколінкового зчленування, у разі синдрому Рубінштейна-Тейбі) тощо. Зроблено висновки, що артроскопічні втручання в дітей дозволяють вирішувати більшість проблем у разі внутрішньосуглобових ушкоджень колінного суглоба та фронтальної нестабільності наколінка легкого ступеня. Показання до операції ставлять на підставі ретельно зібраного анамнезу, усебічного клінічного та МРТ дослідження з визначенням ступеня ушкодження та дисплазії елементів колінного суглоба. Для відновлення нормальних біомеханічних взаємовідношень у колінному суглобі, ліквідації синдрому латеральної гіперпресії та виведення з-під підвищеного навантаження наколінка автори доповнюють типове хірургічне втручання пластикою медіо-пателлярної зв'язки з використанням анкерних конструкцій.

О. О. Ковальчук, Ю. М. Гнедушкін, О. В. Танькут, О. П. Марущак (КНП БМРХО «Балаклійська клінічна багатопрофільна лікарня інтенсивного лікування», ДУ «ІПХС ім проф. М. І. Ситенка НАМН України») «Ендопротезування кульшового суглоба в Балаклійській КБЛПЛ — нове в організації ортопедо-травматологічної допомоги. Причини, умови, можливості». Регіон був місцем і базою апробації різних нових високотехнологічних методів лікування, таких як артроскопія й остеосинтез. Ще в 1980-ті роки біля витоків ендопротезування в Балаклійській ЦРЛ стояли О. О. Корж та В. А. Філіпенко (слайд із фото першої операції). Завдяки непереборному бажанню опанувати щось нове та вдосконалити професійний рівень, такі операції стали виконувати в 2019 р. за для надання сучасної, інноваційної та високотехнологічної допомоги в лікарні 2-го рівня та кваліфікованої медичної допомоги за нових умов фінансування НСЗУ. Унаслідок співпраці з інститутом ім. проф. М. І. Ситенка

та клінікою «Мотор-Січ» (Запоріжжя) проведено навчання, практичні курси та спільні операції, як у Балаклійській КБЛПЛ, так і на навчальних базах. Процес науково-технічного супроводу проходив у безпосередньому контакті зі співробітниками інституту ім. проф. М. І. Ситенка на чолі із директором проф. Коржем М. О., керівником відділу ортопедичної артрології проф. Філіпенком В. А. і провідним спеціалістом клініки «Мотор-Січ» проф. Головахою М. Л. Останніми роками в Балаклійській КБЛПЛ прооперовано 17 пацієнтів зі застосуванням

однополюсного біполярного, тотального цементного або безцементного ендопротезування, пластики кульшової западини й остеосинтезу її переломів. У висновку автори акцентували увагу на пріоритетах своєї роботи: високий рівень надання спеціалізованої допомоги, доступний для всіх категорій населення; постійне навчання й опанування нових навичок; нагляд за пацієнтами; аналіз роботи та покращення результатів лікування; дотримання світових стандартів під час планування операцій ендопротезування та реабілітації пацієнтів.

Голова **В. А. Філіпенко**
Секретар **С. Ю. Золотарьова**

**ІНФОРМАЦІЯ ПРО З'ЇЗДИ, КОНГРЕСИ,
СИМПОЗИУМИ ТА НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ У 2022 РОЦІ**

№ з/п	Назва заходу, тема	Дата, місце проведення	Контактна інформація
1	Spine Summit 2022	23–26 лютого Лас Вегас, США	https://www.cns.org
2	Istanbul Spine Masters & ISMISS Turkey 2022	24–26 лютого Стамбул, Туреччина	http://www.istspine.org/2022
3	AAOS 2022 Annual Meeting	22–24 березня Чікаго, США	http://www.aaos.org/
4	49 th ISSLS Annual Meeting	9–13 травня Бостон, США	http://www.issls.org/meetings/
5	International Conference on Minimally Access and Minimally Invasive Surgery	26–27 травня Барселона, Іспанія	https://waset.org/
6	37 th Annual Meeting Cervical Spine Research Society Europe	травень Барселона, Іспанія	http://www.csrseurope-congress.com/
7	Global Spine Congress 2022	1–4 червня Лас Вегас, США	https://www.gsc2022.org/
8	23 th EFFORT Congress	22–24 червня Лісабон, Португалія	https://www.efort.org
9	57 th Annual Meeting & Course of Scoliosis Research Society	14–17 вересня Стокгольм, Швеція	http://www.srs.org/
10	43 th SICOT Congress	28–30 вересня Куала Лумпур, Малайзія	http://www.sicot.org
11	31 th Annual ESMAC Meeting	19–24 вересня Дублін, Ірландія	http://esmac2022.com/
12	World Summit on Spine and Spinal Disorders	10–12 жовтня Відень, Австрія	https://spine-disorders.neurologyconference.com
13	North American Spine Society	12–15 жовтня Чікаго, США	http://www.spine.org
14	EMSOS — Європейська спілка кістково-м'язових пухлин	17–19 жовтня Лондон, Великобританія	http://www.emsos.org/

Показчик статей, що опубліковані в 2021 році в журналі «Ортопедия, травматология и протезирование»

	№ журналу	Стор.
Bondarenko S. Ye., Kjærsgaard-Andersen P., Maltseva V. E., Badnaoui A. A. Denying total hip arthroplasty in smokers, patients with alcohol abuse or in patients with human immunodeficiency viruses. Why?.....	3	5
ОРИГІНАЛЬНІ СТАТТІ		
Барков О. О., Веретельник О. В., Ткачук М. М., Ткачук М. А., Веретельник В. В. Вплив сагітальних поперекових параметрів на напружено-деформований стан хребтових рухових сегментів за умов застосування транспедикулярної фіксації.....	3	37
Барков О. О., Дуплій Д. Р. Практичні аспекти інтраопераційного нейромоніторингу у хворих із різною патологією хребта.....	4	5
Бець І. Г., Вирва О. Є., Бець Г. В. Комбінована пластика м'яких тканин у лікуванні інфекційно-некротичних уражень гомілки.....	2	51
Білінський П. І. Лікування хворих із ускладненими переломами дистального відділу плечової кістки з використанням фіксаторів малоінвазивного багатоплощинного остеосинтезу.....	1	34
Бодня О. І., Дубовик С. Л., Карпінський М. Ю., Карпінська О. Д. Експериментальне дослідження стабільності остеосинтезу дистального відділу плечової кістки.....	4	28
Вирва О. Є., Головіна Я. О., Леонтєва Ф. С., Малик Р. В. Дослідження біохімічних маркерів остеогенезу в разі інкорпорації кісткових алоімплантатів у щурів із післяопераційним введенням цисплатину за різних умов стерилізації алоімплантата.....	4	42
Вирва О. Є., Міхановський Д. О., Біцадзе М. З., Головіна О. О., Данищук З. М., Бабиць О. О. Передопераційна терапія деносумабом у хворих на гігантклітинну пухлину кісток.....	4	33
Гарбузняк І. М., Гриценко А. М. Особливості хірургічної корекції різних форм синдактилії кистей у дітей. Ретроспективний аналіз власного досвіду лікування.....	2	5
Головаха М. Л., Бондаренко С. А., Орлянський В. Результати малоінвазивної пластики структур задньолатерального кута колінного суглоба.....	4	13
Головаха М. Л., Кіріченко В. Ю., Гриценко О. О., Титарчук Р. В., Кудін С. В., Бондаренко С. А. Перший досвід артроскопії в разі асептичного некрозу головки стегнової кістки.....	2	39
Головаха М. Л., Кузнєцов Б. А., Карпінський М. Ю., Ярьсько О. В. Математичне моделювання варіантів фіксації трансплантата до передньої поверхні гленоїда в разі виконання операції Латарже.....	3	18
Головаха М. Л., Шевельов О. В., Бондаренко С. А. Внутрішньоканальна інкорпорація сухожилкового автотрансплантата передньої схрещеної зв'язки з імплантацією поліпропіленової сітки за даними МРТ.....	1	23
Гук Ю. М., Чернуха Л. М., Зима А. М., Чеверда А. І., Кінча-Поліщук Т. А., Видерко Р. В. Клініко-ортопедичні прояви уроджених судинних мальформацій нижніх кінцівок.....	3	49
Дедков А. Г., Максименко Б. В., Бойчук С. І., Костюк В. Ю. Результати лікування гігантклітинної пухлини довгих кісток за використання деносумабу.....	3	59
Дігтяр В. А., Камінська М. О., Карпінський М. Ю., Карпінська О. Д. Значення механічних властивостей пластики в разі торакопластики вродженої лікоподібної деформації грудної клітки.....	1	18
Камінська М. О., Дігтяр В. А., Ярьсько О. В. Математичне моделювання грудної клітки, її лікоподібної деформації та торакопластики.....	2	17
Корж М. О., Макаров В. Б., Боцьва Н. П., Моргун О. В., Підгайська О. О., Танькут О. В. Морфометрія плечового суглоба й обґрунтування типорозмірів нового модульного реверсивного ендопротеза на основі даних спіральної комп'ютерної томографії.....	1	51
Корж М. О., Макаров В. Б., Смердов О. А., Танькут О. В., Підгайська О. О., Зданевич С. В. Аналіз напружено-деформованого стану тривимірної моделі здорового плечового суглоба.....	3	27
Корж М. О., Стауде В. А. Концептуальна модель пато- і саногенезу артрозу крижово-клубового суглоба.....	2	28
Лоскутов О. Є., Доманський А. М., Жердев І. І., Лушня С. Л. Особливості надання медичної допомоги хворим із вогнепальними пораненнями ліктьового суглоба.....	1	5
Мателенок Є. М. Іпсилатеральні ушкодження ліктьового суглоба та дистального відділу променевої кістки.....	4	22
Підлісецький А. Т., Долгополов О. В., Савосько С. І., Макаренко О. М. Дослідження структурних змін у субфасціальній ділянці скелетних м'язів гомілки після травматичної ішемії та впливу регенеративних технологій на відновлювальні процеси (експериментальне дослідження).....	4	63
Попсуйшапка О. К., Довгань С. Б., Хомяк О. М. Остеосинтез у разі переломів шийки та вертлюгової зони стегнової кістки в дітей.....	2	10

Радченко В. О., Леонтєва Ф. С., Барков О. О., Туляков В. О., Корж І. В. Біохімічні й імунологічні показники крові пацієнтів зі запальними ускладненнями після транспедикулярної фіксації хребта.....	2	23
Радченко В. О., Леонтєва Ф. С., Туляков В. О., Скіданов М. А., Скіданов А. Г., Нікольченко О. А. Моделювання дегенеративних змін у паравертебральних м'язях для вивчення їхнього впливу на розвиток захворювань хребта.....	1	62
Романенко К. К., Карпінська О. Д., Долуда Я. А., Прозоровський Д. В. Концепція формування постурального патерну у хворих із діафізарними післятравматичними деформаціями довгих кісток нижніх кінцівок.....	3	10
Романенко К. К., Прозоровський Д. В., Долуда Я. А. 3D-друк під час планування хірургічних втручань із приводу позасуглобових деформацій нижніх кінцівок.....	2	45
Танькут В. О., Голубєва І. В., Рикун М. Д., Беренов К. В., Андросенкова В. А. Ретроспективний медико-соціальний аналіз результатів лікування хворих із наслідками переломів довгих кісток кінцівок.....	1	43
Тяжелов О. А., Карпінський М. Ю., Карпінська О. Д., Юрченко Д. О., Браніцький О. Ю. Математичне моделювання роботи м'язів тазового пояса у хворих із привідною контрактурою кульшового суглоба під час одноопорного стояння.....	4	58
Філь А. Ю., Валігурський М. І., Дудар О. В. Досвід застосування хірургічних доступів Хардінга та «Vikini» під час операцій тотального ендопротезування кульшового суглоба.....	3	54
Хмизов С. О., Кикош Г. В., Карпінська О. Д., Карпінський М. Ю. Порівняльний аналіз опоро спроможності нижніх кінцівок у дітей із рецидивами вродженої еквиноварусної клишоногості після хірургічного лікування за «традиційними» методами та методикою Понсеті.....	1	9
Шишка І. В., Корольков О. І., Карпінський М. Ю., Ярьсько О. В. Математичне моделювання напружено-деформованого стану елементів стопи в умовах гіпоплазії латеральної кісточки.....	4	49
КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ ТА ЗАМІТКИ З ПРАКТИКИ		
Полівода О. М., Чабаненко Д. С., Пухкан Г. В., Витчак О. О. Ревізієне ендопротезування кульшового суглоба за асептичної нестабільності компонентів ендопротеза з використанням 3D-моделювання.....	2	58
Чабаненко Д. С., Полівода О. М. Порушення консолідації стегнової кістки після несвоечасної динамізації інтрамедулярного блокувального стрижня.....	1	69
НОВІ МЕТОДИ, РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ТА ВИНАХІДНИЦТВО		
Мосейчук Вол. І., Мосейчук Вл. І., Маколінець В. І. Генератор молекулярного водню ГВЧ Life.....	3	65
ІСТОРІЯ		
Голубєва І. В., Бабуркіна О. П. Б. І. Сіменач: життя, присвячене науці.....	2	63
НА ДОПОМОГУ ЛІКАРЮ, ЩО ПРАКТИКУЄ. ЛЕКЦІЇ		
Зазірний І. М., Барабаш К. І. Сучасні тенденції ендопротезування кульшового та колінного суглобів.....	4	70
ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ		
Dedukh N. V., Zaverukha N. V., Bystrytska M. A., Yakovenchuk N. M. Sarcopenia, sarcopenic obesity and osteoarthritis.....	3	101
Korzh M. O., Radchenko V. O., Filipenko V. A., Popsuishapka K. O., Pidgaiska O. O. The impact of hip-spine relations on the results of total hip arthroplasty (literature review).....	1	73
Вирва О. Є., Ватаманіца Д. Б. Сучасні тенденції в лікуванні переломів кульшової западини (огляд літератури).....	2	83
Вирва О. Є., Гончарук О. В., Лисенко Н. С. Порівняльне оцінювання поліметилметакрилату та композитного кісткового цементу. Огляд результатів експериментальних досліджень.....	1	86
Голка Г. Г., Істомін Д. А., Істомін А. Г. Анатомо-біомеханічні особливості, патогенез, клініка та діагностика синдрому клубово-поперекової зв'язки (огляд літератури).....	3	107
Корж М. О., Воронцов П. М., Ашукіна Н. О., Мальцева В. Є. Вікові аспекти регенерації кістки (огляд літератури).....	3	92
Корж М. О., Макаров В. Б., Підгайська О. О., Танькут О. В. Тотальне реверсивне ендопротезування плечового суглоба. Історія та перспективи розвитку.....	4	85
Корж М. О., Філіпенко В. А., Поплавська К. С., Ашукіна Н. О. Матеріали на основі трикальційфосфату для заміщення дефектів кісток (огляд літератури).....	2	100
Лизогуб М. В., Лизогуб К. І., Котульський І. В., Паздніков Р. В., Кострікова Е. В., Яковенко С. М. Особливості проведення анестезії у напівсидячому положенні (огляд літератури).....	4	79

Маколінець В. І., Гращенкова Т. М., Мосейчук Вол. І., Маколінець К. В., Мосейчук Вл. І.		
Молекулярний водень як можливий терапевтичний чинник у комплексній відновній терапії хворих із патологією органів опори та руху (огляд літератури).....	1	92
Пригула Н. Ю., Федотова І. Ф.		
Доцільність раннього призначення нейром'язової електричної стимуляції після ортопедичних операцій на кульшових і колінних суглобах (огляд літератури).....	2	67
Прозоровський Д. В.		
Хірургічне лікування вальгусної деформації I пальця стопи (огляд літератури).....	3	75
Радченко В. О., Ашукіна Н. О., Мальцева В. Є., Скіданов М. А., Скіданов А. Г.		
Взаємозв'язок структурних змін у паравертебральних м'язах із розвитком дегенеративних захворювань хребта.....	2	92
Соколовський О. А., Герасименко М. А., Климов Р. В., Глазкин Л. С.		
Коррекция нестабильности тазобедренного сустава у детей с ДЦП — современное состояние проблемы и перспективы ее решения (обзор литературы).....	2	73
Філіпенко В. А., Підгайська О. О., Поплавська К. С., Губський С. С.		
Застосування транексамової кислоти в разі ендопротезування великих суглобів (огляд літератури).....	3	69
Хмизов С. О., Кацалап Є. С.		
Сучасний стан проблеми діагностики та лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки.....	3	85
Хмизов С. О., Якушкін Є. С., Кацалап Є. С.		
Нестабільність колінного суглоба за умов уроджених вад розвитку нижніх кінцівок (огляд літератури).....	1	80
ЛИСТИ ДО РЕДАКЦІЇ		
Гарбузняк І. М., Гриценко А. М.		
Відповідь авторів статті «Особливості хірургічної корекції різних форм синдактилії кистей у дітей. Ретроспективний аналіз власного досвіду лікування».....	4	98
Голобородько С. А.		
Лист редактору журналу «Ортопедия, травматология и протезирование».....	4	96
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ		
Сулима В. С., Філяк Ю. О., Мадій М. В.		
Вишкіл і практично-центрична метода професора Сулими.....	4	99
ЮВІЛЕЇ		
Лев Миколайович Анкін.....	1	100
Маргарита Іванівна Хохол.....	1	98
Наталія Олександрівна Ашукіна.....	1	102
Олександр Іванович Бодня.....	3	113
Олексій Артемович Диннік.....	2	108
Олексій Корнілійович Попсуйшапка.....	2	112
Фрида Соломонівна Леонтьєва.....	2	10
НЕКРОЛОГИ		
Владислав Володимирович Поворознюк.....	2	117
В'ячеслав Сергійович Дуднік.....	2	14
Денис Дмитрович Бітчук.....	2	115
ЗВІТИ	4	109
Дисертаційні роботи, які у 2020 р. прилюдно захищені в спеціалізованих учених радах на здобуття наукового ступеня за спеціальністю «травматологія та ортопедія» (Харків, Київ, Дніпро).....	1	104
Інформація про з'їзди, конгреси, симпозіуми та науково-практичні конференції у 2021 році.....	1	106
Інформація про з'їзди, конгреси, симпозіуми та науково-практичні конференції у 2022 році.....	4	112
Показчик статей, що опубліковані в 2021 році.....	4	114

ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ

ЖУРНАЛ «ОРТОПЕДИЯ, ТРАВМАТОЛОГИЯ И ПРОТЕЗИРОВАНИЕ

вул. Пушкінська, 80, м. Харків, 61024, Україна
тел. +38 (057) 704-13-62, факс +38 (057) 700-11-27
E-mail: Redaczia_OTP@ukr.net



Редакція журналу «Ортопедия, травматология и протезирование» приймає для публікації статті українською та англійською мовами. Необхідно надати підписану всіма авторами статтю у двох примірниках, направлення від установи, де виконана робота, а також експертний висновок, завірений печаткою.

Електронний варіант цих матеріалів слід надіслати на e-mail redaczia_otp@ukr.net або завантажити через сайт журналу <http://otp-journal.com.ua/about/submissions>.

Статтю треба друкувати на стандартних аркушах формату А4: кегль Times New Roman 14, міжрядковий інтервал 1,5, поля 2 см з усіх боків (редактор MS Word). На першій сторінці оригінальною й англійською мовами розмістити ПІБ авторів, назву статті, повну назву установи для кожного співавтора, місто, країну. Додатково необхідно надати контактну інформацію (телефон, e-mail) кожного співавтора, а також учений ступінь.

Реферат (до 2200 друкованих знаків) українською й англійською мовами має бути структурованим і складатися з обґрунтування, мети, матеріалу та методів, результатів, висновків. Кожен реферат має супроводжуватися ключовими словами (від 3 до 8).

Обсяг оригінальної статті не повинен перевищувати 10 сторінок друкованого тексту, оглядової — 15 сторінок; коротких повідомлень, випадків із практики, технічних пропозицій — 5 сторінок. Оригінальні статті мають мати такі розділи: вступ, матеріал і методи, результати та їх обговорення, висновки, список літератури.

Подані для публікації експериментальні і клінічні дослідження мають бути схвалені локальним комітетом з біоетики (У розділі «Матеріал і методи» вказати повну назву комітету, номер і дату протоколу). У статті вказати, що від пацієнтів, яких включено в дослідження, отримано інформовану згоду.

Ілюстрації (не більше п'яти) слід надати в електронному вигляді. Кожен рисунок — в окремому файлі формату .tiff із роздільною здатністю не менше ніж 300 dpi, штрихові малюнки — не менше ніж 600 dpi. Ілюстрації, вставлені в документ

Word, редакцією не приймаються. Графіки, схеми, фотографії мають бути чіткими, придатними для відтворення. У тексті статті необхідно визначити місце рисунка. У підписах до мікрофотографій обов'язково вказувати ступінь збільшення. Таблиці, якщо їх більше однієї, нумерують, вони повинні мати назву, що відображає їхній зміст. У тексті слід вказати місце таблиці та порядковий номер.

Фізичні величини позначають відповідно до Міжнародної системи одиниць (SI). Терміни уніфікують відповідно до наявних Міжнародних класифікацій і номенклатур. Спеціальні символи, у т. ч. назви фірм і апаратури, необхідно приводити в оригінальній транскрипції. Аббревіатури розшифровують під час першого використання термінів і залишають незмінними впродовж усього тексту.

Посилання на джерела літератури в тексті ставити в квадратні дужки. У список літератури слід включати джерела останніх п'яти років і приводити їх у порядку зустрічальності по тексту. Бібліографічний опис оформляти згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1: 2006.

Авторам необхідно продублювати прізвище, ім'я, місце роботи, ключові слова, список літератури англійською мовою для цитування в наукометричних базах даних.

Крім наукових статей, журнал публікує матеріали з історії медицини, дискусійні статті з різних проблем спеціальності, повідомлення про з'їзди і конференції, статті з обміну досвідом, рецензії, рекламні матеріали, біографічні нариси, ювілеї, некрологи. Для зазначених матеріалів офіційне направлення від установи й експертний висновок не потрібні.

Усі статті проходять рецензування (процес детально наведений на сайті otp-journal.com.ua). Стаття може бути повернена авторам для доопрацювання. Редакція залишає за собою право вносити корективи наукового та стилістичного характеру, а також скорочення, що не спотворюють зміст інформації, наведеної в роботі.

Статті, опубліковані раніше або паралельно спрямовані в інший журнал (збірник), редакція не приймає. Гонорар авторам не виплачується.