

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра травматології, ортопедії та нейрохірургії

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за спеціальністю 222 «Медицина»

на тему: «Клініко-рентгенологічне обґрунтування
остеосинтезу проксимального відділу гомілки»

Виконав: здобувач вищої освіти 6 курсу, 5 групи
медичного факультет, денної форми навчання
Приведенець О.М.

Керівник: к.мед.н, доцент кафедри травматології,
ортопедії та нейрохірургії Дудко О.Г.

Рецензенти:

Завідувач кафедри травматології, ортопедії та
нейрохірургії, к.мед.н, доцент Ковальчук П.Є.

Завідувач травматологічного відділення для дорослих
ОКНП «ЛШМД», к.мед.н. Яким'юк Д.І.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	
ВСТУП.....	
РОЗДІЛ I. АНАТОМО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГОМІЛКИ, КЛАСИФІКАЦІЯ ПЕРЕЛОМІВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ГОМІЛКИ, МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ (огляд літератури).....	
1.1. Анатомо-фізіологічні особливості проксимального відділу гомілки.....	
1.2. Класифікація переломів проксимального відділу гомілки.....	
1.3. Методи діагностики переломів проксимального відділу гомілки.....	
1.4. Типи остеосинтезу проксимального відділу гомілки.....	
1.5. Післяопераційні ускладнення переломів проксимального відділу гомілки.....	
РОЗДІЛ II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
2.1. Характеристика обстежених хворих.....	
2.2. Дизайн та методи дослідження.....	
2.3. Статистична обробка матеріалу.....	
2.4. Забезпечення вимог біоетики.....	
РОЗІЛ III. КЛІНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХВОРИХ, МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	
3.1. Вікові особливості та оцінка типів переломів проксимального відділу гомілки.....	

3.2. 3.2. Оцінка типів переломів проксимального відділу гомілки та ефективності методів остеосинтезу.....	
3.3. Оцінка післяопераційних ускладнень.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

AO/OTA – Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopedic Trauma Association

ARIF – артроскопічна репозиція - внутрішня фіксація

CRIF – закрыта репозиція - черезшкірна фіксація

DEXA – двоенергетична рентгенівська абсорбціометрія

EFMO – мінімально інвазивний остеосинтез

LC-DCP – динамічна компресійна пластина з обмеженим контактом

LCP – фіксуєча компресійна пластина

LISS-plate – латеральна малоінвазивна стабілізаційна система

MDCT – мультиспіральна детекторна комп'ютерна томографія

ORIF – відкрита репозиція та внутрішня фіксація

PTI – інфекція спицевого тракту

SSM – статистичні моделі форми

TKR – ендопротезування колінного суглоба

BMT – внутрішньом'язевий тиск

A3Ф – апарат зовнішньої фіксації

ЗХЗ – задня хрестоподібна зв'язка

КТ – комп'ютерна томографія

ЛКЗ – латеральна колатеральна зв'язка

МКЗ – медіальна колатеральна зв'язка

МРТ – магнітно-резонансна томографія

ПВМС – проксимальний великогомілково-малогомілковий суглоб

ПХЗ – передня хрестоподібна зв'язка

ТГВ – тромбоз глибоких вен

ВСТУП

Переломи з залученням суглобової поверхні великогомілкової кістки становлять трохи більше 1% від усіх переломів довгих кісток, 56,9% від усіх переломів/вивихів проксимального відділу великогомілкової кістки та 8% від усіх переломів у людей похилого віку. Щорічна частота їх виникнення становить 10,3 на 100 000 населення. Комбінована частота пацієнтів з переломом плато великогомілкової кістки з супутньою політравмою при госпіталізації оцінюється в 16-40%. Віковий розподіл є бімодальним як для чоловіків, так і для жінок, що подібно до того, що спостерігається при інших навколосуглобових ушкодженнях. Більшість переломів трапляється у чоловіків (70%), причому чоловіки віком 40-44 роки є найбільш ураженою популяцією пацієнтів. У чоловіків частіше трапляються багатоуламкові переломи. Найвища частота переломів великогомілкової кістки у жінок спостерігається у віці від 55 до 59 років. Після 60 років спостерігається зміщення частоти переломів між чоловіками та жінками, причому жінки переважають (61%). Очікується, що зі збільшенням тривалості життя та старінням населення в багатьох розвинених країнах частота низькоенергетичних переломів плато великогомілкової кістки зростатиме й надалі.

Класифікація проксимальних переломів великогомілкової кістки змінилася за ці роки. Schatzker та співавтори (1979) запропонували морфологічну систему, що розрізняє шість типів переломів від простих до складних переломів. Ця описова класифікація отримала всесвітнє визнання і була адаптована АО/ОТА для їх всеосяжної класифікації в 1990.

Сучасне лікування переломів проксимальної великогомілкової кістки засноване на точній візуалізації. Традиційна рентгенографія залишається корисною як проста техніка, що забезпечує хороший огляд і яку можна повторювати кілька разів для подальшого спостереження. Проте комп'ютерна томографія є золотим стандартом діагностики для класифікації та планування фіксації переломів. Постійні технічні вдосконалення та зростаюча доступність

комп'ютерної томографії призвели до кращого розуміння тривимірної природи перелому проксимальної великогомілкової кістки, що призвело до появи нових класифікацій та терапевтичних принципів, що ґрунтуються на них. Особливо слід зазначити класифікацію Luo з поділом на три колони та 10-сегментну класифікацію Краузе і співавторів. Крім того, КТ можна легко доповнити ангіографією, якщо підозрюється судинне ушкодження. МРТ є цінним доповненням для діагностики ушкоджень хряща та зв'язок.

Терапевтичні варіанти переломів проксимальної великогомілкової кістки варіюються від консервативного лікування до первинної артропластики з мегапротезами. Цей широкий спектр може бути показником відсутності доказів у літературі, але також відображає різноманітність моделей травм проксимальної великогомілкової кістки. Крім того, безпосередня близькість до складних зв'язувальних структур колінного суглоба і поверхневе розташування великих нейросудинних структур призводять до різних поєднань травм. Крім типу травми, потреби окремих пацієнтів помітно різняться. Поєднання факторів вище потребує широкого портфеля терапевтичних можливостей.

Пацієнти з множинними травмами та пацієнти з тяжкими пошкодженнями м'яких тканин потребують стратегії контролю ушкоджень, пріоритету віддає травмам, що загрожують життю та кінцівкам. У цих випадках хірургія повинна бути спрямована на відновлення механічної осі та досягнення загоєння перелому, уникаючи вторинного пошкодження пошкоджених м'яких тканин.

Лікування проксимальних переломів великогомілкової кістки постійно розвивається, що впливає як на діагностику, так і на лікування. Особливо слід підкреслити зростаючу важливість діагностики за допомогою КТ та МРТ і, отже, більшу увагу до супутніх травм та типів задніх переломів. Цей розвиток також відбивається у розвитку нових класифікацій та конкретних хірургічних підходів. У той же час докладаються зусилля, щодо відновлення безступінчастої суглобової поверхні та зв'язкової та кісткової стабільності з

мінімально можливою інвазивністю, скороченням внутрішньосуглобових ліній перелому та лікуванням супутніх травми протягом одного сеансу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано згідно з планом науково-дослідницької роботи кафедри травматології закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету 0122U002210 «Розробка і впровадження нових технологій остеосинтезу та ендопротезування». ПП є виконавцем фрагменту цієї роботи.

Мета дослідження. Визначити та обґрунтувати оптимальні методи остеосинтезу при переломах проксимального відділу гомілки на основі клінічних та рентгенологічних даних.

Завдання дослідження:

1. Аналіз особливостей клінічного перебігу переломів проксимального відділу гомілки.
2. Оцінка ефективності методів остеосинтезу анатомічними пластинами CRIF та ORIF та остеосинтезу з використанням АЗФ.
3. Виявлення факторів та ризиків виникнення ускладнень при різних методах остеосинтезу.

Об'єктом дослідження є використання різних методів остеосинтезу при переломах проксимального відділу гомілки.

Предметом дослідження є особливості клінічного перебігу, діагностика, хірургічні втручання з приводу остеосинтезу та післяопераційний перебіг переломів проксимального відділу гомілки.

Методи дослідження:

- загальноклінічні,
- інструментальні,
- рентгенологічні,
- статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Доповнено фактичні дані щодо анатомо-фізіологічних особливостей проксимального відділу гомілки.

Уточнені наукові дані про особливості лікування переломів проксимального відділу гомілки відповідно до типу перелому за різними класифікаціями.

Доповнено наукові дані стосовно методів діагностики переломів проксимального відділу гомілки. Визначено можливі післяопераційні ускладнення в короткостроковому та довгостроковому періоді в залежності від віку, статті та виду діяльності.

Отримані нові наукові дані щодо класифікації переломів проксимального відділу гомілки та новітніх методів остеосинтезу.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дослідження обґрунтовують необхідність використання сучасних методів діагностики переломів проксимального відділу гомілки для більш точного вибору методів остеосинтезу задля мінімізації розвитку ускладнень в післяопераційному періоді.

Особистий внесок магістранта. Наукова робота є самостійним дослідженням. Автором особисто проведено підбір та аналіз наукової літератури з даної проблеми, виконано підбір пацієнтів, сформульовано мету і завдання дослідження, обрано методики дослідження, сформовано групи хворих, проведено їх клініко-лабораторне та інструментальне обстеження, динамічне спостереження з метою виявлення клініко-патогенетичних особливостей перебігу та ефективності проведеного лікування. Магістрантом проаналізовано результати обстежень, проведено статистичну обробку отриманих даних, сформульовані висновки та практичні рекомендації, написано та оформлено магістерську роботу.

Обсяг та структура магістерської роботи. Магістерська робота викладена на 89 сторінках машинописного тексту і складається зі вступу, огляду літератури, двох розділів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів дослідження, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел (154 найменувань). Робота ілюстрована 2 таблицями та 14 рисунками.

РОЗДІЛ І. АНАТОМО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГОМІЛКИ, КЛАСИФІКАЦІЯ ПЕРЕЛОМІВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ГОМІЛКИ, МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ (огляд літератури)

1.1. Анатомо-фізіологічні особливості проксимального відділу гомілки.

Великогомілкова кістка - одна з двох кісток гомілки. Як несуча кістка, вона значно більша і міцніша за малогомілкову кістку [1,2]. Великогомілкова кістка утворює колінний суглоб проксимально зі стегною кісткою і гомілковостопний суглоб дистально з малогомілковою та таранною кісткою. Великогомілкова кістка проходить медіально від малогомілкової кістки від колінного суглоба до гомілковостопного суглоба і з'єднана з малогомілковою кісткою міжкістковою мембраною [3,4].

Будучи другою за величиною кісткою в тілі, великогомілкова кістка виконує в нозі основну функцію - витримувати вагу, при цьому медіальна частина великогомілкової кістки несе більшу частину навантаження [5]. Вона також слугує місцем початку або прикріплення для 10 м'язів; вони забезпечують розгинання і згинання в колінному суглобі, а також тильне згинання і підшовне згинання в гомілковостопному суглобі.

Живильна артерія та періостальні судини постачають кров'ю великогомілкову кістку. Живильна артерія бере початок від задньої великогомілкової артерії та входить у кістку ззаду дистальніше камбаловидної лінії. Періостальні судини беруть початок від передньої великогомілкової артерії [6]. Нерви, що іннервують великогомілкову кістку, є гілками основних нервів, що іннервують сусідні відділи. У задньому відділі ноги великогомілковий нерв віддає гілки, що іннервують задню поверхню великогомілкової кістки, а в передньому відділі ноги глибокий малогомілковий нерв віддає гілки, що іннервують передню поверхню великогомілкової кістки [7].

Існує 7 м'язів, що кріпляться до великогомілкової кістки. Напружувач широкої фасції стегна прикріплюється до латерального горбка великогомілкової кістки, який відомий як горбок Герді. Чотириголовий м'яз стегна прикріплюється спереду до горбистості великогомілкової кістки. Кравецький, тонкий і напівсухожильний м'язи прикріплюються до антеромедіальної поверхні гусячої лапки. Горизонтальна головка напівперетинчастого м'яза прикріплюється до медіального виростка. Підколінний м'яз кріпиться до камбаловидної лінії задньої великогомілкової кістки [8]. Також є 3 м'язи, що беруть початок від великогомілкової кістки. Передній великогомілковий м'яз бере початок на рівні верхніх двох третин латеральної поверхні великогомілкової кістки. Довгий розгинач пальців починається на латеральному виростку великогомілкової кістки. Камбаловидний м'яз і довгий згинач пальців беруть початок на задній поверхні великогомілкової кістки по камбаловидній лінії [8].

Верхня великогомілкова кістка розширюється від діяфіза проксимально. Проксимально-передній відділ великогомілкової кістки утворює горбок великогомілкової кістки і забезпечує прикріплення надколінка. Латерально від великогомілкового горбка знаходиться горбок Герді, який слугує місцем вставки дистального клубово-гомілкового зв'язку [9]. Латеральний проксимальний відділ великогомілкової кістки утворює латеральний виросток великогомілкової кістки, нижня частина якого слугує місцем прикріплення м'язів переднього відділу гомілки. Початок передніх м'язів повинен бути піднесеним, щоб розмістити передньолатеральну пластину. Медіально і проксимально від горбка великогомілкової кістки знаходиться медіальний виросток. Медіальний виросток рідше зазнає пошкоджень, ніж латеральний. Пальпується голівка малогомілкової кістки (яка знаходиться поза суглобом колінного суглоба) і слугує місцем прикріплення малогомілкової зв'язки та сухожилля двоголового м'яза стегна. Малогомілковий нерв огинає шийку малогомілкової кістки ззаду наперед [9].

Незважаючи на те, що малогомілкова кістка не бере участі у зчленуванні колінного суглоба, вона слугує опорою для латерального плато великогомілкової кістки. Через це супутні переломи проксимального відділу малогомілкової кістки можуть призвести до більшої вальгусної нестабільності [9]. Медіальне та латеральне плато великогомілкової кістки зчленовуються безпосередньо з медіальним та латеральним виростками стегнової кістки. Суглобова ширина великогомілкової кістки дещо більша, ніж стегнової (співвідношення суглобової ширини великогомілкової та стегнової кісток становило $1,01 \pm 0,04$ в одному дослідженні здорових колінних суглобів) [10]. З огляду на це, може бути корисним використовувати стегнову кістку як еталон для оцінки патологічного розширення великогомілкового плато та адекватності інтраопераційного зменшення [10,11]. Латеральне плато є більш проксимальним і злегка опуклим, тоді як медіальне плато є більш увігнутим і розташоване трохи дистальніше від латерального плато. На медіальне плато припадає близько 60% загального навантаження на колінний суглоб. По відношенню до діафіза великогомілкової кістки плато дещо винесене вперед через проксимальне розташування латерального виростка великогомілкової кістки [12].

Увігнутість медіального плато забезпечує більшу конгруентність медіальної великогомілкової кістки з виростком стегнової кістки порівняно з латеральною. Плато великогомілкової кістки нахилене під кутом приблизно 15° донизу, що робить переднє плато проксимальним, а заднє - більш дистальним [13]. Задній нахил медіального плато великогомілкової кістки більший, ніж задній нахил латерального плато [14]. Відхилення від нормального коронального та сагітального вирівнювання може мати вирішальне значення для планування хірургічного втручання, тому бічні рентгенограми колінного суглоба можуть бути корисними для оцінки анатомічних відхилень у кожного пацієнта [12]. Поверхні плато великогомілкової кістки вкриті суглобовим гіаліновим хрящем і частково менісками, що складаються з фіброзного хряща. Латеральне плато більше

вкрите меніском, ніж медіальне. Міжвиростковий відросток складається з двох відростків - медіального і латерального. Міжвиростковий проміжок не є суглобовим і розділяє проксимальний відділ великогомілкової кістки на латеральне і медіальне плато. Медіальний виросток слугує місцем прикріплення передньої хрестоподібної зв'язки, а задня хрестоподібна зв'язка прикріплюється ззаду на проксимальному відділі великогомілкової кістки.

Малогомілкова кістка – довга кістка нижньої кінцівки, яка розташована на латеральній стороні великогомілкової кістки. Малогомілкова кістка набагато менше і тонше великогомілкової кістки. Вона розташована відразу під латеральним виростком великогомілкової кістки в колінному суглобі, а потім спускається по латеральному боці гомілки, поки не досягне гомілковостопного суглоба. Гребінь на медіальній поверхні малогомілкової кістки утворює міжкісткову межу, де малогомілкова кістка з'єднується з великогомілкової через міжкісткову мембрану. Ця сполука утворює синдесмотичний суглоб, тобто має дуже малу рухливість [15,16,17].

Структуру малогомілкової кістки можна поділити на головку, шийку, тіло і дистальний кінець малогомілкової кістки. У міру того, як головка стає вузькою дистально, формується шийка малогомілкової кістки. Стовбур малогомілкової кістки лежить дистальніше шийки і має три поверхні: латеральну, медіальну та задню. Форма стрижня малогомілкової кістки визначається прикріпленнями м'язів. Спочатку він має трикутну форму і дистально стає більш неправильною формою. Дистальний кінець малогомілкової кістки утворює латеральну кісточку, яка зчленовується з латеральною поверхнею таранної кістки, створюючи частину латеральної кісточки. Задня і латеральна великогомілкова кістка утворюють задню і медіальну кісточку відповідно [18].

На відміну від великогомілкової кістки, малогомілкова кістка не є несучою кісткою. Її основна функція - об'єднатися з великогомілковою кісткою і забезпечити стійкість гомілковостопного суглоба. Дистальний кінець малогомілкової кістки має кілька борозн для прикріплення зв'язок, які потім

стабілізують і забезпечують важіль під час рухів гомілковостопного суглоба. Бічна (малогомілкова) колатеральна зв'язка прикріплюється до бокової сторони головки малогомілкової кістки. Ця зв'язка забезпечує стійкість коліна. Однак сама малогомілкова кістка грає невелику роль у забезпеченні стійкості коліна [18].

Кровопостачання малогомілкової кістки здійснюється малогомілковою артерією (також відомою як малогомілкова артерія), яка має безліч дрібних гілок, що забезпечують діяфіз. Епіфіз і проксимальна головка малогомілкової кістки забезпечуються гілками передньої великогомілкової артерії. Окістя також отримує численні дрібні гілки від малогомілкової артерії і забезпечує решту кістки. Латеральна поверхня малогомілкової кістки, глибока фасція та міжм'язова перегородка утворюють межі латерального відділу нижніх кінцівок. Усередині цього відділу проходить поверхневий малогомілковий нерв, який відповідає за підшовне згинання та еверсію. Задня поверхня малогомілкової кістки, глибока фасція та міжкісткова мембрана утворюють межі заднього відділу нижніх кінцівок. Великомілковий нерв проходить через цей відділ і відповідає за підшовне згинання та згинання пальців. Медіальна поверхня малогомілкової кістки частково межує з переднім відділом нижніх кінцівок [18].

До малогомілкової кістки прикріплюється безліч важливих м'язів, які надають малогомілковій кістці її унікальну форму. Сухожилля двоголового м'яза стегна прикріплюється до голівки малогомілкової кістки. Сухожилля довгого і короткого малогомілкового м'яза прикріплюються до латеральної частини малогомілкової кістки. Сухожилля довгого розгинача пальців і довгого розгинача великого пальця прикріплюються до медіальної частини малогомілкової кістки. Малоомілковий м'яз — невеликий м'яз у передньому відділі гомілки, який прикріплюється до передньої поверхні дистального відділу малогомілкової кістки. МБК виконує функцію розгинання гомілковостопного суглоба та розгинання підтаранних суглобів. Варіації сухожиль додаткових малогомілкових м'язів зустрічаються досить часто. М'яз

FT може змінюватись за розміром або бути відсутнім у 20% випадків. М'яз *fibularis quartus* видно у латеральному відділі приблизно 12–22% випадків [18].

Проксимальний великогомілково-малогомілковий суглоб (ПВМС) є синовіальним суглобом плоского типу. Основною функцією ПВМС є розсіювання торсійного напруження, прикладеного до кісточки і латеральних моментів вигину великогомілкової кістки, крім дуже значного розтягуючого, а не компресійного навантаження. Хоча це трапляється рідко, рання діагностика та лікування вивиху ПВМС необхідні для запобігання хронічній нестабільності суглоба та великого хірургічного втручання для відновлення нормальної біомеханіки ПВМС, функції гомілковостопного суглоба та коліна, особливо у спортсменів, схильних до таких травм. Вивихи ПВМС часто залишаються недіагностованими при політравмі з іпсилатеральним переломом великогомілкової кістки через відсутність специфічних ознак та симптомів травми ПВМС. Вивих суглоба може мати серйозні наслідки для стабільності колінного суглоба, оскільки малогомілкова колатеральна зв'язка та задньобоковий зв'язковий комплекс прикріплені до верхнього кінця малогомілкової кістки. Будь-яка високоенергетична травма коліна з паралічем малогомілкового нерва повинна негайно викликати підозру на вивих ПВМС, особливо якщо механізм травми включав скручування коліна при згинанні більше 80°, і в таких випадках слід виконати порівняльну рентгенограму контралатеральної сторони [19].

1.2. Класифікація переломів проксимального відділу гомілки.

Механізм травми, що спостерігається при переломах плато великогомілкової кістки, значною мірою залежить від віку. Більшість переломів плато великогомілкової кістки у людей похилого віку виникають внаслідок низькоенергетичних травм. Зі старінням населення та пов'язаним з ним остеопорозом частота виникнення цієї травми зростає. Остеопенія та остеопороз відіграють значну роль у механізмах та структурі переломів, що спостерігаються. У людей похилого віку латеральні переломи спостерігаються

частіше, ніж медіальні. Сили, що діють на кістку в поєднанні з якістю кістки, визначають характер переломів [20]. Якість кісткової тканини впливає на характер переломів при низькій щільності кісткової тканини, зменшуючи силу, необхідну для травми. У таких випадках спостерігається вища частота компресійних переломів, незважаючи на більш низькі енергетичні механізми травми. У молодих людей, частіше в чоловіків, переважають високоенергетичні механізми. Механізм травми може бути пов'язаний з автотранспортом, спортом та падінням з висоти.

Найпоширенішим механізмом травми в цілому є наїзд на пішоходів моторизованими транспортними засобами (30%), а другим за поширеністю є падіння з низькою енергією (22%) [21]. Величина і напрямок сили травми багато разів впливає на характер перелому. Кутові, осьові та компресійні сили можуть призвести до руйнування виростків. Осьове навантаження, як правило, є домінуючим компонентом механізму травми і має більшу енергію при руйнуванні, ніж кутові сили. Загалом, більше осьове навантаження призводить до більш тяжких переломів з підвищеним подрібненням, зміщенням уламків і пов'язаним з цим пошкодженням м'яких тканин. У дослідженні на трупах [22], яке вивчало механізми травми, було виявлено, що чисті вальгусні сили призводять до типових латеральних переломів, осьові сили призводять до компресійних переломів суглоба, а комбінація осьових і вальгусних сил призводить до депресійних переломів. У цьому ж дослідженні також було зроблено висновок, що для виникнення ізольованого перелому латерального плато необхідний неушкоджений виросток великогомілкової кістки, оскільки виросток великогомілкової кістки виступає в ролі точки опори, через яку бічний виросток стегнової кістки вдаряється об латеральне плато великогомілкової кістки. Проксимальний відділ великогомілкової кістки легше піддається вальгусній силі через анатомічну схильність з 5-7° колінного вальгусу при нормальному анатомічному вирівнюванні, а також через те, що бічні удари є більш поширеним механізмом травми [9].

Люди, які займаються великим об'ємом бігу, до прикладу в спорті, піддаються підвищеному ризику травм кісток нижніх кінцівок, спричинених стресом [23]. Реакції на стрес великогомілкової кістки та стресові переломи великогомілкової кістки є п'ятою та дев'ятою за частотою травмами, пов'язаними з бігом, відповідно [24]. Пошкодження великогомілкової кістки, спричинені стресом, частково виникають через механічну втому кістки після циклічного навантаження. Пошкодження великогомілкової кістки, спричинені стресом, мають багатофакторну природу і можуть бути спричинені кількома внутрішніми та зовнішніми факторами, одним із яких є геометрія скелета [25]. Зміни геометрії великогомілкової кістки, такі як менші великогомілкові кістки [26] і більш тонка середня частина діафіза [25], були названі фактором ризику травми від стресу великогомілкової кістки.

Класифікації переломів широко використовуються в клінічній практиці для полегшення комунікації та планування лікування, а також для прогнозування та забезпечення стандартів для клінічних досліджень. Найпоширеніші класифікації включають класифікації Schatzker, Hohl-Moore, Luo та Асоціації ортопедичної травми.

Класифікація Schatzker

Класифікація Schatzker була вперше опублікована в 1979 році і є однією з найпоширеніших класифікацій переломів плато великогомілкової кістки до сьогодні [27]. Ця система поділяє переломи плато великогомілкової кістки на шість типів, позначених цифрами від I до VI. Основним недоліком цієї класифікації є те, що вона не враховує багатьох важливих особливостей переломів плато великогомілкової кістки [28,29,30,31,32]. Класифікація Schatzker ґрунтується на використанні рентгенограм колінного суглоба в прямій проекції, і тому вона в першу чергу корисна для аналізу сагітальних ліній перелому на медіальному та латеральному плато, не враховуючи переломи в корональній площині.

Переломи типу I - це прості переломи. Латеральний виросток стегнової кістки вдавлюється в латеральне плато великогомілкової кістки, в результаті чого утворюється сагітальна лінія перелому, яка розділяє латеральне плато великогомілкової кістки з лінією перелому, що проходить латерально і внизу утворює клиноподібний фрагмент. Здавлення суглобової западини або її розтрощення не спостерігається. Такі переломи найчастіше спостерігаються у молодих пацієнтів зі здоровою кістковою тканиною. Черезшкірна гвинтова фіксація та фіксація латеральною накістковою пластиною - два хірургічні методи лікування, які найчастіше застосовують при таких переломах [9].

Переломи типу II - це переломи у поєднанні з суглобовою депресією. Вони схожі на переломи типу I, за винятком того, що є ще й бічне заглиблення суглобової поверхні. Механізм травми при переломах типу II зазвичай є або високоенергетичним, або низькоенергетичним з низькою якістю кістки, або одночасно високоенергетичним і з низькою якістю кістки. Лікування залежить від ступеня суглобової западини, ширини виросткового відростка та стабільності колінного суглоба. Багато переломів типу II за Schatzker лікують хірургічним шляхом з підняттям суглобової западини за допомогою кісткової пластики або заміника кістки. Потім перелом часто стабілізують за допомогою компресії суглобової поверхні та латеральної фіксації пластиною [9].

Переломи типу III - це чисті вдавлені переломи. Вони не мають бічних розколів, які спостерігаються при переломах I та II типу. Найчастіше спостерігається у пацієнтів похилого віку з низькою якістю субхондральної кісткової тканини внаслідок остеопенії або остеопорозу. Латеральний виросток стегнової кістки тисне на латеральне плато великогомілкової кістки, що призводить до вдавлення суглобової поверхні, а не до розколу через низьку якість кісткової тканини, що лежить в основі. Хірургічне лікування цих переломів полягає у піднятті та підтримці суглобової поверхні [9].

Переломи IV типу - це переломи медіального виростка. Schatzker описує їх двома підтипами. У цих підтипах медіальне плато або відколоте у

вигляді клиноподібного фрагмента, або вдавнене і роздроблене. Будь-який з цих підтипів також може включати переломи великогомілкової кістки. Переломи виключно медіального плато великогомілкової кістки трапляються рідко. Лінії перелому зазвичай включають латеральний виросток великогомілкової кістки та іноді латеральне плато. Цей перелом частіше пов'язаний з більш високоенергетичним механізмом травми і призводить до втрати медіальної опори. Неоперативне лікування часто призводить до варусної деформації гомілки. Переломи медіального плато великогомілкової кістки вважаються варіантами вивихів колінного суглоба. ACL і MCL залишаються інтактними, але латеральне плато і великогомілкова кістка зміщуються латерально від медіального фрагмента. Це підвищує ризик нейросудинних ушкоджень та компартмент-синдрому [33,34]. Частота розвитку компартмент-синдрому може сягати 53% при цій моделі перелому [34].

Переломи V типу - це бікондилярні переломи. При цьому типі перелому ламаються як медіальне, так і латеральне плато великогомілкової кістки. Однак частина метафіза та діафіза залишаються цілими, що відрізняє цей тип перелому від типу VI. Переломи за Schatzker IV-VI типу найчастіше є наслідком високоенергетичного механізму травми. Хірургічне лікування (за наявності показань) переломів V типу включає вправлення та фіксацію обох виростків з метою відновлення стабільності, що найчастіше виконується двома підходами та подвійним накістковим остеосинтезом, але іноді може виконуватися одним підходом з фіксацією, залежно від характеру перелому та зміщення.

Переломи VI типу - це переломи плато великогомілкової кістки з роз'єднанням метафіза та діафіза. Характерною ознакою цих переломів є горизонтальна або коса лінія перелому, яка відокремлює діафіз від суглобового сегмента. Ці переломи дуже нестабільні, часто необхідне зменшення та фіксація обох плато. Ці пацієнти мають підвищений ризик ушкодження нервово-судинної системи та м'яких тканин [35,36,37]. У

літературі повідомляється про 17-34% випадків компартмент-синдрому при цьому типі перелому [34,35,38].

Класифікація АО/ОТА (Müller)

Класифікація АО/ОТА (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen/Orthopedic Trauma Association), або класифікація за Müller – це більш комплексна система класифікації, яка була вперше опублікована в 1996 році з метою уніфікації всіх класифікацій переломів [39]. Ця класифікація переломів використовує два основні компоненти: локалізацію та морфологію перелому. Локалізація визначає конкретну кістку та її сегмент (проксимальний, дистальний, діафіз). Морфологія класифікує тип, групу та підгрупу перелому, розмежовуючи суглобові ушкодження та прості і багатоуламкові переломи. При переломах плато великогомілкової кістки номер локалізації - 41 (4 - для великогомілкової кістки і 1 - для проксимального сегмента). Морфологічні типи включають позасуглобові, часткові суглобові та повні суглобові переломи, які позначені А, В та С відповідно, а далі переломи групуються та поділяються на підгрупи з використанням цифр 1-3 та 0,1-0,3, що вказує на специфічну морфологію переломів. Система АО/ОТА поділяє переломи за ступенем подрібнення метафіза і суглобової поверхні, що робить її більш повною, ніж класифікація Schatzker, і дозволяє розрізняти діапазони тяжкості високоенергетичних уламків [9].

У 2018 році АО розробила оновлену систему [40] (далі іменовану нова класифікація АО) , призначену прибрати деякі обмеження їх первісної класифікації. Більша частина критики первинної класифікації АО була пов'язана з відсутністю точності при описі розташування переломи, як у коронарній площині (медіальній або латеральній), так і в сагітальній площині (задній, центральній або передній). Нова класифікація АО вирішує цю проблему, включаючи шість категорій, які описують переломи плато великогомілкової кістки (В1, В2, В3, С1, С2, С3), розділених на дві або три підкатегорії будь-якої, і, крім того, деякі з підкатегорій мають модифікатори

(визначені буквами), які підрозділяють підкатегорії далі. Основний поштовх до включення осевої анатомії плато більшої кістки був заснований на визнанні того, що багато наступних авторів довели актуальність цього аспекту (Kfuri, Luo) [41]. Нова система класифікації АО призначена для використання як досвідченими лікарями, так і координаторами ортопедичної хірургії на основі простих рентгенограм коліна, але немає досліджень, які описували б згоду між спостерігачами для цієї класифікації [41].

Класифікація Hohl-Moore

Класифікація Hohl-Moore була розроблена в 1981 році і переглянута в 1987 році на основі 988 переломів плато великогомілкової кістки, що спостерігалися в Університеті Південної Каліфорнії в період з 1970 по 1979 рік [42,43]. Вона була використана для класифікації переломів зі зміщенням, які не повністю описуються класифікацією Schatzker, що становить близько 10% усіх переломів плато великогомілкової кістки. Ці переломи частіше стосуються латерального плато (79%) і більше асоціюються з нестабільністю, пошкодженням м'яких тканин, судинним компромісом та компартмент-синдромом [42].

Переломи типу I - це вінцеві переломи. Вони зустрічаються у 37% випадків переломовивиху великогомілкової кістки [43]. Ці ушкодження чіткіше видно на бокових рентгенограмах, вони зазвичай зачіпають медіальне плато, а косий перелом проходить у коронально-трансверзальній площині. Часто зустрічаються переломи малогомілкової кістки або горбистості Герді та розриви капсули. Лікування цього перелому варіюється від неоперативного гіпсування до черезшкірної гвинтової фіксації або ORIF з фіксацією пластиною. Лікування залежить від стабільності колінного суглоба та розміру плато великогомілкової кістки, яку зачіпає перелом.

Переломи II типу - це переломи всього виростка. Ламається або весь медіальний, або частіше латеральний виросток. Лінія перелому виходить за межі великогомілкової кістки на протилежне плато, що відрізняє його від

традиційного перелому Schatzker I або IV. У багатьох з цих пацієнтів спостерігається пошкодження м'яких тканин. Ушкодження протилежного відділу колатералей виникає у 50% пацієнтів, а нервово-судинні ушкодження - у 12% [43]. Лікування знову ж таки залежить від стабільності та ступеня ураження суглоба.

III тип - це переломи з відривом виростків великогомілкової кістки. У 93% випадків пошкоджується латеральне плато, але також може пошкоджуватися і медіальне плато [42]. Часто спостерігається розрив ПХЗ або ПХЗ або їх обох. Нервово-судинні ушкодження є поширеним явищем при цьому типі перелому, що трапляється у 30% випадків [42]. Нестабільність, як правило, присутня і зазвичай потребує фіксації. Розглядається можливість відновлення або реконструкції м'яких тканин.

IV тип - це компресійні переломи плато. На цей тип переломів припадає 12% переломів-вивихів плато великогомілкової кістки [43]. Латеральне плато пошкоджується значно частіше [42]. Ушкодження колатеральної зв'язки виростка, що залишився неушкодженим, трапляється найчастіше, а ушкодження хрестоподібної зв'язки - у понад 75% випадків [43].

V тип - це переломи, що складаються з чотирьох частин. На них припадає 10% всіх переломів-вивихів [43]. Перелом медіального та латерального виростків великогомілкової кістки, а також міжмищелкового виростка. Ці переломи є дуже нестабільними через втрату стабілізуючого впливу колатеральних та хрестоподібних зв'язок. Нервово-судинні ушкодження виникають у 50% випадків [43]. Через високу нестабільність ці переломи зазвичай потребують хірургічного лікування.

Подібно до інших переломів, таких як хребта та кісток стопи, комп'ютерна томографія призвела до нових класифікацій, заснованих на тривимірних реконструкціях. Виділяються дві нещодавні класифікації: триколонна концепція Луо та співавторів [44], пізніше модифікована Хекстрой та співавторами [45] та 10-сегментна концепція Краузе та співавторів [46]. Ці моделі поділяють принцип тривимірного аналізу переломів, в основному

заснований на аксіальних зрізах КТ нижче фізіологічної лінії суглоба плато великогомілкової кістки. Різниця полягає у філософії фіксації перелому — у той час як Luo та співавтори основну увагу приділяють відновленню стабільності уражених колон, класифікація Краузе ставить у центр уваги реконструкцію пошкодженої поверхні суглоба [47].

Триколонна класифікація Luo

Триколонна класифікація Luo була опублікована в 2010 році на основі 3D-концепції плато великогомілкової кістки і є корисною для опису багатоплощинних складних переломів плато великогомілкової кістки [28,29,30]. Традиційно лікування та класифікація переломів плато великогомілкової кістки ґрунтувалися на двовимірних системах класифікації, таких як Moore та Schatzker, які використовували звичайні рентгенограми, в той час як Luo використовує зображення аксіальної КТ-сканування. Luo поділяє плато великогомілкової кістки за допомогою трьох ліній, що перетинаються і поділяють плато на три колони (медіальну, латеральну і задню). Точкою перетину є середина двох великогомілкових хребців. Передня лінія з'єднує середину плато з горбистістю великогомілкової кістки. Медіальна лінія проходить від середньої точки до задньо-медіального гребеня, а латеральна - від середньої точки до переднього краю головки малогомілкової кістки. Переломи можна класифікувати як переломи нульової, однієї, двох або трьох кісточок. За цією класифікацією колонка вважається переломом лише тоді, коли в ній наявний кортикальний розкол, таким чином, перелом тільки з компресією вважається переломом нульової колонки. Ця система класифікації корисна при передопераційному плануванні, особливо при задньому ушкодженні. Доведено, що задній сегмент зустрічається частіше, ніж вважалося раніше, а нездатність його ідентифікувати та лікувати асоціюється з викривленням та функціональною нестабільністю [31,48,49].

Навпаки, 10-сегментна концепція Краузе та співавторів спрямована на найкращий доступ до ураженої суглобової поверхні. Починаючи з чотирьох

квадрантів, вони розділили великогомілкове плато на десять сегментів, що складаються з двох сегментів на квадрант плюс переднецентральный і задньоцентральный сегмент для відривних переломів міжвиросткового підвищення [46]. Автори змогли показати, що задні сегменти найчастіше уражаються при переломах АО/ОТА типу В і С. Однак візуалізація задньої суглобової поверхні обмежена навіть при розширених хірургічних підходах [50]. Візуалізацію можна покращити за допомогою «фрактуроскопії», яка особливо рекомендується при переломах задньолатерально-центрального сегмента [51].

Ідеальна класифікація переломів проксимальної великогомілкової кістки поки не знайдена. Класифікації АО/ОТА та Schatzker мають всесвітнє визнання, але вони не враховують механізми нещасних випадків та супутніх травм. Крім того, будучи заснованими на переднезадніх рентгенограмах, вони не використовують додаткову інформацію, яку надає комп'ютерна томографія або магнітно-резонансна томографія, і, отже, недооцінюють деякі типи переломів. Пізніші класифікації, засновані на комп'ютерній томографії, намагаються поліпшити тривимірне розуміння. Крім покращеного виявлення типів задніх переломів ці класифікації полегшують вибір підходу лікування [50].

1.3. Методи діагностики переломів проксимального відділу гомілки.

Насамперед, важливо отримати ретельний анамнез усіх переломів плато великогомілкової кістки. Необхідно оцінити механізм травми, щоб дати уявлення про тяжкість травми та необхідність невідкладної допомоги. Падіння з низьким енергоспоживанням або травми, пов'язані з скручуванням, мають більший ризик розвитку нервово-судинної травми або синдрому компартменту, тоді як падіння з висоти, аварії на транспортних засобах і наїзди на пішоходів мають більший ризик і можуть вимагати більш термінового чи невідкладного лікування [9]. Хоча знання механізму травми

може бути корисним, картина перелому також надзвичайно важлива для визначення підходу до лікування та ризику ускладнень. Розташування та тяжкість болю, час травми, пов'язані з нею травми та будь-яке лікування є корисною інформацією. В минулому анамнезі слід оцінити вживання тютюну, попередні проблеми з колінним суглобом, амбулаторний стан до травми та супутні захворювання (такі як захворювання легень, діабет, судинні захворювання, рак, захворювання нирок, дефіцит харчування, попередні погані результати сканування DEXA, а також використання імуносупресивних препаратів). Супутні захворювання та певні ліки можуть впливати на якість кісток, підвищувати ризик післяопераційної інфекції та гальмувати загоєння ран. Рівень активності пацієнта, його соціальна підтримка, психічний стан і трудовий статус повинні бути відомі для того, щоб скласти відповідний план хірургічного втручання та реабілітації [9].

Важливим етапом діагностики має бути огляд та оцінка відкритих або закритих ушкоджень м'яких тканин, класифікованих за Tscherne та Oestern [52], що є ключовою процедурою для планування подальших стратегій лікування. Для відкритих переломів також широко використовується класифікація Gustilo і Anderson [53]. Особливу увагу слід приділяти синдрому здавлення, що розвивається, і, з точки зору дислокації, потенційному пошкодженню судинних і нейроваскулярних структур у підколінній ділянці, що потребує детальної оцінки та документування нейроваскулярного статусу. У випадку, якщо проксимальна малогомілкова кістка залучена в перелом великогомілкової кістки, малогомілковий нерв також може бути порушений. Слід проводити оцінку перфузії та ультразвукове дослідження, особливо при переломах-вивихах.

Необхідно провести оцінку шкіри і вихідний стан нервово-судинної системи. Необхідно провести огляд м'яких тканин і пальпацію, щоб оцінити відкриту травму та ступінь тяжкості травми м'яких тканин. Тяжкість ушкодження м'яких тканин може бути додатково визначена на основі розміру, характеру та розташування набряку, контузії та пухирів від перелому. Оцінка

м'яких тканин є ключовою для визначення хірургічних підходів і часу. Тверда кінцівка, яка не стискається, і біль при пасивному розтягуванні вказують на компартмент-синдром [9]. Компартмент-синдром слід контролювати протягом усього перебування пацієнта, оскільки він може розвинутися через кілька днів після травми чи операції. Вимірювання тиску компартменту у високоенергетичних моделях переломів або пацієнтів, які не реагують, може бути корисним за зверненням і, можливо, потребуватиме повторення на основі клінічної оцінки. Якщо діагноз ставиться разом із підвищеним тиском компартменту або якщо діагноз зрозумілий під час фізичного огляду, необхідно буде виконати фасціотомію [9].

Особливо для високоенергетичних травм (таких як переломи, вивихи та моделі метафізарно-діафізарної дисоціації) вкрай важливо отримати ретельну нейросудинну оцінку. Пошкодження судин загалом зустрічається рідко, але затримка діагностики та хірургічного втручання >8 годин може призвести до збільшення ймовірності ампутацій нижніх кінцівок до 86% [54,55,56]. Нейроваскулярна оцінка повинна включати перевірку чутливості в розподілі великогомілкового, поверхневого малогомілкового, підшкірного та литкового нервів, а також колір і температуру кінцівок, наповнення капілярів і дистальну пульсацію, включаючи задню частину великогомілкової та спинної частини стопи. Результати слід порівнювати з контралатеральною стороною. Будь-які відмінності в пульсі або відчуттях можна додатково дослідити за допомогою вимірювання кістково-плечового індексу (КПІ). Для деяких високоенергетичних переломів можна розглянути можливість отримання КПІ незалежно від цього. $\text{КПІ} > 0,8$ має надзвичайно високу негативну прогностичну цінність, яка наближається до 100%. Якщо $\text{КПІ} < 0,9$, необхідно провести подальшу судинну оцінку за допомогою КТ-артеріограми та/або консультацію судинного хірургія [54]. Варусне та вальгусне навантажувальні тести можуть бути необхідними для оцінки нестабільності, якщо це незрозуміло на основі рентгенографічної оцінки. Вальгусна нестабільність є важливою для визначення показань до хірургічного

лікування, особливо при бокових платопереломах великогомілкової кістки. Якщо є нестабільність, вона може не вирішитися без хірургічної репозиції та фіксації перелому [57,58].

Візуалізація є значною частиною процесу планування хірургічного втручання. Використовувані методи візуалізації варіюються від звичайних рентгенограм до КТ із 3D-реконструкцією та МРТ.

Рентгенографія

Діагноз переломів плато великогомілкової кістки зазвичай спочатку встановлюється за допомогою звичайних рентгенограм. Для деяких простих переломів це може бути єдиним необхідним методом візуалізації. Як правило, передньо-задній (ПЗ) і латеральний знімки коліна отримують для простої рентгенограми. Додатковий – каудальний вид (також відомий як «вигляд плато великогомілкової кістки») знімається під кутом $10-15^\circ$ каудально від типового виду 90° ПЗ і використовується для забезпечення огляду на одній лінії з площиною плато. Це робиться для врахування 15° задньонижнього нахилу поверхні плато. У цьому вигляді проксимальну суглобову поверхню можна розглядати як одну радіощільну лінію, що дає змогу краще оцінити западину суглоба, ніж бічні та ПЗ-проекції [13]. Необхідно також отримати рентгенограми всієї великогомілкової кістки. Косі види також використовувалися для оцінки ліній перелому та ступеня зміщення, однак тепер вони не є звичайними, оскільки комп'ютерна томографія (КТ) значною мірою задовольнила потребу, яку колись забезпечували додаткові види [59]. Тракційна рентгенограма корисна, коли є значне зміщення, щоб краще оцінити анатомію перелому як на звичайній рентгенограмі, так і на КТ. Це можна отримати за допомогою ручної тракції або охоплюючих зовнішніх фіксаторів. Контралатеральні рентгенограми можуть бути корисними при багатоуламкових переломах, щоб служити шаблоном для вправлення, ширини виростка, коронального вирівнювання та заднього нахилу плато в сагітальній площині.

Традиційна рентгенографія колінного суглоба та проксимальної частини гомілки у переднезадній та бічній площинах зазвичай дозволяє негайно оцінити тип основного перелому. Тим не менш, комп'ютерна томографія забезпечує найбільш детальну ілюстрацію перелому у всіх вимірах і тому має використовуватися при більш складних переломах. Крім того, двовимірна (2D) та тривимірна (3D) реконструкції підвищують надійність класифікації та полегшують планування будь-якої терапевтичної процедури [60].

Комп'ютерна томографія (КТ)

У порівнянні з простими рентгенограмами, сканування за допомогою комп'ютерної томографії (КТ) може надати детальну інформацію про внутрішньосуглобові переломи. З широким використанням КТ було виявлено, що в деяких випадках лінія перелому може відображатися на коронарній площині, а перелом з розщепленням і втисненням може бути обмежений в задньобоківій ділянці, що відрізняється від звичайних переломів типу II за Schatzker, оскільки візуалізація місця перелому може бути утруднена через головку малогомілкової кістки. Неадекватне бачення або оцінка перелому можуть призвести до неспроможності первинної фіксації та, крім того, до вторинної суглобової депресії, вальгусної деформації та погіршення стану у довгостроковій перспективі [61].

Комп'ютерна томографія (КТ) стала звичайною частиною оцінки переломів плато великогомілкової кістки. Аксіальні КТ-зрізи особливо корисні для візуалізації постеріомедіальних ліній перелому. Комп'ютерна томографія з коронарною та сагітальною реконструкцією дають важливе уявлення про анатомію перелому, а також служать допоміжним засобом у передопераційному плануванні. У численних дослідженнях було продемонстровано, що використання комп'ютерної томографії дозволяє хірургам більш надійно класифікувати переломи, що допомагає підібрати найбільш відповідну схему лікування [62,63,64,65]. КТ дозволяє точніше

візуалізувати зміщення та подрібнення суглобів легше, ніж те, що спостерігається на простих рентгенограмах [66,67,68]. КТ також дозволяє краще оцінити розташування та орієнтацію ліній перелому, а також ступінь западини та розмір суглобових сегментів, що надає важливу інформацію для передопераційного планування.

Магнітно-резонансна томографія (МРТ)

При звичайній рентгенографії розпізнавання ледь зміщених крайових фрагментів при травмі зв'язок може бути ускладненим. У цій ситуації корисна МРТ (магнітно-резонансна томографія). МРТ дозволяє розпізнати зону удару («кістковий синець», що набряк під хрящовим шаром) з не зміщеними фрагментами. Вона також дозволяє оцінити цілісність внутрішньо- та позасуглобових структур м'яких тканин, таких як: меніски, хрестоподібні та колатеральні зв'язки. МРТ розширює діагностичний спектр у сумнівних випадках, оскільки в більшості випадків неможливо оцінити стабільність колінного суглоба з клінічної точки зору на початковому етапі. Крім того, було показано, що вона підвищує згоду між спостерігачами щодо класифікації переломів та оперативного лікування переломів плато великогомілкової кістки [69].

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) продовжує набувати все більшого поширення для оцінки переломів плато великогомілкової кістки. Деякі стверджують, що це показано для адекватної оцінки та лікування ушкоджень м'яких тканин, особливо при переломах через високоенергетичні механізми, які мають високий відсоток патології зв'язок і менісків [70]. МРТ є більш чутливим, ніж КТ, у виявленні пошкоджень зв'язок і менісків, які часто зустрічаються при переломах плато великогомілкової кістки [71]. МРТ є золотим стандартом, коли йдеться про виявлення прихованих переломів, які не видно на простій рентгенограмі.

Статистичні моделі форми (SSM) пропонують метод оцінки тривимірної варіації структур, включаючи джерела варіації в кістках. Хоча

SSM широко використовувалися для оцінки довгих кісток [72,73], існує обмежена кількість відкритих наборів даних такого роду. SSM, які використовують медичну візуалізацію, можуть бути дорогими, а фінансування або обладнання, необхідне для створення високоякісних зображень, можуть бути недоступними. Сегментація медичних зображень і реконструкція поверхні кістки вимагають спеціалізованого програмного забезпечення, навичок і великої кількості часу. Крім того, перетворення сегментованих даних у тривимірні моделі вимагає середнього рівня знань комп'ютерного кодування. Загалом, створення SSM може бути дорогим і витратним за часом процесом, який вимагає передових навичок. Публічно доступна модель форми великогомілкової кістки була б корисною, оскільки вона дає змогу дослідникам, яких можуть зачепити вищезгадані перешкоди, поліпшити навички та адаптувати код для задоволення своїх потреб [74,75]. SSM також може сприяти подальшим дослідженням у галузі охорони здоров'я, спорту та медицини з потенціалом створення зразка комп'ютерного моделювання великогомілкової кістки, оцінювання геометрії, придатної для медичного обладнання, і допомоги в клінічній діагностиці [76].

Тим не менш, навіть прості рентгенограми самі по собі можуть зробити цінний внесок у діагностику пошкоджень м'яких тканин. Розширення та поглиблення латерального плато, виміряні на простих рентгенограмах, корелюють із частотою пошкодження м'яких тканин, виявленою на МРТ [77]. Гарднер та ін. виявили пошкодження латерального меніска в 83% переломів, коли точка максимального поглиблення суглоба в порівнянні з площиною передтравматичної лінії суглоба була більше 6 мм або зміщення розширення (використовуючи латеральний виросток стегнової кістки як референс) було більше 5 мм. Повідомлена частота пошкодження капсуло-зв'язувального апарату та меніска наближалася до 30% зі збільшенням усунення фрагментів [77]. Використовуючи сканування мультиспіральної детекторної комп'ютерної томографії (MDCT) для вимірювання поглиблення та розширення, ймовірність пошкоджень м'яких тканин можна оцінити ще

точніше. З кожним 1,0 мм розширення латерального плато ризик пошкодження латерального меніска та малоомілкової колатеральної зв'язки зростає до 40% та 32% відповідно [78].

Діагностика пошкоджень м'яких тканин та виявлення компартмент-синдрому є так само важливою частиною лікування, як і визначення типу перелому проксимального відділу гомілки. Компартмент-синдром (КС) є серйозним ускладненням травми та інших станів, які спричиняють кровотечу, набряк або порушення судин. Прогресуючий набряк кінцівки збільшує масу в міофасціальному відділі через накопичення крові або рідини, а також запалення. Нееластичність м'язової фасції та сполучної тканини призводить до підвищення тиску в компартменті, що стискає тонкостінні вени, що призводить до венозної гіпертензії та ішемії тканин. Тиск компартменту ще більше зростає, коли клітинна смерть прискорюється, а лізис клітин вивільняє осмотично активну рідину в інтерстиціальний простір. Міонекроз може виникнути протягом 2 годин ушкодження [79], а через 6–8 годин виникає незворотне пошкодження нерва. КС може бути досить поширеним у певних моделях переломів плато великогомілкової кістки, і було виявлено, що він досягає 53% при переломах Schatzker типу IV [34].

Рання діагностика КС має вирішальне значення для уникнення значної захворюваності, спричиненої його пізніми наслідками. Клінічний діагноз КС може бути важко поставити, навіть якщо присутні загальноприйняті клінічні ознаки КС, які включають посилення болю, непропорційного клінічній ситуації, біль із пасивним розтягуванням і парестезію/гіпестезію. Показано, що ці клінічні ознаки та симптоми мають низьку чутливість [80,81]. Крім того, клінічні результати може бути важко отримати у пацієнтів з політравмою та неможливо оцінити у седованих пацієнтів.

Пізня діагностика може бути зменшена частим або постійним вимірюванням внутрішньом'язового тиску (ВМТ). Коли починати моніторинг ВМТ, все ще є дискусійним питанням, але якщо клінічне обстеження є недостовірним у пацієнтів групи ризику, можна розглянути можливість

вимірювання ВМТ. Під час використання ВМТ діастолічний диференціальний тиск (дельта р) <30 мм рт.ст. використовувався як порогове значення для компартмент-синдрому, що вимагає фасціотомії. Прайсон та ін. [82] застерігають від використання лише одного вимірювання <30 мм рт.ст., оскільки це може не мати клінічного значення. У своїй серії вони виявили, що це може відбуватися тимчасово у пацієнтів без ознак компартмент-синдрому. Однією з потенційних пасток використання вимірювання тиску є те, що інтраопераційне вимірювання діастолічного артеріального тиску було показано Tornetta та ін. [83], що дає хибно низькі значення дельта р і призводить до непотрібних фасціотомій. Значення ВМТ також змінюються залежно від близькості до місця перелому та глибини м'яза. Тиск найвищий при вимірюванні в межах 5 см від перелому і в центрі м'яза [84]. Більшість рекомендує проводити вимірювання в межах 5 см від місця перелому, але стандартизація цього все ще є суперечливою.

Травми м'яких тканин зазвичай виникають при переломах плато великогомілкової кістки. Загальна частота ушкоджень м'яких тканин була оцінена між 73 і 99% за даними МРТ-досліджень [85]. У МРТ-аналізі 103 операційних пацієнтів із переломом плато великогомілкової кістки Gardner et al. [86] виявили лише 1 пацієнта з повною відсутністю травм м'яких тканин. Пошкодження бічних або хрестоподібних зв'язок були отримані у 77% пацієнтів, а патологія латерального та медіального менісків спостерігалася у 91% та 44% відповідно. Подібні результати були отримані в дослідженні пацієнтів із неопераційним переломом плато великогомілкової кістки, де 90% мали значні ушкодження м'яких тканин, 80% мали розриви меніска та 40% – розриви зв'язок [87].

За оцінками МРТ-досліджень, загальна частота пошкоджень зв'язок становила від 40 до 77% [70,86,87]. Дослідження МРТ у літературі оцінюють, що повні розриви передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) мають частоту 11–44%, задньої хрестоподібної зв'язки (ЗХЗ) – 8–40%, латеральної колатеральної зв'язки (ЛКЗ) – 29%, медіальної колатеральної зв'язки (МКЗ) – 32%, а

задньолатеральних кутів (ЗЛК) – 45–68% [70,86]. Переломи з високою енергією (тип IV–VI) мають більшу частоту ушкоджень зв'язок.

За даними передопераційної МРТ, частота пошкодження меніска, пов'язаного з переломом плато великогомілкової кістки, становить від 49 до 91% [70,85,86,87]. У багатьох дослідженнях було показано, що ступінь латеральної депресії суглоба та розширення виростків прямо корелює з частотою пошкоджень м'яких тканин [88,89,90]. Gardner et al. [91] у своєму МРТ-дослідженні переломів бокової депресії виявили, що западина суглоба >6 мм і розширення виростків >5 мм були пов'язані з ушкодженням латерального меніска у 83% випадків. Шталь та ін. [92] у дослідженні інтраопераційної візуалізації за участю 661 пацієнта виявили, що найпоширенішою картиною Schatzker, пов'язаною з розривом латерального меніска, є вінцевий перелом (45%), а найпоширенішим розривом меніска, пов'язаним із цим типом перелому, є відриви периферичного краю (83%). 86% переломів Schatzker IV супроводжувався розривом медіального меніска [86].

Діагностика пошкодження м'яких тканин на основі результатів фізикального огляду є важкою через біль, набряк і нестабільність, які часто спостерігаються при цих переломах. Останні дослідження використовували передопераційну МРТ або операційну артроскопію для оцінки ступеня пошкодження м'яких тканин. Протоколи лікування та передопераційної візуалізації патології зв'язок і меніска є суперечливими. Деякі автори виступають за МРТ-скринінг і хірургічне лікування [89,93,94], тоді як інші показали хороші результати без хірургічного втручання та виступають проти МРТ-скринінгу [85,95,96,97]. Інші виступають проти використання передопераційної МРТ, оскільки вона перебільшує справжню частоту розривів меніска, які потребують оперативного лікування, і замість цього вони рекомендують пряму візуалізацію для латеральних переломів з депресією, тому що частота пошкодження меніска є досить високою, щоб виправдати це [92]. Клінічний вплив виявлення пошкоджень зв'язок і менісків не є зрозумілим з поточних досліджень у літературі. Література надає нам більш

чіткі показання для безопераційного лікування специфічних ушкоджень зв'язок, таких як розриви MCL, які можуть загоюватися за допомогою безопераційного лікування з чудовими функціональними результатами. Залишається суперечливим питання про те, чи показане хірургічне повторне прикріплення ACL або PCL у разі переломів плато великогомілкової кістки.

1.4. Типи остеосинтезу проксимального відділу гомілки.

Оперативне лікування є найкращим варіантом тактики лікування, порівняно зі звичайною іммобілізацією, через менший ризик неправильного зрощення, незрощення або обмеження рухливості суглоба. Хірургічна мета лікування являє собою анатомічне відновлення довжини, вирівнювання та обертання коліна із запобіганням ускладнень з боку м'яких тканин. Найчастіше використовувані методи включають інтрамедулярний цвях або мінімально інвазивну фіксацію пластиною.

Консервативні терапевтичні підходи є життєздатними для поодиноких, не вивихнутих переломів. Немає єдиної думки щодо прийняттого ступеня суглобового кроку та суглобового зазору. Зазвичай неконгруентність менше 2 мм або зазори менше 5 мм вважаються толерантними [98].

Відсутність або незначне зміщення фрагментів великогомілкової кістки є показаннями для консервативної терапії. Тим не менш, ці переломи часто супроводжуються ушкодженнями зв'язок, які можуть бути недодіагностовані та мають бути оцінені. Початкова діагностична робота характеризується лише обмеженим клінічним обстеженням коліна та великогомілкової кістки (біль, ризик зміщення) та потребує розширених діагностичних зусиль, таких як МРТ-візуалізація. Колатеральні пошкодження, такі як дефекти хрестоподібної або колатеральної зв'язки, повинні бути реконструйовані в першу чергу або в другу чергу, залежно від відповідних показань та колатеральних ушкоджень [47].

Ізольовані переломи малогомілкової кістки зустрічаються досить рідко, і існує не так багато літератури про частоту їх виникнення. Хоча

переломи великогомілкової кістки найчастіше зустрічаються у молодих чоловіків і літніх жінок, цілком імовірно, що більшість ізольованих переломів малогомілкової кістки припадає на молодше населення, виходячи з травми, що викликала ці переломи. Молоді спортсмени, особливо ті, хто займається контактними видами спорту, і ті, хто потрапляє в автомобільні аварії та аварії за участю пішоходів та автомобілів, ймовірно, схильні до найбільшого ризику. У більшості випадків лікування ізольованих переломів діяфіза малогомілкової кістки неоперативне. Оскільки діяфіз малогомілкової кістки не є частиною кістки, що несе вагу, пацієнтів можна лікувати з обмеженням навантаження як переносимого, а деякі лікарі можуть використовувати черевики для ходьби для зручності. [99]

Переломи плато великогомілкової кістки — це складні травми, спричинені високо- або низькоенергетичною травмою. Вони переважно вражають молодих людей або населення старшого віку. Ці переломи зазвичай супроводжуються супутніми ушкодженнями м'яких тканин, які впливають на їх лікування. Послідовне (етапне) лікування (зовнішня фіксація з наступним остаточним остеосинтезом) рекомендується за більш складних моделей переломів. Але слід пам'ятати, що будь-який тип перелому плато великогомілкової кістки може супроводжуватися ускладненнями з боку м'яких тканин. Зазвичай використовується класифікація за Schatzker або АО/ОТА, але концепція проксимальної великогомілкової кістки як триколонної структури та докладне вивчення морфології задньомедіального та задньолатерального фрагментів змінили стратегію лікування. Вирівнювання кінцівки та відновлення суглобової поверхні, що дозволяє найшвидше відновлення рухів в колінному суглобі, є основними цілями хірургічного лікування. Частково суглобові переломи можна лікувати мінімально інвазивними методами, а артроскопія корисна для допомоги та контролю за репозицією перелому та лікування внутрішньосуглобових ушкоджень м'яких тканин. Відкрита репозиція та внутрішня фіксація (ORIF) є золотим стандартом лікування цих переломів. Складні суглобові переломи

можна лікувати кільцевими зовнішніми фіксаторами та мінімально інвазивним остеосинтезом (EFMO) або за допомогою ORIF. EFMO може бути пов'язана із субоптимальною суглобовою репозицією; однак аналіз результатів показує результати, які рівні або навіть перевершують ORIF. Стратегія ORIF також має включати оптимальну репозицію суглобової поверхні. Передньобоківі та передньомедіальні доступи обмежують проведення адекватної репозиції та фіксації задньобоківих та задньомедіальних фрагментів. Щоб досягти цього, необхідно проводити репозицію та фіксацію за допомогою певних задньобоківих або задньомедіальних підходів, які дозволяють оптимальну репозицію та розміщення пластини/гвинта. Деякі автори також припускають, що первинна тотальна артропластика колінного суглоба може бути варіантом для певних пацієнтів та з певними типами переломів [100].

При лікуванні переломів проксимального відділу великогомілкової кістки переслідуються три цілі:

1. Реконструкція суглобової поверхні: поверхня великогомілкового суглоба повинна бути відновлена якомога точніше, інакше існує ризик прискореної ерозії, що в довгостроковій перспективі може призводити до розвитку вторинного остеоартрозу, особливо в ділянках максимального навантаження на меніски [47].

2. Реконструкція осі коліна і «стабільної висоти» великогомілкового плато: ідеальної суглобової конгруентності іноді важко досягти, особливо при багатоуламкових переломах. Крім того, немає єдиної думки про допустимий крок у суглобовій поверхні. Порівняно з іншими суглобами, суглобові неконгруентності самі собою, мабуть, відносно добре переносяться в великогомілковому плато. Крім стабільності суглоба та коронарного вирівнювання, особливу увагу слід приділяти збереженню меніска [101]. Нестабільність суглоба або «псевдолаксія» через знижену висоту головки великогомілкової кістки, а не пошкодження зв'язок, тісно пов'язана з поганим результатом [58].

Іншим механізмом посттравматичної прискореної дегенерації може бути надмірне навантаження одного виростка через неправильну механічну вісь нижньої кінцівки (варусно-вальгусна деформація з латеральним зміщенням механічної осі). Відхилення передньозадньої осі призводить до обмеження розгинання через підвищений задній нахил або призводить до genu recurvatum.

3.Рання мобілізація: Тривала іммобілізація суглоба означає погіршення живлення хряща, яке вже порушено. Артрофіброз є ще одним результатом тривалої іммобілізації [47].

Будь-яка терапевтична стратегія залежить від типу перелому та супутнього ушкодження м'яких тканин. З точки зору оперативного планування та доступу, в першу чергу необхідно досягти стабільного оточення м'яких тканин. Для цього інтенсивний набряк та забій слід лікувати за допомогою заходів іммобілізації та зняття застою, таких як підйом та лімфодренажні насоси. Необхідно звернути увагу на можливість синдрому здавлення, який потім вимагатиме ранньої діагностики та терапії. Рішення про декомпресію всіх відділів великогомілкової кістки слід приймати швидко [47].

Нестабільні переломи високого ступеня можуть вимагати тимчасової зовнішньої фіксації для забезпечення правильної анатомічної геометрії та декомпресії проксимального відділу великогомілкової кістки. Ця процедура особливо рекомендується після високоенергетичного травматичного впливу та множинної травми [102]. Наслідуючи практику «span-scan-plan», першим кроком є зовнішня фіксація за допомогою монолатеральних систем фіксації з вуглецевого волокна («span»), які забезпечують рентгенологічний доступ до перелому і покращують інтерпретацію рентгенологічних зображень, уникаючи установки штифтів в області подальшого доступу. Після візуалізації за допомогою MDCT та/або MPT («scan») остаточно хірургічна стратегія (терміни, підхід) визначається переважно супутніми пошкодженнями м'яких тканин та характеристиками перелому («plan») [103].

Відкриті переломи вимагають хірургічної обробки та промивання. Проте повторна процедура зазвичай необхідна через 48 годин. У випадках травми, що впливає на розгинання коліна (наприклад, перелом горбистості великогомілкової кістки, розрив сухожилля надколінка), реконструкція цих структур показана під час першого хірургічного доступу. Недостатнє відновлення апарату екстензії може призвести до вторинної втрати репозиції навіть при застосуванні зовнішньої фіксації [47].

В цілому, хірургічна репозиція та фіксація показані для більшості переломів головки великогомілкової кістки. Необхідно враховувати морфологію перелому, ступінь пошкодження суглобової поверхні, осьову стабільність та загальний стан пацієнта. У літературі повідомлялося про такі покази до хірургічного лікування, як внутрішньосуглобове зміщення ≥ 2 мм, метафізарно-діафізарне зміщення > 1 см, бічний нахил плато $> 5^\circ$, розширення виростка > 5 мм, кутова деформація $> 10^\circ$ у фронтальній (варусно-вальгусній) або сагітальній площині (нахил великогомілкової кістки). Також до показів належать усі переломи медіального виростка великогомілкової кістки, відкриті переломи, синдром асоційованого компартменту, супутнє ушкодження зв'язок, що потребує відновлення та супутні переломи іпсилатеральної великогомілкової або малоомілкової кістки [104,98].

На додаток до загального стану пацієнта, при плануванні операції слід враховувати пошкодження м'яких тканин та набряк. Якщо очікується збільшення пошкодження м'яких тканин, репозиція перелому повинна бути виконана безпосередньо перед набряком кінцівки, або кінцівка повинна бути іммобілізована гіпсом або зовнішнім фіксатором для підготовки м'яких тканин перед вторинною хірургічною репозицією. Супутнє ушкодження зв'язок з наступною нестабільністю має бути виявлено до або під час операції [105].

Для репозиції та фіксації передньобічної частини плато великогомілкової кістки можна використовувати звичайний передньобічний доступ. Меніско-великогомілкові зв'язки слід розсікти горизонтально, а латеральний меніск слід злегка підняти проксимально, щоб отримати

достатній огляд поверхні великогомілкового суглоба. Після репозиції фіксація може бути виконана з використанням проксимальної передньобоквої великогомілкової фіксуючої компресійної пластини (LCP), передньобоквої проксимальної великогомілкової рафтингової пластини LCP або латеральної проксимальної великогомілкової малоінвазивної стабілізаційної системи LISS-plate. Однак у деяких випадках передньобічний доступ не забезпечує повну візуалізацію, особливо задньої частини зони перелому. Таким чином, може знадобитися малоомілкова остеотомія [106,107], латеральна надвиросткова остеотомія стегнової кістки [108] або задньобоквий доступ.

Для покращення доступу до задньобоквих частин великогомілкової кістки при задніх часткових переломах може бути корисний модифікований задньобоквий підхід [61]. У бічному положенні лежачи розріз шкіри виконується вздовж довгого сухожилля двоголового м'яза і проксимальної малоомілкової лінії. Для візуалізації суглоба пропонується традиційна переднебокова артротомія. Загальний малоомілковий нерв оголюється і захищається до завершення операції.

Спочатку проводиться розтин порожнини між головкою латерального литкового м'яза і камбаловидним м'язом, потім тупе препарування між підколінним м'язом і камбаловидним м'язом без пошкодження підколінної артерії і вени. Утримування підколінного м'яза краніально забезпечує доступ до задньобоквого плато. Для більших або більш складних фрагментів додаткове тимчасове часткове розсічення фасції проксимального камбаловидного м'яза та/або остеотомія головки малоомілкової кістки можуть покращити експозицію задньобоквого місця перелому [105].

Використовуючи традиційний медіальний доступ, можна легко отримати доступ до медіальної поверхні великогомілкової кістки після виконання поздовжнього розрізу шкіри. Такий підхід може допомогти зменшити і зафіксувати задні або латеральні часткові переломи головки великогомілкової кістки за допомогою ретроградних спиць Кіршнера або канюльованих гвинтів [46,109]. Цей підхід можна легко розширити як

проксимально, так і дистально, а видалення імплантату можна виконати з невеликою операційною травматичністю. Однак, якщо планується другий задньомедіальний або латеральний розріз, необхідно бути обережним, щоб не створити острівця деваскуляризованої шкіри.

Були описані різні методи репозиції задньомедіальних переломів головки великогомілкової кістки [109,110,111]. Хоча деякі переломи можна репонувати за допомогою ретроградного канюльованого гвинтового остеосинтезу або з використанням розширеного передньомедіального доступу [110], антероградна фіксація часткових задньомедіальних переломів через задньомедіальний доступ [111] забезпечує пряму візуалізацію доступу.

У положенні лежачи на животі або на боці розріз виконується поздовжньо вздовж медіальної головки литкового м'яза. Медіальний край литкового м'яза пальпується, тупо препарується і обережно відводиться латерально. Використовуючи распатор, виконується субперіостальний розтин підколінного м'яза, а напівперетинковий комплекс відводиться медіально. Ця процедура повністю оголює медіальний виросток великогомілкової кістки, і перелом може бути зафіксований за допомогою гвинтового остеосинтезу або невеликих 2,7/3,5 мм LC-DCP T-подібних пластин [105].

Більшість задньоцентральных часткових переломів головки великогомілкової кістки можна репонувати задньомедіальним або задньолатеральним доступом залежно від морфології перелому [112]. Хоча повідомлялося про мінімально інвазивні артроскопічні підходи до цих переломів [113], у випадках вивиху фрагмента мінімально інвазивний антеградний підколінний доступ, який являє собою модифікований задньомедіальний підхід з меншим розрізом [114], може забезпечити кращу репозицію фрагмента. При надрізанні дорсальної капсули необхідно бути обережними, щоб не пошкодити задню хрестоподібну зв'язку. У разі сумнівів, ін'єкція фізіологічного розчину в суглоб може допомогти чітко ідентифікувати капсулу.

У разі легкої суглобової поверхневої депресії та неушкодженої стовпчастої стінки (чиста суглобова депресія; тип III за Schatzker «переломи з нульовою колоною» або тип B2 по АО/ОТА) можна розглянути тактику ARIF (артроскопічна редукція - внутрішня фіксація), тобто артроскопічно асистовану редукцію. Ця артроскопічна процедура має перевагу невеликого розрізу шкіри, а також оптимального контролю суглобової репозиції. Інші ураження суглобів (пошкодження меніска та хряща) також можуть бути оцінені та усунені, якщо необхідно [105].

Існуюча література суперечлива щодо цих переваг. Дослідження, що включають переломи Schatzker I–III, виявили рівні або переважаючі результати ARIF порівняно з ORIF щодо вищезгаданих переваг, наприклад, ускладнень [115], більш короткого перебування у лікарні [116], нижчого рівня інфікування [117,118] та радіологічного результату (радіологічна оцінка Расмуссена [115]. ARIF також перевершував ORIF у дослідженні, що включає переломи Schatzker I-IV щодо радіологічного результату [119].

Ще однією перевагою артроскопії є лікування внутрішньосуглобових ушкоджень м'яких тканин. Різні пошкодження, наприклад, розриви меніска та зв'язок, часто зустрічаються у пацієнтів з переломом плато великогомілкової кістки (>70%) і можуть бути діагностовані, а також вилікувані за допомогою артроскопії.

Тим не менш, артроскопічна техніка також має свої обмеження, наприклад вона не підходить для складних переломів. Дренаж іригаційної рідини може викликати сильний набряк оточуючих тканин аж до ятрогенного синдрому здавлення [120], хоча це дуже рідкісне ускладнення. При використанні артроскопії для лікування переломів плато великогомілкової кістки рекомендується відмовитися від автоматичних артроскопічних насосів. Так званий метод «фрактуроскопії», описаний Краузе та співавторами, складається з прямої артроскопічної візуалізації та «живої» репозиції перелому складних переломів плато великогомілкової кістки без рідини або з тиском рідини менше 30 мм рт. ст. Ризик синдрому здавлення низький, у той

час як виявлення мальрепозиції перевищує рентгеноскопію, особливо в задньолатерально-центральному сегменті відповідно до 10-сегментної класифікації [51].

Існує тактика закрита репозиція та черезшкірна фіксація (CRIF) при якій остеосинтез простих переломів (наприклад, переломів АО 41 B1 до B3) без більшого дефекту кістки може бути досягнутий через черезшкірну фіксацію канюльованим гвинтом. Відповідно до вище сказаного, одночасний артроскопічний контроль суглобових поверхонь був би бажаним, якби це переносилося навколишніми м'якими тканинами.

Балонна тибіопластика - це ще один малоінвазивний метод, що показує перспективні результати. Як і при переломах у хірургії хребта, репозиція досягається шляхом надування балона рентгеноконтрастним барвником під флюороскопічним (та/або артроскопічним) контролем [121,122]. Проте, як і у випадку з багатьма новими методами, існує крута крива навчання. Спостерігалися відмови балона, екстравазація кісткових наповнювачів або невдачі під час підйому вдавненого суглобового фрагмента [123]. Рандомізовані контрольовані випробування, що порівнюють тибіопластику з традиційними методами репозиції переломів, знаходяться в процесі виконання [124,125].

У той час як монолатеральна мостоподібна зовнішня фіксація є звичайним тимчасовим інструментом при поетапному лікуванні нестабільних типів переломів, зовнішня фіксація з кільцевим фіксатором Ілізарова або гібридним фіксатором підходить для остаточного лікування, як з додатковим остеосинтезом, так і без [126]. При вкрай нестабільних переломах (наприклад, АО 41 C1-3, Moore V, Schatzker V і VI) необхідні два додаткові кільця в дистальному відділі стегнової кістки з шарнірними стрижнями для з'єднання коліна. Ця техніка поєднує переваги захисту м'яких тканин з високою стабільністю, що дозволяє переносити повну вагу [127].

Підсумовуючи, можна сказати, що пацієнти з високоенергетичним переломом плато великогомілкової кістки, які пройшли лікування за

допомогою зовнішньої фіксації, мають хороший прогноз щодо задовільного функції коліна і низької частоти важкого остеоартриту в довгостроковій перспективі [128,129]. Типовими показаннями для мостоподібного з'єднання колінного суглоба є серйозні пошкодження м'яких тканин, пошкодження зв'язок, погана якість кістки та пошкодження артерій [130].

Ще одним варіантом лікування переломів проксимального відділу гомілки є відкрита репозиція та внутрішня фіксація (ORIF). Існують два фактори, що визначають функцію коліна та ризик остеоартриту у довгостроковій перспективі: зв'язкова та кісткова стабільність з правильною механічною віссю та реконструкція суглобових поверхонь. ORIF слід застосовувати, коли вищезгадані менш інвазивні альтернативи не підходять для досягнення цих основних цілей лікування.

Однак, як і в інших галузях ортопедичної травматології, керування м'якими тканинами має найвищий пріоритет. Навіть у випадках з незначним травматичним впливом необережне поводження з навколишніми тканинами може спричинити серйозні ускладнення щодо загоєння ран, інфекцій та уповільненого зрощення кісток. Відповідно, останні розробки в лікуванні переломів плато великогомілкової кістки мають на увазі диференційовану практику з використанням великої кількості спеціальних підходів, що підходять для будь-якого типу травми з мінімальною загрозою для навколишніх м'яких тканин та живлення окістя. Особливо при оскольчатих переломах з важким ушкодженням м'яких тканин слід уникати розширених підходів, коли це можливо. Щоб досягти репозиції суглобової поверхні, так і відновлення механічної осі, обмежений відкритий доступ до суглоба можна комбінувати з мінімально інвазивною закритою репозицією і внутрішньою фіксацією метафізарного компонента перелому мостоподібної кутової стабільної пластиною [47].

Біомеханічні дослідження на трупах порівняли різні пристрої для фіксації пластинами та інтрамедулярні цвяхи [131,132], а клінічні дослідження описали успішне використання або інтрамедулярного цвяха, або

проксимальної фіксуєчої пластини при лікуванні переломів проксимального відділу гомілки. Фіксація цих переломів за допомогою інтрамедулярної конструкції може призвести до неправильного зрощення з верхівковими передніми та вальгусними деформаціями, але може мати менші шанси на інфікування [133]. З іншого боку, традиційні методи фіксації пластинами вимагають широкого видалення м'яких тканин і мають більш високі шанси на інфікування, що було подолано за допомогою мінімально інвазивного остеосинтезу пластинами, який також може мати меншу частоту неправильного співставлення порівняно з інтрамедулярним цвяхом [134,135].

Існують різні конструкції пластин, що маркуються як «анатомічні». Гвинти можна нахилити будь-де в діапазоні 30 градусів. Діаметр гвинтів варіюється від 3,5 до 5,0 мм, а різьба може бути як безперервною, так і переривчастою. Хоча вибір діаметра гвинтів залежить від переваг та підготовки хірурга, біомеханічні дослідження показали, що діаметр 3,5 мм достатній. Перевага пластин з гвинтами 3,5 мм полягає у великій кількості епіфізарних гвинтів, які можна вставити. Існують відмінності у кількості гвинтів, які можна розмістити в епіфізі під поглибленням, діаметрі цих гвинтів та можливості застосування компресії [136].

У літературі не виявлено суттєвої різниці між стабільністю різних типів фіксації з використанням гвинтів або фіксуєчих пластин. Дослідження Буарену та співавторів [137] не виявило відмінностей між звичайними та фіксуєчими пластинами. Отже, вибір методу фіксації (гвинт чи пластина) залежить від цього, наскільки може допомогти репозиції. Переломи зі значним метафізарним компонентом (типи АО/ОТА А2/С) або відокремлений фрагмент з пошкодженим кортикальним шаром легше репонувати та стабілізувати пластиною, чого не можна сказати про переломи, де втискання є основною ознакою.

Оскільки консенсус щодо лікування так і не досягнуто, оптимальний варіант лікування позасуглобових проксимальних переломів великогомілкової

кістки залишається під питанням, і немає єдиного висновку про те, який метод вигідніший.

1.5. Післяопераційні ускладнення переломів проксимального відділу гомілки.

Ускладнення в післяопераційному періоді можна поділити на короткострокові та довгострокові. В ранньому післяопераційному періоді доволі частою ситуацією є інфікування. У ретроспективному аналізі зміщених переломів плато великогомілкової кістки, остеосинтез яких проводився за методом ORIF, спостерігалися показники інфікування від 4 до 18,7% [95]. Янг та ін. виявили, що пацієнтам з післяопераційними інфекціями потрібно було в середньому п'ять наступних хірургічних процедур [47].

В дослідженні Jindal та ін. частота інфекцій була вищою у групі з остеосинтезом фіксуючими пластинами. Це пояснюється відкриттям місця перелому і більшим пошкодженням м'яких тканин. Однак при використанні мінімально-інвазивної хірургії використовуються менші розрізи та методи непрямой репозиції, що призводить до зниження частоти інфекцій. Нижча частота інфекцій в групі з остеосинтезом з використанням спиць або гвинтів пояснюється збереженням позасуглобового кровопостачання без відкриття місця перелому [134].

Синдром здавлення після перелому плато великогомілкової кістки був описаний виключно у звітах про випадки як відносно рідкісне ускладнення. У ретроспективному аналізі Чанга та колег загальна частота синдрому здавлення склала 10,3% [138]. Високоенергетична травма (тип IV, V і VI за Schatzker) була пов'язана з більш високою частотою синдрому здавлення (30,4% при типі VI).

Тромбози глибоких вен та тромбоемболія легеневої артерії є тяжкими ускладненнями після травми. Без профілактики тромбози глибоких вен нижніх кінцівок виявили у 58% при адекватних венографічних дослідженнях [139]. Необхідно враховувати додаткові фактори ризику, такі як вік, стать, судинні

захворювання, тромбози в анамнезі або порушення коагуляції [140]. Рекомендується ранній початок профілактики [141]. Як фізична, так і медикаментозна терапія з ранньою мобілізацією та, наприклад, низькомолекулярні гепарини можуть знизити ризик цього ускладнення.

В довгостроковому періоді частими ускладненнями були втрата репозиції, вторинний остеоартрит та незрощення. Використовуючи строго визначення рентгенологічної невдачі фіксації, загальна частота невдач фіксації до 31 відсотка була зареєстрована в основному серед літніх пацієнтів (старше шістдесяти років). Втрата репозиції зазвичай пов'язана з такими чинниками: вік старше шістдесяти років, передчасне навантаження вагою, передопераційне зміщення, фрагментація перелому і тяжкий остеопороз [142].

Основним ускладненням після перелому плато великогомілкової кістки є розвиток вторинного остеоартриту колінного суглоба, зумовленого відхиленнями від механічної осі та неправильною реконструкцією суглобової поверхні. Суглобові невідповідності власними силами, очевидно, відносно добре переносяться в великогомілковому плато [101]. Також фактором ризику, мабуть, є «псевдолаксітія» через знижену висоту головки великогомілкової кістки [58].

Незважаючи на ретельну репозицію та фіксацію перелому, залишкові симптоми зустрічаються часто і можуть змінюватись від легкого болю до прогресуючого посттравматичного остеоартриту [143]. Частота виникнення посттравматичного остеоартриту після переломів плато великогомілкової кістки точно не встановлена, оскільки опубліковано дуже мало довгострокових досліджень [58,144]. Повідомляється, що розвиток вторинного остеоартриту після перелому плато великогомілкової кістки було виявлено у 31-44% пацієнтів [145,146]. Частота виникнення вторинного остеоартриту була значно вищою після менісектомії під час операції з приводу перелому (74%), ніж коли меніск було збережено [145]. Частота виникнення остеоартриту дещо зростала з віком пацієнтів. Докази остеоартритних змін на контрольних рентгенограмах після перелому плато

великогомілкової кістки були виявлені у 68% пацієнтів віком від 60 років [147]. Хоча анатомічного відновлення можна досягти, значний остеоартрит суглоба може бути пов'язаний з початковим пошкодженням суглобового хряща [147].

Іншим значним фактором при розвитку остеоартриту середнього та тяжкого ступеня було зміщення механічної осі ноги більш ніж на 5 градусів (27% пацієнтів) порівняно з пацієнтами з анатомічною віссю коліна (9,2%) [146]. Ці результати посилюють потребу у правильній реконструкції осей [148]. Якщо в суглобі спостерігалися дегенеративні зміни до травми і якщо післяопераційне консервативне лікування не дало результату, показано ендопротезування колінного суглоба. Однак ендопротезування колінного суглоба після перелому плато великогомілкової кістки показує результати, що поступаються первинно імплантованим суглобам через кісткові деструкції, відхилення осі та пошкодження зв'язок [149].

Пацієнти у віці, які страждають на остеопороз і остеоартрит під час перелому плато великогомілкової кістки, можуть мати кращі результати після первинного ендопротезування колінного суглоба (TKR) [150].

Неправильне зрощення або незрощення великогомілкового плато може виникнути через значні травми м'яких тканин, ятрогенного/травматичного пошкодження окістя, інфекції, нестабільної фіксації та неусунених великих дефектів кістки. Точне передопераційне планування та стабільна остеосинтетична фіксація зменшать частоту цих ускладнень.

Незрощення рідко спостерігається після низькоенергетичних переломів плато великогомілкової кістки [143] через багате кровопостачання, більшої площі поперечного перерізу і губчастого кісткового матеріалу проксимальної великогомілкової кістки. Це ускладнення спостерігалось у 4% випадків після тяжких переломів (переважно типу АО 41 С [151]), і їхня справжня частота невідома. Існує лише кілька звітів про варіанти лікування незрощень плато великогомілкової кістки. У звіті Торо-Арбелаеза п'ять внутрішньосуглобових незрощень були вилікувані з використанням

стандартних принципів реконструктивної хірургії незрощень із ретельною анатомічною редукцією суглоба, жорсткою внутрішньою фіксацією та кістковою пластикою [152].

При використанні апарату Ілізарова та АЗФ найчастіше спостерігаються інфекції за ходом імплантованих спиць та стержнів.. Дотримання пацієнтом режиму лікування є важливою попередньою умовою. Найбільш проксимальний стержень повинен мати мінімальну безпечну відстань 20 мм від лінії суглоба, оскільки синовіальний шар вимірює вставки суглобової капсули до 14 мм нижче плато великогомілкової кістки [153]. Ще однією пасткою при встановленні тонких спиць є пошкодження нейроваскулярних структур, зокрема малогомілкового нерва [154].

РОЗДІЛ II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика обстежених хворих

У дослідження залучено 60 хворих вік яких становив від 20 до 66 років. Серед обстежених пацієнтів було 42 чоловіка та 18 жінок.. Усі залучені пацієнти знаходились на стаціонарному лікуванні в травматологічному відділенні для дорослих ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги» з 2024 по 2025 рр.

Діагноз перелому проксимального відділу гомілки верифікували на підставі оцінки клінічного перебігу, даних анамнезу історії хвороби, об'єктивних та інструментальних методів дослідження.

Обстеження даних пацієнтів проводилось згідно з Національними рекомендаціями Уніфікованого клінічного протоколу первинної, екстреної та вторинної (спеціалізованої) медичної допомоги пацієнтам з кісток кінцівок у дорослих, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України № 1237 МОЗ України від 16.07.2024р.; Уніфікованого протоколу «Діагностика та лікування переломів кісток гомілки» Наказ МОЗ України № 521 від 26.07.2006.

До критеріїв включення в дане дослідження увійшли пацієнти чоловічої та жіночої статі з верифікованим переломом проксимального відділу великогомілкової кістки.

У дослідження не увійшли пацієнтів віком до 18 років і старших за 66 років та за відмови участі пацієнта у дослідженні.

Серед обстежених хворих виявлено такі типи переломів проксимального відділу гомілки за класифікацією АО/ОТА: 41.A1 – в 11 хворих (18,3%), 41.A2 – в 14 хворих (23,3%), 41.A3 – в 2 хворих (3,3%), 41.B1 – в 16 хворих (26,7%), 41.B3 – в 9 хворих (15%), 41.C1 – в 3 хворих (5%), 41.C2 – в 4 хворих (6,7%), 41.C3 – в 1 хворого (1,7%) (рис. 2.1.1).

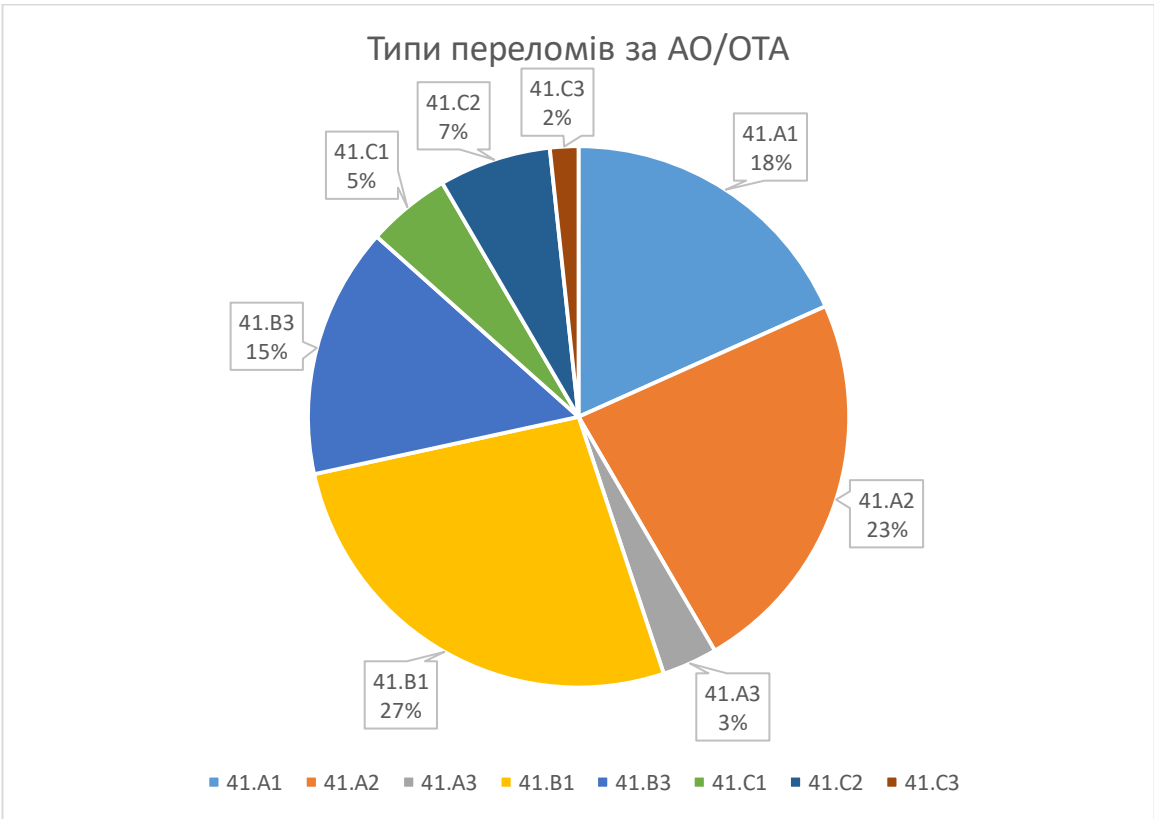


Рис. 2.1.1. Розподіл хворих за типом переломів проксимального відділу гомілки за класифікацією АО/ОТА, %

Під час дослідження залежно від типу перелому проведено розподіл хворих до відповідних методів остеосинтезу та наведено на рис. 2.1.2.

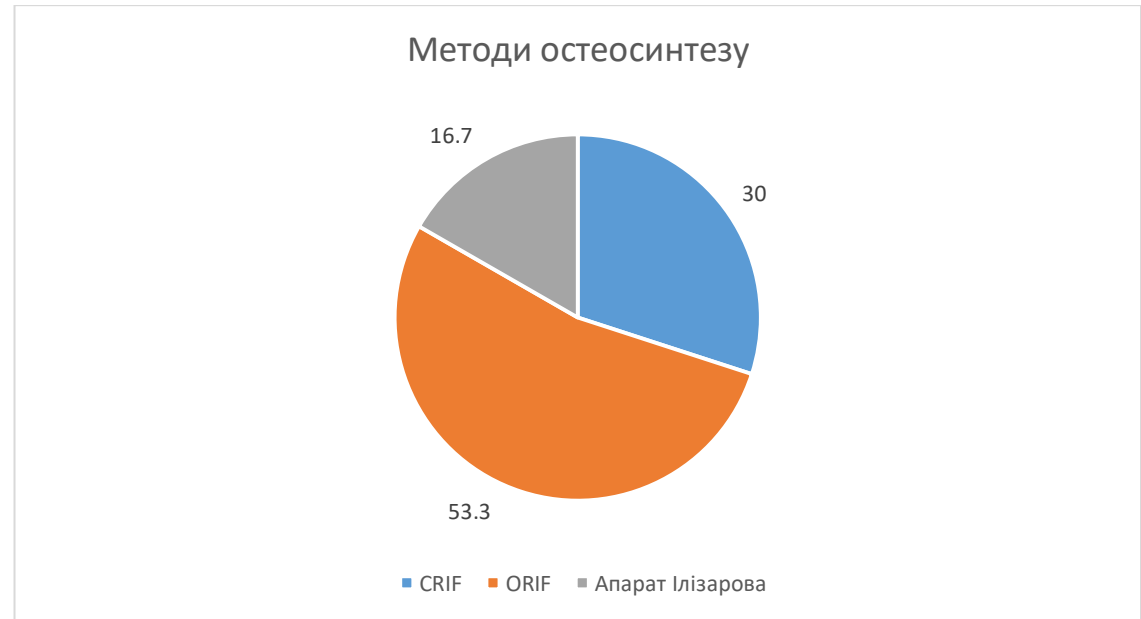


Рис 2.1.2. Розподіл хворих з переломом проксимального відділу гомілки до відповідних методів остеосинтезу залежно від типу перелому, %

Хворі були поділені на групи з наявними післяопераційними ускладненнями та без них. Післяопераційні ускладнення поділені на ранні (до трьох тижнів) та пізні (більше трьох тижнів).

Серед хворих з переломом проксимального відділу гомілки було виявлено наступні післяопераційні ускладнення, що представлені в таблицях 2.1.1 та 2.1.2.

Таблиця 2.1.1

Розподіл хворих з переломом проксимального відділу гомілки залежно від післяопераційних ускладнень (кількість осіб)

Післяопераційні ускладнення	Остеосинтез перелому проксимального відділу гомілки
Без ускладнень	17 осіб (28,3%)
Інфекції	14 осіб (23,3%)
Тромбоз глибоких вен	7 осіб (11,7%)
Остеоартроз	12 осіб (20%)
Неправильне зрощення/незрощення	10 осіб (16,7%)

Таблиця 2.1.2

Розподіл хворих з переломом проксимального відділу гомілки залежно від післяопераційних ускладнень відповідно до методу остеосинтезу (кількість осіб)

	Без ускладнень	Короткострокові п/о ускладнення		Довгострокові п/о ускладнення	
		Інфекції	Тромбоз глибоких вен	Остеоартроз	Неправильне зрощення/незрощення
Остеосинтез анатомічними пластини за методикою CRIF	4 хворих (6,7%)	3 хворих (5%)	2 хворих (3,3%)	5 хворих (8,3%)	4 хворих (6,7%)
Остеосинтез анатомічними пластини за методикою ORIF	9 хворих (15%)	6 хворих (10%)	4 хворих (6,7%)	7 хворих (11,6%)	6 хворих (10%)
Остеосинтез АЗФ	4 хворих (6,7%)	5 хворих (8,3%)	1 хворий (1,7%)	0 хворих	0 хворих

2.2 Дизайн та методи дослідження.

Обстеження хворих проводилося під час госпіталізації та протягом всього періоду лікування. Пацієнтам проводилось опитування, збір анамнезу захворювання, загальноприйняті клінічні, лабораторні та інструментальні методи дослідження. Дані дослідження проводилися на базі ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги» та кафедри травматології, ортопедії та нейрохірургії Буковинського державного медичного

університету. Для верифікації діагнозу перелому проксимального відділу гомілки проводили рентгенографію та комп'ютерну томографію за допомогою апарата «Brilliance CT 64» компанії «Philips» (США) згідно із загальноприйнятою методикою. Тип перелоу визначали за класифікаціями за АО/ОТА.

2.3. Методи статистичної обробки матеріалу.

Статистична обробка результатів дослідження проводилася на основі програмної оболонки Microsoft Excel 2003 (Microsoft Corp.). Статистичний аналіз проводили з використанням програми SPSS Statistics 17.

Для даних, що відповідали нормальному розподілу, визначали середню арифметичну вибірки (M), стандартної похибки (m), максимальне та мінімальне значення.

Обчислення результатів проводили шляхом параметричних та непараметричних методів дослідження (коефіцієнта Стюдента, довірчого інтервалу (ДІ), коефіцієнт кореляції Пірсона (r)). Вірогідності різниці між отриманими даними оцінювали за коефіцієнтом Стюдента (t). За вірогідну приймали різницю при $p < 0,05$.

2.4. Забезпечення вимог біоетики.

Дане дослідження проводилось із урахуванням основних положень GCPICH та Хельсинської декларації щодо біомедичних досліджень (1974 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.) та рекомендацій Комітету з біоетики при Президії АМН України (2002 р.) за позитивним висновком комісії з біоетики ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет» (протокол №1, від 15.09.2016р.).

У роботі передбачено та дотримано принцип конфіденційності та поваги до особистості пацієнта.

РОЗДІЛ III. КЛІНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХВОРИХ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Вікові особливості переломів проксимального відділу гомілки.

В дослідженні взяло участь 60 пацієнтів, із них 18 особам був проведений остеосинтез анатомічними пластинами методом CRIF (група 1, n=18), 32 – остеосинтез анатомічними пластинами методом ORIF (група 2, n=32) та 10 – остеосинтез з використанням АЗФ (група 3, n=10). Усі залучені пацієнти знаходились на стаціонарному лікуванні в травматологічному відділенні ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги» з 2024 по 2025 р.р.

Під час дослідження встановлено, що при обстежені переважали особи віком 36-55 років (рис. 3.1.1).

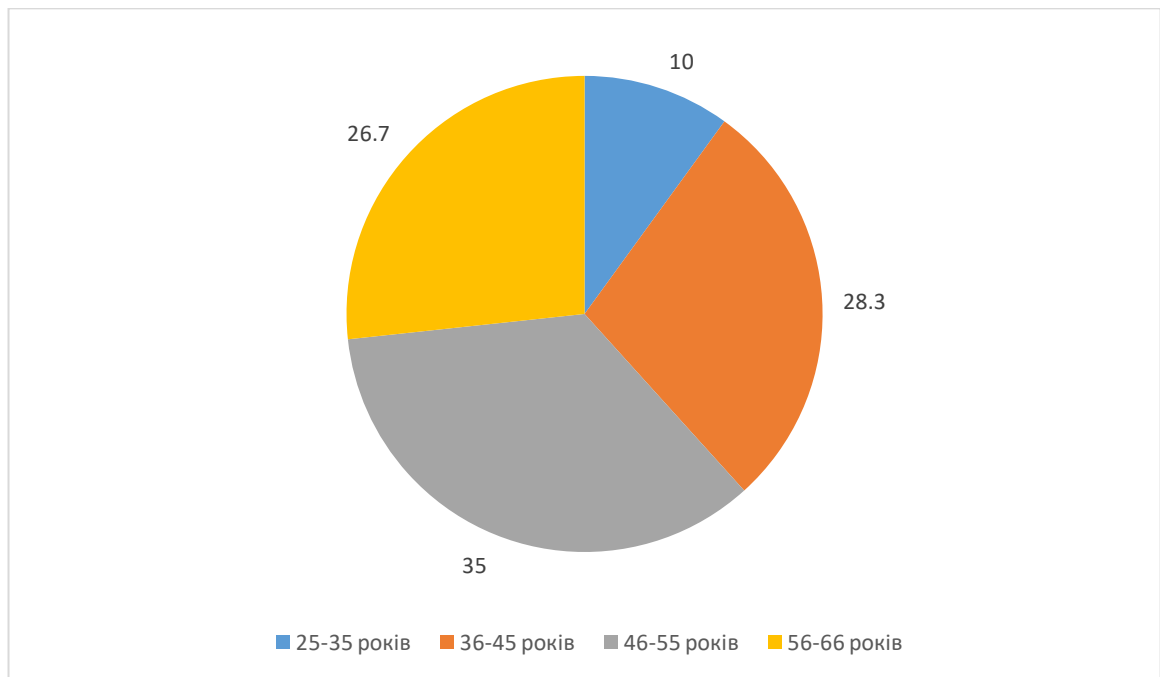


Рис. 3.1.1. Розподіл хворих з переломом проксимального відділу гомілки за віком, %

Серед обстежених хворих чоловіків було 42 (70%) та жінок – 18 (30%) (рис. 3.1.2.). Нерівномірну вибірку між чоловіками та жінками можна пояснити великою кількістю військових з мінно-вибуховою травмою.

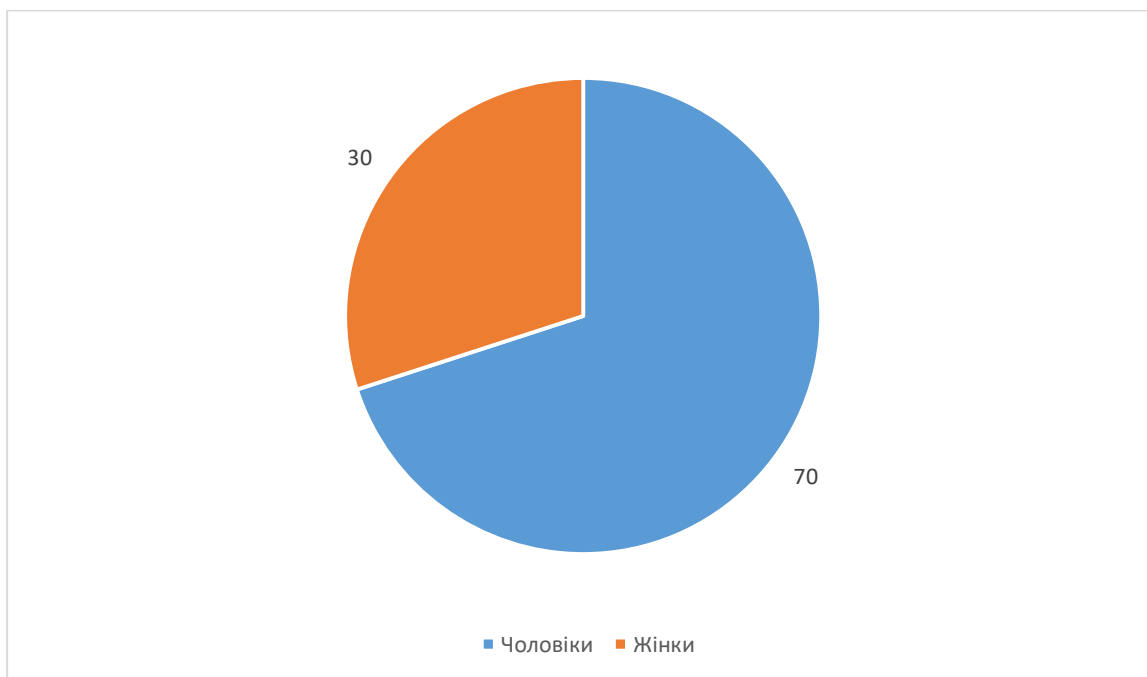


Рис. 3.1.2. Розподіл хворих з переломом проксимального відділу гомілки за статтю, %

Частота переломів проксимального відділу великогомілкової кістки здебільшого корелює з віковими та статевими показниками, особливо якщо це стосується латерального та медіального виростків великогомілкової кістки, що ґрунтується на складній взаємодії анатомо-фізіологічних, гормональних, біомеханічних та соціально-поведінкових факторів. Результати дослідження показують, що більшість травм трапляється з людьми у віці 36–55 років, частіше чоловіків. Максимальна частота у чоловіків спостерігається в 40–50 років; для жінок — 50–60 років.

Переломи у жінок найчастіше трапляються у віці від 50 до 60 років, зміни в організмі, які відповідають менопаузі, оскільки зниження рівня естрогену зрештою призводить до тривалого прогресуючого зниження мінеральної щільності кісток. Естрогени регулюють метаболізм як остеобластів, так і остеокластів; дефіцит призводить до незбалансованого процесу ремоделювання кісток, що знижує мінеральну щільність кісток і підвищує вірогідність виникнення переломів. Потім розвивається або остеопороз, або остеопенія, що ще більше підвищує ризик

низькоенергетичних переломів — падіння з висоти або незначна травма. Трапляються переломи, особливо такі, що включають компресійні або вдавнені переломи плато великогомілкової кістки — при варусній або вальгусній деформації.

Необхідно також враховувати анатомічні особливості: у жінок кісткова тканина менш щільна вже в дитинстві, має тонший кортикальний шар, менший об'єм трабекулярної кістки, що робить їх більш вразливими до вікових змін. У чоловіків ризик переломів частіше асоційований з механізмом травм високої енергії, у дівчат — з крихкістю кістки. Таким чином, виявлений розподіл частоти переломів за віком і статтю є наслідком асоціації біомеханічного навантаження, вікової гормональної нерівноваги і структурної властивості кісткової тканини. Виявлені дані мають перспективне клінічне значення, оскільки дозволяють прогнозувати ризики, диференціювати підходи до профілактики наприклад, програм з профілактики остеопорозу у жінок, та оптимізувати реабілітацію пацієнтів, в залежності від віку та статі.

3.2. Оцінка типів переломів проксимального відділу гомілки та ефективності методів остеосинтезу.

При обстеженні встановлено, що найбільш частими типами переломів проксимального відділу гомілки були 41.A1 (18,3%), 41.A2 (23,3%) та 41.B1 (26,7%). Найрідше зустрічалися переломи типів 41.A3 (3,3%), 41.C1 (5%) та 41.C3 (1,7%) (рис. 3.2.1).

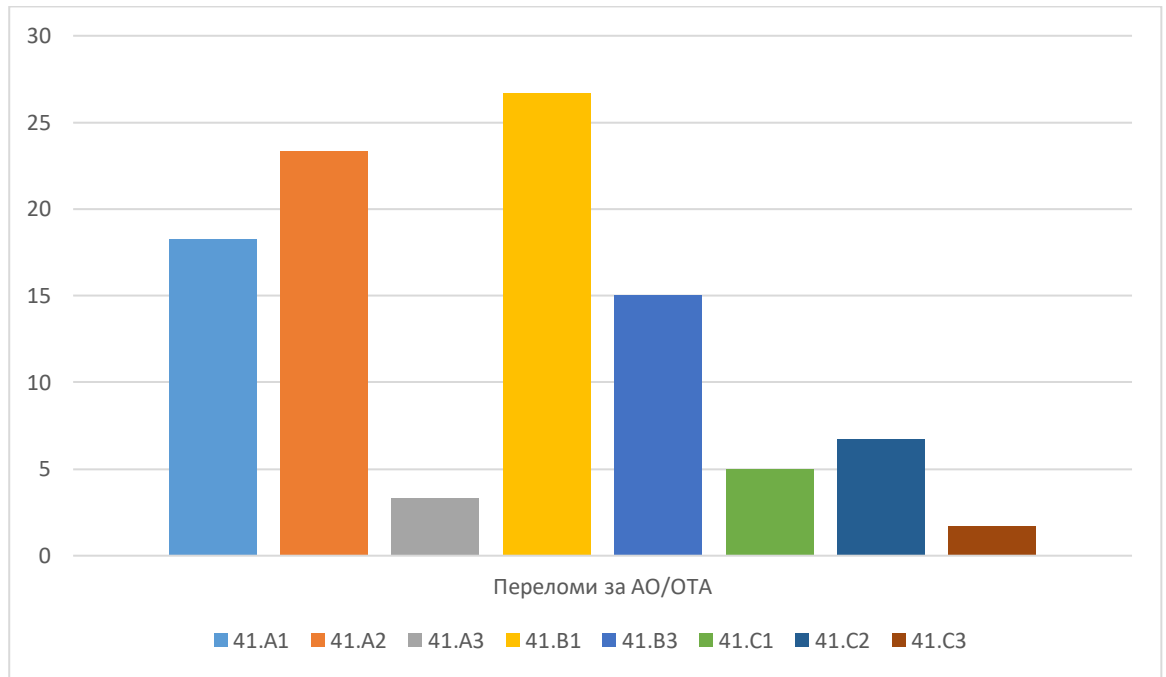


Рис. 3.2.1. Розподіл хворих за типом переломів проксимального відділу гомілки за класифікацією АО/ОТА, %

Класифікація АО/ОТА переломів проксимального відділу гомілки диференціює тип травми за кількістю та локалізацією уламків та ступенем ураження суглоба. Типи 41.A1, 41.A2 та 41.B1, які найчастіше зустрічалися в нашому дослідженні, характеризуються простою структурою, малою кількістю уламків та переважно позасуглобовою локалізацією. Типи 41.A1 та 41.A2 є простими метафізарними позасуглобовими переломи. Частіше за все вони виникають внаслідок низькоенергетичних травм – під час бігу або при падінні. В даному випадку переважає компресійний механізм навантаження, при якому сила впливу передається через колінний суглоб на плато великогомілкової кістки. Внаслідок великої щільності кісткової тканини в даному місці, виникає мала кількість уламків з простими, без значного зміщення, лініями перелому.

Переломи типу 41.B1 належать до внутрішньосуглобових переломів латерального виростка. Вони виникають при вальгусній або варусній деформації, зазвичай внаслідок низькоенергетичних травм. При цьому відбувається часткове руйнування поверхні колінного суглоба.

Переломи типів 41.A3, 41.C2 та 41.C3 належать до складних багатоуламкових внутрішньосуглобових пошкоджень. Вони супроводжуються пошкодженням суглобової поверхні та метафізу великогомілкової кістки. Частіше за все виникають внаслідок високоенергетичних травм, як ДТП, падіння з висоти, при мінно-вибухових травмах. В даному випадку на кістку впливає осьове навантаження, зсувні та ротаційні сили з фрагментацією суглобової поверхні, метафіза та утворенням великої кількості уламків із значним зміщенням.

Таким чином, результати дослідження вказують на те, що прості типи переломів (41.A1, 41.A2, 41.B1) найчастіше трапляються у людей молодого та середнього віку при травмах низької або середньої енергії, тоді як багатоуламкові переломи (тип C за АО/ОТА), трапляються набагато рідше та зумовлені застосуванням динамічної сили високої енергії. Правильне врахування типу перелому АО/ОТА є важливим для вибору оптимальної хірургічної процедури, що забезпечує основу для прогнозування результатів лікування та запобігання розвитку ускладнень.

При обстеженні було встановлено, що у групах 1 і 2, де використовувалися методи CRIF та ORIF відповідно, були наявні переломи типів 41.A1, 41.A2, 41.B1 та 41.B3 за класифікацією АО/ОТА, однак у групі 3 – переломи типів 41.A3, 41.C1, 41.C2, 41.C3 (рис. 3.2.2). Такий розподіл можна пояснити важкістю переломів в групі 3, які потребують більш стабілізації АЗФ.

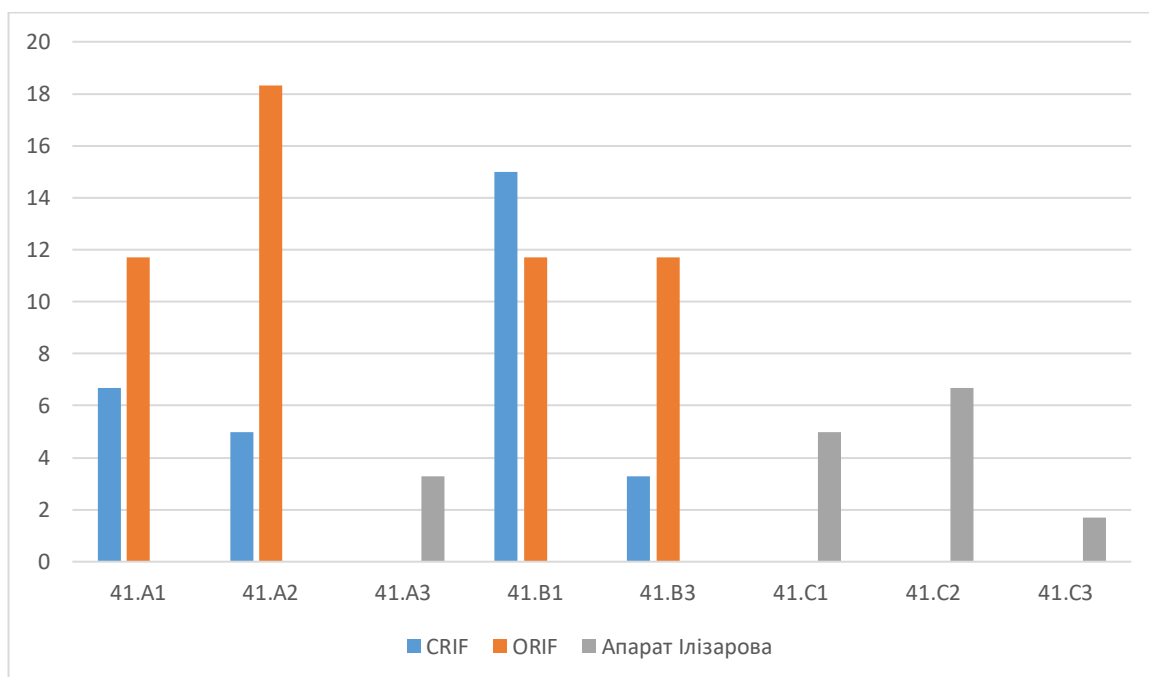


Рис. 3.2.2. Розподіл хворих з проведеними різними методами остеосинтезу в залежності від типу перелому проксимального відділу гомілки за класифікацією АО/ОТА, %

Закрита репозиція з внутрішньою фіксацією (CRIF) – це репозиція без відкритої операції з подальшою внутрішньою фіксацією. Вона є прийнятною альтернативою при переломах проксимального відділу гомілки з малою кількістю уламків без значного зміщення. У випадку, коли зміщення перелому після закритої репозиції перевищує 2 мм, рекомендується відкрита репозиція та внутрішня фіксація. Великим плюсом даного методу є малотравматичність оперативного втручання.

Відкрита репозиція та внутрішня фіксація (ORIF) включає використання імплантатів для створення оптимальних умов для зрощення переломів. Внутрішня фіксація відноситься до фіксації перелому з застосуванням гвинтів та/або пластин, інтрамедулярних стрижнів та інших фіксаторів для забезпечення або полегшення загоєння (рис. 3.3.3). Жорстка фіксація запобігає мікрорухам фрагментів перелому, щоб забезпечити загоєння і запобігти інфекції, яка іноді розвивається при використанні імплантатів, таких як пластини (наприклад, динамічна компресійна пластина) (рис. 3.3.4). Методи ORIF часто використовуються у випадках, пов'язаних з

серйозними переломами, такими як багатоуламкові або переломи зі зміщенням та у випадках, коли консервативні методи лікування не можуть забезпечити задовільний функціональний результат.



Рис. 3.3.3. Пацієнт К., 52 роки Діагноз: Закритий скалковий перелом зовнішнього виростка лівої великогомілкової кістки зі зміщенням. Проведено остеосинтез спонгіозними гвинтами.



Рис. 3.3.4. Пацієнт Р., 32 роки. Діагноз Закритий перелом обох виростків правої великогомілкової кістки зі зміщенням. Проведено остеосинтез медіальною та латеральною опорними пластинами

АЗФ забезпечує мінімально інвазивний підхід, при якому для адекватного втручання з мінімальним пошкодженням м'яких тканин. Інші переваги цієї техніки полягають в забезпеченні гарної стабільності та точного вирівнювання, оскільки можливі коригування під час та після операції. Найголовніше, АЗФ дозволяє проводити позавогнищеву фіксацію з ранньою іммобілізацією пацієнта, що важливо у випадках відкритих та інфікованих переломів, вогнепальних поранень та інфікованих незрощень. Переваги даного метода наочно ілюструє наступний клінічний приклад. Перше оперативне втручання включало ПХО рани, стабілізацію перелому АЗФ (рис. 3.3.5). Як другий етап проведено остеосинтез пластинами LCP (рис. 3.3.6).



Рис. 3.3.5. Пацієнт К., 27 р. Діагноз: Відкритий скалковий перелом проксимального відділу лівої великогомілкової кістки зі зміщенням після остеосинтезу перелому АЗФ.



Рис. 3.3.6. Пацієнт К., 27 р. Стан після остеосинтезу пластинами LCP.

3.3. Оцінка післяопераційних ускладнень.

При обстеженні встановлено, що післяопераційні ускладнення були виявлені в усіх групах хворих. Найнижчий показник був у групі хворих, де остеосинтез проводився з використанням АЗФ (10%), та найвищий – у групі хворих з остеосинтезом за методом ORIF (53,3%) (рис. 3.3.1).

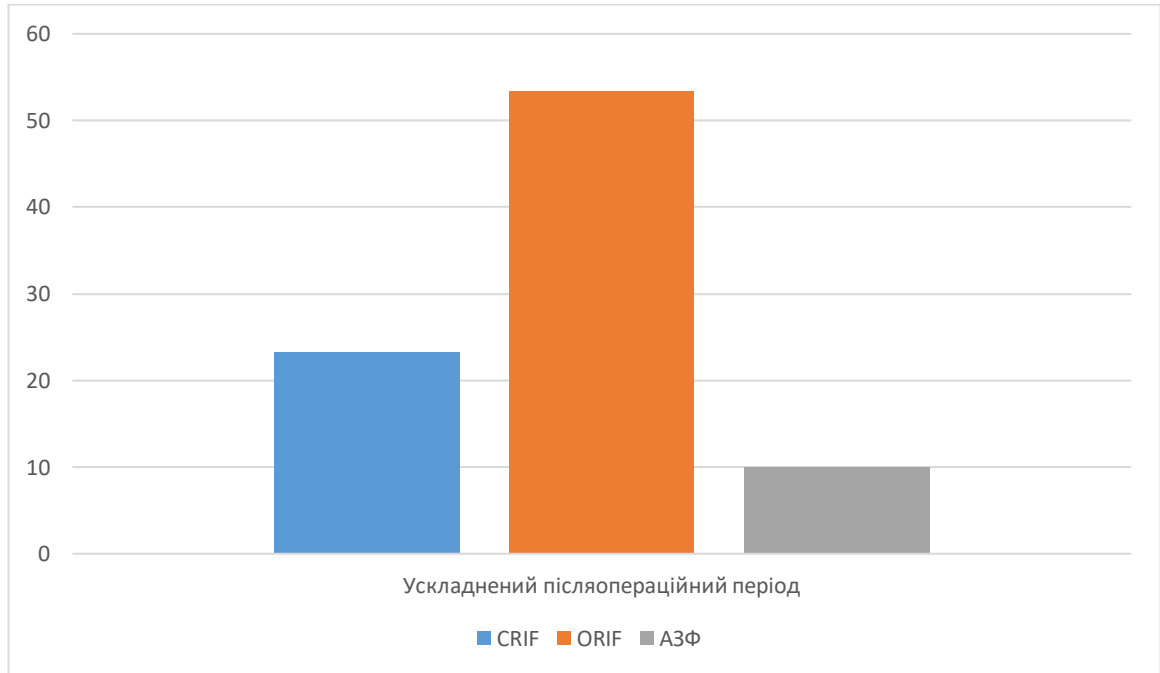


Рис. 3.3.1. Розподіл хворих з ускладненнями в післяопераційному періоді в залежності від методів остеосинтезу, %

Найбільший відсоток проведених хірургічних втручань без ускладнень в короткостроковому та довгостроковому періоді спостерігався при використанні методу остеосинтезу ORIF (15%). Групи 1 і 3 показали однакові значення післяопераційного періоду без ускладнень (6,7%) (рис. 3.3.2).

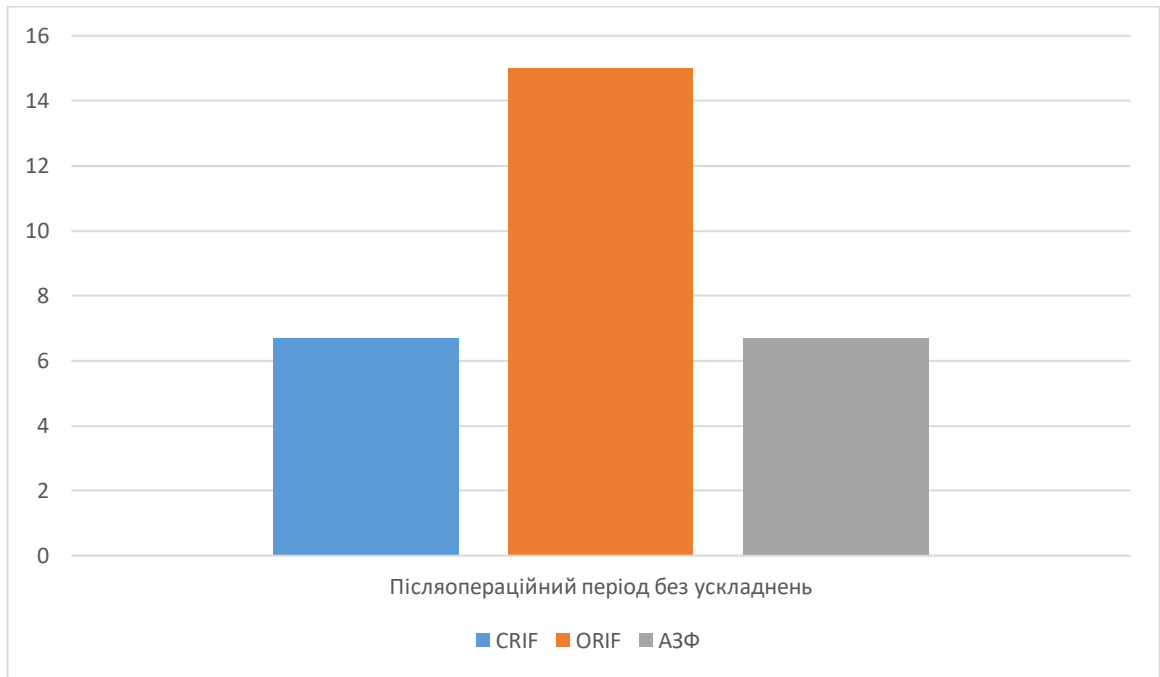


Рис. 3.3.2. Розподіл хворих в післяопераційному періоді без ускладнень в залежності від методів остеосинтезу, %

При обстеженні виявлено, що короткострокові післяопераційні ускладнення були наявні в усіх групах (рис. 3.3.3). Довгострокові ускладнення не визначалися лише в групі 3, де остеосинтез проводився з використанням апарату Ілізарова (рис. 3.3.4).

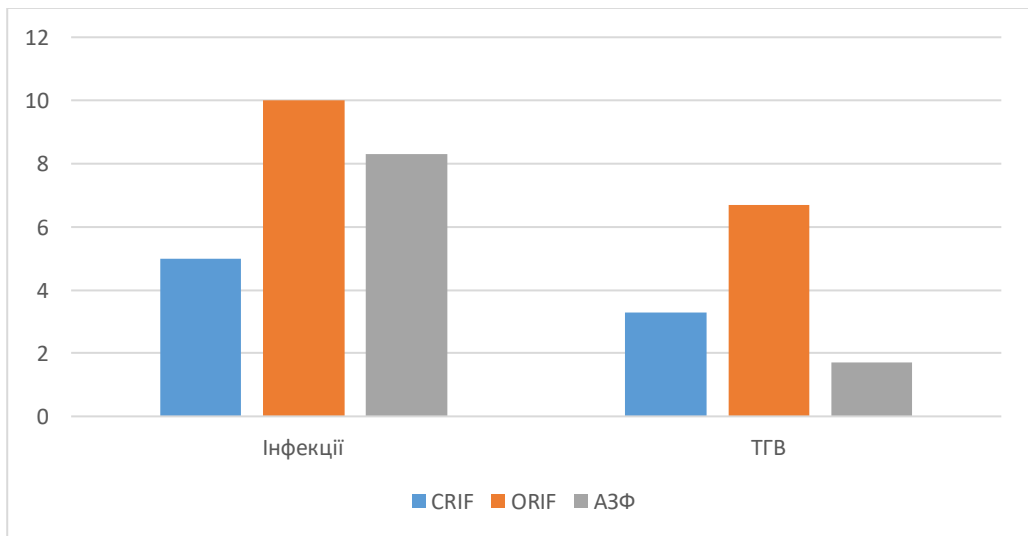


Рис. 3.3.3. Розподіл хворих з ускладненнями в короткостроковому післяопераційному періоді в залежності від методів остеосинтезу, %

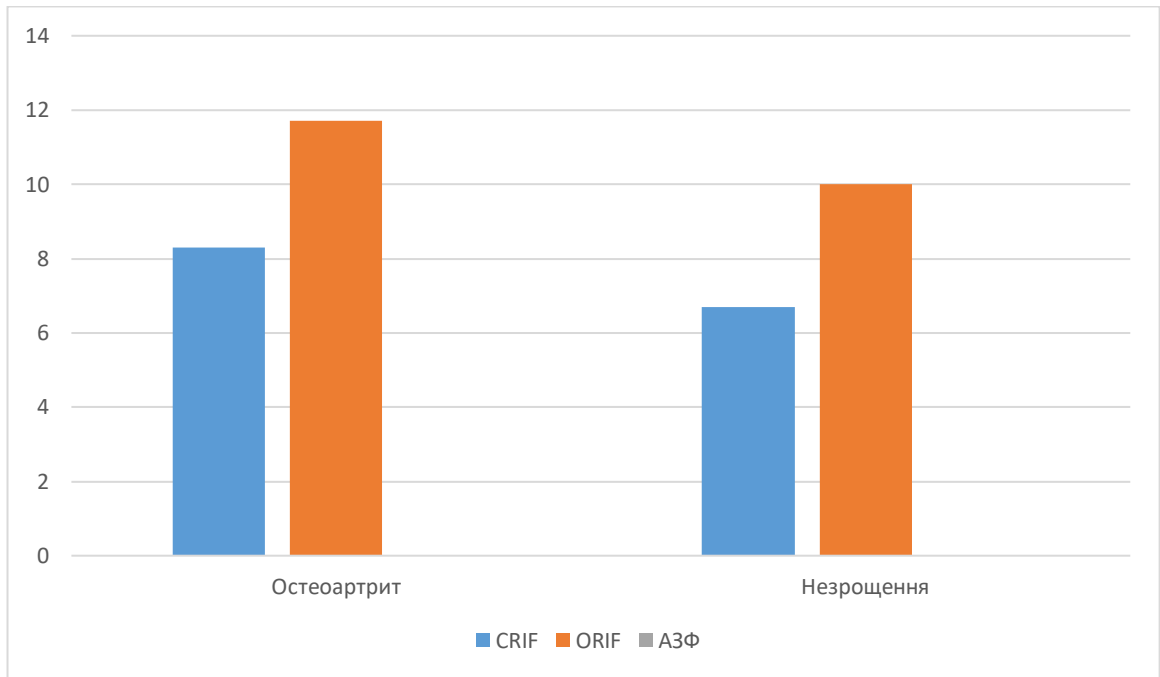


Рис. 3.3.4. Розподіл хворих з ускладненнями в довгостроковому післяопераційному періоді в залежності від методів остеосинтезу, %

При обстеженні встановлено, що інфекційні ускладнення частіше за все проявлялися в групах 2 і 3 (%) та найменше в групі 1 (%) (рис. 3.3.5).

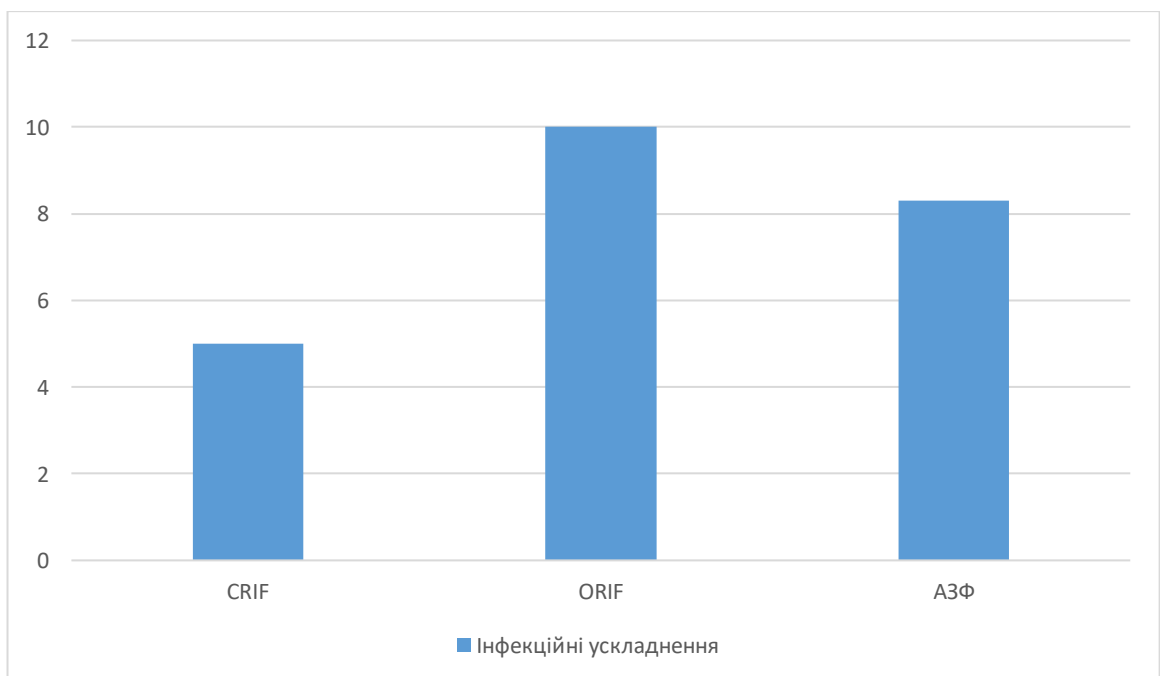


Рис. 3.3.5. Розподіл хворих з інфекційними ускладненнями в залежності від методів остеосинтезу, %

При обстеженні встановлено, що тромбоз глибоких вен частіше за все визначався в групі 2 (%) та найменше в групах 1 та 3 (%) (рис. 3.3.6).

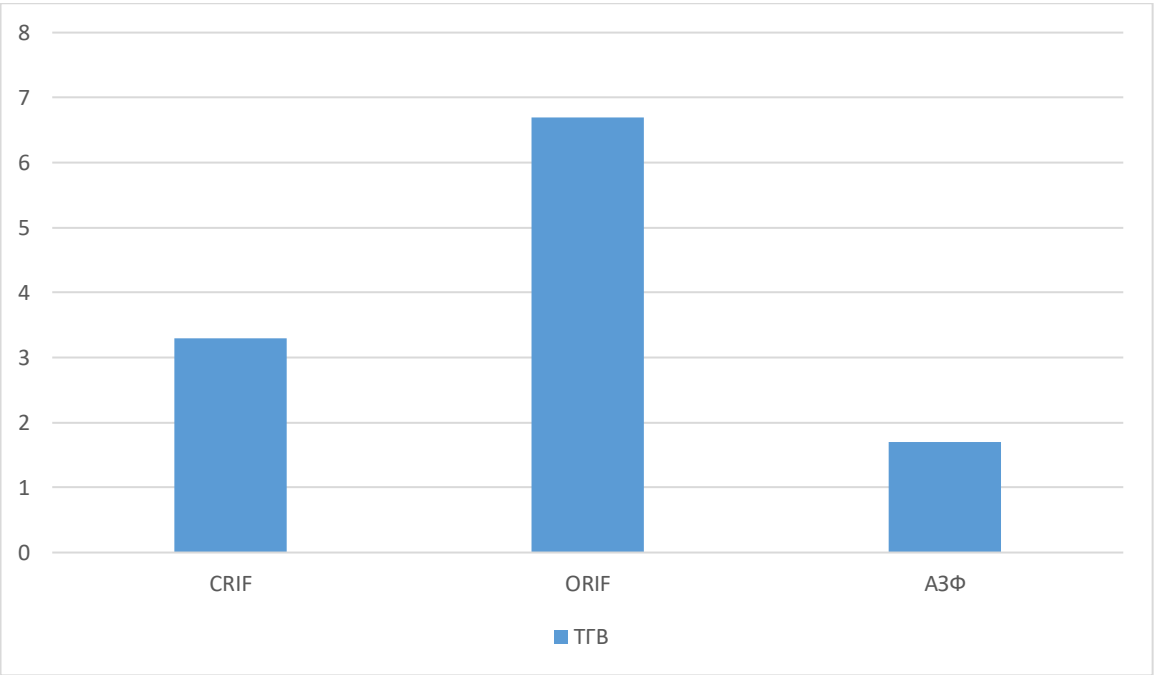


Рис. 3.3.6. Розподіл хворих з тромбозом глибоких вен в залежності від методів остеосинтезу, %

При обстеженні встановлено, що остеоартроз був виявлений лише в групах 1 і 2, остання з яких мала найвищу частоту (%) (рис. 3.3.7).

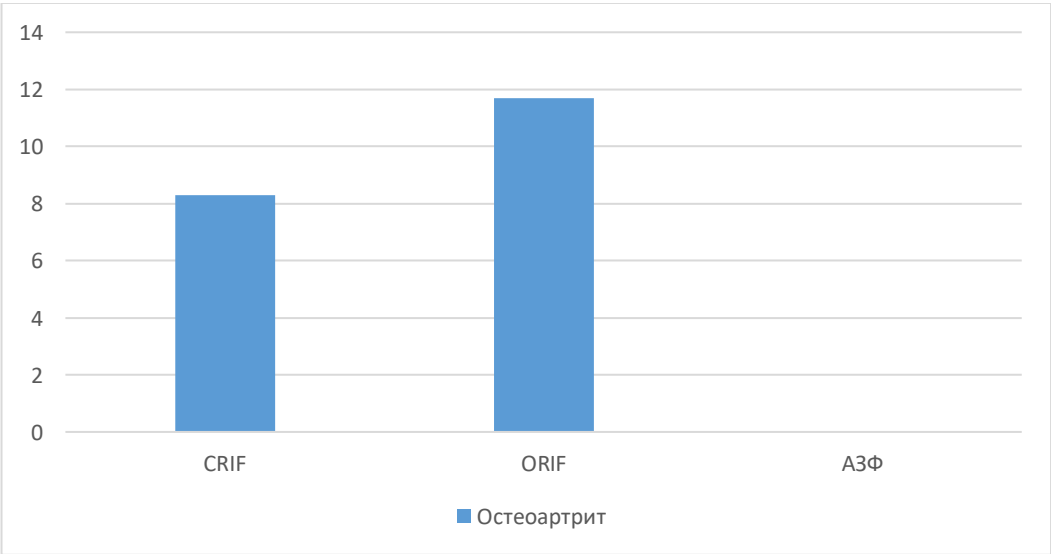


Рис. 3.3.7. Розподіл хворих з остеоартритом в залежності від методів остеосинтезу, %

При обстеженні встановлено, що неправильне зрощення або повне незрощення кісток частіше за все визначався в групі 2 (%) та найменше в групі 1 (%). В групі 3 під час дослідження не було виявлено випадків неправильного зрощення/незрощення (рис. 3.3.8).

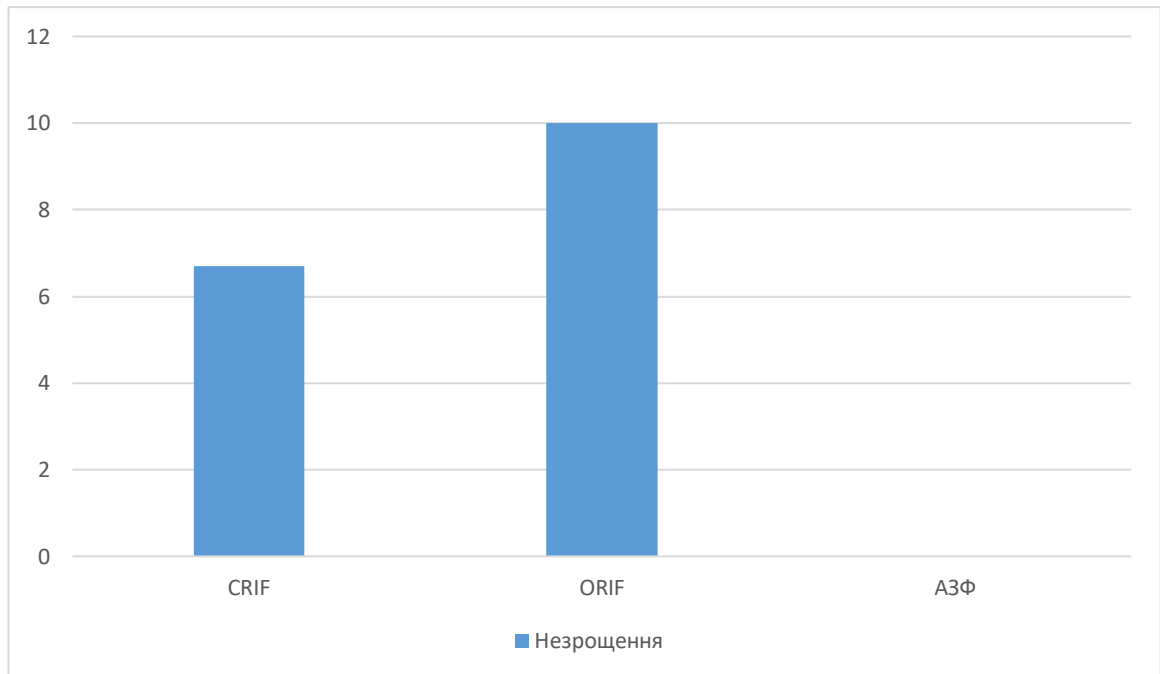


Рис. 3.3.8. Розподіл хворих з неправильним зрощенням або повним незрощенням в залежності від методів остеосинтезу, %

Використання одностороннього зовнішнього фіксатора, стало одним із варіантів реконструкції дефектів кісток нижніх кінцівок, спричинених травмою, хірургічною обробкою кістки на фоні остеомієліту чи після резекції пухлини. Основним ускладненням, що найчастіше зустрічається при цій методиці є інфекція в ділянці введення стержнів, враховуючи тривалий період необхідний для зрощення перелому. Фактори, пов'язані з більш високим ризиком інфекції в місці введення стержня включають в себе старший вік, хронічні супутні захворювання (діабет, ревматоїдний артрит та інші колагенози) шкідливі звички (ожиріння, куріння та алкоголь) та використання стероїдних гормональних препаратів. Крім того, різні типи зовнішніх фіксаторів, локальні особливості ділянки введення стержнів та рухи в суміжних суглобах можуть підвищувати ризик інфекції. Іншим фактором, що

залежить від хірурга, є час операції, який явно пов'язаний зі складністю перелому; кожна додаткова година операції при переломах плато великогомілкової кістки може збільшити частоту інфекції на 7%.

Щодо хронічності інфекції, то існують певні класифікації залежно від часу розвитку: рання інфекція (<2 тижні), відстрочена інфекція (2–10 тижнів) та пізня інфекція (>10 тижнів). Біоплівка на поверхні фіксаторів ще не встигає сформуватися протягом перших 3 тижнів, її формування відбувається пізніше. Відбувається адгезія біоплівки до імплантату, і таким чином, якщо інфекція набуває хронічного характеру, і дуже важко піддається лікуванню. На цьому етапі необхідно змінити терапевтичну стратегію.

Імпресія або нерівність суглобової поверхні, а також деформація на рівні метафізарнодіафізарної ділянки після хірургічного лікування переломів плато великогомілкової кістки можуть ранній розвиток остеоартрозу колінного суглоба внаслідок зміни механічної осі нижньої кінцівки. Щоб запобігти негативним результатам після операції у таких випадках слід провести реостеосинтез або в подальшому ендопротезування колінного суглобу.

На даний момент не існує чітких критеріїв оцінки якості проведеного остеосинтезу, зокрема, якісної чи кількісної оцінки відновлення анатомічної структури цієї ділянки. Можливою причиною є те що немає чіткого рентгенологічного визначення неправильного зрощення. Вік старше 60 років, остеопороз, раннє навантаження ділянки перелому після остеосинтезу, характер зміщення та ступінь роздроблення перелому на даний момент вважаються основними факторами ризику.

Тип неправильного зрощення залежить від типу перелому плато великогомілкової кістки і може бути внутрішньосуглобовим, позасуглобовим або комбінованим, що є важливим фактором при виборі варіантів лікування. Позасуглобові переломи типу A2 або A3 за класифікацією АО/ОТА можуть мати неправильні зрощення у варусній, вальгусній, флексійній або розгинальній позиції. Часткові суглобові переломи (B1, B2 або B3) будуть мати внутрішньосуглобові неправильні зрощення, які, якщо пов'язані з

просіданням (B2, B3), також призведуть до неправильного зрощення у варусній або вальгусній позиції залежно від ураженого плато (латеральне або медіальне). Переломи типу С можуть призвести до комбінованого внутрішньосуглобового та позасуглобового неправильного зрощення з огляду на їх метафізарне розширення.

Для правильної діагностики типу неправильного зрощення переломів рекомендується проводити рентгенограми нижніх кінцівок у переднезадній, бічній проекціях на довгих плівках, для кількісної оцінки зміни механічної осі кінцівки. Також можна виміряти кути між лінією суглоба та механічною віссю. КТ слід включити для аналізу нерівності суглобової поверхні та підтвердження загоєння перелому. МРТ може бути корисною для виявлення супутніх пошкоджень менісків або зв'язок.

Незрощення є рідкісним ускладненням при переломах плато великогомілкової кістки, лікованих за допомогою ORIF. Проксимальна частина великогомілкової кістки є метафізарною ділянкою з гарною васкуляризацією і губчастою тканиною кістки. При цих переломах зазвичай спостерігається хороший контакт між фрагментами з широкими слідами перелому.

Тромбоз глибоких вен (ТГВ) є відомим ускладненням травми, переломів нижніх кінцівок та деяких планових ортопедичних процедур. Частота ТГВ після перелому великогомілкової кістки вважається низькою. Переважна більшість тромбозів глибоких вен є клінічно прихованими. Істотними факторами ризику виступають вік, тривала іммобілізація та час, проведений в операційній.

При остеосинтезі інвазивні операції на кістках можуть зруйнувати кровопостачання кісткового мозку через необхідність розширення кістковомозкової порожнини великогомілкової кістки. Більше того, добре відомо, що чим більший діаметр інтрамедулярного стрижня, тим краще стабільність внутрішньої фіксації. Однак досягнення оптимальної стабільності часто викликає додаткову масивну втрату крові. Хоча переливання крові може

вирішити проблему хірургічної втрати крові, певною мірою воно також може збільшити ризик інфекції та можливість реакції на переливання крові і, отже, ризик тромбозу глибоких вен.

Добре відомо, що застій венозного кровотоку є основною причиною тромбозу глибоких вен. Оперативне втручання є однією з основних причин розвитку тромбозів і попри те, що частота клінічно значущих ТГВ при переломах великогомілкової кістки низька, тромбопрофілактика має проводитися обов'язково ґрунтуючись на наявності факторів ризику, пов'язаних із цими ускладненнями.

ВИСНОВКИ

У магістерській науково-кваліфікаційній роботі вирішене актуальне завдання травматології, суть якого полягає у покращенні результатів лікування переломів проксимального відділу гомілки, підвищення ефективності лікування, усунення факторів ризику та контроль післяопераційних ускладнень.

1. Переломи проксимального відділу гомілки найчастіше виникають в молодому віці при заняттях спортом, особливо бігом та у людей старшого віку через зміни структури кісток та суглобів. В наш час збільшилася кількість таких травм у чоловіків середнього віку, а саме військових, внаслідок мінно-вибухових травм.

2. Важко виділити найефективніший метод остеосинтезу. Кожен з розглянутих нами має певні переваги і недоліки. Використання кожного з них обумовлено клінічною картиною та класифікаційним типом перелому проксимального відділу гомілки. При багатоуламкових переломах (тип С за АО/ОТА) краще використовувати апарат Ілізарова. При простих переломах, з малою кількістю уламків доцільне використання фіксації анатомічними пластинами методом CRIF, що є менш травматичним варіантом остеосинтезу.

3. Післяопераційні ускладнення нерідко виникають при переломах проксимального відділу гомілки. Це обумовлено особливістю проведення остеосинтезу, складністю операційного втручання та іншими факторами ризику. Інфекційні ускладнення частіше зустрічалися при відкритих переломах синтезованих АЗФ. При застосуванні анатомічних пластин методом ORIF частіше при інших методах викликав тромбоз глибоких вен, остеоартроз та незрощення, що пояснюється особливостями даної методики та складністю переломів з важким пошкодженням суглобової поверхні, які мають несприятливий прогноз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hadeed MM, Post M, Werner BC. Partial Fibular Head Resection Technique for Snapping Biceps Femoris. *Arthrosc Tech*. 2018 Aug;7(8):e859-e862.
2. Gupton M, Munjal A, Kang M. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): May 23, 2023. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Fibula.
3. Puzzitiello RN, Agarwalla A, Zuke WA, Garcia GH, Forsythe B. Imaging Diagnosis of Injury to the Anterolateral Ligament in Patients With Anterior Cruciate Ligaments: Association of Anterolateral Ligament Injury With Other Types of Knee Pathology and Grade of Pivot-Shift Examination: A Systematic Review. *Arthroscopy*. 2018 Sep;34(9):2728-2738.
4. Juneja P, Hubbard JB. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Aug 28, 2023. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Tibialis Anterior Muscles.
5. Bandovic I, Holme MR, Black AC, Futterman B. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): May 6, 2024. Anatomy, Bone Markings.
6. Beverly, M., Stamm, G., Hamilton, T. W., Murray, D. W., & Pandit, H. G. (2018). Upper tibial MRI vascular marks lost in early knee osteoarthritis. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 13(1), 281. <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0991-y>.
7. Guerra-Pinto F, Côrte-Real N, Mota Gomes T, Silva MD, Consciência JG, Monzo M, Oliva XM. Rotational Instability after Anterior Talofibular and Calcaneofibular Ligament Section: The Experimental Basis for the Ankle Pivot Test. *J Foot Ankle Surg*. 2018 Nov-Dec;57(6):1087-1091.
8. Bourne M, Sinkler MA, Murphy PB. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Tibia. [Updated 2023 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-.

9. Christian & Szatkowski, Jan & Riehl, John. (2020). Tibial Plateau Fracture. 10.5772/intechopen.92684.
10. Thamyongkit S, Fayad LM, Jones LC, Hasenboehler EA, Sirisreetreerux N, Shafiq B. The distal femur is a reliable guide for tibial plateau fracture reduction: A study of measurements on 3D CT scans in 84 healthy knees. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2018;13(1):224.
11. Johannsen AM, Cook AM, Gardner MJ, Bishop JA. Defining the width of the normal tibial plateau relative to the distal femur: Critical normative data for identifying pathologic widening in tibial plateau fractures. *Clinical Anatomy*. 2018;31(5):688-692.
12. Rozell, J. C., Vemulapalli, K. C., Gary, J. L., & Donegan, D. J. (2016). Tibial Plateau Fractures in Elderly Patients. *Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation*, 7(3), 126–134. <https://doi.org/10.1177/2151458516651310>.
13. Peez, C., Waider, C., Deichsel, A., Briese, T., Palma Kries, L. K., Herbst, E., Raschke, M. J., & Kittl, C. (2024). Proximal tibial anatomical axis and anterior tibial cortex-based measurements of posterior tibial slope on lateral radiographs differ least from actual posterior tibial slope-A biomechanical study. *Journal of experimental orthopaedics*, 11(4), e70108. <https://doi.org/10.1002/jeo2.70108>.
14. Weinberg DS, Williamson DF, Gebhart JJ, Knapik DM, Voos JE. Differences in medial and lateral posterior tibial slope: An osteological review of 1090 tibiae comparing age, sex, and race. *The American Journal of Sports Medicine*. 2017;45(1):106-113.
15. Garrett A, Geiger Z. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Aug 8, 2023. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Calf Deep Peroneal Nerve (Deep Fibular Nerve).
16. Gupton M, Imonugo O, Black AC, Launico MV, Terreberry RR. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Nov 5, 2023. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee.

17. Oberna F, Czuczor M, Füzes A. [Mandibular angle and head reconstruction with fibular free flap]. *Magy Onkol.* 2018 Sep 26;62(3):169-174.
18. Gupton M, Munjal A, Kang M. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Fibula. [Updated 2023 May 23]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-.
19. Sarma, A., Borgohain, B., & Saikia, B. (2015). Proximal tibiofibular joint: Rendezvous with a forgotten articulation. *Indian journal of orthopaedics*, 49(5), 489–495. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.164041>.
20. Anderson DD, Mosqueda T, Thomas T, Hermanson EL, Brown TD, Marsh JL. Quantifying tibial plafond fracture severity: Absorbed energy and fragment displacement agree with clinical rank ordering. *Journal of Orthopaedic Research.* 2008;26(8):1046-1052.
21. Kugelman D, Qatu A, Haglin J, Leucht P, Konda S, Egol K. Complications and unplanned outcomes following operative treatment of tibial plateau fractures. *Injury [Internet].* 2017;48(10):2221-2229.
22. Cuéllar, V. G., Martinez, D., Immerman, I., Oh, C., Walker, P. S., & Egol, K. A. (2015). A Biomechanical Study of Posteromedial Tibial Plateau Fracture Stability: Do They All Require Fixation?. *Journal of orthopaedic trauma*, 29(7), 325–330. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000277>.
23. Rizzone et al. (2017). Rizzone KH, Ackerman KE, Roos KG, Dompier TP, Kerr ZY. The epidemiology of stress fractures in collegiate student-athletes, 2004–2005 through 2013–2014 academic years. *Journal of Athletic Training.* 2017;52(10):966–975. doi: 10.4085/1062-6050-52.8.01.
24. Tschopp, M., & Brunner, F. (2017). Erkrankungen und Überlastungsschäden an der unteren Extremität bei Langstreckenläufern [Diseases and overuse injuries of the lower extremities in long distance runners]. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 76(5), 443–450. <https://doi.org/10.1007/s00393-017-0276-6>.
25. Popp et al. (2019). Popp KL, Frye AC, Stovitz SD, Hughes JM. Bone geometry and lower extremity bone stress injuries in male runners. *Journal of*

Science and Medicine in Sport. 2019;23(2):145–150. doi: 10.1016/j.jsams.2019.09.009.

26. Beck et al. (2014). Beck BR, Rudolph K, Matheson GO, Bergman AG, Norling TL. Risk factors for tibial stress injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2014;25(3):230–236. doi: 10.1097/JSM.0000000000000126.

27. Schatzker J, McBroom R, Bruce D. The tibial plateau fracture. The Toronto experience 1968-1975. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1979;(138):94-104.

28. Luo CF, Sun H, Zhang B, Zeng BF. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2010;24(11):683-692.

29. Zhu Y, Yang G, Luo CF, Smith WR, Hu CF, Gao H, et al. Computed tomography-based three-column classification in tibial plateau fractures: Introduction of its utility and assessment of its reproducibility. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2012;73(3):731-737.

30. Wang Y, Luo C, Zhu Y, Zhai Q, Zhan Y, Qiu W, et al. Updated three-column concept in surgical treatment for tibial plateau fractures—A prospective cohort study of 287 patients. *Injury*. 2016;47(7):1488-1496.

31. Yang G, Zhai Q, Zhu Y, Sun H, Putnis S, Luo C. The incidence of posterior tibial plateau fracture: An investigation of 525 fractures by using a CT-based classification system. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2013;133(7):929-934.

32. Hua K, Jiang X, Zha Y, Chen C, Zhang B, Mao Y. Retrospective analysis of 514 cases of tibial plateau fractures based on morphology and injury mechanism. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2019;14(1):267.

33. Wahlquist M, Iagulli N, Ebraheim N, Levine J. Medial tibial plateau fractures: A new classification system. *The Journal of Trauma*. 2007;63(6):1418-1421.

34. Stark E, Stucken C, Trainer G, Tornetta P 3rd. Compartment syndrome in Schatzker type VI plateau fractures and medial condylar fracture-dislocations

treated with temporary external fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2009;23(7):502-506.

35. Allmon C, Greenwell P, Paryavi E, Dubina A, O'Toole RV. Radiographic predictors of compartment syndrome occurring after tibial fracture. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2016;30(7):387-391.

36. Blair JA, Stoops TK, Doarn MC, Kemper D, Erdogan M, Griffing R, et al. Infection and nonunion after fasciotomy for compartment syndrome associated with tibia fractures: A matched cohort comparison. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2016;30(7):392-396.

37. Marchand LS, Working ZM, Rane AA, Elliott IS, Gilbertson E, Rothberg DL, et al. Compartment syndrome in tibial plateau fractures: Do previously established predictors have external validity? *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2019;34(5):238-243.

38. Gamulin A, Lubbeke A, Belinga P, Hoffmeyer P, Perneger TV, Zingg M, et al. Clinical and radiographic predictors of acute compartment syndrome in the treatment of tibial plateau fractures: A retrospective cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2017;18(1):307.

39. Fracture and Dislocation Compendium. Orthopaedic Trauma Association Committee for coding and classification. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 1996;10(Suppl 1:v-ix):1-154.

40. Julio Urrutia, Tomas Zamora, Pablo Besa, Maximiliano Zamora, Daniel Schweitzer, Ianiv Klaber, Inter and intra-observer agreement evaluation of the AO and the Tronzo classification systems of fractures of the trochanteric area, *Injury*, Volume 46, Issue 6, 2015, Pages 1054-1058, ISSN 0020-1383.

41. Pablo Besa, Manuela Angulo, Raimundo Vial, Rafael Vega, Luis Irribarra, Daniel Lobos, Felipe Sandoval, Sebastián Irrázaval, The AO classification system for tibial plateau fractures: An independent inter and intraobserver agreement study, *Injury*, Volume 54, Supplement 6, 2023, 110741, ISSN 0020-1383.

42. Moore TM, Patzakis MJ, Harvey JP. Tibial plateau fractures: Definition, demographics, treatment rationale, and long-term results of closed traction management or operative reduction. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 1987;1(2):97-119.
43. Moore TM. Fracture–dislocation of the knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1981;156:128-140.
44. Luo CF, Sun H, Zhang B, Zeng BF. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. (2010) 24(11):683–92. 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.
45. Hoekstra H, Kempnaers K, Nijs S. A revised 3-column classification approach for the surgical planning of extended lateral tibial plateau fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg*. (2017) 43(5):637–43. 10.1007/s00068-016-0696-z.
46. Krause M, Preiss A, Müller G, Madert J, Fehske K, Neumann MV, et al. Intra-articular tibial plateau fracture characteristics according to the “ten segment classification”. *Injury*. (2016) 47(11):2551–7. 10.1016/j.injury.2016.09.014.
47. Gahr, P., Kopf, S., & Pauly, S. (2023). Current concepts review. Management of proximal tibial fractures. *Frontiers in surgery*, 10, 1138274. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1138274>.
48. Jiwanlal A, Jeray KJ. Outcome of posterior tibial plateau fixation. *The Journal of Knee Surgery*. 2016;29(1):34-39.
49. Rolvien T, Barvencik F, Klatte TO, Busse B, Hahn M, Rueger JM, et al. Ss-TCP bone substitutes in tibial plateau depression fractures. *The Knee*. 2017;24(5):1138-1145.
50. Krause M, Krüger S, Müller G, Püschel K, Frosch KH. How can the articular surface of the tibial plateau be best exposed? A comparison of specific surgical approaches. *Arch Orthop Trauma Surg*. (2019) 139(10):1369–77. 10.1007/s00402-019-03200-z.
51. Krause M, Preiss A, Meenen NM, Madert J, Frosch KH. “Fracturoscopy” is superior to fluoroscopy in the articular reconstruction of Complex tibial plateau fractures-an arthroscopy assisted fracture reduction

technique. *J Orthop Trauma.* (2016) 30(8):437–44.
10.1097/BOT.0000000000000569.

52. Tscherne H, Oestern HJ. A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures (author's Transl). *Unfallheilkunde.* (1982) 85(3):111–5.

53. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.* (1976) 58(4):453–8.
10.2106/00004623-197658040-00004.

54. Halvorson JJ, Anz A, Langfitt M, Deonanan JK, Scott A, Teasdall RD, et al. Vascular injury associated with extremity trauma: Initial diagnosis and management. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons.* 2011;19(8):495-504.

55. O'Banion, L. A., Dirks, R., Farooqui, E., Saldana-Ruiz, N., Yoon, W. J., Pozolo, C., Fox, C., Crally, A., Siada, S., Nehler, M. R., Brooke, B. S., Beckstrom, J. L., Kiang, S., Boggs, H. K., Chandra, V., Ho, V. T., Zhou, W., Lee, A., Bowens, N., Cho, Y., ... Magee, G. A. (2021). Popliteal scoring assessment for vascular extremity injuries in trauma study. *Journal of vascular surgery*, 74(3), 804–813.e3.
<https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.02.015>.

56. Malotín, T., Matějka, T., & Matějka, J. (2021). Diagnostika, terapie a komplikace luxace kolenního kloubu: retrospektivní studie [Diagnosis, Treatment and Complications of Knee Dislocation: a Retrospective Study]. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca*, 88(2), 107–116.

57. Liu, Z., Li, G., Yang, Y., Gao, C. H., Luo, Y. Q., & Luo, J. J. (2014). *Zhongguo gu shang* = China journal of orthopaedics and traumatology, 27(11), 961–964.

58. Song, Q. Z., & Li, T. (2012). *Zhongguo gu shang* = China journal of orthopaedics and traumatology, 25(3), 202–204.

59. Suthar, A., Yukata, K., Suetomi, Y., Yamazaki, K., Sakai, T., & Fujii, H. (2021). Bisphosphonate-related atypical insufficiency fracture of the tibial

plateau : A case report. *The journal of medical investigation : JMI*, 68(1.2), 186–188. <https://doi.org/10.2152/jmi.68.186>.

60. Millar SC, Arnold JB, Thewlis D, Fraysse F, Solomon LB. A systematic literature review of tibial plateau fractures: what classifications are used and how reliable and useful are they? *Injury*. (2018) 49(3):473–90. [10.1016/j.injury.2018.01.025](https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.01.025).

61. Frosch KH, Balcarek P, Walde T, Stürmer KM. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(8):515–520.

62. te Stroet, M. A., Holla, M., Biert, J., & van Kampen, A. (2011). The value of a CT scan compared to plain radiographs for the classification and treatment plan in tibial plateau fractures. *Emergency radiology*, 18(4), 279–283. <https://doi.org/10.1007/s10140-010-0932-5>.

63. Dodd, A., Oddone Paolucci, E., & Korley, R. (2015). The effect of three-dimensional computed tomography reconstructions on preoperative planning of tibial plateau fractures: a case-control series. *BMC musculoskeletal disorders*, 16, 144. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0608-0>.

64. Molenaars, R. J., Mellema, J. J., Doornberg, J. N., & Kloen, P. (2015). Tibial Plateau Fracture Characteristics: Computed Tomography Mapping of Lateral, Medial, and Bicondylar Fractures. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 97(18), 1512–1520. <https://doi.org/10.2106/JBJS.N.00866>.

65. Markhardt BK, Gross JM, Monu JU. Schatzker classification of tibial plateau fractures: Use of CT and MR imaging improves assessment. *Radiographics*. 2009;29(2):585-597.

66. Brunner A, Horisberger M, Ulmar B, Hoffmann A, Babst R. Classification systems for tibial plateau fractures; does computed tomography scanning improve their reliability? *Injury*. 2010;41(2):173-178.

67. Molenaars RJ, Mellema JJ, Doornberg JN, Kloen P. Tibial plateau fracture characteristics: Computed tomography mapping of lateral, medial, and

bicondylar fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2015;97(18):1512-1520.

68. Chen, P., Shen, H., Wang, W., Ni, B., Fan, Z., & Lu, H. (2016). The morphological features of different Schatzker types of tibial plateau fractures: a three-dimensional computed tomography study. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 11(1), 94. <https://doi.org/10.1186/s13018-016-0427-5>.

69. Taşkesen, A., Demirkale, İ., Okkaoğlu, M. C., Özdemir, M., Bilgili, M. G., & Altay, M. (2017). Intraobserver and interobserver reliability assessment of tibial plateau fracture classification systems. *Eklem hastalıkları ve cerrahisi = Joint diseases & related surgery*, 28(3), 177–181. <https://doi.org/10.5606/ehc.2017.56816>.

70. Stannard JP, Lopez R, Volgas D. Soft tissue injury of the knee after tibial plateau fractures. *The Journal of Knee Surgery*. 2010;23(4):187-192.

71. Kosy, J. D., Matteliano, L., Rastogi, A., Pearce, D., & Whelan, D. B. (2018). Meniscal root tears occur frequently in multi-ligament knee injury and can be predicted by associated MRI injury patterns. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 26(12), 3731–3737. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5009-0>.

72. Nolte et al. (2020).Nolte D, Ko S-T, Bull AMJ, Kedgley AE. Reconstruction of the lower limb bones from digitised anatomical landmarks using statistical shape modelling. *Gait & Posture*. 2020;77:269–275. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.02.010.

73. Bruce et al. (2021).Bruce OL, Baggaley M, Welte L, Rainbow MJ, Edwards WB. A statistical shape model of the tibia-fibula complex: sexual dimorphism and effects of age on reconstruction accuracy from anatomical landmarks. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2021;25(8):875–886. doi: 10.1080/10255842.2021.1985111.

74. Pisani et al. (2016).Pisani E, Aaby P, Breugelmans JG, Carr D, Groves T, Helinski M, Kamuya D, Kern S, Littler K, Marsh V, Mboup S, Merson L, Sankoh O, Serafini M, Schneider M, Schoenenberger V, Guerin PJ. Beyond open data:

realising the health benefits of sharing data: table 1. *BMJ*. 2016;355:i5295. doi: 10.1136/bmj.i5295.

75. Pronk (2019). Pronk TE. The time efficiency gain in sharing and reuse of research data. *Data Science Journal*. 2019;18(3):1–8. doi: 10.5334/dsj-2019-010.

76. Keast, M., Bonacci, J., & Fox, A. (2023). Geometric variation of the human tibia-fibula: a public dataset of tibia-fibula surface meshes and statistical shape model. *PeerJ*, 11, e14708. <https://doi.org/10.7717/peerj.14708/>

77. Gardner MJ, Yacoubian S, Geller D, Pode M, Mintz D, Helfet DL, et al. Prediction of soft-tissue injuries in Schatzker II tibial plateau fractures based on measurements of plain radiographs. *J Trauma*. (2006) 60(2):319–23; discussion 24. 10.1097/01.ta.0000203548.50829.92/

78. Kolb JP, Regier M, Vettorazzi E, Stiel N, Petersen JP, Behzadi C, et al. Prediction of meniscal and ligamentous injuries in lateral tibial plateau fractures based on measurements of lateral plateau widening on multidetector computed tomography scans. *Biomed Res Int*. (2018) 2018:5353820. 10.1155/2018/5353820/

79. Vaillancourt C, Shrier I, Vandal A, Falk M, Rossignol M, Vernec A, et al. Acute compartment syndrome: How long before muscle necrosis occurs? *CJEM*. 2004;6(3):147-154.

80. Ulmer T. The clinical diagnosis of compartment syndrome of the lower leg: Are clinical findings predictive of the disorder? *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2002;16(8):572-577.

81. Schmidt AH. Acute compartment syndrome. *Injury*. 2017;48(Suppl 1):S22-SS5.

82. Prayson MJ, Chen JL, Hampers D, Vogt M, Fenwick J, Meredick R. Baseline compartment pressure measurements in isolated lower extremity fractures without clinical compartment syndrome. *The Journal of Trauma*. 2006;60(5):1037-1040.

83. Kakar S, Firoozabadi R, McKean J, Tornetta P 3rd. Diastolic blood pressure in patients with tibia fractures under anaesthesia: Implications for the

diagnosis of compartment syndrome. *Journal of Orthopaedic Trauma*.2007;21(2):99-103.

84. McQueen MM, Duckworth AD, Aitken SA, Court-Brown CM. The estimated sensitivity and specificity of compartment pressure monitoring for acute compartment syndrome. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2013;95(8):673-677.

85. Warner SJ, Garner MR, Schottel PC, Fabricant PD, Thacher RR, Loftus ML, et al. The effect of soft tissue injuries on clinical outcomes after tibial plateau fracture fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma*.2018;32(3):141-147.

86. Gardner MJ, Yacoubian S, Geller D, Suk M, Mintz D, Potter H, et al. The incidence of soft tissue injury in operative tibial plateau fractures: A magnetic resonance imaging analysis of 103 patients. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2005;19(2):79-84.

87. Porrino, J., Richardson, M. L., Hovis, K., Twaddle, B., & Gee, A. (2018). Association of Tibial Plateau Fracture Morphology With Ligament Disruption in the Context of Multiligament Knee Injury. *Current problems in diagnostic radiology*, 47(6), 410–416. <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2017.09.001>.

88. Ringus VM, Lemley FR, Hubbard DF, Wearden S, Jones DL. Lateral tibial plateau fracture depression as a predictor of lateral meniscus pathology. *Orthopedics*.2010;33(2):80-84.

89. Spiro AS, Regier M, Novo deOliveira A, Vettorazzi E, Hoffmann M, Petersen JP, et al. The degree of articular depression as a predictor of soft-tissue injuries in tibial plateau fracture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21(3):564-570.

90. Durakbasa MO, Kose O, Ermis MN, Demirtas A, Gunday S, Islam C. Measurement of lateral plateau depression and lateral plateau widening in a Schatzker type II fracture can predict a lateral meniscal injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21(9):2141-2146.

91. Gardner MJ, Yacoubian S, Geller D, Pode M, Mintz D, Helfet DL, et al. Prediction of soft-tissue injuries in Schatzker II tibial plateau fractures based on measurements of plain radiographs. *The Journal of Trauma*. 2006;60(2):319-323. discussion 24.
92. Stahl D, Serrano-Riera R, Collin K, Griffing R, Defenbaugh B, Sagi HC. Operatively treated meniscal tears associated with tibial plateau fractures: A report on 661 patients. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2015;29(7):322-324.
93. Wang, J., Wei, J., & Wang, M. (2015). The distinct prediction standards for radiological assessments associated with soft tissue injuries in the acute tibial plateau fracture. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*, 25(5), 913–920. <https://doi.org/10.1007/s00590-015-1614-5>.
94. Jabara, J. T., Only, A. J., Paull, T. Z., Wise, K. L., Swiontkowski, M. F., & Nguyen, M. P. (2022). Arthroscopically Assisted Percutaneous Screw Fixation of Tibial Plateau Fractures. *JBJS essential surgical techniques*, 12(2), e21.00026. <https://doi.org/10.2106/JBJS.ST.21.00026>.
95. Canadian Orthopaedic Trauma Society. Open reduction and internal fixation compared with circular fixator application for bicondylar tibial plateau fractures. Results of a multicenter, prospective, randomized clinical trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2006;88(12):2613-2623.
96. Moore TM, Meyers MH, Harvey J PJr. Collateral ligament laxity of the knee. Long-term comparison between plateau fractures and normal. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 1976;58(5):594-598.
97. Elsoe R, Motahar I, Mahdi F, Larsen P. Presence of magnetic resonance imaging verified soft tissue injuries did not significantly affect the patient-reported outcome 12 months following a lateral tibial plateau fracture: A 12-month prospective cohort study of 56 patients. *The Knee*. 2020;27(2):420-427.
98. Krause, M., Müller, G., & Frosch, K. H. (2019). Erweiterter medialer und erweiterter lateraler Zugang bei Tibiakopffrakturen [Extended medial and

extended lateral approach for tibial plateau fractures]. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 31(2), 127–142. <https://doi.org/10.1007/s00064-019-0593-9>.

99. van Leeuwen CAT, Hoffman RPC, Hoogendoorn JM. Long-term outcome in operatively and non-operatively treated isolated type B fibula fractures. *Injury*. 2019 Dec;50(12):2318-2323.

100. Prat-Fabregat, S., & Camacho-Carrasco, P. (2017). Treatment strategy for tibial plateau fractures: an update. *EFORT open reviews*, 1(5), 225–232. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.000031>.

101. Giannoudis PV, Tzioupis C, Papathanassopoulos A, Obakponovwe O, Roberts C. Articular step-off and risk of post-traumatic osteoarthritis. Evidence today. *Injury*. (2010) 41(10):986–95. [10.1016/j.injury.2010.08.003](https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.08.003).

102. Yoon, R. S., Liporace, F. A., & Egol, K. A. (2015). Definitive fixation of tibial plateau fractures. *The Orthopedic clinics of North America*, 46(3), 363–x. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2015.02.005>.

103. Narayan B, Harris C, Nayagam S. Treatment of high-energy tibial plateau fractures. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* (2006) 1(1):18–28. [10.1007/s11751-006-0002-4](https://doi.org/10.1007/s11751-006-0002-4).

104. Prat-Fabregat S, Camacho-Carrasco P. Treatment strategy for tibial plateau fractures: an update. *EFORT Open Rev* 2016;1:225-232.

105. Raschke, M. J., Kittl, C., & Domnick, C. (2017). Partial proximal tibia fractures. *EFORT open reviews*, 2(5), 241–249. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.2.160067>.

106. Zhang, P., Li, C., Chen, F., Yan, W., & Wang, W. (2015). Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi = Zhongguo xiufu chongjian waike zazhi = Chinese journal of reparative and reconstructive surgery, 29(9), 1072–1075.

107. Johnson EE, Timon S, Osuji C. Surgical technique: Tscherne-Johnson extensile approach for tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471:2760-2767.

108. Yoon YC, Sim JA, Kim DH, Lee BK. Combined lateral femoral epicondylar osteotomy and a submeniscal approach for the treatment of a tibial plateau fracture involving the posterolateral quadrant. *Injury* 2015;46:422-426.

109. Morin V, Pailhé R, Sharma A, et al. Moore I postero-medial articular tibial fracture in alpine skiers: surgical management and return to sports activity. *Injury* 2016;47:1282-1287.

110. Acklin YP, Potocnik P, Sommer C. Extended medial approach in posteromedial proximal tibia fracture dislocation. *Oper Orthop Traumatol* 2015;27:183-190.

111. Hake, M. E., & Goulet, J. A. (2016). Open Reduction and Internal Fixation of the Posteromedial Tibial Plateau via the Lobenhoffer Approach. *Journal of orthopaedic trauma*, 30 Suppl 2, S35–S36. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000582>.

112. White, E. A., Patel, D. B., Matcuk, G. R., Forrester, D. M., Lundquist, R. B., Hatch, G. F., 3rd, Vangness, C. T., & Gottsegen, C. J. (2013). Cruciate ligament avulsion fractures: anatomy, biomechanics, injury patterns, and approach to management. *Emergency radiology*, 20(5), 429–440. <https://doi.org/10.1007/s10140-013-1121-0>.

113. Domnick C, Kösters C, Franke F, et al. Biomechanical properties of different fixation techniques for posterior cruciate ligament avulsion fractures. *Arthroscopy* 2016;32:1065-1071.

114. Frosch K-, Proksch N, Preiss A, Giannakos A. [Treatment of bony avulsions of the posterior cruciate ligament (PCL) by a minimally invasive dorsal approach]. *Oper Orthop Traumatol* 2012;24:348-353. (In German).

115. Deng X, Hu H, Zhang Y, Liu W, Song Q, Cheng X, et al. Comparison of outcomes of ORIF versus bidirectional tractor and arthroscopically assisted CRIF in the treatment of lateral tibial plateau fractures: a retrospective cohort study. *J Orthop Surg Res.* (2021) 16(1):289. 10.1186/s13018-021-02447-w.

116. Elabjer E, Bencic I, Cuti T, Cerovecki T, Curic S, Vidovic D. Tibial plateau fracture management: arthroscopically-assisted versus ORIF procedure—

clinical and radiological comparison. *Injury*. (2017) 48(Suppl 5):S61–S4. 10.1016/S0020-1383(17)30742-8.

117. Dall'oca C, Maluta T, Lavini F, Bondi M, Micheloni GM, Bartolozzi P. Tibial plateau fractures: compared outcomes between ARIF and ORIF. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. (2012) 7(3):163–75. 10.1007/s11751-012-0148-1.

118. Verona M, Marongiu G, Cardoni G, Piras N, Frigau L, Capone A. Arthroscopically assisted reduction and internal fixation (ARIF) versus open reduction and internal fixation (ORIF) for lateral tibial plateau fractures: a comparative retrospective study. *J Orthop Surg Res*. (2019) 14(1):155. 10.1186/s13018-019-1186-x.

119. Wang Z, Tang Z, Liu C, Liu J, Xu Y. Comparison of outcome of ARIF and ORIF in the treatment of tibial plateau fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. (2017) 25(2):578–83. 10.1007/s00167-016-4285-9.

120. Schneiderman, B. A., & O'Toole, R. V. (2022). Compartment Syndrome in High-Energy Tibial Plateau Fractures. *The Orthopedic clinics of North America*, 53(1), 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2021.09.001>.

121. Pizanis A, Garcia P, Pohlemann T, Burkhardt M. Balloon tibioplasty: a useful tool for reduction of tibial plateau depression fractures. *J Orthop Trauma*. (2012) 26(7):e88–93. 10.1097/BOT.0b013e31823a8dc8.

122. Broome B, Mauffrey C, Statton J, Voor M, Seligson D. Inflation osteoplasty: in vitro evaluation of a new technique for reducing depressed intra-articular fractures of the tibial plateau and distal radius. *J Orthop Traumatol*. (2012) 13(2):89–95. 10.1007/s10195-012-0185-z.

123. Mauffrey C, Roberts G, Cuellar DO, Herbert B, Hak D. Balloon tibioplasty: pearls and pitfalls. *J Knee Surg*. (2014) 27(1):31–7. 10.1055/s-0033-1363516.

124. Jordan R, Hao J, Fader R, Gibula D, Mauffrey C. Study protocol: trial of inflation osteoplasty in the management of tibial plateau fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. (2014) 24(5):647–53. 10.1007/s00590-013-1260-8.

125. Wang JQ, Jiang BJ, Guo WJ, Zhang WJ, Li AB, Zhao YM. Arthroscopic-assisted balloon tibioplasty versus open reduction internal fixation (ORIF) for treatment of Schatzker II–IV tibial plateau fractures: study protocol of a randomised controlled trial. *BMJ Open*. (2018) 8(8):e021667. 10.1136/bmjopen-2018-021667.
126. Schatzker J. Tibial plateau fractures. In: Browner B, Jupiter J, Levine A, Trafton P, editors. *Skeletal trauma: Fractures, dislocations, ligamentous injuries*. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders; (1992). p. 1745–70.
127. Ramos T, Ekholm C, Eriksson BI, Karlsson J, Nistor L. The ilizarov external fixator—a useful alternative for the treatment of proximal tibial fractures. A prospective observational study of 30 consecutive patients. *BMC Musculoskelet Disord*. (2013) 14:11. 10.1186/1471-2474-14-11.
128. Conserva, V., Vicenti, G., Allegretti, G., Filipponi, M., Monno, A., Picca, G., & Moretti, B. (2015). Retrospective review of tibial plateau fractures treated by two methods without staging. *Injury*, 46(10), 1951–1956. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.07.018>.
129. Yu, L., & Fenglin, Z. (2015). High-energy tibial plateau fractures: external fixation versus plate fixation. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*, 25(3), 411–423. <https://doi.org/10.1007/s00590-014-1528-7>.
130. Wu, J., Wang, Y., Zhou, F., Yang, L., & Tang, J. (2018). Trans-articular Kirschner wire fixation in treating complex tibial plateau fractures complicated by multiple ligaments injuries: A case report and literature review. *Injury*, 49(2), 382–385. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2017.11.015>.
131. Mueller CA, Eingartner C, Schreitmüller E, et al. Primary stability of various forms of osteosynthesis in the treatment of fractures of the proximal tibia. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 2005;87:426–432. doi: 10.1302/0301-620X.87B3.14353.
132. Blažević, D., Kodvanj, J., Adamović, P., Vidović, D., Trobonjača, Z., & Sabalić, S. (2022). Comparison between external locking plate fixation and

conventional external fixation for extraarticular proximal tibial fractures: a finite element analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 17(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02907-3>.

133. Franke, J., Hohendorff, B., Alt, V., Thormann, U., & Schnettler, R. (2016). Suprapatellar nailing of tibial fractures-Indications and technique. *Injury*, 47(2), 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.10.023>.

134. Jindal, K., Neradi, D., Sodavarapu, P., Kumar, D., Shetty, A., & Goni, V. (2020). Intramedullary Nailing Versus Plating for Proximal Tibia Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Indian journal of orthopaedics*, 55(3), 582–594. <https://doi.org/10.1007/s43465-020-00304-2>.

135. Meena RC, et al. Intramedullary nailing versus proximal plating in the management of closed extra-articular proximal tibial fracture: a randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*. 2015;16(3):203–208. doi: 10.1007/s10195-014-0332-9.

136. Tanguy Vendeuvre, Louis-Étienne Gayet, Percutaneous treatment of tibial plateau fractures, *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, Volume 107, Issue 1, Supplement, 2021, 102753, ISSN 1877-0568.

137. P. Boisrenoult, S. Bricteux, P. Beaufils, P. Hardy. Screws versus screw-plate fixation of type 2 Schatzker fractures of the lateral tibial plateau. Cadaver biomechanical study. *Arthroscopy French Society. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 86 (2000), pp. 707-711.

138. Chang YH, Tu YK, Yeh WL, Hsu RW. Tibial plateau fracture with compartment syndrome: a complication of higher incidence in Taiwan. *Chang Gung Med J*. (2000) 23(3):149–55.

139. Godzik, J., McAndrew, C. M., Morshed, S., Kandemir, U., & Kelly, M. P. (2014). Multiple lower-extremity and pelvic fractures increase pulmonary embolus risk. *Orthopedics*, 37(6), e517–e524. <https://doi.org/10.3928/01477447-20140528-50>.

140. Tadlock, M. D., Chouliaras, K., Kennedy, M., Talving, P., Okoye, O., Aksoy, H., Karamanos, E., Zheng, L., Grabo, D. J., Rogers, C., Noguchi, T., Inaba,

K., & Demetriades, D. (2015). The origin of fatal pulmonary emboli: a postmortem analysis of 500 deaths from pulmonary embolism in trauma, surgical, and medical patients. *American journal of surgery*, 209(6), 959–968. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2014.09.027>.

141. Nathens AB, McMurray MK, Cuschieri J, Durr EA, Moore EE, Bankey PE, et al. The practice of venous thromboembolism prophylaxis in the major trauma patient. *J Trauma*. (2007) 62(3):557–62; discussion 62–3. 10.1097/TA.0b013e318031b5f5.

142. Nathens AB, McMurray MK, Cuschieri J, Durr EA, Moore EE, Bankey PE, et al. The practice of venous thromboembolism prophylaxis in the major trauma patient. *J Trauma*. (2007) 62(3):557–62; discussion 62–3. 10.1097/TA.0b013e318031b5f5.

143. Papagelopoulos PJ, Partsinevelos AA, Themistocleous GS, Mavrogenis AF, Korres DS, Soucacos PN. Complications after tibia plateau fracture surgery. *Injury*. (2006) 37(6):475–84. 10.1016/j.injury.2005.06.035.

144. Mody, R. M., Zapor, M., Hartzell, J. D., Robben, P. M., Waterman, P., Wood-Morris, R., Trotta, R., Andersen, R. C., & Wortmann, G. (2009). Infectious complications of damage control orthopedics in war trauma. *The Journal of trauma*, 67(4), 758–761. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181af6aa6>.

145. Parkkinen, M., Madanat, R., Mustonen, A., Koskinen, S. K., Paavola, M., & Lindahl, J. (2014). Factors predicting the development of early osteoarthritis following lateral tibial plateau fractures: mid-term clinical and radiographic outcomes of 73 operatively treated patients. *Scandinavian journal of surgery : SJS : official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society*, 103(4), 256–262. <https://doi.org/10.1177/1457496914520854>.

146. Rademakers MV, Kerkhoffs GM, Sierevelt IN, Raaymakers EL, Marti RK. Operative treatment of 109 tibial plateau fractures: five- to 27-year follow-up results. *J Orthop Trauma*. (2007) 21(1):5–10. 10.1097/BOT.0b013e31802c5b5.

147. Shimizu, T., Sawaguchi, T., Sakagoshi, D., Goshima, K., Shigemoto, K., & Hatsuchi, Y. (2016). Geriatric tibial plateau fractures: Clinical features and

surgical outcomes. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 21(1), 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2015.09.008>.

148. Petersen W, Zantop T, Raschke M. Fracture of the tibial head. *Unfallchirurg*. (2006) 109(3):219–32; quiz 33–4. 10.1007/s00113-006-1066-9.

149. Aurich, M., Koenig, V., & Hofmann, G. (2018). Comminuted intraarticular fractures of the tibial plateau lead to posttraumatic osteoarthritis of the knee: Current treatment review. *Asian journal of surgery*, 41(2), 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2016.11.011>.

150. Tapper V, Toom A, Pesola M, Pamilo K, Paloneva J. Knee joint replacement as primary treatment for proximal tibial fractures: analysis of clinical results of twenty-two patients with mean follow-up of nineteen months. *Int Orthop*. (2020) 44(1):85–93. 10.1007/s00264-019-04415-w.

151. Lavini, F., Dall'Oca, C., Mezzari, S., Maluta, T., Luminari, E., Perusi, F., Vecchini, E., & Magnan, B. (2014). Temporary bridging external fixation in distal tibial fracture. *Injury*, 45 Suppl 6, S58–S63. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.10.025>.

152. Toro-Arbelaez JB, Gardner MJ, Shindle MK, Cabas JM, Lorch DG, Helfet DL. Open reduction and internal fixation of intraarticular tibial plateau nonunions. *Injury*. (2007) 38(3):378–83. 10.1016/j.injury.2006.11.003.

153. McElvany, M., Benninger, B., Smith, S., Mirza, A., Marshall, L., & Friess, D. (2013). Are distal femoral traction pins intra-articular? A cadaveric study. *Journal of orthopaedic trauma*, 27(11), e250–e253. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e318291005c>.

154. Dearden, P., Lowery, K., Sherman, K., Mahadevan, V., & Sharma, H. (2015). Fibular head transfixion wire and its relationship to common peroneal nerve: cadaveric analysis. *Strategies in trauma and limb reconstruction*, 10(2), 73–78. <https://doi.org/10.1007/s11751-015-0225-3>.