

УДК 616.718.19-006.33-089.87(045)
КП
№ держреєстрації 0120U103048
Инв. №

Державна Установа
«Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка
Національної академії медичних наук» України
61024, м.Харків-024, вул. Пушкінська, 80
тел. (057) 725-14-00

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. директора ДУ «ПХС
ім. проф. М.І. Ситенка НАМН»
України
д-р мед. наук
С.Є. Бондаренко
2023.12.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
РОЗРОБИТИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНІ ПІДХОДИ ДО ХІРУРГІЧНОГО
ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ З ПУХЛИНАМИ КІСТОК ТАЗУ
(остаточний)

Керівник НДР
Зав. відділом кісткової онкології
д-р мед. наук, проф.

О.Є. Вирва

2023.12.

Нормоконтроль

Л.А. Васильцова

2023.12.

2023

Рукопис закінчено 15 листопада 2023 р
Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою ДУ «ПХС» протокол від
«17» грудня 2023 р. № 11

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР,
Зав. відділом кісткової онкології
д-р мед. наук, проф.


15.12.23.

О.Є. Вирва
(реферат, вступ,
висновки)

Відповідальний виконавець:
Наук. співроб. відділу кісткової
онкології,
канд. мед. наук


15.12.23.

Р.В. Малик
(розділи 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
8, 9, 10, 11, 12, висновки)

Виконавці:
Старш. наук. співроб. відділу
кісткової онкології,
канд. мед. наук


15.12.23.


Я.О. Головіна
(вступ, розділи 2, 3, 4,
висновки)

Аспірант


15.12.23.

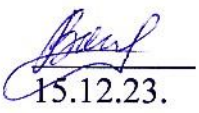
Д.Б. Ватаманіца
(підрозділи 1.1, 3.1)

Завідувач лабораторії біомеханіки
д-р мед. наук, проф.


15.12.23.

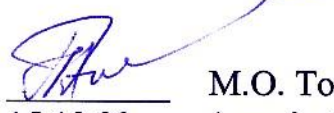
О.А. Тяжелов
(підрозділ 1.3)

Мол. наук. співроб. відділу
травматології опорно-рухової
системи


15.12.23.

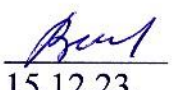
О.О. Вирва
(підрозділи 2.2, 2.3)

Молодший науковий співробітник
відділу травматології опорно-
рухової системи


15.12.23.


М.О. Тохтамишев
(розділ 6)

Мол. наук. співроб.,
відділ науково-медичної
інформації
з патентно-ліцензійною групою


15.12.23.

В.В. Вельямінова
(підрозділ 2.1)

Мол. наук. співроб.,
відділ травматології опорно-
рухової системи


15.12.23.

С.С. Губський
(підрозділ 2.1.2)



ЗГІДНО З ОРИГІНАЛОМ:
Нач. відділу кадрів ДУ "ІНХС
ім. М.І. Ситенка НАМН України"




Малишкіна О.І.

Наук. співроб.,
лабораторія біомеханіки


15.12.23.

М.Ю. Карпінський
(розділ 2.1.3)

Мол. наук. співроб.,
лабораторія біомеханіки


15.12.23.


І.А. Суббота
(розділ 2.3.1)

Мол. наук. співроб.,
відділ травматології опорно-
рухової системи


15.12.23.


Д.С. Якименко
(підрозділ 3.2)

Докторант,
канд. мед. наук


15.12.23.

Д.В. Прозоровський
(розділ 5)

Відповідальний за метрологічне
забезпечення,
провідний метролог


15.12.23.

Л.А. Васильцова
(метрологічна експертиза
документації)



ЗГІДНО З ОРИГІНАЛОМ:
Нач. відділу кадрів ДУ "ІПХС
ім. М.І. Ситенка НАМН України"
 Малишкіна О.І.


НАУКОВО-ДОПОМІЖНИЙ ШТАТ

Інженер I категорії,
відділ кісткової онкології


15.12.23.

С.В. Забара
(підрозділ 1.3)

Лаборант I категорії,
відділ травматології опорно-
рухової системи


15.12.23.

С.Ю. Золотарьова
(підрозділ 1.2)

ЛІКАРСЬКО-КЛІНІЧНИЙ ШТАТ

Лікар,
Відділення екстреної
травматологічної допомоги з
приймальним відділенням,
канд.мед.наук


15.12.23.

Д.О. Міхановський
(підрозділ 1.1, розділ 4)


Зав. відділенням
невідкладної травматології та
відновної хірургії,
канд.мед.наук


15.12.23.

І.В. Шевченко
(підрозділ 1.2, розділ 5)



ЗГІДНО З ОРИГІНАЛОМ:
Нач. відділу кадрів ДУ "ІПХС
ім. М.І. Ситенка НАМН України"


Малишкіна О.І.

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 243 с., 117 рис., 4 табл., 211 джерел.

ПУХЛИНИ КІСТОК ТАЗУ, ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ, ПІСЛЯРЕЗЕКЦІЙНІ КІСТКОВО-СУГЛОБОВІ ДЕФЕКТИ, ПУХЛИННІ ЕНДОПРОТЕЗИ, АЛОТРАНСПЛАНТАТИ, АЛОКОМПОЗИТНЕ ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ

Об'єкт дослідження – Пухлинні ураження кісток тазу, що розповсюджуються на ділянку кульшової западини.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати нові методики хірургічного лікування хворих на пухлини кісток тазу із ураженням кульшової западини з метою покращення результатів лікування.

Методи дослідження – аналітичний, патентно-інформаційний, статистичний, метод математичного моделювання, клінічний, рентгенологічний, патентно-інформаційний.

В роботі проведено порівняльний аналіз існуючих методик хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу. Виявлено переваги та недоліки різних методик резекцій таза та їхніх реконструкцій. Виконано метааналіз даних результатів лікування та ускладнень у пацієнтів з злоякісними пухлинами кісток тазу. Проведено аналіз даних комп'ютерних томограм тазу хворих з різними нозологічними формами пухлин та різними локалізаціями патологічних вогнищ. Проведено динамічне математичне моделювання із використанням інструментів для вирішення зворотної задачі динаміки та статичної оптимізації на математичних скелетно-м'язових моделях для вивчення впливу анатомічних параметрів розташування стегнової кістки по відношенню до кісток тазу на функціональність суглобів та м'язів нижніх кінцівок. Створено нову методику реконструкції ацетабулярної ділянки кісток тазу та проведено її клінічну апробацію. В результаті проведеного аналізу результатів хірургічного лікування пацієнтів з пухлинами кісток тазу виявлено основні ускладнення та особливості оперативних втручань у разі застосування різних методик резекцій.

Умови одержання звіту: за договором. УкрІНТЕІ, 03150, м. Київ, вул. Антоновича, 180.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів..	9
Вступ	10
1 Аналітичний огляд літератури	13
1.1 Історія розвитку хірургії сарком тазу	13
1.2 Сучасні питання у хірургії пухлин тазу	23
1.3 Новітні технології планування хірургічного втручання у разі пухлин кісток тазу	27
2 Матеріали та методи досліджень	32
2.1 Матеріали та метод відбору даних та статистичного аналізу....	32
2.1.1 Критерії включення та виключення досліджень.....	32
2.1.2 Пошук та виявлення даних клінічних досліджень.....	33
2.1.3 Статистична обробка даних.....	35
2.2 Матеріали та методи дослідження результатів комп'ютерно- томографічного обстеження пацієнтів з пухлинами кісток тазу	38
2.3 Матеріали та методи математичного моделювання	39
2.4 Матеріали і методи планування хірургічного лікування пацієнтів із пухлинами кісток тазу	51
2.5 Клінічна характеристика пацієнтів, відібраних для дослідження результатів лікування	53
2.5.1 Клінічна характеристика пацієнтів, відібраних для клінічної апробації методики лікування хворих із пухлинами періацетабулярної ділянки кісток тазу.....	55
2.5.2 Методики оцінювання функціональних результатів хірургічного лікування хворих із пухлинами кісток тазу ...	56

3 Системний аналіз результатів лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу за літературними даними	58
3.1 Хірургія та види резекції кісток тазу	58
3.2 Огляд результатів лікування хворих із резекцією кісток таза I типу	60
3.3 Огляд методик та результатів лікування хворих із резекцією кісток таза тип II	66
3.3.1 Нереконструктивні методики лікування періацетабулярних уражень тазу	68
3.3.2 Реконструктивні методики після видалення пухлин кісток тазу	73
4 Результати метааналізу даних результатів реконструкції кісток тазу та методик хірургічного лікування сарком тазу без відновлення цілісності кісток тазу.....	87
5 Результати оцінки поширеності пухлинного ураження кісток тазу на основі даних спіральної комп'ютерної томографії.....	91
6 Математичне моделювання циклу нормальної ходи людини в умовах періацетабулярного дефекту кісток тазу із використанням інструменту зворотньої динаміки	97
7 Математичне моделювання циклу нормальної ходи людини в умовах періацетабулярного дефекту кісток тазу із використанням інструменту статичної оптимізації	118
8 Удосконалення методики планування хірургічного лікування у разі пухлин кісток тазу за допомогою комп'ютерного моделювання із використанням комп'ютерної томографії.....	195
9 Розробка методики хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини періацетабулярної ділянки кісток тазу	198
10 Результати клінічної апробації розробленої методики хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами періацетабулярної ділянки кісток тазу.....	203

11	Доповнення показань до виконання реконструктивних оперативних втручань у хірургічному лікуванні пацієнтів із пухлинами кісток тазу.....	209
11.1	Визначення тактики лікування пацієнтів.....	209
11.2	Диференційовані підходи до хірургічного лікування хворих із пухлинами кісток таза.....	210
12	Результати хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу	217
	Висновки.....	220
	Перелік джерел посилання.....	223

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АКЕ – алокомпозитне ендопротезування

КТ – комп'ютерна томографія

МРТ – магнітно-резонансна томографія

МСО - м'язево-сухожилкова одиниця

МЧА – міжздухвинно-черевна ампутація

ОС – остеосаркома

ПТ – променева терапія

ПХТ – поліхіміотерапія

СКТ – спіральна комп'ютерна томографія

СКТА – спіральна комп'ютерно-томографічна ангиографія

ТЕЛА – тромбоемболія легеневої артерії

УЗД – ультразвукове дослідження

ХС – хондросаркома

AJCC – American Joint Committee on Cancer

MSTS – Musculoskeletal Tumor Society Score

TESS – Toronto Extremity Salvage Score

ВСТУП

Таз є складною анатомічною структурою. Ураження кісток тазу у разі пухлинних процесів приводить до багатьох складнощів у лікуванні та отриманні гарних функціональних результатів, що значно впливає на якість життя пацієнтів. Це пов'язано з особливостями анатомії кісток тазу (особливо кульшової западини), а також прилеглих органів малого тазу та судинно-нервових структур.

Одним із важких уражень тазу є злоякісні пухлинні процеси.

Близько від 10 % до 15 % всіх первинних злоякісних пухлин кісток локалізуються в кістках таза. Найбільш частими нозологічними формами захворювання являються хондросаркома, остеосаркома і саркома Юїнга (Price C.H. et al, 1977, Kindblom L.G., 2009). У 65 % випадків уражається клубова кістка, в 20% – лобкова кістка, і по 8% припадає на сідничну та крижову кістки (A. Huvos, P. Meyers, 1996)

При цьому у хворих з саркомами кісток таза прогноз гірше, ніж у пацієнтів з локалізацією таких же пухлин в довгих кістках, що пов'язано з несвоєчасною діагностикою, первинною онкологічною запущеністю (пізнім зверненням за спеціалізованою допомогою), особливостями кровопостачання тазової ділянки, анатомо-топографічним зв'язком кісток таза з прилеглими органами, судинно-нервовими пучками і тканинами і, як наслідок, складністю (а в деяких випадках неможливістю) виконання радикальних операцій.

З огляду на складну анатомічну структуру таза, реконструкція тазового кільця після видалення пухлини є складним завданням для хірурга. Особливих складнощів додає необхідність відновлення опороздатності нижньої кінцівки та функції кульшового суглобу у разі наявності післярезекційного дефекту кульшової западини. Тому, саме ця локалізація уражень тазу являється найбільш складною та потребує досконалого вивчення. Необхідність в її реконструкції зумовлює наявність безлічі реконструктивних методик та, відповідно, і ускладнень за умови їхнього застосування (Fisher N.E., 2011).

За останній час були розроблені і використовуються різні техніки органозберігаючого лікування пацієнтів з пухлинами періацетабулярної ділянки.

Реконструкцію кульшової западини здійснюють за допомогою кісткових алоімплантатів та аутотрансплантатів, мегаендопротезів, 3D-принтингу, ендопротезів кісток тазу, різних по дизайну та ідеології (індивідуальних, сідлоподібних, модульних ендопротезів), а також за допомогою транспозиції стегнової кістки з формуванням неоартроза, ілеофemorального або ісхіофemorального псевдоартроза або анкілоза (Ayvaz M. et al., 2014, Fuchs V. Et al., 2002, Ozaki T et al., 1998).

На сьогоднішній день не існує універсальної моделі реконструкції таза або його сегментів, а існуючі методики не забезпечують успішну реабілітацію в усіх хворих. Це пов'язано не тільки з розмірами пухлини, анатомічною локалізацією, гістологічним типом пухлини, радикальністю резекції, а й високим ризиком розвитку інтра- та післяопераційних ускладнень, які зустрічаються від 55 % до 77 % випадків.

Високий ризик післяопераційних ускладнень (переважно інфекційних) та низькі функціональні результати у разі застосування усіх методик реконструкції тазу є характерними чинниками хірургічного лікування пацієнтів з пухлинами тазу. Саме тому, на теперішній час не можливо виділити єдину універсальну техніку реконструкції післярезекційних дефектів тазу.

Все це вказує на відсутність рішення даної проблеми в сучасній клінічній онкології. Тому, на теперішній час, продовжуються пошуки найбільш адекватного, найменш травматичного та функціонально вигідного методу реконструкції післярезекційних дефектів кісток тазу, що включають кульшову западину.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати нові методики хірургічного лікування хворих на пухлини кісток тазу із ураженням кульшової западини для покращення результатів лікування.

Задачі роботи:

- Провести системний огляд та метааналіз результатів хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу на основі дослідження літературних джерел;

- Дослідити особливості ураження пухлинним процесом кісток тазу на основі даних комп'ютерно-томографічних методів дослідження.
- Створити скелетно-м'язову математичну модель «таз-нижні кінцівки» та провести динамічне порівняльне біомеханічне дослідження у разі застосування різних методик лікування пацієнтів із пухлинами кісток тазу, які уражають ацетабулярну ділянку тазу;
- Розробити методику хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу з ураженням кульшової западини;
- Провести клінічну апробацію застосування методики хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу з ураженням кульшової западини;
- Удосконалити планування хірургічного лікування у разі пухлин кісток тазу за допомогою моделювання із використанням комп'ютерної томографії;
- Удосконалити та доповнити показання до виконання реконструктивних оперативних втручань у хірургічному лікуванні пацієнтів із пухлинами кісток тазу;
- Провести аналіз результатів хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу.

Аналітичне дослідження методів діагностики та хірургічного лікування хворих з пухлинами кісток тазу

Розробка та обґрунтування методики заміщення післярезекційних дефектів кісток тазу у хворих на пухлини кісток тазу в ділянці кульшової западини

Удосконалити планування хірургічного лікування у разі пухлин кісток тазу за допомогою комп'ютерного моделювання

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Історія розвитку хірургії сарком тазу

Історія розвитку та вдосконалення лікування пухлин ділянки тазу налічує більше 125 років. Цей розвиток завдячує прогресуванню та досягненням декількох суміжних галузей медичної науки. Серед важливих етапів розвитку можна назвати наступні, які спричинили значні стрибки у вдосконаленні хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами ділянки тазу:

- Вдосконалення методів анестезії та реанімації;
- Більше глибоке вивчення та розуміння біології пухлин мезенхімальної тканин (сарком);
- Вдосконалення методів візуалізації пухлинних процесів, а саме впровадження в практичну медицину комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії;
- Поява сучасних протоколів поліхіміотерапії (ПХТ) та променевої терапії (ПТ);
- Вдосконалення резекцій кісток тазу та хірургії органів малого тазу;
- Критичний погляд до оцінювання результатів та ускладнень лікування.

На сучасному етапі у більшості пацієнтів із локальними саркомами кісток тазу є можливість виконати органозберігаючі хірургічні втручання. Проте частота виконання ампутацій у лікуванні пухлин кісток тазу залишається досить значимою навіть і на сьогоднішній час.

В історичному аспекті вперше геміпельвектомія була виконана Biltroth в 1891 році, проте із летальним результатом внаслідок геморагічного шоку [1]. В подальшому успішна операція була проведена в 1900 році Hogarth-Pringle, про яку була вперше згадано в англомовній літературі [2]. Kocher описав видалення пухлини тазу із збереженням кінцівки, проте Putti наводить задокументований випадок внутрішньої геміпельвектомії в 1914 році із успішним результатом [3, 4]. Speed популяризував термін «геміпельвектомія» для опису радикальної ампутації через тазові кістки і замінив цим терміном міжздухвинно-черевну ампутацію. Проте Gordon-Taylor для цього використовував термін «hindquarter amputation». [5] Сучасний термін «внутрішня геміпельвектомія»

використовується для означення операції із збереженням кінцівки та вперше була використана Eilber в 1979 році [6]. При цьому по аналогії операції без збереження кінцівки в сучасній практиці часто називають «зовнішньою геміпельвектомією».

Публікації на початку 20-го сторіччя були в основному описами клінічних випадків або невеликих груп пацієнтів, в яких особлива увага приділялася хірургічній анатомії та доступам. Дані про результати лікування пацієнтів були дуже мізерними, особливо результати післяопераційної виживаності [7]. Взагалі, післяопераційна смертність залишалась непомірно високою всю першу половину 20-го сторіччя. Gordon-Taylor повідомляв про періопераційну летальність в 56 % (31 випадок із 55 пацієнтів) у лікування сарком тазу чи кісткового туберкульозу шляхом геміпельвектомії [5, 8]. Проте згодом операційна летальність знизилась, і ті ж самі автори опублікували дані про 22 % показника летальності, пояснюючи суттєве покращення післяопераційної виживаності пацієнтів значним отриманим досвідом та покращенням роботи анестезіологічно-реанімаційної служби, що забезпечувала періопераційний догляд [5].

Середина 20-го сторіччя принесла значні успіхи в науковому розумінні процесів в злоякісних пухлинах мезенхімальної тканин. В основному, це включало в себе визначення діагностичних категорій пухлини. Так наприклад, Dahlin та Henderson сформулювали основні принципи лікування хондросаркоми в 1956 році, які залишаються актуальними і на сьогодні [9]:

- необхідним чинником є отримання достатньої кількості матеріалу під час біопсії для постановки діагнозу;
- операція виконується таким чином, що місце взяття біопсії та весь біопсійний тракт повинен бути видалений разом із основною пухлиною та/або з кінцівкою без повторного розтину;
- хірург не повинен торкатися чи пошкоджувати пухлини, він взагалі немає її бачити.

Також Dahlin та Henderson визначили, що лише 3,4 % пацієнтів, які отримали неадекватне хірургічне лікування досягнули 10-річної тривалості

життя. Той час, коли у пацієнтів, які отримували лікування відповідно до вищенаведених принципів показник 10-річної виживаності склав 41 %. Ця робота залишається однією із перших та найбільш чітко показує покращення онкологічної виживаності більш ніж в 10 разів, яке можна отримати проводячи належне лікування хворих із пухлинами кісток тазу. В подальшому аналогічні результати отримали у лікуванні сарком інших кісток та м'яких тканин, що остаточно затвердили надзвичайну важливість правильного виконання біопсії та видалення пухлини шляхом резекції en bloc [10, 11].

W. Enneking став видатним хірургом новатором в хірургії сарком тазу. Саме він допоміг настати сучасній ері лікування сарком, узагальнивши та популяризувавши принципи для лікування сарком [12]. Накопичений ним досвід, який допоміг вивчити біологію пухлин та сформулювати принципи лікування, а також поширити їх серед хірургічної спільноти підвищив роль хірургічного етапу лікування в комплексному лікуванні злоякісних пухлин ділянки тазу.

Методи діагностики також пройшли свою еволюцію на прикладі діагностики сарком кісток тазу. Візуалізація пухлин ділянки тазу і на сьогодні залишається не простим завданням, незважаючи на різноманітність доступних передових методів візуальної діагностики. Перші оперативні втручання з видалення пухлин ділянки тазу виконувались на основі даних плівкових рентгенограм, результатів фізикального та хірургічного обстежень. Пізніше почали використовувати прості плівкові томографи для кращої візуалізації кісткових структур в поєднанні з внутрішньовенною ангіографією і контрастуванням кишківника сульфатом барія [13]. Остеосцинтиграфія кісток також застосовувалась, проте їй не вистачало просторової роздільної здатності.

Відсутність адекватної візуалізації патологічного процесу часто призводить до невірному вибору місця проведення біопсії, що приводить до помилкової або неповної діагностики як наслідок поганого результату. Enneking опублікував в 1978 році серію клінічних досліджень пацієнтів, які проходили лікування в період з 1957 по 1977 роки, звернувши увагу на те, що у третини пацієнтів, яким виконувались резекції кісток тазу були проведені онкологічно

неадекватні операції внаслідок причин пов'язаних із недосконалістю діагностичних заходів [14]. Рецидив пухлини спостерігався у 100 % пацієнтів із контамінованими пухлиною краями резекції.

Поява комп'ютерної томографії в 1970-х роках значно покращило діагностику пухлин ділянки тазу [15, 16]. Комп'ютерна томографія дала хірургам дві основні переваги. По-перше, це дозволило значно поліпшити анатомічне визначення розповсюдження саркоми кісток та м'яких тканин ділянки тазу, наявність та розмір позакісткового компонента пухлини, а також ураження органів тазу. По-друге, комп'ютерна томографія органів грудної клітини забезпечила високу точність для виявлення легневих метастазів в порівнянні з рентгенограмами грудної клітини або рентгенівськими томограмами легенів. Ця перевага дозволила більш зважено підходити до радикального хірургічного лікування у хворих з виявленим вісцеральним (легневим) метастазуванням.

МРТ є потужним методом діагностики стану м'яких тканин [17], проте КТ залишається провідним методом. КТ дає можливість комплексного оцінювання особливостей ураження пухлиною кістки та прилеглих м'яких тканин. Точні дані про пухлину кістки, зокрема, особливості ураження коркового шару, поширення кістковомозковим каналом тощо, допомагають провести диференційну діагностику новоутворення. У випадку наявності позакісткового компонента пухлини в м'яких тканинах КТ має певні переваги перед МРТ, оскільки дає змогу оцінити особливості мінералізації м'якотканинного новоутворення за допомогою рентгенологічної питомої густини за шкалою Hounsfield [18]. Мінералізація в пухлині, що знаходиться поза кісткою, може бути результатом осифікації або кальцифікації. Обмеженням МРТ є те, що сигнал від кальцієвмісних тканин є варіабельним за інтенсивністю [19, 20]. Рентгенологічна щільність, виражена в одиницях Hounsfield, є уніфікованим інструментом для диференціації тканин на СКТ [21]. Також важливо брати до уваги особливості кровопостачання та топографічні взаємовідносини анатомічних структур ураженого пухлиною сегмента кінцівки. На ці питання повністю здатна відповісти спіральна комп'ютерно-томографічна ангиографія (СКТА). Точні дані про наявність, кількість та розташування судин, які живлять пухлину,

топографію магістральних судинних структур кінцівки та пухлини (інтимне прилягання та інвазія судин) дає змогу планувати хірургічний етап лікування пацієнтів – визначити вид та обсяг втручання (органозберігальні або операції, що калічать), можливі інтраопераційні особливості (перев'язка судин, які живлять пухлину, проведення ангіопластики) тощо [22].

Найбільш поширені первинні злоякісні пухлини кісток, що зустрічаються в ділянці тазу – це хондросаркома, остеосаркома та саркома Юїнга. Хондросаркома, а саме центральний її варіант, залишається резистентною до будь-якого відомого типу ад'ювантного лікування. А прогноз значною мірою залежить від онкологічної стадії захворювання та чистоти країв резекції пухлини для пацієнтів з локалізованими пухлинами кісток тазу [23].

Однак революційні досягнення в галузі хіміотерапії значно поліпшили прогноз для пацієнтів з остеосаркомою і саркомою Юїнга. До ери ад'ювантної хіміотерапії виживаність клінічно локалізованої форми центральної остеосаркоми становила < 15 % [10]. У той час як конкретні показники виживаності для остеосарком кісток тазу в період до початку застосування хіміотерапії достовірно не реєструються, відомо, що ці пухлини мають ще гірший прогноз, ніж пухлини кінцівок, і розумно припустити, що у цих пацієнтів рідко досягалася довготривала безрецидивна виживаність.

Поява хіміотерапії на основі доксорубіцину одразу ж і значно поліпшила виживаність хворих з остеосаркомою [24]. Ці досягнення забезпечили значний потенціал для виживання пацієнтів з саркомами осьового скелету високого ступеня злоякісності і відкрили можливість для проведення хірургічного лікування тих захворювань, що зазвичай вважались смертельними та некурабельними.

У цю епоху паралельно також були досягнуті успіхи в лікуванні саркоми Юїнга [25]. Одночасно були досягнуті успіхи в розумінні застосування променевої терапії у хворих з саркомою Юїнга кісток тазу [26].

Розвиток хірургії пухлин кісток тазу проходив паралельно прогресу в хірургії тазових органів у разі їхніх захворювань [27]. Це дозволено виділити підгрупи пацієнтів з локально розповсюдженими формами злоякісних

новоутворень внутрішніх органів та ураженнями опорно-рухового апарату без віддалених метастазів. Типовими прикладами є місцево поширений первинний або рецидивуючий колоректальний рак, що вражає крижову кістку, або гінекологічне злоякісне новоутворення, що вражає бокову стінку таза або здухвинну кістку без вісцеральної дисемінації пухлини.

Ураження опорно-рухового апарату у разі злоякісних пухлин вісцеральних органів традиційно були маркером їхньої неоперабельності. Однак, з часом поглиблене вивчення біології пухлин та вдосконалення методик резекції кісток таза, дозволили проводити розширені операції на органах малого тазу із залученням кістково-м'язових структур з середини 1980-их років [28, 29].

В подальшому було показано, що цілком реально отримати задовільні онкологічні результати та хороший показник безрецидивної виживаності навіть у разі значних за обсягом уражень [30]. Як показала практика у разі практично всіх пухлин тазу, чистота країв резекції є ключовим фактором, що визначає кінцевий результат лікування хворого, підкреслюючи роль широкої абластичної резекції для отримання результату.

Ключовий аспект хірургічного та наукового прогресу є робота із обміну досвідом і критична оцінка результатів. Паралельно з розвитком області хірургії сарком кісток та м'яких тканин тазу, відбувалось становлення та розвиток професійних організацій, які створені з метою вдосконалення методів лікування та покращення критичної оцінки результатів лікування пацієнтів з злоякісними новоутвореннями опорно-рухової системи. Відомі організації в цій галузі:

- Товариство скелетно-м'язових пухлин (The Musculoskeletal Tumor Society, MSTTS, засновано 1977 р.);
- Міжнародне товариство збереження кінцівок (The International Society of Limb Salvage, ISOLS, засновано в 1981 р.);
- Європейське товариство онкології опорно-рухової системи (The European Musculoskeletal Oncology Society, EMSOS, засновано в 1987 р.);
- Товариство онкології сполучної тканини (The Connective Tissue Oncology Society, CTOS, засновано 1995 р.).

Ці багатопрофільні професійні організації продовжують активно розвивати як практичні аспекти лікування пухлин кісток та м'яких тканин, так і вивчення біології пухлин в тому числі і тазової локалізації. Яскравим прикладом такої роботи є створення системи оцінки результатів лікування пацієнтів, робота над якою почата в 1981 році на симпозіумі ISOLS. Результатом цієї роботи є сучасна шкала оцінки функціональних результатів MSTS, яка і донині активно використовується для оцінки результатів в хірургії кістково-м'язових пухлин [31].

Сучасні методи візуалізації патологічного процесу дозволяють надійно визначити обсяг пухлинного ураження та визначити в цілому онкологічний статус організму у пацієнтів з злоякісними пухлинами кісток тазу. Крім того, на сучасному рівні можливо виконати органозберігаючі резекції кісток тазу у більшості пацієнтів. Загальноприйнятою номенклатурою для ампутаційних резекцій є або "зовнішня геміпельвектомія" або "міждухвинно-черевна ампутація". Органозберігаючі резекції кісток тазу називають "внутрішня геміпельвектомія" і класифікуються, як описано Enneking і Dunham за ступенями залучення в пухлинний процес здухвинної кістки, кульшової западини або лобкової ділянки [14]. Клінічний результат, як і раніше, частіше всього оцінюється за допомогою шкали оцінки Товариства скелетно-м'язових пухлин (Musculoskeletal Tumor Society Score, MSTS) (табл. 1.1) [31].

Таблиця 1.1 – Шкала функціональної оцінки MSTS

товариства скелетно-м'язових пухлин для нижньої кінцівки

Ба-ли	Біль	Функція	Емоційний стан	Потреба в опорі	Ходьба	Хо́да
5	Немає	Без обмежень	Піднесений	Немає	Без обмежень	Нормальна
4	Часом виникає помірний	Нетривале обмеження	Між піднесенням і задоволенням	Ортез у разі навантаження	Без обмежень, але з відпочинком	Невеликі косметичні вади
3	Помірний (без зниження працездатності)	Обмеження, що проходить після відпочинку	Задоволений	Ортез (бандаж, корсет)	Обмежена відстань	Косметичні вади
2	Помірний, часом виражений	Часом виникає часткове обмеження	Спокійний	Ортез, іноді палиця	Доволі обмежена	Часткове порушення
1	Виражений (викликає непрацездатність)	Часткове обмеження постійне	Допустимий	Одна палиця чи милиця	Тільки всередині приміщення	Значне порушення
0	Сильний	Повне обмеження	Неприємний	Дві палиці чи милиці	Несаможна	Неможливість

З плином часу в різних куточках світу формувались різні підходи та особливості ведення пацієнтів з злоякісними пухлинами кісток тазу. Спочатку підходи до лікування пацієнтів були зосереджені на лише видаленні пухлини, реконструктивні методики використовувалася рідко через значні технічні труднощі на той час [6]. Недавні дослідження демонструють значну

життєздатність такого підходу, такий варіант залишається актуальним хірургічним варіантом в сучасній практиці [32]. Однак багато хірургів-дослідників продемонстрували значно кращі функціональні результати у разі відновлення стегново-крижової неперервності за рахунок анатомічної реконструкції після резекцій кісток таза [33]. Проте значні труднощі виникають у разі резекцій, в ході яких проводиться видалення ділянки кульшової западини. Для цих пацієнтів використовувався (і продовжує застосовуватися) ряд різних підходів. Так, наприклад, цементне ендопротезування кульшового суглобу було вкрай популярною методикою, проте частіше застосовувалось у хворих з приводу периацетабулярних метастатичних уражень, при яких зазвичай створюється менший дефект кістки, ніж у разі резекцій з приводу первинних злоякісних пухлин [34–36]. Ілеофemorальний артродез також часто виконувався, але залишався технічно складним, часто ускладненим розвитком псевдоартроза та в результаті вкрай задовільними функціональними результатами [37]. У світовому досвіді анатомічних реконструкцій використовувалися масивні тазові алотрансплантати або оброблені (автоклавані) аутоотрансплантати для реконструкції [38]. Ці реконструкції були технічно складними та мали високий рівень ускладнень. Сідловидні ендопротези, які створені для ревізійної хірургії кульшового суглобу у разі значної втрати кісткової тканини внаслідок асептичної нестабільності ацетабулярного компонента ендопротеза або перипротезної інфекції кульшового суглоба, були використані для відновлення кульшового суглобу після резекції пухлини для забезпечення можливості реконструкції з використанням модульного ендопротезування [39]. Однак, в подальшому було виявлено значні обмеження цього методу, і його використання в сучасній практиці не популярне [40]. Сучасні методи реконструкції периацетабулярної області включають модульні ендопротези, індивідуальні протези та пористі танталові імплантати, які виготовлені як серійно, так і індивідуально [41–43]. Кожен із цих методів має відносні переваги та недоліки, на які мають вплив тип резекції, величина дефекту кістки, а також досвід лікувального закладу та вподобання хірурга. Використання інтраопераційної

навігації або попереднього виготовлених індивідуальних інструментів дозволяє виконувати точні резекції, для анатомічного заміщення дефектів кісток тазу.

Не всі дефекти кісток тазу після резекції підлягають реконструкції. Проте описується реконструкція зони лобкової кістки після її резекції [44]. В той час, коли більшість повідомлень вказують на те, що доцільно проводити реконструкцію лише м'яких тканин у разі таких резекцій. Існують розбіжності з приводу того чи потребують реконструкції резекції надацетабулярної ділянки здухвинної кістки. Деякі автори виступають за відмову від реконструкції, щоб мінімізувати ускладнення і зменшити прояви симптому Тренделенбурга за рахунок медіалізації стегна [45]. Інші автори показали хороші результати реконструкції цих дефектів [46].

Незважаючи на успіхи, які досягнуті по багатьом напрямкам органозберігаючої хірургії тазу, роль зовнішньої геміпельвектомії/міждухвинно-черевної ампутації (МЧА) в сучасній клінічній практиці залишається досить значною [47]. На теперішній час показання до виконання МЧА наступні:

- ампутація більш доцільна, якщо абластична органозберігаюча резекція пухлини прогнозовано буде мати низький рівень функціонального результату. Це, в першу чергу, відбувається, коли для радикальності видалення пухлини потрібна резекція двох або трьох критичних функціональних елементів, які забезпечують функцію нижньої кінцівки (сідничний нерв, судинно-нервовий пучок стегна і кульшова западина). Цей принцип в 1989 році сформулювали O'Connor M. та Sim F. [33];
- у результаті резекції утворюється дефект м'яких тканин настільки великий, що рана не може бути ефективно закрита без використання ампутаційного клапота. З розвитком сучасної пластичної хірургії великих дефектів ця ситуація стає все менш вірогідною;
- ампутація по онкологічним показанням у пацієнтів з рецидивом пухлини після органозберігаючої резекції кісток тазу. Хоча багато авторів відмічають низький рівень функціональних результатів після МЧА,

розвиток на сучасному етапі екзопротезування дозволяє багатьом пацієнтам пересуватися без додаткової опори [48].

Надзвичайно складно прийняти рішення про ампутацію нижньої кінцівки чи органозберігаючу операцію. Оскільки хірургам доводиться вирішувати можливість проведення абластичної широкої резекції ті при цьому оцінити технічну можливість та онкологічну доцільність збереження нижньої кінцівки. Коли хірургами приймається рішення про операцію із збереженням кінцівки, отримані функціональні результати після операції завжди повинні бути вищими за ті, що дасть МЧА.

1.2 Сучасні питання у хірургії пухлин тазу

Незважаючи на велику кількість досягнень, зроблених з моменту першої спроби геміпельвектомії в 1891 р., ряд проблемних питань хірургії пухлин тазу залишаються невирішеними. Необхідність реконструкції дефектів кісток тазу після масивних резекцій залишається не до кінця зрозумілим. Реконструкція, мабуть, забезпечує кращий функціональний результат ціною більш високих ускладнень, але відбір методу реконструкції та упереджене ставлення до лікування в конкретному лікувальному закладі явно впливають на ці результати. Справжні дослідження довготривалого спостереження за пацієнтами проводяться рідко та показують очікуване зниження функціональних результатів в осіб з плином часу [49]. Невизначеність щодо ролі та методу реконструкції збільшується у педіатричних пацієнтів для яких існує мало опублікованих літературних даних, якими могли б керуватися хірурги [50]. Якщо виконується резекція кульшової западини, питання реконструкції розглядається переважно у починаючи із підліткового віку. Пацієнти молодшого віку зазвичай лікуються з використанням резекційною артропластики.

У зв'язку з складністю проведення видалення пухлин тазу, часто намагаються використовувати променеви терапію (ПТ), коли це можливо. Це найчастіше зустрічається у пацієнтів із саркомою Юїнга. Комбінація хірургічного втручання та променевої терапії знижує ризик розвитку локального рецидиву [51]. Деякі дослідження свідчать про підвищення виживаності у разі

хірургічного лікування [52–54]. Однак інші дослідження не показують явної переваги [55]. В жодному дослідженні не проводиться рандомізація пацієнтів між групами лікування.

Онкологічне стадіювання саркоми кісток тазу нещодавно змінилося. Аналіз, який проведений Американською об'єднаною комісією з раку (AJCC) підкреслив менш сприятливий прогноз у разі розташування саркоми кістках аксіального скелету. Саме тому в останньому восьмому виданні «Посібника зі стадіювання AJCC» було включено анатомічне розташування у стадіюванні сарком кісток (з особливими критеріями для пухлин тазу) для того, щоб краще передбачити клінічний результат цих складних захворювань [56]. Для сарком кісток тазу критерій T описаний у восьмому виданні з іншими принципом, ніж для пухлин кісток кінцівок. Однак на відміну від тих же сарком кісток кінцівок стадія сарком кісток таза так і залишилась не визначеною (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Класифікація первинних пухлин кісток тазу AJCC 8-го перегляду (2017)

Визначення первинної пухлини (T)	Критерії категорії T
1	2
TX	Первинна пухлина не може бути оцінена
T0	Немає ознак первинної пухлини
T1	Пухлина обмежена одним тазовим сегментом без позакісткового компоненту
T1a	Пухлина ≤ 8 см у найбільшому вимірі
T1b	Пухлина > 8 см у найбільшому вимірі
T2	Пухлина обмежена одним тазовим сегментом з позакістковим розширенням або двома сегментами без позакісткового компоненту
T2a	Пухлина ≤ 8 см у найбільшому вимірі
T2b	Пухлина > 8 см у найбільшому вимірі
T3	Пухлина, що охоплює два тазових сегменти з позакістковим компонентом
T3a	Пухлина ≤ 8 см у найбільшому вимірі
T3b	Пухлина > 8 см у найбільшому вимірі
T4	Пухлина, що охоплює три тазових сегмента або поширюється через крижово-здухвинне зчленування
T4a	Пухлина охоплює крижово-здухвинне зчленування та поширюється медіально до крижових отворів
T4b	Охоплення пухлиною зовнішніх клубових судин або наявність великого пухлинного тромбу в великих судинах малого тазу

продовження таблиці 1.2

1	2
Регіональні лімфатичні вузли (N)	Критерії категорії N
NX	Оцінити неможливо
N0	Відсутність метастазів у регіонарні лімфатичні вузли
N1	Метастази в регіонарні лімфатичні вузли
Віддалене метастазування (M)	Критерії категорії M
M0	Віддалених метастазів немає
M1	Віддалені метастази
M1a	В легені
M1b	В інші віддалені органи

Розвиток післяопераційних ускладнень призводить до незадовільного функціональному результату, незважаючи на радикально проведену операцію і технічно правильно виконану реконструкцію [57].

До післяопераційних ускладнень у пацієнтів після реконструктивних операцій з приводу пухлин кісток тазу відносяться:

- хірургічні (інфекційні, гематома в області операції, тромбоз судин);
- ортопедичні (нестабільність вузлів і розхитування ніжок ендопротеза, періпротезні переломи);
- онкологічні (рецидив пухлини в області операції) [58].

Zeifang F. et al. (2004) запропонували власну класифікацію ускладнень після реконструктивних операцій з приводу пухлинного ураження кісток тазу, що включає в себе 5 типів:

- тип А – місцеві ранові ускладнення (ранові інфекції, свищі, сірому, порушення загоєння ран, некроз шкіри і інфіковані гематоми);

- тип В – механічні ускладнення (періпротезні переломи, механічне порушення роботи вузлів і вивих імплантату, псевдоартроз);
- тип С – системні ускладнення (тромбоемболія легеневої артерії, серцево-судинна недостатність, тромбоз, інфекційні ускладнення в області установки катетера);
- тип D – інші ускладнення (неврологічні порушення, вкорочення кінцівки, лімфатичний набряк, пролежні, виразки);
- тип Е – місцевий рецидив пухлини.

Неврологічні порушення внаслідок виконаної радикальної резекції пухлини як ускладнення не розцінюються [59].

1.3 Новітні технології планування хірургічного втручання у разі пухлин кісток тазу

Широка локальна резекція з адекватним («чистим») краєм є вирішальним кроком у лікуванні пацієнтів з саркомою кісток. Неточна резекція з неадекватним краєм пов'язана з високим ризиком місцевого рецидиву та поганим показником виживаності пацієнтів [60]. Однак при резекції пухлини хірурги можуть бути змушені видалити більше тканин, ніж необхідно, щоб уникнути помилкових припущень щодо адекватного краю. У таких випадках може бути принесено в жертву більше нормальних тканин, ніж це необхідно, що призведе до менш сприятливої реконструкції та функції кінцівки.

Таким чином, в онкоортопедії часто стикаються з дилемою: скільки нормальних тканин зберегти, щоб зберегти хорошу функцію без шкоди для краю резекції. Хірургічне планування резекції кісткової пухлини та реконструкції дефекту вимагає детального аналізу передопераційних знімків. Хірург повинен був подумки інтегрувати двовимірні (2D) зображення, а потім сформулювати тривимірний (3D) хірургічний план резекції пухлини з чіткими межами в бажаній площині.

Таке передопераційне ментальне планування та його інтраопераційна реалізація особливо складні, коли пухлина знаходиться в складній анатомічній ділянці, наприклад таз або крижі, або коли резекція є технічно складною,

наприклад, суглобо-зберігаюча або мультипланарна резекція. Тому основна відповідальність онкоортопеда полягає в тому, щоб точно і безпомилково відтворити заплановані резекції.

Точність резекції в хірургії саркоми кісток не була належним чином розглянута до 2008 року, коли в експериментальному дослідженні четверо досвідчених онкохірургів відтворили операцію на симульованих пластикових моделях кісток таза. Ймовірність того, що досвідчений хірург отримає 10-міліметровий хірургічний край з допуском ± 5 мм, становила лише 52 % (95 %-довірчий інтервал 37-67) [61]. Удосконалена ортопедична хірургія з комп'ютерною асистенцією, яка вже добре зарекомендувала себе в ендопротезуванні суглобів та хірургії хребта, була досліджена для сарком кісток впродовж 2010-х років. Використання комп'ютерної томографічної (КТ) навігації для резекції пухлин таза і крижів вперше було описано в 2004. Автори використовували навігаційні інструменти для орієнтації остеотомії під час операції і припустили, що комп'ютерна хірургія може допомогти підвищити точність резекції анатомічно та хірургічно складних пухлин [62, 63].

Для хірургії пухлин із використанням комп'ютерного моделювання передопераційне планування настільки ж важливе, як і інтраопераційне виконання хірургічного плану. Онкохірурги можуть відтворити заплановану резекцію і досягти хірургічної мети – адекватного хірургічного поля, тільки якщо вони підготують детальний, точний хірургічний план. Комп'ютерна навігація використовується як для планування операції, так і для її інтраопераційного виконання. Виконання оперативних втручань у разі пухлинного ураження кісток тазу на підставі даних передопераційного планування знижує кількість нерадикальних операцій, і підвищує ефективність хірургічного лікування цієї категорії хворих. Застосування комп'ютерного моделювання, математичного аналізу дозволяє створювати анатомічні моделі, які володіють необхідними характеристиками міцності, ергономічним дизайном і надійним способом фіксації, що забезпечує стабільність та функціональність [64]. Комп'ютерне моделювання та прототипування операції на кістках таза за допомогою адитивних технологій використовується у плануванні меж резекції і способу

реконструкції для пацієнтів з ураженням кісток тазу, крижово-клубового зчленування, хребта тощо.

Тривимірний друк, або адитивне виробництво (виробнича технологія основі додавання шарів) вперше була представлена в 1980-х роках, і зараз набирає популярності, деякі фахівці цю технологію прирівнюють до чергової технічної революції. Основною відмінністю від класичних методів виробництва (таких як фрезерування, різання, шліфування та інших – тобто субтрактивних технологій) не видалення матеріалу, яке додавання до отримання кінцевої моделі. Основною перевагою даної технології є виготовлення точної моделі в відповідно до розробленого віртуального прототипу за допомогою комп'ютерних технологій. Саме розвитком комп'ютерних технологій пояснюється затримка широкого впровадження 3D-друку до того моменту, коли програмне 3D-моделювання стало доступним та продуктивним для різних галузей життєдіяльності. Існує 3 основні методи 3D-друку, які застосовуються в медицині, які можна розділити за принципом матеріалу для створення кінцевого продукту. Це технології адитивного виробництва, засновані на порошкових, рідинних та твердотільних базових матеріалах для друку. Розуміння принципу роботи кожної методики може допомогти зрозуміти її подальше застосування в клінічній та експериментальній медицині [43].

При порошковому друку методика заснована на сплавленні, спіканні чи склеюванні порошкового базового матеріалу, який використовується для 3D-друку. Порошок наноситься тонкими шарами, далі відбувається сплавлення, спікання чи склеювання. Для створення прототипів моделей часто застосовується гіпсовий порошок, який склеюється і також може фарбуватися в процес друку, що дозволяє швидко отримати модель з можливістю забарвлення. Дана методика вимагає мінімальної післяобробки, але дані моделі тендітні, і мають обмеження щодо точності відтворення. У випадках застосування порошків із металевих сплавів застосовуються технології сплавлення металевих гранул порошку лазерним променем – SLS-технологія (Selective Laser Sintering), або пучком електронів – EBM-технологія (Electron Beam Melting). Технології друку металевим порошком, сертифікованим для медичних виробів (таких як

Ti6V4Al), дозволяють виробляти кінцеві продукти, такі як індивідуальні імпланти, пластини та ін. [65]. У випадках застосування рідинних базових матеріалів застосовуються рідкі полімери, які твердіють під впливом ультрафіолету, лазера, рентгенівських променів та ін. Найчастіше застосовуються фотополімерні смоли, що твердіють під впливом ультрафіолетового світла. Дана методика називається стереолітографія або SLA-друк (Stereolithography Apparatus). Ця перша у світі технологія тривимірного друку була вперше запропонована в 1986 році, і з того часу не втрачає своєї актуальності, займаючи провідні позиції в 3D-принтіngu. Основними перевагами SLA-друку є висока точність виробів, що обумовлено високою роздільною здатністю принтерів до декількох мікрон, висока якість поверхонь, що вимагають мінімальної післяобробки, можливість використовувати фотополімери для виготовлення медичних виробів, таких як хірургічні шаблони [66, 67]. Наприкінці 80-х років було запропоновано 3D-друк, заснований на застосуванні твердобазисних матеріалів, таких як нитки різних пластикових матеріалів. Дана технологія була запатентована компанією Stratasys у 1992 році, і отримала назву FDM-друк (Fused Deposition Modeling), також синонімом даної технології є FFF-друк (Fused Filament Fabrication), дані терміни рівнозначні і можуть однаково зустрічатися в науковій та технічній літературі. Технологія заснована на проходженні пластику через сопло, що нагрівається, пошарово склеює нитки відповідно до заданої програмної моделлю. Значною перевагою даної методики є швидкість та доступність друку, негативна сторона полягає в низькій роздільній здатності даного способу. У медицині найчастіше FDM-друк застосовується для створення анатомічного прототипу зони для планування хірургічного втручання, і до створення навчальних макетів [68].

Традиційні методи візуалізації в медицині – такі як рентгенографія, ультразвукова діагностика, комп'ютерна та магнітно-резонансна томографії – дозволяють точно візуалізувати кістки, м'які тканини, нерви, судини та прилеглі органи, що дає можливість хірургам збудувати чіткий передопераційний план. У випадках, коли у пацієнтів виявляються пухлини опорно-рухового апарату, особливо з ураженням хребта та кісток тазу, коли нормальна анатомія може бути

значно змінена, можуть виникнути труднощі у просторовій візуалізації патологічного процесу та планування майбутнього хірургічного втручання [61].

Найбільш об'єктивними методами візуалізації, визначення топографії та розмірів пухлини, зв'язку з нервово-судинними магістралями і кісткою є комп'ютерна та магнітно-резонансна томографії, які відіграють важливу роль при плануванні хірургічного лікування [69].

Використовуючи дані методів діагностики, за допомогою комп'ютерних технологій, представляється можливим виконання тривимірних реконструкцій ураженого сегмента. Останнім часом побудова тривимірного зображення займає все більш міцні позиції і часто використовується для лікування в травматології [70–72], захворювань серцево-судинної [73] і сечовидільної систем [74].

Анатомічні персоналізовані моделі, створені за допомогою адитивних технологій, виявилися корисними для кращого просторового сприйняття хірургами складних випадків оперованої зони. Вони знайшли застосування у ЛОР-хірургії, у операціях на голові та шиї, урології, кардіохірургії, торакальної хірургії, ортопедії та у разі пухлин опорно-рухової системи [75]. Фізичні 3D-моделі дозволяють більш детально опрацювати план операції та знизити кількість інтраопераційних помилок та ускладнень.

Крім використання хірургами для передопераційного планування, 3D-моделі анатомічних зон пацієнтів можуть використовуватися в освітніх цілях для кращого розуміння патологічних процесів та вибору тактики хірургічного лікування. Прототипи можуть мати деяку неточність, але за сучасних методів відтворення вони мають мінімальні відхилення, якими можна знехтувати.

Опубліковано вже немало робіт з використання тривимірної реконструкції в передопераційному плануванні лікування пухлин кісток таза [70, 76, 77].

Удосконалення методів рентгенодіагностики, комп'ютерних технологій, інтраопераційних методів візуалізації анатомічних структур дає змогу хірургам створювати математичні моделі пухлини, віртуально проводити резекції та реконструкції тазового кільця. Актуальним завданням є впровадження даних сучасних методик у клінічну практику.

2 МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ

2.1 Матеріал та метод відбору даних для статистичного аналізу

Робота по системному аналізу літературних даних була виконана із рекомендаціями PRISMA. Це система рекомендацій, метою якої є допомогти авторам покращити роботу над системними оглядами та мета-аналізами. PRISMA – це аббревіатура (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), яка означає бажані елементи звітності для систематичних оглядів і мета-аналізів [78].

В роботі було проведено порівняльний статистичний аналіз літературних даних (відібрано 48 дослідження) та метааналіз даних результатів лікування та ускладнень у пацієнтів з злоякісними пухлинами кісток тазу в обсязі широкої резекції кісток тазу.(відібрано 14 досліджень).

2.1.1 Критерії включення та виключення досліджень

а) Критерії включення даних до дослідження:

- 1) переважна більшість пацієнтів із первинними пухлинами кісток тазу;
- 2) більше 8 пацієнтів в дослідженні;
- 3) використовувалась переважно органозберігаюча лікувальна тактика пацієнтів із пухлинами кісток тазу;
- 4) мінімум 6 місяців спостереження за пацієнтами;
- 5) поведена оцінка онкологічних результатів;
- 6) проведена оцінка функціональних результатів оцінені за шкалою MSTS;
- 7) наявність опису характеристик хворих (нозологія, вік, стать, локалізація пухлинного процесу);
- 8) опис хірургічних методик лікування хворих;
- 9) особливості техніки оперативних втручань (вид резекції кісток тазу, використання додаткових фіксаторів або імплантатів);
- 10) опис та характеристика видів ускладнень.

б) Критерії виключення даних до дослідження:

- 1) відсутність оцінки функціональних та онкологічних результатів;
- 2) відсутність опису техніки оперативного втручання.

2.1.2 Пошук та виявлення даних клінічних досліджень

Для пошуку досліджень у літературі використовувалися електронні бази даних: Medline, Pubmed та реферати дисертацій.

Для пошуку використали терміни пухлина, саркома, ділянка тазу, ураження кісток тазу, які формулювались на початковій стадії пошуку у наступні пошукові запити; “pelvis AND sarcoma”, “pelvis AND sarcoma AND surgery”. На запит “pelvis AND sarcoma” отримано близько 2080 публікацій, які за роками розподілились з 1907 по 2021 роки. Спостерігалось постійне щорічне зростання кількості публікацій за цей період. Так пік кількості публікацій за вищезгаданим пошуковим запитом припадає на 2019 рік, і склав 114 публікацій, які індексуються в базі PubMed (рис. 2.1).

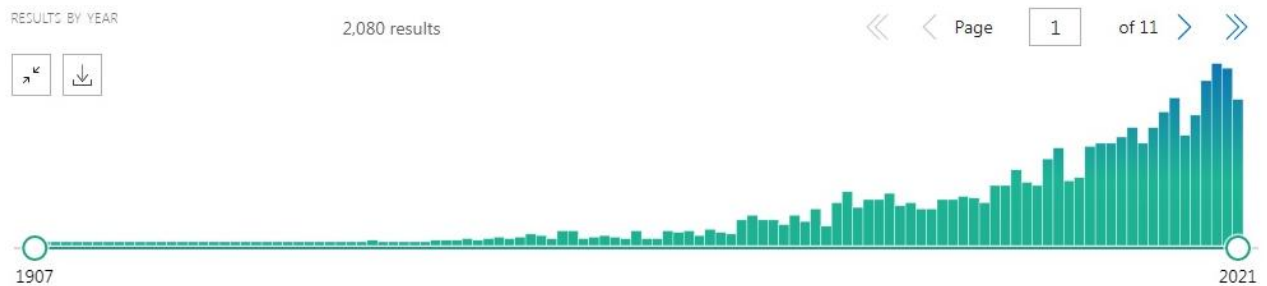


Рисунок 2.1 – Стовбчикова діаграма розподілу кількості публікацій в базі Pubmed за роками (1907-2021) за пошуковим запитом “pelvis AND sarcoma”.

Спочатку було виключено 1918 досліджень на підставі лише анотацій публікацій. Потім після перевірки 57 досліджень були виключені через відсутність порівнянних оцінок функціональних результатів, у 13 не було внутрішніх геміпельвектомій або включали лише ампутації, у 17 дослідженнях було занадто надто мало пацієнтів на момент остаточного спостереження, в 15 не було опису хірургічних процедур, 10 були оглядові статті, та 2 були дослідженнями на трупах. Блок-схема дизайну даного огляду представлена на рис. 2.2.

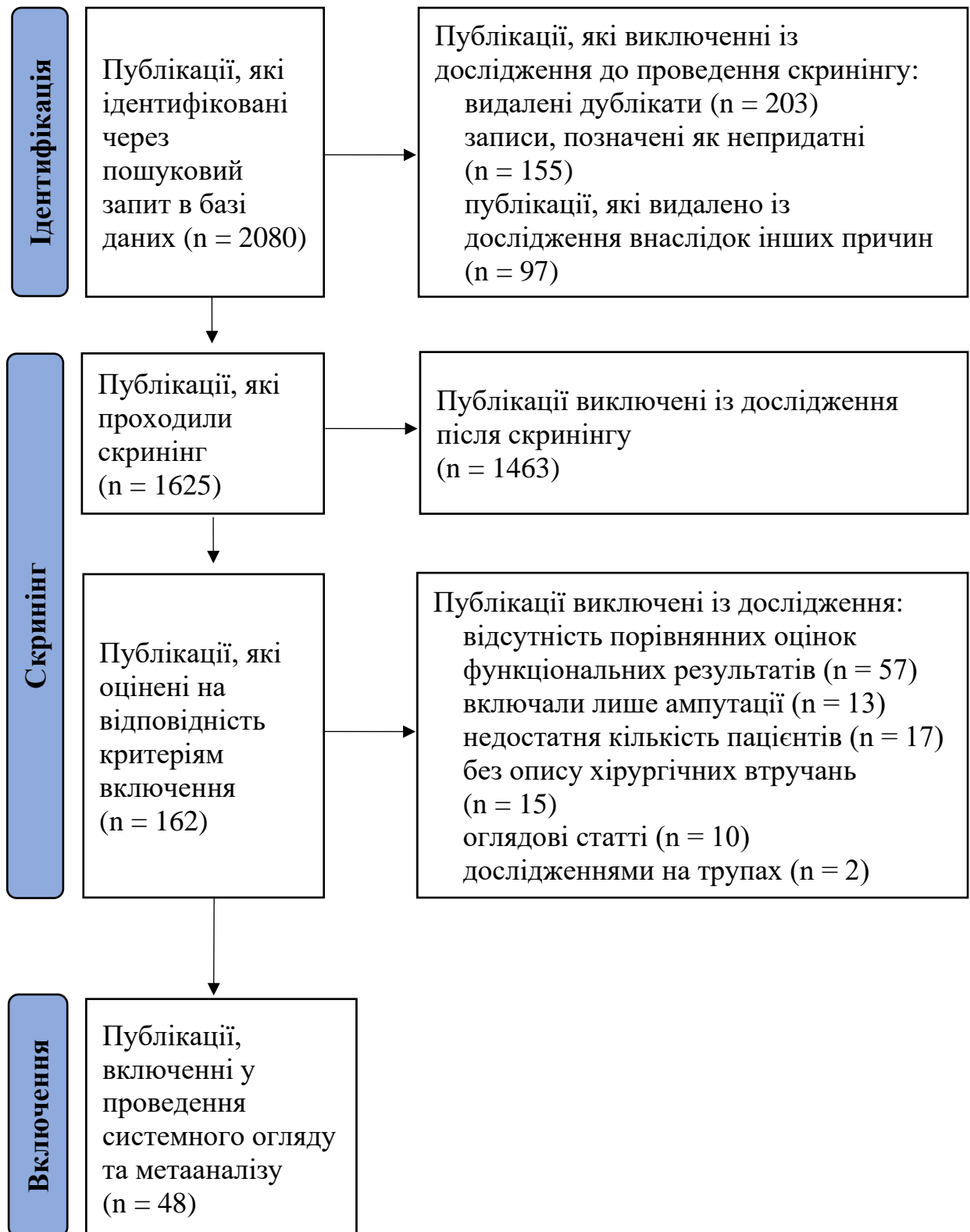


Рисунок 2.2 – Блок схема, що демонструє дизайн дослідження системного огляду та метааналізу результатів лікування та ускладнень у пацієнтів з злоякісними пухлинами кісток тазу.

В результаті такого відбору було отримано 48 публікацій на детальний розгляд. Кожна з них пройшла повний огляд. Первинними результатами із підвищеною зацікавленістю в цих роботах були онкологічна виживаність хворих, частота неонкологічних ускладнень, оцінка за шкалою Товариства пухлин опорно-рухового апарату (MSTS). Для розрахунку показників та середніх значень були використані методи описової статистики.

2.1.3 Статистична обробка даних

Статистична обробка – метааналіз даних проводилась за допомогою сертифікованого програмного забезпечення Кокранівського співробітництва Review Manager версії 5.4. Проводилася обробка функціональних результатів за методом, що базується на неперервних даних. Проведено аналіз 11 досліджень, в яких проводилося статистичне порівняльне дослідження функціональних результатів хірургічного лікування із використанням методик по реконструкції цілісності тазового кільця або відновлення кульшового суглобу та без використання останніх. Функціональні результати представлені згідно шкали MSTS [31].

Для статистичної обробки частоти інфекційних ускладнень реконструктивних (по відношенню до цілісності тазового кільця та кульшового суглоба) та неконструктивних методик (без проведення реконструкції неперервності тазового кільця або кульшового суглобу) застосовувався метод метааналізу, що базується на бінарних даних.

Для того щоб висновки аналітичного дослідження були більш наглядні, Кокранівське товариство розробило стандарт графічного зображення результатів метааналізу – форест-графік. Згідно даних, що були отримані на графіку проводиться інтерпретація результатів дослідження [79, 80]. На всьому полі графіка є шість колонок: назва дослідження, обсяг вибірки і кількість досліджуваних результатів в групі дослідження, ті ж параметри в групі порівняння, власне форест-діаграма, відносна вага кожного з досліджень, включених в метааналіз, і числове вираження ефекту разом з його 95 % довірчим інтервалом, отримане в кожному вихідному дослідженні. Як правило, порядок

проходження і кількість колонок на Кокранівських графіках залишається незмінним. Центральною фігурою у всій діаграмі є, звичайно, сам форест-графік. Вертикальна вісь такого графіка не є числовою і тому не градується. На ній відзначаються назви досліджень, включених в метааналіз. Горизонтальна вісь часто є логарифмічною. Рівні відстані між зазначеними числами не означають рівність різниць між сусідніми значеннями. На рівні значення, рівного 1 (одиниці), проведена вертикальна риса, що означає нульовий ефект. Всі значення ефекту, які знаходяться зліва від неї, свідчать про перевищення частоти досліджуваного результату в групі контролю над такою в групі дослідження. Праворуч від позначки нульового ефекту розташовуються його значення, що вказують, що в групі дослідження частота більше, ніж в групі порівняння. Поруч з кожним вихідним дослідженням на відповідній висоті знаходиться квадрат, супроводжуваний горизонтальними лініями, простягнутими вліво і вправо від нього. Це графічне відображення величини ефекту (відносного ризику або відносини шансів), отримане в даному дослідженні. Квадрат вказує на число, якому дорівнює ефект, а лінії відображають протяжність його довірчого інтервалу. Якщо лінія перетинає вертикальну відмітку нульового ефекту зліва чи справа, це означає, що отримана величина ефекту статистично недостовірна. Її відмінність від нульового ефекту може бути випадковістю, обумовленою особливостями вибірки, але не об'єктивними властивостями досліджуваного процесу. Якщо лінія довірчого інтервалу не має перетину з вертикальним візиром нульового ефекту, то величина ефекту статистично достовірно відрізняється від нуля і не може бути пояснена випадковістю. Розмір квадрата вказує на відносну вагу відповідного дослідження серед всіх включених в метааналіз робіт. Результати більшого по потужності дослідження зображуються великим квадратом. Ромбом позначається оцінка ефекту, розрахована за загальною вибіркою всіх вихідних досліджень. Вертикальні вершини ромба розташовані на позначці, що дорівнює значенню загального ефекту, а бічні вершини відзначають кордон довірчого інтервалу оцінки. Оскільки загальна вибірка завжди істотно більше вибірки будь-якого початкового дослідження, то довжина горизонтальної діагоналі ромба завжди досить мала, отже, точність

загальної оцінки, отриманої в результаті метааналізу, завжди значно вище, ніж в будь-якому з вихідних досліджень і це видно безпосередньо на графіку. У колонці ваг стоїть значення 100%, а поруч значення загального ефекту разом з його довірчим інтервалом. Якщо ромб не перетинає вертикальну вісь нульового ефекту, це означає, що загальна оцінка ефекту статистично достовірна, в іншому випадку величину ефекту можна вважати дійсно відмінною від 1 (т. ч. відсутність ефекту), навіть якщо вона в точності не дорівнює одиниці. На статистичну достовірність також вказує і значення P в самій нижній частині під графіком. Відзначимо лише, що якщо $p > 0,05$, то загальний ефект можна вважати недостовірними і графік це негайно підтвердить: ви побачите, що ромб перетинається з вертикальною лінією нульового ефекту. Ледь помітне перетинання або повна його відсутність завжди відображає значення p менше 0,05 і отже свідчить про статистичну значимість загального ефекту [79, 80].

2.2 Матеріали та методи дослідження результатів комп'ютерно-томографічного обстеження пацієнтів з пухлинами кісток тазу

Для цього дослідження відібрано матеріали результатів КТ-досліджень 43 пацієнтів з ураженням кісток тазу злоякісними пухлинами, які проходили обстеження в Інституті Ситенка з 2015 по 2021 роки. Серед досліджуваної групи хворих чоловіків було 41,9 % (18), жінок – 58,1 % (25), середній вік хворих на момент дослідження становив – $(49,5 \pm 15,0)$ років (мін. – 18 р., макс. – 68 р.). За нозологічним розподілом пухлин у пацієнтів більшість склали із хондросаркомою – 46,5 % (20 пацієнтів) та метастатичними ураженнями – 25,6 % (11 пацієнтів), решта хворих були із остеосаркомою – 4,7 % (2), гематопоеичні пухлини – 11,6 % (5) та інші ураження – 11,6 % (5).

Дослідження проводили на спіральному комп'ютерному томографі SOMATOM Emotion Syngo (Siemens) з одним рядом детекторних датчиків. Також використовували автоматичний ін'єктор Medrad VNU-600 Visitron CT® Injection system. Дослідження проводили із напругою на трубіці 130 kV, силі струму 80 mAs, із кроком спіралі 3-5 мм (Slice collimation), з оборотом трубки за 1,0 с. (Rotation time) з Pitch 1,5; з інкрементом реконструкції 1,5-3 мм (Increment Reconstruction), із твердим ядром реконструкції B31s або B41 (Kernel) і полем огляду близько 180 мм (FoV). Обробку отриманих даних проводили на робочій станції «Navigator» з використанням різних видів реконструкцій (MPR, MIP, SSD).

У процесі дослідження аналізували ураження пухлиною кісток тазу (кісткову деструкцію) та поширення позакісткового компоненту пухлини в м'які тканини ділянки тазу. Також проведена оцінка результатів дослідження на предмет інвазії або інтимного прилягання до магістральних артерій цієї ділянки, оцінка ураження суміжного суглобу.

2.3 Матеріали та методи математичного моделювання

Для оцінки умов функціонування скелетно-м'язових структур тазу та нижніх кінцівок в умовах післяопераційних змін після видалення пухлини періацетабулярної ділянки кісток тазу проведено математичне моделювання, використовуючи на скелетно-м'язових моделях динамічну симуляцію нормальної ходьби людини. У процесі дослідження проведено теоретичну оцінку сумарних моментів сил у суглобах нижніх кінцівок, а також рівнів активації та зусиль, які розвивають м'язи тазового поясу та нижніх кінцівок.

Програмне забезпечення для досліджень

Експериментальне дослідження математичного моделювання динамічної симуляції рухів виконано з використанням програмного забезпечення OpenSim 4.3 (Delp S.L. та ін., 2007). Цей пакет програмного забезпечення дає змогу створювати, редагувати, а також аналізувати скелетно-м'язові комп'ютерні моделі та відтворювати їхні динамічні переміщення. Це в свою чергу дає можливість вивчати нервово-м'язову координацію, аналізувати побутові та спортивні вправи, а також порівнювати внутрішні навантаження в опорно-руховій системі. Симуляція також корисна для виявлення причин патологічних видів рухів та допомагає визначити наукове підґрунтя для розробки плану лікування, наприклад, патологічних різновидів ходи. Програмний пакет OpenSim має відкритий вихідний код, розповсюджується вільно, доступний без обмежень та безкоштовний. Елементи скелета представлені у вигляді кінцево-елементних моделей як тривимірні об'єкти [81, 82].

У дослідженнях використана базова модель є об'єктом 1,7 м заввишки та масою 75,3 кг. Загалом наявні в моделі 22 сегмента скелетної системи, які зчленовуються в суглоби різних форм та функцій і, таким чином, у моделі на тазовому поясі та нижніх кінцівках є 20 ступенів свободи (6 описують таз та по 7 на кожену нижню кінцівку). У ній представлені 50 м'язів нижніх кінцівок за допомогою 80 м'язово-сухожилкових одиниць. [81, 82].

Кінематика

Геометрія кісток. Дані кісткових структур отримані шляхом маркування поверхонь за допомогою полігональної сітки, потім визначено координати вершин за допомогою цифрового перетворювача.

Геометрія суглобів. Нижня кінцівка в моделі має 7 сегментів: таз, стегно, наколінки, гомілка, надп'ятова кістка, кістки стопи, пальці. Знаходження точок центрів обертання фіксовані в кожному із сегментів. Тазовий центр обертання знаходиться на середині лінії, яка з'єднує 2 передньоверхні ості. Стегновий центр розташовується в центрі головки стегнової кістки, гомілковий – на середині лінії, яка з'єднує 2 надвиростки стегнової кістки; центр наколінки – в дистальній його точці, надп'ятової кістки – на середині лінії, яка з'єднує верхівки зовнішньої та внутрішньої кісточок; п'ятової кістки – на самій нижній та зовнішній точці на задній її поверхні. Пальці стопи мають спільний центр в основі II плеснової кістки.

Кульшовий суглоб представлений сферичним шарнірним зчленуванням із можливістю рухів у всіх площинах та ротацією, проте без можливості поступального руху між головкою стегнової кістки та кульшовою западиною.

Колінний суглоб змодельований як шарнірне зчленування із можливістю рухів у сагітальній площині та поступальних рухів між суглобовими поверхнями.

Надп'ятово-гомілковий суглоб створений як універсальний суглоб, який в свою чергу складається із двох шарнірних зчленувань, центри обертання яких не співпадають між собою [82].

М'язова геометрія. Суглоби нижньої кінцівки приводяться в рух за допомогою 80 м'язово-сухожилкових одиниць. Шлях та напрямок скорочення м'язово-сухожилкових одиниць визначений на підставі анатомічних даних про точки прикріплення м'язів на кістках. Кожна м'язово-сухожилкова одиниця представлена як математична модель м'яза, запропонованого Hill в складі із еластичним сухожилком в модифікації Millard2012EquilibriumMuscle [83].

Математична модель м'яза за Hill.

М'язова модель Hill представляє собою динамічні властивості м'яза, яка створена на основі експериментальних спостережень із контролем вхідних та вихідних параметрів (довжина м'яза, навантаження на нього, його нервова стимуляція) [84]. Модель складається із скорочувального елемента, який генерує активну силу м'язу, та еластичного елемента для представлення пасивних м'язових структур. Еластичний елемент, який приєднується послідовно, відтворює сухожилок м'яза, апоневротичні структури та ділянки поперечних зв'язків між міофібрилами. Його напрямок співпадає з напрямком сили скорочення всього м'язу. Паралельний еластичний елемент представляє собою пасивні сполучнотканинні компоненти м'яза, які направлені паралельно до скорочувального елемента (рис. 2.3). Описана модель була актуальною протягом багатьох десятиліть. За умов включення деяких аспектів в'язко-пружних властивостей м'яза та динаміки його активації модель Hill'a є актуальною й на сьогодні [85]. Вона здатна точно описувати співвідношення між силою та станом м'яза (довжина, швидкість, рівень активації), за її допомогою можна обчислити дані параметри м'яза, які будуть із великою точністю відповідати експериментальним даним. Модель Hill не може бути використана лише для вивчення мікроскопічних процесів у м'язах.

Основні параметри м'язово-сухожилкової одиниці для дослідження.

Основними параметрами математичної моделі м'яза за Hill, за допомогою яких можна теоретично описати роботу м'яза та обчислити низку вихідних параметрів (силу м'яза, швидкість скорочення тощо), є оптимальна довжина міофібрили, фізіологічна площа поперечного перерізу м'яза, довжина сухожилка у випадку розслабленого м'яза, кут між напрямками міофібрил та сухожилка. Слід зазначити, що 2 з 4 названих параметрів для кожного м'яза (оптимальна довжина міофібрили, кут між напрямками міофібрил та сухожилка у разі оптимальної довжини міофібрили) є величинами постійними та залежать від особливостей структури конкретного м'яза. Проте довжина сухожилка у випадку розслабленого м'яза та фізіологічна площа поперечного перерізу м'яза – показники, які можуть змінюватися залежно від умов функціонування м'яза,

особливо після хірургічних втручань. У програмному пакеті OpenSim ці 4 представлені параметри математичної моделі м'яза за Hill об'єднані в один показник – максимальну ізометричну сила м'яза.

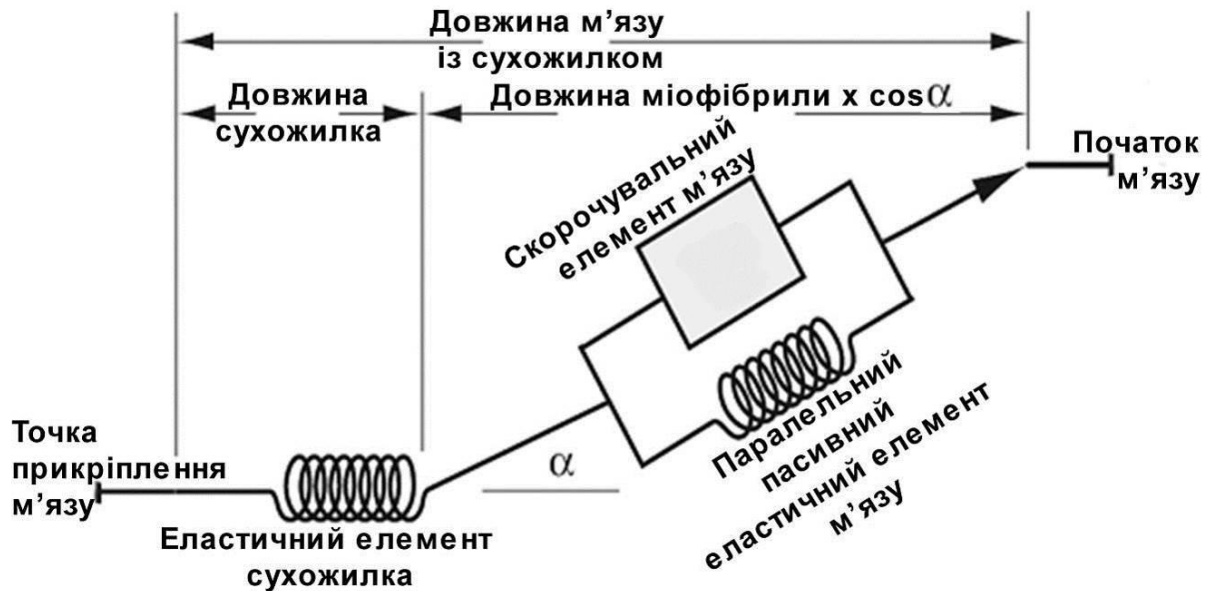


Рисунок 2.3 – Математична модель м'яза за Hill (кут α – кут між напрямком пучка міофібрил та напрямком сухожилка). Описана Zajac F., 1989 [86].

У табл. 2.1 представлено м'язово-сухожилкові одиниці та їхні основні параметри в моделі, яка використана як базова. Показані варіабельні параметри, які є унікальними для кожної м'язово-сухожилкової одиниці. Поряд із цим існують параметри, які для всіх м'язів у цій моделі є однаковими та в процесі дослідження не змінювались. А саме, максимальна швидкість скорочення міофібрил була рівною 10,0 м/с, сумарний рівень активації – 0,05, час м'язової активації – 0,01 с, час м'язової деактивації – 0,04 с, максимальна сила натягу сухожилка в разі максимальної ізометричного напруження м'яза – 0,033 Н, максимальна пасивна сила натягу сухожилка в разі максимальної ізометричного напруження м'яза – 0,6 Н, фактор форми для співвідношення «сила - довжина» активного м'яза – 0,5, фактор форми для співвідношення «сила - довжина» пасивного м'яза – 4,0, фактор форми для співвідношення «сила - швидкість скорочення м'яза» – 0,3, нормалізована максимальна сила видовження м'яза – 1,8 Н.

Таблиця 2.1 – Варіабельні параметри м'язово-сухожилкових одиниць базової скелетно-м'язової моделі

М'яз	Максимальна ізометрична сила м'яза, Н	Оптимальна довжина міофібрили, см	Довжина сухожилка у разі розслабленого м'яза, см	Кут між напрямками міофібрил та сухожилка, градус
1	2	3	4	5
m. adductor brevis	626,0	10,3	3,5	6,6
m. adductor longus	917,0	10,8	13,2	7,9
m. adductor magnus (проксимальна порція)	597,0	10,6	4,0	17,8
m. adductor magnus (серединна порція)	597,0	13,8	4,7	11,9
m. adductor magnus (дистальна порція)	597,0	17,7	8,7	11,2
m. adductor magnus (сіднична порція)	597,0	15,6	21,6	9,6
m. biceps femoris (довга головка)	1313,0	9,8	32,5	10,1
m. biceps femoris (коротка головка)	557,0	11,0	10,6	15,1
m. extensor digitorum longus	603,0	6,9	36,9	12,5
m. extensor hallucis longus	286,0	7,5	32,7	11,3
m. flexor digitorum longus	423,0	4,5	37,9	12,9
m. flexor hallucis longus	908,0	5,3	35,4	14,8

1	2	3	4	5
m. gluteus maximus (передня порція)	984,0	14,7	4,9	20,3
m. gluteus maximus (середня порція)	1406,0	15,7	6,8	21,0
m. gluteus maximus (задня порція)	948,0	16,7	7,0	21,9
m. gluteus medius (передня порція)	1093,0	7,3	5,6	18,1
m. gluteus medius (середня порція)	765,0	7,3	6,5	18,1
m. gluteus medius (задня порція)	871,0	7,3	4,5	18,1
m. gluteus minimus (передня порція)	374,0	6,8	1,6	10,0
m. gluteus minimus (середня порція)	395,0	5,6	2,6	0,0
m. gluteus minimus (задня порція)	447,0	3,8	5,1	1,0
m. gracilis	281,0	22,8	17,2	9,9
m. iliacus	1021,0	10,7	9,6	16,0
m. gastrocnemius (латеральна голівка)	1575,0	5,9	37,6	12,0
m. gastrocnemius (медіальна голівка)	3116,0	5,1	39,9	9,5
m. peroneus brevis	521,0	4,5	14,8	11,8
m. peroneus longus	1115,0	5,1	33,2	14,2
m. piriformis	1030,0	2,6	11,5	10,0
m. psoas	1427,0	11,7	10,0	12,3

1	2	3	4	5
m. rectus femoris	2192,0	7,6	44,9	12,4
m. sartorius	249,0	40,3	12,4	1,5
m. semitendinosus	591,0	19,3	24,7	13,8
m. semimembranosus	2201,0	6,9	34,8	14,6
m. soleus	6195,0	4,4	27,7	21,9
m. tensor fasciae latae	411,0	9,5	45,0	3,0
m. tibialis anterior	1227,0	6,8	24,1	11,2
m. tibialis posterior	1730,0	3,8	28,1	13,0
m. vastus intermedius	1697,0	9,9	20,2	3,6
m. vastus lateralis	5149,0	9,9	22,1	14,5
m. vastus medialis	2748,0	9,7	20,0	24,2

У разі створення тотального дефекту м'яза вся інформація про певний елемент видалялася з моделі, щоб унеможливити вплив залишкової інформації про вагу елементу на інерційні властивості моделі.

Система координат для дослідження

У проведеному дослідженні вивчали динаміку змін сили навантаження, яку спричинює поверхня кульшової западини на головку стегнової кістки чи головку ендопротеза проксимального відділу стегнової кістки під час циклу нормальної ходьби людини. Сила навантаження є векторною величиною і описується за допомогою трьох параметрів: довжини вектору сили (скалярна величина), його напрямку та точки прикладення. Для опису напрямку сили використовують величини його проєкцій на 3 осі ортогональної системи координат для тривимірного простору.

Напрямок сумарних моментів сил у суглобах визначають за спрямованістю її проєкції відносно відповідної осі тривимірної системи координат. Для опису напрямку проєкції вектору сили навантаження в передньо-задньому напрямку використовують вісь X. Позитивне значення проєкції вектору на неї вказує на напрям дії вектору вперед, а від'ємне – назад

від кульшового суглоба. Компонент дії вектору сили у вертикальному напрямку описує вісь Y , позитивне значення проекції вектору на неї означає напрямок навантаження головки вертикально догори. Від’ємне ж значення вказує на напрямок дії сили в протилежну сторону — донизу. Дію сили у фронтальній площині описує вісь Z . Позитивне значення проекції вектору сили на неї вказує на дію сили праворуч, а по відношенню до правої нижньої кінцівки – в зовнішній бік. Від’ємне ж значення означає напрямок дії вектору сили в цій площині досередини по відношенню до правої нижньої кінцівки (рис. 2.4).

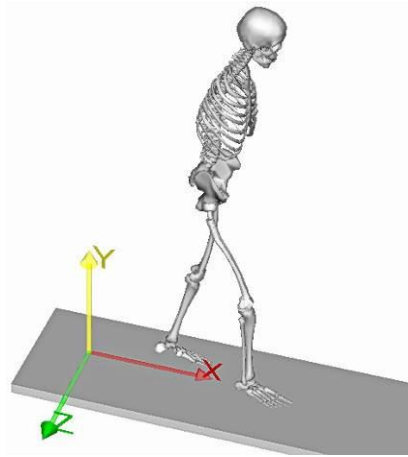


Рисунок 2.4 – Використана для досліджень тривимірна скелетна модель та зв’язана з нею система координат XYZ (стрілки вказують на позитивний напрямок дії сили) (OpenSim, S.L. Delp, 2007) [81].

Моделі для дослідження

Для порівняння сумарних моментів сил у суглобах та функціональних характеристик м’язів (активація м’язу та його сила) тазового поясу та нижніх кінцівок, які вони розвивають разом із вихідною (базовою моделлю, *модель № 1*) створені скелетно-м’язові моделі тазового поясу та нижніх кінцівок людини, в яких відтворено післяопераційний стан кісток тазу після органозберігального хірургічного втручання у випадках типового ураження періацебулярної ділянки кісток тазу злякисним новоутворенням.

Створена *модель № 2*, в якій змодельована резекція тазу тип II із використанням типової методики реконструкції у вигляді транспозиції

стегнової кістки. Точки прикріплення м'язово-сухожилкових одиниць, які знаходилися в зоні уявного пухлинного ураження видалено. Цими одиницями були задня (третя) порція малого сідничного та грушовидний м'язи. Стегнова кістка підведена під зпил здухвинної кістки, як наслідок, сформовані вкорочення (відносно) нижньої кінцівки (краніальне зміщення стегна), медіалізація голівки стегнової кістки та зміщення її дозаду.

На моделі № 3 відтворено такий же дефект кісток тазу в періацетабулярній ділянці. Положення стегнової кістки виставлено дещо інше, ніж у моделі № 2. А саме, параметри зміщення стегнової кістки краніально, медіально та дозаду виставлено вдвічі меншими, ніж у моделі № 2. Це зроблено з метою вивчення впливу значних зміщень стегнової кістки відносно кісток тазу на сумарні сили в зчленуваннях нижніх кінцівок та на функціональність м'язів тазового поясу та нижньої кінцівки.

Використаний у дослідженні цикл нормальної ходьби людини

Для дослідження використані параметри ходьби людини за нормальних умов функціонування опорно-рухової та нервової систем.

Цикл ходьби – це інтервал часу між однаковими подіями у ходьбі. Цей цикл може починатися з будь-якої події, проте в основному починають відлік часу з моменту торкання ступнею опори для ходьби. Таким чином, якщо відлік циклу ходьби починається, коли права ступня торкнулася опори для ходьби, тоді цикл завершиться, коли ця сама ступня торкнеться опори знову (рис. 2.5).

Розрізняють дві основні фази ходьби: опори відповідної кінцівки та її переносу. Фаза опори триває, поки відповідна ступня має контакт із поверхнею опори. Він починається, коли ділянка п'ятки вперше контактує з поверхнею опори та закінчується, коли пальці стопи відриваються від неї. Фаза переносу триває, доки відповідна стопа кінцівки знаходиться поза контактом із поверхнею опори.

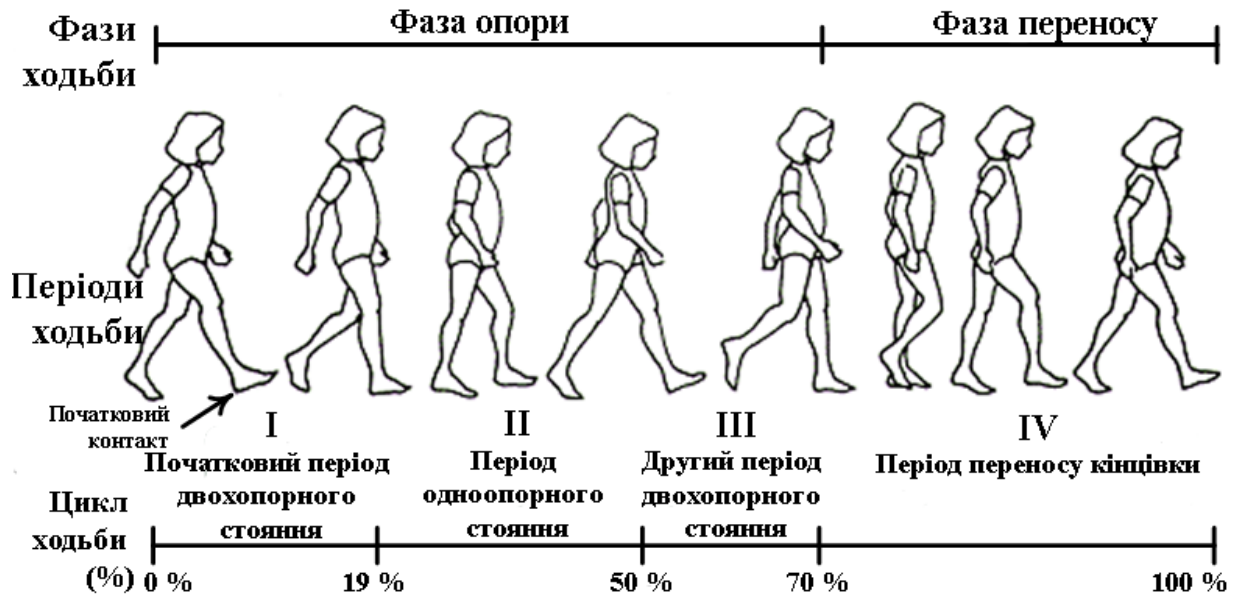


Рисунок 2.5 – Схематичне зображення фаз та періодів циклу нормальної ходьби людини, які використані у дослідженні (тривалість циклу ходьби $t = 1,14 \text{ с} = 100 \%$).

Для глибшого вивчення питання ходьби весь цикл розділено на 4 періоди:

- Початковий двоножного стояння (1-й період);
- Одноножного стояння (2-й період);
- Другий двоножного стояння (3-й період);
- Фаза переносу кінцівки (4-й період);

Перші 3 періоди утворюють фазу опори, а 4-й – фазу переносу. Розглянемо ці періоди детальніше:

– початковий період двоножного стояння триває від 0 % до 19 % часу циклу нормальної ходьби. Він починається із першого дотику п'яткової ділянки опори та закінчується, коли пальці протилежної стопи відриваються від поверхні опори. Під час цього періоду кульшовий суглоб починає спочатку згинатися, а потім розгинатися. Колінний суглоб із повністю розігнутого стану починає згинатися. Надп'ятково-гомільковий суглоб переходить із нейтрального положення до підшовного згинання.

– період одноножного стояння кінцівки триває від 20 % до 50 % часу циклу ходьби. Він починається, коли пальці протилежної стопи

відриваються від поверхні опори, та закінчується торканням опори цією самою стопою. Під час цього періоду кульшовий суглоб продовжує розгинатися через переміщення тіла вперед відносно опори. Колінний суглоб знову розгинається до максимального значення та після цього починає знову згинатися. Надп'яtkово-гомiлковий суглоб знаходиться в положенні тильного згинання під час усього періоду.

– другий період двохопрного стояння триває від 51 % до 70 % часу циклу ходьби. Починається, коли протилежна стопа торкається опори для ходьби і закінчується, коли пальці стопи відриваються від опори. Кульшовий та колінний суглоби згинаються, надп'яtkово-гомiлковий знаходиться в положенні підошовного згинання, проте в кінці переходить у положення тильного згинання.

– період (фаза) переносу кінцівки займає 71 % - 100 % циклу ходьби. Спочатку настає момент припинення контакту стопи із поверхнею опори. У надп'яtkово-гомiлковому суглобі продовжує наростати підошовне згинання, колінний продовжує згинатися також, що є в основному наслідком згинання в кульшовому суглобі. Далі кульшовий суглоб продовжує перебувати в положенні згинання, колінний починає розгинатися, надп'яtkово-гомiлковий починає переходити із положення тильного згинання в нейтральне. В подальшому кульшовий суглоб досягає максимального значення згинання та починає розгинатися перед контактом стопи із поверхнею опори. Колінний суглоб продовжує розгинатись. Надп'яtkово-гомiлковий суглоб продовжує переходити із положення тильного згинання в нейтральне.

У дослідженні використаний цикл нормальної ходьби людини для правої нижньої кінцівки, який тривав 1,14 с від початкового контакту правою стопою поверхні опори до повторного. Основні параметри рухів у суглобах нижньої кінцівки під час циклу нормальної ходьби, використаного в дослідженні, представлені на рис. 2.6.

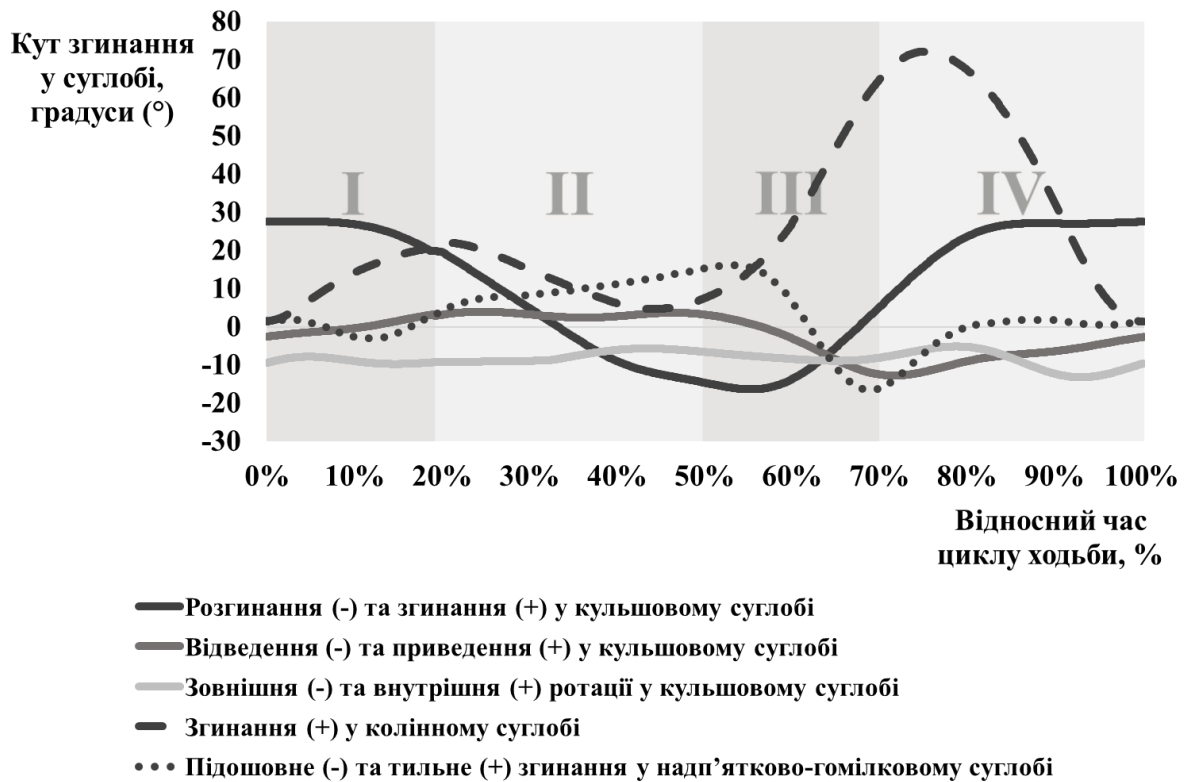


Рисунок 2.6 – Графік зміни положення у суглобах нижньої кінцівки під час циклу нормальної ходьби людини (тривалість циклу ходьби $t = 1,14 \text{ с} = 100 \%$). Римськими цифрами, сірими та білими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: ходьби: початковий двохопорого стояння (I), одноопорого стояння (II), другий двохопорого стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Для моделювання ходьби були застосовані алгоритми інверсної динаміки (Inverse Dynamics) та статичної оптимізації (Static Optimization). Ці алгоритми реалізовані в однойменні інструменти, які входять в стандартний пакет програмного забезпечення Opensim 4.3 [81].

Аналіз інверсної динаміки – це процедура розрахунку внутрішніх та зовнішніх сил, що діють у системі та навколо системи, відповідно до її топології, кінематичних обмежень та попередньо заданого руху [87].

Інструмент інверсної динаміки виконує зворотний динамічний аналіз, а саме, відбувається розрахунок сумарних сил (сили та крутні моменти), що діють на кожен суглоб моделі під час заданого руху. Для цього розрахунку необхідні кінематичні дані суглоба (суглобовий кут, кутова швидкість та прискорення), також дані про зовнішні сили, силу та момент сили, що діють на об'єкт. Використовуючи дані кінематики, що описує рух моделі, кінетики, зовнішніх

навантажень, які прикладені до моделі, проводиться зворотній (інверсний) динамічний аналіз, щоб отримати сили та крутні моменти у кожному суглобі, за допомогою яких і відбувається рух сегментів моделі [87].

Статична оптимізація – це додатковий аналітичний модуль інверсної динаміки, що дозволяє перетворити сили та моменти сил суглобів на окремі м'язові сили у кожен час. Введення м'язових одиниць у біомеханічну систему призводить до невизначеної зворотної задачі динаміки, оскільки невідомих змінних для обчислення більше, ніж рівнянь руху. З безлічі можливих рішень лише одне описує реальний патерн м'язової активації моделі, що аналізується за дотримання необхідних обмежень. У цьому дослідженні реалізована процедура статичної оптимізації для отримання параметрів м'язових зусиль, що розвиваються м'язовим апаратом нижньої кінцівки. Процедура оптимізації знаходить рішення, яке мінімізує запропонований фізіологічний критерій, забезпечуючи при цьому виконання рівнянь руху та фізіологічних властивостей м'язів. М'язові сили визначаються шляхом мінімізації суми квадратів (чи інших потужностей) активацій м'язів [88].

2.4 Матеріали і методи планування хірургічного лікування пацієнтів із пухлинами кісток тазу

Передопераційне планування базувалося на діагностичній спіральній комп'ютерній томографії. КТ-дослідження для використання комп'ютерного моделювання відповідало таким параметрам:

- товщина зрізу від 0,5 до 1,25 мм, мінімальна колімація і відстань між зрізами;
- використовувався протокол, що включає рівень сканування починаючи від L4 хребця до підвертлюгової ділянки стегнових кісток;
- використовувалось максимальне допустиме перекриття зрізів;
- запис дослідження в DICOM-форматі в аксіальній проекції;
- кістковий режим дослідження;
- мінімальна товщина зрізів.

Це вимагає як комп'ютерної томографії (КТ) з максимальною товщиною зрізу менше 1 мм, так і магнітно-резонансної томографії (МРТ) з контрастним

підсиленням з напруженістю поля 1,5 Тесла та багатовісною реконструкцією в послідовності T1/T2. Подальший основний процес включає сегментацію, віртуальне моделювання, а також оцінку якості.

Дані медичних цифрових зображень (DICOM) передаються в програмне забезпечення для подальшої обробки, сегментації та створення моделей. Одним з таких визнаним інструментом візуалізації в біомедичних науках є безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом 3D Slicer (актуальна версія 5.6.0 з вебсайту www.slicer.org від 26.11.2023р.) [89].

3D Slicer - це платформа з відкритим вихідним кодом для аналізу та відображення інформації, отриманої з медичних зображень та подібних наборів даних. Такі передові програмні середовища щоденно використовуються дослідниками та клініцистами, а також у багатьох немедичних додатках. 3D Slicer унікальний тим, що обслуговує клінічних користувачів, мультидисциплінарні умови клінічних досліджень і архітекторів програмного забезпечення в рамках єдиної технологічної структури і спільноти користувачів. Такі функції, як інтерактивна візуалізація, реєстрація зображень і аналіз на основі моделей, тепер доповнюються більш досконалішими можливостями, особливо в неврологічній візуалізації та втручанні. Ці функції, спочатку обмежені технічними факторами для використання в автономному режимі, є невід'ємною частиною великомасштабних досліджень, що швидко розвиваються, і вони все більше інтегруються в управління і надання медичної допомоги. Цю діяльність очолює спільнота фундаментальних, прикладних і клінічних вчених та інженерів, як з академічної, так і з комерційної точки зору. 3D Slicer, безкоштовний програмний пакет з відкритим вихідним кодом, базується на цій спільноті; 3D Slicer надає набір інтерактивних інструментів і стабільну платформу, яка може швидко включати нові методи аналізу і розвиватися для обслуговування більш складних додатків в режимі реального часу, залишаючись при цьому сумісною з останніми поколіннями апаратного і програмного забезпечення хост-систем комп'ютерів [90].

Сегментація є важливою частиною створення моделі. Сегментація – це процес позначення елементів зображення шар за шаром (2D) у наборі даних, що

дозволяє групувати подібні елементи в регіони або об'єми (3D). Для цього використовуються такі інструменти, як встановлення порогових значень, нарощування областей, та ручне скульптування. Дані КТ можуть бути використані для маркування анатомічних кісткових структур особливо добре, що дозволяє використовувати напівавтоматичний підхід. Структури м'яких тканин можна краще сегментувати за допомогою даних магнітно-резонансної томографії (МРТ). Бази даних анатомічних атласів постійно вдосконалюються і все більше полегшують виявлення та сегментацію. Однак, пухлини становлять особливу проблему, оскільки вони можуть містити як кісткові, так і м'якотканинні компоненти та індивідуально відрізняються за своєю геометрією та просторовою протяжністю. Зазвичай, межі пухлини визначають, дивлячись на перехід сигналу кісткового мозку від аномального до нормального на T1-зважених МР-зображеннях [91].

2.5 Клінічна характеристика пацієнтів, відібраних для дослідження результатів лікування

У роботі використано дані історій хвороб 34 пацієнтів, які проходили хірургічне або комбіноване лікування в ІПХС за період з 2005 по 2021 рр., у яких діагностовано злоякісні пухлини, вторинні ураження кісток тазу. Серед них було 22 чоловіків та 12 жінок. Середній вік пацієнтів на момент первинного звернення в інститут становив $(42,9 \pm 13,8)$ року, від 17 до 67 років.

З метою оцінки вісцеральної дисемінації онкологічного процесу всім хворим виконували ультразвукове дослідження органів черевної порожнини та позаочеревинного простору, комп'ютерно-томографічне дослідження даної зони та органів грудної клітини, за необхідності КТ головного мозку. Для оцінювання кісткової дисемінації онкозахворювання виконували остеосцинтиграфію або КТ-дослідження.

У 33 хворих згідно з хірургічною класифікацією первинних злоякісних пухлин (Enneking, 1980) встановлено стадію ІІВ [12]. Вторинне метастатичне ураження кісток тазової ділянки діагностовано 1 пацієнта.

Усім пацієнтам проводили детальне дослідження локального статусу (рентгенографічне дослідження, СКТ, УЗД, СКТА).

Ураження тіла та крила здухвинної кістки виявлено у більшості хворих, а саме у 67,6 % (23) випадків. Локалізація пухлини у лобковій кістці виявлено у 5,9 % випадків. Така ж кількість випадків розташуванню пухлини в сідничній кістці (5,9 %). Поширене ураження кісток тазу зустрічалось у наступних комбінаціях (по 5,9 % на кожному): ураження здухвинної кістки з лобковою (5,9 %), лобкової та сідничної кісток (5,9 %), здухвинної та крижової кісток (5,9 %). Виявлено один випадок ураження здухвинної, лобкової та сідничної кісток – 2,9 %.

Для гістологічної верифікації діагнозу виконували біопсію патологічного вогнища ділянки тазу. У випадках метастатичних уражень після встановлення діагнозу «метастатичне ураження», проводили додаткове комплексне обстеження з метою виявлення первинної пухлини. Для верифікації діагнозу у випадках підозри на метастатичні ураження із первинно невиявленого вогнища, гематопоетичні пухлини кістки виконували імуногістохімічне дослідження біопсійного матеріалу.

Серед діагностованих нозологічних одиниць здебільшого траплялася хондросаркома (ХС) – 76,5 % (26 випадків). Остеосаркома (ОС) виявлена у 8,8 % (3), ангіосаркома – у 6,0 % (2) хворих та по одному випадку (по 2,9 %) метастатичного ураження (метастаз гіпернефроїдного раку нирки), злоякісної лімфоми кістки та гігантоклітинної саркоми кістки.

Пацієнтів обстежували і лікували згідно з протоколами для кожної окремої нозології: за показаннями проводили неoad'ювантну та ад'ювантну поліхіміотерапії, променеви терапію, хірургічне лікування.

У 5 хворих було проведено передопераційні та післяопераційні курси поліхіміотерапії згідно із протоколами лікування відповідних нозологій: центральна остеосаркома, дедиференційована хондросаркома, злоякісна лімфома кістки, ангіосаркома кістки, гігантоклітинна саркома кістки.

Операції з видалення ураженої пухлиною ділянки кісток тазу із проведенням резекції тазу було виконано 34 хворим. Розподіл резекцій кісток тазу за типами по Enneking був наступний: резекцію таза тип I виконано у 26,5 % випадків (9), тип II – у 14,7 % (5), тип III – у 14,7 % (5). Комбіновані резекції були

виконані наступні: тип I-II – 2,9 % (1) випадків, II-III – 29,4 % (10), тип I-IV – 6,0 % (2), тип I-II-III – 2,9 % (1) та у одному випадку (2,9 %) виконано резекцію тазу тип I-II-III із ампутацією нижньої кінцівки (міжздувинно-черевну ампутацію).

2.5.1 Клінічна характеристика пацієнтів, відібраних для клінічної апробації методики лікування хворих із пухлинами періацетабулярної ділянки кісток тазу.

У роботі використано дані історій хвороб 9 пацієнтів, які проходили хірургічне або комбіноване лікування в ІПХС за період з 2017 по 2021 рр., у яких діагностовано злоякісні пухлини періацетабулярної ділянки кісток тазу. Ці пацієнти входять до загальної групи дослідження результатів лікування пухлин кісток тазу. Серед них було 7 чоловіків та 2 жінки. Середній вік пацієнтів на момент первинного звернення в інститут становив $(44,7 \pm 14,6)$ років, від 19 до 67 років.

З метою оцінки вісцеральної дисемінації онкологічного процесу всім хворим виконували ультразвукове дослідження органів черевної порожнини та позаочеревинного простору, комп'ютерно-томографічне дослідження даної зони та органів грудної клітини, за необхідності КТ головного мозку. Для оцінювання кісткової дисемінації онкозахворювання виконували остеосцинтиграфію або КТ-дослідження.

У 9 (100 %) хворих згідно з хірургічною класифікацією первинних злоякісних пухлин (Enneking, 1980) встановлено стадію ІІВ [12].

Усім пацієнтам проводили детальне дослідження локального статусу (рентгенографічне дослідження, СКТ, УЗД, СКТА).

Ураження тіла та крила здухвинної кістки виявлено у більшості хворих, а саме у 67,6 % (23) випадків. Локалізація пухлини у лобковій кістці виявлено у 5,9 % випадків. Така ж кількість випадків розташуванню пухлини в сідничній кістці (5,9 %). Поширене ураження кісток тазу зустрічалось у наступних комбінаціях (по 5,9 % на кожному): ураження здухвинної кістки з лобковою (5,9 %), лобкової та сідничної кісток (5,9 %), здухвинної та крижової кісток (5,9 %).

Виявлено один випадок ураження здухвинної, лобкової та сідничної кісток – 2,9 %.

Для гістологічної верифікації діагнозу виконували біопсію патологічного вогнища ділянки тазу.

Серед діагностованих нозологічних одиниць здебільшого траплялася хондросаркома (ХС) – 77,8 % (7 випадків). Остеосаркома (ОС) виявлена у 22,2 % (2) хворих.

Пацієнтів обстежували і лікували згідно з протоколами для кожної окремої нозології: за показаннями проводили неoad'ювантну та ад'ювантну поліхіміотерапії, хірургічне лікування.

У 2 хворих було проведено передопераційні та післяопераційні курси поліхіміотерапії згідно із протоколами лікування відповідних нозологій: центральна остеосаркома, мезенхімальна хондросаркома.

Операції з видалення ураженої пухлиною ділянки кісток тазу із проведенням резекції тазу було виконано 9 хворим. Розподіл резекцій кісток тазу за типами по Enneking був наступний: резекцію таза тип II виконано у 44,4 % (4) випадків, тип II-III – 55,6 % (5).

2.5.2 Методики оцінювання функціональних результатів хірургічного лікування хворих із пухлинами кісток тазу

Функціональні результати органозберігального хірургічного лікування пацієнтів зі злоякісними пухлинами кісток тазу оцінювали з використанням шкали (табл. 2.2) асоціації скелетно-м'язових пухлин (MSTS) (Musculoskeletal Tumor Society Score, 1993) [31].

Основними критеріями включення пацієнтів у дослідження з оцінювання функціональних результатів хірургічного лікування пухлин кісток тазу було:

- виконання хірургічного втручання в обсязі проведення резекції кісток тазу з приводу злоякісної кісткової пухлини;
- термін спостереження після проведення хірургічного втручання не менше ніж 6 міс.

Таблиця 2.2 – Шкала функціональної оцінки MSTS товариства скелетно-м'язових пухлин для нижньої кінцівки

Бали	Біль	Функція	Емоційний стан	Потреба в опорі	Ходьба	Хо́да
5	Немає	Без обмежень	Піднесений	Немає	Без обмежень	Нормальна
4	Часом виникає помірний	Нетривале обмеження	Між піднесенням і задоволеним	Ортез у разі навантаження	Без обмежень, але з відпочинком	Невеликі косметичні вади
3	Помірний (без зниження працездатності)	Обмеження, що проходить після відпочинку	Задоволений	Ортез (бандаж, корсет)	Обмежена відстань	Косметичні вади
2	Помірний, часом виражений	Часом виникає часткове обмеження	Спокійний	Ортез, іноді палиця	Доволі обмежена	Часткове порушення
1	Виражений (викликає непрацездатність)	Часткове обмеження постійне	Допустимий	Одна палиця чи милиця	Тільки всередині приміщення	Значне порушення
0	Сильний	Повне обмеження	Неприйнятний	Дві палиці чи милиці	Несаможна	Неможливість

За допомогою шкали MSTS [31], використовуючи 6 критеріїв, лікар оцінює функціональний стан пацієнта після комплексного лікування кісткової пухлини. Кожен із критеріїв оцінюють від 0 до 5 балів. Суму балів за кожним із критеріїв ділять на максимально можливу (30 балів) і вираховують результат у відсотках. Результати оцінюють за градаціями: відмінний – від 75 % до 100 %, хороший – від 70 % до 74 %, середній – від 60 % до 69 %, задовільний – від 50 % до 59 %, незадовільний – менше ніж 50 %.

3 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЗЛОЯКІСНИМИ ПУХЛИНАМИ КІСТОК ТАЗУ ЗА ЛІТЕРАТУРНИМИ ДАНИМИ

3.1. Хірургія та види резекції кісток тазу.

Широка резекція (краї резекції кісткової структури знаходяться за межами реактивної зони пухлини в здоровій тканині) – рекомендований вид онкологічної резекції для саркоми кісток тазу. Прийнято, що для широкої резекції відстань від краю резекції до ураженої пухлиною частини кістки повинна складати більше 2 см. Та коли пухлина вражає навколишні м'які тканини, тоді для забезпечення адекватності критерію широка резекція ця відстань збільшується до мінімум 5 см. Загалом, невеликі пухлини кісток тазу усуваються частковими резекціями тазу, тоді як більші пухлини лікуються за допомогою наступних видів втручань: міжздухвинно-черевна ампутація, внутрішня геміпельвектомія із збереженням кінцівки, сакректомія для крижового відділу пухлини та розширена геміпельвектомія (зовнішня геміпельвектомія з додатковою резекцією крижової кістки та ділянки поперекового відділу хребта). Залежно від видаленої ділянки кісток тазу, а саме чи ця ділянка містить опорні або рухомі елементи тазу, дефект кісткових структур тазу може підлягати реконструкції чи ні.

Методики реконструкції дефектів тазу зазвичай розподіляють на біологічні види реконструкції, такі як різноманітні види кісткової пластики та небіологічні — такі методи, як ендопротезування дефектів.

До 1970-х років майже всі пухлини кісток тазу із залученням критичних його ділянок лікувались хірургічно за допомогою міжздухвинно-черевної ампутації. Нині завдяки значним досягненням в галузі біоінженерії, методів візуалізації патологічних процесів та допоміжних (в тому числі ад'ювантних) методів лікування органозберігаюча резекція кісток тазу із використанням різноманітних видів реконструкції вважається доцільним варіантом, який дозволяє отримати задовільний онкологічний прогноз для пацієнтів [92]. Незалежно від виду резекції та реконструкції, велике значення має забезпечення достатній запасом покривних м'яких тканин, а, особливо, м'язів для закриття зони реконструкції та самої рани. Хоча досягнення в області пластичної хірургії

за останні десятиліття дозволили значно зменшити рівень ускладнень, пов'язаних із загоєнням ран, незважаючи на це, інфекційні ускладнення разом з їхніми руйнівними наслідками залишаються частим видом ускладнень [93–99]. Лікувальний план щодо передопераційного ведення, тип резекції та подальші методи реконструкції дефектів кісткових структур повинні визначатися з урахуванням анатомічного розташування та розміру пухлини, віку, супутніх захворювань пацієнтів та загального прогнозу із урахуванням стадійності онкологічного захворювання та ступеня диференціювання пухлини [100–102].

Найбільш поширений і ефективний спосіб розподілу хірургічних обсягів операцій у разі злоякісних пухлин є класифікація тазових резекцій за Enneking і Dunham, за якою резекції кісток тазу поділяються на чотири типи [20]. Резекція I типу включає в себе здухвинну кістку, тип II – періацетабулярну ділянку, тип III – лобкова та сіднична кістки, а IV тип – крижова кістки (рис. 3.1).

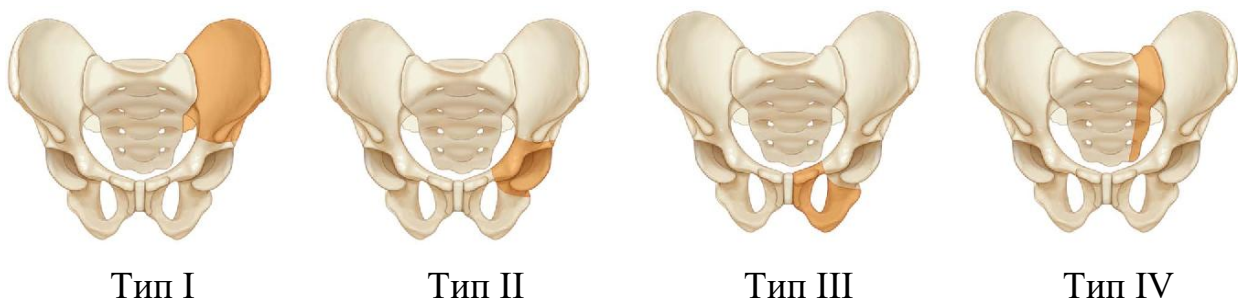


Рисунок 3.1 – Класифікація резекцій кісток тазу за Enneking і Dunham

Можна створювати кілька комбінацій цих типів тазових резекцій, що включають більше ніж один ділянку класифікується за сукупністю окремих типів (наприклад, резекція типу II–III).

Резекція, що включає найбільшу частину, а точніше всі структури кісток тазу (тип I–II–III) називається геміпельвектомією [103–105]. У разі залучення в резекцію кісток тазу ділянки проксимального відділу стегнової кістки резекція позначається як тип H, і далі підрозділяється на три типи: тип H1 – резекція головки стегнової кістки, тип H2 – резекція ділянки головки на шийки стегнової кістки, і тип H3 – резекція проксимального відділу стегнової кістки [106, 107]. Коли пухлина уражає не тільки задні відділи здухвинної кістки та крижову

кістку, а й також поширюється на нижні відділи поперекового відділу хребта, ця операція називається розширеною міжздухвинно-черевною ампутацією. Ця процедура включає резекція здухвинної кістки, крижової кістки, ампутація нижньої кінцівки і частина нижнього відділу поперекового відділу хребта. Всі деталі про хірургічну тактику, обсяг резекції, та методи реконструкції дефектів кісток тазу повинні бути встановлені на основі класифікації Enneking і Dunham.

3.2 Огляд результатів лікування хворих із резекцією кісток таза I типу.

Пухлини крила здухвинної кістки оперуються використовуючи задній варіант здухвинно-пахвинного доступу; а більш простий підхід шляхом дугоподібного доступу в проекції гребня здухвинної кістки зазвичай достатній для невеликих пухлин, які локалізуються в цій ділянці. Видалення цих пухлин зазвичай досягається за допомогою двох остеотомій, однієї проксимальної, другої дистальної, яка виконується в надацетабулярній ділянці здухвинної кістки і може проводитися через сідничну вирізку, а проксимальну остеотомію зазвичай виконують в ділянці прилеглий до здухвинно-крижового зчленування. В деяких у випадках, розташування пухлини близьке до здухвинно-крижового зчленування, тому широка резекція досягається лише шляхом деартикуляції цього зчленування [100, 106–109]. Реконструкція дефекту здухвинної кістки після резекції типу I залежить від цілісності тазового кільця.

Часткова резекція клубової кістки без порушення цілісності тазового кільця реконструкції не потребує.

Дефекти кісток після резекції великої пухлини здухвинної кістки в надацетабулярній ділянці таза або пухлини, що поширюються на крижово-здухвинне зчленування досить сильно дестабілізують тазове кільце і зазвичай призводять до певного функціонального дефіциту. У більшості випадків ці дефекти кісток піддаються реконструкції за допомогою кісткових трансплантатів, металевих імплантатів або їхньої комбінації.

Зазвичай використовують кістковий аутоотрансплантат великогомілкової або малогомілкової кістки і імплантують його в зону дефект здухвинної кістки. У разі дуже великого дефекту кістки, також можна використовувати масивні

алоімплантати. Функціональні результати після цих реконструктивних втручань зазвичай є відмінними, при цьому рівень ускладнень низький. Хоча рекомендується реконструкція для цих дефектів за більшістю авторів, Beadel et al. порівняв результати з реконструкцією кістки і без неї дефекти після клубово-крижової резекції (4 і 12 пацієнтів відповідно) і зробив висновки, що реконструкції для відновлення стабільності тазу після крижово-здухвинних резекцій не завжди доцільні [45]. В даному дослідженні функціональні бали, показники безрецидивної та загальної виживаності були подібними між групами, пацієнти без реконструкції менше користувались додатковою опорою для ходьби, больовий синдром був помірний, раніше відновилась працездатність та можливість повернутися до роботи [45]. Тому будь-яку реконструкцію у разі таких видів уражень слід розглянути з обережністю.

Досліджено 28 публікацій за період від 1996 по 2021 роки, в яких представлені результати лікування хворих із злоякісними пухлинами кісток тазу в тому числі із ураженням здухвинної та крижової кісток та резекцією I та I-IV типів із використання наступних хірургічних методик:

- Часткова резекція крила здухвинної кістки без порушення цілісності тазового кільця – не підлягали реконструкції
- Резекція здухвинної кістки із порушенням цілісності тазового кільця – ауто- та алокістковопластична реконструкція; у випадку ураження крижово-здухвинного зчленування – ілеосаркальний артродез із кістковою пластикою; використання композитних металополімерних конструкцій та індивідуальних ендопротезів (в тому числі виготовлених за допомогою 3D-друку).

Hillmann et al. (2003) представив результати лікування 30 пацієнтів за період 1982-1996 рр. із резекцією таза тип I із проведенням ауто- або алопластики дефектів (17 пацієнтів) та без проведення реконструкції тазового кільця (13). Середні показник функціональних результатів у пацієнтів із даним видом резекції тазу склав 20,9 балів (69,8 %) [110].

Morita (2003) також представив досвід лікування 130 пацієнтів за період 1969-2000 рр., із яких у 43 хворих проводились резекції тазу тип I. Середній показник функціональних результатів склав 25,7 балів (85,8 %) [111].

У роботі Laitinen (2017) показані результати лікування 64 пацієнтів із ураженням здухвинної кістки, які проходили лікування за період 1976-2015рр. із середнім терміном спостереження 110 місяців. Середній показник функціональних результатів за шкалою MSTS склав 21,5 балів (71,6 %), при чому у пацієнтів (n=29) із частковою резекцією здухвинної кістки без проведення реконструкції дефекта кістки цей показник склав 76,3 %, а у пацієнтів із видаленням здухвинної кістки із проведенням кістковопластичної реконструкції – 53,3 %. У роботі значних інфекційних ускладнень не описано. Проте відсоток локальних рецидивів склав 42,2 % [112].

Puri (2013) опублікував результати лікування за 2000-2009 рр. 30 пацієнтів дитячого віку із переважним діагнозом саркома Юїнга (73,3 %). Реконструкції у разі резекції тип I не проводили. Середній показник функціональних результатів за шкалою MSTS склав 25,0 балів (83,3 %). Інфекційних ускладнень не спостерігалось [113].

Ogura, 2014 показав досвід лікування 9 пацієнтів із ураження здухвинної кістки (остеосаркома - 2, хондросаркома - 4, саркома Юїнга - 3) із використанням резекції типу I та типу I-IV та реконструкції за допомогою хребтово-тазової титанової конструкції та гвинтів із додатковою кістковою пластикою. Середній показник функціональних результатів за шкалою MSTS склав 16,8 балів (56,0 %) [114].

Delloye, 2007 на досвіді лікування 24 хворих із пухлинами кісток тазу показав результати 6-х пацієнтів із резекцією здухвинної кістки та алопластичною реконструкцією дефекту. Показник MSTS склав $26,1 \pm 3,8$ балів. Проте відсоток інфекційних ускладнень та проблем із загоєнням рани склав 50 % для цієї групи пацієнтів [115].

Deloin, 2009 провів аналіз результатів лікування 59 хворих на хондросаркому кісток тазу з 1968 по 2003 рр. У випадку резекції типу I (кількість пацієнтів 14) реконструктивних заходів не проводилось. Показник

функціональних результатів склав 26 балів (від 20 до 28). Відсоток випадків локальних рецидивів для цієї групи хворих склав 21,4 % [116].

Puri, 2014 представив результати лікування 19 пацієнтів за період з 2002 по 2010 рр. з пухлинами здухвинної кістки. Виконувалась резекція тазу тип I без виконання реконструкції. Показник MSTS – 27 балів [117].

В дослідженні Nan в 2010 році вказано результати лікування за період 1991-2006 рр. 20 хворих із проведеною резекцією тазу тип I без виконання реконструкції цілісності тазового кільця. Функціональні результати за шкалою MSTS скали ($21,2 \pm 2,7$) балів (70,5 %). В цій групі хворих задокументовано 20 % випадків інфекційних ускладнень [118].

Farfalli, 2015 вказано результати лікування 13 пацієнтів за період 1992-2012 роки із проведеною резекцією тазу тип I-IV внаслідок онкологічного захворювання. Середній показник функціональних результатів склав ($20,2 \pm 5,2$) балів [119].

Zhang, 2016 в своїй роботі описав досвід лікування злоякісних пухлин кісток тазу із залученням у пухлинний процес крижової кістки. З 2003 по 2013 рр. проліковано 59 хворих. В даній роботі доповнено підтипи резекції крижової кістки у разі її залучення у пухлинний процес в класифікації Enneking типів резекції кісток тазу. 35 пацієнтам виконано резекцію тазу тип I-IV із реконструкцією за допомогою хребтово-тазової металеві конструкції із цементопластикою дефекту кістки. 24 пацієнтам в зв'язку із залученням в пухлинний процес ділянки кульшового суглобу виконано резекцію тазу тип I-II-IV-НЗ із доповненням попереднього обсягу реконструкції цементним ендопротезуванням кульшового суглобу. У пацієнтів без залучення у пухлину кульшового суглобу показник функціональних результатів склав в середньому 19,0 балів (63,3 %), у пацієнтів після резекції тазу тип I-II-IV-НЗ – 15,2 бала (50,7 %). Проблеми із загоєнням ран виникли у 17 пацієнтів, проте лише із 1 випадком періімплантної інфекції [120].

Mary O'Connor в 1997 р. опублікувала результати лікування 51 пацієнта за 1975-1985 рр., серед яких 22 мали ураження крила та тіла здухвинної кістки. У випадку резекції типу I із порушенням цілісності тазового кільця (10 пацієнтів)

виконували кісткову пластику та ілеосакральний артродез. Решті реконструкцію не проводили. Показник функціональних результатів в цій групі пацієнтів склав $(20,0 \pm 6,4)$ балів (66,7 %). Відсоток локальних рецидивів склав – 40,9 % випадків для групи резекції тазу тип I [102].

Ozaki також в 1996 представив досвід за період 1989-1993 рр. лікування пацієнтів із виконанням ілеосакрального артродезу із кістковою алопластиком у 12 випадках ураження типу I. Функціональні результати в середньому склали $(19,3 \pm 4,9)$ балів (64,3 %). Із ускладнень описано 7 випадків (58,3 %) проблемного загоєння ран, та 2 випадки інфекційних ускладнень (16,7 %) [121].

Court у 2006 р. опубліковано результати за період 1982-2001 рр. лікування пацієнтів із пухлинним ураженням кісток тазу із залучення крижово-здухвинного зчленування. Резекція тазу типу I-IV типу виконана у 16 пацієнтів, із віддаленими результатами 22 бали (від 8 балів до 29 балів) за шкалою MSTS (73,3 %) [122].

Wirbel, 2000 за період 1978-1998 рр. представив результати лікування пацієнтів з хондросаркомою кісток тазу, де із 51 пацієнта 26-м виконано резекцію тип I без реконструкції дефекта кісток, що утворився із функціональними результатами в середньому 23,9 балів (79,5 %) за MSTS [123].

В ту же чергу, Traub в 2013 р. за період з 2000 по 2011 рр. представив результати лікування 27 пацієнтів, з яких 6-м виконано резекцію тип I із реконструкцією дефекта кісток, що утворився аутотрансплантатом маломілкової кістки із функціональними результатами в середньому 16,9 балів (від 10 балів до 26 балів) (56,3%) за MSTS [124].

Тао Ji в роботі 2021 року представив вдосконалену техніку виконання остеотомії у разі пухлин в ділянці крижово-клубового зчленування та заміщення дефекту після видалення пухлини хребтово-тазовою титановою конструкцією на основі стрижнів, поліаксіальних гвинтів та кейджів. Результати цих втручань показані на прикладі 15 хворих. Функціональні результати склали в середньому 13,5 балів (45 %). Із ускладнень спостерігався 1 випадок механічного ускладнення, 2 випадки інфекційних ускладнень та 3 випадки локального рецидиву пухлини [125].

Zering в своїй роботі 2021 року порівняв результати лікування пацієнтів із ілеосакральним пухлинним ураженням методикою заміщення дефекту хребтово-тазовою титановою конструкцією із ендопротезуванням індивідуальним титановим імплантом, який виготовлений шляхом 3D-друку. Першою методикою прооперовано 18 хворих, другою – 10. Представлені кращі функціональні результати в випадках використання ендопротезування ($23,9 \pm 3,8$) балів в порівнянні із ($19,8 \pm 3,8$) балами. Хоча різниця статистично не значима ($p=0,45$, $p>0,05$), проте тенденція до покращення результатів присутня. Також на перевагу представленої методики вказують попередні дані кількості ускладнень: відсутність серйозних неонкологічних ускладнень (нестабільність металоконструкції та інфекційні ускладнення). Відмічається 33 % випадків локальних рецидивів у пацієнтів 1-ї групи в порівнянні із 10 % у 2-й групі [126].

Всього нами досліджено за літературними даними на 21 публікації досвід лікування 602 хворих із злоякісними пухлинами здухвинної кістки, в ході хірургічного лікування яких виконано резекції I та I-IV типів. В результаті обробки даних обчислено, що середній показник за шкалою MSTS склав ($21,6 \pm 3,6$) балів (72 %) Сумарний відсоток механічних ускладнень склав 20,5 % на основі даних 5 публікацій. Сумарний відсоток інфекційних ускладнень склав 18,3 % на основі даних 4 публікацій. Частота виникнення локальних рецидивів склала 37,5 % на основі даних 6 публікацій [59, 102, 111, 112, 115, 116, 118–132].

3.3 Огляд методик та результатів лікування хворих із резекцією кісток таза тип II.

Тип II резекції кісток таза використовується для пухлин, які розташовані навколо кульшової западини з поширенням або без на проксимальний відділ стегнової кістки. Цей вид резекції є дуже складною операцією, а досягнення хороших функціональних результатів можливе тільки у разі ретельного відновлення природної біомеханіки кульшового суглобу та стегна. Центр обертання кульшового суглобу та передача сил вздовж тазового кільця повинні бути відновлені таким чином, щоб характер переносу ваги протягом усього циклу ходи не змінювався [14].

Для цього виду резекції необхідно виконати три остеотомії. Верхня остеотомія в надацетабулярній ділянці здухвинної кістки зазвичай виконується через велику сідничну виїмка, передня остеотомія виконується в ділянці передньої стінки кульшової западини навколо основи лобкової гілки, і задня остеотомія проводиться в проксимальній частині задньої стінки кульшової западини або дистальніше по тілі сідничної кістки. Враховуючи доволі великий спектр методик виконання хірургічних втручань у разі пухлинного ураження кісток тазу, яке вимагає виконання резекції тип II, ці втручання розділені на декілька груп по відношенню до післярезекційного дефекту кісток тазу та типами засобів, якими ці дефекти заміщуються. Методи хірургічного лікування сарком кісток тазу із виконанням резекції кульшової западини без відновлення цілісності тазового кільця поділяються на геміпельєктомію, ілеофemorальний артродез, резекційну артропластику, методику транспозиції стегна. Методики реконструкції цілісності тазового кільця поділяються на біологічні методи реконструкції (кісткова алопластика, аутопластика після опромінення або аутоклавування тазового кісткового аутотрансплантата) та ендопротезування дефектів кісток тазу, які виконуються використовуючи сідловидні ендопротези, ацетабулярні компоненти із конічними ніжками, індивідуально виготовлені ендопротези та алокомполімерні ендопротезування. Всі вищенаведені методики на сьогоднішній день є доступними варіантами для лікування пацієнтів із післярезекційними дефектами періацетабулярної ділянки тазу.

Резекції кісток тазу типу I-II

Пухлини, які залучають не тільки вертлюжну та надацетабулярну ділянки, а також поширюються на більшу частину здухвинної кістки (резекція типу I-II) зустрічаються часто, і їх лікування вимагає ретельного передопераційного планування та більш розширеної операції. Критичним фактором у лікуванні кісткових дефектів є фактор збереження адекватної краніальної частини здухвинної кістки. Варіанти відновлення у разі резекцій типу I-II аналогічні тим, що і для резекцій типу II. Вони включають ілеофemorальний артродез (або сакрофemorальний артродез), резекційна артропластика та транспозиція кульшового суглобу. Коли зберігається достатня краніальна частина здухвинної кістки, то варіанти реконструкції також аналогічні тим, які описані для резекцій типу II, включаючи біологічну реконструкцію та ендопротезування. Якщо краніальна частина здухвинної кістки залишається невеликого розміру, структурні кісткові трансплантати (структурний алоімплантат або аутоотрансплантат) є альтернативним варіантом [38, 93]. Алоімплантати можуть бути використані для реконструкції після практично будь-якого типу резекції кісток тазу, і хоча вони мають перевагу в хороших функціональних результатах та відновлення біомеханіки «рідного» кульшового суглоба (принаймні протягом початкового післяопераційного періоду), висока частота ускладнень таких як асептична нестабільність, інфекційні ускладнення та переломи залишається невирішеною на сьогоднішній день проблемою. Тому, у зв'язку з високою частотою ускладнень та обмеженою їхньою доступністю, структурні алоімплантати кісток тазу для масивних дефектів не дуже популярні.

Резекції кісток тазу типу II-III

Коли пухлини залучають лобкову та сідничну кістки із залученням кульшової западини, потрібний більш розширений підхід порівняно з резекцією типу II. Хоча медіальний рівень резекція аналогічна резекції типу III, латеральний край резекції має бути продовжений проксимально до надацетабулярного рівня (тип II-III). Дефект кістки, що утворюється після цього типу резекції може бути усунений будь-яким з методів, які використовуються для резекції типу II.

3.3.1 *Нереконструктивні методики лікування періацетабулярних уражень тазу (II, I-II, II-III).*

3.3.1.1 *Ілеофemorальний артродез.*

Ілеофemorальний артродез був надзвичайно популярним методом для резекцій типу II та типу I-II на протязі попередніх десятиріч. У разі виконання цього методу зберігається стабільність тазового кільця із невідновленою її цілісністю. Також пацієнти зберігають певну ступінь безболісної функції кінцівки [133]. Недоліки ілеофemorального артродезу включають в себе втрату функції кульшового суглобу, необхідність використання додаткової опори для ходьби, значне вкорочення нижньої кінцівки, тривалі терміни консолідації [134, 135].

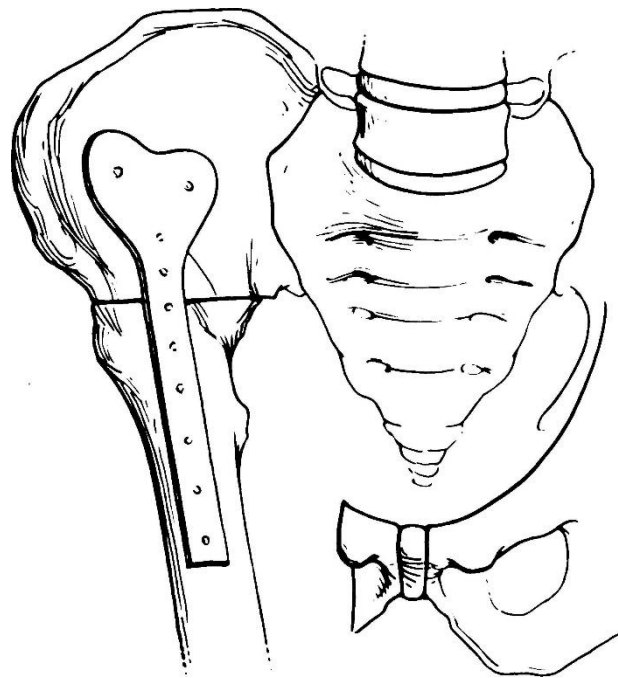


Рисунок 3.2 – Приклад ілеофemorального анкілозу після резекції пухлини кісток тазу II-III типів.

Функціональні результати цієї операції значно кращі, чим проксимальна остеотомія знаходиться ближче до даху кульшової западини, що дозволяє звести до мінімуму вкорочення нижньої кінцівки і забезпечити успішне зрощення кісткових фрагментів. Проте спроба зберегти побільше здухвинної кістки може поставити під загрозу чистоту країв резекції і привести до високого ризику

виникнення локального рецидиву пухлини. Для з'єднання проксимального відділу стегнової кістки і залишкової частини здухвинної кістки може використовуватись комбінація металоконструкцій із пластин, гвинтів, кабелів і т.п. [136–138]. Крім того, можливо виконувати кісткову пластику для підвищення вірогідності зрощення. Кісткові аутоотрансплантати, що застосовуються, включають гребінь клубової кістки і вільний трансплантат малогомілкової кістки (неваскуляризований або васкуляризований). Хоча використання вільного васкуляризованого трансплантату малогомілкової кістки збільшує складність процедури та потребує мікрохірургічних навичок, час зрощення під час використання цієї техніки значно скорочується, а стабільність тазового кільця підвищується [139–142]. У випадках, коли необхідна резекція частини лобкової або сідничної (наприклад, при резекціях типу II-III), рекомендується додаткове з'єднання стегнової кістки з сідничною або лобковою кісткою [107, 128]. Ще один метод, який може бути використаний в окремих випадках, це ротаційна пластика великогомілкової кістки та задньої поверхні стопи з кальканеопельвік-артродезом. Ця техніка включає часткову резекцію таза, резекцію стегнової кістки та збереження нижньої кінцівки нижче коліна. Далі нижня кінцівка, що залишилася, повертається на 180° , проводиться резекція середньої та передня частини стопи, а кістка п'яткової кістки фіксується до місця остеотомії тазу [138, 143].

Існує велика кількість фактичних даних щодо результатів ілеофemorального артродезу. Одне з перших великих досліджень, присвячених цій техніці, включало 60 пацієнтів із здухвинно-стегновими з'єднаннями. Результати цього дослідження були невтішні, оскільки псевдоартроз виник у 50% пацієнтів [33]. У іншому дослідженні Fuchs et al., що включало 32 пацієнти, які лікувалися цим методом, формування анкілозу було у 21 пацієнта, тоді як первинний псевдоартроз з адаптацією стегнової кістки до клубової кістки було виконано у 5 пацієнтів [37]. У групі пацієнтів з первинним ілеофemorальним артродезом, незрощення та псевдоартроз спостерігалися у 14% випадків. Що стосується функціональних результатів, то у пацієнтів з первинними псевдоартрозами відзначалися значно нижчі показники за шкалою MSTs, ніж у

пацієнтів із сформованими ілеофemorальними анкілозами. Усі пацієнти у цьому дослідженні, незалежно від успішності формування анкілозу, відзначали легкий біль в ділянці поперекового відділу хребта, що, ймовірно, пов'язано зі зміною навантаження хребет. Середня різниця довжини ніг у цій серії становила 4,8 см, що було компенсовано за допомогою взуття. Автори дійшли висновку, що ілеофemorальний артродез краще виконувати у пацієнтів молодого віку у зв'язку із більшими потребами у функціональній активності, в той час як первинний псевдоартроз може бути застосований у пацієнтів похилого віку. У іншому дослідженні, що оцінює результати цього методу, автори повідомили про задовільні результати щодо вкорочення кінцівки (в середньому 2 см) та післяопераційного функціонального статусу [142]. В іншому дослідженні оцінена та порівняна загальна вартість використання трьох різних методів (міждухвинно-черевна ампутація з екзопротезуванням, резекція кісток тазу з ендопротезуванням дефекту та ілеофemorальний артродез) для лікування пацієнтів із пухлинами кісток тазу. Ілеофemorальний артродез виявився самим дешевим варіантом в порівнянні із 2 іншими методами [144].

Всього нами досліджено за літературними даними на 7 публікаціях досвід лікування 140 хворих із злоякісними пухлинами здухвинної кістки, в ході хірургічного лікування яких виконано ілеофemorальний артродез. В результаті обробки даних обчислено, що середній показник за шкалою MSTTS склав ($18,6 \pm 4,6$) балів (62 %) [37, 102, 117, 118, 121, 122, 145].

3.3.1.2 Резекційна артропластика

Подібно до процедури Girdlestone, метод резекційної артропластики (або техніки "flailhip") після онкологічних резекцій тазу є альтернативним варіантом, який також був дуже популярним в епоху становлення хірургії сарком тазу і зараз знову знаходить підтримку [146]. Як і будь-яка органозберігаюча процедура, цей метод показаний лише тоді, коли широка резекція можлива без значного порушення функції нижньої кінцівки. Згідно цієї техніки, проводиться резекція кульшової западини, внаслідок чого утворюється дефект безопорної поверхні тазу. Метою цієї операції є створення фіброзного з'єднання між залишковим

фрагментом здухвинної кістки і стегновою кісткою, на відміну від виконаного артродеза, у якому метою є формування кісткового зрощення. Як і очікувалося, ця операція пов'язана зі значним вкороченням кінцівки, яке може бути усунене або за допомогою взуття із компенсацією вкорочення, або за допомогою дистракційного остеогенезу у більш тяжких випадках. Хоча в публікаціях повідомлялося про можливість пересування пацієнтів без додаткової опори, зазвичай хворі користуються допоміжними засобами для ходьби [32]. Функціональні результати резекційної артропластики значною мірою залежать від обсягу видаленої здухвинної кістки [147]. Хоча цей метод сьогодні не дуже поширений, проте низька частота ускладнень, а саме проблем із загоєнням рани та механічних ускладнень після реконструкцій призвели до відродження цього методу протягом останніх років, особливо у пацієнтів із тяжкими супутніми захворюваннями.

Schwartz та ін. оцінили здатність до самостійної ходьби та функціональні результати після резекційної артропластики у восьми пацієнтів із мінімальним терміном спостереження 2,9 року [32]. Автори повідомили про хороші результати: 7 із 8 пацієнтів був відсутній больовий синдром, вони могли ходити без використання додаткової опори, середній показник MSTTS склав 22,0 бали (73,3 %).

3.3.1.3 Транспозиція кульшового суглобу

Ще один приклад методики лікування пацієнтів із пухлинами кісток тазу без відновлення протяжності тазового кільця. У техніці транспозиції кульшового суглоба стегно переноситься краніально на рівень проксимальної остеотомії. Нижню частину кульшової западини (у тих випадках, коли її можна зберегти) повертають на 90° і фіксують м'якими тканинними або синтетичними тканинними імплантатами в місці проксимальному остеотомії, щоб сформувати «псевдосуглоб». Якщо вертлюжна западина повністю видалена разом із пухлиною, головку стегнової кістки можна загорнути в штучну капсулу, яка кріпиться через кістковими швами або кістковими анкерами до залишків здухвинної кістки [148, 149]. Незважаючи на те, що ця техніка дає досить хороші

функціональні результати, вкорочення нижньої кінцівки, як і при будь-якій нереконструктивній методиці, є суттєвим її недоліком [150]. Дистракційний остеогенез для ліквідації різниці в довжині нижніх кінцівок був рекомендований багатьма хірургами [151]. Ревізійні операції після транспозиції кульшового суглоба зустрічались рідко в науково-практичній спеціалізованій літературі, і частота післяопераційних ускладнень значно нижче в порівнянні з більш передовими методами реконструкції дефектів кісток, такими як ендопротезування та використання структурних масивних алотрансплантатів [110, 152].

Hillman та ін. повідомили про результати транспозиції кульшового суглоба у 17 пацієнтів після II типу, I-II типу, II-III типу і резекції I-II-III типів [110]. Значне вкорочення нижньої кінцівки було у чотирьох пацієнтів. Хоча троє з цих пацієнтів (18 %) мали проблеми із загоєнням ран, загальна частота ускладнень була дуже низькою. Автори підкреслили, що в цій серії не було випадків глибокої інфекції або місцевого рецидиву.

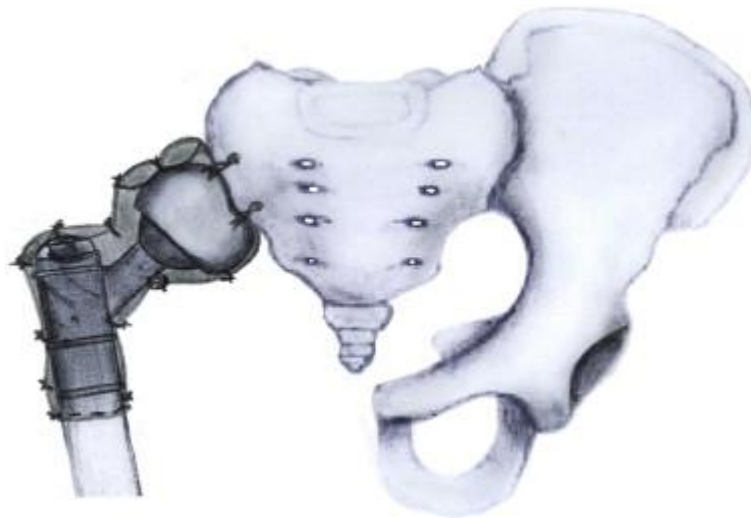


Рисунок 3.3 – Схематичне зображення методики транспозиції кульшового суглобу у разі резекції тазу I-II-III-IV типу.

Всього нами досліджено за літературними даними на 3 публікаціях досвід лікування 53 хворих із злоякісними пухлинами здухвинної кістки, в ході хірургічного лікування яких виконано транспозицію стегнової кістки. В

результаті обробки даних обчислено, що середній показник за шкалою MSTS склав $(18,5 \pm 1,3)$ балів (61,7 %) [110, 124, 152].

3.3.2. Реконструктивні методики після видалення пухлин кісток тазу

3.3.2.1. Використання кісткових трансплантатів

Біологічна реконструкція дефекту кістки означає застосування структурного кісткового трансплантату для заміщення сегмента кістки, що видалено. Цей трансплантат може бути або видаленою частиною тазу, який реімплантується в якості ауто трансплантату, або масивний тазовий алоімплантат [38, 115, 121, 153–157]. Оскільки алоімплантатам інтраопераційно можна надати форму, яка копіює складну геометрію відповідного дефекту кісток тазу, теоретично вони можуть застосовуватись для реконструкції нормальної анатомії цієї ділянки після практично будь-якого типу резекції. На відміну від цього, необхідною умовою для використання кістки, що видалена в якості ауто трансплантата є повна денатурація пухлини, яка може бути досягнута за допомогою декількох методів, включаючи автоклавування, пастеризацію, заморожування та екстракорпоральне опромінення. Після застосування цих методів і досягнення денатурації пухлини, ауто трансплантат імплантується в зону дефекту. Цей метод має деякі переваги в порівнянні із алоімплантатами, такі як легкодоступність трансплантата без необхідності наявності кісткового банку, оптимальне співвідношення із розміром та формою дефекту [158–160]. Більш того, немає необхідності в імуносупресії, нижчий ризик інфекційних ускладнень [157, 161, 162]. В порівнянні з нереконструктивними методами, біологічна реконструкція має очевидну перевагу – збереження функції кульшового суглобу, а порівнянні із ендопротезуванням, реінсерція м'язів виконується легше [163]. Однак кісткові трансплантати зв'язані з високим рівнем серйозних ускладнень таких як механічні (незрощення) та інфекційні ускладнення [38, 121, 164]. В дослідженні, яке включало 945 пацієнтів, вивчались фактори, які впливають на консолідацію кісткового трансплантата, було виявлено, що частота незрощень склала 17,3 % [165]. Головним виділеним фактором ризику невдачі консолідації було неоптимальне прилягання трансплантата до країв дефекту і наступні великі

міжфрагментарні розриви. Загальна частота інфікування алоімплантатів знаходилась в проміжку від 10 % до 33 % [33, 166]. Деякі автори насичувати імплантати антибіотиком, наприклад, рифампіцином для зменшення ризику інфекційних ускладнень [167].

Dellove і співат. в своєму дослідженні використовуючи структурні кісткові алоімплантати після періацетабулярних онкологічних резекцій у 24 пацієнтів повідомили про високий рівень ускладнень (11 пацієнтів, 46 %), які потребували повторних операцій [115]. Що стосується функціональних результатів, автори повідомили, середній бал MSTS склав 73 %, проте тільки половина пацієнтів була здатна до самостійної ходьби без милиць. Автори підкреслили, що цей показник був кращим у молодих пацієнтів (82 % у хворих молодших за 20 років) в порівнянні із середнім показником MSTS 65 % у пацієнтів похилого віку [115]. В іншому дослідженні 18 пацієнтів після реімплантації опроміненого аутоотрансплантату в періацетабулярну ділянку тазу повідомлено про хороші функціональні результати із середнім балом MSTS 73 %. Також автори повідомили, що 3 ревізійні операції були проведені пацієнтам із глибокою інфекцією, в ході яких важко було визначити ступінь зрощення аутоотрансплантата, проте в далі в цих пацієнтів операцій з приводу достовірного незрощення аутоотрансплантата ревізійні операції не проводились [168].

Досліджено за літературними даними на 10 публікаціях досвід лікування 110 хворих із злоякісними пухлинами здухвинної кістки, в ході хірургічного лікування яких виконано кісткову алопластику ділянки дефекту кісток тазу. В результаті обробки даних обчислено, що середній показник за шкалою MSTS склав $(20,3 \pm 1,9)$ балів (67,7 %). Відсоток механічних ускладнень склав 25 % (на основі 6 публікацій). Частота інфекційних ускладнень склала 20,2 % (на основі аналізу 7 джерел). Виникнення локального рецидиву у разі даного виду втручання виявлено у 15,1 % хворих (проведений аналіз 4 джерел) [38, 110, 115, 119, 132, 152, 153, 169–171].

3.3.2.2 Ендопротезування

Ендопротезування для періацетабулярних реконструкцій стало самою популярною методикою. За останні 10-ліття розроблено багато різних типів ендопротезів [39, 156, 172–177, 177, 178]. Необхідною умовою для хорошого результату ендопротезування після резекції кісток тазу є міцна та стабільна фіксація ендопротеза із кісткою, що залишилась після резекції. Крім того, для підвищення стабільності кульшового суглобу та зниження частоти вивихів рекомендовані великі розміри голівок ендопротезів, також сідничні м'язи із фасцією повинні бути збережені та по можливості прикріплені до стегнової кістки або ендопротезу, що її заміщує [107]. Для підвищення первинної стабільності та ефективності реінсерції м'язів можливе використання синтетичних матеріалів, які виконують роль зв'язок, капсули суглобу. Вирішальну роль у відновленні біомеханіки кульшового суглобу мають положення ацетабулярного компонента, його симетричність із протилежною стороною по висоті, латералізації та орієнтації [179].

Сідловидні ендопротези

Сідловидний ендопротез був одним із перших імплантатів, який був розроблений для реконструкції після резекції кісток тазу типу II та II-III типу. Ці імплантати були спочатку розроблені та використовувались для реконструкції масивних дефектів кісток тазу після невдалих тотальних ендопротезувань кульшового суглобу або після лікування парапротезної інфекції кульшового суглобу [174]. Однак до кінця 1990-х рр., було накопичено досить значну кількість випадків щодо використання цих імплантатів після резекцій кісток тазу внаслідок злоякісних пухлин [173].

Для встановлення цього імплантату в здухвинній кістці, виконується вирізка в здухвинній кістці, саме проксимальна частина протеза, яка вставляється в цю вирізку нагадує візуально сідло [39].

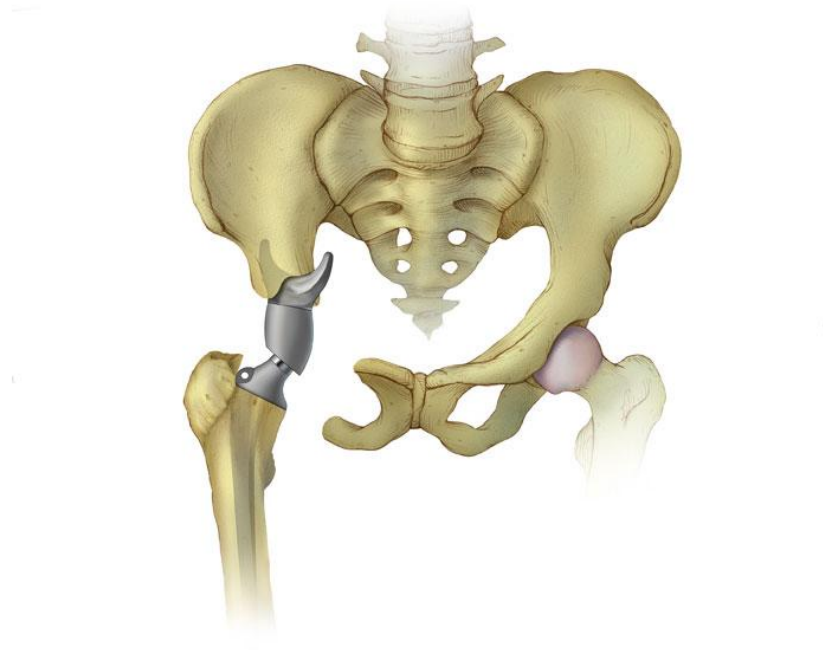


Рисунок 3.4 – Схематичне зображення варіанту заміщення післярезекційного дефекту ацетабулярної ділянки тазу сідловидним ендопротезом.

Перші результати застосування цього ендопротезу з позицій механічних ускладнень (асептична нестабільність, випадки вивихів голівки стегнового компонента ендопротеза, інтраопераційні та післяопераційні переломи) були дуже невтішними. Основною причиною цих незадовільних результатів було остаточне ексцентричне положення центру обертання ендопротеза кульшового суглоба. Високий рівень ускладнень змусив розвивати численні модифікації цих імплантатів. Нові модифікації сідловидного ендопротезу були модульні, що додавало більше варіантів відновлення біомеханіки кульшового суглоба [180].

Aboulafla et al. вивчили результати застосування сідлоподібних протезів у 17 пацієнтів з пухлинами тазу [39]. Функціональні результати у їхньому дослідженні були відмінними або хорошими у 12 пацієнтів та задовільними або поганими у 5 пацієнтів. Частота вивихів була високою (53%), решту ускладнень становили проблеми із загоєнням ран та глибока інфекція. Асептична нестабільність ендопротеза та його краніальна міграція також були частим видом пізніх ускладнень. Деяку ключову роль у покращенні функціональних результатів використання цих ендопротезів відіграло правильне виконання вирізки в здухвинній кістці та правильний підбір довжини імплантату. Таким

чином, відновлюється натяг м'язів клубової та сідничної ділянок (абдукторів стегна), що підвищує стабільність кульшового суглобу. Відповідно до цього, висока резекція здухвинної кістки та інсуфіцієнтність м'язів-абдукторів стегна є протипоказаннями для використання цього виду імплантатів.

Досліджено за літературними даними на 6 публікаціях досвід лікування 74 хворих із злоякісними пухлинами здухвинної кістки, в ході хірургічного лікування яких виконано ендопротезування дефекту кісток тазу сідловидним ендопротезом. В результаті обробки даних обчислено, що середній показник за шкалою MSTS склав ($16,6 \pm 3,7$) балів (55,3 %). Відсоток механічних ускладнень (вивихи) склав 20,4 % (на основі 3 публікацій). Частота інфекційних ускладнень склала 30,6 % (на основі аналізу 3 джерел). Виникнення локального рецидиву у разі даного виду втручання виявлено у 32,3 % хворих (проведений аналіз 3 джерел) [39, 116, 118, 169, 181, 182].

Індивідуальні ендопротези, для заміщення дефектів кісток тазу

У зв'язку з високою частотою інфекцій після використання алотрансплантатів та потреба у покращенні функціональних результатів індивідуальні модульні ендопротези, набули широкого поширення всередині 1990-х років для реконструкції дефектів періацетабулярної ділянки [110, 164, 178]. Для створення таких імплантатів, необхідна передопераційна комп'ютерна томографія тазу і формується тривимірна модель таза, на якій моделюються та розмічаються краї резекції, а потім виготовляється модульний ендопротез таза на індивідуальне замовлення. Теоретична перевага цього методу полягає в тому, що оскільки ендопротез точно відповідає дефекту і з високою точністю заміняє сегмент тазової кістки, передбачається, що функція кульшового суглоба повинно бути повністю відновлено. Для досягнення цієї мети інтраопераційна резекція має бути максимально відтворювати попередньо спроектовану резекцію на комп'ютерній моделі тазу. Незважаючи на початковий ентузіазм та відмінні функціональні результати, довгострокові результати не були такими, як очікувалося, оскільки ці об'ємні імплантати були пов'язані з певними ускладненнями, включаючи асептичну нестабільність, міграцію та переломи

імплантату. Більше того, значний за розміром «мертвий простір», який утворювався після встановлення цих імплантатів приводив до накопичення значних за обсягом післяопераційних гематом та виникнення ранніх післяопераційних інфекційних ускладнень. Високий рівень цих ускладнень призвів наприкінці 2000-х рр. до значного зниження використання цих імплантатів [164]. Однак завдяки ретельному передопераційному плануванню країв резекції та проведення точної резекції кісток тазу, яка потрібна для встановлення цих імплантатів, використання цих металоконструкцій привело до зниження частоти місцевих рецидивів пухлини [158].



Рисунок 3.5 – Рентгенограма ділянки тазу пацієнта після заміщення післярезекційного дефекту тазу II типу індивідуальним ендопротезом

Існує декілька серій досліджень про індивідуальні ендопротези, після онкологічних резекцій тазу [172, 175].

Hillmann та ін. повідомили про результати та ускладнення кількох реконструктивних методик після резекції тазу [110]. У 16 пацієнтів було встановлено індивідуальні ендопротези. Частота ускладнень була досить високою (62,5%). Частота інфекційних ускладнень склала 38%, локальний рецидив виявлено у 3 пацієнтів, а у 1 пацієнта виникли проблеми із загоєнням рани. Автори зазначили, що цим пацієнтам знадобилося 30 повторних операцій (у середньому 1,9 ревізійних операцій на одного пацієнта).

Досліджено за літературними даними на 4 публікаціях досвід лікування 107 хворих із злоякісними пухлинами здухвинної кістки, в ході хірургічного лікування яких виконано ендопротезування дефекту кісток тазу сідловидним ендопротезом. В результаті обробки даних обчислено, що середній показник за шкалою MSTS склав $(17,8 \pm 5,1)$ балів (59,3 %). Частота інфекційних ускладнень склала 27,1 % (на основі аналізу 4 джерел). Виникнення локального рецидиву у разі даного виду втручання виявлено у 9,3 % хворих (проведений аналіз 4 джерел) [110, 175, 183, 184].

Ендопротези кульшової западини з ніжками (чашки)

Хоча сідловидні ендопротези та індивідуальні імплантати використовувалися протягом багатьох років у хірургії тазу пухлин тазу, проте через значну частоту ускладнень та високої вартості цих імплантатів, поступово з'являлось дуже скептичне відношення до їхнього використання [185, 186]. Щоб подолати ці побоювання, було розроблено інший тип ендопротезів, який був спочатку впроваджений в ревізійній хірургії кульшового суглобу [176, 186, 187]. Ці вертлужні ендопротези були названі чашками з ніжками і складаються з нижньої частини у вигляді ацетабулярного компонента ендопротеза кульшового суглобу та великої конічної ніжки, яка фіксується проксимально в здухвинній кістці і спрямована до задньої верхньої ості або крижово-здухвинного зчленування. Оскільки структура перешийка здухвинної кістки схожа зі структурою довгої кістки з товстим кортикальним шаром та щільною трабекулярною структурою, обґрунтуванням для використання цих імплантатів є те, що їхня ніжка, що вводиться в здухвинну кістку, забезпечить необхідну жорстку фіксацію імплантату в здухвинній кістці. Два основних типи імплантатів із ніжкою чашки – це реверсивні протези із ніжкою у вигляді «конуса морозива» та чашки на ніжці (рис. 3.6) [188, 189].

Хоча основні принципи, на основі яких виконаний дизайн цих двох імплантатів схожі, нові типи чашок з ніжками, такі як ендопротез LUMiC є більш універсальними щодо довжини ніжки, орієнтації та діаметру чашки.

Ці ендопротези для стабільної фіксації потребують лише невеликої краніальної частини клубової кістки, а правильна орієнтація ніжки виконує

передачу навантаження вздовж крижово-здухвинного зчленування. Таким чином, анатомічна та біомеханічна безперервність між хребтом та нижньою кінцівкою не порушується. Існує ще кілька переваг, пов'язаних із цими імплантатами. Наприклад, той факт, що відновлення безперервності тазового кільця не потрібно, висока універсальність щодо довжини стрижня та орієнтації чашки. Ця універсальність забезпечує безліч варіантів відновлення центру обертання кульшового суглобу та довжини кінцівки. Більш того, завдяки невеликому розміру цих імплантатів, в результаті значно зменшується мертвий простір. Нарешті, ці імплантати комерційно доступні широкому спектру і типорозмірів ніжок та орієнтації чашки. Таким чином, немає необхідності в передопераційному плануванні конструкції та її індивідуальному виготовленні, як у випадку з імплантатами, виготовленими на індивідуальне замовлення.

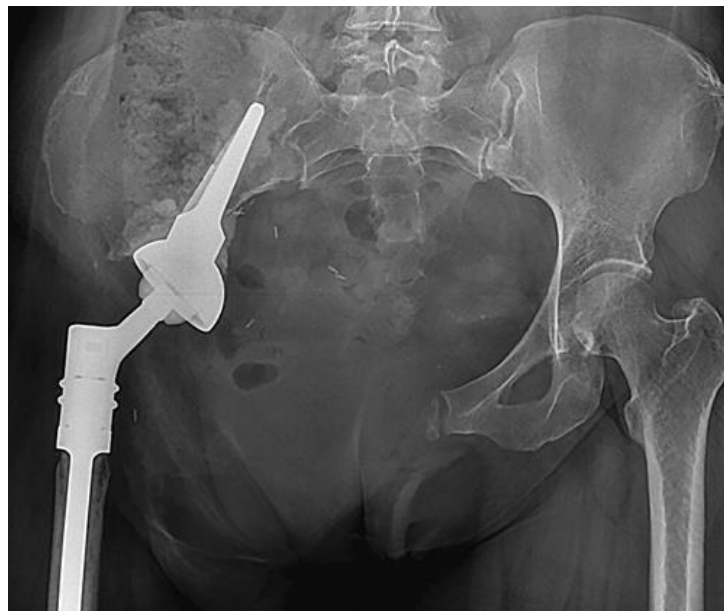


Рисунок 3.6 – Рентгенограма пацієнта після видалення пухлини із проведенням резекції кісток тазу II-III типу і реконструкцією кульшового суглобу ацетабулярним ендопротезом із ніжною.

Внаслідок цих особливостей також значно знижується кількість ускладнень, таких як утворення гематом та інфекція [187]. Однак незважаючи на точне відновлення біомеханіки, функціональні результати застосування цих імплантатів сильно варіюють. Чашки з ніжками були спочатку розроблені для

ревізійної хірургії кульшового суглобу після ендопротезування. У літературі є невелика кількість досліджень щодо використання цих чашок після онкологічних періацетабулярних резекцій [180, 190–192]. У найбільшому дослідженні, що включало 48 пацієнтів з пухлинами тазу 6-річного спостереження, Hirfl та ін. [190] повідомили результати застосування чашки із ніжкою (Schoellner cup, Zimmer Biomet Inc., Варшава, Індіана) для онкологічної реконструкції тазу. Ускладнення у цьому дослідженні були частими, включаючи глибоку інфекцію у 17% пацієнтів, вивих стегна у 15% пацієнтів, асептичну нестабільність у 6% пацієнтів. Крім того, виживання цих чашок при 1-му та 5-му році спостережень становила 72% та 51% відповідно.

Bus та ін також оцінювали таку ж чашку із ніжкою (Schoellner cup; Zimmer Biomet Inc., Warsaw, Індіана) після онкологічних резекцій тазу у 19 пацієнтів із середнім терміном спостереження 7,9 років [188]. Хоча 5-річна частота невдач була аналогічна як у Hirfl та ін. (50%), не було жодного випадку ревізійних втручань з приводу механічних причин, а всі випадки ревізій були пов'язані з інфекційними ускладненнями.

Частота ускладнень також була високою в іншому дослідженні Bus et al., в якому оцінювалася чашка LUMiC для реконструкції періацетабулярної області після онкологічних резекцій [57]. Загалом у 47 пацієнтів, у 30 % виникло щонайменше одне ускладнення. Зокрема, інфекції виникли у 13 пацієнтів (28 %), у той час як у 10 пацієнтів (22 %) було принаймні один вивих. Автори наголосили, що з початком використання чашок з подвійною мобільністю частота вивихів знизилася до 4%. Кумулятивна частота механічних ускладнень ендопротезу LUMiC цьому дослідженні через 2 та 5 років склала 19,4 % та 26,5 % відповідно [57], що значно нижче, ніж у дослідженні Hirfl. та ін. [190].

Є також невелика кількість даних щодо використання реверсивних імплантатів із ніжкою типом "ріжок морозива" для реконструкції періацетабулярної області після онкологічних тазових операцій [193, 194]. Нові типи імплантатів із конусоподібною ніжкою типу "ріжок морозива" в основному є модифікаціями імплантату McMinn (LINK, Гамбург, Німеччина), які були розроблені спочатку для реконструкції дефектів кісток після ускладнень

ендопротезування кульшового суглобу. Barriento-Ruiz та ін. у недавньому дослідженні повідомили про результати застосування двох імплантатів із ніжками типу «ріжок морозива» (Coned, Stanmore Worldwide Ltd, Елстрі, Великобританія; та Socincer, Хіхон, Іспанія) у десяти пацієнтів після резекцій тазу II типу з середнім терміном спостереження становило 3 роки [189]. Інфекційні ускладнення виникли у чотирьох пацієнтів (40 %), двоє з яких були поверхневі ранові інфекції та дві були глибокими інфекціями, а вивих відбувся у одного пацієнта (10 %) під час спостереження.

Цікаво, що автори повідомили, що жодному з десяти пацієнтів не знадобилася ревізійна операція для видалення імплантату; таким чином, частота ускладнень протягом 2 років склала 0 % [189]. В іншому дослідженні Фішера та ін імплантати типу конуса морозива були встановлені у 27 пацієнтам після періацетабулярних онкологічних резекцій [195]. Порівняно з попереднім дослідженням, хоча частота вивихів була майже такою самою (14,8 %), частота інфекцій була значно нижчою (11,1 %). Під час спостереження (в середньому 39 місяців, діапазон 18-80 місяців), тільки 1 пацієнту знадобилося видалення імплантату внаслідок асептичної нестабільності ендопротезу. В іншому недавньому дослідженні, у якому взяли участь 24 пацієнти з періацетабулярними онкологічними резекціями, яким було проведено реконструкцію з використанням імплантату типу "конус морозива", принаймні, один епізод ускладнення виникло у 58 % пацієнтів [196]. Ці ускладнення включали глибоку інфекцію (17 %), вивих голівки ендопротезу (18 %) та асептична нестабільність (8 %). При 5-річному спостереженні виживання імплантатів у цьому дослідженні становила 75 %.

Досліджено за літературними даними на 5 публікаціях досвід лікування 171 хворого із злоякісними пухлинами здухвинної кістки, в ході хірургічного лікування яких виконано ендопротезування дефекту кісток тазу ендопротезом кульшової западини із ніжкою. В результаті обробки даних обчислено, що середній показник за шкалою MSTs склав $(20,0 \pm 2,9)$ балів (66,7 %). Частота інфекційних ускладнень склала 22,1 % (на основі аналізу 5 джерел). Виникнення

локального рецидиву у разі даного виду втручання виявлено у 8,2 % хворих (проведений аналіз 5 джерел) [57, 183, 188, 190, 196].

Алокомпозитне ендопротезування дефектів кісток тазу

Іншим варіантом реконструкції періацетабулярних дефектів є використання алокомпозитного ендопротезування (АКЕ), що включає звичайний ацетабулярний компонент ендопротезу кульшового суглобу, який імплантується в кістковий алоімплантат. Теоретична перевага цієї техніки полягає в тому, що додаткове використання кісткового трансплантату дозволяє реконструювати значні дефекти кісток тазу, у той час як звичайний ендопротез кульшового суглобу відновить діапазон рухів у суглобі, що призведе до хороших функціональних результатів. Кістковий імплантат, який використовується у цій методиці, може бути або сегмент кістки, що видалено, далі автоклавовано або опромінено, або попередньо заготовлений кістковий алоімплантат [153, 197–203]. Перевагою використання аутотрансплантатів є оптимальне прилягання його до країв дефекту, при цьому легко доступні, якщо онкологічний центр належним чином та за наявності банку кісткової тканини. Хоча цей метод дає хороші функціональні результати, використання ауто- або алотрансплантату має у довгостроковій перспективі ускладнення, які саме пов'язаний із кістковими трансплантатами, такі як інфекційні ускладнення, незрощення, асептична нестабільність та переломи. Процес денатурації пухлини, який відбувається шляхом опромінення та нагрівання для аутотрансплантатів, є для них є основним фактором ризику, що приводить до переломів трансплантату та порушення консолідації [200]. Повідомляється, що частота інфекцій після цих операцій варіює від 15 % до 50 % [110, 153, 154]. Широкий діапазон показників ймовірно, пов'язаний з різним обсягом резекції м'яких тканин та кісток і, як наслідок різним обсягом мертвого простору, що утворився в результаті видалення пухлини.



Рисунок 3.7 - Рентгенограма пацієнта після видалення пухлини із проведенням резекції кісток тазу I-I типу і реконструкцією післярезекційного дефекту кісток тазу алокомпозитним ендопротезом.

Резекції типу III

Резекція типу III необхідна у випадках пухлин лобкової та сідничної кісток. Для цього типу резекції виконуються дві остеотомії тазу. Медіальний рівень резекції проходить через лобковий симфіз або в деяких випадках через протилежний лобкову кістку. Латеральна остеотомія виконується медіально від кульшової западини. У деяких випадках затульний нерв із сусідніми затульними судинами доводиться видаляти через їхнє залучення в пухлинний процес. Пухлини верхньої або нижньої гілок можуть бути повністю видалені без подальшого відновлення дефектів кісток, оскільки цей вид резекції не порушує стабільність тазового кільця. Важливою частиною цієї процедури є ретельна реконструкція м'яких тканин з метою запобігання грижі сечового міхура або кишечника через дефект. Реконструкція пахової ділянки є обов'язковою для запобігання утворення післяопераційної киби [204, 205]. Додатково реконструкція м'яких тканин доповнюється використанням синтетичної сітки або широкої фасції.

Резекції типу I-II-III-IV

У деяких випадках пухлина поширюється не тільки на тільки більшу частину кісток тазу, а й частину крижової кістки. У таких випадках необхідно виконати повну резекцію половини тазу, яка може бути як міжздухвинно-черевна ампутація, так і резекція половини тазу. Показання до міжздухвинно-черевної ампутації та ампутації нижньої ампутації кінцівки в порівнянні з резекцією тазу сформульовані F. Sim та M. O'Connor 1989 році [33]. Основна відмінність у порівнянні з резекціями типу I-II або I-II-III полягає в тому, що не залишається проксимального крила здухвинної кістки, тому реконструктивні та нереконструктивні методи, які доступні для лікування дефекту кісток тазу, що утворився аналогічні таким, що використовують у разі резекцій кісток тазу типу I-II, коли не зберігається адекватна краніальна частина клубової кістки.

До нереконструктивних методик належать резекційна артропластика, крижово-стегновий артродез або транспозиція стегна. У той час як варіанти реконструктивних методик включають індивідуальні імпланти або кісткова алопластика.

Перевага алоімплантатів у тому, що вони більш ефективно забезпечують реінсерції м'язів тазової ділянки до трансплантату, що теоретично призводить до покращення післяопераційних функціональних результати.

Індивідуальні ендопротези є мегаімплантами, які заміщають дефект кісток таза пацієнта, проте із ними пов'язано велика частота інфекційних ускладнень та асептичної нестабільності. Спонтанна перипротезна гетеротопічна осифікація навколо цих імплантатів може розвиватися, що пов'язано з нижчим рівнем нестабільності.

Досить часто у разі таких резекцій виконується МЧА, а також після виявлення локального рецидиву пухлини.

Чи слід виконувати міжздухвинно-черевну ампутацію або резекцію тазу – це рішення має прийматися хірургом на підставі багатьох факторів, таких як основний діагноз, соматичний стан пацієнта, характеристики пухлини, і прогнозована виживаність. Було доведено, що у разі правильного відбору пацієнтів та суворо дотриманої хірургічної стратегії резекція кісток тазу не виявлено більш високого ризику локального рецидиву в порівнянні із міжздухвинно-черевною ампутацією, з аналогічними показниками виживаності [102, 206]. З іншого боку, міжздухвинно-черевна ампутація мають меншу частоту ускладнень та швидший час відновлення порівняно з резекціями тазу.

Реконструкція дефекту кістки повинно розглядатися в кожному конкретному випадку, оскільки це складне питання, де ще не має чітких рекомендацій. Наявні реконструктивні методики забезпечують кращі функціональні результати порівняно з нереконструктивними, оскільки функції кульшового суглобу та нижньої кінцівки відновлюються, проте платою за це є значно вищий ризик неонкологічних ускладнень [38, 39, 100, 108, 109, 207, 208].

4 РЕЗУЛЬТАТИ МЕТААНАЛІЗУ ДАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ КІСТОК ТАЗУ ТА МЕТОДИК ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ САРКОМ ТАЗУ БЕЗ ВІДНОВЛЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ КІСТОК ТАЗУ

Для дослідження функціональних результатів відібрано 11 досліджень порівняльного аналізу результатів методик лікування сарком тазу: із відновленням цілісності тазового кільця та без його реконструкції. Усі дослідження були ретроспективними. Дослідження були опубліковані в період з 1996 по 2021 роки. Всього в даний аналіз включено дані 466 хворих [110, 118, 119, 121, 123, 152, 164, 169, 209, 210].

В кожному із використаних досліджень представлений досвід лікування пацієнтів із саркомами кісток тазу із використанням значного арсеналу реконструктивних методик заміщення дефектів кісток тазу із залученням ділянки кульшового суглобу. Дані для порівняння представлені у вигляді середньої бальної оцінки згідно шкали MSTS. Індекс гетерогенності між використаними дослідженнями склав 77 % ($p < 0,00001$), тому для порівняння отриманих даних середніх значень функціональних результатів використана модель випадкових ефектів.

В 3 із 11 проаналізованих досліджень виявлений статистично достовірний кращий середній функціональний результат за шкалою MSTS у разі використання нереконструктивних методик хірургічного лікування пухлин кісток тазу. У решти досліджень достовірної різниці у функціональних результатах не виявлено.

Сумарно отримали в результаті метааналізу тенденцію до переваги функціональних результатів за шкалою MSTS отримали у разі використання нереконструктивних методик над методиками, в ході яких проводили реконструкцію тазового кільця та/або кульшового суглобу у лікуванні злоякісних пухлин кісток тазу. Проте ці дані не набули статистично достовірного значення. Сумарний ефект $Z=1,80$, $p=0,07$ (рис. 4.1.).

Для подальшого статистичного аналізу відібрано 10 досліджень для порівняльного аналізу даних по виникненню інфекційних ускладнень у разі використання вказаних методів хірургічного лікування пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу.

Усі дослідження були ретроспективними та були опубліковані в період з 1996 по 2021 роки. Всього в даний аналіз включено дані 666 хворих, в ході лікування яких виникли 146 випадків інфекційних ускладнень, які потребували повторних оперативних втручань [59, 110, 121, 129, 152, 164, 169, 209–211].

Дані для порівняння представлені у вигляді кількості випадків важких інфекційних ускладнень на сумарну кількість пацієнтів, в яких використані вищеописані типи хірургічних методик.

Індекс гетерогенності між використаними дослідженнями склав 45 % ($p=0,06$), тому для порівняння отриманих даних по різниці ризиків виникнення інфекційних ускладнень використана модель фіксованих ефектів.

В 5 із 10 проаналізованих досліджень виявлений статистично достовірний менший ризик виникнення інфекційних ускладнень у разі використання нереконструктивних методик хірургічного лікування пухлин кісток тазу (Hillmann et al., 2003; Hoffmann et al., 2006; Puchner et al., 2017; Bus et al., 2018; Fujiwara et al., 2021). Решта досліджень не вказує на достовірну перевагу якоїсь із груп методик, які порівнювались.

В результаті метааналізу сумарно отримано статистично достовірно менший показник ризику виникнення інфекційних ускладнень у лікуванні злоякісних пухлин кісток тазу у разі використання нереконструктивних методик. Це підтверджується сумарним ефектом метааналізу $Z=6,75$, $p<0,00001$ (рис.4.2).

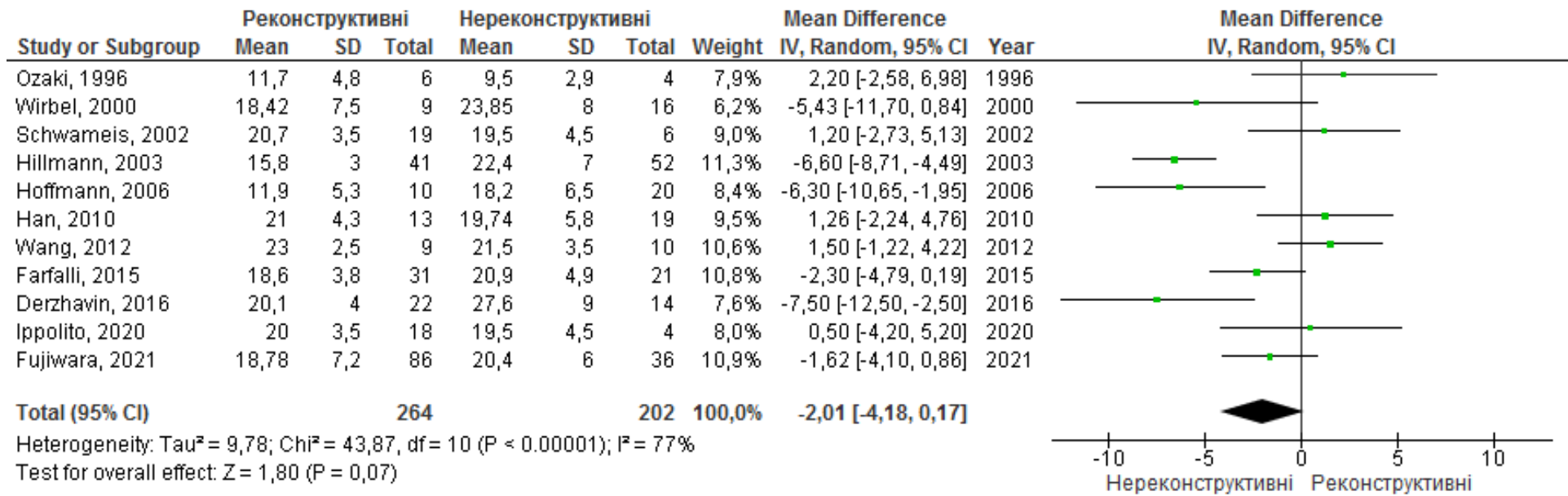


Рисунок 4.1 – Вихідні дані та форест-графік результатів метааналізу даних функціональних результатів лікування пацієнтів методами реконструкції цілісності тазового кільця та відновлення кульшового суглобу та без реконструкції цілісності тазового кільця.

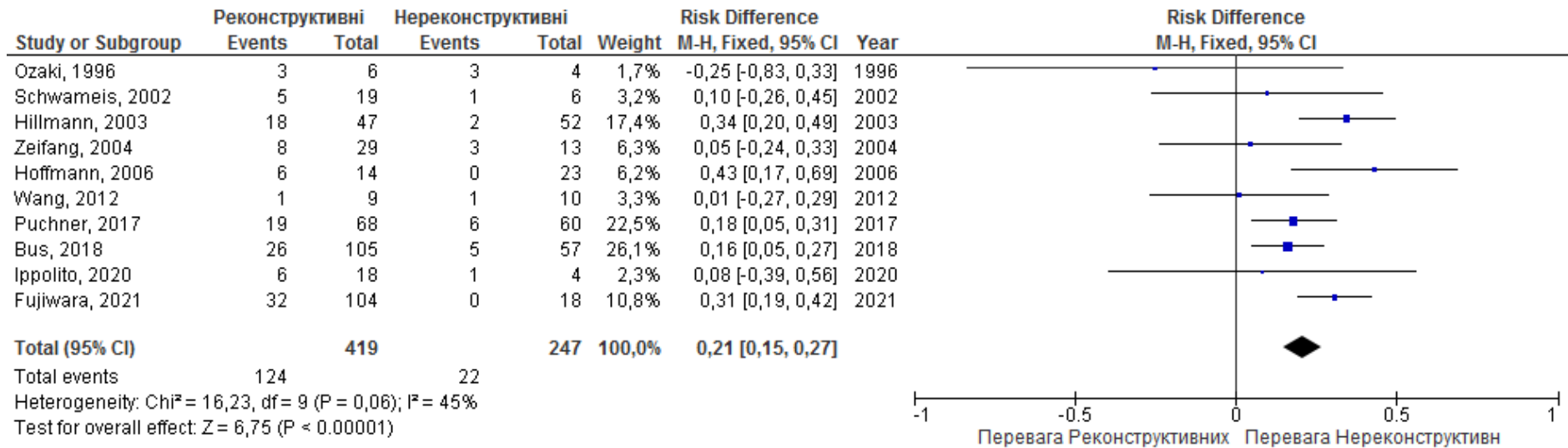


Рисунок 4.2 – Вихідні дані та форе́ст-графі́к результа́тів метаана́лізу мето́дом різни́ці ризи́ків виникне́ння інфекційного ускладне́ння у випадка́х лікува́ння паціє́нтів нереконструктивни́ми та реконструктивни́ми методика́ми.

5 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ПОШИРНОСТІ ПУХЛИННОГО УРАЖЕННЯ КІСТОК ТАЗУ НА ОСНОВІ ДАНИХ СПІРАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ

Семіотичні ознаки сарком у разі проведення спіральної комп'ютерної томографії ділянки тазу були наступні:

- деструкція кістки,
- руйнування кортикального шару,
- періостальний «козирок»,
- позакістковий м'якотканинний компонент пухлини.

Однак, для кісток тазу характерні деякі особливості пухлинного поширення у вигляді одночасного ураження всієї кістки, незалежно від напрямку зростання пухлини, обумовлені особливістю будови плоских кісток, специфіка структури яких сприяє ураженню всіх шарів кістки.

Розповсюдження пухлини в кістках тазу у пацієнтів було доволі різноманітне. У 55,8 % (24) пацієнтів спостерігалось ураження лише однієї кістки: 1 (2,3 %) випадок ізольованого ураження сідничної кістки, 4 випадки (9,3 %) ураження лобкової кістки та 19 випадків (44,2 %) – здухвинної кістки.

Ураження 2 кісток тазу пухлиною спостерігалось у 23,3 % випадків (10), а саме, одночасне ураження лобкової та здухвинної кістки спостерігалось у 9,3 %, сідничної та здухвинної кісток – у 4,7 %, лобкової та сідничної – у 9,3 % випадків.

Ураження всіх трьох кісток тазу спостерігалось у 20,9 % випадків (9 хворих).

Пропонується доповнити опис обсягу пухлинного ураження кісток тазу наступними характеристиками: у випадку ураження однієї кістки називати дане ураження ізольоване, у випадку 2-х кісток – поширене, всіх трьох – тотальне.

Літичний характер кісткового ураження спостерігався у 76,7 % хворих, бластичний – у 9,3 %, а змішаний – у 14,0 % випадків.



Рисунок 5.1 – Приклад літичного вогнища деструкції крила здухвинної кістки на комп'ютерно-томографічних сканах.

Аналіз результатів комп'ютерно-томографічного дослідження на предмет виходу пухлини кістки за межі її кортикального шару та утворення позакісткового м'якотканинного компонента пухлини виявив, що наявність позакісткового компонента пухлини у 72,1 % (31) хворих.

Розповсюдження позакісткового компонента пухлини та його взаємодія з прилеглою кісткою мала свої особливості та дозволила розподілити ці варіанти взаємодії на певні категорії. М'якотканинний компонент пухлини прилягає до поверхні кістки тазу, проте не руйнуючи її. Такий варіант зустрічався у 39,5 % випадків. Окремий варіант був, коли позакістковий компонент пухлини руйнував прилеглу кістку у вигляді крайової узурації. Цей варіант спостерігався у 14,0 % випадків. Інший варіант, коли пухлина руйнує сусідній суглоб чи зчленування, при чому тип деструкції відповідає типу в основному вогнищі пухлини. Такий варіант спостерігався у 18,6 % випадків.

Оцінюючи поширення позакісткового компонента пухлин, що залучають суглоб або зчленування, необхідно встановити напрямок його поширення: в порожнину тазу або назовні та проростання в прилеглий суглобовий кінець.

В залежності від напрямку поширення м'якотканинного компонента та локалізації в таких ділянках, як кульшова западина, задній відділ здухвинної кістки, лобкова, сіднична або крижова кістки, для вибору оптимального з широкого спектру оперативних доступів можна розділити всі випадки пухлин кісток тазового кільця на кілька груп.

М'якотканинний компонент поширюється назовні тазового кільця (екзофітний ріст), в залежності від розмірів може інфільтрувати сідничні м'язи, одночасно руйнуючи прилеглу бокову масу крижової кістки. Така семіотика може проявлятися у випадках злоякісної гігантоклітинної пухлини здухвинної кістки. Можливий варіант інфільтрації верхніх поперекових м'язів, одночасно руйнуючи прилеглі бокові маси S1-S2 крижової кістки, як наприклад, ангіосаркома здухвинної кістки. Інфільтрація групи привідних м'язів стегна, що може бути як проявом вторинної хондросаркоми сідничної кістки. Екзофітний ріст позакісткового компоненту пухлини спостерігався 20,9 % (9) випадків ураження кісток тазу.

Для іншої групи ураження мало місце ендофітне розповсюдження позакісткового компоненту пухлини. А саме, м'якотканинний компонент пухлини розповсюджувався у напрямку порожнини малого тазу, що характерно для недиференційованої плеоморфної саркоми, хондросаркоми, мієломи. Можливе розповсюдження додатково через затульний отвір (вторинна хондросаркома, мієлома), а також у великий сідничний отвір, наприклад, вторинна хондросаркома сідничної кістки. У разі ендофітного розповсюдження пухлини можливе ураження внутрішніх органів малого тазу. Близьке прилягання та ураження стінки сечового міхура спостерігалось у 7,0 % (3) випадках. Ендофітний напрямок розповсюдження пухлини був виявлений у 30,2 % (13) випадків.

Третій варіант – це напрямок розповсюдження пухлини як в середину малого тазу, так і назовні. Відмічається інфільтрація м'язів з одночасним вклиненням в затульний або великий сідничний отвори, іноді із ураженням м'язів стегна. Варіант комбінованого розповсюдження спостерігався 20,9 % (9) випадків.



Рисунок 5.2 – Приклад розповсюдження пухлини як в всередину малого тазу, так і назовні на комп'ютерно-томографічних сканах.

І як було вказано вище, ураження кісток тазу без розповсюдження пухлини за межі кістки тазу спостерігалось у 27,9 % (12) випадків.

Як відомо, при плануванні хірургічного лікування у хворих із саркомаами скелета одним з найбільш важливих факторів, що характеризують поширеність пухлинного процесу, вважається ступінь взаємодії пухлини з магістральним судинним пучком, оскільки саме цей фактор може визначати доцільність та обсяг оперативного втручання. На підставі результатів КТ досліджень вдалося виділити 3 основні варіанти взаємовідносин магістральних судин з пухлиною.

Першим є варіант, коли магістральні судинні структури чітко візуалізуються на всьому протязі, у зоні контакту з пухлиною відзначається наявність жирового прошарку, що відокремлює ці структури від неї. Цей варіант може називатися як інтактний судинний пучок, і він спостерігався 90,6 % (39) у випадків.

Залучення судин до пухлинного процесу можна підозрювати, якщо на кількох суміжних КТ-сканах, коли диференціацію судин важко визначити внаслідок зливання їх зображення з пухлиною через зникнення розділових жирових прошарків, що їх розділяють. Такий варіант виділений у 4,7 % (2) хворих.

Залучений судинний пучок – магістральні судини не візуалізуються на своїй анатомічній локалізації внаслідок значного відтиснення їх позакістковим

компонентом пухлини та вірогідної їхньої інвазії в пухлину. Цей варіант виділений у 4,7 % (2) хворих.

Істотне клініко-діагностичне значення при пухлинах кісток має питання залучення позакістковим компонентом до пухлинного процесу прилеглого суглоба. Можна виділити наступні варіанти залучення прилеглого суглоба до пухлинного процесу:

Інтактний суглоб – м'якотканинний компонент пухлини не досягає рівня суглоба, а закінчується за межами суглобової капсули. Спостерігався у 9,3 % випадків (4).

Уражений суглоб – ділянка деструкції поширюється на суглобові поверхні. Визначається екстраосальний компонент, який закінчується всередині капсули суглоба чи зчленування. Відзначався цей варіант у 55,8 % (24) хворих.

Неоднозначний варіант – на отриманих зрізах ділянка деструкції кістки поширюється до субхондральної пластинки, дуже стоншує її, але не руйнує її. Позакістковий компонент поширюється до рівня суглобовий поверхні або синовіальних заворотів, без чіткого їхнього залучення. Об'єм капсули суглоба збільшений, проте важко диференціювати істину інфільтрацію тканин суглоба від реактивного артрити. Такий варіант виділений у 7,0 % (3) випадків.

Ураження кісток тазу часто супроводжувалось залученням пухлинний процес суміжних зчленувань та кульшового суглобу, яке істотно впливало на планування хірургічної тактики лікування пацієнтів.

Ураження лобкової кістки, яке було виявлено у 48,9 % (21) пацієнтів, у 9,3 % (4) випадків супроводжувалось ураженням як і симфізу, так і ділянки кульшової западини. У 39,5 % (17) спостерігалось ураження лише одного із 2 зчленувань: 4,7 % (2) лише ділянки симфізу тазу, 34,9 % (15) лише ділянки кульшового суглобу.

Ураження сідничної кістки, яке було виявлено у 37,2 % (16) пацієнтів, у 7,0 % (3) випадків супроводжувалось ураженням як і симфізу, так і ділянки кульшової западини. У 30,2 % (13) спостерігалось ураження лише одного із суміжних 2 зчленувань: 4,7 % (2) лише ділянки симфізу тазу, 25,6 % (11) лише ділянки кульшового суглобу.

Ураження здухвинної кістки, яке було виявлено у 79,1 % (34) пацієнтів, у 11,6 % (5) випадків супроводжувалось ураженням як і крижово-здухвинного зчленування, так і ділянки кульшової западини. У 60,5 % (26) спостерігалось ураження лише одного із суміжних 2 зчленувань: 25,6 % (11) лише ділянки крижово-здухвинного зчленування тазу, 34,9 % (15) лише ділянки кульшового суглобу.

6 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛУ НОРМАЛЬНОЇ ХОДИ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ПЕРІАЦЕТАБУЛЯРНОГО ДЕФЕКТУ КІСТОК ТАЗУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТУ ЗВОРОТНЬОЇ ДИНАМІКИ

Метою даного дослідження є обґрунтування доцільності розробки нової методики лікування хворих на злоякісні пухлини та дефектів внаслідок вогнепальних поранень у військових кісток тазу в періацетабулярній ділянці, яка б не викликала таких значних функціональних змін, в порівнянні із традиційними нереконструктивними методиками лікування пухлин періацетабулярної ділянки тазу для покращення функціональних результатів.

В умовах циклу нормальної ходи людини зміни моментів сил, які згинають-розгинають, приводять-відводять та ротують стегно змінювалися динамічно (Рис. 6.1).

В першому періоді циклу ходьби момент сили згинання-розгинання правого стегна знаходився у від'ємному діапазоні значень відносно осі координат, що значило перевагу сил розгинання стегна. Значення цього показника змінювались хвилеподібно. Максимум значення досягнуто у $-51,2$ Н (розгинання стегна) на 5 % циклу нормальної ходи людини. Медіана [25 %-квартиль; 75 %-квартиль] значення цього показника в першому періоді ходи склала $-33,0$ Н [$-38,5$; $-24,4$].

В другому періоді ходи момент сили розгинання-згинання поступово збільшувався від $-13,9$ Н на початку до $65,3$ Н в кінці періоду. При цьому нульову позначку момент сили перетнув на 24 % циклу ходи, тобто розгинання стегна перейшло в згинання. Медіана значення цього показника в другому періоді ходи склала $16,4$ Н [$10,4$; $-37,3$].

У третьому періоді ходи момент сили згинання досягнув свого максимуму значення у $73,4$ Н на 53 % циклу ходи та з цього моменту почав знижуватися. Медіана значення цього показника в третьому періоді ходи склала $42,1$ Н [$34,0$; $-67,8$].

Фаза переносу правої нижньої кінцівки, яка в цьому дослідженні становить четвертий період ходи характеризується відсутністю осьового навантаження

правої нижньої кінцівки. Відмічається зниження показника моменту сили згинання стегна із переходом значень його через нульову позначку (перехід згинання стегна в розгинання) на 90 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в четвертому періоді ходи склала 3,5 Н [-11,1; 4,3].

В першому періоді циклу ходьби момент сили приведення-відведення правого стегна спочатку знаходився у від'ємному діапазоні значень відносно осі координат, що значило напрямок моменту сили в приведення стегна. Значення цього показника змінювались хвилеподібно. Мінімум значення досягнуто у -9,2 Н (приведення стегна) на 2 % циклу нормальної ходи людини. Далі відбувся перехід через нульову позначку на 5 % циклу ходи (перехід до приведення стегна). Досягнуто максимум в цьому періоді 8,8 Н на 7 % циклу ходи. Надалі спостерігалось зниження цього показника до кінця даного періоду. Повторний перехід через нульову позначку відбувся на 10 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в першому періоді ходи склала -8,8 Н [-36,4; 1,1].

В другому періоді ходи момент сили відведення-приведення стегна знаходились у від'ємному діапазоні і зміни мали хвилеподібний перебіг. Продовжувалось зниження цього показника до -59,1 Н на 23 % циклу ходи, далі збільшення із формуванням піку в -35,6 Н на 35 % циклу ходи. Після цього показник поступово зменшувався до кінця періоду. Медіана значення цього показника в другому періоді ходи склала -49,7 Н [-54,3; -40,8].

У третьому періоді ходи момент сили приведення досягнув свого значення у -54,5 Н на початку даного періоду ходи та з цього моменту почав збільшуватися до максимуму 3,2 Н на 66 % циклу ходи, а після цього знижуватися. При цьому значення пересікали нульову позначку двічі: на 63 % та 69 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в третьому періоді ходи склала -16,7 Н [-46,3; 0,3].

У фазі переносу правої нижньої кінцівки (4-й період) відмічались хвилеподібні зміни показника із переходом його значень через нульову позначку (перехід сил приведення стегна в відведення) 5 разів на 70 %, 78 %, 84 %, 91 %

та 99 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в четвертому періоді ходи склала 0,7 Н [-4,9; 3,6].

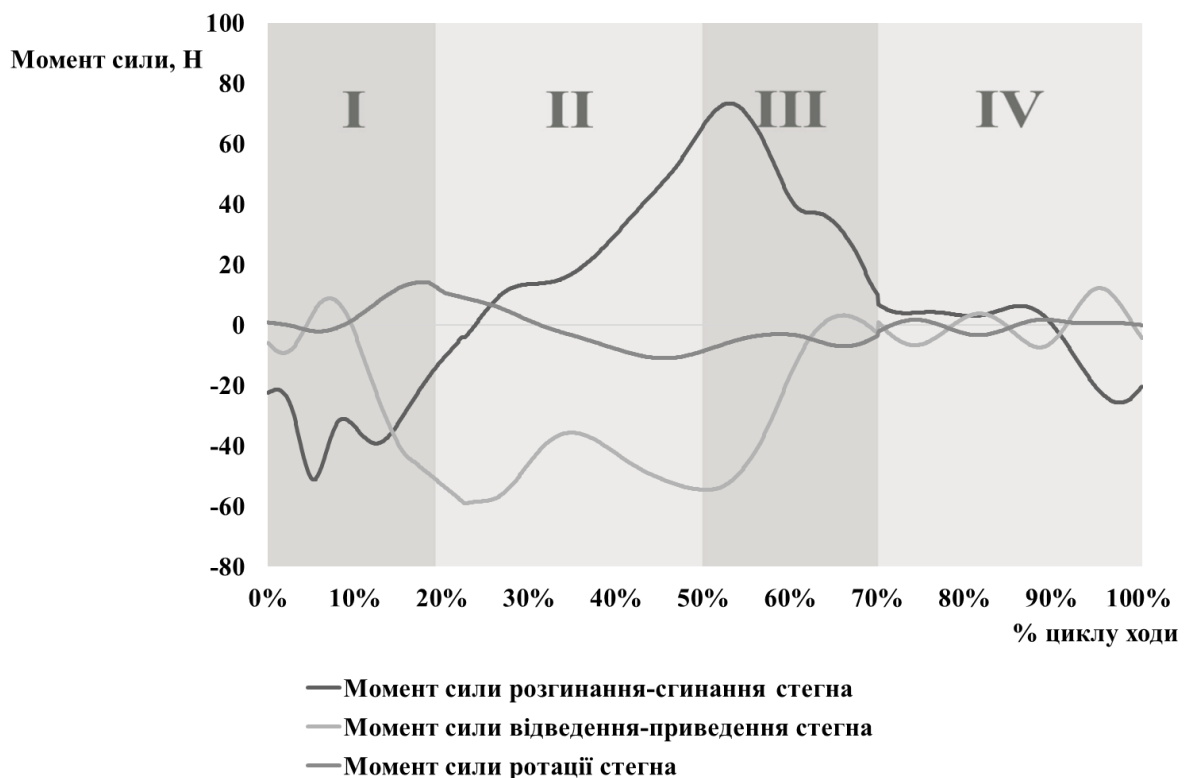


Рисунок 6.1 Графік зміни сумарних моментів сил, які рухають стегно у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двохопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

В першому періоді циклу ходьби момент ротаційних сил (в горизонтальній площині) правого стегна спочатку знаходився у позитивному діапазоні значень відносно осі координат, що значило напрямок моменту сили в внутрішню ротацію стегна. Відбувалось його поступове зниження. Відбувся перехід через нульову позначку на 2% циклу ходи (перехід до зовнішньої ротації стегна). Досягнуто мінімум в цьому періоді -2,1 Н на 6 % циклу ходи. Надалі спостерігалось збільшення цього показника практично до кінця даного періоду. Повторний перехід через нульову позначку відбувся на 9 % циклу ходи.

Максимум показника в цьому періоді склав 14,2 Н на 18 % циклу ходи.

Медіана значення цього показника в першому періоді ходи склала 1,5 Н [-0,7; 11,3].

В другому періоді ходи момент сили ротації стегна знижувались від 12,6 Н до -11,0 Н з переходом через нульову позначку на 31 % циклу ходьби. Медіана значення цього показника в другому періоді ходи склала -3,1 Н [-9,3; -5,4].

У третьому періоді ходи показник моменту сили ротації знаходився у від'ємному діапазоні та змінювався хвилеподібно. Досягнув свого максимального значення у цьому періоді у -3,0 Н на 59 % циклу ходи, а після цього почав знову знижуватися. Медіана значення цього показника в третьому періоді ходи склала -5,0 Н [-6,5; -3,6].

У фазі переносу правої нижньої кінцівки (4-й період) відмічались хвилеподібні зміни показника із переходом його значень через нульову позначку (перехід сил зовнішньої ротації стегна у внутрішню і навпаки) 3 рази на 71 %, 77 %, 86 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в четвертому періоді ходи склала 0,6 Н [-1,1; 1,1].

В умовах циклу нормальної ходи людини зміни моменту сили, яка згинає-розгинає гомілку у колінному суглобі змінювалась динамічно (Рис. 6.2).

В першому періоді циклу ходьби момент сили згинання-розгинання правої гомілки у колінному суглобі спочатку знаходився у позитивному діапазоні значень відносно осі координат, тобто перевагу моменту сили згинання гомілки. Значення цього показника змінювались хвилеподібно. Максимум значення досягнуто у 28,7 Н (розгинання стегна) на 5 % циклу нормальної ходи людини. Надалі спостерігалось зниження показника із переходом показника через нульову позначку (перехід до розгинання гомілки) на 8 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в першому періоді ходи склала -10,7 Н [-50,1; 19,6].

В другому періоді ходи момент сили розгинання-згинання гомілки поступово збільшувався від -73,9 Н на початку періоду до 8,3 Н на 46 % циклу ходи, перетнувши нульову позначку на 41 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в другому періоді ходи склала -14,1 Н [-48,5; 2,8].

У третьому періоді ходи момент сили розгинання-згинання гомілки знижувалась від 3,9 Н на початку періоду досягнув свого мінімального значення у -23,6 Н на 60 % циклу ходи, перетнувши нульову позначку на 51 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в третьому періоді ходи склала – -14,2 Н [-21,2; -7,9].

У четвертий період ходи відмічалось хвилеподібна зміна показника. Мінімум значення спостерігався 72 % циклу ходи із значенням -5,7 Н. Далі спостерігався хвилеподібний підйом показника, перехід через «0» на 79 % циклу ходи, і досягнення максимального значення на 97 % циклу ходи у 22,5 Н. Медіана значення цього показника в четвертому періоді ходи склала 1,4 Н [-1,2; 14,3].

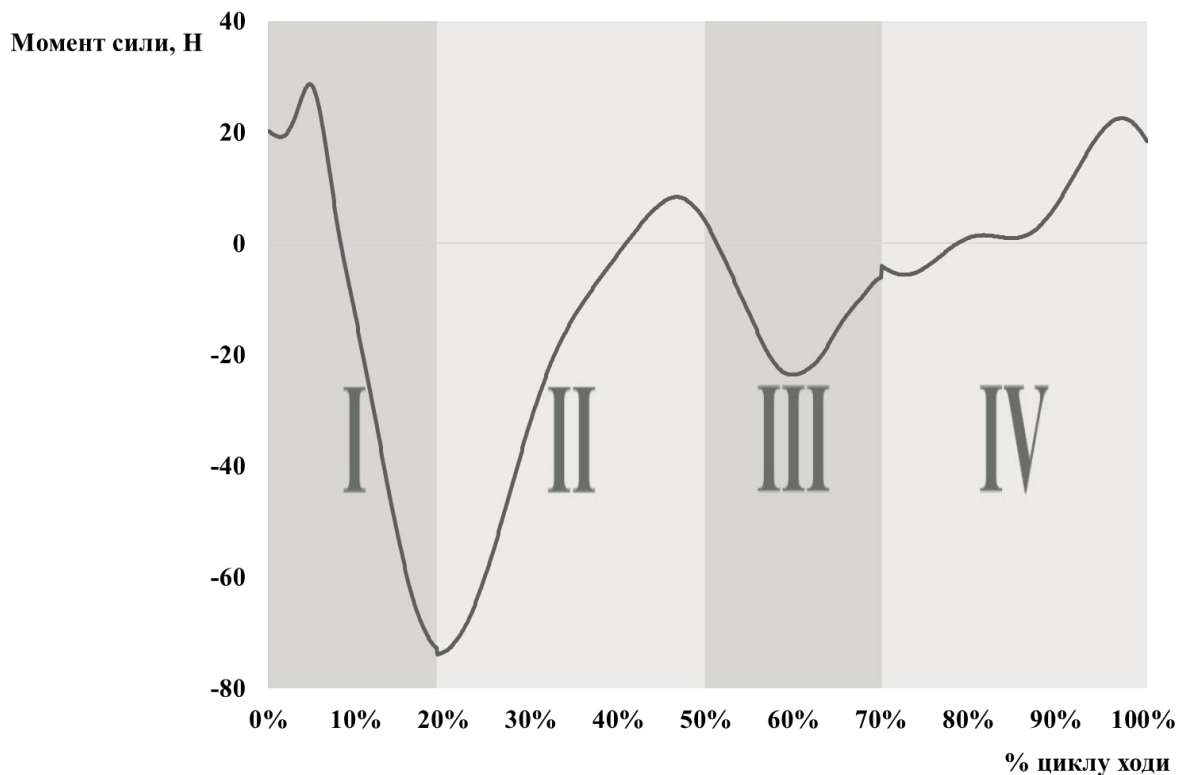


Рисунок 6.2 – Графік зміни моменту сили, який згинає-розгинає гомілку у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

В умовах циклу нормальної ходи людини зміни моменту сили, яка згинає-розгинає стопу у гомілково-надп'ятковому суглобі змінювалась динамічно (Рис. 6.3).

В першому періоді циклу ходьби момент сили згинання-розгинання правої стопи у гомілково-надп'ятковому суглобі спочатку знаходився у від'ємному діапазоні значень відносно осі координат, що значило напрямок моменту сили згинання стопи (підшвене згинання). Значення цього показника спочатку дещо знижувалось, досягнувши мінімального значення у $-2,6$ Н на 3 % циклу ходи. Надалі показник збільшувався перетнувши «0» на 5 % циклу ходи і досягши максимального значення у $20,9$ Н на 15 % циклу ходи. Надалі спостерігалось поступове зниження до кінця цього періоду ходи. Медіана значення цього показника в першому періоді ходи склала $12,4$ Н $[-0,7; 19,5]$.

В другому періоді ходи момент сили розгинання-згинання стопи поступово зменшувався від $5,2$ Н на початку періоду до $118,4$ Н в кінці цього періоду, перетнувши нульову позначку на 21 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в другому періоді ходи склала $-38,3$ Н $[-71,8; -17,9]$.

У третьому періоді ходи момент сили розгинання-згинання стопи знижувалась сягнув свого мінімального значення у $-123,8$ Н на 52 % циклу ходи, далі почав зростати, перетнувши нульову позначку на 66 % циклу ходи. Максимальне значення досліджуваного показника в цьому періоді зафіксовано $3,3$ Н на 68 % циклу ходи. Медіана значення цього показника в третьому періоді ходи склала $-57,3$ Н $[-115,6; -3,2]$.

У четвертий період ходи відмічалось хвилеподібна зміна показника. Максимальне значення спостерігалось на початку періоду із значенням $2,4$ Н. Далі спостерігався хвилеподібна зміна показника у позитивному діапазоні значень, далі перехід через «0» на 96 % циклу ходи, і досягнення мінімального значення на 99 % циклу ходи у $-0,7$ Н. Медіана значення цього показника в четвертому періоді ходи склала $1,1$ Н $[0,6; 1,82]$.

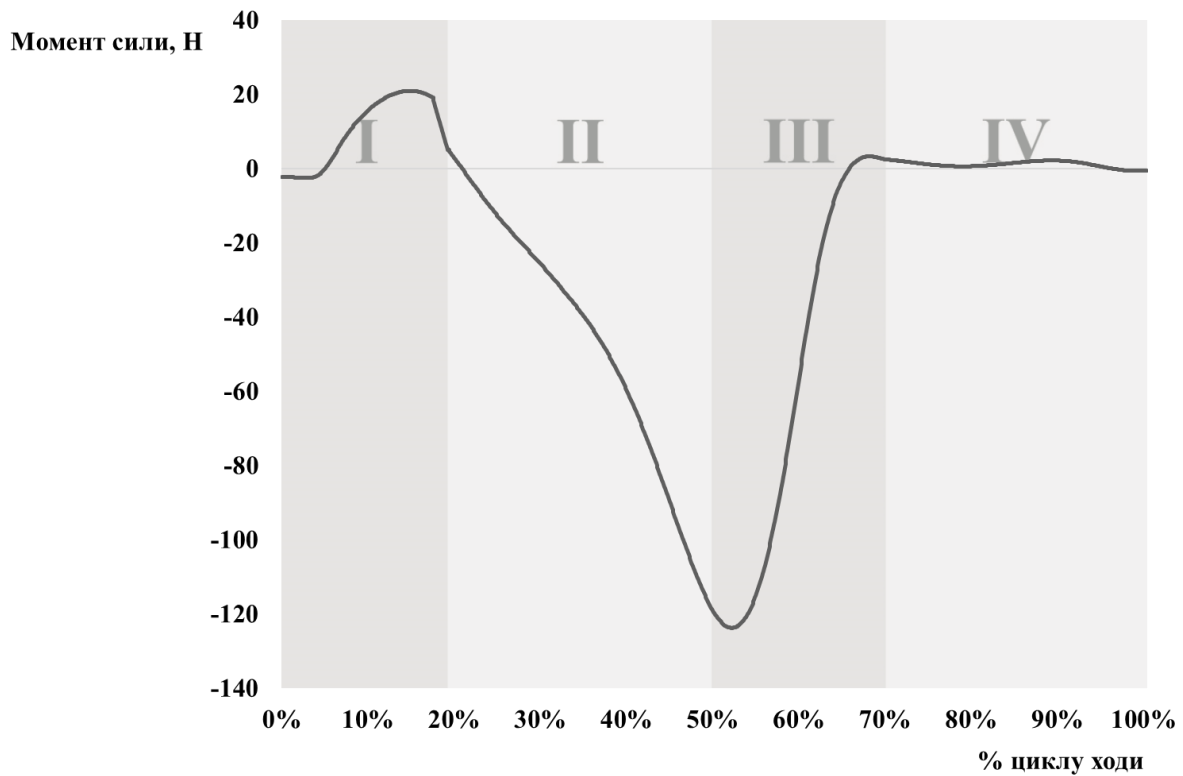


Рисунок 6.3 – Графік зміни моменту сили, який згинає-розгинає стопу у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

У разі застосування методики транспозиції стегна (модель № 2) динаміка змін моментів сил, які рухають стегно в процесі симуляції нормальної ходи людини зазнала значних змін (Рис. 6.4).

Момент сили, яка розгинає-згинає стегно (рухи в сагітальній площині) у разі застосування методики транспозиції стегна зазнає значних змін у фазу опори кінцівки, а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є меншим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили розгинання-згинання стегна у моделі № 2 менша, ніж у моделі № 1 із різницею у 2,1 Н на початку періоду до 20,2 Н на 18 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 2 в першому періоді склала 11,0 Н [5,4; 18,3].

В другому періоді ця різниця змінювалась хвилеподібно, але продовжувала наростати. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 2 у другому періоді склала 19,9 Н [18,5; 24,6].

На початку третього періоду різниця між цими показниками досягла максимуму у 34,3 Н на 51 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 2 у третьому періоді склала 21,0 Н [4,3; 32,6].

А в четвертому періоді різниця цього показника незначно відрізнялись між моделями і медіана різниці склала -0,2 Н [-1,8; 1,5].

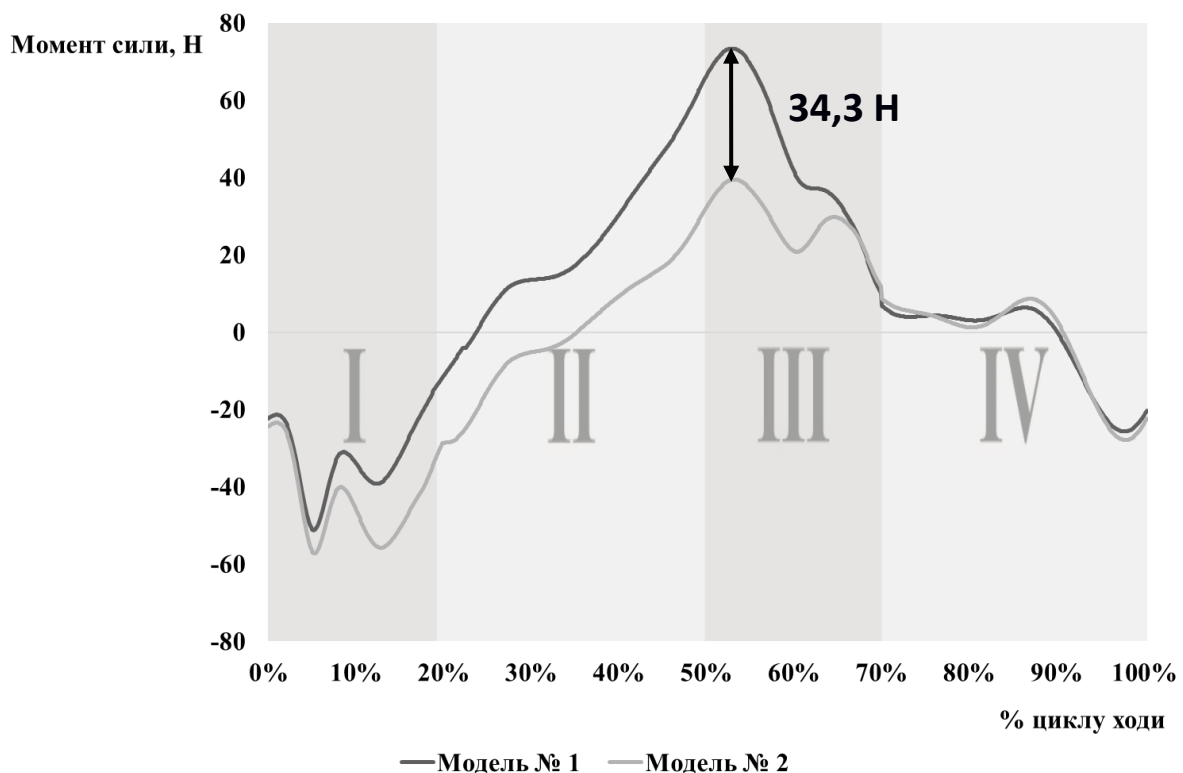


Рисунок 6.4 – Графік зміни моменту сили, яка згинає-розгинає стегно у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 2. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Момент сили, яка відводить-приводить стегно (рухи в фронтальній площині) у разі застосування методики транспозиції стегна також зазнає значних змін у фазу опори кінцівки, а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є більшим,

ніж у моделі № 1 (Рис. 6.5). Так в першому періоді ходи момент сили відведення-приведення стегна у моделі № 2 більша, ніж у моделі № 1 із різницею у 0,5 Н на початку періоду до 16,0 Н на кінець цього періоду циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 2 в першому періоді склала 9,7 Н [3,2; 13,7].

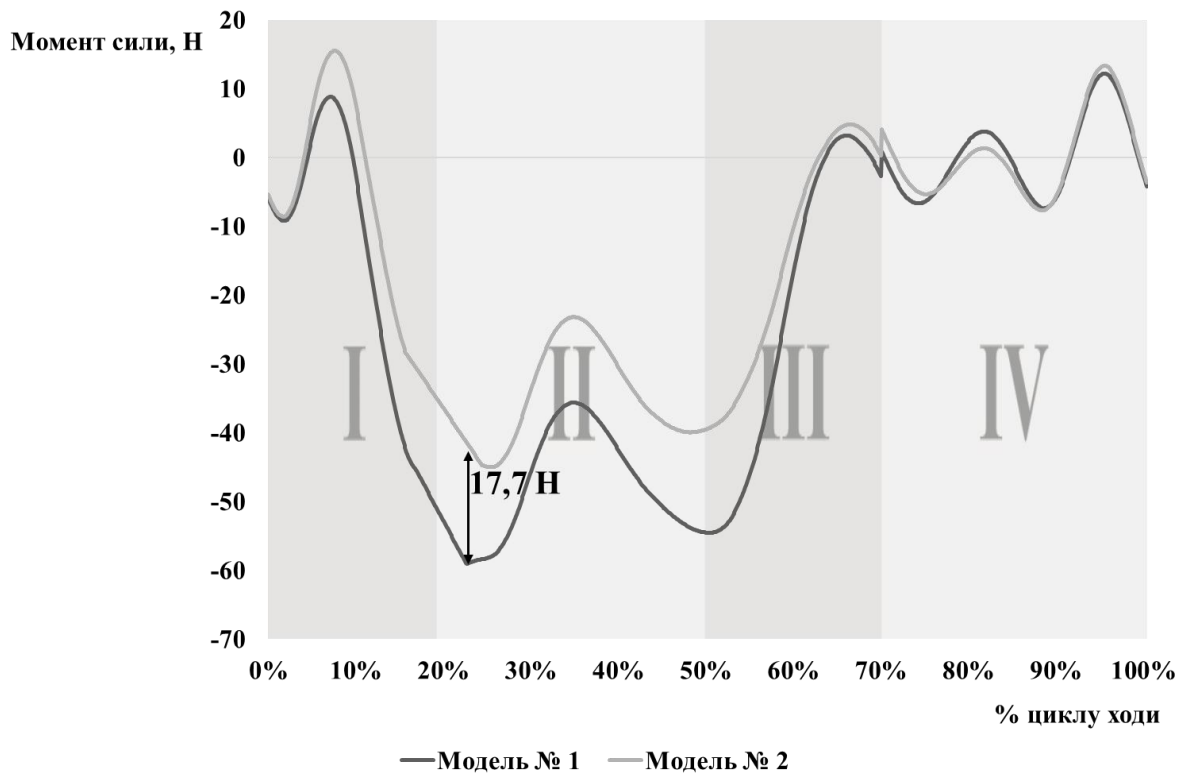


Рисунок 6.5 – Графік зміни моменту сили, яка відводить-приводить стегно у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 2. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровний стояння (I), одноопоровний стояння (II), другий двохопоровний стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

В другому періоді ця різниця змінювалась хвилеподібно, але продовжувала наростати. На початку цього періоду різниця досягла свого максимального значення за весь цикл у 17,7 Н на 23 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №2 та № 1 у другому періоді склала 12,4 Н [12,1; 13,5].

У третьому періоді різниця між цими показниками поступово знижувалась від 15,8 Н на початок періоду до 1,3 Н в його кінці. Медіана різниці цього показника між моделями №2 та № 1 у третьому періоді склала 6,4 Н [2,3; 14,7].

А в четвертому періоді різниця цього показника незначно відрізнялись між моделями і медіана різниці склала 0,5 Н [-1,4; 1,1].

Момент сили, яка здійснює ротацію стегна (рухи в горизонтальній площині) у разі застосування методики транспозиції стегна (модель № 2) зазнає менш значимих змін у фазу опори кінцівки, ніж попередні показники (Рис. 6.6). А саме, протягом всієї фази опори кінцівки є меншим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили ротації стегна у моделі № 2 менша, ніж у моделі № 1 із різницею яка наростає від початку періоду до 5,4 Н на кінець цього періоду циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 2 в першому періоді склала 2,7 Н [1,5; 4,7].

В другому періоді ця різниця почала зменшуватися, але на початку цього періоду різниця досягла свого максимального значення за весь цикл у 6,0 Н на 20 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 2 у другому періоді склала 2,1 Н [1,8; 3,7].

У третьому періоді різниця між цими показниками продовжувала поступово знижуватись від 1,4 Н на початку періоду до 0 Н в його кінці. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 2 у третьому періоді склала 0,9 Н [0,3; 1,3].

А в четвертому періоді різниця цього показника практично було відсутньою між моделями і медіана різниці склала 0,0 Н [-0,3; 0,1].

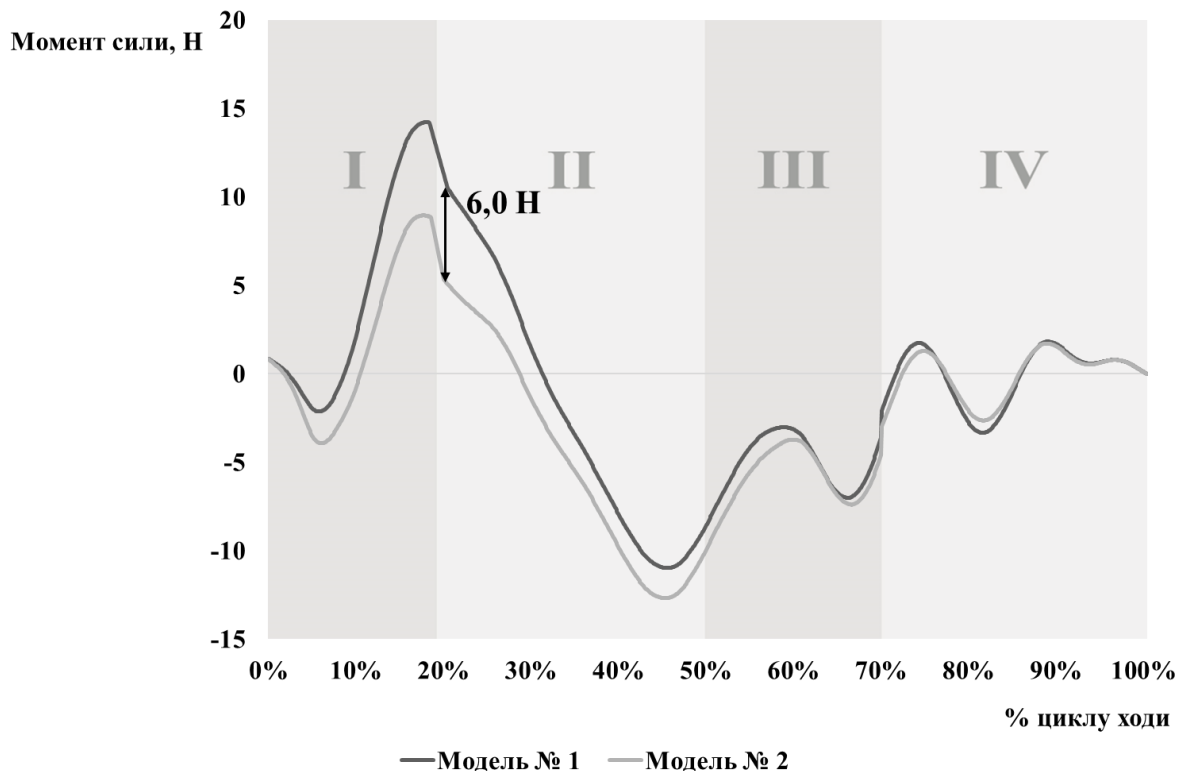


Рисунок 6.6 – Графік зміни моменту сили, яка здійснює ротацію стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 2. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

У разі математичного моделювання на моделі № 3, де краніальне, дорсальне зміщення стегна та його медіалізація у 2 рази менші, ніж в моделі № 2 динаміка змін моментів сил, які рухають стегно в процесі симуляції нормальної ходи людини також зазнала змін (Рис. 6.7).

Момент сили, яка розгинає-згинає стегно (рухи в сагітальній площині) зазнає значних змін у фазу опори кінцівки, а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є меншим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили розгинання-згинання стегна у моделі № 3 менша, ніж у моделі № 1 із різницею у 1,0 Н на початку періоду до 10,2 Н на 18 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 2 в першому періоді склала 5,5 Н [2,7; 9,1].

В другому періоді ця різниця змінювалась хвилеподібно, але продовжувала наростати. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 у другому періоді склала 9,9 Н [9,2; 12,3].

На початку третього періоду різниця між цими показниками досягла максимуму у 17,2 Н на 51 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями №1 та № 3 у третьому періоді склала 10,5 Н [2,2; 16,3].

А в четвертому періоді різниця цього показника незначно відрізнялись між моделями і медіана різниці склала -0,1 Н [-0,9; 0,7].

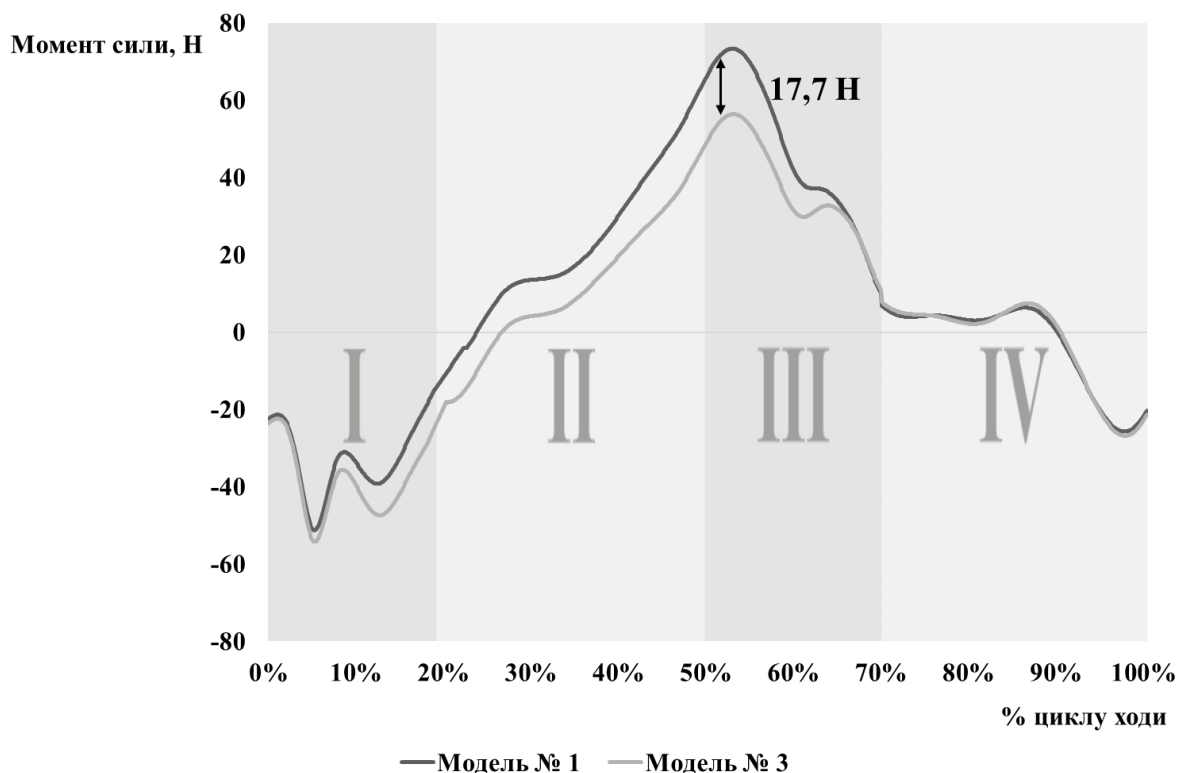


Рисунок 6.7 – Графік зміни моменту сили, яка згинає-розгинає стегно у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Момент сили, яка відводить-приводить стегно (рухи в фронтальній площині) у разі аналізу моделі № 3 також зазнає значних змін у фазу опори кінцівки (Рис. 6.8), а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є більшим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили розгинання-згинання

стегна у моделі № 3 більша, ніж у моделі № 1 із різницею у 0,25 Н на початку періоду до 9,1 Н на кінець цього періоду циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 в першому періоді склала 4,9 Н [1,6; 6,8].

В другому періоді ця різниця змінювалась хвилеподібно. На початку цього періоду різниця досягла свого максимального значення за весь цикл у 10,8 Н на 23 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями № 3 та № 1 у другому періоді склала 6,2 Н [6,0; 6,8].

У третьому періоді різниця між цими показниками поступово знижувалась від 7,9 Н на початку періоду до 0,7 Н в його кінці. Медіана різниці цього показника між моделями №3 та № 1 у третьому періоді склала 3,2 Н [1,1; 7,3].

А в четвертому періоді різниця цього показника незначно відрізнялись між моделями і медіана різниці склала 0,2 Н [-0,7; 0,5].

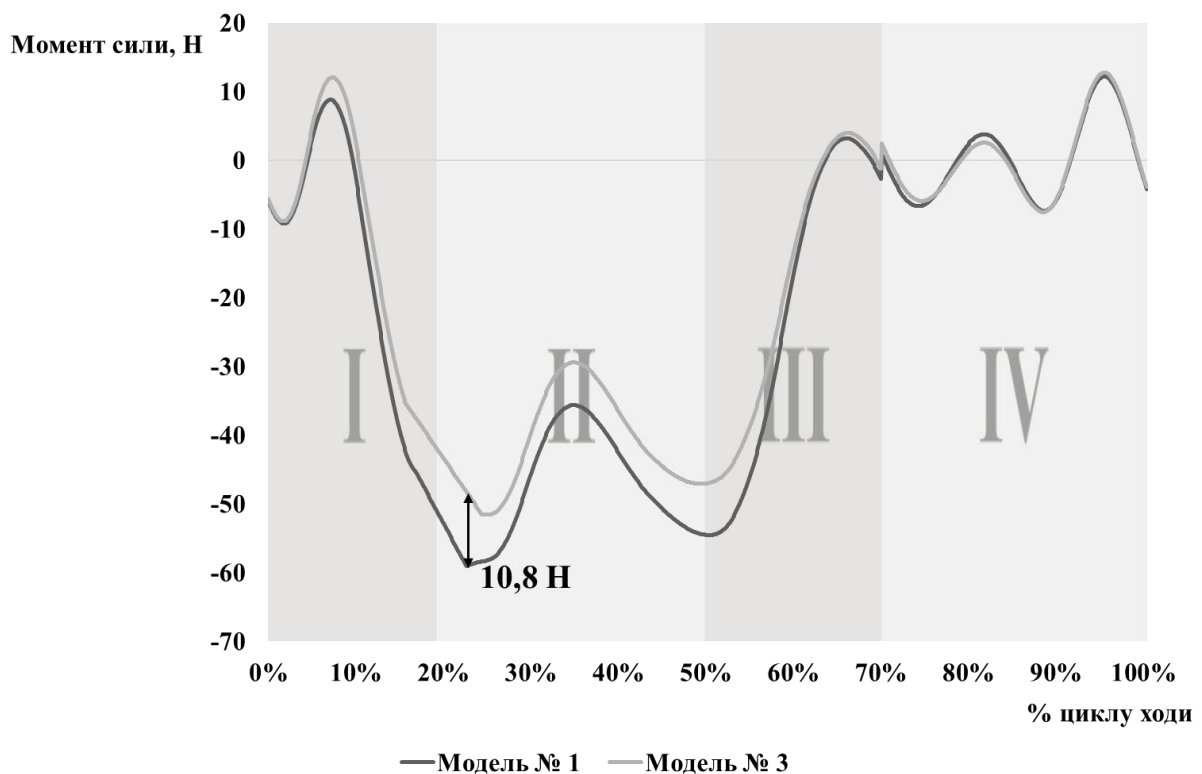


Рисунок 6.8 – Графік зміни моменту сили, яка відводить-приводить стегно у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двонопорного стояння (I), однонопорного стояння (II), другий двонопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Момент сили, яка здійснює ротацію стегна (рухи в горизонтальній площині) у моделі № 3 зазнає менш значимих змін у фазу опори кінцівки, ніж попередні показники в порівнянні із моделлю № 1 (Рис. 6.9). А саме, протягом всієї фази опори кінцівки є меншим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили ротації стегна у моделі № 3 менша, ніж у моделі № 1 із різницею яка наростає від початку періоду до 3,9 Н на кінець цього періоду циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 в першому періоді склала 1,4 Н [0,7; 2,3].

В другому періоді ця різниця почала зменшуватися, але на початку цього періоду різниця досягла свого максимального значення за весь цикл у 4,0 Н на 20 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 у другому періоді склала 1,0 Н [0,9; 1,8].

У третьому періоді різниця між цими показниками продовжувала поступово знижуватись від 0,7 Н на початку періоду до 0,0 Н в його кінці. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 у третьому періоді склала 0,4 Н [0,2; 0,7].

А в четвертому періоді різниця цього показника практично було відсутньою між моделями і медіана різниці склала 0,0 Н [-0,2; 0,1].

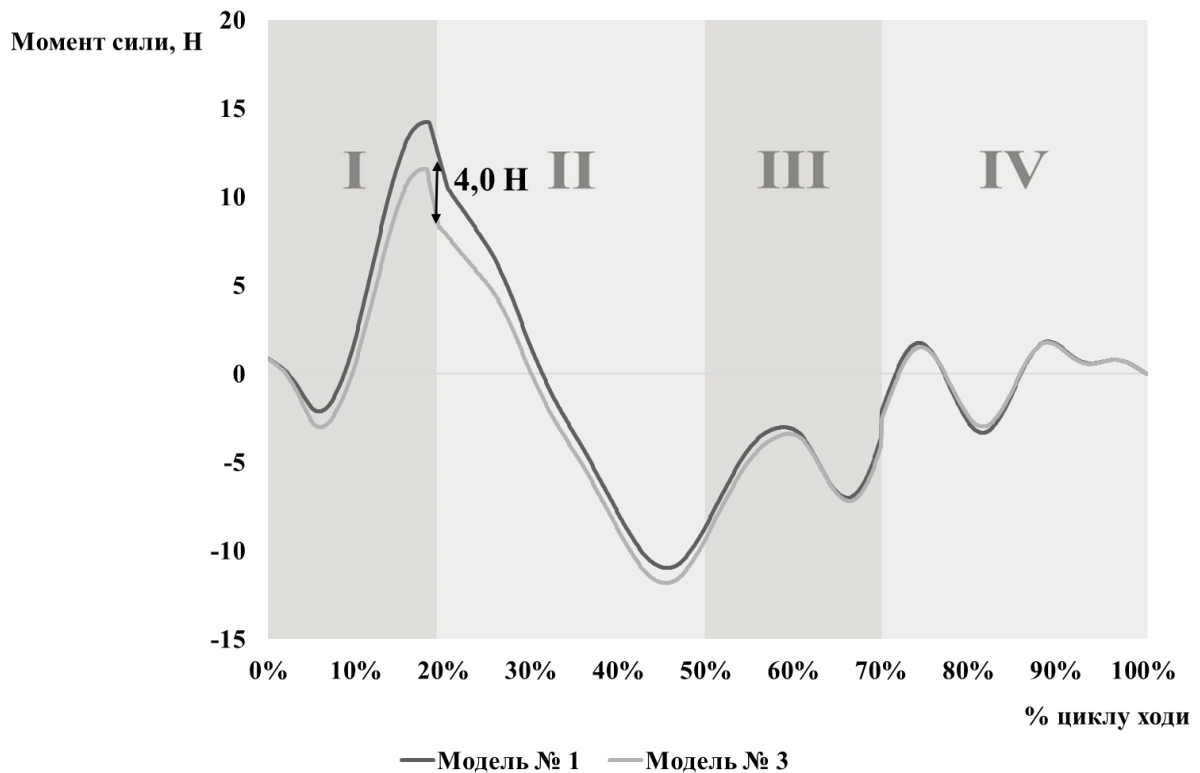


Рисунок 6.9 – Графік зміни моменту сили, яка здійснює ротацію стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

У разі застосування методики транспозиції стегна (модель № 2) динаміка змін моментів сил, які згинають гомілку в процесі симуляції нормальної ходи людини зазнала також змін (Рис. 6.10).

Момент сили, яка розгинає-згинає гомілку у колінному суглобі (рухи в сагітальній площині) у разі застосування методики транспозиції стегна зазнає значних змін саме у фазу опори кінцівки, а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є більшим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили розгинання-згинання гомілки у колінному суглобі у моделі № 2 більша, ніж у моделі № 1 із різницею у 0,6 Н на початку періоду до 24,7 Н в кінці періоду (19 % циклу ходи). Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 2 в першому періоді склала 12,2 Н [5,4; 19,7].

В другому періоді ця різниця змінювалась хвилеподібно, але продовжила наростати. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 2 у другому періоді склала 23,9 Н [20,9; 26,6].

На початку третього періоду різниця між цими показниками досягла максимуму у 36,7 Н на 52 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 2 у третьому періоді склала 21,8 Н [3,7; 35,5].

А в четвертому періоді різниця цього показника незначно відрізнялись між моделями і медіана різниці склала -0,04 Н [-0,2; 0,2].

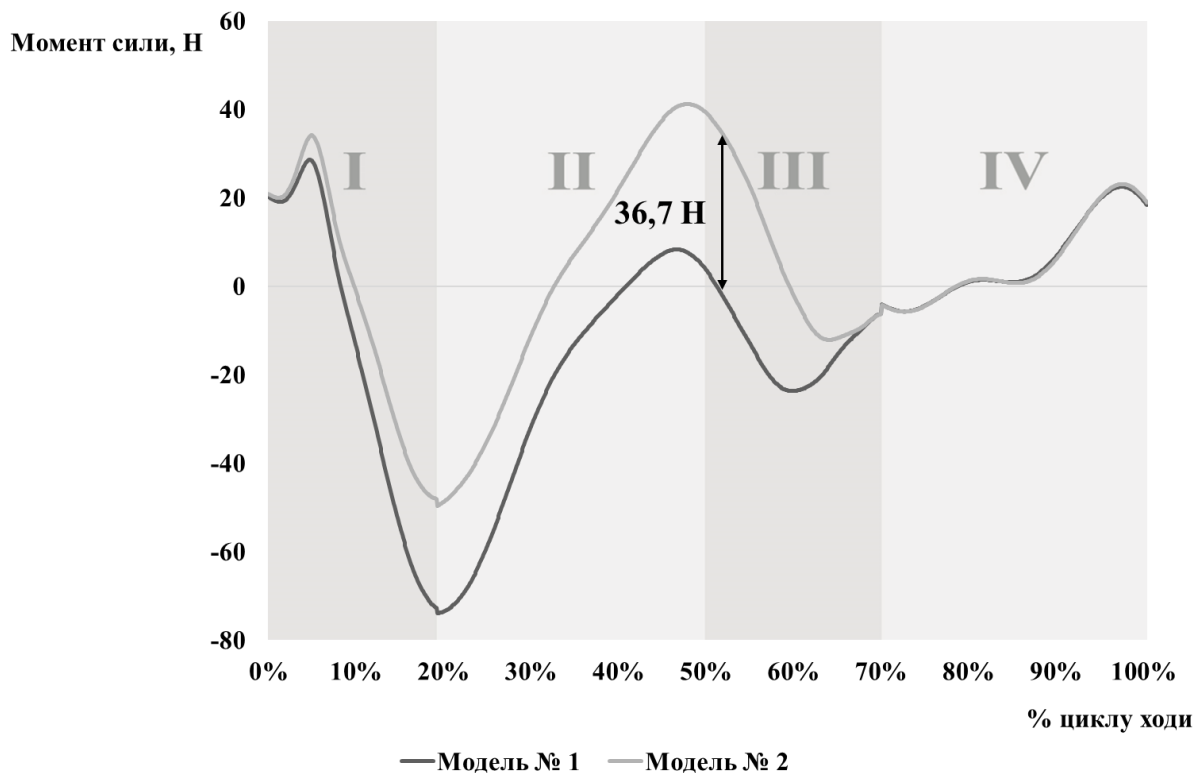


Рисунок 6.10 – Графік зміни моменту сили, яка згинає-розгинає гомілку у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 2. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двохопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

У моделі № 3 динаміка змін моментів сил, які згинають гомілку в процесі симуляції нормальної ходи людини зазнала також суттєвих змін (Рис. 6.11).

Момент сили, яка розгинає-згинає гомілку у колінному суглобі (рухи в сагітальній площині) у моделі № 3 зазнає значних змін саме у фазу опори кінцівки, а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є більшим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили розгинання-згинання гомілки у колінному суглобі у моделі № 2 більша, ніж у моделі № 1 із різницею у 0,3 Н на початку періоду до 12,3 Н в кінці періоду (19 % циклу ходи). Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 в першому періоді склала 5,8 Н [2,7; 9,8].

В другому періоді ця різниця також змінювалась хвилеподібно, але продовжила наростати. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 у другому періоді склала 12,0 Н [10,5; 13,3].

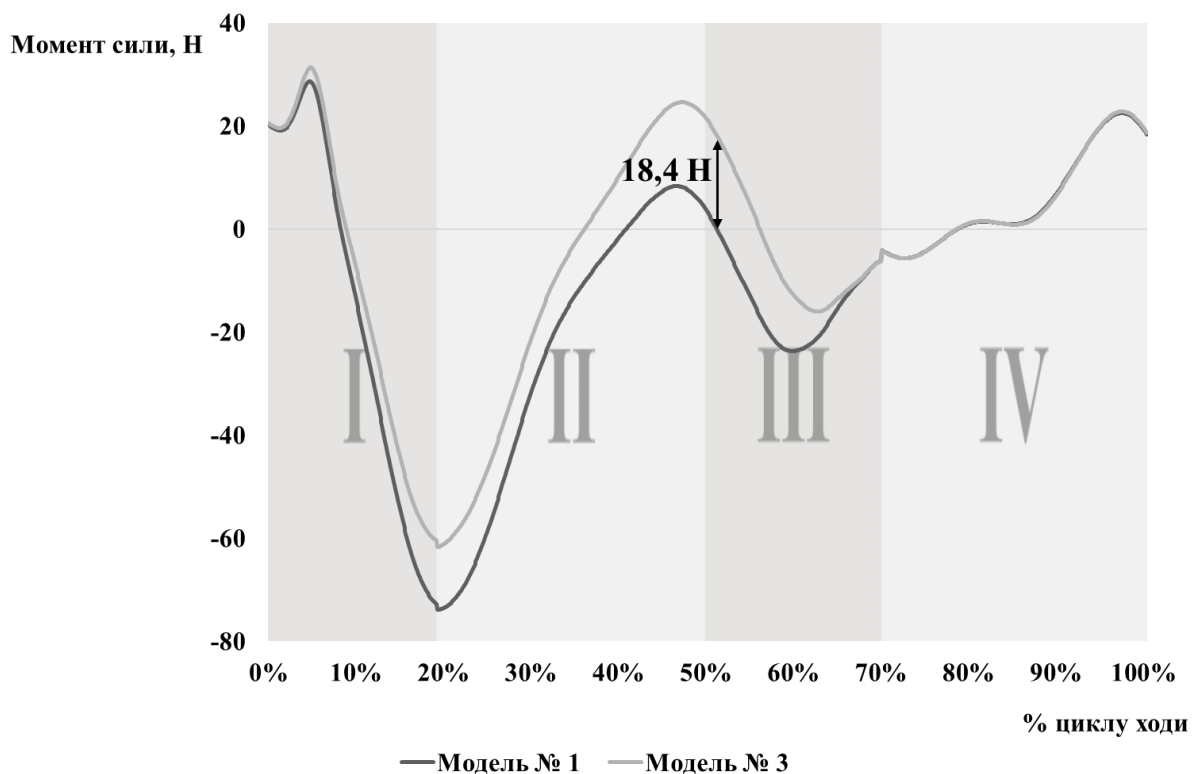


Рисунок 6.11 – Графік зміни моменту сили, яка згинає-розгинає гомілку у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

На початку третього періоду різниця між цими показниками досягла максимуму у 18,4 Н на 52 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 у третьому періоді склала 10,9 Н [1,9; 17,7].

А в четвертому періоді різниця цього показника знову ж таки незначно відрізнялись між моделями і медіана різниці склала -0,02 Н [-0,1; 0,1].

У разі застосування методики транспозиції стегна (модель № 2) динаміка змін моментів сил, які здійснюють рухи у гомілково-надп'ятковому суглобі у сагітальній площині в процесі симуляції нормальної ходи людини також зазнала змін (Рис. 6.12).

Момент сили, яка розгинає-згинає стопу у гомілково-надп'ятковому суглобі (рухи в сагітальній площині) у разі застосування методики транспозиції стегна зазнає значних змін саме у фазу опори кінцівки, а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є меншим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили розгинання-згинання гомілки у колінному суглобі у моделі № 2 менша, ніж у моделі № 1 із різницею у 0,1 Н на початку періоду до 22,3 Н в кінці періоду (18 % циклу ходи). Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 2 в першому періоді склала 11,1 Н [5,3; 18,7].

В другому періоді ця різниця змінювалась хвилеподібно, але продовжила наростати. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 2 у другому періоді склала 23,2 Н [20,5; 26,2].

На початку третього періоду різниця між цими показниками досягла максимуму у 35,7 Н на 53 % циклу ходи. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 2 у третьому періоді склала 21,0 Н [3,6; 34,4].

А в четвертому періоді різниця цього показника не відрізнялась між моделями і медіана різниці склала -0,002 Н [-0,02; 0,02].

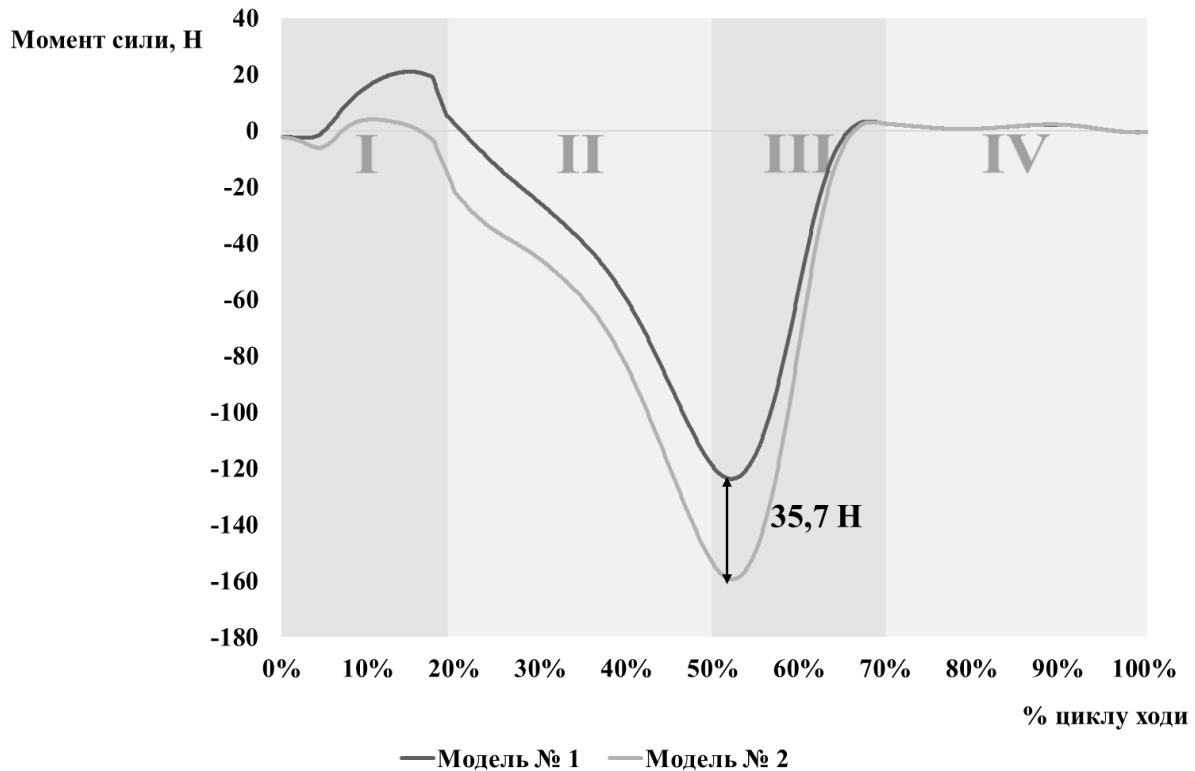


Рисунок 6.12 – Графік зміни моменту сили, яка згинає-розгинає стопу у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 2. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двохопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

У моделі № 3 динаміка змін моментів сил, які згинають-розгинають стопу у гомілково-надп'ятковому суглобі в процесі симуляції нормальної ходи людини також зазнала змін (Рис. 6.13).

Момент сили, яка розгинає-згинає стопу (рухи в сагітальній площині) у моделі № 3 зазнає змін саме у фазу опори кінцівки, а саме, протягом всієї фази опори кінцівки є меншим, ніж у моделі № 1. Так в першому періоді ходи момент сили розгинання-згинання гомілки у колінному суглобі у моделі № 2 менша, ніж у моделі № 1 із різницею у 0,05 Н на початку періоду до 11,2 Н в кінці періоду (19 % циклу ходи). Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 в першому періоді склала 5,3 Н [2,6; 8,6].

В другому періоді ця різниця також змінювалась хвилеподібно, але продовжила наростати. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 у другому періоді склала 11,5 Н [10,2; 13,1].

На початку третього періоду різниця між цими показниками досягла максимуму у 17,8 Н на 53 % циклу ходи. Проте далі почала зменшуватись до кінця періоду. Медіана різниці цього показника між моделями № 1 та № 3 у третьому періоді склала 10,5 Н [1,8; 17,2].

А в четвертому періоді показники моделей № 1 та № 3 практично не відрізнялись між собою, тому і медіана різниці склала -0,001 Н [-0,01; 0,01].

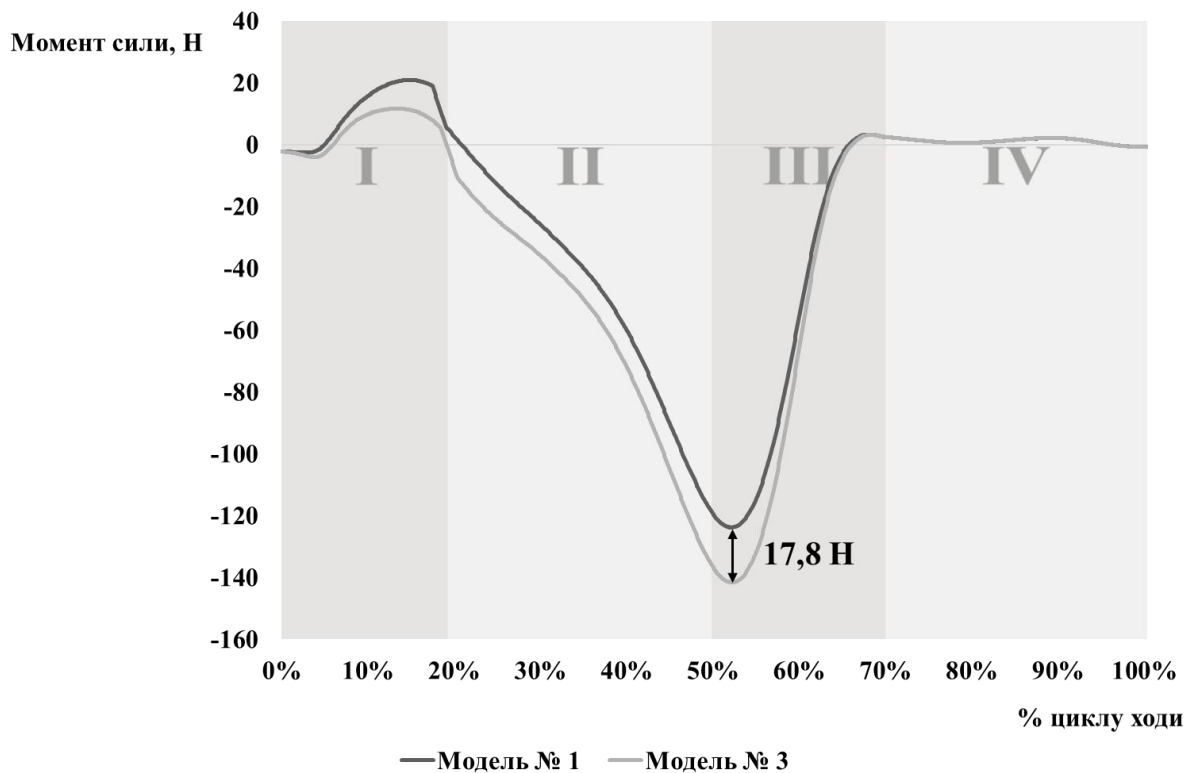


Рисунок 6.13 – Графік зміни моменту сили, яка згинає-розгинає стопу у циклі нормальної ходьби людини в моделі № 1 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

За даними динамічного математичного моделювання із використанням інструменту для вирішення зворотної задачі динаміки на математичних скелетно-м'язових моделях (№ 2, № 3) тіла людини виявлено, що зміна анатомічних параметрів розташування стегнової кістки по відношенню до кісток тазу внаслідок проведення реконструкції дефекту у періацетебулярній ділянці має вплив не лише на сили, які рухають стегнову кістку, а й на всі інші сегменти нижньої кінцівки. Виявлено значне зниження сумарних сил, які діють на стегнову кістку, особливо, у сагітальній та фронтальній площинах (слабкість згинання та приведення стегна). Також виявлено зміни сил, що рухають гомілку та стопу у сагітальній площині у вигляді зниження сумарних сил розгинання гомілки та підшовного згинання стопи. Максимальні показники різниці сумарних сил у суглобах нижньої кінцівки між моделлю № 1 та моделями № 2 та № 3 виявлено у період одноопорного стояння (II), а також в моменти переходів періодів двоопорного (I та III) і одноопорного стояння. Зміна анатомічних параметрів розташування стегнової кістки в математичних моделях значно впливала на абсолютні показники сумарних сил у суглобах кінцівки. Зменшення абсолютних параметрів зміщення стегнової кістки (модель № 3), а саме краніального, дорсального зміщень та медіалізації стегна призводила до зменшення різниці сумарних сил, в порівнянні із моделлю № 2 у суглобах кінцівки на 50 %.

Це вказує на значну важливість анатомічного розташування елементів скелету. А це, в свою чергу, впливає на ефективність роботи м'язів. Оскільки ці сумарні сили суглобів генеруються м'язовою системою, виникає питання, які м'язи вносять вклад в формування цих сумарних сил. Саме для розуміння цих змін дослідження було продовжено.

7 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛУ НОРМАЛЬНОЇ ХОДИ ЛЮДИНИ В УМОВАХ ПЕРІАЦЕТАБУЛЯРНОГО ДЕФЕКТУ КІСТОК ТАЗУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТУ СТАТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Зміни анатомічних співвідношень в ділянці тазу та проксимального відділу стегна веде до виражених змін у напруженні м'язів ділянки кульшового суглобу внаслідок вираженого порушення важелів дії всього тазового поясу, а особливо тих, що відповідають за стабілізацію тазу. Це в свою чергу призводить до перенавантаження м'язів окремих груп. А для підтримки рівноваги відбувається зміна навантаження м'язів-антагоністів. Тобто будь-яка зміна навантаження м'язів-стабілізаторів тазу призводить до порушення рівноваги м'язів інших груп, як є синергістами або антагоністами.

М'язи тазового поясу в основному мають комбіновану функцію, тобто одночасно забезпечують рухи у декількох площинах. Так, наприклад, м'язи, які приводять стегно забезпечують також згинання та розгинання стегна. А м'язи сідничної групи (великий, середній та малий сідничні м'язи) забезпечують практично всі види рухів стегна.

Проведена оцінка функції м'язів тазового поясу та нижньої кінцівки (м'язова сила, активація м'язу) в умовах виконання методики транспозиції стегна після резекції пухлини тазу з формування дефекту кісток тазу періацетабулярної ділянки (модель № 2). Стегнова кістка підведена під зпил здухвинної кістки, як наслідок таким чином, сформовані вкорочення (відносно) нижньої кінцівки, медіалізація голівки стегнової кістки та зміщення її дозад. Також проведена оцінка функціональності тих же м'язів на моделі із абсолютно таких же дефектом періацетабулярної ділянки тазу, але положення стегнової кістки дещо змінено, а саме, всі показники зміненого анатомічного положення стегнової кістки виставлено дещо меншими, ніж у моделі № 2. Це зроблено для того, щоб вивчити вплив значних зміщень стегнової кістки відносно кісток тазу на функціональність м'язів тазового поясу та нижньої кінцівки.

Короткий м'яз, який приводить стегно (*m. adductor brevis*) під час динамічного моделювання ходьби показав найбільші показники сили м'язу у 3-му та 4-му періодах ходьби. Медіана показника сили м'язу у ці періоди склала 10,5 Н [7,3; 20,6] та 9,8 Н [6,5; 20,2] відповідно. Максимальний короткочасний пік сили м'яз розвинув на 66 % циклу ходьби із показником 246,3 Н.

На моделі № 2 показав показник сили м'язу був нижчим у всі періоди ходьби, але найбільш виражено був нижчим у 1-й та 4-й періоди на 69,4 % та 67,4 % відповідно.

Динамічний аналіз ходьби на моделі № 3 показав також зниження показника сили цього м'язу, проте у вказані періоди (1-й та 4-й) він був менший на лише 28,3 % та 36,9 % (Рис. 7.1).

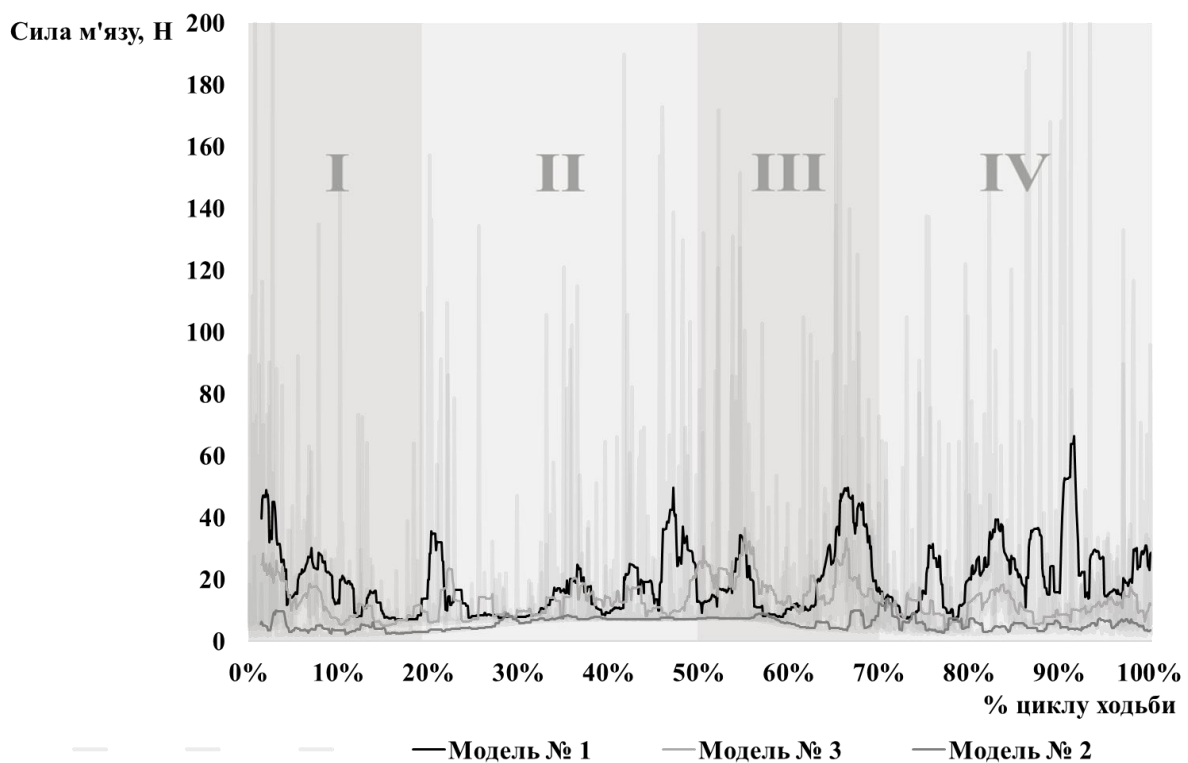


Рисунок 7.1 – Графік зміни сили, яку розвиває *m. adductor brevis* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Довгий м'яз, який приводить стегно (*m. adductor longus*) під час динамічного моделювання ходьби показав найбільші показники сили м'язу у 3-му та 4-му періодах ходьби. Медіана показника сили м'язу у ці періоди склала 24,3 Н [11,4; 73,1] та 17,8 Н [10,1; 45,7] відповідно.

На моделі № 2 показав показник сили м'язу був нижчим у всі періоди ходьби, але найбільш виражено був нижчим також у 1-й та 4-й періоди на 89,3 % та 87,0 % відповідно.

Динамічний аналіз ходьби на моделі № 3 показав також зниження показника сили цього м'язу, проте у 1-й та 4-й періоди ходьби він був менший на лише 33,3 % та 56,2 %. У 3-му періоді спостерігалось його зниження на 48,5 % (Рис. 7.2).

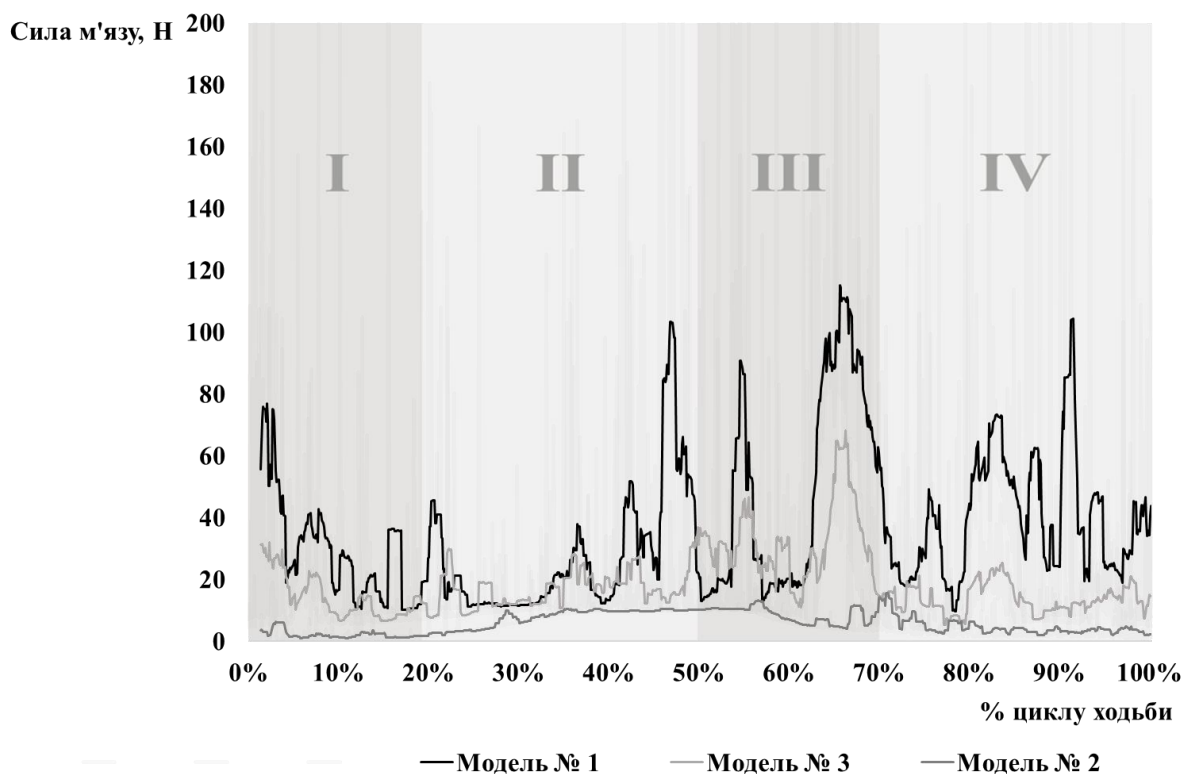


Рисунок 7.2 – Графік зміни сили, яку розвиває *m. adductor longus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Великий привідний м'яз стегна (*m. adductor magnus*) в даних скелетно-м'язових моделях представлений 4 м'язово-сухожильними одиницями: проксимальною, серединною, дистальною та сідничною.

Профілі активації цих м'язово-сухожилкових одиниць відзначались невеликими показниками у всі періоди циклу ходьби, окрім сідничної МСО, яка на моделі № 2 показала різкий скачок активації до показника 1,0 в період між 47 % та 51 % циклу ходьби. Найменші показники сили відмічались у всіх цих м'язово-сухожильних одиниць у 2-й період ходьби. Медіана показника сили всіх м'язово-сухожилкових одиниць *m. adductor magnus* у всі періоди склала 6,7 Н [5,6; 11,6].

Динамічне моделювання ходьби на моделі № 2 виявив значне зниження показника у 1-й та 4-й періоди ходьби на проксимальній, серединній та дистальній м'язово-сухожилкових одиницях на 51,1-84,6 % (1-й період) та на 45,0-71,5 % (4-й період). Сіднична м'язово-сухожилкова одиниця цього м'язу в цій моделі показала найбільше загальне зниження показника сили на 51,6 % у 3-й період ходьби. Проте, незважаючи на загальне зниження показника сили цієї МСО, у момент переходу 2-го у 3-й період циклу ходьби (47 % - 52 %) відмічається короткочасний різкий ріст показника сили сідничної м'язово-сухожилкової одиниці м'язу до 261 Н.

На моделі № 3 спостерігалось зниження показника сили м'язу, найбільше у 1-й період ходьби на серединній, дистальній та сідничній м'язово-сухожильній одиницях на 43,8 %, 19,6 % та 23,2 % відповідно. Але той же час сила проксимальної м'язово-сухожильної одиниці була меншою у 1-й та 4-й періоди ходьби на 31,5 % та 37,4 % відповідно. Але у 3-й період ходьби показник сили на цій одиниці був більшим на 11,4 % в порівнянні із моделлю № 1 (Рис. 7.3-7.6).

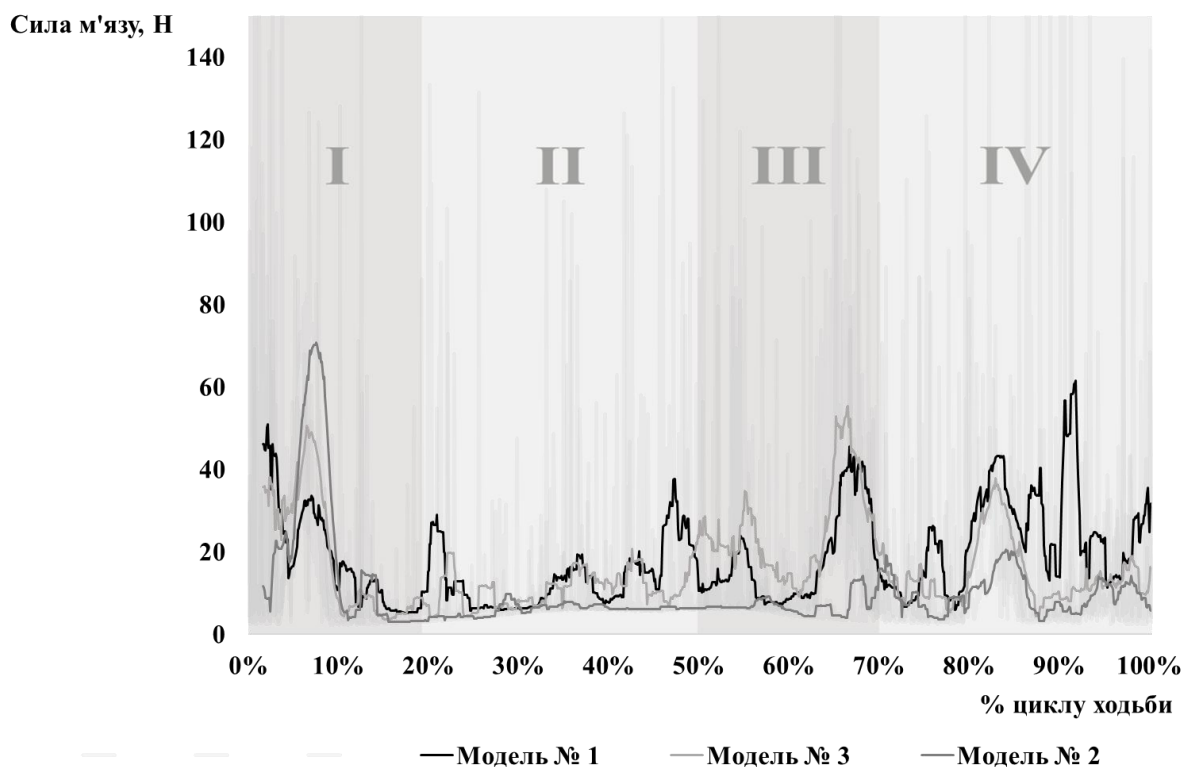


Рисунок 7.3 – Графік зміни сили, яку розвиває проксимальна м'язово-сухожилкова одиниця *m. adductor magnus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоножного стояння (I), одноножного стояння (II), другий двоножного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

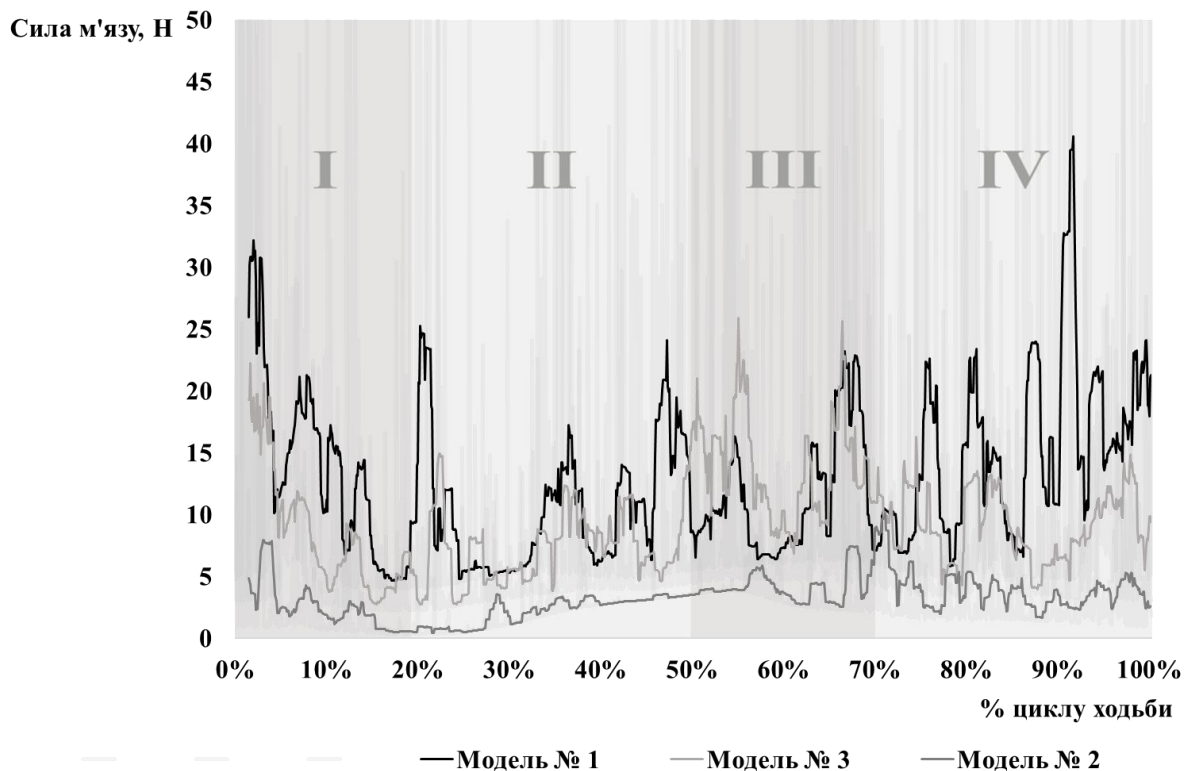


Рисунок 7.4 – Графік зміни сили, яку розвиває середина м'язово-сухожилкова одиниця *m. adductor magnus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

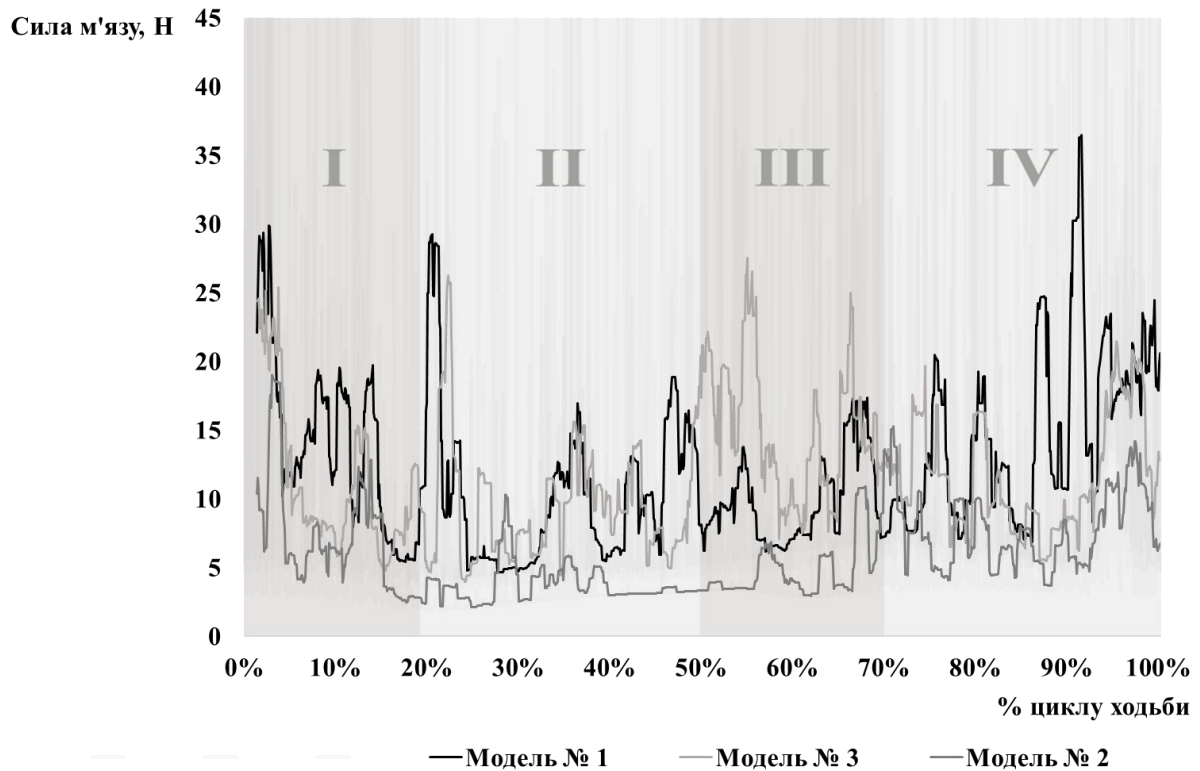


Рисунок 7.5 – Графік зміни сили, яку розвиває дистальна м'язово-сухожилкова одиниця *m. adductor magnus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), однохопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

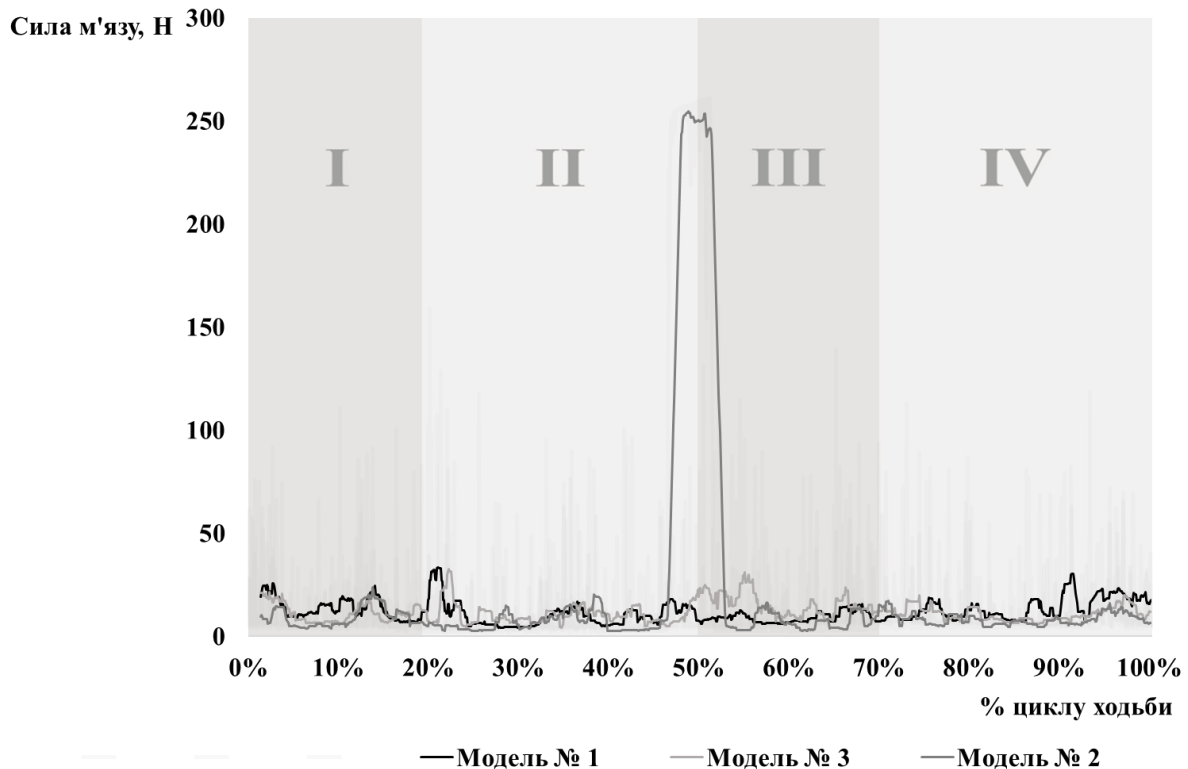


Рисунок 7.6 – Графік зміни сили, яку розвиває сіднична м'язово-сухожилкова одиниця *m. adductor magnus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Великий сідничний м'яз (*m. gluteus maximus*) за основною своєю функцією є розгинач стегна. Модель м'язу складається із трьох м'язово-сухожильних одиниць, перша, яка розташована проксимальніше має додаткову функцію – відведення стегна, третя (дистальна) – приведення стегна. В моделі № 1 (нормальна модель) цей м'яз (особливо 1-ша та 2-га м'язово-сухожильні одиниці) активується у 1-му періоді ходьби та до середини 2-го періоду вона спадає, розвиваючи максимум показника активації у 0,4 (безрозмірна величина). Максимальні зусилля м'яз розвиває саме в перший період ходьби: 1-ша м'язово-сухожильна одиниця 72,4 Н [24,7; 101,2], друга – 92,5 Н [28,8; 147,0] та третя – 12,3 Н [8,3; 24,5].

У разі дослідження на моделі № 2 спостерігається зміна часу та сили активації м'язу: перша сухожильно-м'язова одиниця м'язу активується з середини 1-го періоду ходьби та досягає максимально можливого ступеня активації (максимум – 1,0) на середині 2-го періоду (одноопорного стояння), який продовжується до середини 3-го періоду та до його кінця спадає. Подібна динаміка спостерігається із дома іншими МСО м'язу, проте в меншій мірі. Силкові характеристики м'язу також демонструють значний ріст в порівнянні із нормальною моделлю (№ 1). А саме, сила м'язу зростає в рази, а саме, сила, яку розвиває 1-ша МСО м'язу у моделі № 2 в 13,3 раза, в 46 разів та 2,2 раза більша, ніж в нормальній моделі № 1 в 2-му, 3-му та 4- періоді ходьби відповідно. Така ж тенденція спостерігається із 2-ю та 3-ю МСОцями. 2га МСО розвиває силу в 2,2 раза, 9,1 раза та 4,3 раза більша, ніж у моделі № 1 в 1-му, 2-му та 4- періоді ходьби відповідно. А третя МСО в моделі № 2 показує таку ж тенденцію як і попередні із показниками, які перевищують модель № 1 у 5,6 раза, 26,7 раза, 10,9 раза та 2,7 раза відповідно 4-х періодів ходьби. Зміна активації м'язу в цілому та виражене збільшення силових характеристик в процесі ходьби в моделі № 2 свідчить про включення м'язу до компенсаторних механізмів утримання тазу та його стабілізації.

Тенденція активації та її вираженість в *m. gluteus maximus* в моделі № 3 хоча за показником і перевищує таку у нормальної моделі (максимум – 0,63 проти 0,4), проте тенденція подібна до нормальної моделі, а саме, початок активації із середини 1-го періоду ходьби, максимум на початку 2-го періоду, спад – кінця 3-го періоду.

Силкові характеристики м'язу також демонструють перевагу над нормальною моделлю № 1, проте не в такій мірі як у моделі № 2. Так 1-ша та 2 – га МСОці розвивають силу, яка більша ніж у нормальної моделі у всіх періодах ходьби. 1-ша МСО найбільше переважає у 2-му та 3-му періодах, де показники моделі № 3 у 4,7 раза та 6,5 раза більші, ніж у моделі № 1. 2-га МСО – в 2-му періоді переважає показник нормальної моделі у 8,9 раза. 3 МСО – силкові показники вищі за нормальні у 1-му та 4-му періодах на 4 % та 13 % відповідно. А в 2-му та 3-му – на 4 % менші за нормальні показники.

В порівнянні із нормальною моделлю тенденції активації в моделі № 3 подібні, проте силові характеристики свідчать про надмірну роботу м'язу в якості компенсатора. Проте вираженість цих силових характеристик значно менша, ніж у моделі № 2 (Рис. 7.7-7.12).

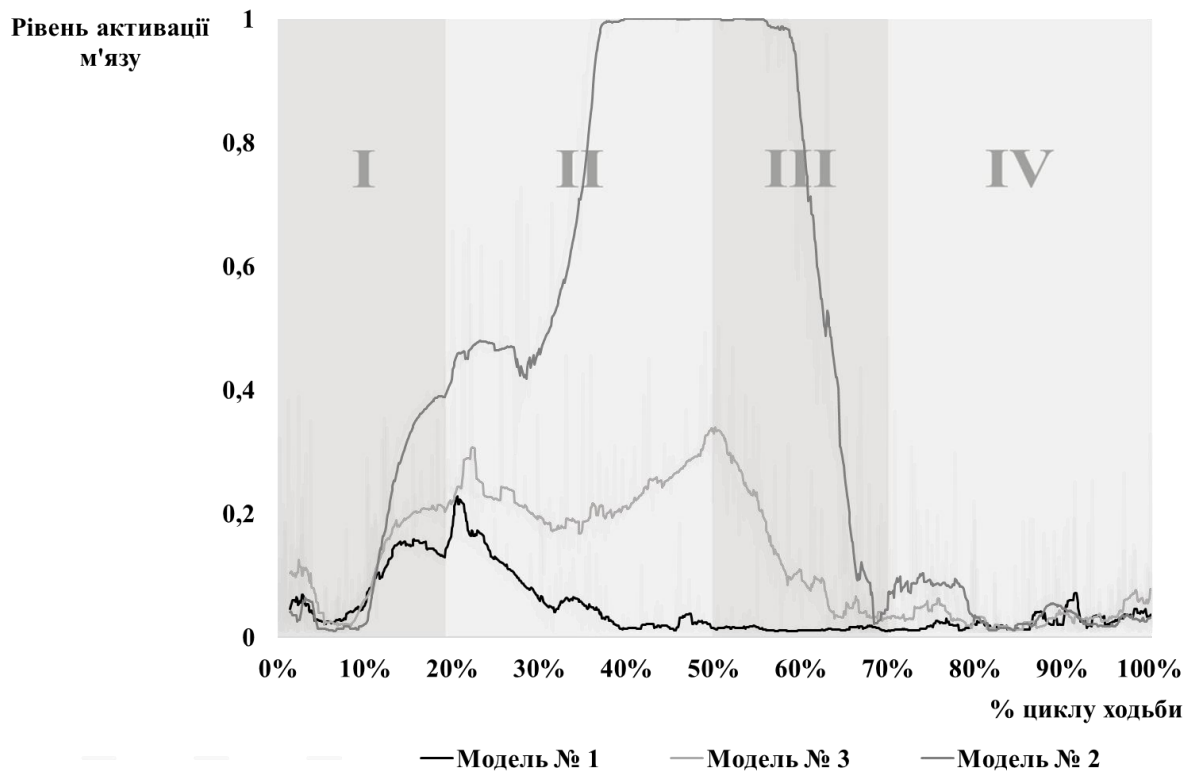


Рисунок 7.7 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває перша м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus maximus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопрного стояння (I), одноопрного стояння (II), другий двохопрного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

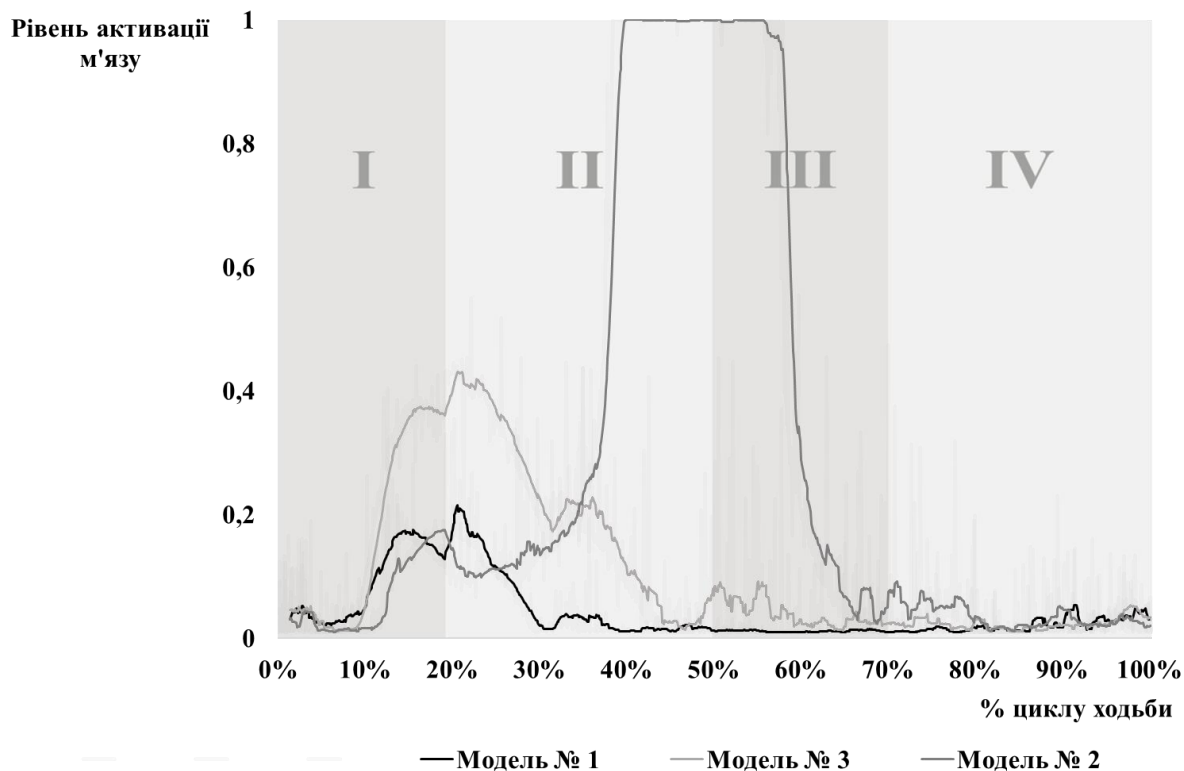


Рисунок 7.8 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває друга м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus maximus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

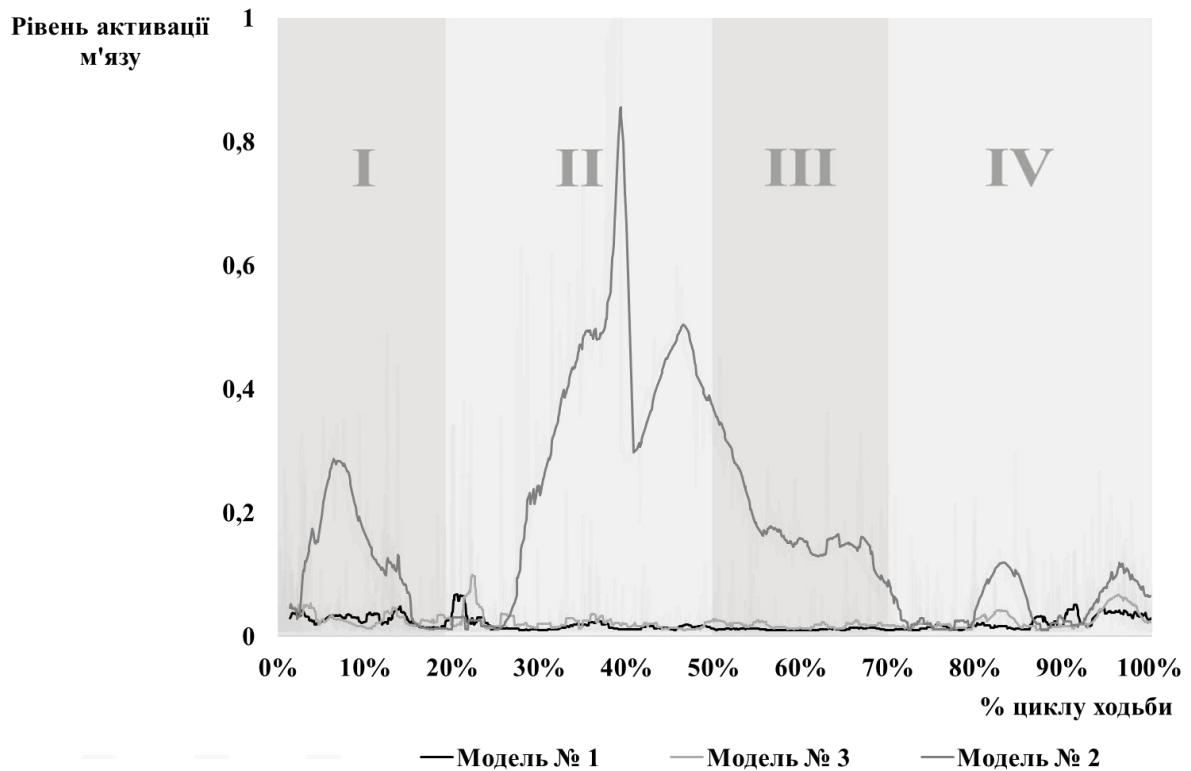


Рисунок 7.9 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває третя м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus maximus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

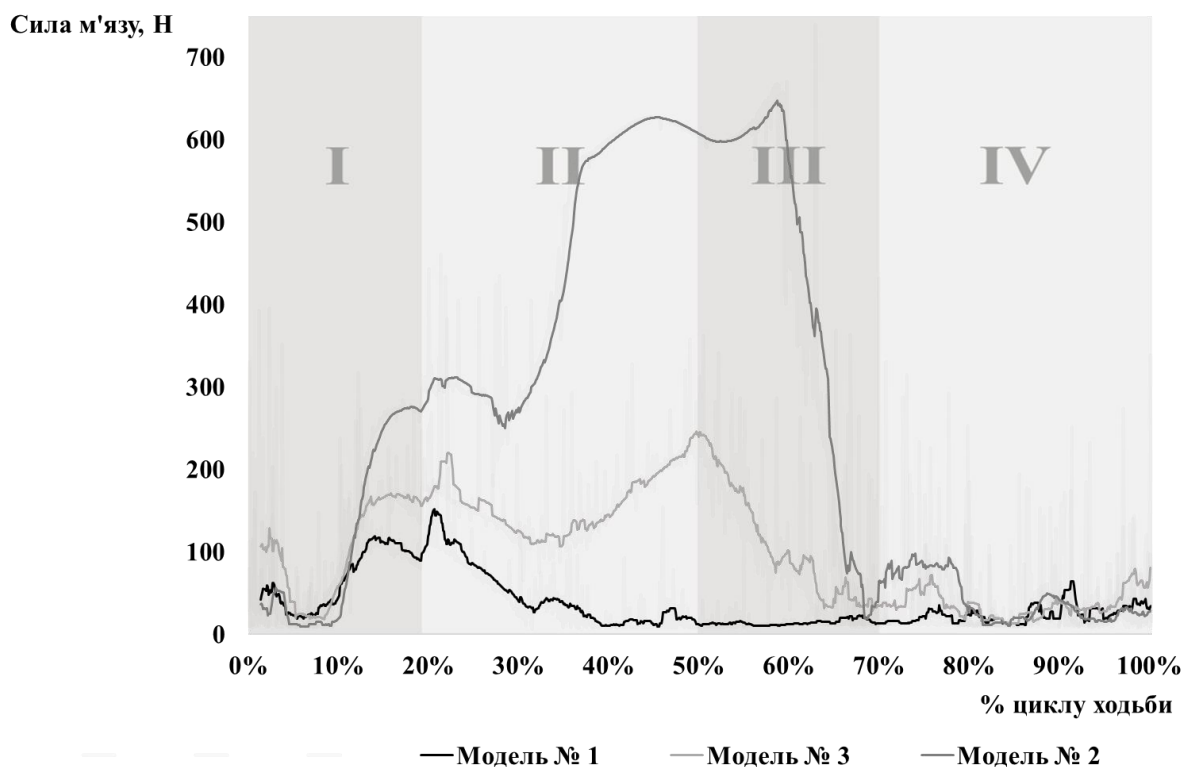


Рисунок 7.10 – Графік зміни сили, яку розвиває перша м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus maximus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

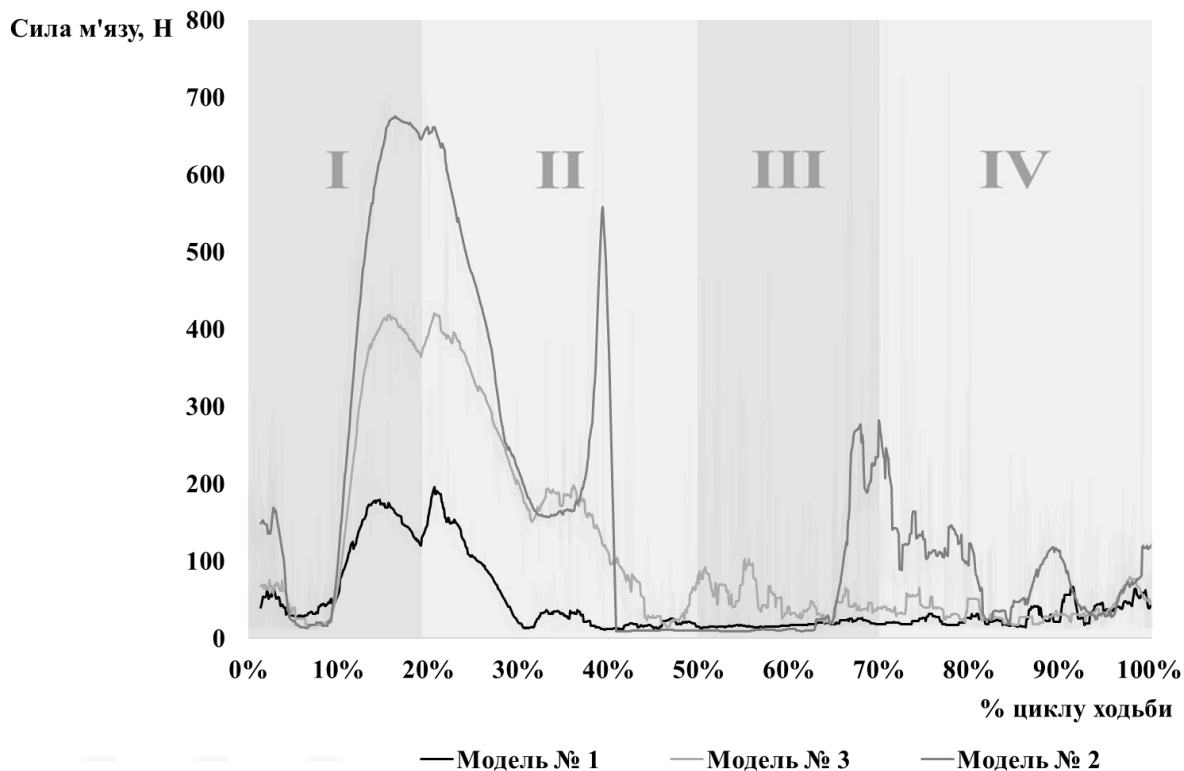


Рисунок 7.11 – Графік зміни сили, яку розвиває друга м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus maximus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

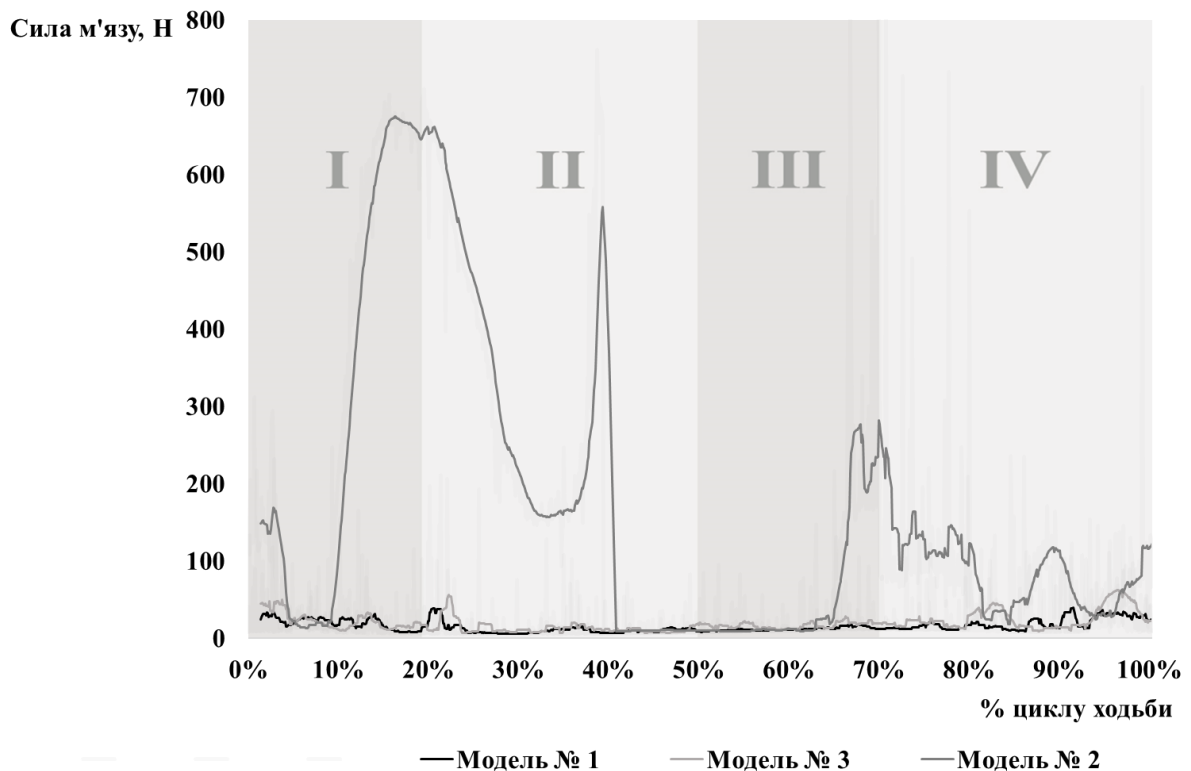


Рисунок 7.12 – Графік зміни сили, яку розвиває третя м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus maximus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Середній сідничний м'яз (*m. gluteus medius*) має 3 функціональні складові, які в математичних моделях представлені трьома МСО. Саме завдяки ним він є м'язом із комбінованою функцією. Передня порція м'язу забезпечує згинання стегна, вона в дослідних математичних моделях представлена як перша МСО. Задня порція цього м'язу, яка в моделях представлена третьою МСО забезпечує розгинання стегна. Одночасна робота всіх порцій м'язу забезпечує участь у відведенні стегна.

В нормальній моделі № 1 профіль активації під час ходьби наступний: м'яз активується у другій половині 1-го періоду ходьби, Максимальної активації досягається на початку 2-го періоду (одноопорного стояння). Для першої МСО цей показник в нормі становить 0,7, для 2-ї – 0,3 на 22 % циклу ходьби, для 3-ї –

0,3 на 22 % та 47 % циклі ходьби. В першій половині 3-го періоду відбувається спад показника цього показника до мінімальних значень.

Динаміка змін силових характеристик цього м'язу відповідали його профілю активації. Максимальні зусилля м'яз розвивав у 2-й період ходьби, а саме медіана сили 1-ї МСО була 362,1 Н [283,0 Н; 477,7 Н], другої МСО - 124,2 Н [102,4 Н; 146,6 Н], третьої – 102,2 [82,5 Н; 132,9 Н].

Моделювання активації, які розвивав м'яз на моделі № 2 показав низький ступінь активації у 1-ї МСО та високий його ступінь у 2-ї та 3-ї МСО м'язу з формуванням плато з показником активації 1,0 (максимальне значення) в другій половині 2-го до середини 3-го періодів ходьби (від 47 % до 57 % циклу ходьби). Зусилля, які розвивав м'яз, незважаючи на високий показник активації був значно нижчим в порівнянні із моделлю № 1. Це пов'язано із значними порушеннями анатомічних співвідношень між тазом та стегною кісткою. Перша МСО розвивала зусилля, які у фазі опори нижньої кінцівки були нижчими від нормальних показників на 98,1 %. Друга МСО розвивала зусилля у 1-й період ходьби на 90,1 % нижчі від нормальних показників, у 2-й та 3-й періоди, незважаючи на максимальну активацію цих МСО – також менші на 71,6 % та 63,4 %. Третя МСО цього м'язу за подібних умов із 2-гою МСО також показала нижчі показники зусиль: у 1-й період – на 37,1 % менші, у 2-й – на 21,1 %, у 3-й на 45,9 % нижчі. Та найбільше сила відрізнялась у 4-й період – на 58,5 % менші, ніж показники нормальної моделі.

Моделювання активації м'язу на моделі № 3 показало подібний профіль активації із нормальною моделлю. У 1-й та 2-й МСО активація проходила як і у нормальній моделі, проте спостерігалось зниження активації на початку 2-го періоду та із формуванням максимального піку в кінці цього періоду (0,3 для 1-ї МСО та 0,6 для 2-ї МСО м'язу). 3-тя МСО відрізнялась за особливістю активації, по-перше, порівняно раннім її початком, по-друге, показники її перевищували нормальні практично у тричі (0,6 проти 0,2) в кінці 2-го періоду ходьби (51 % циклу ходьби) (Рис. 7.13-7.15).

Зусилля, які розвивав м'яз відрізнялись в різних його МСО. 1-ша МСО розвивала зусилля, які були меншими від нормальних на 73,1 % у першому

періоді, на 64,9 % в другому, на 41,7 % та 33,6 % в третьому та 4-му періодах відповідно. Друга МСО в 1-2 періоди показує нижчі показники зусиль на 15,0 % та 17,3 % від моделі № 1 відповідно. Проте в 3-4 періоди ходьби показує більші зусилля за нормальні на 22,6 % та 35,7 % відповідно.

Ці показники показують, що компенсаторні механізми, що розвиваються в моделі № 3 не направлені на стабілізацію тазу та стегна за рахунок м'язів-розгиначів стегна. Про що частково свідчать більші зусилля, які розвиває 3 МСО м'язу, та друга МСО у 3-й та 4-й періоди ходьби, коли нижня кінцівка знаходиться позаду осі тіла (Рис. 7.16-7.18).

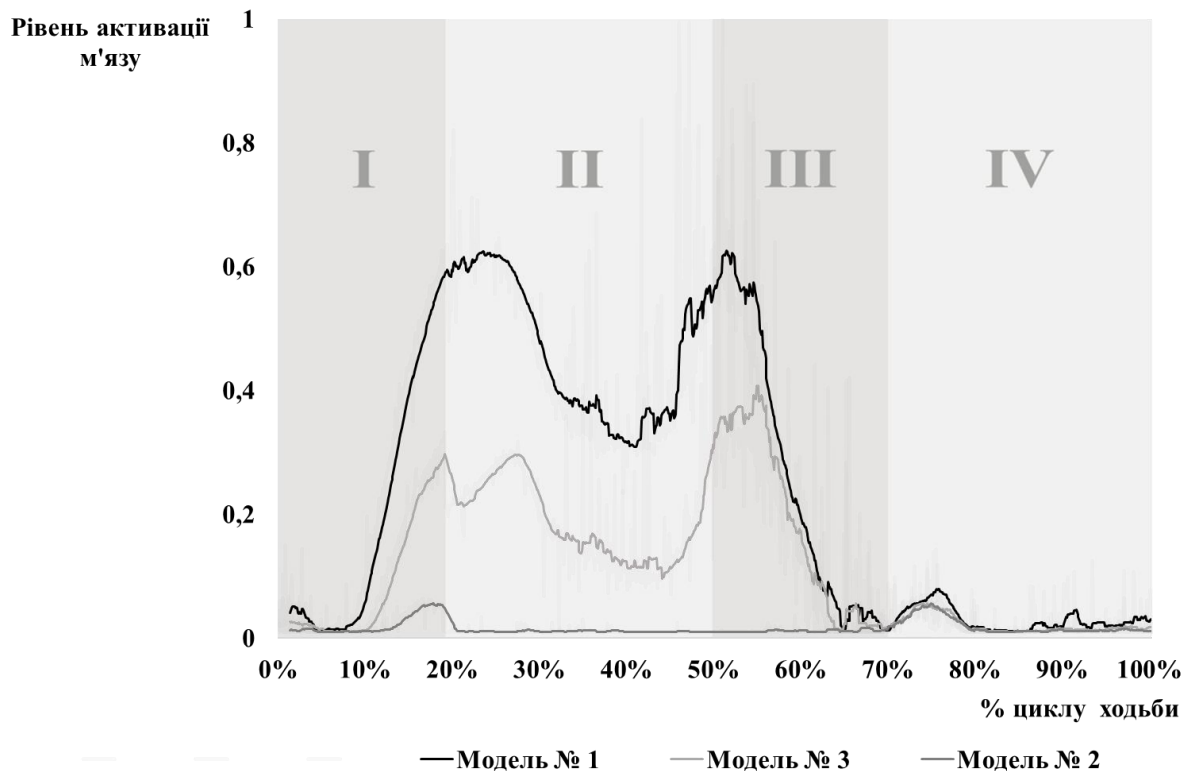


Рисунок 7.13 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває перша м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus medius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двохопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

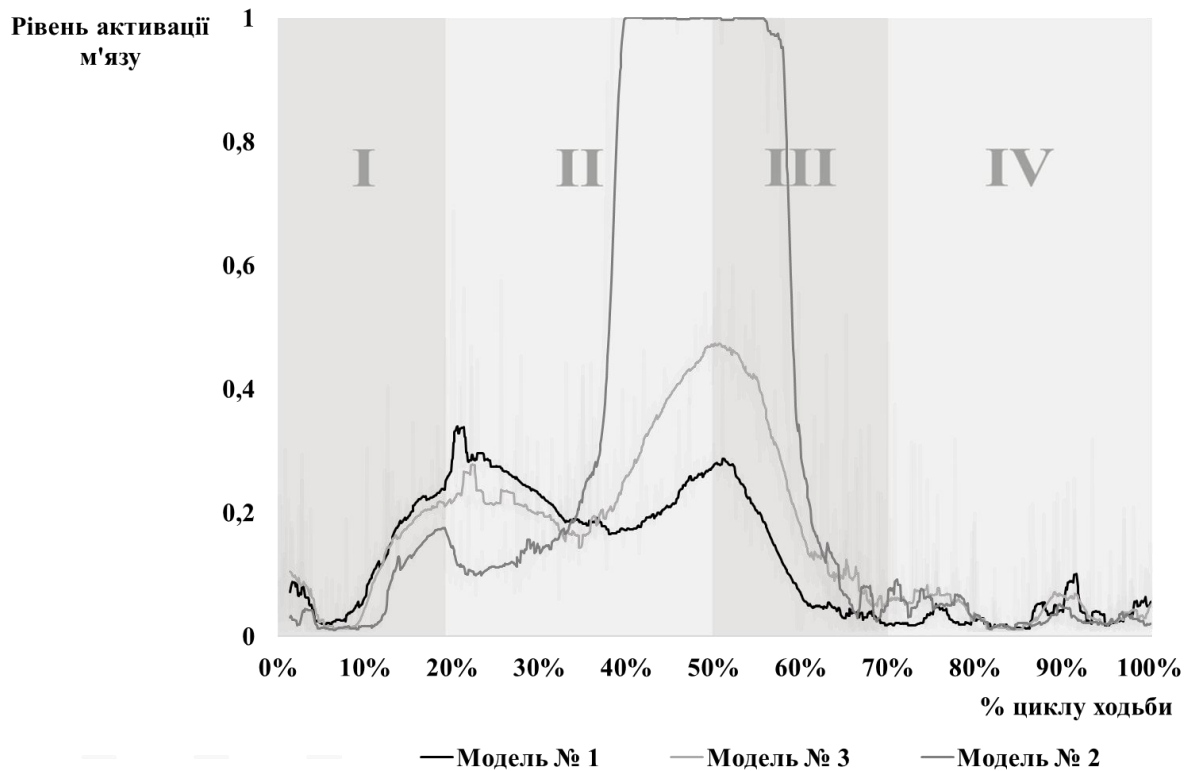


Рисунок 7.14 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває друга м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus medius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

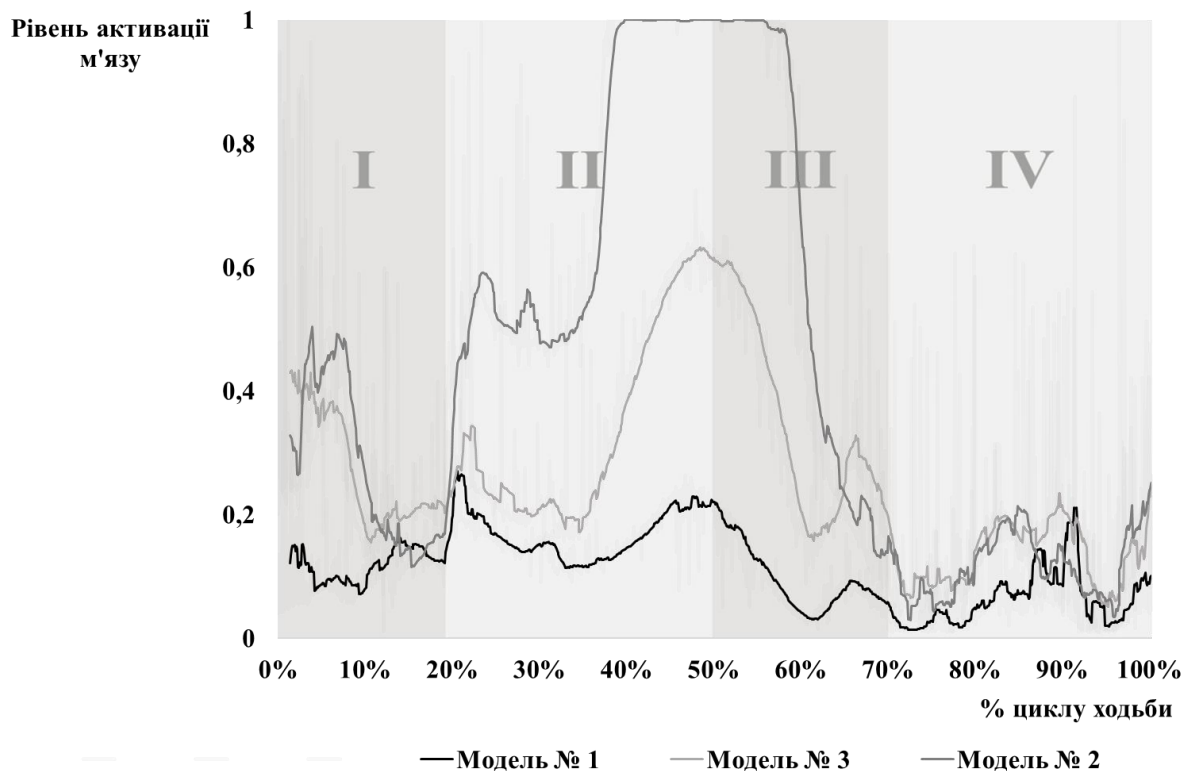


Рисунок 7.15 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває третя м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus medius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

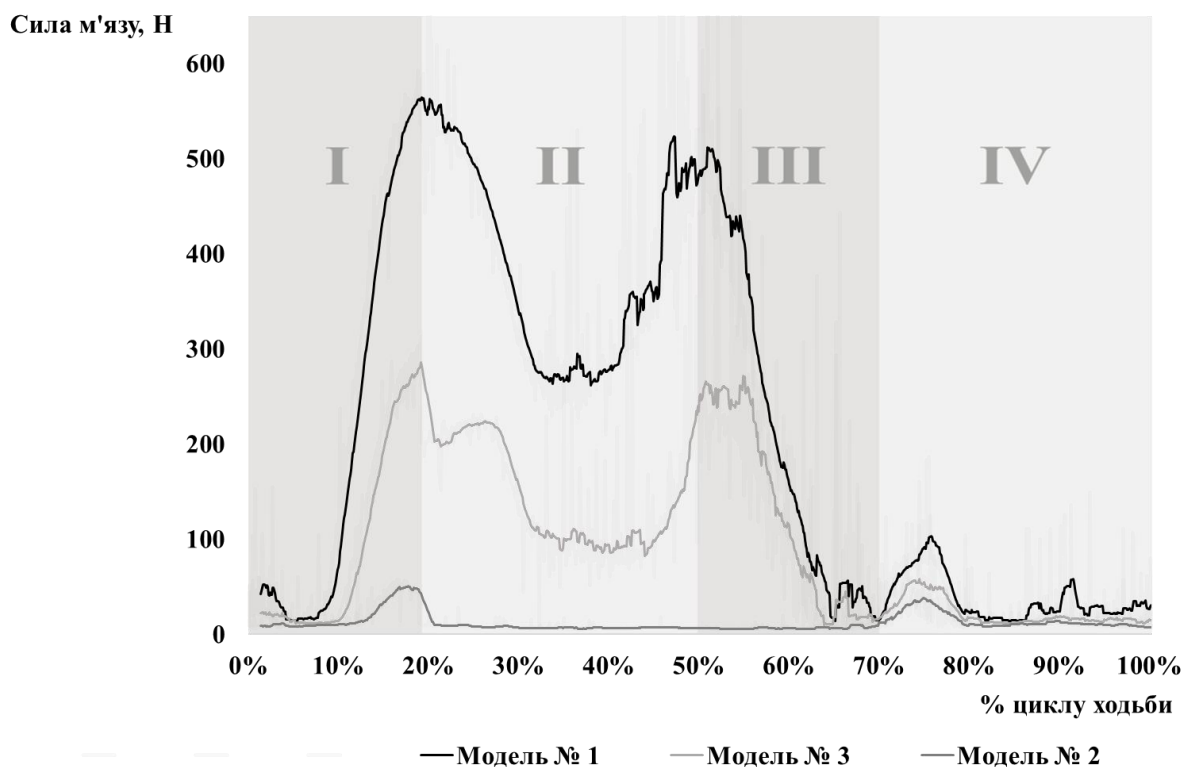


Рисунок 7.16 – Графік зміни сили, яку розвиває перша м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus medius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

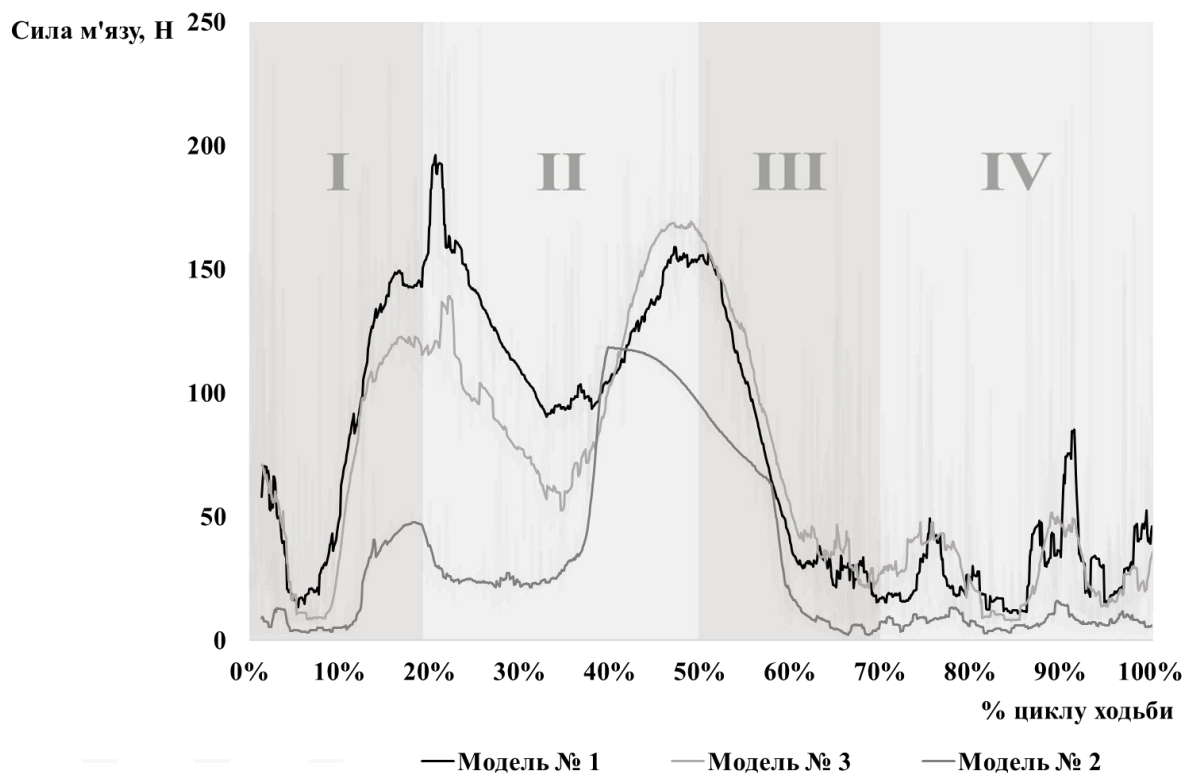


Рисунок 7.17 – Графік зміни сили, яку розвиває друга м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus medius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоножного стояння (I), одноножного стояння (II), другий двоножного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

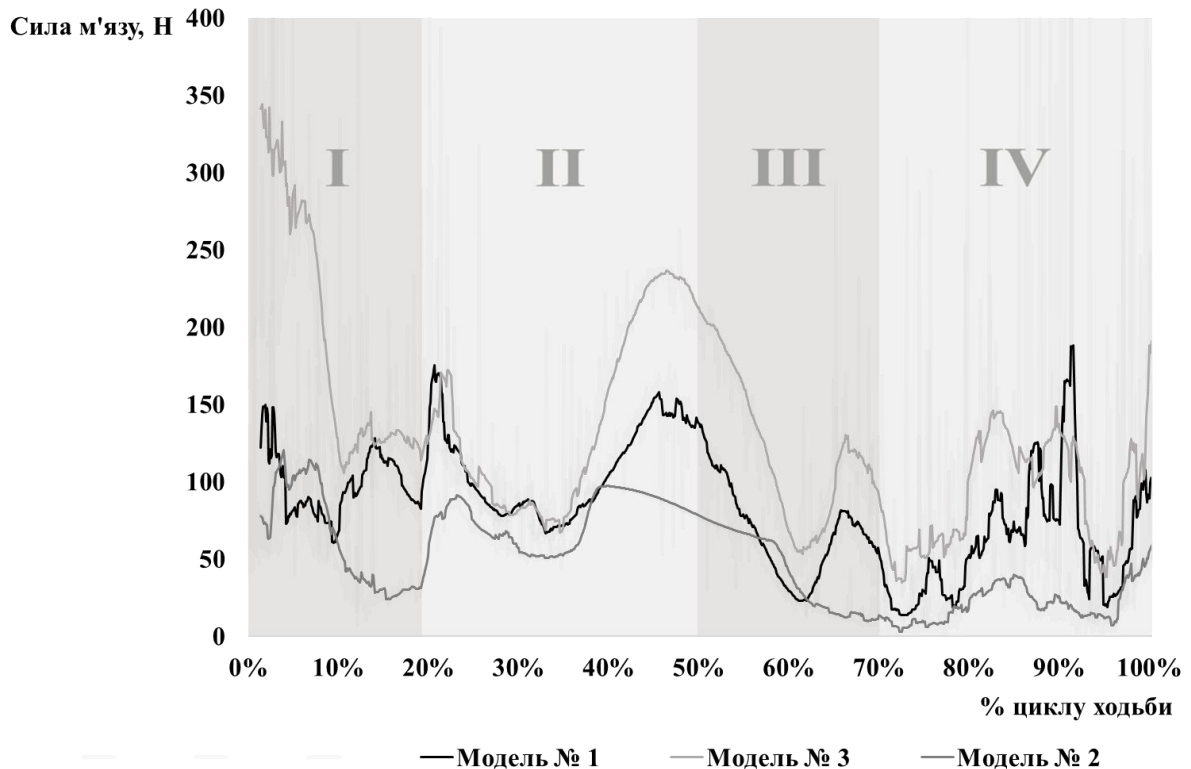


Рисунок 7.18 – Графік зміни сили, яку розвиває третя м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus medius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Малий сідничний м'яз (*m. gluteus minimus*) є подібним за функцією до попередньо розглянутого середнього сідничного м'язу. Профіль активації м'язу практично однаковий для всіх трьох МСО м'язу: м'яз активується в другій половині 1-го періоду ходьби та зберігає активність із показниками 0,2-0,3 протягом всього періоду опори кінцівки (Рис. 7.19, Рис. 7.20). У дослідженні на моделях № 2 та № 3 третя МСО цього м'язу не приймала учать, тому що точка її прикріплення на здухвинній кістці входила в зону резекції для моделювання дефекту періацетабулярної ділянки внаслідок пухлинного ураження.

Медіана навантаження цього м'язу була наступною. Зусилля у 1-ому періоді ходьби були незначними, показник сили м'язу знаходився в межах від 30,6 Н до 33,6 Н для усіх МСО. Найбільші зусилля в 2-й період розвивала 1-ша

МСО м'язу, медіана зусиль якої склала 70,4 Н [51,4; 82,6]. В 3-й період 1-ша МСО також розвивала найбільші зусилля – 34,2 Н [12,1; 69,8]. 4-й період супроводжувався невеликими зусиллями м'язу від 11,3 Н [6,1; 18,0] (у 1-ї МСО) до 15,3 Н [8,7; 24,4] (у 3-ї МСО).

Моделювання зусиль м'язу на моделі № 2 дало вкрай низькі показники, які були меншими на 83,6 та 84,7 % (1-ша та 2-га МСО відповідно) від нормальних в 1-ому періоді ходьби, на 95,0 % та 93,8 % в другому та 91,9 % та 90,9 % в третьому періодах ходьби.

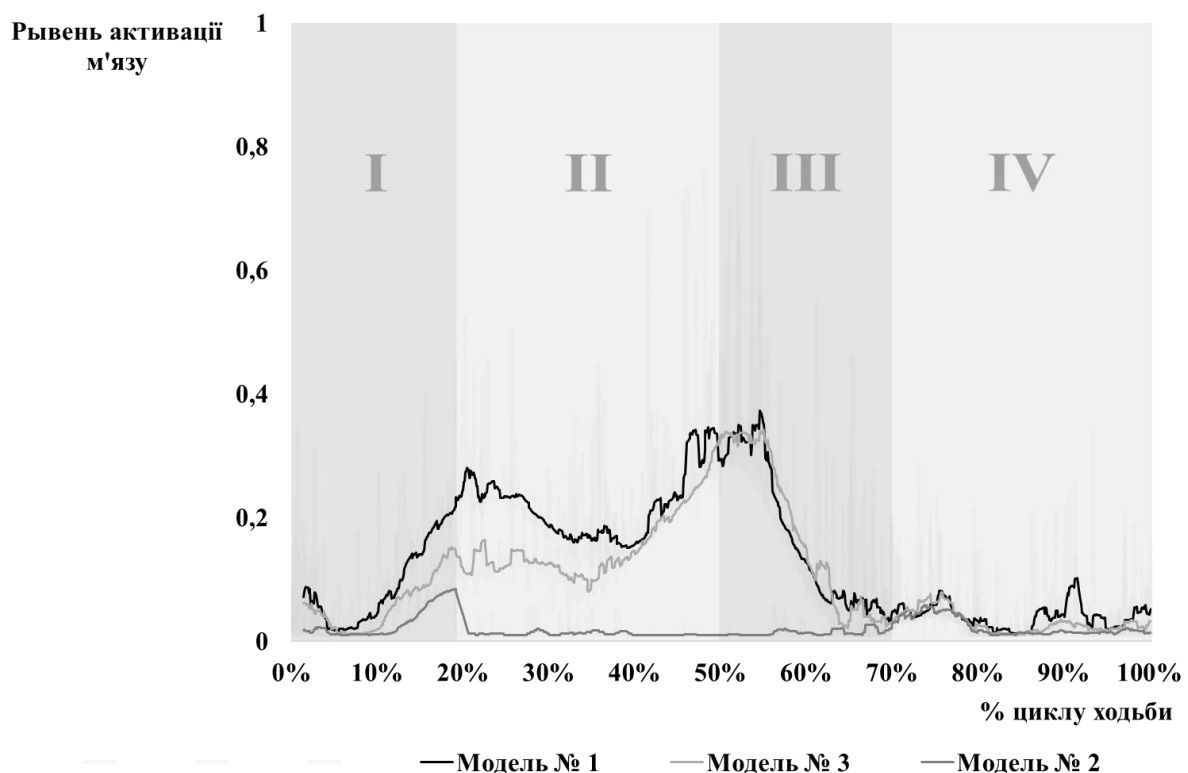


Рисунок 7.19 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває перша м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus minimus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Зусилля, які розвинув м'яз в моделі № 3 були меншими у всіх періодах, крім 3-го. Показник у першому періоді був на 49,1 % менший за нормальний (для

двох МСО). У другому – на 48,8 % та 38,8 % менший за нормальний показник для 1-ї та 2-ї МСО відповідно. Проте у 3-му періоді спостерігається збільшення показника сили м'язу на 11,6 % та 18,3 % (для 1-ї та 2-ї МСО відповідно). 4-й період характеризувався зниженням показника сили. Дані показники підтверджують трактування таких змін, як необхідність стабілізації тазу за рахунок м'язів-розгиначів стегна (Рис. 7.21, 7.22).

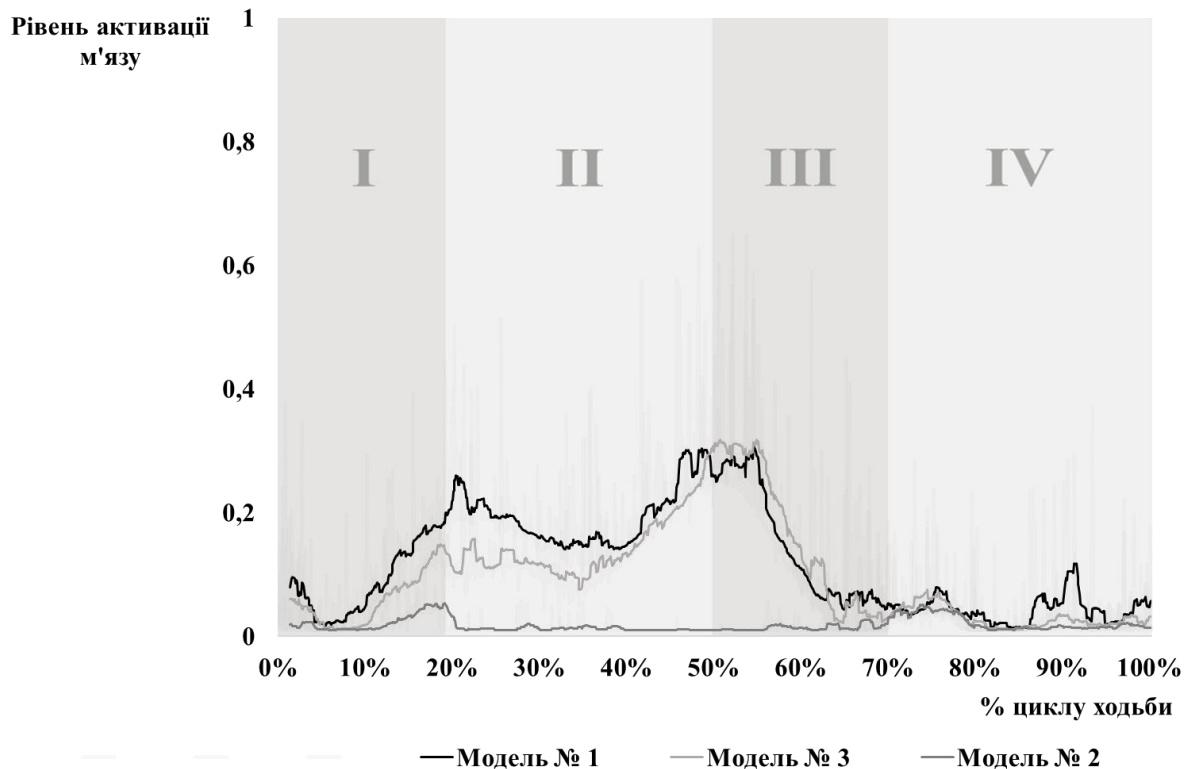


Рисунок 7.20 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває друга м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus minimus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

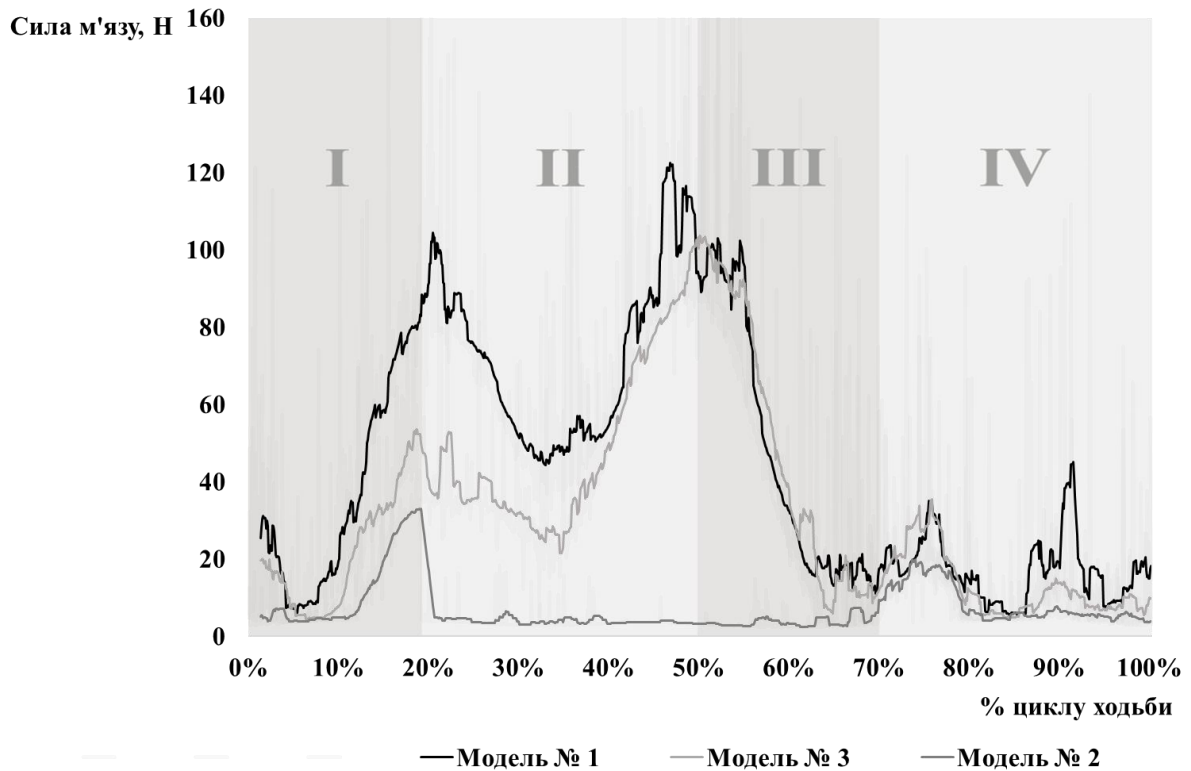


Рисунок 7.21 – Графік зміни сили, яку розвиває перша м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus minimus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

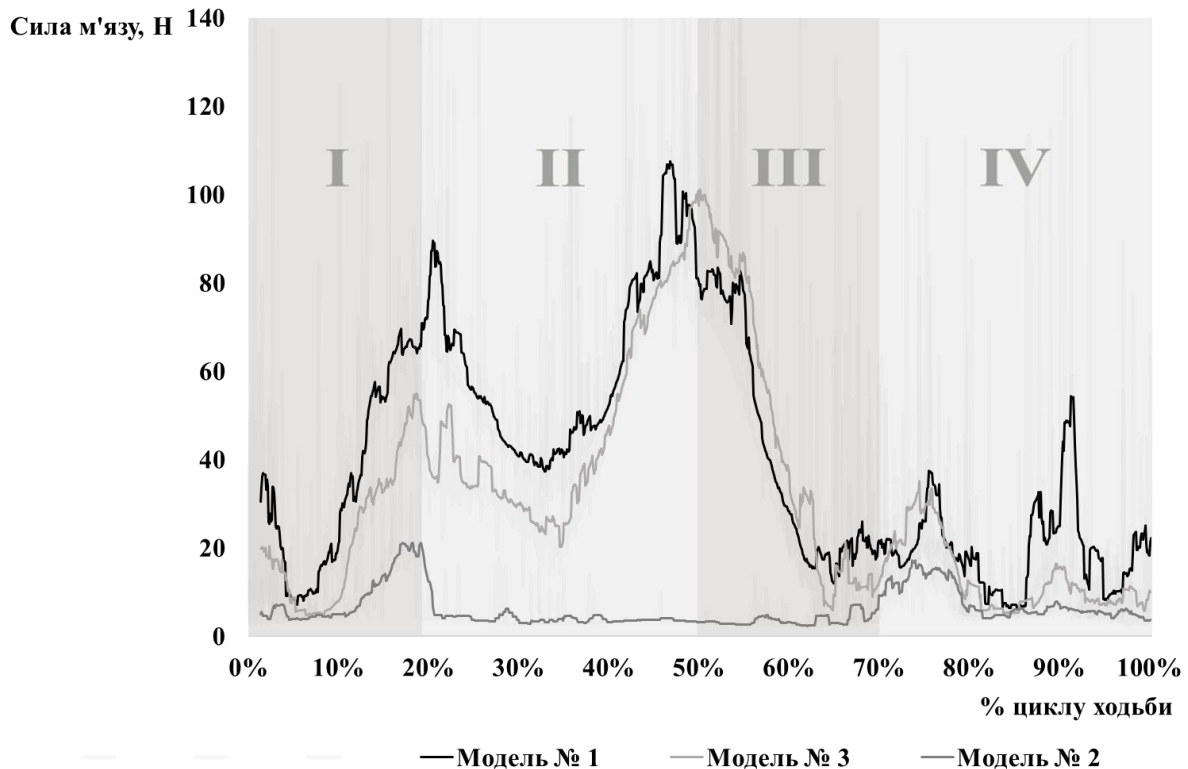


Рисунок 7.22 – Графік зміни сили, яку розвиває друга м'язово-сухожилкова одиниця *m. gluteus minimus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

М'яз *m. iliopsoas* в математичних моделях представлений двома МСО, як *m. iliacus* та *m. psoas major*. Цей м'яз відноситься до внутрішньої групи м'язів тазу. Відповідає цей м'яз за згинання та зовнішню ротацію стегна, а також за нахил у поперековому відділі хребта у разі зафіксованої нижньої кінцівки.

Профілі активації цих МСО м'язу подібні, лише зростання активації здухвинної МСО починається у 2-му періоді ходьби та досягає свого максимального значення (1,0) на початку 3-го періоду. У великій поперековій МСО початок підйому показника активації починається лише із середини 2-го періоду ходьби. Далі тенденція така ж як і у попередньої МСО.

Силкові показники цих МСО в цілому співпадають із їхніми профілями активації. Максимальні зусилля обидві МСО розвивають у 3-й період ходьби із

показниками 286,4 Н [127,0; 811,1] та 376,3 Н [202,3; 846,2] для *m. iliacus* та *m. psoas major* відповідно.

На математичній моделі № 2 м'яз показав вкрай низькі показники як і у профілю активації, так і у показниках зусиль, які були значно меншими на 92,5 % та 83,7 % (*m. iliacus* та *m. psoas major* відповідно) від нормальних в 2-ому періоді ходьби, та на 97,1 % та 96,8 % в 3-му періоді ходьби. Хоча в 1-му періоді *m. psoas major* показав на більші в 1,25 раза показники силових зусиль.

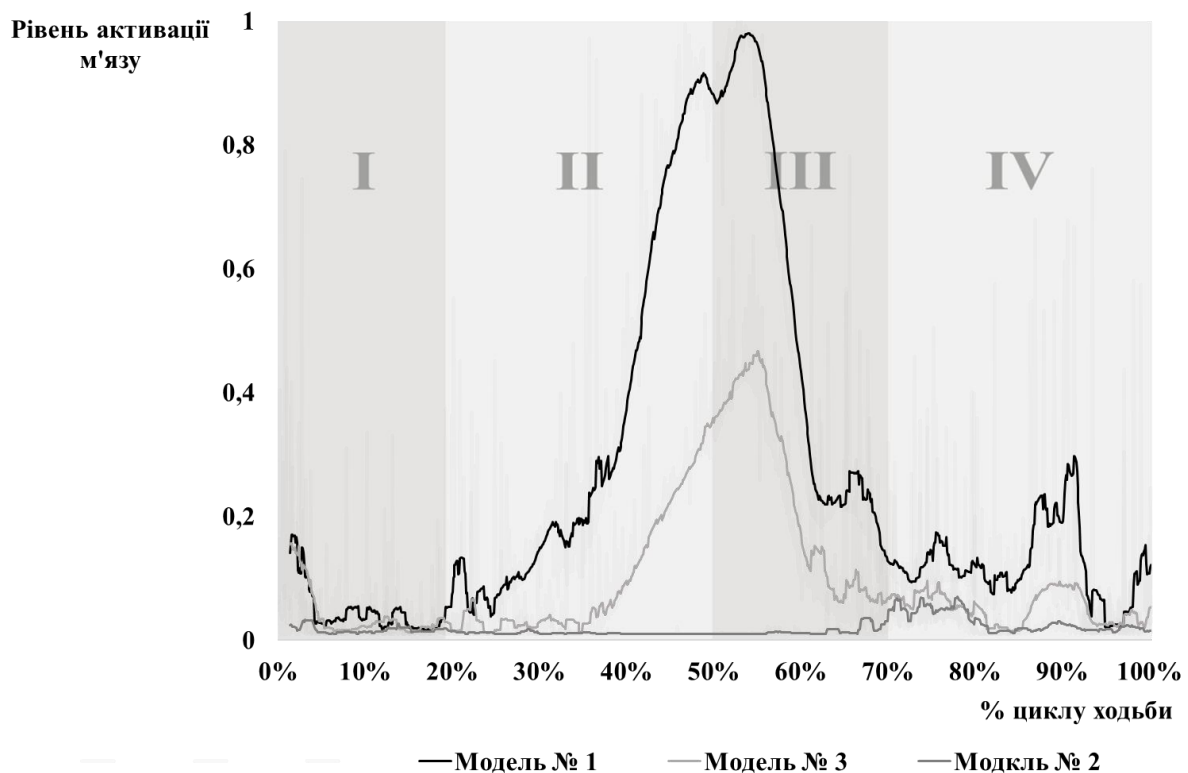


Рисунок 7.23 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває *m. iliacus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

На моделі № 3 м'яз показав профіль активації із активністю на самому початку 1-го періоду, а потім лише із другої половини 2-го до середини 3-го періодів ходьби. Зусилля, які розвивав м'яз для МСО *m. iliacus* були нижчими у всіх періодах ходьби, а найбільше у 2-му (на 83,6 % менше). МСО *m. psoas major*

хоча і також показала у 1,5 раза більші зусилля у 1-му періоді, та в решті мала нижчі показники, наприклад, на 40,2 % менше у 3-му періоді (найменший показник за всі періоди).

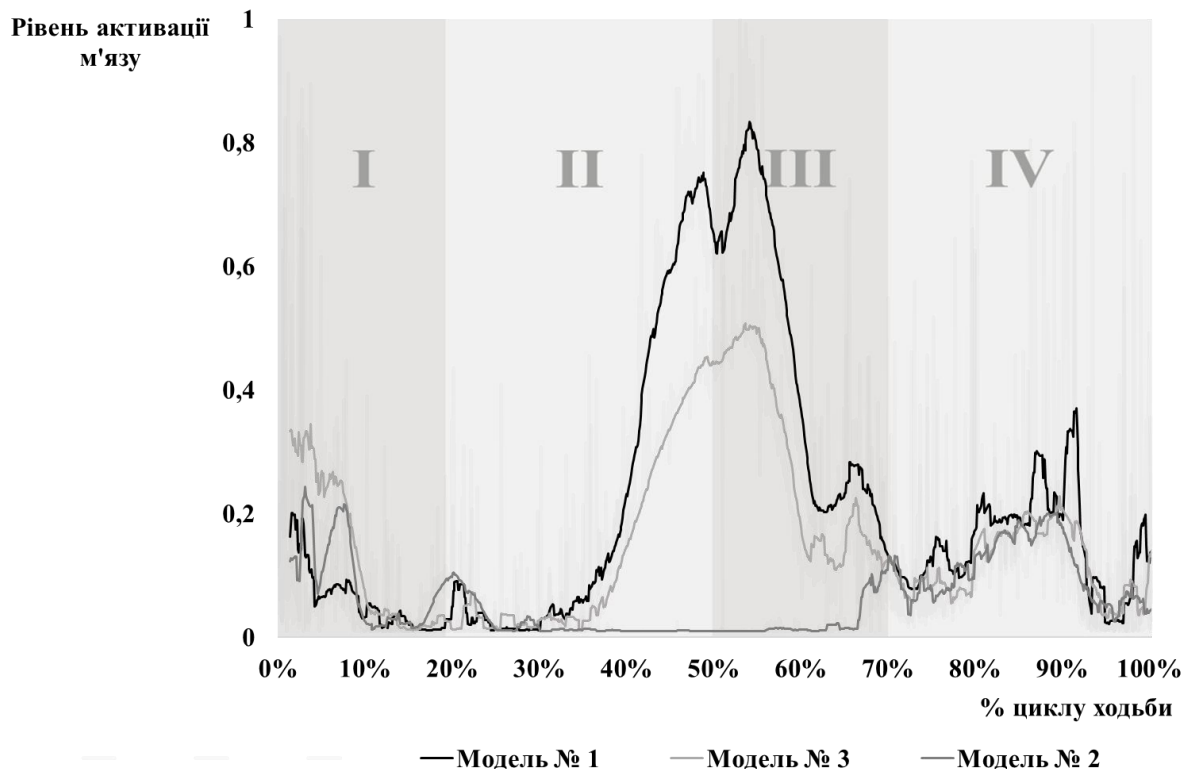


Рисунок 7.24 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває *m. psoas major* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

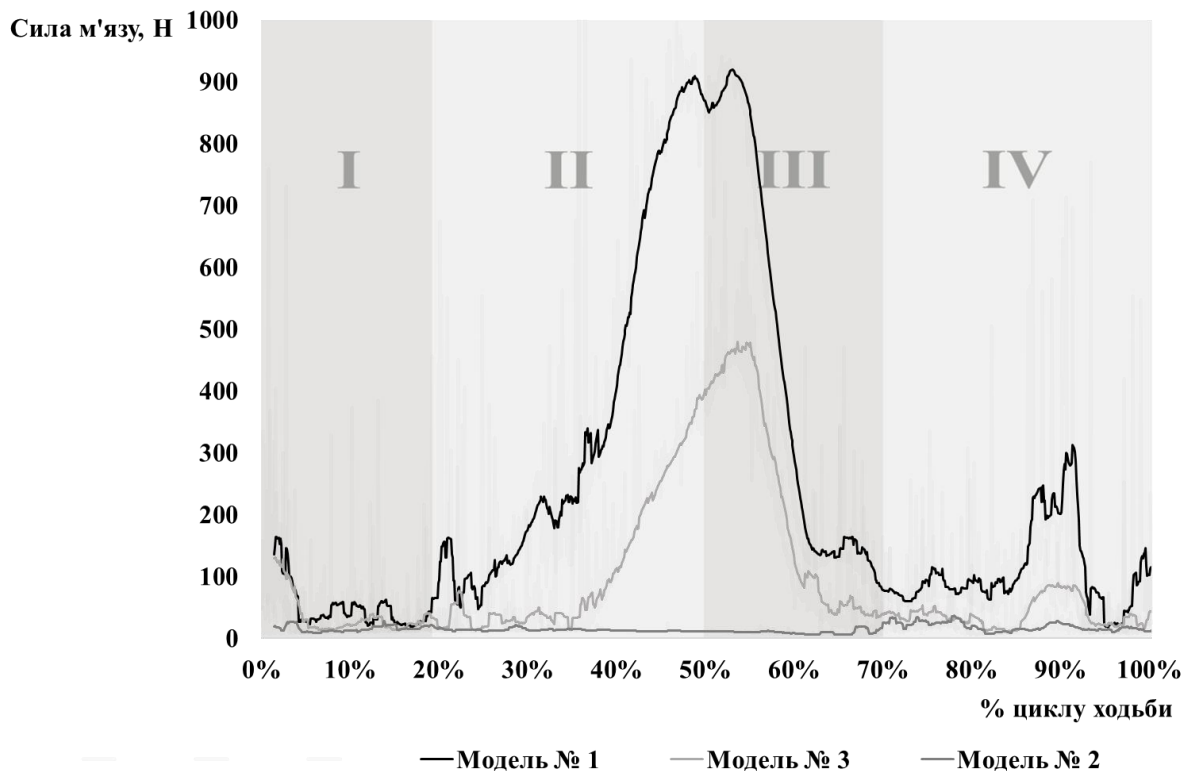


Рисунок 7.25 – Графік зміни сили, яку *m. iliacus* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

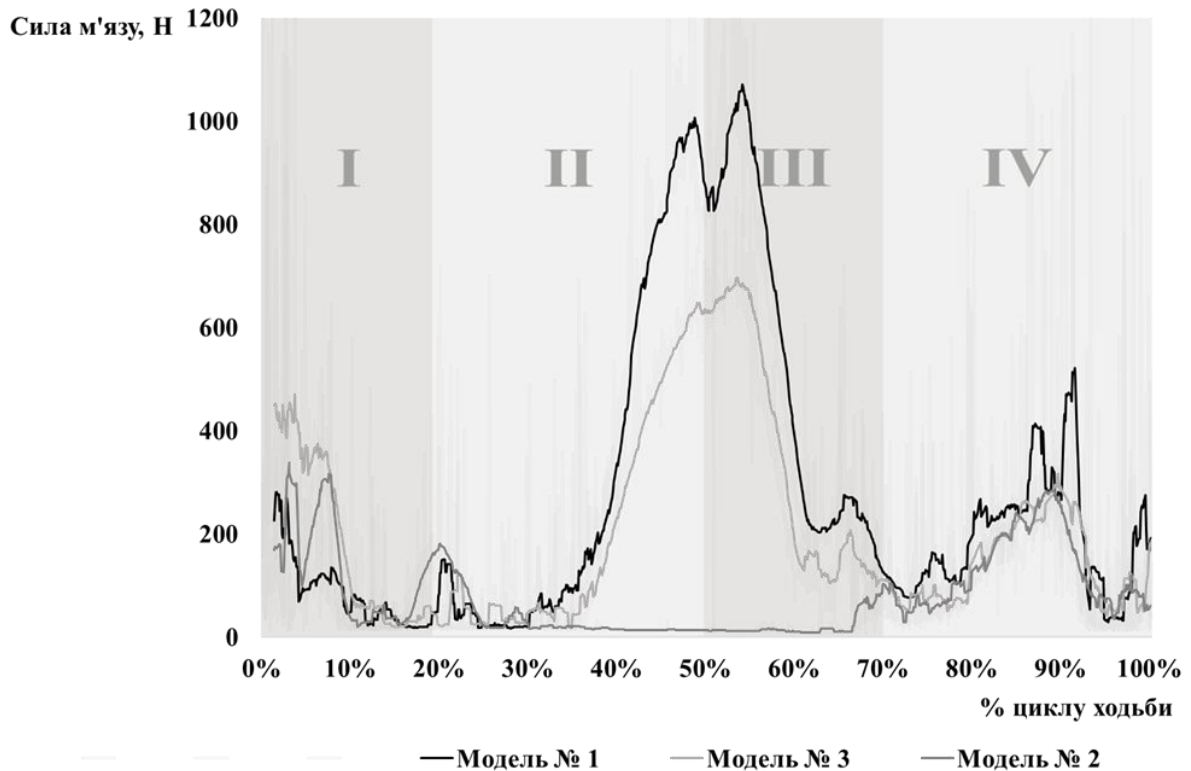


Рисунок 7.26 – Графік зміни сили, яку розвиває *m. psoas major* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Основною функцією *m. gracilis* є згинання стегна. Також м'яз приймає участь у приведенні та внутрішній ротації стегна. Активація цього м'язу в нормі (модель № 1) починає зростати з середини періоду одноногий стояння (2-й) та триває до кінця фази опори кінцівки. Показник активації протягом активного періоду знаходиться в межах 0,1. Силкові характеристики м'язу в моделі № 1 були невеликими, найбільший показник зусиль м'язу був в 3-й період ходьби і склав 9,4 Н [5,2; 13,5].

Моделювання дії м'язу на моделі № 2 показало, що активація м'язу починається наприкінці 2-го періоду та досягає максимуму наприкінці 3-го періоду ходьби. Силкові характеристики протягом циклу ходьби були нижчими

за показники нормальної моделі № 1 максимально на 13,3 % у 2-му періоді ходьби.

На моделі № 3 м'яз показав дещо відмінні показники. По-перше, відміна спостерігалась в профілі активації м'язу: показник був вищим від обох попередніх моделей та максимум показник активації досягнув на початку 3-го періоду. Силові показники м'язу показали вищі результати ніж у моделі № 1 на всіх періодах ходьби. Так у 2-й період ходьби зусилля, які розвивав м'яз були на 56,1 %, а у 3-й – на 147 % більшими, ніж у нормальній моделі № 1.

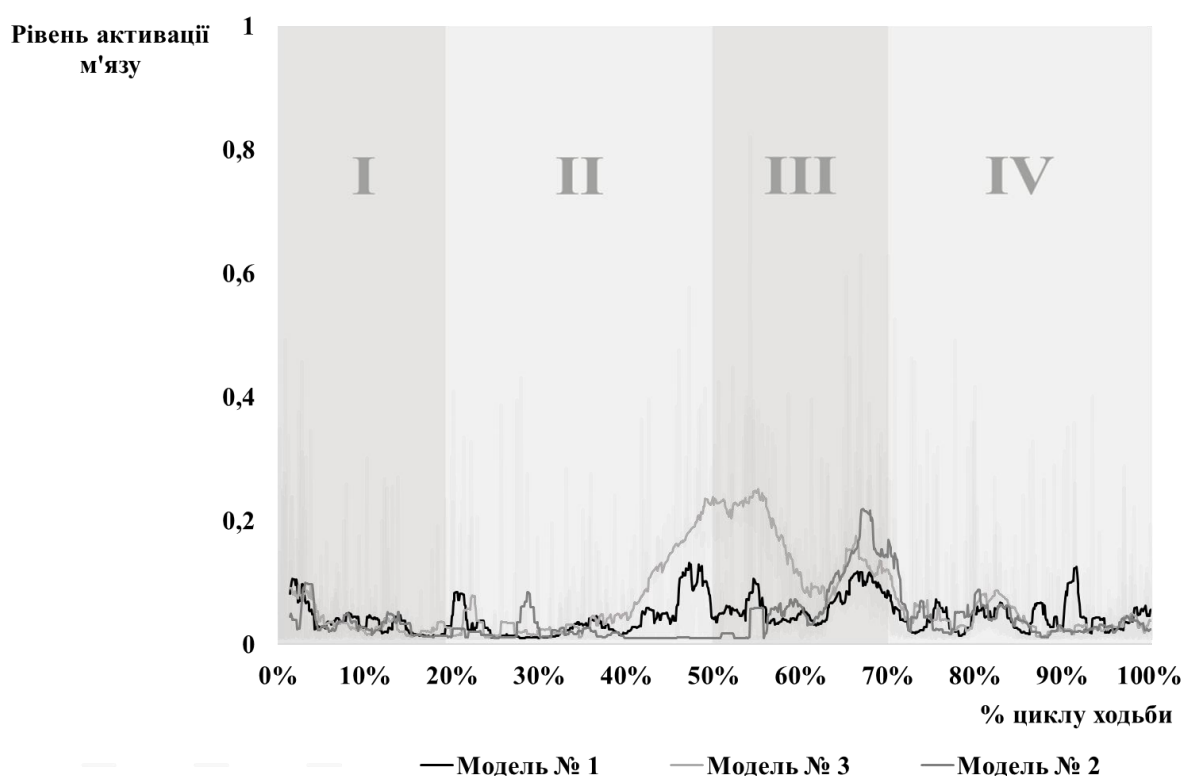


Рисунок 7.27 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває *m. gracilis* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

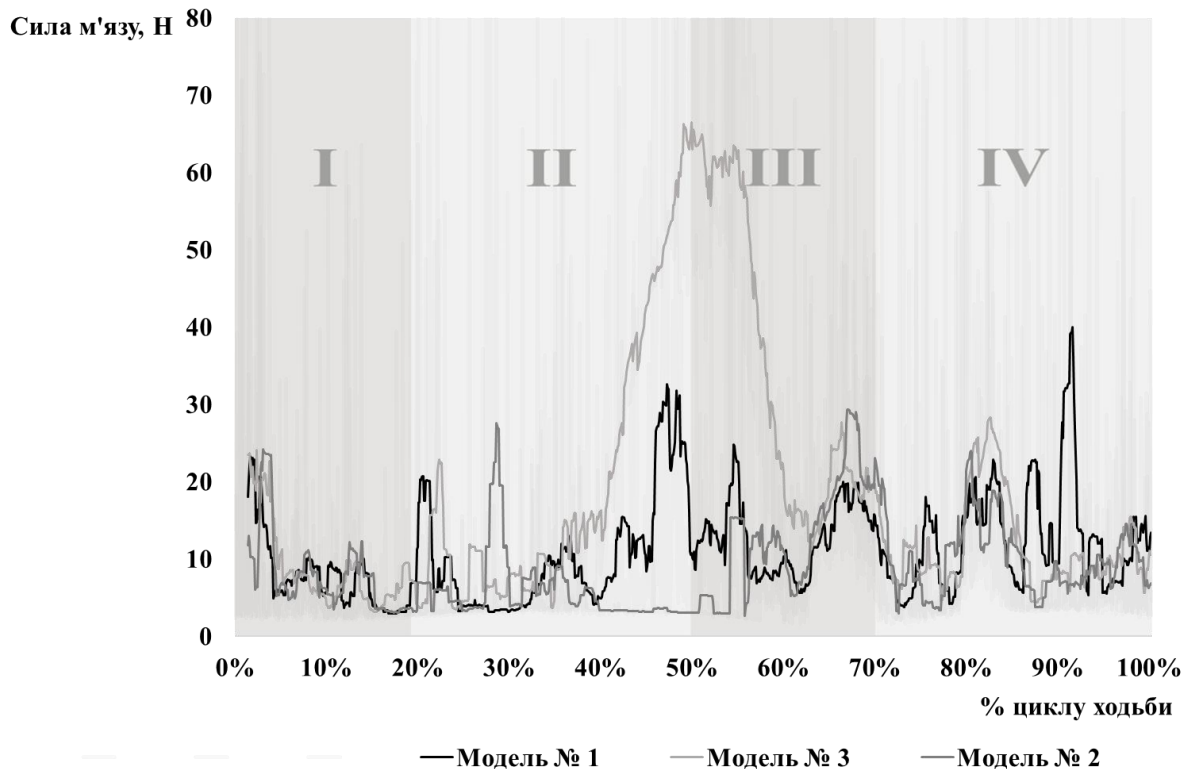


Рисунок 7.28 – Графік зміни сили, яку розвиває *m. gracilis* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

М'яз напружувач широкої фасції стегна (*m. tensor fasciae latae*) має основну функцію у натягуванні широкої фасції стегна, а також згинає та відводить стегно, а також приймає участь у внутрішній його ротації.

Моделювання роботи м'язу на моделі № 1 показує активацію м'язу у другій половині 1-го періоду ходьби та максимальне значення цього показника на початку 3-го періоду ходьби.

Силкові показники м'язу досягали максимального значення у 2-й період ходьби (період одноногий стояння) із медіаною показників 153,5 Н [125,4; 173,3].

Моделювання активності м'язу на моделі № 2 показало, що профіль активації м'язу подібний до моделі № 1 лише до початку 2-го періоду ходьби. Далі спостерігається різкий спад цього показника до кінця циклу ходьби. І як

наслідок, силові характеристики протягом циклу ходьби були вкрай низькими від показників нормальної моделі № 1 на 98,3 % меншими у 1-му періоді ходьби та від 81,4 % до 95,3 % менше у наступні 3 періоди.

На відміну від моделі № 2, моделювання на моделі № 3 діяльності м'язу показало подібний профіль активації м'язу із моделлю № 1. Водночас силові характеристики м'язу мають не настільки знижені показники як у моделі № 2. А саме, зусилля, які розвиває м'яз протягом циклу ходьби лише на 29,5 %, 31,3 %, 13,8 % та 46,3 % менші під час 1-4-го циклів ходьби відповідно, ніж у моделі № 1.

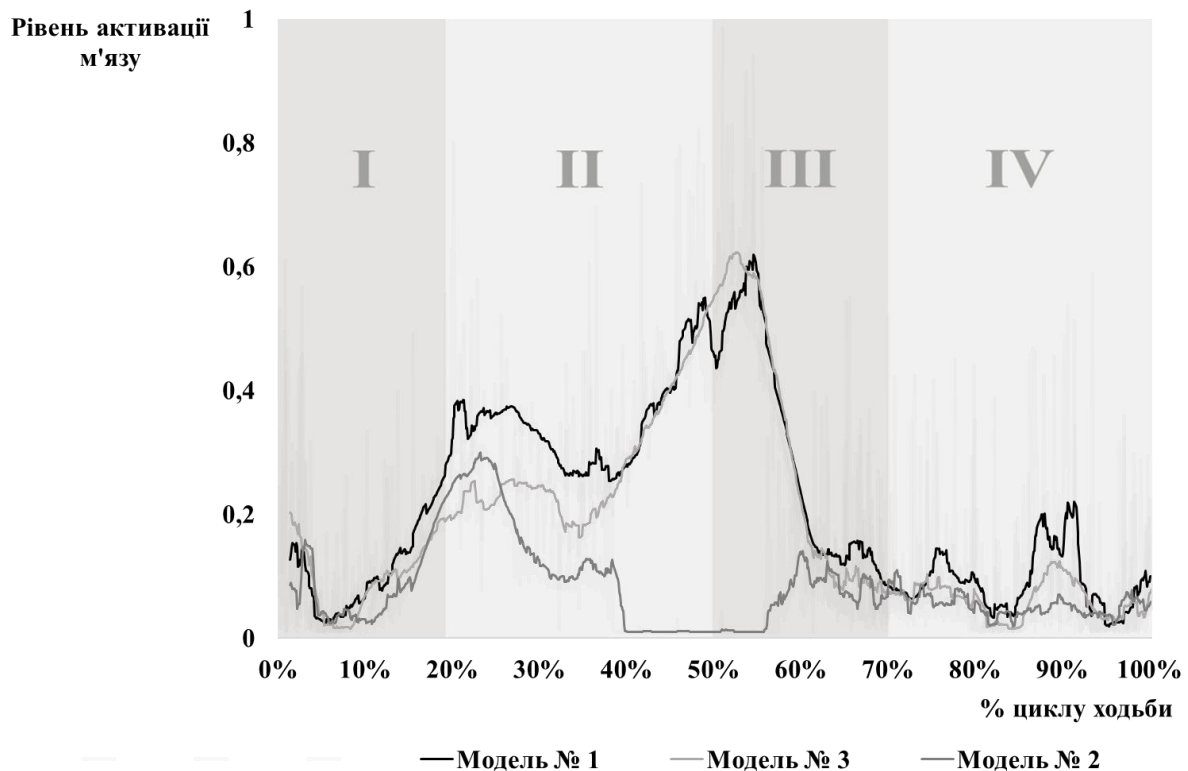


Рисунок 7.29 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває *m. tensor fasciae latae* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

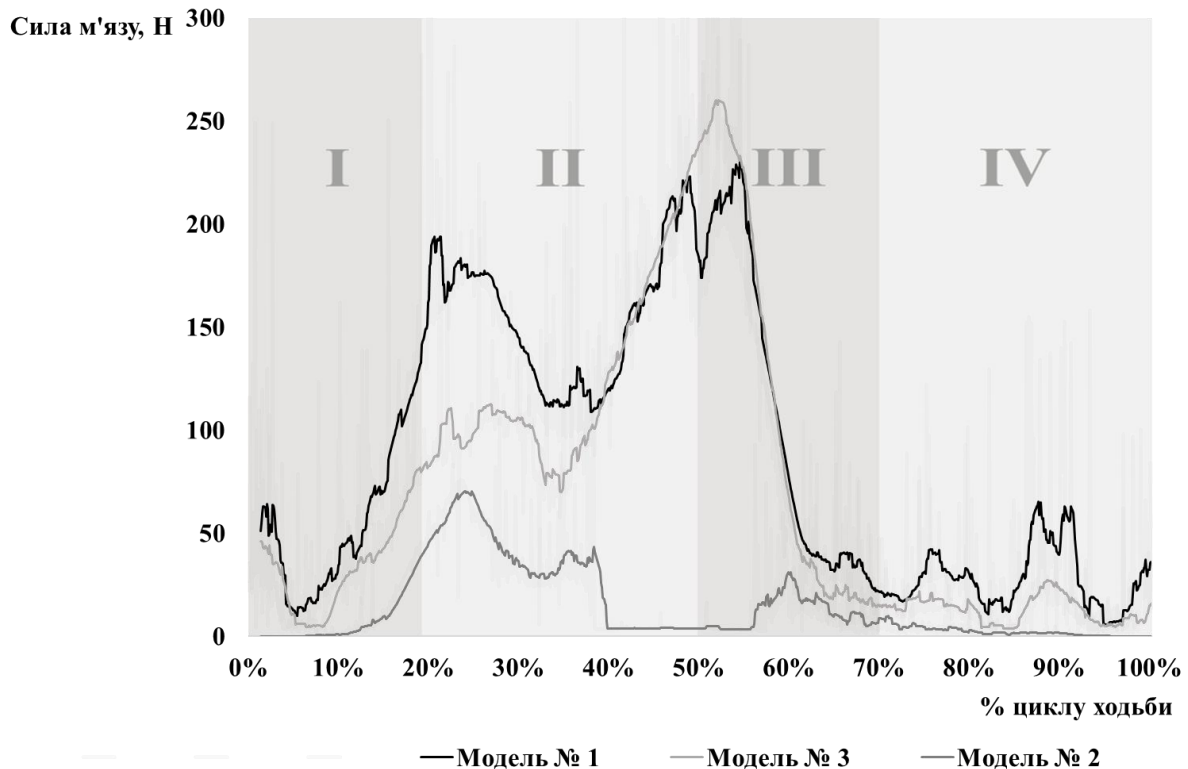


Рисунок 7.30 – Графік зміни сили, яку розвиває *m. tensor fasciae latae* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Кравецький м'яз (*m. sartorius*) приймає участь у згинанні стегна та колінного суглобу та зовнішній ротації стегна. На моделі № 1 активність м'язу відмічається з самого початку 1-го періоду, далі йде на спад, пік показника активації м'язу відмічається на початку 3-го періоду ходьби, а також спостерігається підвищення показника активації м'язу в кінці фази переносу кінцівки. Зусилля, які розвиває м'яз найбільші у 3-й період ходьби із медіаною 30,1 Н [19,3; 51,3].

Моделювання діяльності м'язу на моделі № 2 показує вкрай високий показник активації м'язу, який досягає максимального значення (1,0) протягом 2-го та 3-го періодів ходьби. Показник сили, яку розвиває м'яз більші ніж у моделі № 1 у 13,6 разів у 1-му періоді ходьби, у 10,6 разів у 2-му, у 3,3 рази у 3-му та 3 рази – в 4-му періодах ходьби.

На моделі № 3 показник активації м'язу мав схожий профіль із моделлю № 1, проте був дещо більшим. Показник сили м'язу також був більший, ніж у моделі № 1, але не на такі високі значення, в порівнянні із моделлю № 2. Так у 1-му періоді сила м'язу була у 4 рази більша ніж у нормальній моделі, у 2-му – у 1,6 разів, у 3-му та 4-му періодах – у 1,1-1,2 рази більша. Це свідчить про значну компенсаторну роль м'язу в стабілізації тазу під час ходьби.

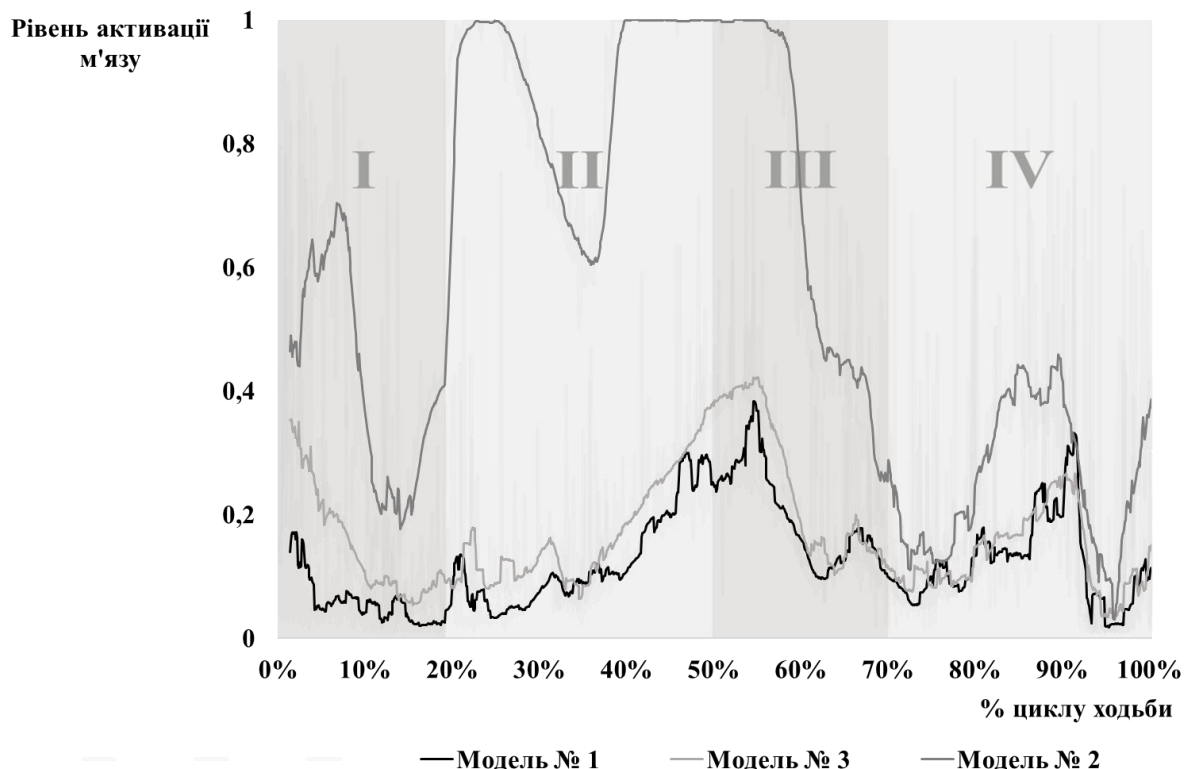


Рисунок 7.31 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває *m. sartorius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

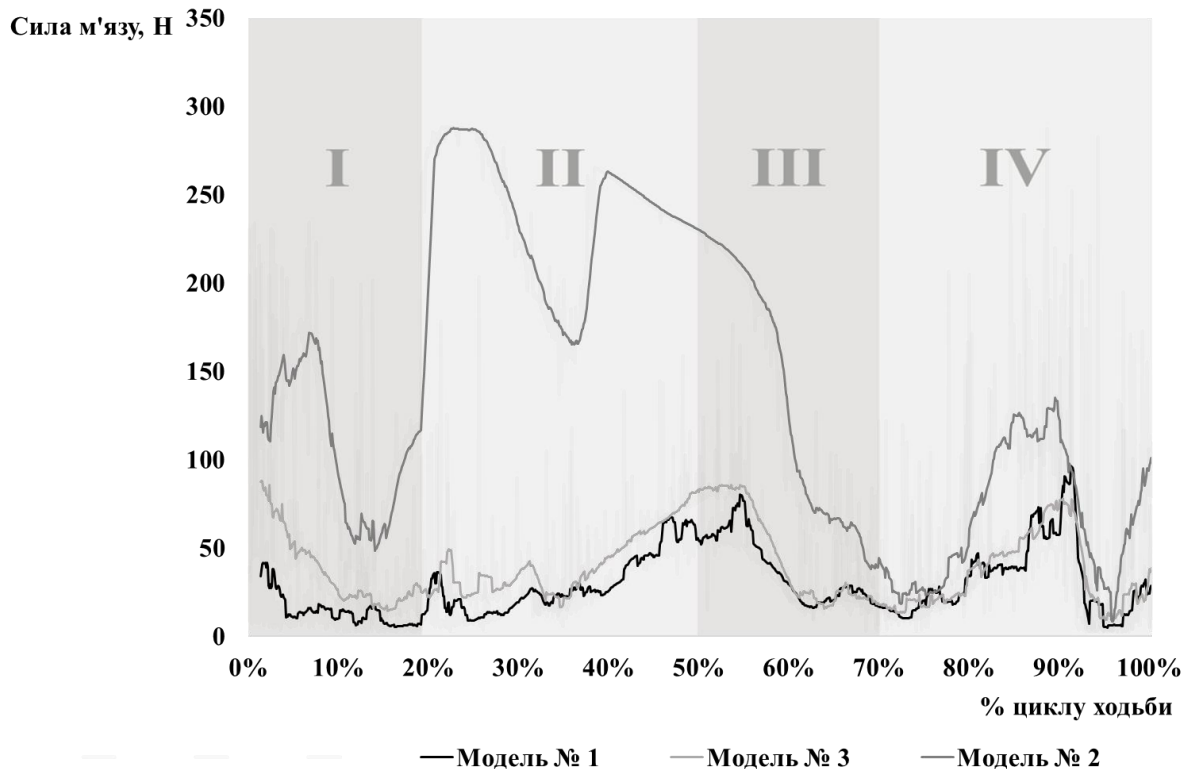


Рисунок 7.32 – Графік зміни сили, яку розвиває *m. sartorius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Напівперетинчастий та напівсухожилковий м'язи стегна (*m. semimembranosus* та *m. semitendinosus*) знаходяться на задній поверхні стегна та основною функцією є розгинання стегна та згинання гомілки.

Моделювання роботи напівперетинчастого м'язу стегна на моделі № 1 показує, що він має досить низький профіль активації протягом всього циклу ходьби та, відповідно, не розвиває значних зусиль. Так, найбільші показники зусиль м'яз розвиває у фазу опори кінцівки 18,5 Н [13,2; 34,4] у 1-й період та 17,1 Н [15,6; 22,4] у 2-й період ходьби. У фазу переносу кінцівки зусилля м'язу складають 24,9 Н [15,9; 30,5].

На моделі № 2 м'яз показав в цілому менші показники зусиль в порівнянні із нормальною моделлю № 1 незважаючи на високі показники активації м'язу (1,0), особливо, в кінці 2-го, на початку 3-го періодів. У 1-й період показники

зусиль були на 66 % менші, у 2-й – на 94,8 % менші від моделі № 1. У 3-му та 4-му періодах показники були на мінімальних рівнях. Ці зміни, на нашу думку, пов'язані із значним вкороченням кінцівки.

На моделі № 3 цей м'яз показав зворотні результати в порівнянні із моделлю № 2. Активація м'язу досягнула піку до 0,6 наприкінці 2-го періоду ходьби. Показники сили м'язу у фазу опори кінцівки (1-3 періоди) були більшими за відповідні показники нормальної моделі № 1. Особливо, це було значимо у 2-й період ходьби, де сила м'язу перевищувала у 1,9 разів показник моделі № 1.

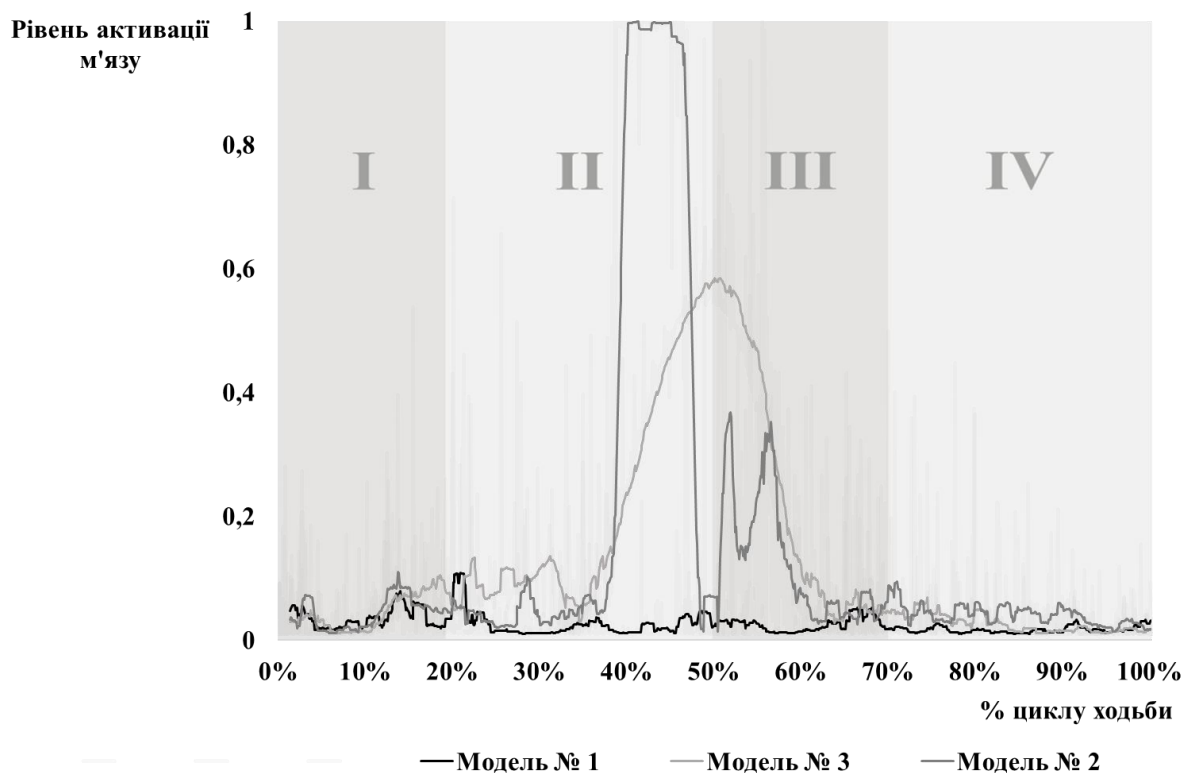


Рисунок 7.33 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває напівперетинчастий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

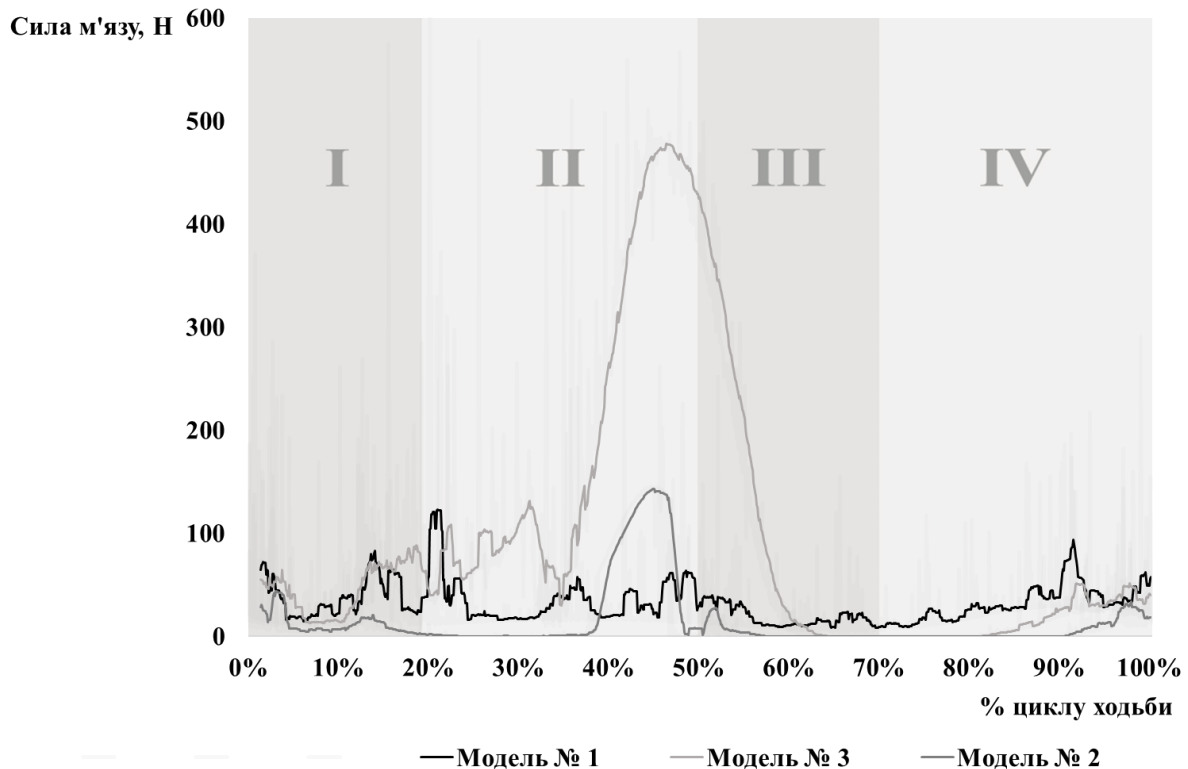


Рисунок 7.34 – Графік зміни сили, яку розвиває напівперетинчастий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Напівсухожилковий м'язи стегна на моделі № 1 під час циклу ходьби також не показав значних зусиль, та показник активації його був на мінімальних рівнях. Протягом циклу ходьби м'яз розвивав незначні зусилля, медіана цього показника становила 7,3 Н [5,5; 10,7].

На моделі № 2 м'яз показав значно більші зусилля, ніж у моделі № 1, та значно більший рівень активації м'яза із 2 піками (1,0) у 2-му та 3-му періодах ходьби. Зусилля, які розвивав м'яз були більшими у 1,4 раза в 1-й період, у 1,8 раза в 2-й та в 1,9 раза в 3-й періоди ходьби.

На моделі № 3 активація м'язу була максимальною (0,4) першій половині 3-го періоду ходьби. Силкові показники м'язу були більші під час всього циклу ходьби, особливо у 2-й та 3-й періоди ходьби, де вони були більшими за показники моделі № 1 у 1,75 та 1,9 раза.

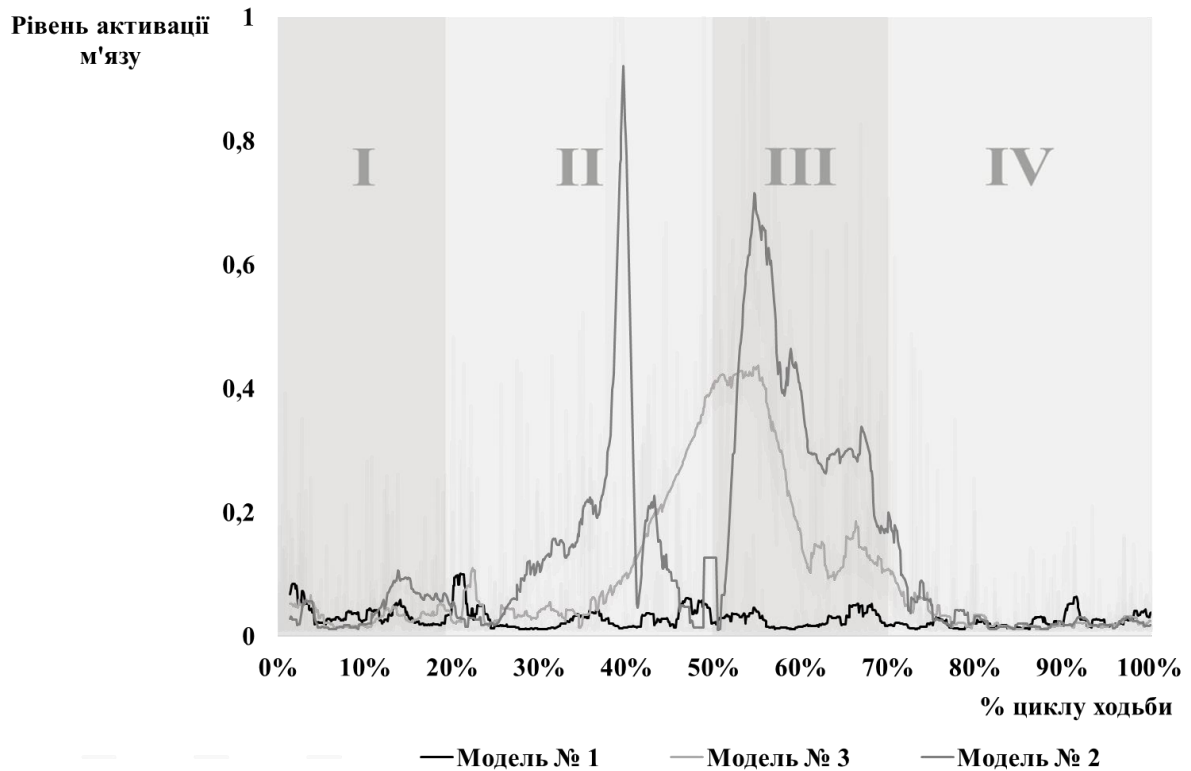


Рисунок 7.35 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває напівсухожилковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

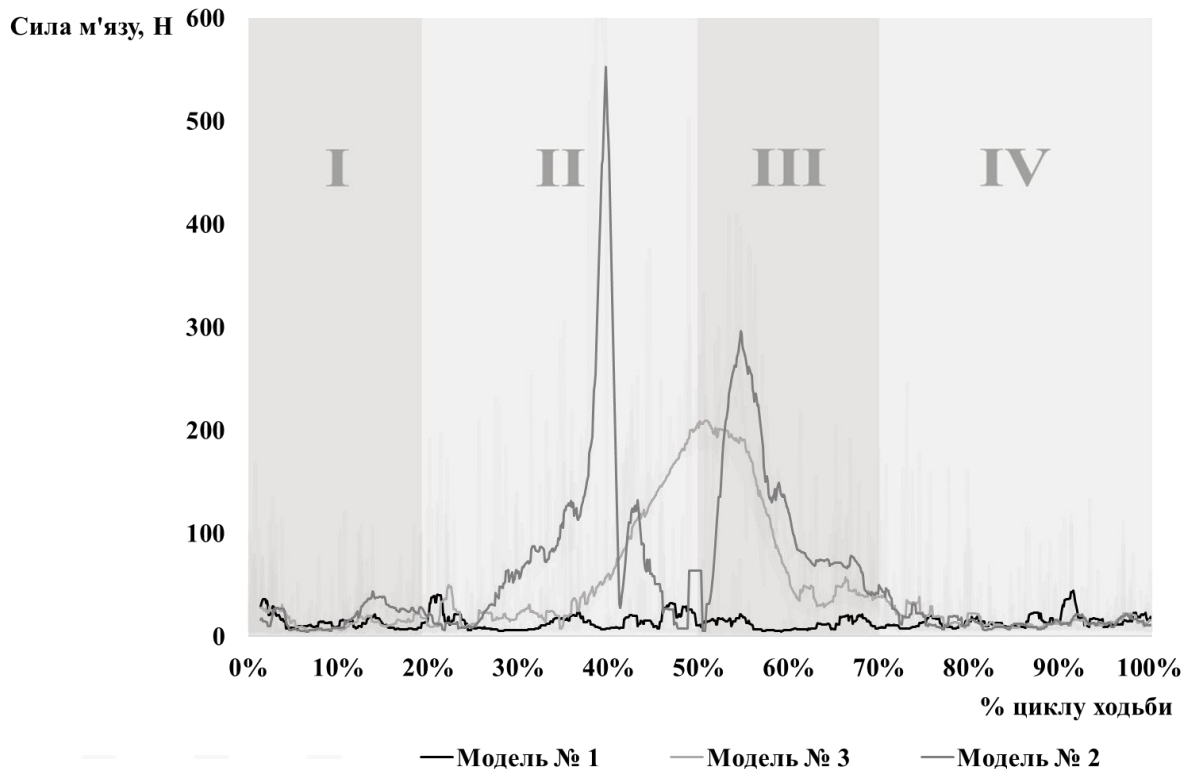


Рисунок 7.36 – Графік зміни сили, яку розвиває напівсухожилковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Двоголовий м'яз стегна (*m. biceps femoris*) також представляє задню групу м'язів стегна. Основна функція полягає у розгинанні тулуба разом із великим сідничним м'язом. На математичних моделях м'яз представлений 2 МСО: короткою та довгою голівками.

Довга голівка двоголового м'язу стегна на моделі № 1 розвивала незначні зусилля із медіаною протягом циклу ходьби 12,6 Н [9,3; 17,6] поряд із таким же низьким показником активації м'язу.

На моделі № 2 довга голівка цього м'язу показала також низький профіль активації, але відмітилось падіння показника до нульових значень в другій половині 2-го періоду ходьби. Силкові показники були незначно знижені в перші 2 періоди: на 4,5 % та 14,5 % меншими, ніж у нормальній моделі № 1. В 2-й

половині циклу ходьби відмічалось різке зниження силових показників: на 93,5 % та на 94,4 % менше за модель № 1 у 3-му та 4-му періодах відповідно.

На моделі № 3 ця МСО показала подібний профіль активації із моделлю № 1. Силові показники цієї МСО протягом фази опори кінцівки переважали показники моделі № 1. Так, у 1-й період зусилля м'яза були у 1,1 раза, у 2-й – в 2,9 раза, в 3-й – в 3,7 раза більше за показники нормальної моделі № 1.

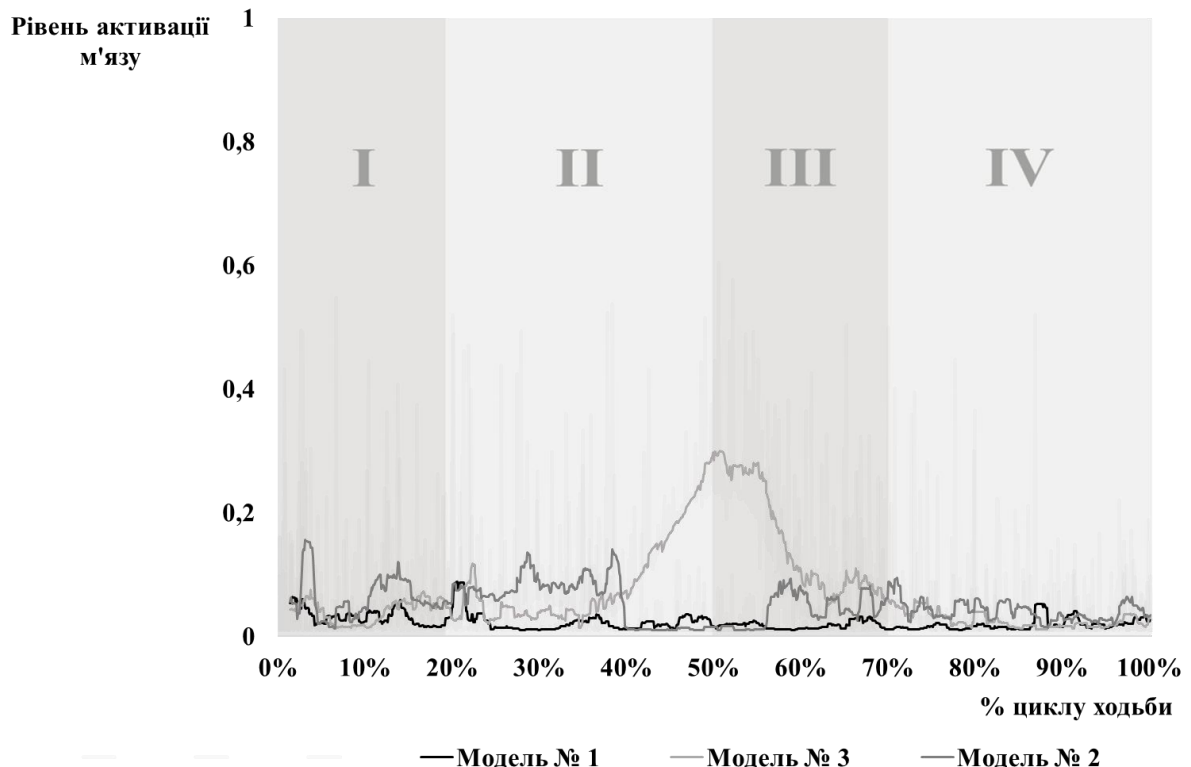


Рисунок 7.37 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває довга голівка двоголового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

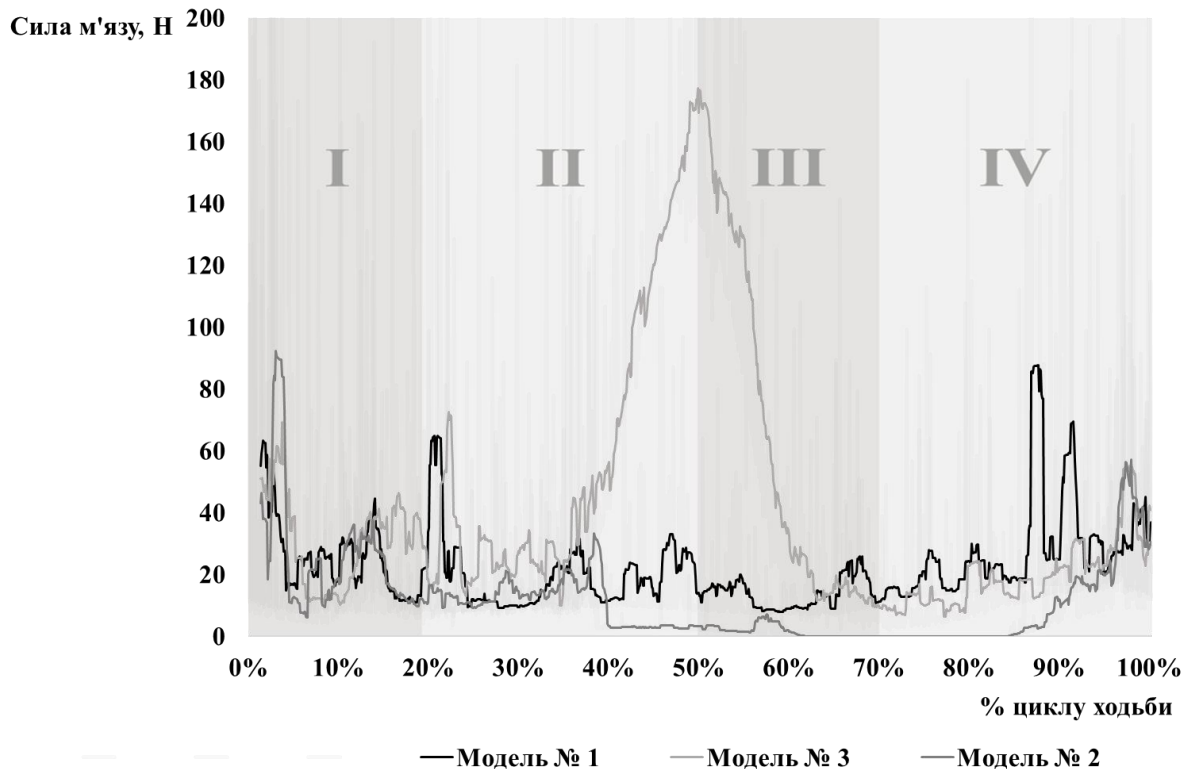


Рисунок 7.38 – Графік зміни сили, яку розвиває довга голівка двоголового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Коротка голівка двоголового м'язу стегна на моделі № 1 розвивала також незначні зусилля із медіаною протягом циклу ходьби 22,9 Н [11,8; 55,2] поряд із таким же невисоким показником активації м'язу, яка збільшувалась лише з середини 2-го періоду ходьби.

На моделі № 2 ця МСО показала максимальний показник активації м'язу (1,0) від 40 % до 57 % циклу ходьби. Силкові показники були незначно більші у 1-й період (на 1,3 %), меншими на 20 % у 2-й період, та більшими у 2,6 раза та 1,2 раза у 3-й та 4-й періоди ходьби відповідно.

На моделі № 3 ця МСО показала подібний профіль активації. Силкові характеристики були більшими за показники моделі № 1. У перший період – лише на 3,3 % більше, у 2-й – у 1,1 раза більше, у 3-й – у 1,3 раза більше, у 4-й – 1,4 раза більше, ніж у моделі № 1.

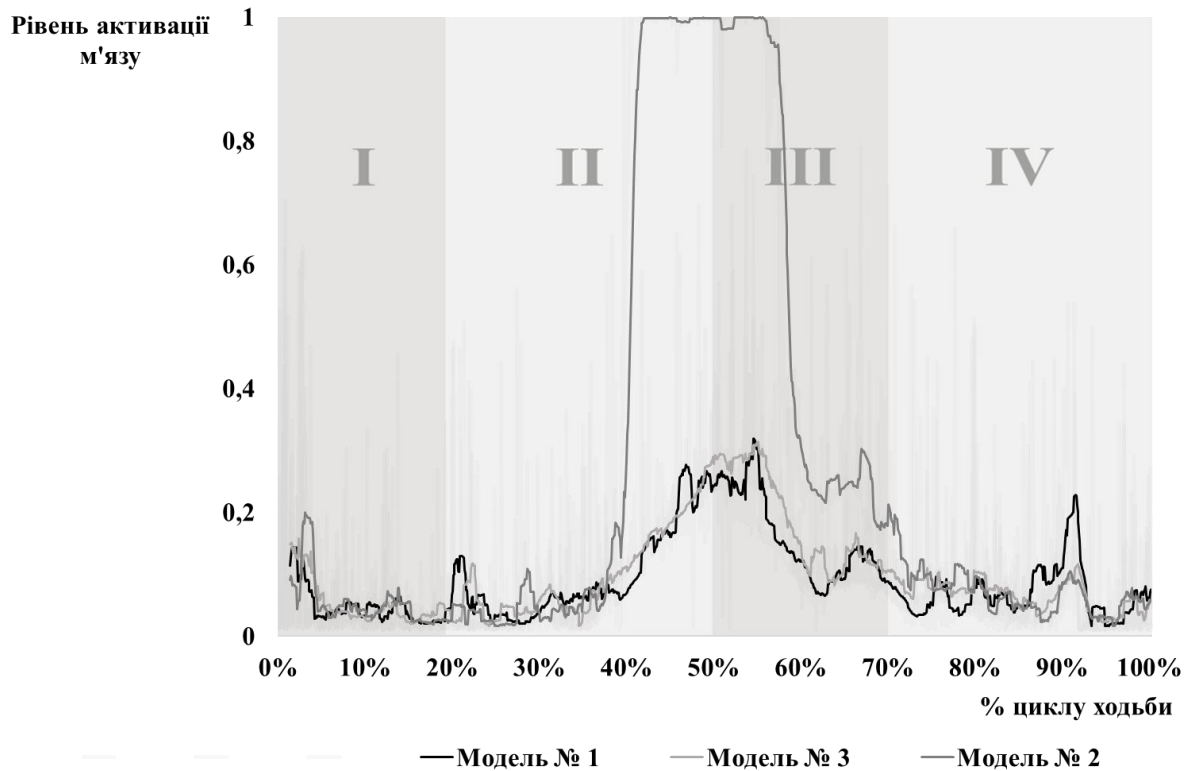


Рисунок 7.39 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває коротка голівка двоголового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

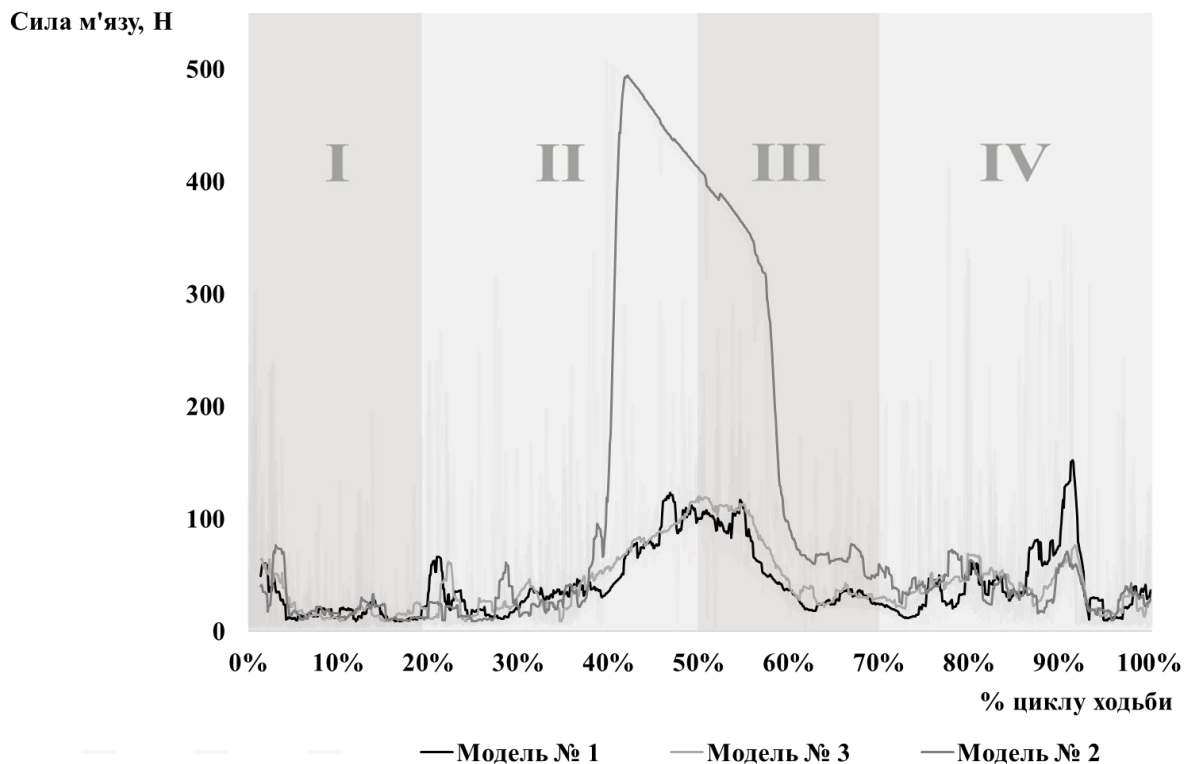


Рисунок 7.40 – Графік зміни сили, яку розвиває коротка голівка двоголового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Чорирьохголовий м'яз стегна в математичних моделях складається із 4-х МСО: *m. rectus femoris*, *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis* та *m. vastus intermedius*. Основна функція цього м'язу є розгинання гомілки, також м'яз згинає стегно, стабілізує кульшовий суглоб.

На моделі № 1 *m. rectus femoris* показник активації показує, що МСО активна в перші моменти циклу ходьби, далі максимальну активність МСО проявляє в 2-й період ходьби та залишається активним до кінця циклу ходьби.

Силкові показники м'язу в моделі № 1 розподіляються в часі відповідно до профілю активації м'язу. Максимальні зусилля м'яз розвиває в 2-й період ходьби із медіаною показника сили у 718,5 Н [418,4; 838,2].

На моделі № 2 прямиий м'яз стегна показав знижений показник активації протягом фази опори кінцівки, проте вищий у фазі її переносу. Силкові

характеристики, які показував м'яз на моделі № 2 були нижчими за нормальні у 2-й та 4-й періоди ходьби на 41,3 % та на 81,6 % відповідно, проте вищими у 1,5 раза у 3-й період. У 1-й період ходьби м'яз показував нульові показники сили.

На моделі № 3 показав такий профіль активації, як і у моделі № 2. Показники зусиль були нижчими за нормальні протягом всього циклу ходьби. Найбільше, у 1-й період показники зусиль м'язу були на 68,9 % нижчими за той же період на моделі № 1.

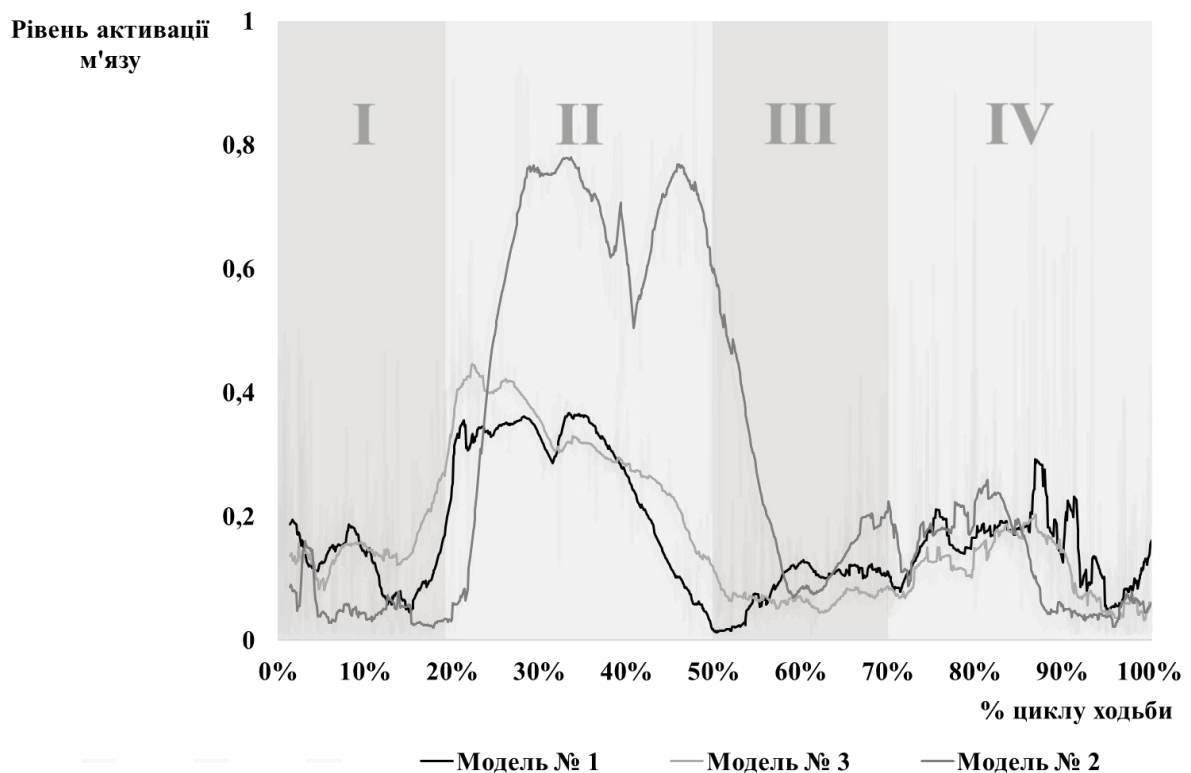


Рисунок 7.41 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває прямий м'яз стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

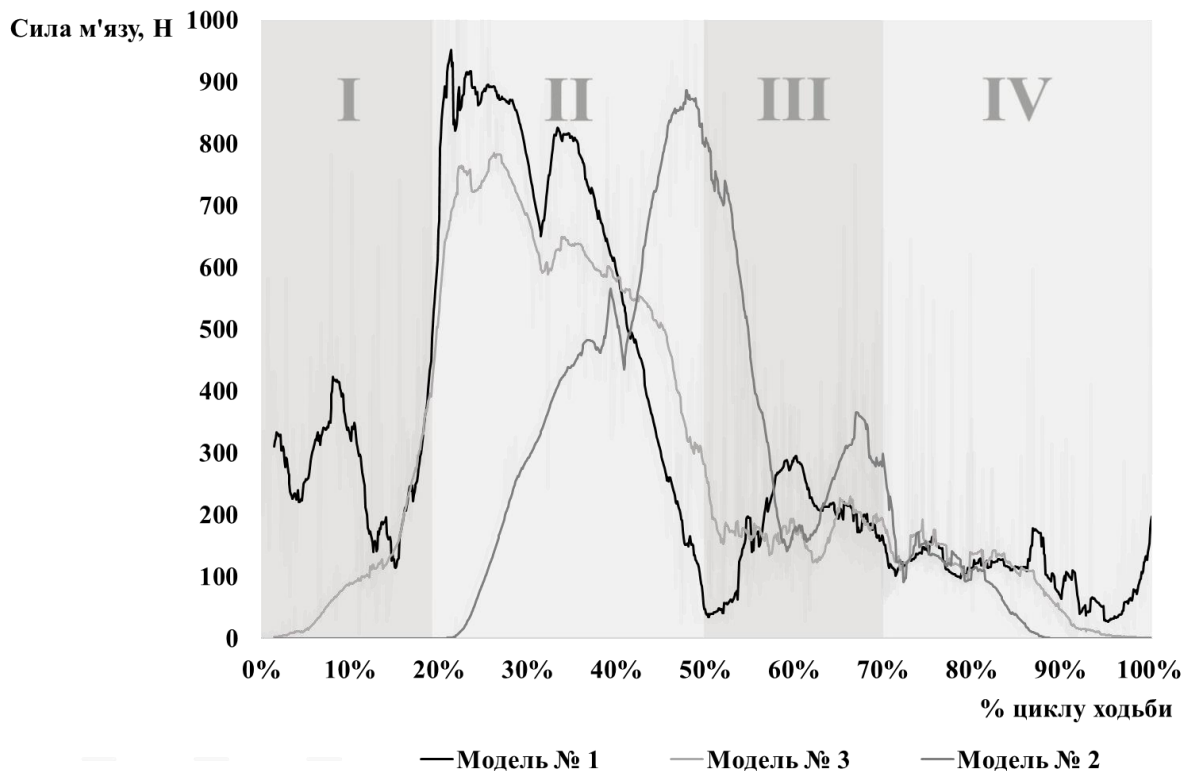


Рисунок 7.42 – Графік зміни сили, яку розвиває прямий м'яз стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Латеральне перо чотирьохголоваго м'язу стегна на моделі № 1 максимальну активність розвиває на переході 1-го та 2-го періоду ходьби із показником активації м'язу 0,2. Далі м'яз активності не проявляє. Вдруге активація м'язу відбувається лише в кінці фази переносу нижньої кінцівки. Силкові показники м'язу в моделі № 1 розподіляються в часі відповідно до профілю активації м'язу. Максимальні зусилля м'яз розвиває в 1-й період ходьби із медіаною показника сили у 558,8 Н [189,9; 1021,6].

На моделі № 2 латеральне перо м'язу показало більші показники зусиль, особливо, у 2-му періоді ходьби, де показники зусиль були у 1,8 разів більшими за нормальні.

На моделі № 3 ця МСО силові характеристики були більшими лише у 1-й період, показники були більшими лише на 20 % від нормальних. Решта часу циклу ходьби значних відмінностей не виявлено.

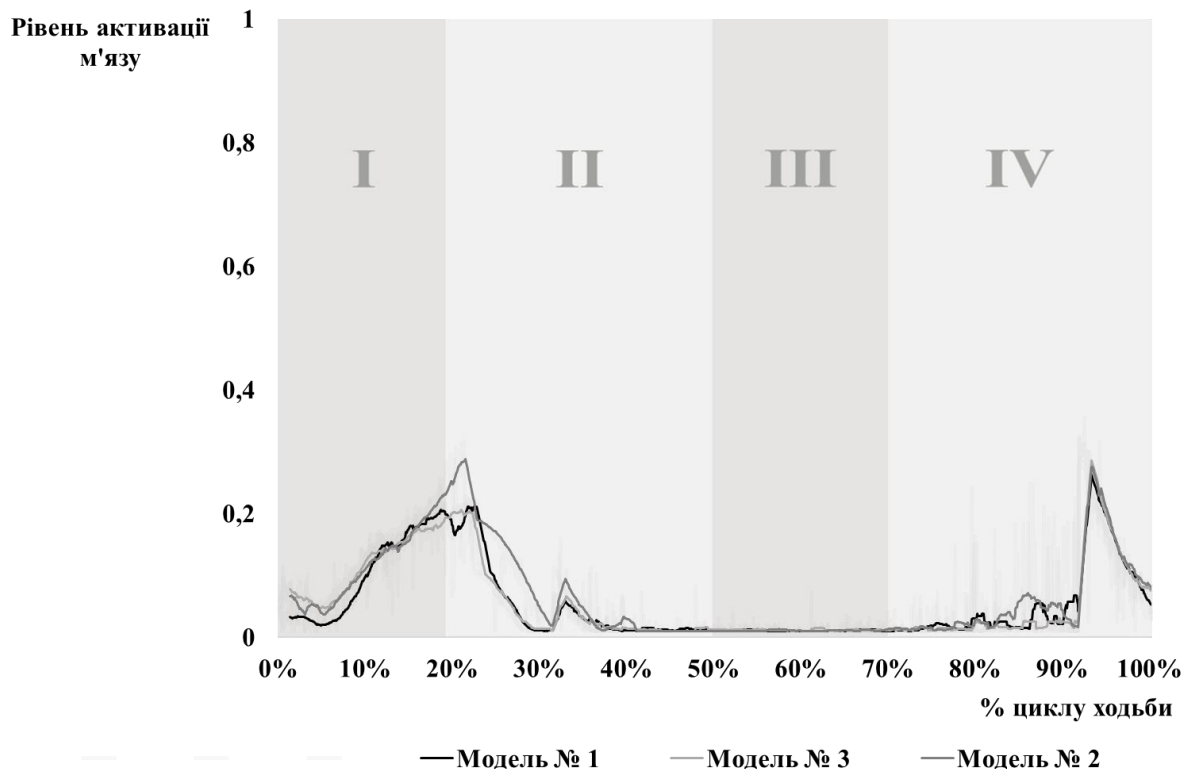


Рисунок 7.43 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває латеральне перо чотирьохголового м'язу стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стан (I), одноногий стан (II), другий двоногий стан (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

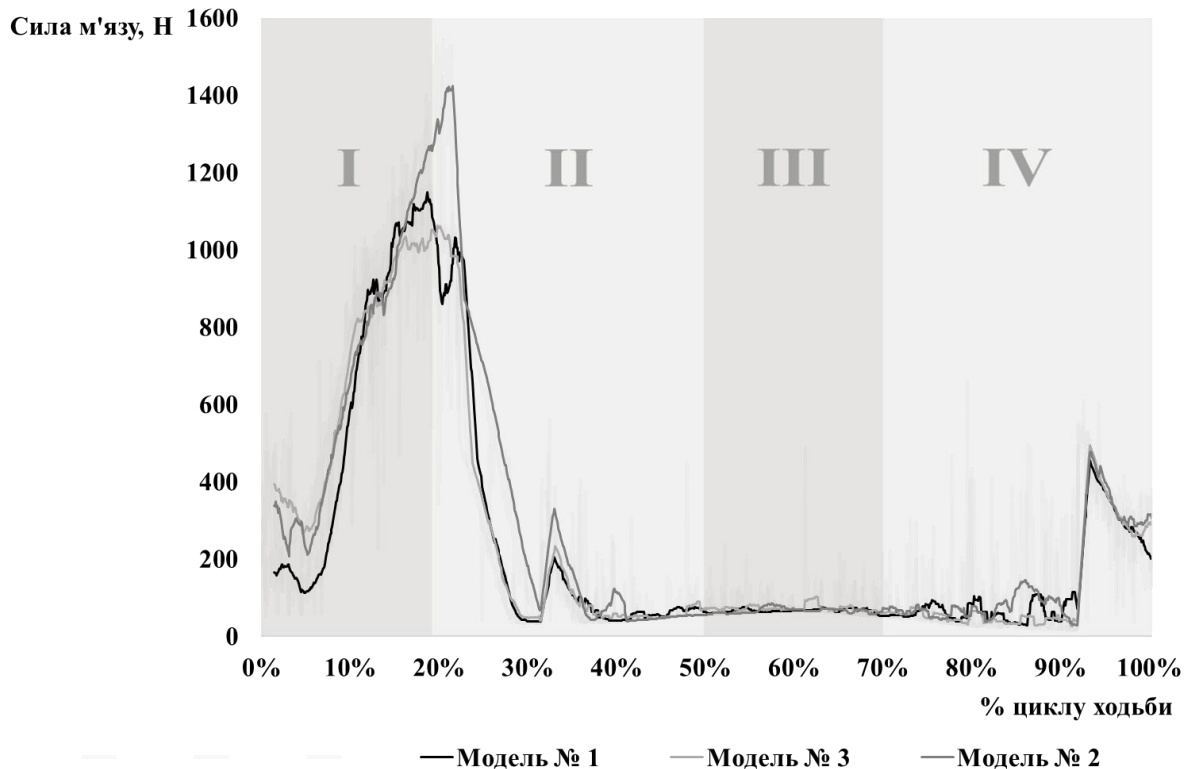


Рисунок 7.44 – Графік зміни сили, яку розвиває латеральне перо чотирьохголового м'язу стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Медіальне перо чотирьохголового м'язу стегна максимальну активність розвиває на переході 1-го та 2-го періоду ходьби із показником активації м'язу 0,1. Далі м'яз активності не проявляє. Вдруге активація м'язу відбувається лише в кінці фази переносу нижньої кінцівки. Силкові показники м'язу в моделі № 1 розподіляються в часі відповідно до профілю активації м'язу. Максимальні зусилля м'яз розвиває також в 1-й період ходьби із медіаною показника сили у 222,3 Н [94,9; 309,2].

На моделі № 2 ця МСО показала більші силкові характеристики, крім 3-го періоду. Найбільша різниця в показниках зусиль була у 1,7 разів більшою у 2-й період ходьби.

На моделі № 3 сила м'язу в 2-4 періоди була незначно меншою за показники моделі № 1, найбільш значимо в 4-й період на 9,4 % менше від моделі № 1. Проте 1-й період зусилля хоча і незначно, проте були на 8,7 % вищими за показники нормальної моделі.

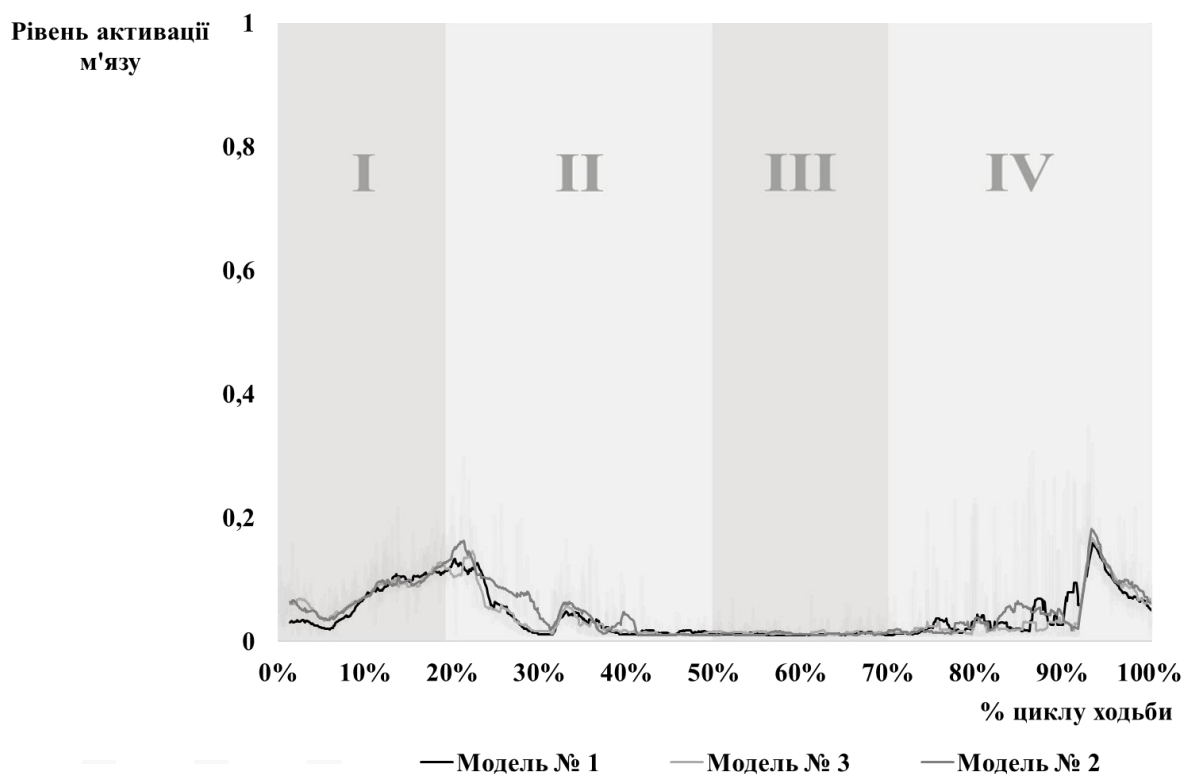


Рисунок 7.45 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває медіальне перо чотирьохголового м'язу стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

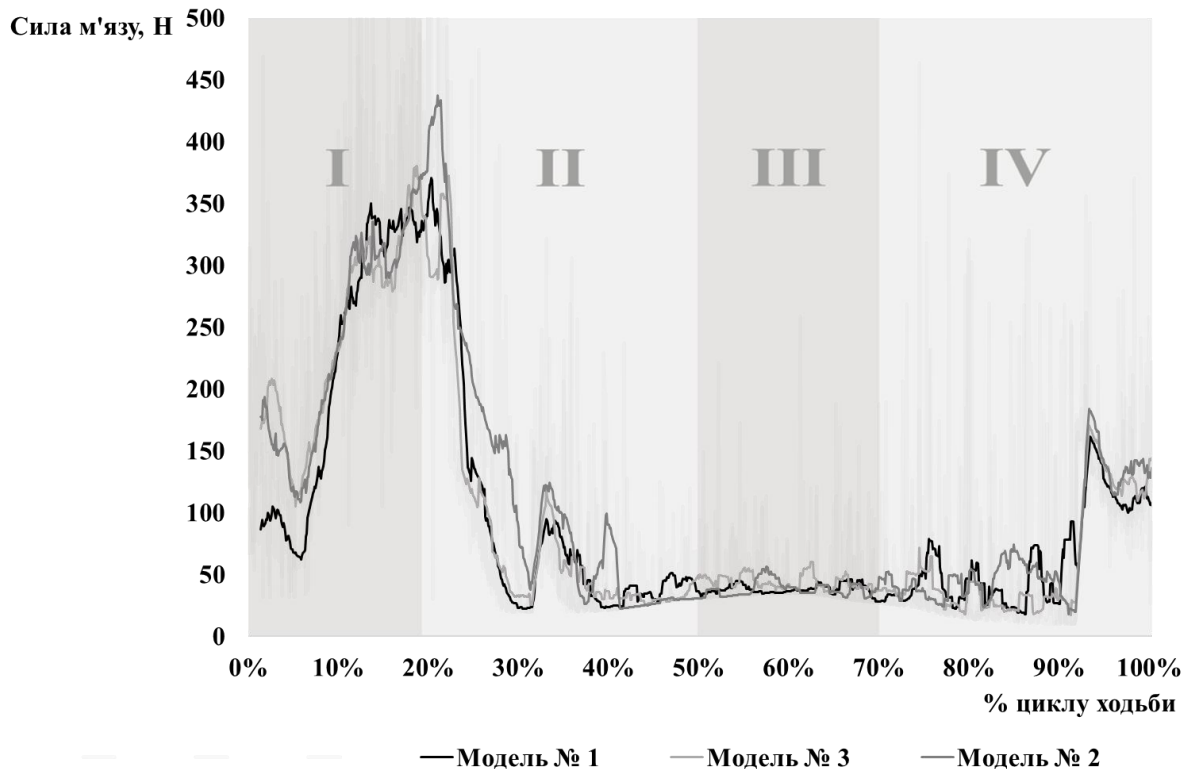


Рисунок 7.46 – Графік зміни сили, яку розвиває медіальне перо чотирьохголового м'язу стегна у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

М'язово-сухожильна одиниця *m. vastus intermedius* також як і попередні МСО максимальну активність розвиває на переході 1-го та 2-го періоду ходьби із показником активації м'язу 0,1. Далі м'яз активності не проявляє. Вдруге активація м'язу відбувається лише в кінці фази переносу нижньої кінцівки.

Силкові показники м'язу в моделі № 1 розподіляються в часі відповідно до профілю активації м'язу. Максимальні зусилля м'яз розвиває в 1-й період ходьби із медіаною показника сили у 106,0 Н [59,0; 131,5].

На моделі № 2 ця МСО показала менші силкові характеристики у 2-му та 4-му періодах лише на 10-11 %.

На моделі № 3 сила м'язу в 2-4 періоди була незначно меншою за показники моделі № 1, найбільш значимо в 2-му та 4-му періоді на 11,6 % та

10,5 % менше від моделі № 1 відповідно. В цілому, зміни в цій моделі подібні до змін моделі № 2.

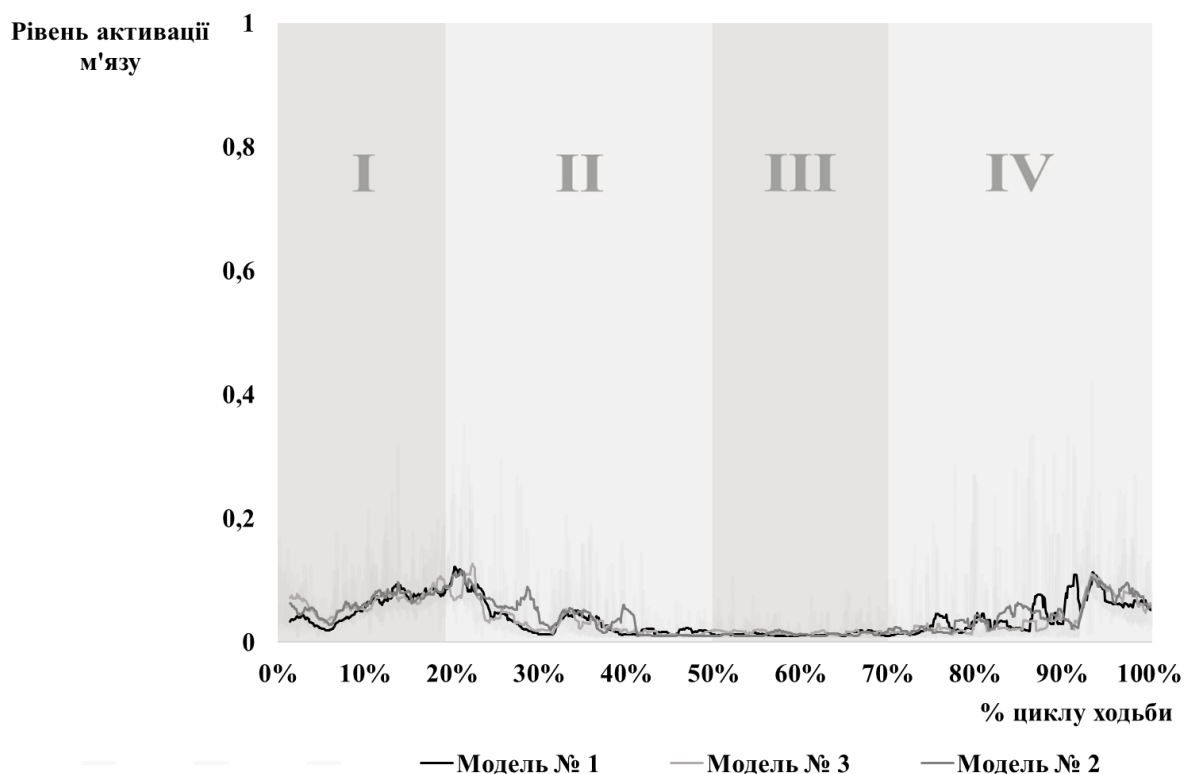


Рисунок 7.47 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває *m. vastus intermedius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

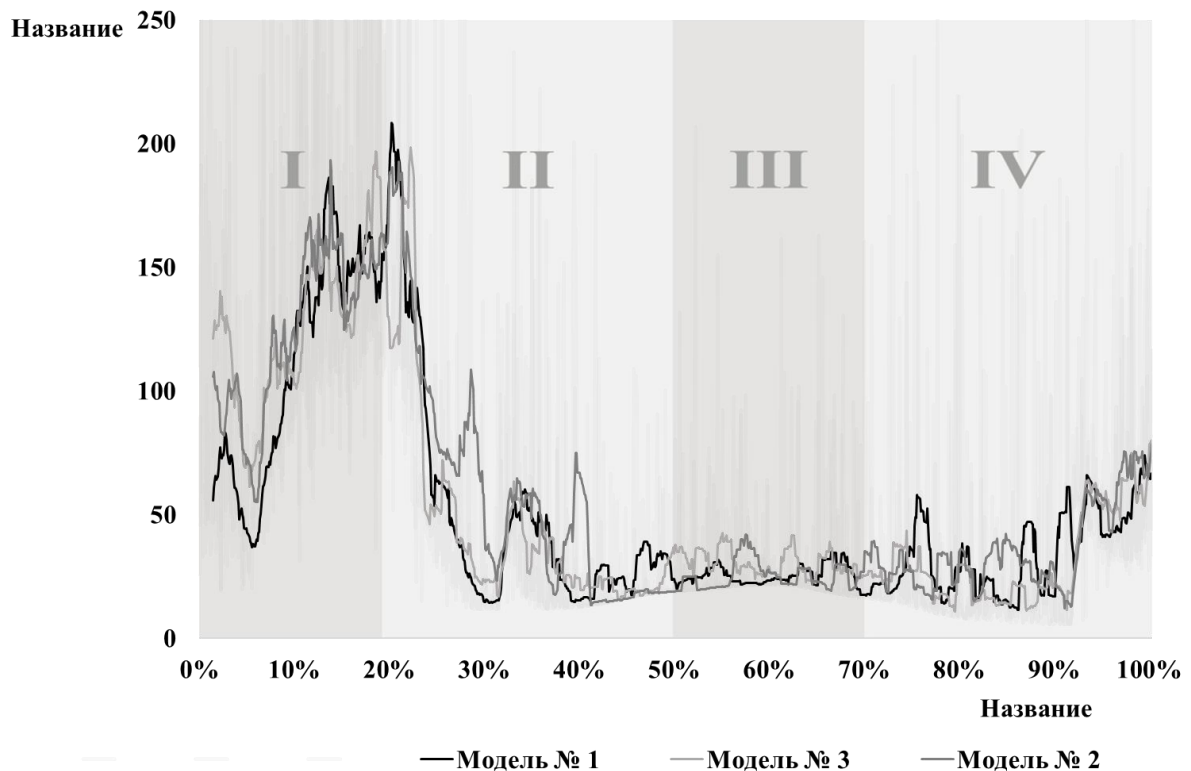


Рисунок 7.48 – Графік зміни сили, яку розвиває *m. vastus intermedius* у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Отже, результати моделювання анатомічних змін періацетабулярній ділянці тазу показали зміни не лише в м'язах, які оточують кульшовий суглоб, а також зміни виявлені в діяльності м'язів, які відповідають за рухи у колінному суглобі. Саме виражене вкорочення нижньої кінцівки призводить до перевантаження м'язів гомілки та стопи, зміна положення голівки стегнової кістки, в свою чергу, призводить до змін напрямків дії сил м'язів. Тому дослідження продовжено для аналізу стану м'язів гомілки.

Триголовий м'яз гомілки (*m. triceps surae*) складається із литкового м'язу (*m. gastrocnemicus*) та камбалоподібного (*m. soleus*). Литковий м'яз представлений в математичних моделях двома МСО, камбалоподібний – однією.

Основною функцією м'яза є забезпечення підошовного згинання стопи та стабілізація надп'ятково-гомількового суглобу у сагітальній площині.

На математичній моделі № 1 активна робота камбалоподібного м'язу відбувається на початку 2-го періоду циклу ходьби, далі невелика пауза, а далі йде різке зростання активності м'язу, активація м'язу досягає максимального значення (1,0) в 1-й половині 3-го періоду, до кінця цього періоду поволі спадає і в фазі переносу кінцівки відсутня. Силкові характеристики м'язу проявляються відповідно до профілю його активації, а саме зусилля м'яз починає проявляти в середині 2-го періоду, та досягає максимальних показників в першій половині 3-го періоду у 3250 Н. Медіана показників зусиль у 2-гому та 3-му періодах циклу ходьби були 306,3 Н [66,3; 649,3] та 1274,6 Н [130,1; 2363,5] відповідно.

Моделювання на моделі № 2 роботи м'язу показало подібний за формою профіль активації, проте із дещо більшими показниками активації першій половині та різким спадом в кінці 2-го періоду. Саме в цей період (2-й) силкові характеристики перевищують показники моделі № 1 в 2,4 раза. В решті періодів ці показники значимо не відрізнялися.

На моделі № 3 м'яз показав подібний профіль активації, без спаду як у моделі № 2. Саме в 2-й період зусилля м'язу також були більшими в порівнянні із моделлю № 1, проте лише в 1,9 раза. В решті періодів ці показники значимо також не відрізнялися.

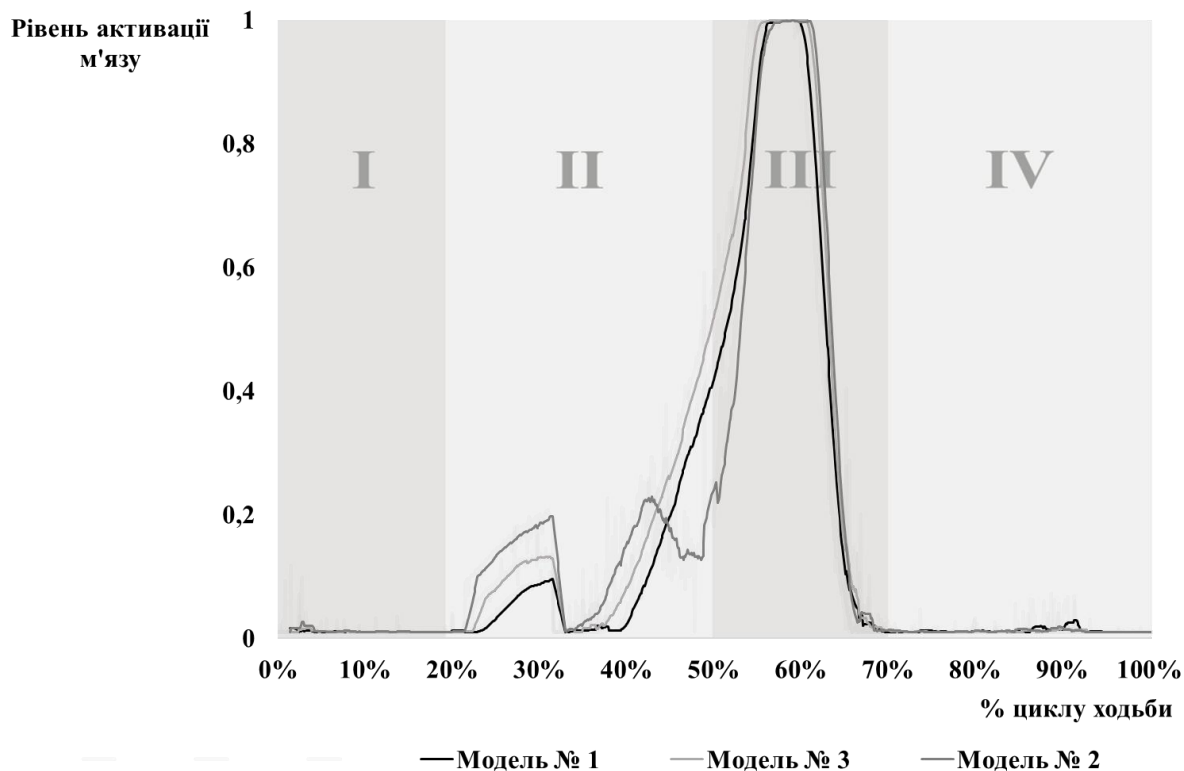


Рисунок 7.49 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває камбалоподібний м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

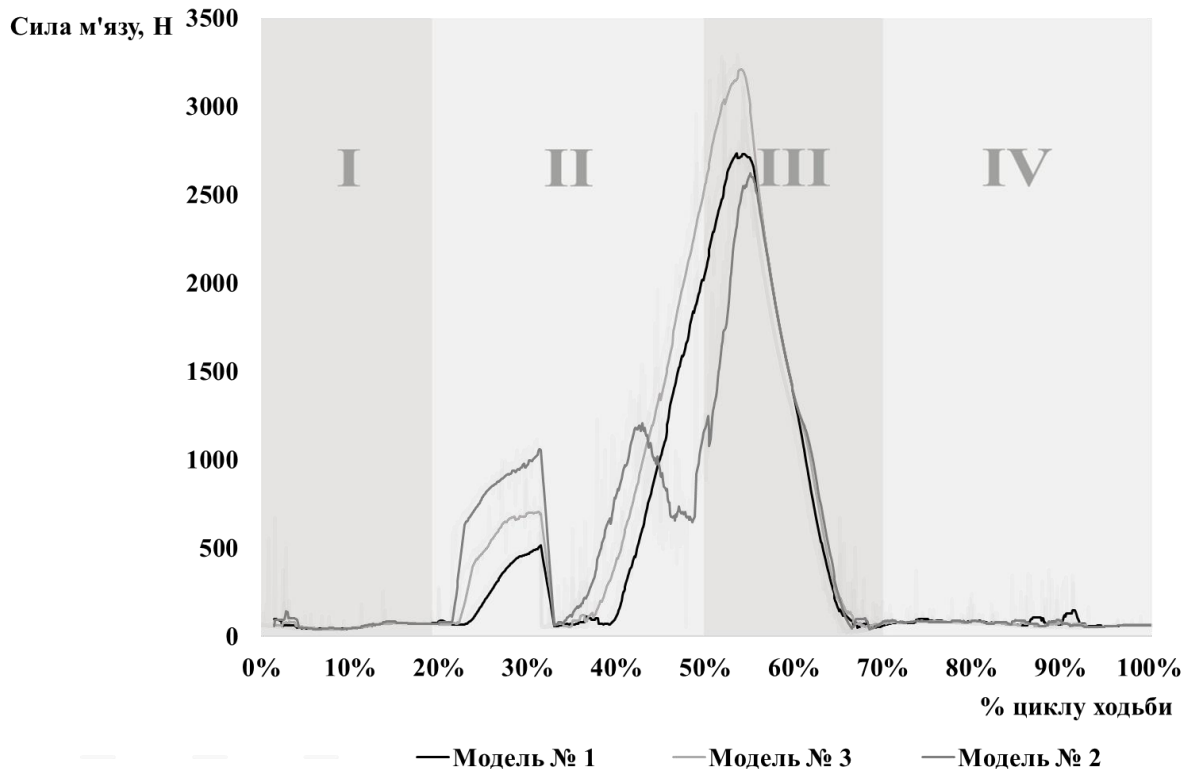


Рисунок 7.50 – Графік зміни сили, яку розвиває камбалоподібний м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Литковий м'яз, який представлений 2 МСО в моделі № 1 показав відмінні один від одного профілі активації для латеральної та медіальної його голівок. Латеральна голівка м'язу почала активацію лише в середині 2-го періоду циклу ходьби і знаходилась на її максимальному рівні (1,0) до середині 3-го періоду. На відміну від неї, медіальна голівка м'язу була активною, в тому числі, на максимальному рівні (1,0) весь 1-й період ходьби, далі пауза активності до кінця 3-го періоду і невелика активація в кінці 4-го періоду циклу ходьби.

Зусилля, які розвивали МСО литкового м'язу відповідали профілю активації окремої МСО м'язу. А саме, найбільші зусилля латеральна голівка м'язу розвивала саме у 2-й період із медіаною 1079,5 Н [49,8; 1248,8]. Медіальна голівка м'язу розвивала найбільше навантаження у 1-й період із медіаною 1452,7 Н [806,5; 1645,0].

На моделі № 2 латеральна голівка м'язу показала подібний профіль активації, проте із збільшенням цього показника на початку циклу ходьби. Силкові показники були більшими за модель № 1 в 1-му періоді в 1,2 раза, в 3-му – в 2,4 раза. В решті періодів змін не було.

Медіальна голівка м'язу показала різкий ріст показника активації м'язу в кінці 2-го та весь 3-й період циклу ходьби. Саме в цей період показник зусиль цієї МСО в 10,5 разів перевищував показник моделі № 1.

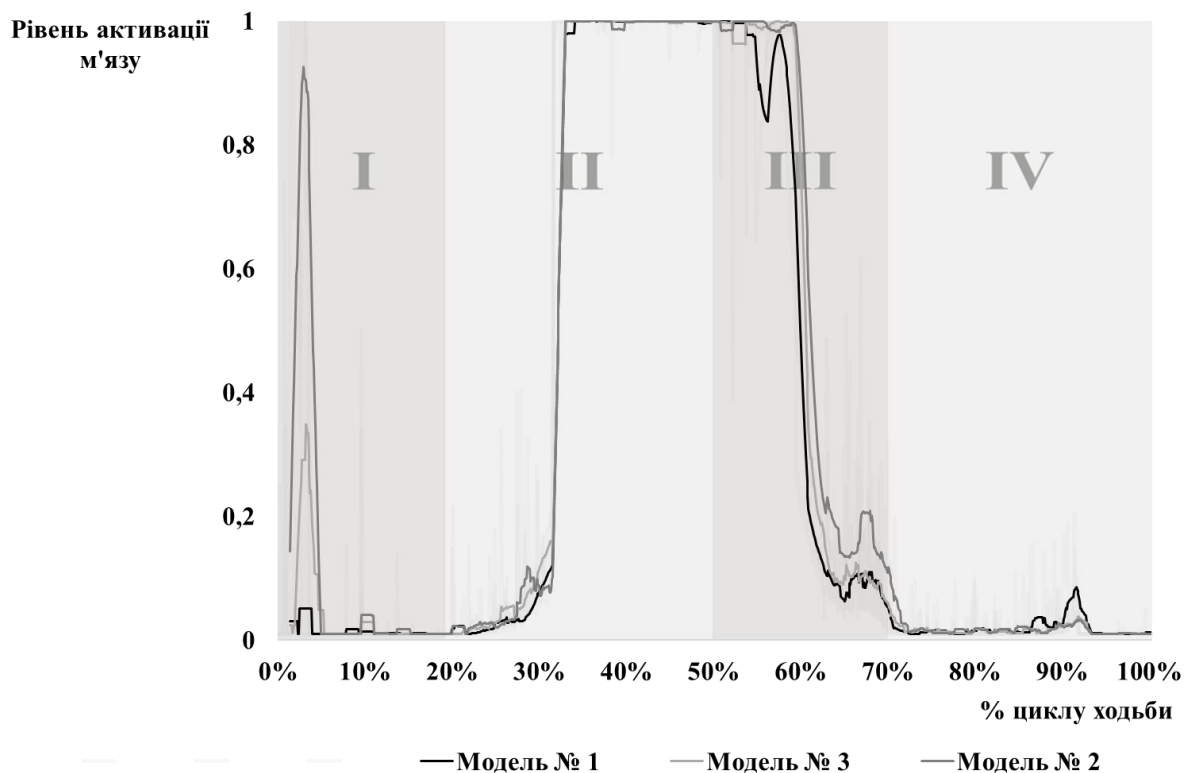


Рисунок 7.51 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває латеральна голівка литкового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

На моделі № 3 обидві голівки литкового м'язу показали подібний із моделлю № 1 профілі активації. Силкові показники були більшими латеральної голівки в 1,5 раза, медіальної – в 1,1 раза в 3-му періоді ходьби.

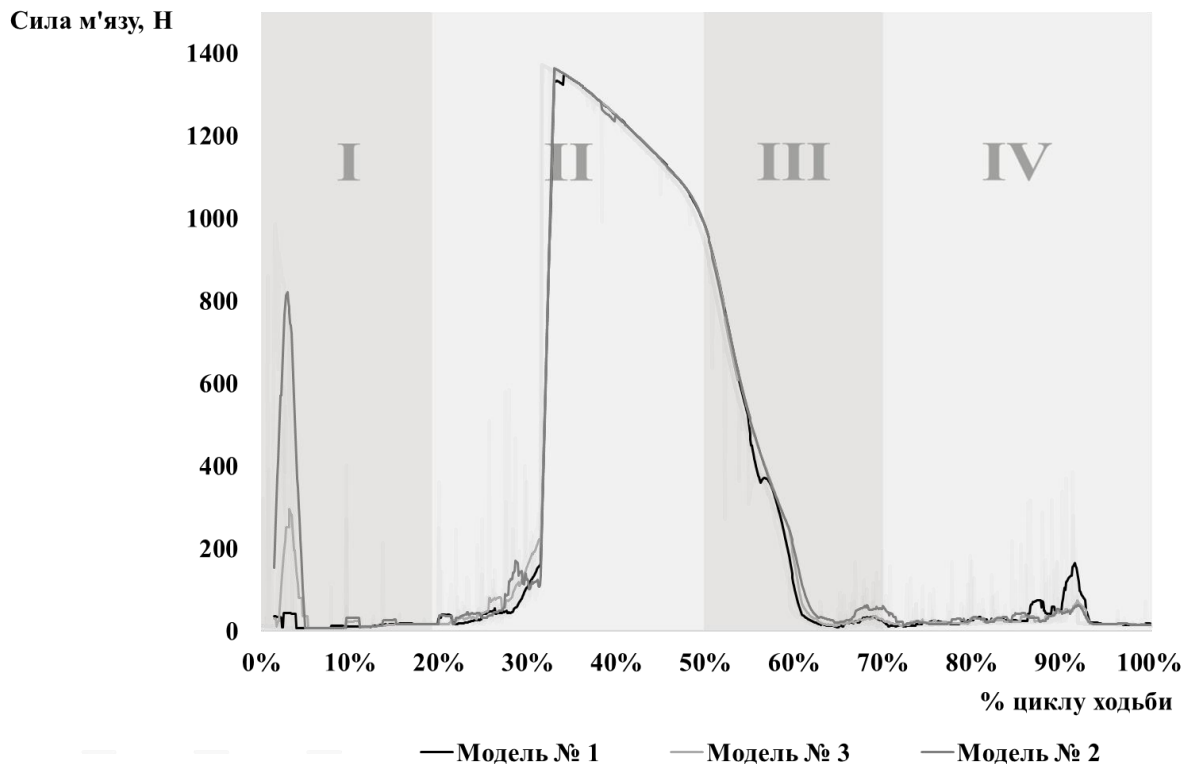


Рисунок 7.52 – Графік зміни сили, яку розвиває латеральна голівка литкового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

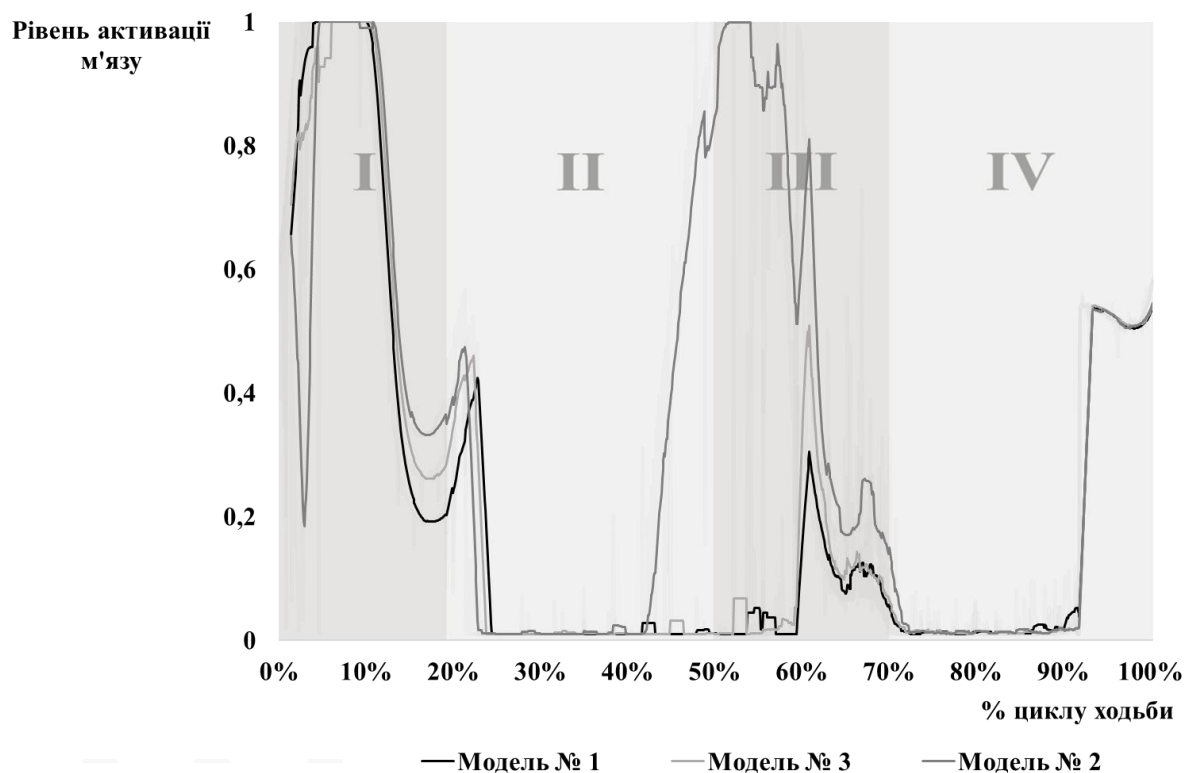


Рисунок 7.53 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває медіальна голівка литкового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

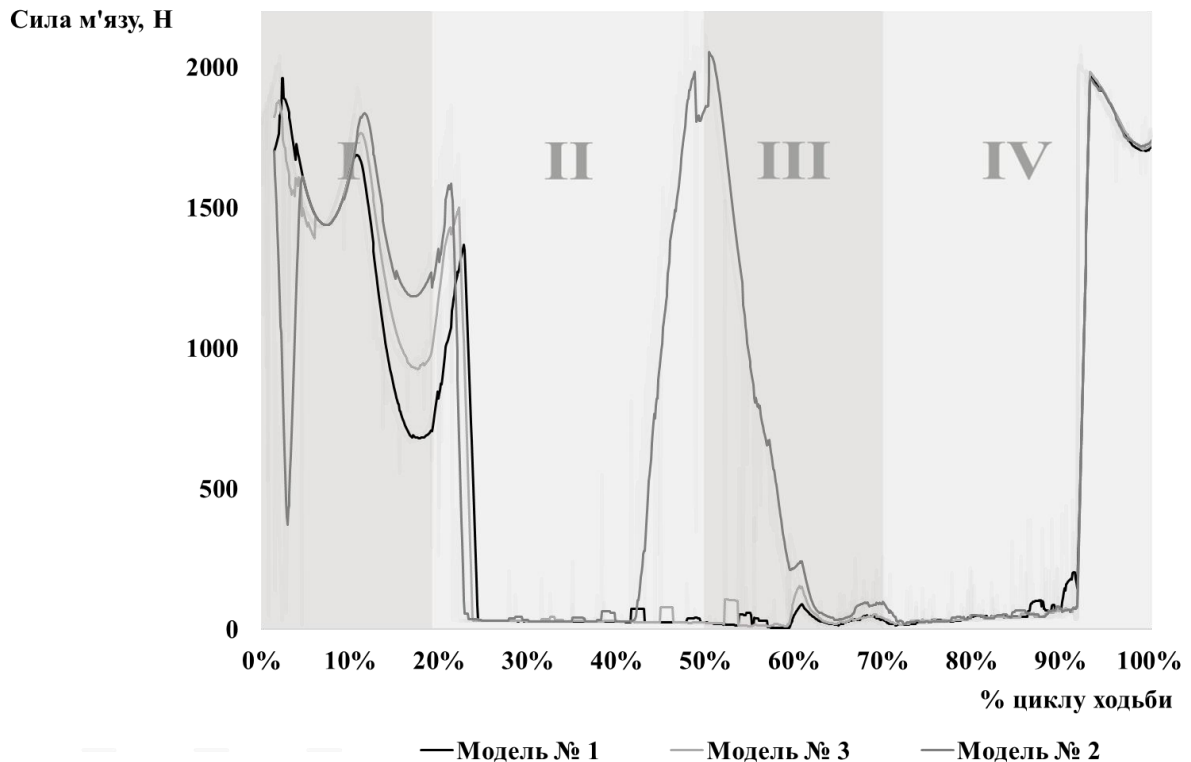


Рисунок 7.54 – Графік зміни сили, яку розвиває медіальна голівка литкового м'язу у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Задній великогомілковий м'яз (*m. tibialis posterior*) також складає задню групу м'язів гомілки. Його основною функцією є згинання гомілки та стопи.

На моделі № 1 основну активність м'яз проявляє у 3-й період циклу ходьби із максимальним значенням показника активації 0,6. Зусилля, які розвивав м'яз у циклі ходьби були найбільшими саме у 3-й період із медіаною значень показника 129,6 Н [43,6; 382,0].

На моделі № 2 м'яз показав подібну із моделлю № 1 активність, проте показник активації м'язу досягнув більшого значення (1,0) у 3-й період ходьби. Зусилля, які розвинув м'яз були більшими за нормальні показники протягом всього циклу ходьби. Найбільше показники відрізнялись у 2-й та 3-й періоди циклу ходьби у 1,4 раза.

На моделі № 3 м'яз показав подібний профіль активації як і у моделі № 2. Зусилля, які розвивав м'яз були більшими протягом всього циклу ходьби, проте в порівнянні із моделлю № 2 незначно, найбільше на 6 % та 10 % більше ніж у моделі № 1 у 2-й та 3-й періоди ходьби відповідно.

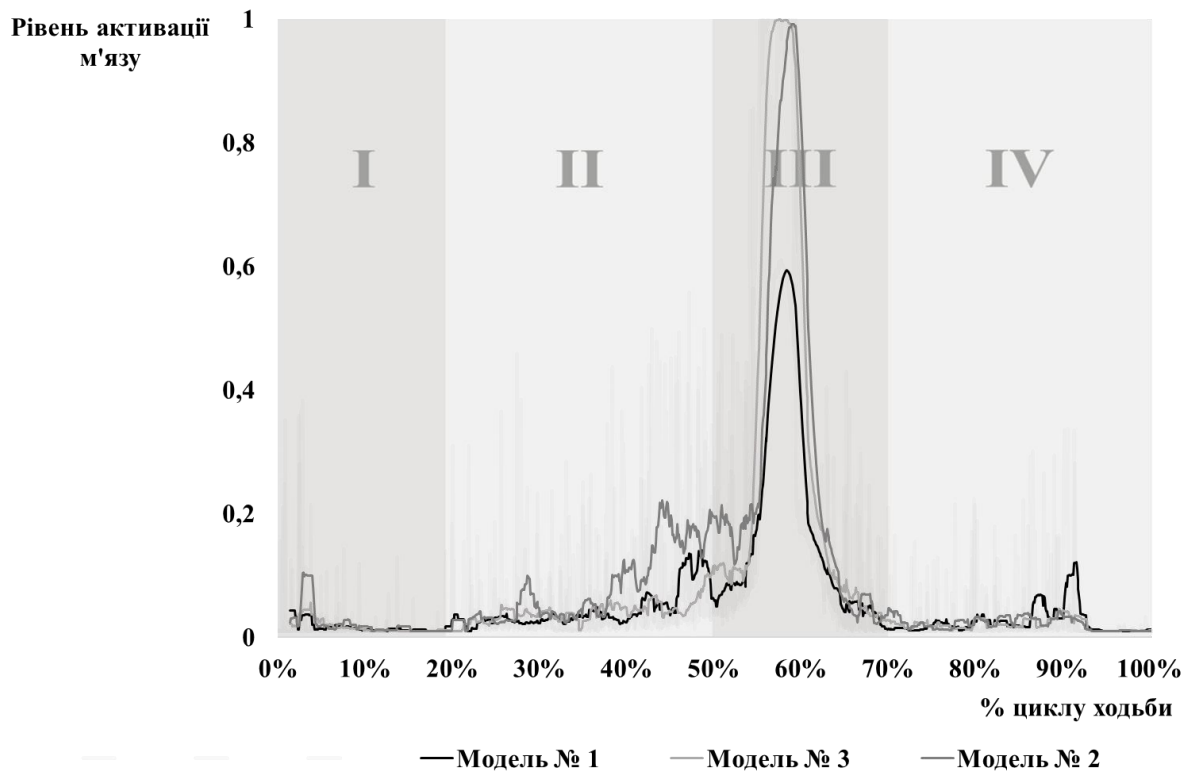


Рисунок 7.53 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває задній великогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

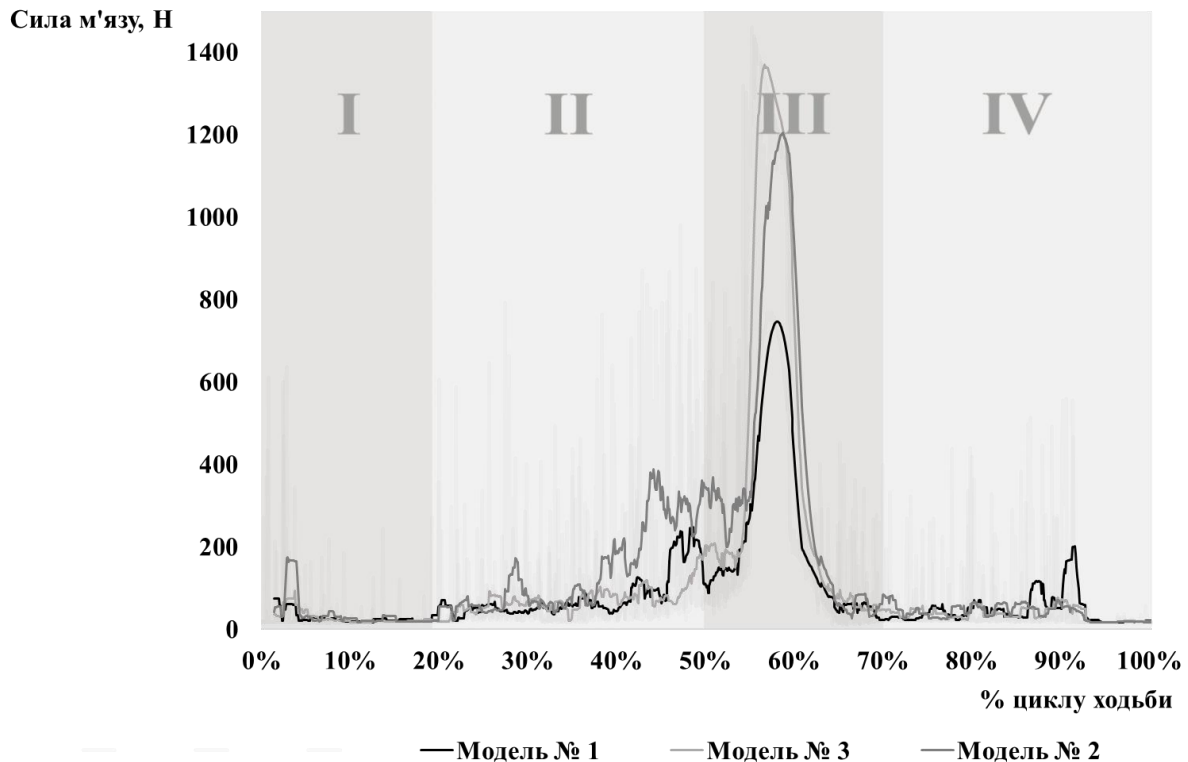


Рисунок 7.54 – Графік зміни сили, яку розвиває задній великогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

М'язи довгий згинач пальців стопи (*m. flexor digitorum longus*) та довгий згинач великого пальця стопи (*m. flexor hallucis longus*) також відносяться до задньої групи м'язів гомілки. Функція довгого згинача пальців стопи полягає у згинанні пальців стопи, згинання та супінація всієї стопи, притискання пальців до опори у разі постановці стопи на носок. Основна функція довгого згинача великого пальця стопи – згинання великого пальця стопи, а також дія на 2-4-й пальці. Активність м'язів, як і інші м'язи задньої групи, найбільш проявляється у 3-й період циклу ходьби. Силкові характеристики м'язів також показували найбільші показники саме у 3-й період: 17,2 Н [8,7; 39,1] та 61,4 Н [21,7; 184,7] для *m. flexor digitorum longus* та *m. flexor hallucis longus* відповідно.

На моделі № 2 м'язи показали дещо підвищений показник активації у 1-й період. Силкові характеристики м'язів були більшими за показники моделі № 1 у

1,3 раза для обох м'язів у 2-й період, а у 3-й періоді циклу ходьби у 1,7 раза ((*m. flexor digitorum longus*) та у 1,4 раза (*m. flexor hallucis longus*).

На моделі № 3 значимо відрізнялась функція лише довгого згинача великого пальця стопи. У 3-й період зусилля були більшими від моделі № 1 лише на 13 %.

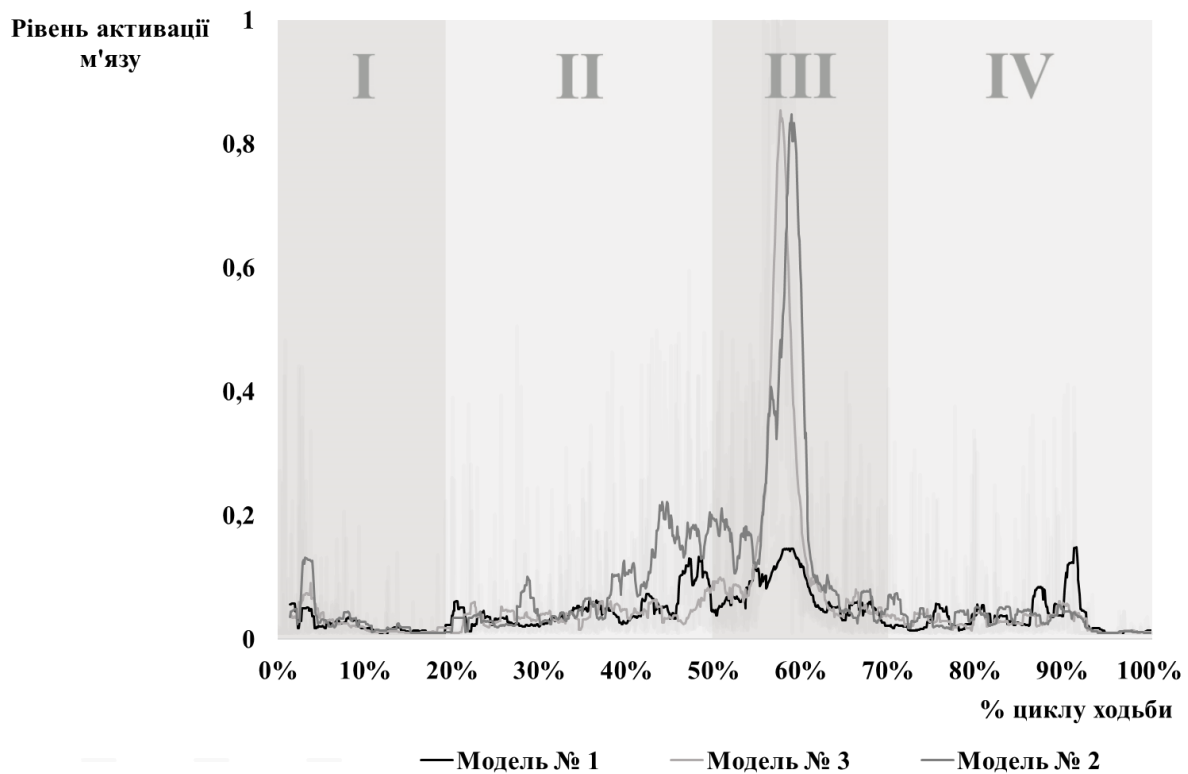


Рисунок 7.55 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває м'яз довгий згинач пальців стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

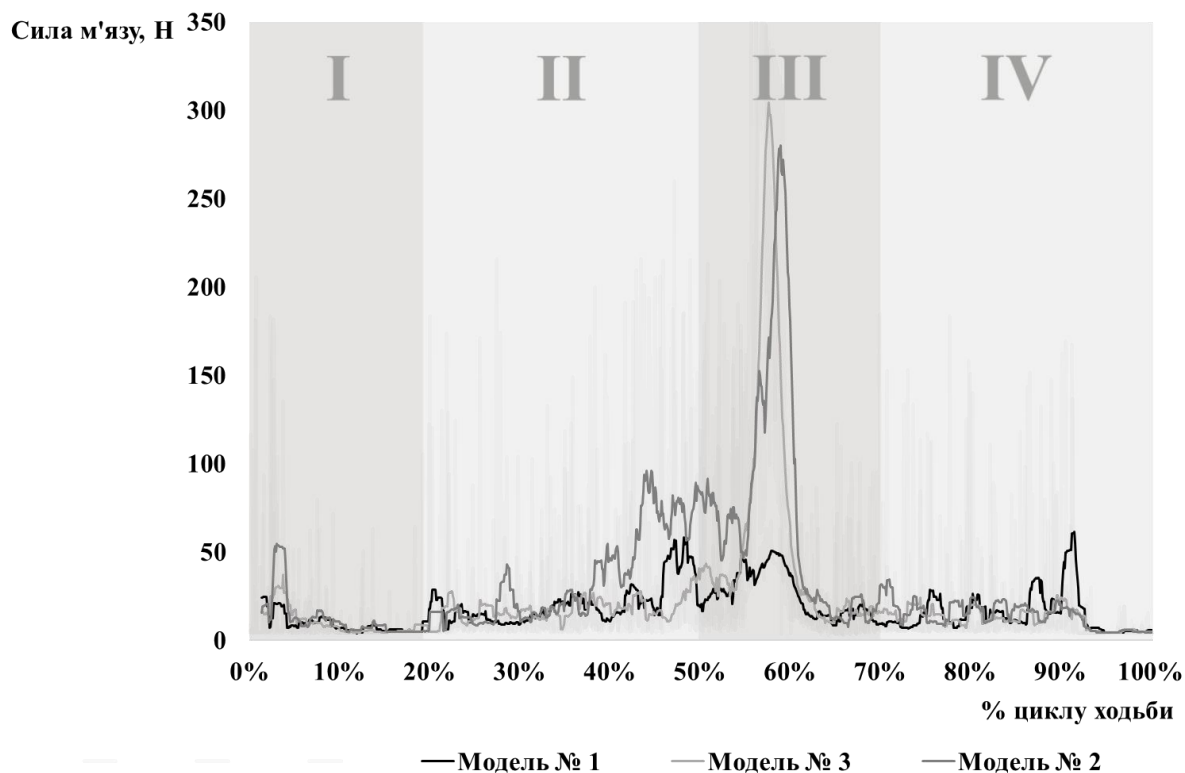


Рисунок 7.56 – Графік зміни сили, яку розвиває м'яз довгий згинач пальців стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

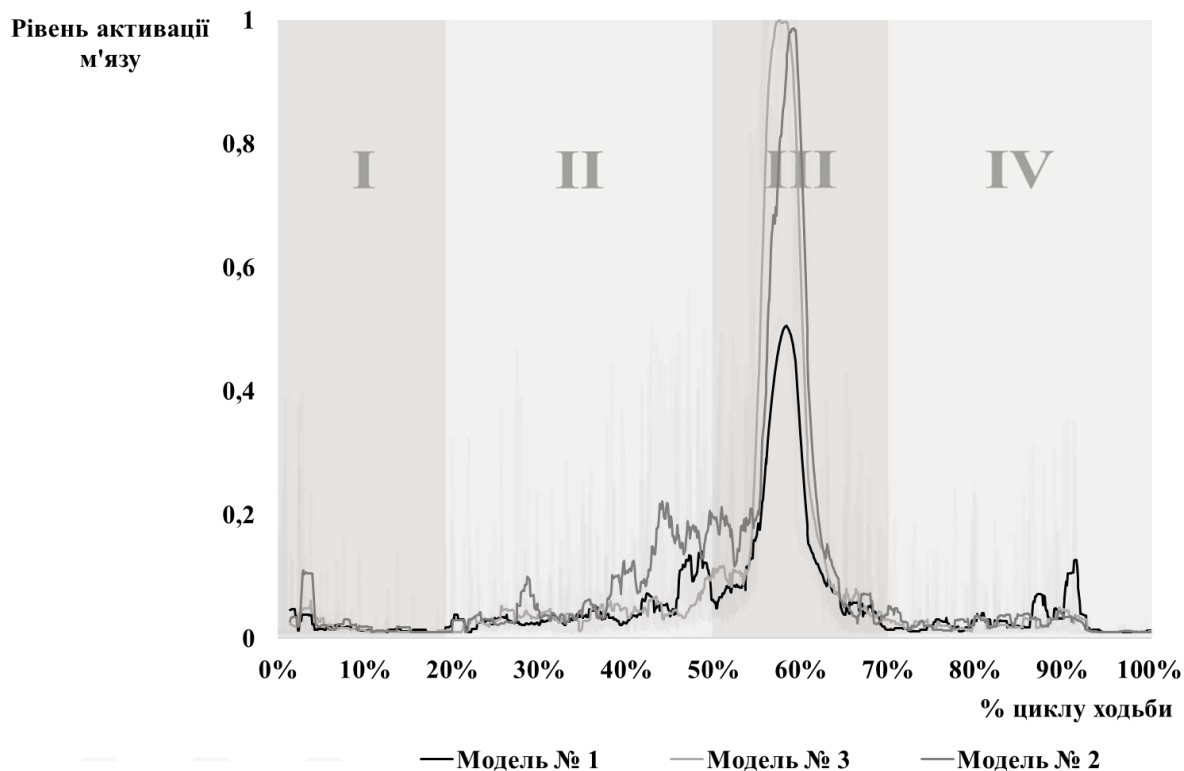


Рисунок 7.57 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває м'яз довгий згинач великого пальця стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

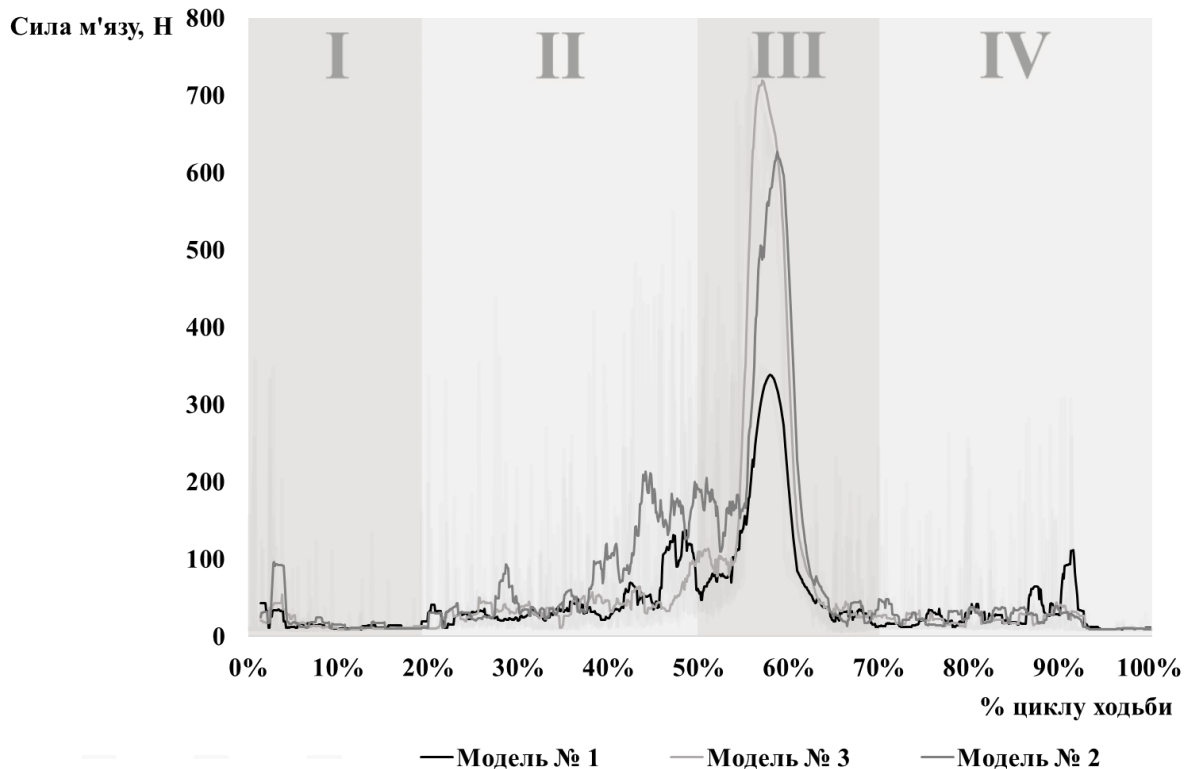


Рисунок 7.58 – Графік зміни сили, яку розвиває м'яз довгий згинач великого пальця стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоногий стояння (I), одноногий стояння (II), другий двоногий стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

М'язи довгий розгинач пальців стопи (*m. extensor digitorum longus*) та довгий розгинач великого пальця стопи (*m. extensor hallucis longus*) відносяться до передньої групи м'язів гомілки. Функцією цих м'язів є розгинання пальців стопи, а також розгинання самої стопи.

Обидва м'язи проявляють активність на моделі № 1 в 1-й та 4-й періоди ходьби. Показники зусиль м'язів були найбільші в 1-й період-ходьби і складають 442,5 Н [382,9; 582,3] та 187,7 Н [96,7; 253,8] для *m. extensor digitorum longus* та *m. extensor hallucis longus* відповідно.

На моделі № 2 профілі активації м'язів подібні до моделі № 1. А зусилля м'язів були більші за такі ж в моделі № 1 в 2-4 періодах. Особливо в 3-й період в 1,7 раза більше у *m. extensor digitorum longus* та у 1,4 раза більше у *m. extensor hallucis longus*.

На моделі № 3 за подібних до попередніх моделей профілів активації м'язів зусилля, які розвивав м'яз довгий розгинач пальців стопи був менший, особливо, у 2-му періоду циклу ходьби на 29,7 %. Зусилля, які розвивав м'яз довгий розгинач великого пальця стопи у 2-му періоді були менші на 24,7 %, а в 4-му періоді – на 22,3 % більші за показники моделі № 1.

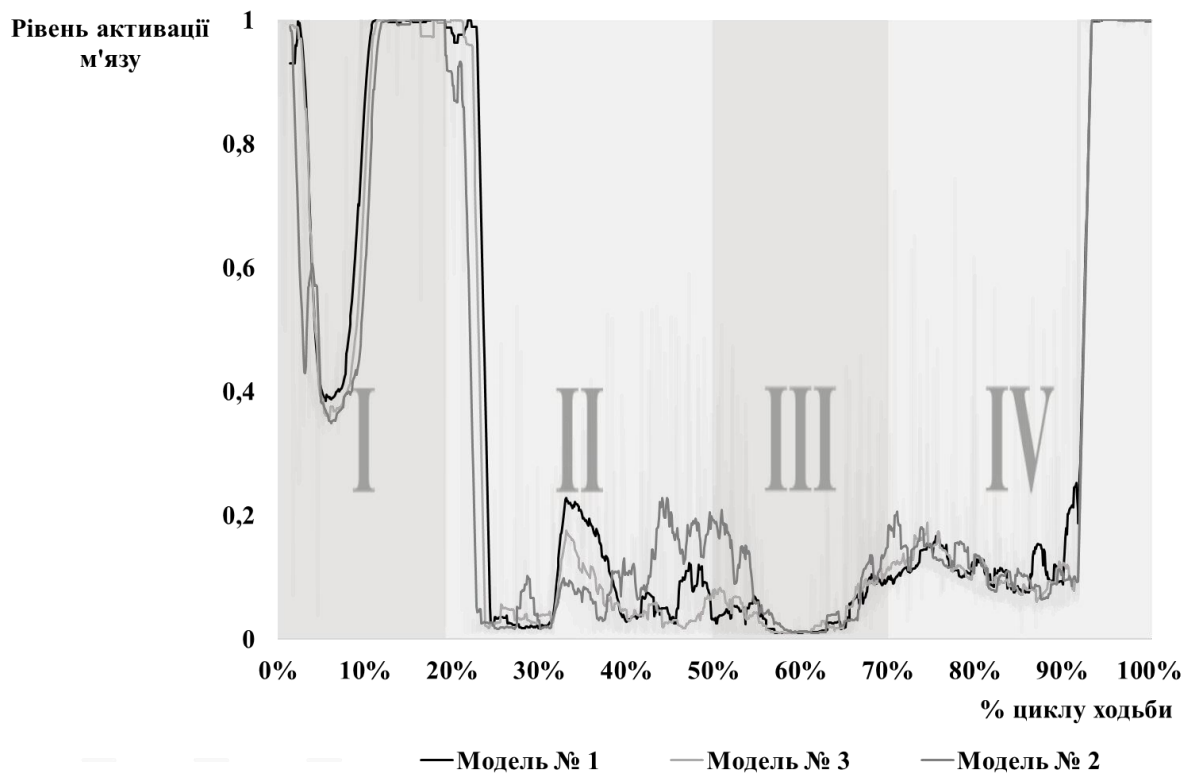


Рисунок 7.59 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває м'яз довгий розгинач пальців стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

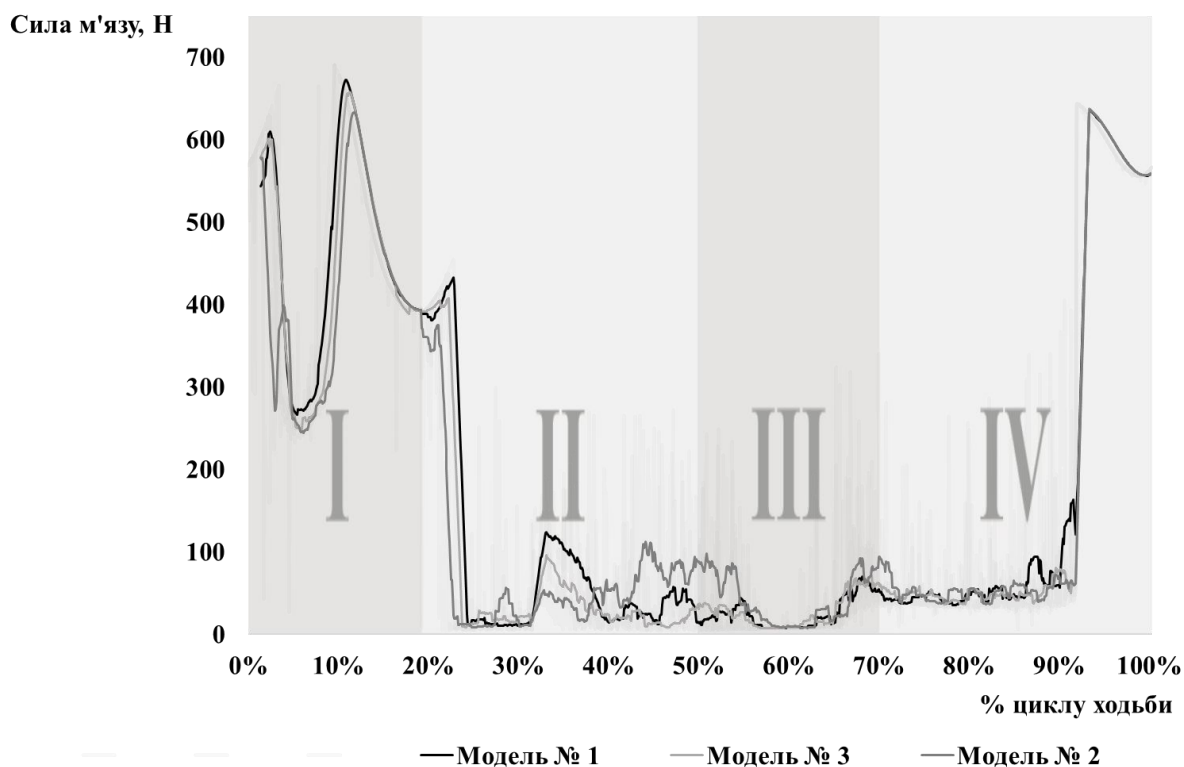


Рисунок 7.60 – Графік зміни сили, яку розвиває м'яз довгий розгинач пальців стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

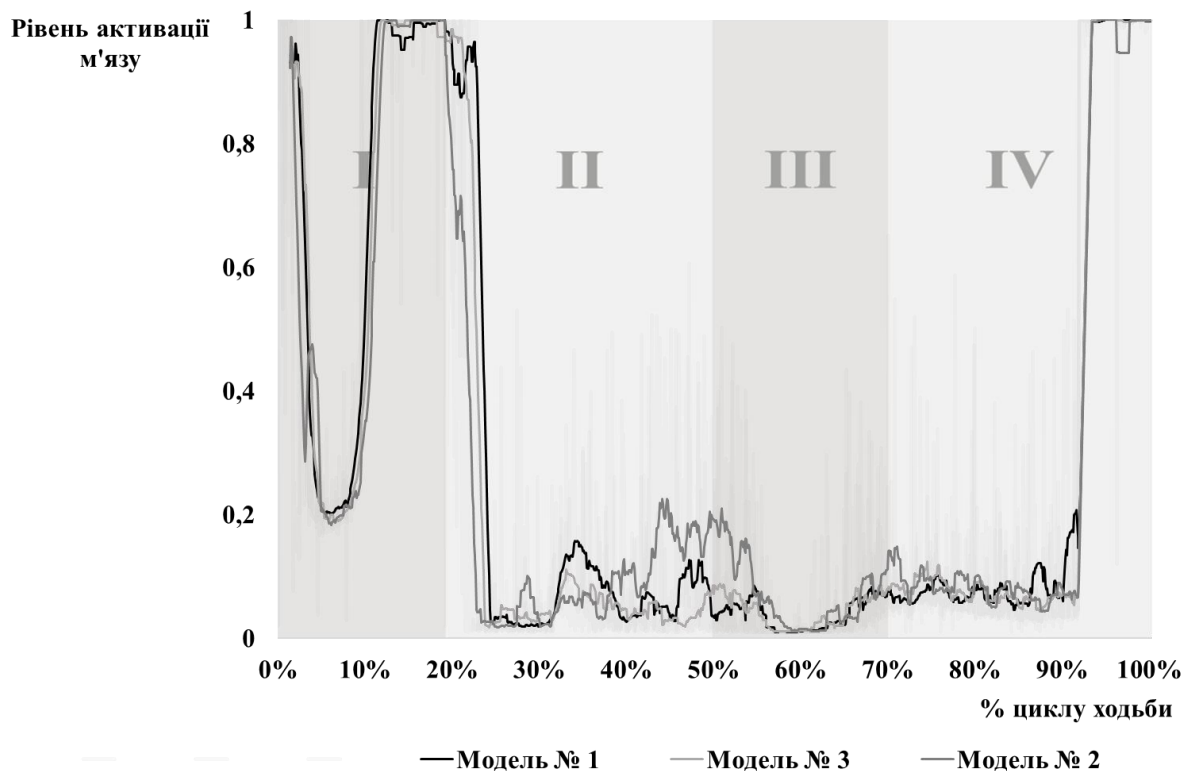


Рисунок 7.61 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває м'яз довгий розгинач великого пальця стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

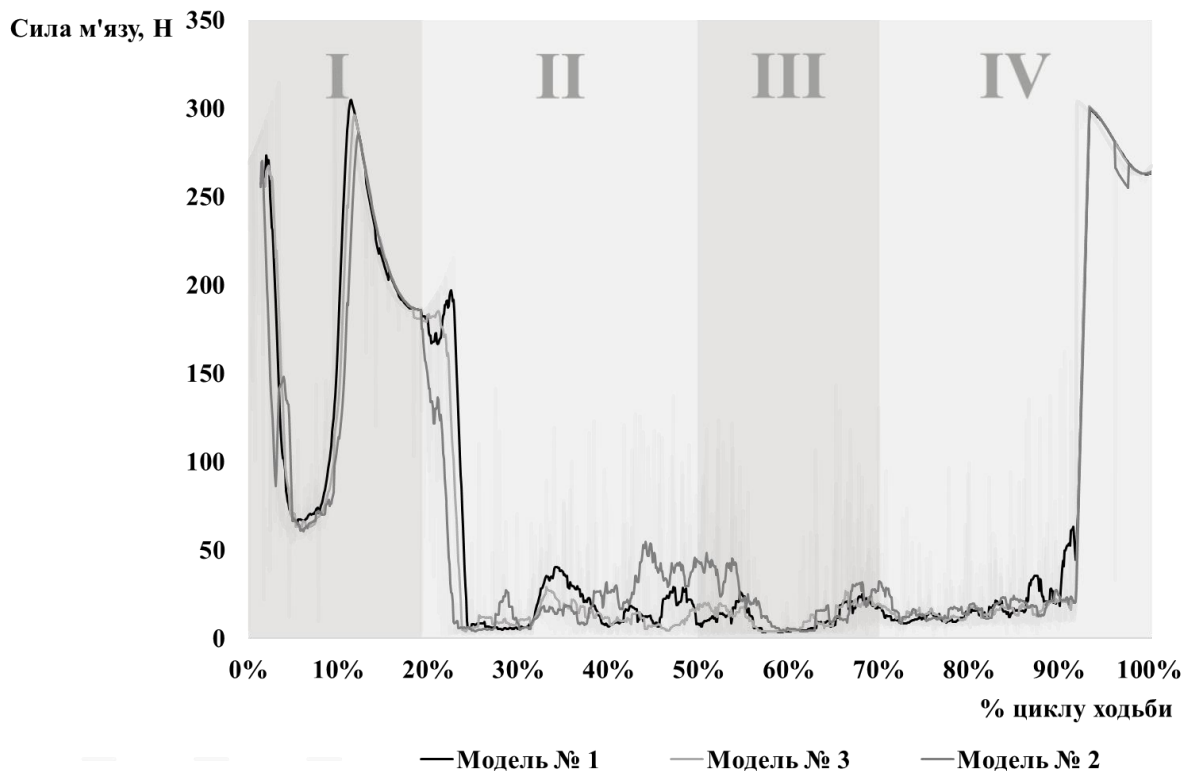


Рисунок 7.62 – Графік зміни сили, яку розвиває м'яз довгий розгинач великого пальця стопи у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Передній великогомілковий м'яз (*m. tibialis anterior*) є представником передньої групи м'язів гомілки. Його функція полягає у розгинанні стопи на нахилі гомілки у разі опори на стопу.

М'яз виявляє активність у 1-му та 4-му періодах циклу ходьби. Зусилля, відповідно, в ці періоди проявляються найбільшими показниками: 1255,5 Н [901,1; 1362,3] та 166,8 Н [154,1; 1112,6] у 1-му та 4-му періодів відповідно.

На моделі № 2 м'яз не проявляє значних відмінностей у роботі в активних його періодах (1-й та 4-й), проте в 3-й період показує на 38,2 % більші зусилля в порівнянні із моделлю № 1.

На моделі № 3 сила м'язу дещо нижча у всі періоди циклу ходьби, проте знову ж таки відносно моделі № 1 найменший показник м'яз показує в

неактивний 2-й період, де показник зусиль склав на 38,6 % менше. В решті періодів без суттєвих змін.

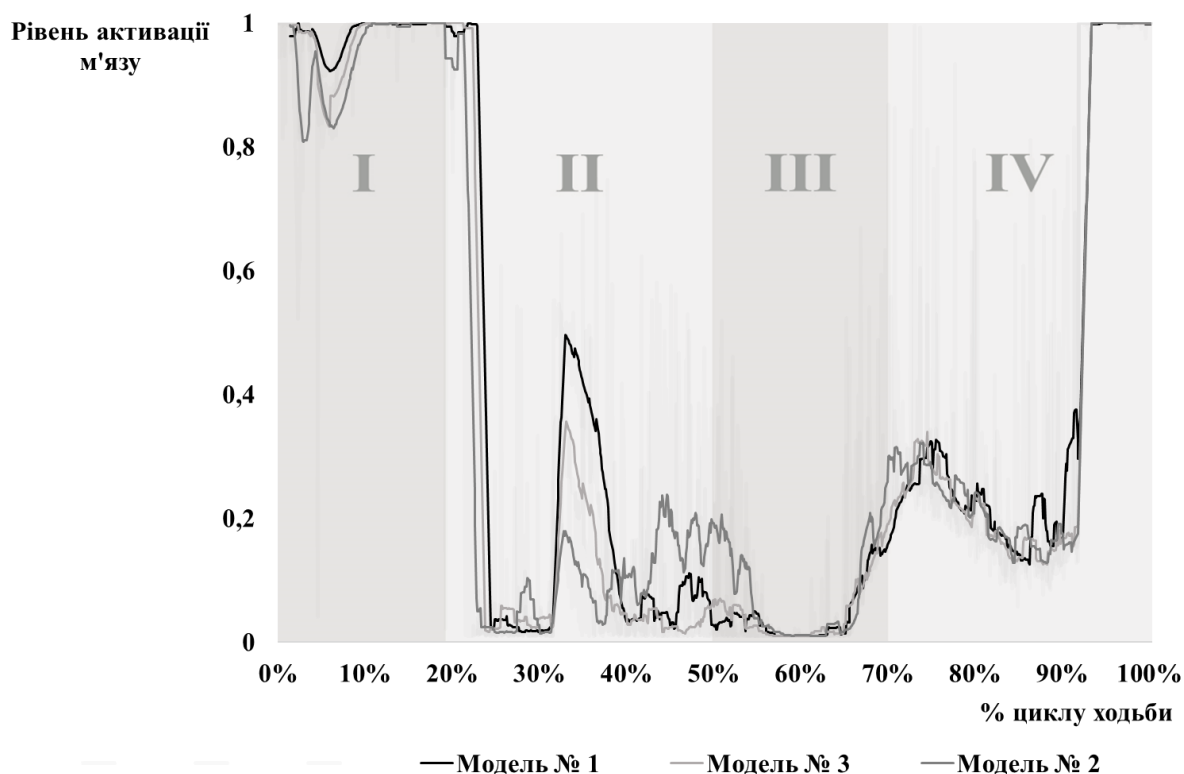


Рисунок 7.63 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває передній великогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

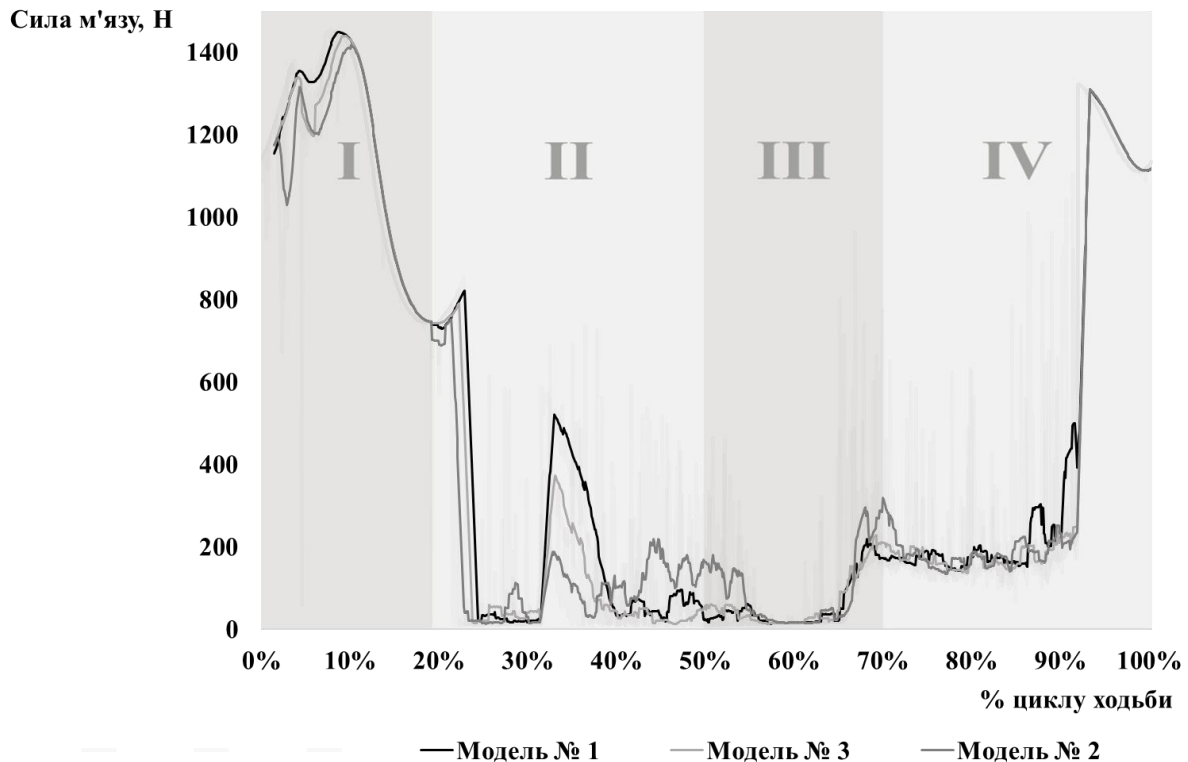


Рисунок 7.64 – Графік зміни сили, яку розвиває передній великогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двоопорного стояння (I), одноопорного стояння (II), другий двоопорного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

М'язи поверхневого компартменту латеральної групи гомілки представлені довгим та коротким малоомілковим м'язами (*m. peroneus longus* та *m. peroneus brevis*).

Ці м'язи згинають стопу, а також приймають участь у еверсії стопи.

Основну активність м'язи проявляють у 3-й період циклу ходьби.

Максимальні зусилля м'язи проявляють також у 3-й період циклу ходьби: *m. peroneus brevis* – 21,2 Н [10,9; 49,0], *m. peroneus longus* – 73,0 Н [30,6; 190,8].

На моделі № 2 м'язи показують подібний до моделі № 1 профіль активації, проте зусилля, які розвивають м'язи є більшими, ніж у моделі № 1. Особливо це виражено у 3-й період, де показники зусиль більші на 74,0 % у *m. peroneus brevis* та на 43,9 % у *m. peroneus longus*.

На моделі № 3 м'язи також проявили більші показники зусиль, проте різниця невелика в порівнянні із моделлю № 2. Сама велика різниця зусиль виявлена також в 3-й період циклу ходьби із показниками, що на 7,0 % у *m. peroneus longus* та на 3,8 % у *m. peroneus brevis* більші за показники моделі № 1.

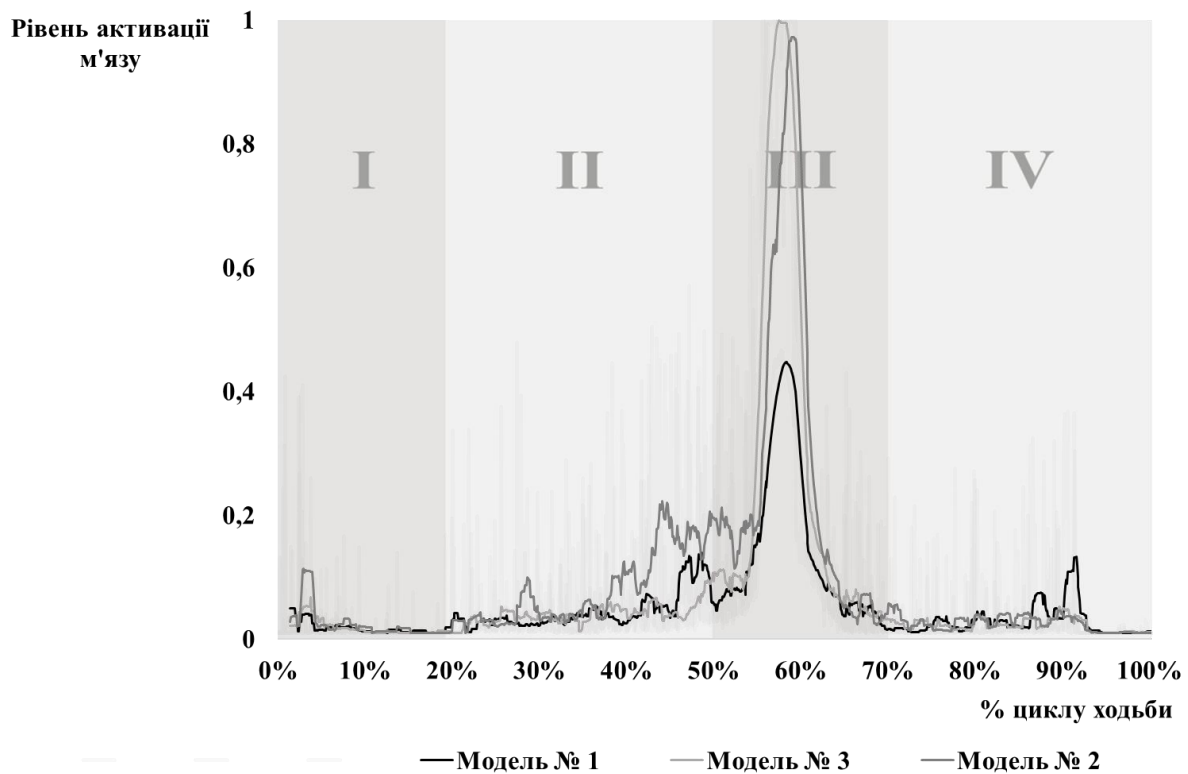


Рисунок 7.65 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває довгий малогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

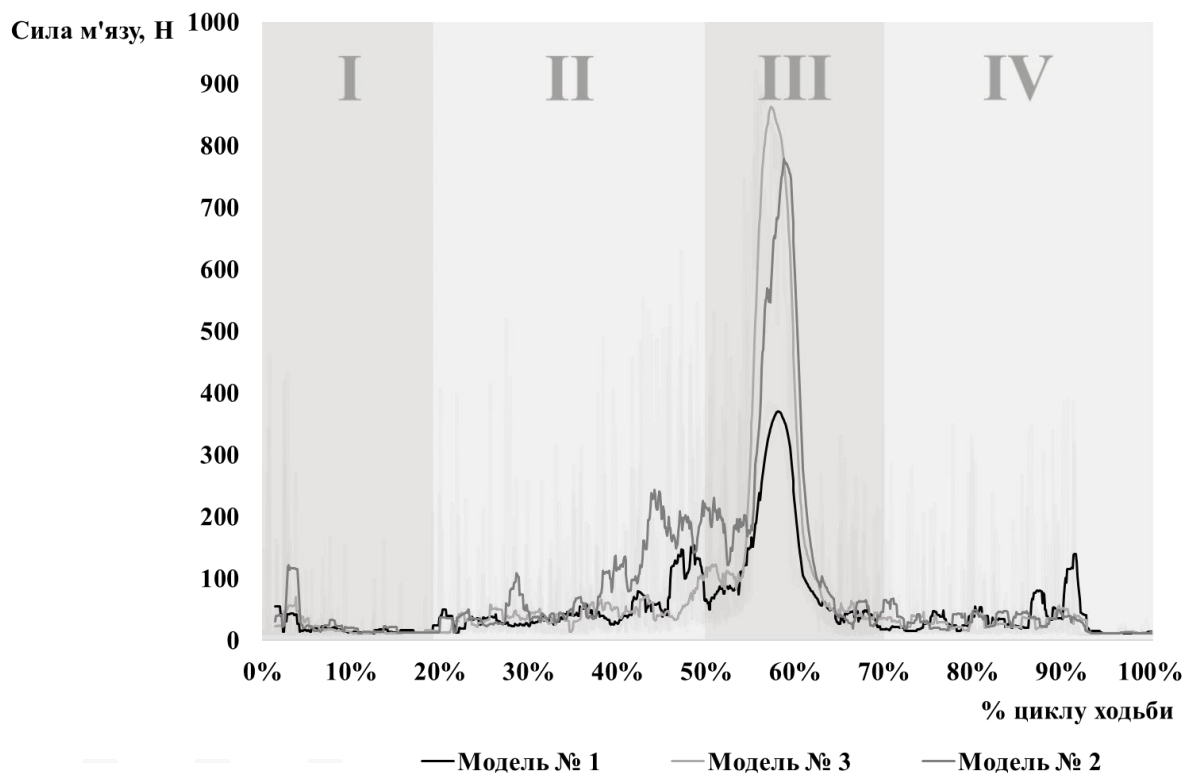


Рисунок 7.66 – Графік зміни сили, яку розвиває довгий малогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

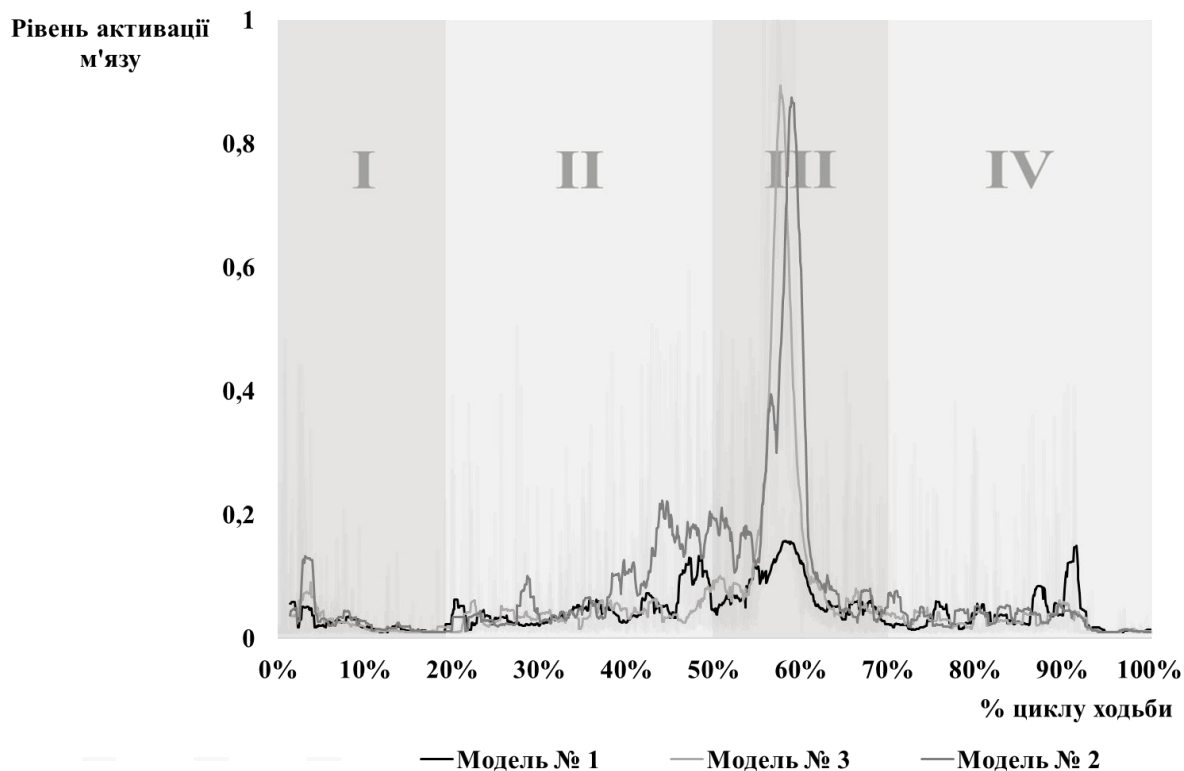


Рисунок 7.67 – Графік зміни рівнів активації, які розвиває короткий малогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопорового стояння (I), одноопорового стояння (II), другий двохопорового стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

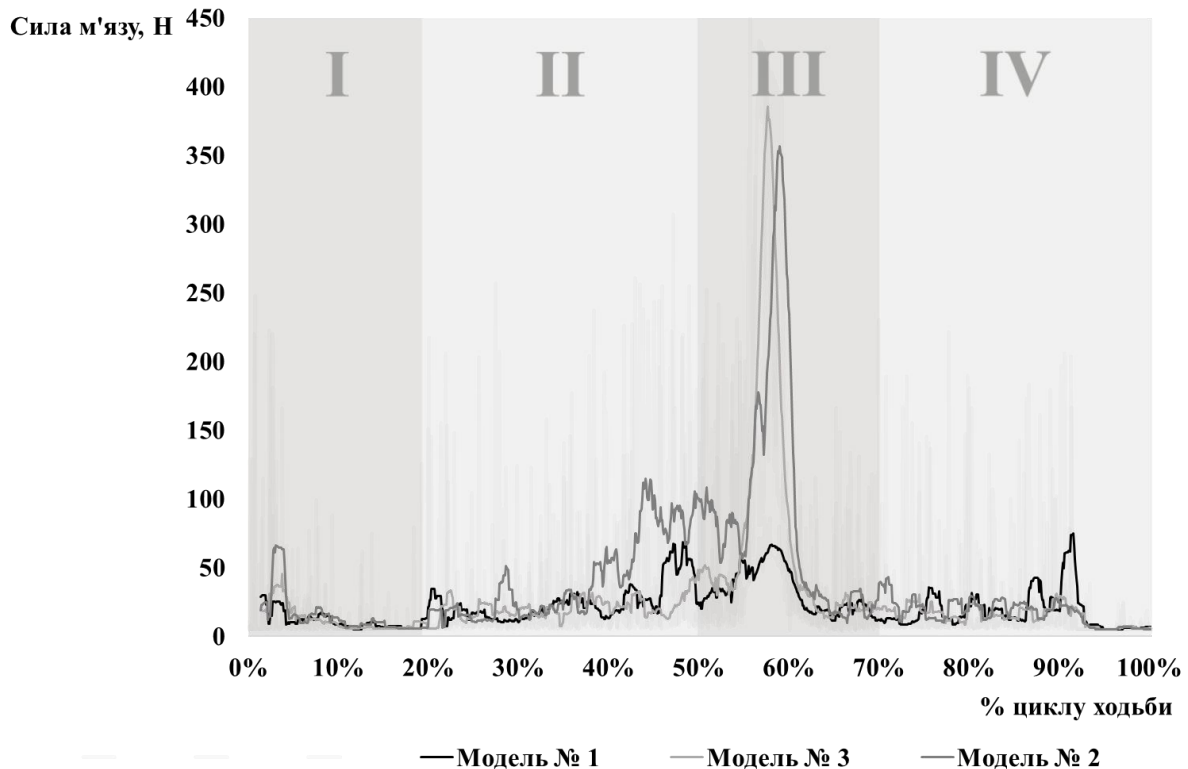


Рисунок 7.68 – Графік зміни сили, яку розвиває короткий малогомілковий м'яз у циклі нормальної ходьби людини в моделях № 1, № 2 та № 3. Римськими цифрами, сірими вертикальними полосами позначено періоди ходьби: початковий двохопоровного стояння (I), одноопоровного стояння (II), другий двохопоровного стояння (III) та фаза переносу кінцівки (IV).

Математичне моделювання динамічної ходьби людини з оцінкою роботи м'язів на моделях із дефектом періацетабулярної ділянки кісток тазу показав, що такі анатомічні зміни, а саме, розташування стегнової кістки після виконання реконструктивного етапу суттєво впливає не лише на м'язи навколо кульшового суглобу, а й на всі без виключення м'язи нижньої кінцівки. Порушення в роботі м'язів зумовлено перш за все зміною анатомічних взаємовідносин точок їхнього прикріплення. Саме ці умови впливали на роботу м'яза в умовах динамічного навантаження у вигляді ходьби, оскільки за умовами проведення моделювання м'язам необхідно було підтримувати правильність та плавність ходьби. Саме через це відбувалось суттєве спотворення фаз активації та релаксації м'язів, змінювалась зусилля, які необхідно було розвивати м'язам для дотримання умов

заданого руху. Проте різні м'язи по-різному реагували на змінені умови їхньої роботи.

Дослідження на моделі № 2 (моделювання методики транспозиції стегнової кістки) показало суттєві розлади у роботі м'язів нижньої кінцівки. Відбувалось спотворення профілю активації м'язів та зниження їхніх силових характеристик. Найбільше ці зміни торкнулись *середнього та малого сідничного м'язів, привідних м'язів стегна, м'яза-напружувача широкої фасції стегна, клубово-поперекового м'язу, напівперетинчастого м'язу, довгої головки двоголового м'язу стегна.*

У той же час виявлено, що інші м'язи навпаки показували збільшені показники активації та зусиль, що є свідченням розвитку компенсації втраченого загального м'язового балансу. Дані зміни спостерігалися із *великим сідничним, кравецьким м'язами, чотирьохголовим м'язом стегна, короткою головкою двоголового м'язу стегна, камбаловидним м'язом, литковим м'язом, переднім та заднім великогомілковими м'язами, напівсухожилковим, малоюмілковими, а також м'язами, які рухають пальці стопи.*

Моделювання на моделі № 3, в якій у разі періацетабулярного дефекту кісток тазу стегнова кістка зміщена та зафіксована краніально, проте із меншими в 2 рази в порівнянні із моделлю № 2 параметрами вкорочення, медіалізації та дорсального зміщення показало кращі функціональні показники м'язів нижньої кінцівки та тазового поясу, що означало більшу функціональну доцільність цього варіанту положення кінцівки. Незважаючи на далекі від правильних анатомічних взаємовідносин тазу та нижньої кінцівки в цій моделі, виявлено ряд м'язів, в яких фази напруження та релаксації були практично ідентичними профілю активації моделі № 1 (норма). Це стосується наступних м'язів: *коротка головка двоголового м'язу стегна, задня порція великого сідничного м'язу, середня порція малого сідничного м'язу, стрункого м'язу, кравецького м'язу, латеральне, медіальне та проміжне пера чотирьохголового м'язу стегна.*

Також спостерігалось подібність профілю активації із моделлю № 1 у наступних м'язів: *привідні м'язи стегна (за виключенням довгого привідного м'язу), м'яз-напружувач широкої фасції стегна, прямиий м'яз стегна, клубово-*

поперековий м'яз, м'язи гомілки (всі групи). Проте спотвореними в порівнянні із моделлю № 1 залишились профілі активації та, відповідно, силові показники у довгого привідного м'язу стегна, короткої головки двоголового м'язу стегна, напівперетичастого та напівсухожилкового м'язів.

8 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПЛАНУВАННЯ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ У РАЗІ ПУХЛИН КІСТОК ТАЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ

Пацієнтам з пухлинами кісток таза, у яких за результатами мультидисциплінарного консилиуму було визначено сприятливий онкологічний і функціональний прогноз, показано органозберігаюче лікування з реконструкцією кісток таза. У цих випадках за антропометричними даними пацієнта виконували стандартну операційну процедуру планування хірургічної резекції кісток тазу із можливостями подальшої реконструкції. Всі нижчезазначені етапи виконуються із використанням програмного пакету 3D-Slicer та додатковими встановленими спеціалізованими модулями (рис. 8.1).

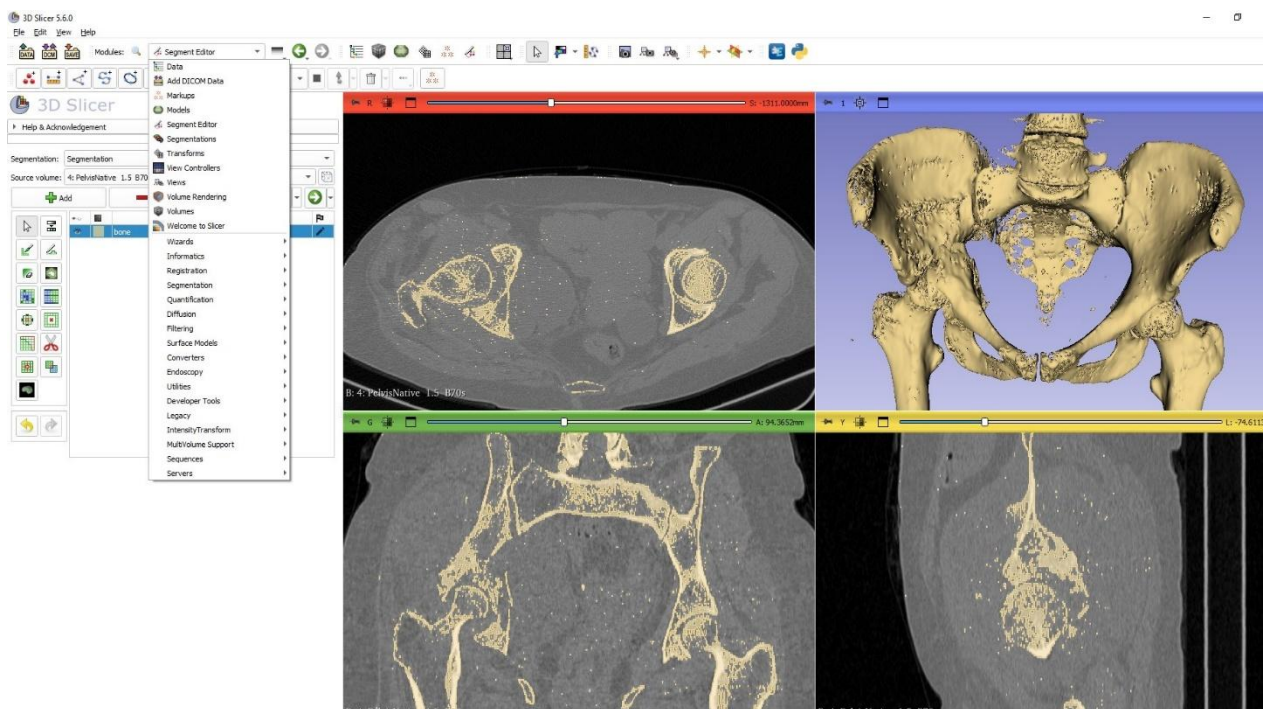


Рисунок 8.1 Графічний інтерфейс програмного забезпечення 3D Slicer 5.6.0.

На першому етапі обробляються первинні дані пацієнта, до яких висувається низка вимог. Виконання досліджень СКТ і МРТ має відповідати вимогам для комп'ютерного моделювання, обробка релевантних і якісних даних прискорює процес опрацювання даних (Рис. 8.2).



Рисунок 8.2 Етап завантаження медичних даних КТ-дослідження пацієнта для подальшої обробки.

Другим етапом виконується сегментація анатомічної області, представленої на знімках, для цього виконується оцінка якості наданих даних КТ- і МРТ-досліджень і повноти вступної інформації. Під час виконання сегментації відбувається виділення всіх елементів області інтересу і оцінка якості кісткових структур та пухлини методом, заснованим на вимірюванні рентгенологічної щільності тканин в одиницях Hounsfield [18, 21]. Сегментація пухлини може виконуватися у автоматичному, напівавтоматичному та ручному режимах. Зазвичай використовується автоматичний метод сегментації кісткових структур та напівавтоматичний метод для сегментації пухлини, особливо, у випадку вираженої гетерогенності структури пухлини (рис. 8.3).

Далі, на третьому етапі виконується моделювання радикальних країв резекції за участю лікаря-рентгенолога і хірурга, що оперує, оцінка анатомічних особливостей ділянки, аналіз анатомічних віртуальних моделей для передопераційного планування та операційного контролю (рис. 8.4).

В подальшому дані можуть бути використані для формування завдань програмному комплексу інтраопераційної навігації або для розробки пацієнт-специфічного інструментарію для виконання резекції кісток тазу для видалення пухлини в межах R0 («чистих») країв резекції.

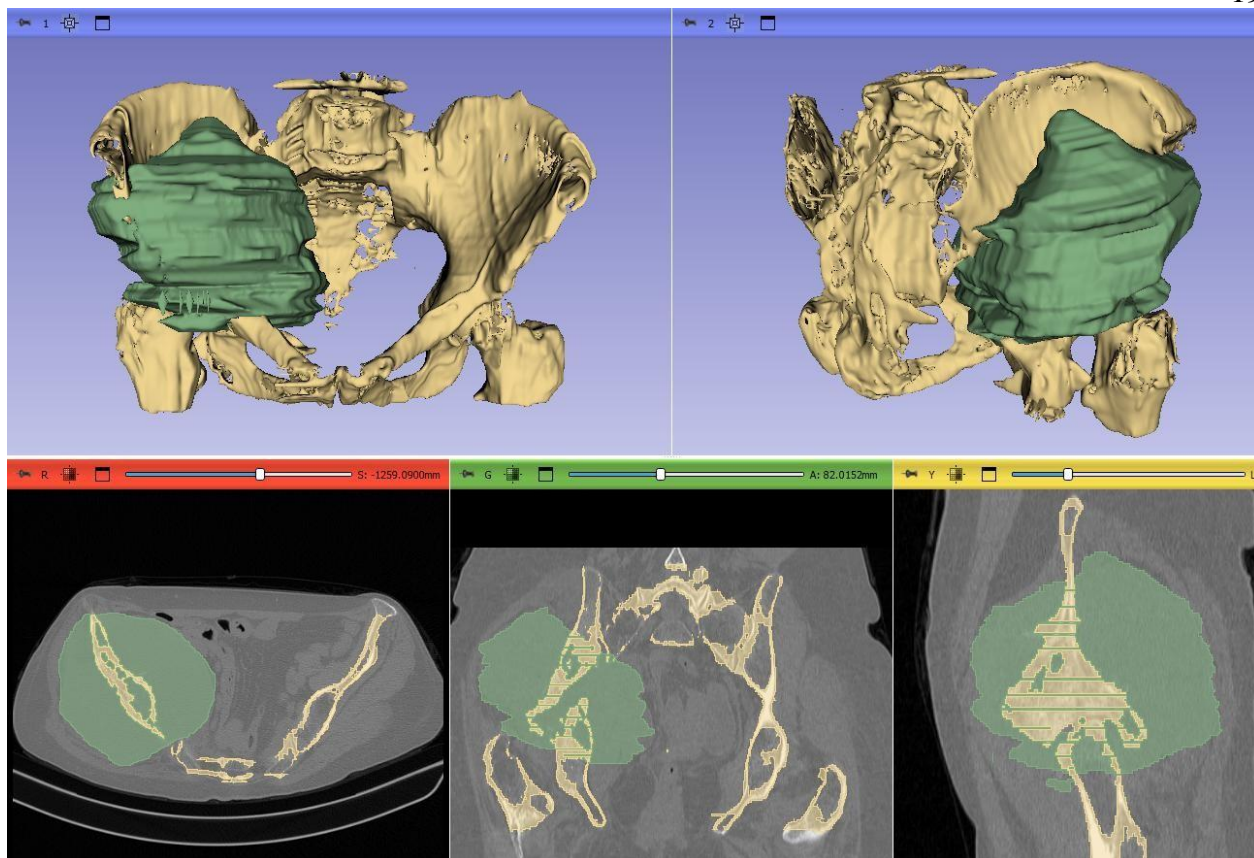


Рисунок 8.3 Проведений результат етапу автоматичної сегментації кісткових структур тазу та напівавтоматичної сегментації ділянки пухлинного ураження.

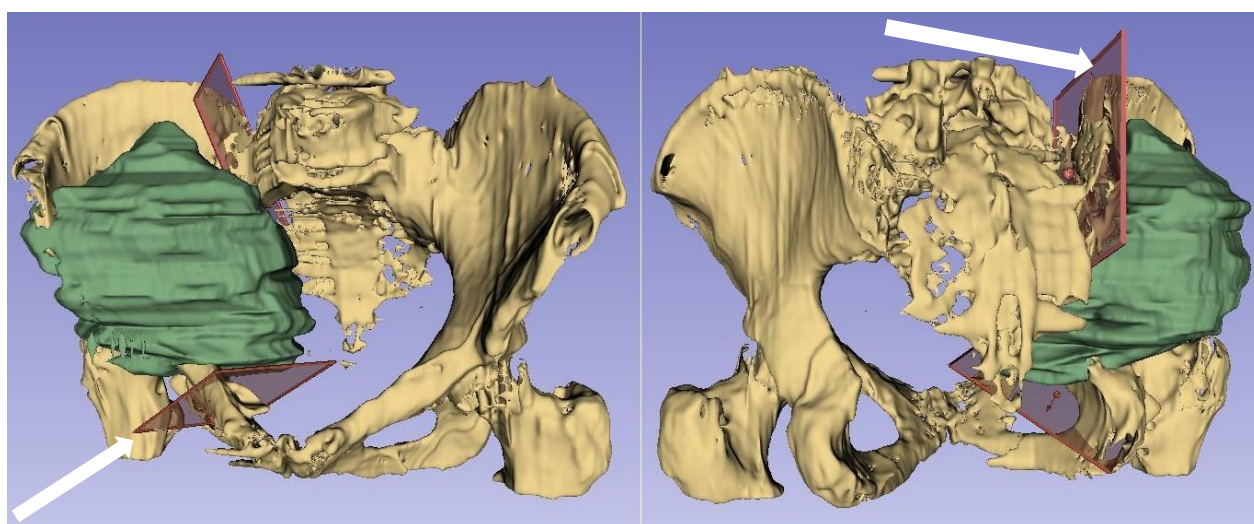


Рисунок 8.4 Моделювання країв резекції пухлини кісток тазу (білими стрілками вказані змодельовані площини резекції кісток тазу).

9 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ХВОРИХ НА ЗЛОЯКІСНІ ПУХЛИНИ ПЕРІАЦЕТАБУЛЯРНОЇ ДІЛЯНКИ КІСТОК ТАЗУ

На підставі проведених інформаційно-аналітичних, біомеханічних та клінічних досліджень виявлено, що сучасні хірургічні технології лікування хворих із періацетабулярними дефектами (пухлинними, бойовими, післяінфекційними) кісток тазу мають деякі недоліки, що призводять до виникнення низки ускладнень, які, в свою чергу, значно знижують результати лікування пацієнтів. З метою покращення результатів хірургічного лікування хворих із періацетабулярними дефектами кісток тазу із урахуванням результатів, що проведені на попередніх етапах роботи, нами було визначено завдання створити спосіб лікування хворих на пухлини тазу з ураженням дефектом періацетабулярної ділянки тазу.

На підставі аналізу літератури, динамічного математичного моделювання сформовано основні критерії до нового способу лікування хворих із періацетабулярними дефектами кісток тазу, а саме:

- біомеханічні – фіксація голівки стегнової кістки із мінімальними значеннями краніального зміщення (вкорочення нижньої кінцівки), медіалізації та дорсального зміщення центру обертання кульшового суглобу, збереження стегново-поперекової неперервності та рухомості в стегново-тазовому зчленуванні;
- технічні – абластичне видалення пухлини періацетабулярної ділянки тазу, анатомічне заміщення дефекту кісток тазу, можливість інтраопераційної зміни величини реконструкції дефекту кісток тазу без використання масивних металевих конструкцій;
- клінічні – використання способу для лікування хворих із періацетабулярними дефектами кісток тазу після резекцій типу II, II-III та I-II, забезпечення задовільного клінічного та косметичного результату хірургічного лікування, відновлення опороздатності нижньої кінцівки, покращення якості життя хворих.

З огляду на визначені критерії до існуючих методик заміщення періацетабулярних дефектів кісток тазу розроблено новий спосіб заміщення дефекту періацетабулярної ділянки кісток таза (патент України на корисну модель № 144210). Новий спосіб лікування хворих на пухлини тазу з ураженням періацетабулярної ділянки передбачає заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки кісток таза та забезпечує функцію опори та ходи нижньої кінцівки, що, в свою чергу, підвищує ефективність лікування хворих із пухлинами або іншими дефектами, в тому числі отриманими внаслідок бойових дій, шляхом покращення функціональних можливостей пацієнтів та зменшення ризику виникнення ускладнень, особливо механічних.

Поставлене завдання вирішується в способі заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза, який оснований на резекції частини тазової кістки (резекція періацетабулярної зони, резекція тазу тип II+), видаленні пухлини в межах здорових тканин, з'єднанні імплантата з ділянками тазової кістки, що залишились, в якому для заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза використовують тканинну трубку із поліетилентерефталату, яку попередньо наповнюють кістковими алоімплантатами у вигляді «чипсів», та фіксують трансосально швами до опилів здухвинної кістки та лобкової (або сідничної), другою тканинною трубкою, фіксують головку стегнової кістки до вище зазначеної (першої) трубки з алоімплантатами.

Спосіб заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза виконують наступним чином.

У паховій ділянці виконують розтин шкіри довжиною до 15 см. Розсікають підшкірно-жирову клітковину та фасцію, розводять м'язи, розсікають великий сідничний м'яз. Виділяють судинно-нервовий пучок (стегнова артерія, вена та нерв) та відводять латерально. Виділяють кульшовий суглоб, розсікають капсулу суглобу, власну зв'язку, виконують вивих голівки стегнової кістки. Виділяють кульшову западину. Відсепаровують тіло здухвинної кістки, виділяють зону переходу здухвинної кістки у лобкову та сідничну кістки. Виконують остеотомію здухвинної кістки на вказаних рівнях (резекція тазу II тип).

Розсікають сідничні зв'язки, м'язи та м'які тканини, що оточують дану зону. Видаляють пухлину en block (рис. 9.1 а). Виконують гемостаз. На реконструктивному етапі втручання до країв лобкової (сідничної) кістки трансосально підшивають тканинну трубку (рис. 9.1 б), в яку попередньо поміщають кісткові алоімпланти («чіпси») (рис. 9.2 а). Далі другий кінець трубки також трансосально підшивають до ділянки зпилу здухвинної кістки (рис. 9.2 б). Головка та шийка стегнової кістки поміщені та фіксовані у другій тканинній трубці (рис. 9.3 а). Виконують підведення голівки стегнової кістки до попередньо сформованої кульшової западини. Край даної трубки підшивають до трубки з алоімплантами, що формує кульшову западину (рис. 9.3 б). Таким чином виконують пластику капсули кульшового суглоба. В рані залишають трубчасті дренажі. Відновлюють усі м'які тканини, що залишилися після видалення пухлини. Рана пошарово ушивається. На шкіру накладають шви.

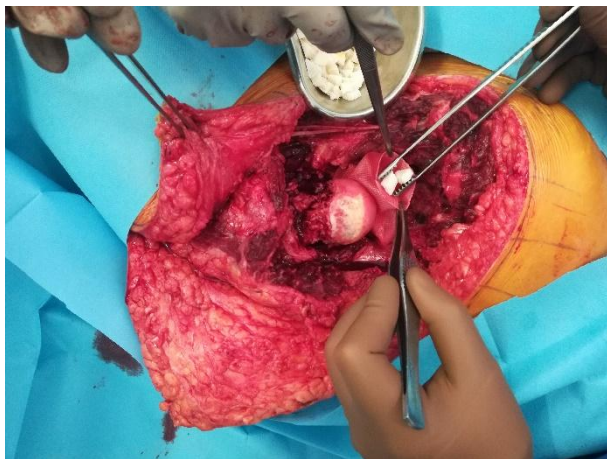


а



б

Рисунок 9.1 – Інтраопераційні фото видаленної пухлини періацебулярної ділянки кісток тазу en block (а), етап фіксації тканинної трубки до зпилу лобкової кістки (б).



а



б

Рисунок 9.2 – Інтраопераційні фото етапу наповнення тканинної трубки кістковими алоімплантатами у вигляді «чіпсів» (а), фіксації тканинної трубки до зпилу здухвинної кістки (б).



а



б

Рисунок 9.3 – Інтраопераційні фото етапу фіксації тканинної трубки на голівці та шийці стегнової кістки (а) та її фіксації шляхом підшивання до трубки з алоімплантатами (б).

Таким чином, застосуванням способу заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза за допомогою тканинних трубок із поліетилентерефталату та кісткових алоімплантатів виконується реконструкція кульшової западини та створюються умови для відновлення функції опори та ходи нижньої кінцівки. Великі міцнісні характеристики тканинної трубки у

поєднанні з кістковими алоімплантатами дають змогу отримати еквівалент кульшової западини та відновити функцію опори та ходи нижньої кінцівки. Даний комбінований імплантат має властивості остеоінтеграції та досить вираженої тканинної адгезії за рахунок наявності в його складі кісткових алоімплантаів та синтетичного матеріалу поліетилентерефталату відповідно, що створює умови до покращення механічних властивостей системи «стегнова кістка-імплантат-кістки тазу» із плином часу.

Застосування способу заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза дозволяє зменшити тривалість та травматичність оперативного втручання, відновити функцію опори та ходи нижньої кінцівки без застосування ендопротезів та інших конструкцій, значно зменшити ризик механічних післяопераційних ускладень.

Для визначення особливостей застосування даного розробленого способу, виявлення переваг та недоліків його застосування, попередньої оцінки клінічних та онкологічних результатів необхідно проведення клінічної апробації його використання.

10 РЕЗУЛЬТАТИ КЛІНІЧНОЇ АПРОБАЦІЇ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЗЛОЯКІСНИМИ ПУХЛИНАМИ ПЕРІАЦЕТАБУЛЯРНОЇ ДІЛЯНКИ КІСТОК ТАЗУ

Хірургічні втручання із використанням розробленої методики виконано у 9 пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу.

Первинні органозберігальні хірургічні втручання виконані у всіх пацієнтів. Усі вони були радикальними по відношенню до пухлини, у процесі видалення яких досягнуто рівня широкої резекції пухлини.

Середній термін спостереження за пацієнтами становив $(29,0 \pm 13,8)$ місяців (від 11,4 міс. до 52,6 міс.).

У цих хворих виконали заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза із використанням поліетилентерeftалатної трубки (Trevira tube, ImplanCast, Німеччина), яку попередньо наповнили кістковими алоімплантами у вигляді "чипсів", та фіксували трансосальними швами до опилів здухвинної та лобкової (сідничної) кісток, другою тканинною трубкою фіксували голівку стегнової кістки до попередньої трубки.

Ускладнення хірургічного лікування за Zeifang F. et al. (2004) розподілилися наступним чином [59].

Місцеві ускладнення ранового процесу, які складають тип А спостерігались у 44,4 % випадків (4). Із них проблеми із загоєнням ран, які не потребували ревізійних оперативних втручань склали 22,2 % випадків (2). Випадки «великих» інфекційних ускладнень склали 22,2 % (2), які потребували виконання неодноразових лікувальних заходів та хірургічних втручань спрямованих на ліквідацію запального процесу.

До типу В відносять ускладнення механічної природи (періпротезні переломи, механічне порушення роботи вузлів і вивих імплантату, нестабільність зчленування, переломи кісткових імплантатів). У досліджуваній групі даного типу ускладнень не виявлено.

Тип С складають системні ускладнення (ТЕЛА, гостра серцево-судинна недостатність і т.п.). У досліджуваній групі даного типу ускладнень не виявлено.

Тип D складають в основному неврологічні ускладнення, які також не були виявлені у хворих.

Місцевий рецидив пухлини складає тип E ускладнень. Цей тип ускладнень зустрічався у 22,2 % (2) випадків.

У сучасній онкоортопедії поряд з аналізом онкологічного результату лікування пацієнтів обов'язково застосовують методи оцінювання функціонального результату як показника, що безпосередньо вказує на якість життя хворого у віддаленому періоді після лікування. Для цього використовують низку шкал, найпоширенішими з яких є шкала асоціації скелетно-м'язових пухлин (Musculoskeletal Tumor Society Score, MSTS) [31].

Проаналізовано функціональні результати органозберігального хірургічного лікування 9 хворих із злоякісними пухлинами кісток тазу в терміни від 6 міс після операції з видалення пухлини.

Проведена оцінка функціональних результатів у 9 пацієнтів (7 чоловіків, 2 жінки) із терміном спостереження від 11 міс. до 4,4 років із використанням шкали MSTS. Медіана виживаності у пацієнтів склала 24,7 міс. Середній показник шкали MSTS для усіх пацієнтів становив $(52,6 \pm 20,0)$ % (від 20,0 % до 70,0 %). У чоловіків цей показник склав $(56,2 \pm 18,2)$ % (від 33,3 % до 83,3 %), у жінок - $(40,0 \pm 28,3)$ % (від 20,0 до 60,0 %).

У пацієнтів із хондросаркомою кісток тазу функціональні результати склали $(52,9 \pm 14,1)$ % (від 33,3 % до 70,0 %), з остеосаркомою - $(51,7 \pm 44,8)$ % (від 20,0 % до 83,3 %).

Клінічний приклад.

Хворий Р., 19 р., поступив у клініку ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» зі скаргами на біль у ділянці лівого кульшового суглоба. В результаті комплексного обстеження встановлено діагноз: центральна остеогенна саркома надацетабулярної ділянки лівої здухвинної кістки T₂N₀M₀, II ст., II кл.гр. (рис. 10.1 а, б). Пацієнту проведено курс неoad'ювантною поліміотерапії за схемою доксорубицин (75 мг/м²), цисплатин

(120 мг/м²). Надалі виконано оперативне лікування: видалення пухлини здухвинної кістки en block (рис. 10.1 а, б) шляхом резекції кісток тазу тип II, заміщення післярезекційного дефекту периацетабулярної ділянки тазу кістковими алоімплантатами та тканинною трубкою із поліетилентерефталату (рис. 10.2 в). Післяопераційний період пройшов без ускладнень, рана загоїлася первинни натягом. Хворий отримував ад'ювантну поліхіміотерапію із врахуванням ступеня лікувального патоморфозу за схемою: доксорубицин (75 мг/м²), цисплатин (120 мг/м²). Через 3 місяці після оперативного втручання хворий ходив за допомогою трості з навантаженням на ліву нижню кінцівку. Через 5 місяців – хода без додаткової опори (рис. 10.3 а, б, в, г). Функція у тазово-стегновому зчленуванні збережена у задовільному обсязі. Функціональні результати за шкалою MSTS склали – 25 балів (83,3 %) (рис. 10.4 а, б; рис. 6.5 а, б, в). Онкологічних та ортопедичних ускладнень за більше ніж 4 роки спостереження не виявлено.

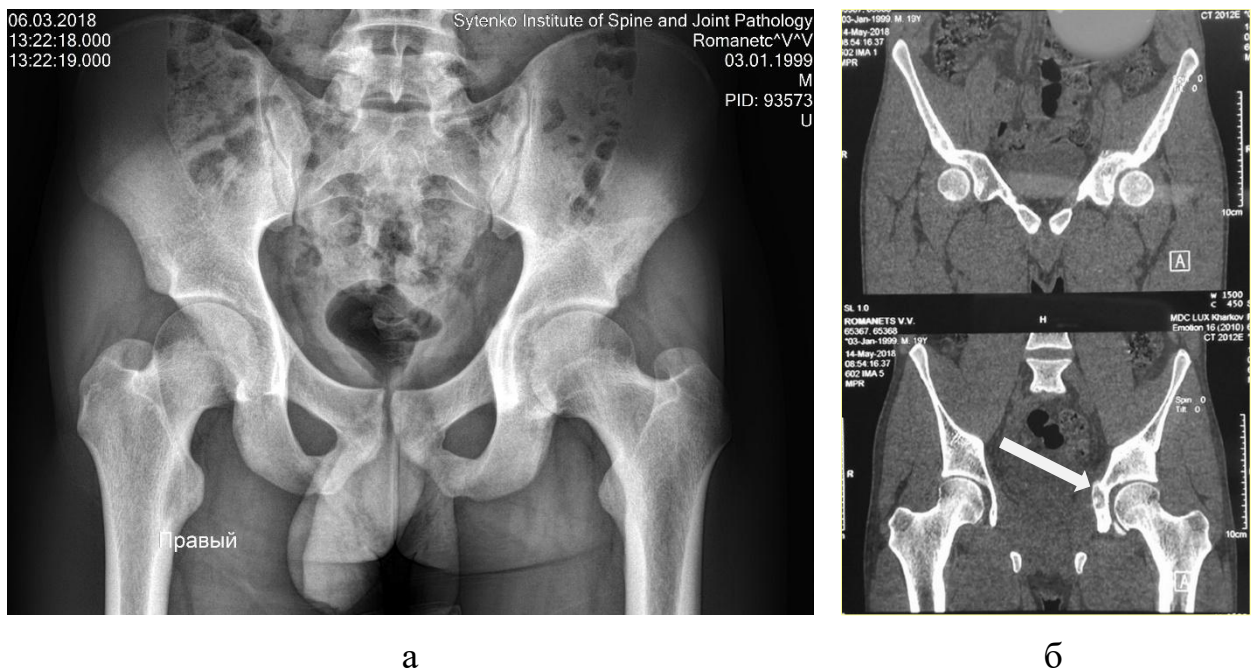


Рисунок 10.1 – Рентгенограма тазу (а) та скани СКТ тазу (б) пацієнта Р., 19 р. із пухлинним ураженням лівої здухвинної кістки (білою стрілкою вказано зону пухлинного ураження).

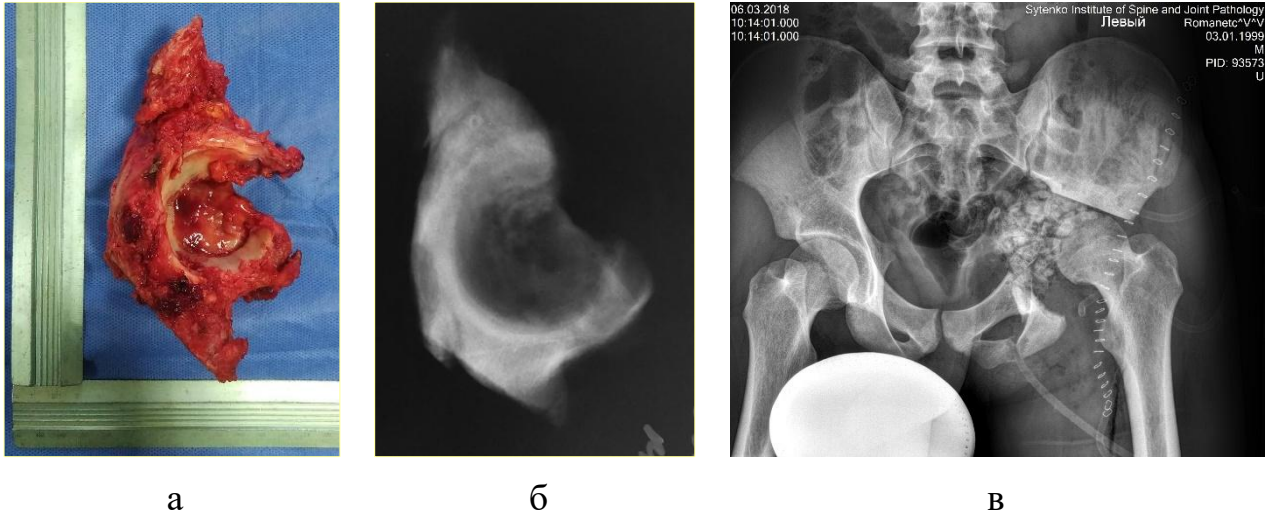


Рисунок 10.2 – Фото (а) та рентгенограма (б) видаленого препарату періацетабулярної ділянки кісток тазу, післяопераційна рентгенограма тазу (в) пацієнта Р., 19.



Рисунок 10.3 – Фото пацієнта Р., 19 р., через 6 міс. після хірургічного лікування: вид спереду (а), вид ззаду (б), демонстрація згинання у лівому тазово-стегновому зчленуванні (в), одноопорне стояння на лівій нижній кінцівці (г).



а



б

Рисунок 10.4 – Рентгенограма тазу (а) та СКТ 3D-реконструкція тазу (б) пацієнта Р. через 1,5 роки після хірургічного лікування.



а



б



в

Рисунок 10.5 – Фото пацієнта Р., через 1,5 р. після хірургічного лікування: вид спереду (а), одноопорне стояння на лівій нижній кінцівці (б), демонстрація згинання у лівому тазово-стегновому зчленуванні (в).

Оцінюючи функціональні результати у пацієнтів, в яких в ході видалення пухлини в зону резекції ввійшла кульшова западина бачимо, що ця ділянка має високу функціональну значимість в хірургії пухлин кісток тазу. Запропонована та клінічно апробована методика реконструкції періацетабулярних дефектів кісток тазу за показниками ускладнень та функціональних результатів показала задовільні результати. Дані результати доводять, що застосування даної методики може дати прийнятні результати як для лікування пухлин тазу із ураженням кульшової западини, так і для періацетабулярних дефектів кісток утворених внаслідок бойових ушкоджень даної ділянки та наслідків інфекційних та ускладнень механічного походження, в тому числі у разі ендопротезування кульшового суглобу.

11 ДОПОВНЕННЯ ПОКАЗАНЬ ДО ВИКОНАННЯ РЕКОНСТРУКТИВНИХ ОПЕРАТИВНИХ ВТРУЧАНЬ У ХІРУРГІЧНОМУ ЛІКУВАННІ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ПУХЛИНАМИ КІСТОК ТАЗУ

11.1 Визначення тактики лікування пацієнтів

Для визначення тактики та етапності лікування пацієнтів запроновані та доповнені диференційовані підходи до лікування хворих із пухлинами кісток тазу. На підставі отриманих клінічних даних і даних обстежень, визначали індивідуальний онкологічний і функціональний прогнози, етапність лікування і можливість виконання органозберігаючої операції за участю мультидисциплінарної команди у складі ортопеда, хіміотерапевта, морфолога, рентгенолога. Прогноз пацієнта ґрунтується на наступних критеріях:

- ступені диференціювання пухлини;
- локальній поширеності пухлинного процесу:
 - уражених сегментів тазової кістки;
 - залучених навколишніх м'яких тканин;
 - зв'язку з магістральними судинно-нервовими пучками;
 - прилеглими вісцеральними органами;
- оцінка вісцеральної дисемінації пухлини;
- оцінка можливості виконання радикальної операції;
- ефективність проведеного неoad'ювантного лікування.

Як сприятливий онкологічний прогноз розглядався очікуваний період тривалості життя пацієнта понад 1 рік, як якості проміжного прогнозу - від 6 місяців до 1 року, несприятливий прогноз визначали для пацієнтів з очікуваною тривалістю життя менше ніж 6 місяців.

Сприятливий функціональний прогноз після планованого хірургічного лікування розцінювався як можливість пацієнта повністю обслуговувати себе, пересуватися без сторонньої допомоги, але не здатний до нормальної діяльності або роботи та краще, низький ризик розвитку післяопераційних ускладнень. Несприятливий прогноз оцінювали як глибоку інвалідизацію пацієнта, який

потребує сторонньої допомоги, високий ризик розвитку післяопераційних ускладнень.

11.2 Диференційовані підходи до хірургічного лікування хворих із пухлинами кісток таза

Для визначення тактики хірургічного лікування у пацієнтів з пухлинами кісток таза застосовується класифікація, розроблена W.Enneking у 1978 р., в якій кістки таза поділяються на чотири зони [14]. Ця хірургічна класифікація найбільш часто застосовується в онкологічній ортопедії за рахунок простоти застосування і відображення основних типів хірургічних втручань, цією класифікацією описується і обсяг ураження кісток таза пухлиною, і обсяг резекції, що виконується.

Головною метою хірургічного лікування пацієнтів із пухлинами кісток таза є видалення пухлини єдиним блоком із радикальними («чистими») краями резекції, при цьому збереження кінцівки може забезпечити кращу функцію для пацієнта.

У випадках, коли органозберігаюче лікування з негативним краєм резекції неможливе, необхідно розглядати питання про виконання міжздухвинно-черевної ампутації (МЧА). Коли і цей обсяг неможливо виконати радикально, допустимо визнати випадок неоперабельним і рекомендувати симптоматичну терапію з урахуванням негативного прогнозу. Міжздухвинно-черевна ампутація залишається одним із найтравматичніших хірургічних втручань на організмі людини, але воно досі не втратило своєї актуальності, і показане пацієнтам із поширеними пухлинними процесами з масивним ураженням кісток таза, навколишніх м'яких тканин, залученням клубових судин, сідничного нерва, прилеглих вісцеральних органів (Рис. 11.1). Можливість виконувати цей обсяг хірургічного втручання повинна бути в арсеналі кожної клініки, яка займається лікуванням хворих із пухлинами опорно-рухової системи.



Рисунок 11.1 – Рентгенограма пацієнтки О., 62 р., № історії хвороби 95891 після виконання МЧА внаслідок хондросаркоми кісток тазу.

Альтернативою МЧА є також інвалідизуюча операція з видалення тазової кістки, без реконструкції, але зі збереженням кінцівки (Рис. 11.2). Цей тип операції показаний для пацієнтів із проміжним або несприятливим онкологічними прогнозами, у яких пухлина вражає цілком тазову кістку, але має невеликий м'якотканинний позакістковий компонент без залучення клубових судин, стегнового і сідничного нервів.



Рисунок 11.2 – Рентгенограма пацієнта Б., 18 р., № історії хвороби 75891 після виконання геміпельектомії із збереженням нижньої кінцівки внаслідок хондросаркоми кісток тазу.

Для пацієнтів із проміжним і несприятливим онкологічним прогнозом, у яких можливе збереження частини клубової кістки можуть виконуватися операції зі збереженням кінцівки і транспозицією стегнової кістки до зпилю клубової кістки зі створенням несправжнього суглоба за допомогою ортопедичних пропіленових сіток (Рис. 11.3). Цей вид операції забезпечує опороздатність кінцівки і мінімальну функцію за рахунок вимушеного вкорочення кінцівки.



Рисунок 11.3 – Рентгенограма пацієнта Б., 50 р., № історії хвороби 85891 після виконання резекції кісток тазу тип II-III із виконанням транспозиції стегнової кістки внаслідок хондросаркоми кісток тазу.

Пацієнтам із локалізацією пухлини в лонних кістках виконується резекція з порушенням тазового кільця (Рис. 11.4). Даний тип резекції не вимагає відновлення цілісності із застосуванням імплантатів, виконується реконструкція м'яких тканин за допомогою хірургічних сіток для профілактики розвитку гриж. За рахунок збереження цілісності кульшових суглобів забезпечується сприятливий функціональний прогноз. Пацієнти після таких операцій мають кращі функціональні результати.

Пацієнтам зі сприятливим онкологічним прогнозом і порушенням цілісності тазового кільця показано виконання реконструктивного етапу.

Застосування металополімерних конструкцій (металеві фіксатори для остеосинтеза в комбінації з кістковим цементом) — це можливість домогтися кращих функціональних результатів порівняно з хворими без реконструкції (Рис. 11.4). На даному етапі розвитку онкоортопедії показання до такого типу відновлення тазового кільця у разі первинних пухлин тазу постійно скорочуються на користь більш функціональних методів. Цей метод залишається актуальним у разі операбельних вторинних метастатичних уражень кісток тазу.



Рисунок 11.4 – Рентгенограма пацієнтки Д., 50 р., № історії хвороби 94017 після виконання резекції кісток тазу тип I-IV із заміщення післярезекційного дефекту металополімерною конструкцією.

За сприятливих онкологічного і функціонального прогнозів хворим рекомендується ендопротезування кісток тазу для забезпечення кращого функціонального результату. Із впровадженням у медицину комп'ютерного моделювання та адитивних технологій, з'явилася можливість створення індивідуальних імплантатів, які можуть застосовуватися при всіх типах резекцій кісток тазу (рис. 11.5). Цей метод лікування показаний для пацієнтів зі сприятливими онкологічним і функціональним прогнозами, низьким ризиком розвитку післяопераційних ускладнень.

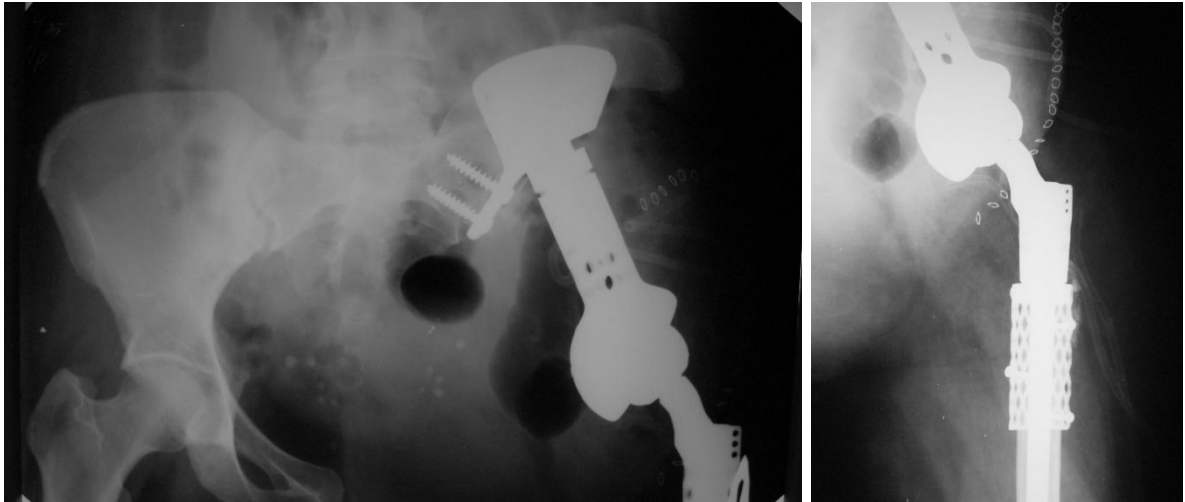


Рисунок 11.5 – Рентгенограми пацієнтки К., 45 р., № історії хвороби 73490 після виконання резекції кісток тазу тип II-III внаслідок хондросаркоми кісток тазу із заміщенням післярезекційного дефекту індивідуальним ендопротезом.

Головним недоліком індивідуального протезування є необхідність підбору оптимального рішення для кожного пацієнта, що вимагає додаткових людських і часових ресурсів.

Головною перевагою цього методу є модульність конструкції, яка може бути адаптована для будь-якого пацієнта; істотний недолік методу полягає в тому, що він показаний тільки для одного типу резекції (II-III), і відсутня можливість відновлення цілісності тазового кільця, вищий ризик інфекційних ускладнень в порівнянні із застосуванням нереконструктивних методик.

Як дієва альтернатива ендопротезуванню заміщення дефекту у разі резекцій II та II-III можливо виконати за допомогою тканинних трубок із поліетилентерефталату та кісткових алоімплантатів, коли виконується реконструкція кульшової западини та створюються умови для відновлення функції опори та ходи нижньої кінцівки. Міцнісні характеристики тканинної трубки у поєднанні з кістковими алоімплантатами дають змогу отримати еквівалент кульшової западини та відновити функцію опори та ходи нижньої кінцівки. Даний комбінований імплантат має властивості остеointegraції та досить вираженої тканинної адгезії за рахунок наявності в його складі кісткових алоімплантаів та синтетичного матеріалу поліетилентерефталату відповідно, що

створює умови до покращення механічних властивостей системи «стегнова кістка-імплантат-кістки тазу» із плином часу (рис. 11.6).

Застосування способу заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза дозволяє зменшити тривалість та травматичність оперативного втручання, відновити функцію опори та ходи нижньої кінцівки без застосування ендопротезів та інших конструкцій, значно зменшити ризик механічних післяопераційних ускладнень.



Рис. 11.6 – Рентгенограма пацієнта Р., 18 р., № історії хвороби 95573 після виконання резекції кісток тазу тип II внаслідок остеосаркоми кісток тазу та проведення реконструкції за допомогою кісткових алоімплантатів та тканинної трубки.

Після видалення масивних пухлин кісток таза, що залучають велику кількість м'язової тканини, показана реконструкція дефекту переміщеним шкірно-м'язово-фасціальним клапотом. У хірургії кісток таза найчастіше застосовують ректо-абдомінальний клапот, рідше застосовуються переміщені клапоті зі стегна, оскільки вони менш надійні. Ректо-абдомінальний клапот можна назвати «золотим стандартом» у реконструкції дефектів ділянки таза, який має рутинно використовуватися хірургом-онкоортопедом, без залучення фахівців реконструктивної хірургії. Застосування переміщених клапотів

спрямоване на надійне укриття імплантату і, як наслідок, зниження післяопераційних ускладнень, таких як крайовий некроз у ділянці післяопераційного рубця і глибокі інфекції. Також під час реконструкції дефектів м'яких тканин для профілактики вивиху вертлюжного компонента суглоба застосовують пропіленові ортопедичні сітки, для запобігання розвитку післяопераційних гриж — хірургічні сітки.

12 РЕЗУЛЬТАТИ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЗЛОЯКІСНИМИ ПУХЛИНАМИ КІСТОК ТАЗУ

Хірургічні втручання у 34 пацієнтів із злоякісними пухлинами кісток тазу поділялись на органозберігальні та екзартикуляції.

Первинні органозберігальні хірургічні втручання виконані 33 (97,1 %) пацієнтам. Усі вони були радикальними по відношенню до пухлини, у процесі видалення яких досягнуто рівня широкої резекції пухлини.

Міжздухвинно-черевну резекцію виконано 1 хворій (2,9 %) внаслідок великого обсягу пухлини та неможливості виконати органозберігальне втручання.

Середній термін спостереження за пацієнтами становив $(60,6 \pm 50,7)$ місяців (від 6,1 міс. до 170,3 міс.).

Половині пацієнтам (17 хворих), яким виконували органозберігальні операції після видалення пухлини реконструктивних хірургічних заходів не проводили. У 26,5 % (9) хворих виконали заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза із використанням поліетилентерeftалатної трубки (Trevira tube, ImplanCast, Німеччина), яку попередньо наповнили кістковими алоімплантатами у вигляді "чипсів", та фіксували трансосальними швами до опилів здухвинної та лобкової (або сідничної) кісток, другою тканинною трубкою фіксували голівку стегнової кістки до попередньої трубки.

У 2 пацієнтів (5,9 %) проведена транспозиція стегнової кістки до зпилу здухвинної кістки. Та по одному випадку (2,9 %) було виконано наступні види реконструктивних втручань:

- пластика видаленої стінки кульшової западини аутоотрансплантатом та тотальне безцементне ендопротезування кульшового суглобу;
- ілеофemorальний артродез;
- резекційна артропластика;
- заміщення дефекту кісток таза та проксимального відділу стегнової кістки (тип II-III-III) індивідуальним ендопротезом;

- використання тканинної трубки для утримання голівки стегнової кістки.

Ускладнення хірургічного лікування за Zeifang F. et al. (2004) розподілилися наступним чином [59].

Місцеві ускладнення ранового процесу, які складають тип А спостерігались у 41,2 % випадків (14). Із них проблеми із загоєнням ран, які не потребували ревізійних оперативних втручань склали 26,5 % випадків (9). Випадки інфекційних ускладнень склали 14,7 % (5). У всіх випадках виконувались неодноразові лікувальні заходи та хірургічні втручання спрямовані на ліквідацію запального процесу.

До типу В відносять ускладнення механічної природи (періпротезні переломи, механічне порушення роботи вузлів і вивих імплантату, переломи кісткових імплантатів). У досліджуваній групі даного типу ускладнень не виявлено.

Тип С складають системні ускладнення (ТЕЛА, гостра серцево-судинна недостатність і т.п.). Даний тип виявлено у 1 хворого у ранньому післяопераційному періоді, який закінчився летальним наслідком.

Тип D складають в основному неврологічні ускладнення, які були виявлені у 2 хворих після високих резекцій здухвинної кістки із залученням бокової маси крижової кістки (тип I та I-IV). Клінічні прояви даного типу ускладнень були у вигляді нейропатії стегнового та сідничного нервів.

Місцевий рецидив пухлини складає тип E ускладнень. Цей тип ускладнень зустрічався найчастіше і склав 44,1 % (15) всіх випадків.

Загалом за період онкологічного моніторингу 52,9 % (18) пацієнтів були під спостереженням без проявів захворювання. 20,6 % (7) пацієнтів знаходились під спостереженням із проявами продовження захворювання (наявність локального рецидиву та/або віддалених метастазів). 26,5 % (9) пацієнтів померли від онкологічних проявів захворювання або його ускладнень.

У сучасній онкоортопедії поряд з аналізом онкологічного результату лікування пацієнтів обов'язково застосовують методи оцінювання функціонального результату як показника, що безпосередньо вказує на якість

життя хворого у віддаленому періоді після лікування. Для цього використовують низку шкал, найпоширенішими з яких є шкала асоціації скелетно-м'язових пухлин (Musculoskeletal Tumor Society Score, MSTS) [31].

Проаналізовано функціональні результати органозберігального хірургічного лікування 31 хворих із злоякісними пухлинами кісток тазу в терміни від 6 міс після операції з видалення пухлини.

Критеріями включення пацієнтів у дослідження з оцінювання функціонального результату були:

- виконання органозберігального хірургічного втручання в обсязі резекція кісток тазу;
- термін спостереження після проведення хірургічного втручання не менше ніж 6 міс.

Проведена оцінка функціональних результатів у 31 пацієнта (20 чоловіків, 11 жінок) із терміном спостереження від 6 міс. до 14 років із використанням шкали MSTS Середній показник шкали MSTS для усіх пацієнтів становив $(54,3 \pm 22,0) \%$ (від 20,0 % до 100,0 %). У чоловіків цей показник склав $(69,7 \pm 22,3) \%$ (від 33,3 % до 100,0 %), у жінок - $(54,5 \pm 18,6) \%$ (від 20,0 до 86,7 %).

У пацієнтів із хондросаркомою кісток тазу функціональні результати склали $(64,0 \pm 20,5) \%$ (від 33,3 % до 100,0 %).

За типами резекції найкращі функціональні результати були у пацієнтів із резекцією тазу тип I. Вони склали $(87,0 \pm 12,3) \%$ (від 60,0 % до 100,0 %), на відміну від результатів у разі резекції тазу тип II-III – $(41,9 \pm 9,9) \%$ (від 20,0 % до 53,3 %).

Порівнюючи функціональні результати у пацієнтів, в яких в ході видалення пухлини в зону резекції ввійшла кульшова западина із пацієнтами, в яких операція видалення пухлини не торкнулася кульшової западини отримали статистично достовірно кращі показники згідно шкали MSTS у пацієнтів із збереженою кульшовою западиною (критерій U Манна-Уїтні, $U=18,5$, $Z=-3,97$, $p<0,001$). Середнє значення у пацієнтів (17) після резекції II та II+ склало $(50,0 \pm 15,4) \%$, а у пацієнтів (14) після резекцій кісток тазу I, I-IV та III типів склало $(81,7 \pm 15,3) \%$.

ВИСНОВКИ

1 Проведено аналіз розвитку хірургії у разі пухлин кісток тазу на основі літературних даних. В результаті проведеного порівняльного аналізу даних результатів хірургічного лікування хворих на пухлинні ураження кісток тазу було встановлено, що злоякісні пухлини кісток тазу із ураженням кульшової западини мають гірший прогноз в отриманні кращих функціональних результатів в порівнянні із такими, що не уражають периацетабулярну ділянку.

2 В результаті проведеного метааналізу встановлено, що реконструктивні методики заміщення периацетабулярної ділянки тазу та відновлення цілісності тазового кільця не мають статистично достовірної переваги у функціональних результатах за шкалою MSTS над методиками, які не відновлюють цілісність тазового кільця та кульшовий суглоб у разі лікування пухлин кісток тазу. Статистично доведено, що реконструктивні методики заміщення периацетабулярної ділянки тазу та відновлення цілісності тазового кільця показують достовірно вищий ризик інфекційних ускладнень в порівнянні з методиками, які не відновлюють цілісність тазового кільця та кульшовий суглоб у разі лікування пухлин кісток тазу.

3 На підставі дослідження результатів комп'ютерно-томографічного сканування у хворих із злоякісними пухлинами тазу виявлено особливості ураження кісток тазу: переважно літичний тип кісткового ураження (76,7 %); наявність позакісткового компоненту пухлини у 72,1 % хворих; відзначався найчастіше ендofітний вид росту пухлини (30,2 %), який у 7,0 % проявлявся в ураженні стінки сечового міхура та у 4,7 % випадків залучення у пухлинний процес магістральних судин.

4 За даними динамічного математичного моделювання із використанням інструменту для вирішення зворотної задачі динаміки на математичних скелетно-м'язових моделях (№ 2, № 3) тіла людини виявлено, що зміна анатомічних параметрів розташування стегнової кістки по відношенню до кісток тазу внаслідок проведення реконструкції дефекту у периацетабулярній ділянці має вплив не лише на сили, які рухають стегнову кістку, а й на всі інші сегменти нижньої кінцівки, а також на всі без виключення м'язи нижніх кінцівок.

Виявлено значне зниження сумарних сил, які діють на стегнову кістку, особливо, у сагітальній та фронтальній площинах (слабкість згинання та приведення стегна). Зменшення абсолютних параметрів зміщення стегнової кістки (модель № 3), а саме краніального, дорсального зміщень та медіалізації стегна призводила до зменшення різниці сумарних сил, в порівнянні із моделлю № 2 у суглобах кінцівки на 50 %. Моделювання на моделі № 3, в якій у разі періацетабулярного дефекту кісток тазу стегнова кістка зміщена та зафіксована краніально, проте із меншими в 2 рази в порівнянні із моделлю № 2 параметрами вкорочення, медіалізації та дорсального зміщення показало кращі функціональні показники м'язів нижньої кінцівки та тазового поясу.

5 Розроблено нову методику заміщення дефекту періацетабулярної ділянки кісток таза (патент України на корисну модель № 144210). Нова методика лікування хворих на пухлини тазу з ураженням періацетабулярної ділянки передбачає заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки кісток таза та забезпечує функцію опори та ходи нижньої кінцівки, що, в свою чергу, підвищує ефективність лікування хворих із пухлинами, шляхом покращення функціональних можливостей пацієнтів. Застосування способу заміщення післярезекційного дефекту періацетабулярної ділянки таза дозволяє зменшити тривалість та травматичність оперативного втручання, відновити функцію опори та ходи нижньої кінцівки без застосування ендопротезів та інших конструкцій, значно зменшити ризик механічних післяопераційних ускладень.

6. Періацетабулярна ділянка кісток тазу має високу функціональну значимість в хірургії кісток тазу. Запропонована та клінічно апробована методика реконструкції періацетабулярних дефектів кісток тазу за показниками ускладнень та функціональних результатів показала задовільні результати. Дані результати доводять, що застосування даної методики може дати прийнятні результати (середній показник шкали MSTS для усіх пацієнтів становив $(52,6 \pm 20,0) \%$ (від 20,0 % до 70,0 %) для лікування пухлин тазу із ураженням кульшової западини.

7. Розроблена методика передопераційного планування рівнів резекції кісток тазу у разі пухлинних уражень на основі комп'ютерно-томографічних

досліджень для забезпечення кращих онкологічних результатів хірургічного лікування. Ці дослідження візуалізації анатомічних структур дає змогу створювати математичні моделі пухлини, віртуально проводити резекції та реконструкції тазового кільця.

8. Запроновані та доповнені диференційовані підходи до лікування хворих із пухлинами кісток тазу для визначення тактики та етапності лікування пацієнтів на підставі клінічних даних і результатів обстежень із визначенням індивідуального онкологічного і функціонального прогнозів, етапності лікування і можливості виконання органозберігаючої операції.

9. Аналіз результатів лікування пацієнтів в клініці ДУ «ПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» виявив, що кращі функціональні результати спостерігалися у пацієнтів із пухлинними ураженнями, які не задіюють ділянку кульшової западини. Найкращі функціональні результати були у пацієнтів із резекцією тазу тип I. Вони склали $(87,0 \pm 12,3) \%$ від $60,0 \%$ до $100,0 \%$, на відміну від результатів у разі резекції тазу тип II-III – $(41,9 \pm 9,9) \%$ від $20,0 \%$ до $53,3 \%$. Відсоток інфекційних ускладнень, які потребували тривалого лікування склав $14,7 \%$, що не більше ніж по даним світових онкологічних центрів. Проте частота розвитку онкологічних ускладнень (локальних рецидивів) залишається значною ($44,1 \%$), що потребує додаткового лікування, в тому числі хірургічного, і тим самим в більшій мірі впливає на функціональні результати лікування хворих на злоякісні пухлини кісток тазу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Savariaud M. Un cas de disarticulation inter-ilioabdominale / M. Savariaud // *Rev Chir Paris*. — 1902. — Вип. 26. — С. 345–50.
2. Pringle J. H. The interpelvi-abdominal amputation / J. H. Pringle // *Br J Surg*. — 1916. — Вип. 4. — С. 283–96.
3. Kocher T. Text-book of operative surgery. Stiles H, Paul C, trans-editors / T. Kocher. — London : Adam and Charles Black, 1903. — 363 с.
4. Biagini R. Resection of the pelvis due to bone tumor. The first case treated in the Rizzoli Orthopedic Institute in 1914 / R. Biagini, P. Ruggieri // *Chir Organi Mov*. — 1986. — Вип. 71. — С. 69–73.
5. Gordon-Taylor G. The Interinnomino-abdominal operation: observations on a series of fifty cases / G. Gordon-Taylor, P. Wiles, D. Patey // *J Bone Jt. Surg Br*. — 1952. — Вип. 34-B:14–21.
6. Eilber F. Internal hemipelvectomy – excision of the hemipelvis with limb preservation. An alternative to hemipelvectomy / F. Eilber, T. Grant, D. Sakai, D. Morton // *Cancer*. — 1979. — Вип. 43. — С. 806–9.
7. Milch H. Partial resection of the ischium / H. Milch // *J Bone Jt. Surg*. — 1935. — Вип. 17. — С. 166–71.
8. Gordon-Taylor G. On malignant disease in the region of the hip-joint / G. Gordon-Taylor // *J R Coll Surg Edinb*. — 1959. — Вип. 5. — С. 1–21.
9. Dahlin D. Chondrosarcoma, a surgical and pathologic problem; review of 212 cases / D. Dahlin, E. Henderson // *J Bone Jt. Surg Am*. — 1956. — Вип. 38-A:1025–38.
10. Dahlin D. Osteogenic sarcoma: a study of 600 cases / D. Dahlin, M. Coventry // *J Bone Jt. Surg Am*. — 1967. — Вип. 49-A:101–10.
11. Bowden L. The principles and technique for resection of soft parts for sarcoma / L. Bowden, R. Booher // *Surgery*. — 1958. — Вип. 44. — С. 963–77.
12. Enneking W. A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma / W. Enneking, S. Spanier, M. Goodman // *Clin Orthop Relat Res*. — 1980. — Вип. 153. — С. 106–20.

13. Hawkins I. Improved musculoskeletal angiography with large volume contrast injection and priscoline / I. Hawkins, T. Hudson, W. Enneking // *Rev Interam Radiol.* — 1977. — Вып. 2. — С. 83–7.
14. Enneking W. F. Resection and reconstruction for primary neoplasms involving the innominate bone / W. F. Enneking, W. K. Dunham // *J Bone Jt. Surg Am.* — 1978. — Вып. 60, № 6. — С. 731–46.
15. Carter B. Unusual pelvic masses: a comparison of computed tomographic scanning and ultrasonography / B. Carter, P. Kahn, S. Wolpert // *Radiology.* — 1976. — Вып. 121. — С. 383–90.
16. Hudson T. Radiologic imaging of osteosarcoma: role in planning surgical treatment / T. Hudson, M. Schiebler, D. Springfield // *Skelet Radiol.* — 1983. — Вып. 10. — С. 137–46.
17. S. Haebich D. P. F. // *H. Int.* – W. Breidahl MRI and clinical analysis of hip abductor repair / L. McGonagle / D. P. F. // *H. Int.* – S. Haebich W. Breidahl. — 2015.
18. Subhawong K. Soft-tissue masses and masslike conditions: what does ct add to diagnosis and management? / K. Subhawong, E. K. Fishman, J. E. Swart // *AJR Am J Roentgenol.* — 2010. — Вып. 194, № 6. — С. .
19. / H. Pettersson D. J. H. [et al.] // *Radiology.* – T. Gillespy Primary musculoskeletal tumors: examination with MR imaging compared with conventional modalities / D. J. H. [et al.] // *Radiology.* – / H. Pettersson T. Gillespy. — 1987.
20. G T. W. Soft-tissue tumors: MR imaging / T. W. G, J. K. L. // *Radiology.* – / W. G. Totty W. A. Murphy. — 1986.
21. Teixeira P. A. G. Musculoskeletal wide detector CT: principles, techniques and applications in clinical practice and research / P. A. G. Teixeira, A. Gervaise, M. Louis // *J Radiol.* — 2015. — Вып. 84, № 5. — С. .
22. Verga L. Accuracy and role of contrast-enhanced CT in diagnosis and surgical planning in 88 soft tissue tumours of extremities / L. Verga, E. M. B. D. Prever, A. Linari // *Radiol.* — 2016. — Вып. 26, № 7. — С. .

23. Pring M. Chondrosarcoma of the pelvis. A review of sixty-four cases / M. Pring, K. Weber, K. Unni, F. Sim // *J Bone Jt. Surg Am.* — 2001. — Вып. 83-A:1630–42.
24. Cortes E. Amputation and Adriamycin in primary osteosarcoma / E. Cortes, J. Holland, J. Wang // *N Engl J Med.* — 1974. — Вып. 291. — С. 998–1000.
25. Rosen G. Ewing's sarcoma: ten-year experience with adjuvant chemotherapy / G. Rosen, B. Caparros, A. Nirenberg // *Cancer.* — 1981. — Вып. 47. — С. 2204–13.
26. Tefft M. Local control and survival related to radiation dose and volume and to chemotherapy in non-metastatic Ewing's sarcoma of pelvic bones / M. Tefft, A. Razek, C. Perez // *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* — 1978. — Вып. 4. — С. 367–72.
27. Brunshwig A. Complete excision of pelvic viscera for abdominal carcinoma / A. Brunshwig // *Cancer.* — 1948. — Вып. 1. — С. 177–88.
28. Dowdy S. Radical pelvic resection and intraoperative radiation therapy for recurrent endometrial cancer: technique and analysis of outcomes / S. Dowdy, A. Mariani, W. Cliby // *Gynecol Oncol.* — 2006. — Вып. 101. — С. 280–6.
29. Magrini S. Sacropelvic resection and intraoperative electron irradiation in the management of recurrent anorectal cancer / S. Magrini, H. Nelson, L. L. Gunderson, F. H. Sim // *Colon Rectum.* — 1996. — Вып. 39. — С. 1–9.
30. Colibaseanu D. Extended sacropelvic resection for locally recurrent rectal cancer: can it be done safely and with good oncologic outcomes? / D. Colibaseanu, E. Dozois, K. Mathis, P. Rose // *Colon Rectum.* — 2014. — Вып. 57. — С. 47–55.
31. Enneking W. A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system / W. Enneking, W. Dunham, M. Gebhart // *Clin Orthop Relat Res.* — 1993. — Вып. 286. — С. 241–6.
32. Schwartz A. J. The Friedman-Eilber resection arthroplasty of the pelvis / A. J. Schwartz, P. Kiatisevi, F. C. Eilber, та ін. // *Clin Orthop Relat Res.* — 2009. — Вып. 467, № 11. — С. 2825–30.
33. O'Connor M. Salvage of the limb in the treatment of pelvic tumors / M. O'Connor, F. Sim // *J Bone Jt. Surg Am.* — 1989. — Вып. 71. — С. 481–94.

34. Marco R. A. Functional and oncological outcome of acetabular reconstruction for the treatment of metastatic disease / R. A. Marco, D. S. Sheth, P. J. Boland, та ін. // *J. Bone Joint Surg. Am.* — 2000. — Вип. 82, № 5. — С. 642–651.
35. Çevik B. Management of metastatic bone disease of the pelvis: current concepts / B. Çevik, P. Ruggieri, P. Giannoudis // *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* — 2023. — С. 1–18.
36. Efrima B. Favorable outcomes of navigated percutaneous ablation and cementoplasty of bone metastasis in the extremities and pelvis—a case series of 13 cases / B. Efrima, A. Benady, J. Ovadia, та ін. // *J. Orthop. Surg. Hong Kong.* — 2023. — Вип. 31. — С. 10225536231171046.
37. Fuchs B. Iliofemoral arthrodesis and pseudarthrosis: a long-term functional outcome evaluation / B. Fuchs, M. I. O'Connor, K. R. Kaufman, та ін. // *Clin Orthop Relat Res.* — 2002. — Вип. 397. — С. 29–35.
38. Harrington K. D. The use of hemipelvic allografts or autoclaved grafts for reconstruction after wide resections of malignant tumors of the pelvis / K. D. Harrington // *J Bone Jt. Surg Am.* — 1992. — Вип. 74, № 3. — С. 331–41.
39. Aboulaflia A. J. Reconstruction using the saddle prosthesis following excision of primary and metastatic periacetabular tumors / A. J. Aboulaflia, R. Buch, J. Mathews, та ін. // *Clin Orthop Relat Res.* — 1995. — Вип. 314. — С. 203–13.
40. Donati D. Clinical and functional outcomes of the saddle prosthesis / D. Donati, G. D'Apote, M. Boschi // *J Orthop Traumatol.* — 2012. — Вип. 13. — С. 79–88.
41. Angelini A. Resection and reconstruction of pelvic bone tumors / A. Angelini, T. Calabro, E. Pala // *Orthopedics.* — 2015. — Вип. 38. — С. 87–93.
42. Brown T. S. Reconstruction of the hip after resection of periacetabular oncological lesions: a systematic review / T. S. Brown, C. G. Salib, P. S. Rose, та ін. // *Bone Jt. J.* — 2018. — Вип. 100-B, № 1_Supple_A. — С. 22–30.
43. Hu X. Pelvic-girdle reconstruction with three-dimensional-printed endoprostheses after limb-salvage surgery for pelvic sarcomas: current landscape / X. Hu, M. Lu, Y. Zhang, та ін. // *Br. J. Surg.* — 2023. — Вип. 110.
44. Karim S. What are the functional results and complications from allograft reconstruction after partial hemipelvectomy of the pubis? / S. Karim, M. Colman,

- S. Lozano-Calderon // *Clin Orthop Relat Res.* — 2015. — Вып. 473. — С. 1442–8.
45. Beadel G. P. Iliosacral resection for primary bone tumors: is pelvic reconstruction necessary? / G. P. Beadel, C. E. McLaughlin, F. Aljassir // *Clin Orthop Relat Res.* — 2005. — Вып. 438. — С. 22–9.
46. Houdek M. Outcomes and complications of reconstruction with use of free vascularized fibular graft for spinal and pelvic defects following resection of a malignant tumor / M. Houdek, P. Rose, K. Bakri // *J Bone Jt. Surg Am.* — 2017. — Вып. 99:e69.
47. Grimer R. Hindquarter amputation: is it still needed and what are the outcomes? / R. Grimer, C. Chandrasekar, S. Carter // *Bone Jt. J.* — 2013. — Вып. 95-B:127–31.
48. Sherman C. Survival, local recurrence, and function after pelvic limb salvage at 23 to 38 years followup / C. Sherman, M. O'Connor, F. Sim // *Clin Orthop Relat Res.* — 2012. — Вып. 470. — С. 712–27.
49. Kralovek M. Prosthetic rehabilitation after hip disarticulation or hemipelvectomy / M. Kralovek, M. Houdek, K. Andrews // *Am J Phys Med Rehabil.* — 2015. — Вып. 94. — С. 1035–40.
50. Meazza C. Axial osteosarcoma: a 25-year monoinstitutional experience in children and adolescents / C. Meazza, R. Luksch, P. Daolio // *Med Oncol.* — 2014. — Вып. 31, № 875.
51. Ahmed S. Pelvis Ewing sarcoma: local control and survival in the modern era / S. Ahmed, S. Robinson, C. Arndt // *Pediatr Blood Cancer.* — 2017. — Вып. 64:e26504.
52. Indelicato D. Impact of local management on long-term outcomes in Ewing tumors of the pelvis and sacral bones: the University of Florida experience / D. Indelicato, S. Keole, A. Shahlaee // *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* — 2008. — Вып. 72. — С. 41–8.
53. Bacci G. Localized Ewing's sarcoma of bone: ten years' experience at the Istituto Ortopedico Rizzoli in 124 cases treated with multimodal therapy / G. Bacci, P.

- Picci, F. Gherlinzoni // *Eur J Cancer Clin Oncol.* — 1985. — Вип. 21. — С. 163–73.
54. Wilkins R. Ewing's sarcoma of bone. Experience with 140 patients / R. Wilkins, D. Pritchard, E. Burgert, K. Unni // *Cancer.* — 1986. — Вип. 58. — С. 2551–5.
55. Yock T. Local control in pelvic Ewing sarcoma: analysis from INT-0091 – a report from the Children's Oncology Group / T. Yock, M. Krailo, C. Fryer // *J Clin Oncol.* — 2006. — Вип. 24. — С. 3838–43.
56. Kniesl J. S. Bone / J. S. Kniesl, A. E. Rosenberg, P. M. Anderson ; Amin M. B., Edge S., Greene D. — Chicago : Springer, 2018.
57. Bus M. P. A. LUMiC® Endoprosthetic Reconstruction After Periacetabular Tumor Resection: Short-term Results / M. P. A. Bus, A. Szafranski, S. Sellevold, та ін. // *Clin. Orthop.* — 2017. — Вип. 475, № 3. — С. 686–695.
58. Henderson E. R. Classification of failure of limb salvage after reconstructive surgery for bone tumours: a modified system including biological and expandable reconstructions / E. R. Henderson, M. I. O'Connor, P. Ruggieri, та ін. // *Bone Jt. J.* — 2014. — Вип. 96-B, № 11. — С. 1436–1440.
59. Zeifang F. Complications following operative treatment of primary malignant bone tumours in the pelvis / F. Zeifang, M. Buchner, A. Zahltenhinguranage, та ін. // *Eur. J. Surg. Oncol.* — 2004. — Вип. 30, № 8. — С. 893–899.
60. Picci P. Relationship of chemotherapy-induced necrosis and surgical margins to local recurrence in osteosarcoma. / P. Picci, L. Sangiorgi, B. T. Rougraff, та ін. // *J. Clin. Oncol.* — 1994. — Вип. 12, № 12. — С. 2699–2705.
61. Cartiaux O. Surgical inaccuracy of tumor resection and reconstruction within the pelvis: An experimental study / O. Cartiaux, P.-L. Docquier, L. Paul, та ін. // *Acta Orthop.* — 2008. — Вип. 79, № 5. — С. 695–702.
62. Krettek C. Computer aided tumor resection in the pelvis / C. Krettek, J. Geerling, L. Bastian, та ін. // *Injury.* — 2004. — Вип. 35, № 1. — С. 79–83.
63. Hufner T. New indications for computer-assisted surgery: tumor resection in the pelvis / T. Hufner, K. M Jr, M. Galanski // *Clin Orthop Relat Res.* — 2004. — Вип. 426. — С. 219–25.

64. Kim D. Sacral Reconstruction with a 3D-Printed Implant after Hemisacrectomy in a Patient with Sacral Osteosarcoma: 1-Year Follow-Up Result / D. Kim, J.-Y. Lim, K.-W. Shim, та ін. // *Yonsei Med. J.* — 2017. — Вип. 58, № 2. — С. 453.
65. Wong K. V. A Review of Additive Manufacturing / K. V. Wong, A. Hernandez // *ISRN Mech. Eng.* — 2012. — Вип. 2012. — С. 1–10.
66. Mankovich N. J. The display of three-dimensional anatomy with stereolithographic models / N. J. Mankovich, A. M. Cheeseman, N. G. Stoker // *J. Digit. Imaging.* — 1990. — Вип. 3, № 3. — С. 200–203.
67. Kotrych D. 3D printing for patient-specific implants in musculoskeletal oncology / D. Kotrych, A. Angelini, A. Bohatyrewicz, P. Ruggieri // *EFORT Open Rev.* — 2023. — Вип. 8. — С. 331–339.
68. Thadani V. N. The evolution of three-dimensional technology in musculoskeletal oncology / V. N. Thadani, M. J. Riaz, G. Singh // *J. Clin. Orthop. Trauma.* — 2018. — Вип. 9, № 3. — С. 269–274.
69. Pelizzari C. A. Volumetric visualization of anatomy for treatment planning / C. A. Pelizzari, R. Grzeszczuk, G. T. Y. Chen, та ін. // *Int. J. Radiat. Oncol.* — 1996. — Вип. 34, № 1. — С. 205–211.
70. Fishman E. K. Three-dimensional imaging. / E. K. Fishman, D. Magid, D. R. Ney, та ін. // *Radiology.* — 1991. — Вип. 181, № 2. — С. 321–337.
71. Kösling S. Diagnostic value of 3 D CT surface reconstruction in spinal fractures / S. Kösling, K. Dietrich, R. Steinecke, та ін. // *Eur. Radiol.* — 1997. — Вип. 7, № 1. — С. 61–64.
72. Sun Y. [Navigated percutaneous placement of iliosacral screws using intraoperative three-dimensional imaging] / Y. Sun, M. Citak, D. Kendoff, та ін. // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* — 2008. — Вип. 88, № 45. — С. 3226–3229.
73. Karmonik C. Comparison of velocity patterns in an AComA aneurysm measured with 2D phase contrast MRI and simulated with CFD / C. Karmonik, R. Klucznik, G. Benndorf // *Technol. Health Care.* — 2008. — Вип. 16, № 2. — С. 119–128.
74. Hou A. H. Modalities for imaging of prostate cancer / A. H. Hou, D. Swanson, A. B. Barqawi // *Adv. Urol.* — 2009. — Вип. 2009. — С. 818065.

75. Matsumoto J. S. 3-Dimensional Printed Anatomic Models as Planning Aids in Complex Oncology Surgery / J. S. Matsumoto, J. M. Morris, P. S. Rose // *JAMA Oncol.* — 2016. — Вып. 2, № 9. — С. 1121.
76. Tiwari A. Computer navigation assisted tumor surgery for internal hemipelvectomy - Early experience / A. Tiwari, A. Yadlapalli, V. Verma // *J. Clin. Orthop. Trauma.* — 2021. — Вып. 13. — С. 63–65.
77. Iwamoto Y. Three-dimensional MRI reconstructions of musculoskeletal tumors: A preliminary evaluation of 2 cases / Y. Iwamoto, Y. Oda, H. Tsumura, та ін. // *Acta Orthop. Scand.* — 1995. — Вып. 66, № 1. — С. 80–83.
78. Page M. J. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews / M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, та ін. // *BMJ.* — 2021. — Вып. 372. — С. n71.
79. Egger M. Meta-analysis: principles and procedures / M. Egger, G. D. Smith, A. N. Phillips // *BMJ.* — 1997. — Вып. 315, № 7121. — С. 1533–1537.
80. Cook D. J. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions / D. J. Cook, C. D. Mulrow, R. B. Haynes // *Ann. Intern. Med.* — 1997. — Вып. 126, № 5. — С. 376–380.
81. Delp S. L. OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement / S. L. Delp, F. C. Anderson, A. S. Arnold, та ін. // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* — 2007. — Вып. 54, № 11. — С. 1940–1950.
82. Rajagopal A. Full-Body Musculoskeletal Model for Muscle-Driven Simulation of Human Gait / A. Rajagopal, C. L. Dembia, M. S. DeMers, та ін. // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* — 2016. — Вып. 63, № 10. — С. 2068–2079.
83. Millard M. Flexing computational muscle: modeling and simulation of musculotendon dynamics / M. Millard, T. Uchida, A. Seth, S. L. Delp // *J. Biomech. Eng.* — 2013. — Вып. 135, № 2. — С. 021005.
84. Hill A. V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle / A. V. Hill // *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B - Biol. Sci.* — 1938. — Вып. 126, № 843. — С. 136–195.

85. Hatze H. A comprehensive model for human motion simulation and its application to the take-off phase of the long jump / H. Hatze // *J. Biomech.* — 1981. — Вып. 14, № 3. — С. 135–142.
86. Zajac F. E. Muscle and tendon: properties, models, scaling, and application to biomechanics and motor control / F. E. Zajac // *Crit. Rev. Biomed. Eng.* — 1989. — Вып. 17, № 4. — С. 359–411.
87. Silva M. P. T. Solution of Redundant Muscle Forces in Human Locomotion with Multibody Dynamics and Optimization Tools / M. P. T. Silva, J. A. C. Ambrósio // *Mech. Based Des. Struct. Mach.* — 2003. — Вып. 31, № 3. — С. 381–411.
88. Arora J. S. Introduction to optimization / J. S. Arora // *Optim. Struct. Mech. Syst.* — WORLD SCIENTIFIC, 2007. — С. 1–34.
89. Chen X. Development of a surgical navigation system based on 3D Slicer for intraoperative implant placement surgery / X. Chen, L. Xu, H. Wang, та ін. // *Med. Eng. Phys.* — 2017. — Вып. 41. — С. 81–89.
90. Buser T. J. The Natural Historian's Guide to the CT Galaxy: Step-by-Step Instructions for Preparing and Analyzing Computed Tomographic (CT) Data Using Cross-Platform, Open Access Software / T. J. Buser, O. F. Boyd, Á. Cortés, та ін. // *Integr. Org. Biol.* — 2020. — Вып. 2, № 1. — С. obaa009.
91. García-Sevilla M. Augmented Reality as a Tool to Guide PSI Placement in Pelvic Tumor Resections / M. García-Sevilla, R. Moreta-Martinez, D. García-Mato, та ін. // *Sensors.* — 2021. — Вып. 21, № 23. — С. 7824.
92. Mavrogenis A. F. Pelvic Resections / A. F. Mavrogenis, K. Soultanis, P. Patapis, та ін. // *Orthopedics.* — 2012. — Вып. 35, № 2.
93. Yasko A. W. Surgical management of primary bone sarcomas / A. W. Yasko, M. E. Johnson // *Hematol Oncol Clin North Am.* — 1995. — Вып. 9. — С. 719–31.
94. Gradinger R. Endoprothetischer Teilersatz des Beckens bei malignen Tumoren / R. Gradinger, H. Rechl, R. Ascherl // *Orthopade.* — 1993. — Вып. 22. — С. 167–73.
95. Gordley K. Supercharged internal hemipelvectomy that enhances flap perfusion and decreases wound-healing complications / K. Gordley, R. Marco, M. Klebuc // *Orthopedics.* — 2008. — Вып. 31, № 12.

96. Dick H. M. Infection of massive bone allografts / H. M. Dick, R. J. Strauch // Clin Orthop Relat Res. — Вип. 1994. — С. 46–53.
97. Wuisman P. Allograft-Rekonstruktion nach Resektion muskuloskeletaler Tumoren / P. Wuisman, S. Sugihara // Maligne Knochentumoren Aktueller Stand Diagn. Ther. — Berlin : Logos Verlag, 1997. — С. 93–100.
98. Knox K. Immediate reconstruction of oncologic hemipelvectomy defects / K. Knox, I. Bitzos, M. Granick, та ін. // Ann Plast Surg. — 2006. — Вип. 57, № 2. — С. 184–9.
99. Bensaïd S. Surgical site infection after pelvic bone and soft tissue sarcoma resection: Risk factors, microbiology, and impact of extended postoperative antibiotic prophylaxis / S. Bensaïd, A. Contejean, P. Morand, та ін. // J. Surg. Oncol. — 2023. — Вип. 128.
100. Windhager R. Limb salvage in periacetabular sarcomas: review of 21 consecutive cases / R. Windhager, J. Karner, H. P. Kutschera, та ін. // Clin Orthop Relat Res. — 1996. — Вип. 331. — С. 265–76.
101. Shih L. Y. Limb salvage surgery for locally aggressive and malignant bone tumors / L. Y. Shih, T. S. Chen, W. H. Lo // J Surg Oncol. — 1993. — Вип. 53. — С. 154–60.
102. O'Connor M. I. Malignant pelvic tumors: limb-sparing resection and reconstruction / M. I. O'Connor // Semin Surg Oncol. — 1997. — Вип. 13. — С. 49–54.
103. Masterson E. L. Hindquarter amputation for pelvic tumors / E. L. Masterson, A. M. Davis, J. S. Wunder, R. S. Bell // Clin Orthop Relat Res. — 1998. — Вип. 350. — С. 187–94.
104. Papagelopoulos P. J. Amputative sacral resections / P. J. Papagelopoulos, A. F. Mavrogenis, P. S. Rose, M. J. Yaszemski ; Sim F. H., Choong P. F. M., Weber K. L. — New York : Lippincott Williams & Wilkins, 2011. — 93–100 с.
105. Rose P. S. Classification of spinopelvic resections: oncologic and reconstructive implications / P. S. Rose, M. J. Yaszemski, M. B. Dekutoski. — Boston, MA : 2009.

106. Enneking W. F. The anatomic considerations in tumor surgery: pelvis / W. F. Enneking // *Musculoskelet. Tumor Surg.* / Enneking W. F. — New York : Churchill Livingstone, 1983. — С. 483–529.
107. EU C. III Pelvis / C. EU III, S. D, P. TD ; Simon M. A., Springfield D. — Philadelphia, PA : Lipincott-Raven, 1998. — 323–41 с.
108. Karakousis C. P. Variants of hemipelvectomy and their complications / C. P. Karakousis, L. J. Emrich, D. L. Driscoll // *Am J Surg.* — 1989. — Вып. 158, № 5. — С. 404–8.
109. Campanacci M. Pelvic resections: the Rizzoli Institute experience / M. Campanacci, R. Capanna // *Orthop Clin North Am.* — 1991. — Вып. 22, № 1. — С. 65–86.
110. Hillmann A. Tumors of the pelvis: complications after reconstruction / A. Hillmann, C. Hoffmann, G. Gosheger, та ін. // *Arch Orthop Trauma Surg.* — 2003. — Вып. 123. — С. 340–4.
111. Operative Treatment of Pelvic Tumors / ed. H. E. Takahashi, ed. T. Morita, ed. T. Hotta, ed. A. Ogose. — Tokyo : Springer Japan, 2003. — ISBN 978-4-431-66867-1.
112. Laitinen M. K. Resection of the ilium in patients with a sarcoma: should the pelvic ring be reconstructed? / M. K. Laitinen, M. C. Parry, J. I. Albergo, та ін. // *Bone Jt. J.* — 2017. — Вып. 99-B, № 4. — С. 538–543.
113. Puri A. Results of surgical resection in pediatric pelvic tumors / A. Puri, A. Gulia, M. Pruthi // *J. Pediatr. Orthop. B.* — 2013. — Вып. 22, № 1. — С. 24–29.
114. Ogura K. Pelvic ring reconstruction with a double-barreled free vascularized fibula graft after resection of malignant pelvic bone tumor / K. Ogura, M. Sakuraba, S. Miyamoto, та ін. // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* — 2015. — Вып. 135, № 5. — С. 619–625.
115. Delloye C. Pelvic Reconstruction with a Structural Pelvic Allograft After Resection of a Malignant Bone Tumor / C. Delloye, X. Banse, V. Brichard, та ін. // 2007. — Вып. 89, № 3. — С. 10.

116. Deloin X. Pelvic chondrosarcomas: Surgical treatment options / X. Deloin, V. Dumaine, D. Biau, та ін. // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* — 2009. — Вип. 95, № 6. — С. 393–401.
117. Puri A. Outcomes after limb sparing resection in primary malignant pelvic tumors / A. Puri, M. Pruthi, A. Gulia // *Eur. J. Surg. Oncol. EJSO.* — 2014. — Вип. 40, № 1. — С. 27–33.
118. Han I. Outcome after Surgical Treatment of Pelvic Sarcomas / I. Han, Y. M. Lee, H. S. Cho, та ін. // *Clin. Orthop. Surg.* — 2010. — Вип. 2, № 3. — С. 160.
119. Farfalli G. L. Oncologic and clinical outcomes in pelvic primary bone sarcomas treated with limb salvage surgery / G. L. Farfalli, J. I. Albergo, L. E. Ritacco, та ін. // *Musculoskelet. Surg.* — 2015. — Вип. 99, № 3. — С. 237–242.
120. Zhang Y. Malignant Pelvic Tumors Involving the Sacrum: Surgical Approaches and Procedures Based on a New Classification: Surgery Pelvic Tumors Involving Sacrum / Y. Zhang, W. Guo, R. Yang, та ін. // *Orthop. Surg.* — 2016. — Вип. 8, № 2. — С. 150–161.
121. Ozaki T. High complication rates with pelvic allografts: Experience of 22 sarcoma resections / T. Ozaki, A. Hillmann, D. Bettin, та ін. // *Acta Orthop. Scand.* — 1996. — Вип. 67, № 4. — С. 333–338.
122. Court C. Surgical excision of bone sarcomas involving the sacroiliac joint / C. Court, L. Bosca, A. Le Cesne, та ін. // *Clin Orthop Relat Res.* — 2006. — Вип. 451. — С. 189–94.
123. Wirbel R. J. Chondrosarcoma of the Pelvis: Oncologic and Functional Outcome / R. J. Wirbel, M. Schulte, B. Maier, та ін. // *Sarcoma.* — 2000. — Вип. 4, № 4. — С. 161–168.
124. Traub F. Biological Reconstruction Following the Resection of Malignant Bone Tumors of the Pelvis / F. Traub, D. Andreou, M. Niethard, та ін. // *Sarcoma.* — 2013. — Вип. 2013. — С. 1–7.
125. Ji T. Iliosacral Bone Tumor Resection Using Cannulated Screw-Guided Gigli Saw - A Novel Technique / T. Ji, B. Z. J. Chin, X. Tang, та ін. // *World J. Surg. Oncol.* — 2021. — Вип. 19, № 1. — С. 243.

126. Yu Z. Pelvic Reconstruction With a Novel Three-Dimensional-Printed, Multimodality Imaging Based Endoprosthesis Following Enneking Type I + IV Resection / Z. Yu, W. Zhang, X. Fang, та ін. // *Front. Oncol.* — 2021. — Вип. 11. — С. 629582.
127. Lex J. R. Dedifferentiated chondrosarcoma of the pelvis: clinical outcomes and current treatment / J. R. Lex, S. Evans, J. D. Stevenson, та ін. // *Clin. Sarcoma Res.* — 2018. — Вип. 8, № 1. — С. 23.
128. Kollender Y. Internal hemipelvectomy for bone sarcomas in children and young adults: surgical considerations / Y. Kollender, S. Shabat, J. Bickels, та ін. // *Eur. J. Surg. Oncol. EJSO.* — 2000. — Вип. 26, № 4. — С. 398–404.
129. Puchner S. E. Oncological and surgical outcome after treatment of pelvic sarcomas / S. E. Puchner, P. T. Funovics, C. Böhler, та ін. // *PLOS ONE.* — 2017. — Вип. 12, № 2. — С. e0172203.
130. Isakoff M. S. Poor Survival for Osteosarcoma of the Pelvis: A Report from the Children's Oncology Group / M. S. Isakoff, D. A. Barkauskas, D. Ebb, та ін. // *Clin. Orthop.* — 2012. — Вип. 470, № 7. — С. 2007–2013.
131. Donati D. Surgical treatment and outcome of conventional pelvic chondrosarcoma / D. Donati, A. E. Ghoneimy, F. Bertoni, та ін. // *J. Bone Joint Surg. Br.* — 2005. — Вип. 87-B, № 11. — С. 1527–1530.
132. Campanacci D. Pelvic massive allograft reconstruction after bone tumour resection / D. Campanacci, S. Chacon, N. Mondanelli, та ін. // *Int. Orthop.* — 2012. — Вип. 36, № 12. — С. 2529–2536.
133. Capanna R. Periacetabular pelvic resections / R. Capanna, N. Guernelli, P. Ruggieri // *Limb Salvage Musculoskelet. Oncol.* / Enneking W. F. — New York : Churchill Livingstone, 1987. — С. 141–6.
134. Menendez L. R. Reconstructive considerations for limb salvage surgery / L. R. Menendez, L. S. Nichter // *Orthop Clin North Am.* — 1993. — Вип. 24, № 3. — С. 511–21.
135. Yuen A. Research: Is resection of tumours involving the pelvic ring justified? A review of 49 consecutive cases / A. Yuen, E. T. Ek, P. F. Choong // *Int Semin Surg Oncol.* — 2005. — Вип. 2, № 1.

136. Guo Z. Pelvic reconstruction with a combined hemipelvic prostheses after resection of primary malignant tumor / Z. Guo, J. Li, G. X. Pei, та ін. // *Surg Oncol.* — 2010. — Вип. 19, № 2. — С. 95–105.
137. Guo W. Reconstruction with Modular Hemipelvic Prostheses for Periacetabular Tumor / W. Guo, D. Li, X. Tang, та ін. // *Clin. Orthop.* — 2007. — Вип. 461. — С. 180–188.
138. CA P. II Tibia-hindfoot osteomusculocutaneous rotationplasty with calcaneopelvic arthrodesis for extensive loss of bone from the proximal part of the femur. A report of two cases / P. CA II, K. LD, W. MB // *J Bone Jt. Surg Am.* — 1997. — Вип. 79. — С. 1504–9.
139. Nagoya S. Reconstruction and limb salvage using a free vascularised fibular graft for periacetabular malignant bone tumours / S. Nagoya, M. Usui, T. Wada, та ін. // *J Bone Jt. Surg Br.* — 2000. — Вип. 82. — С. 1121–4.
140. Sakuraba M. Pelvic ring reconstruction with the doublebarreled vascularized fibular free flap / M. Sakuraba, Y. Kimata, H. Iida, та ін. // *Plast Reconstr Surg.* — 2005. — Вип. 116. — С. 1340–5.
141. Yajima H. Twin-barrelled vascularized fibular grafting to the pelvis and lower extremity / H. Yajima, S. Tamai // *Clin Orthop Relat Res.* — 1994. — Вип. 303. — С. 178–84.
142. Yu G. Microsurgical fibular flap for pelvic ring reconstruction after periacetabular tumor resection / G. Yu, F. Zhang, J. Zhou, та ін. // *J Reconstr Microsurg.* — 2007. — Вип. 23. — С. 137–42.
143. Kong G. Y. Reconstruction after external hemipelvectomy using tibia-hindfoot rotationplasty with calcaneo-sacral fixation / G. Y. Kong, H. A. Rudiger, E. T. Ek, та ін. // *Int Semin Surg Oncol.* — 2008. — Вип. 5, № 1.
144. Bruns J. Cost analysis of three different surgical procedures for treatment of a pelvic tumour / J. Bruns, S. Luessenhop, P. Behrens // *Langenbecks Arch Surg.* — 1998. — Вип. 383. — С. 359–63.
145. Kamal A. F. Outcomes of pelvic resection from malignant pelvic tumors. A case series / A. F. Kamal, M. Wahyudi, Y. Prabowo // *Int. J. Surg. Open.* — 2019. — Вип. 16. — С. 34–39.

146. Salzer M. Hemipelvectomy (amputation interileoabdominalis, hindquarter amputation) / M. Salzer // *Wien Klin Wochenschr.* — 1965. — Вып. 77. — С. 330–1.
147. Takami M. Functional evaluation of flail hip joint after periacetabular resection of the pelvis / M. Takami, M. Ieguchi, K. Takamatsu, та ін. // *Osaka City Med J.* — 1997. — Вып. 43. — С. 173–83.
148. Gebert C. Hip transposition as a universal surgical procedure for periacetabular tumors of the pelvis / C. Gebert, G. Gosheger, W. Winkelmann // *J Surg Oncol.* — 2009. — Вып. 99, № 3. — С. 169–72.
149. Zhang L. Hip Transposition Can Provide Early Walking Function After Periacetabular Tumor Resection: A Multicenter Study / L. Zhang, S. Iwata, M. Saito, та ін. // *Clin. Orthop.* — 2023. — Вып. Publish Ahead of Print.
150. Winkelmann W. A new surgical method in malignant tumors of the ilium / W. Winkelmann // *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* — 1988. — Вып. 126. — С. 671–4.
151. Rödl R. Correction of leg-length discrepancy after hip transposition / R. Rödl, G. Gosheger, B. Leidinger, та ін. // *Clin Orthop Relat Res.* — 2003. — Вып. 416. — С. 271–7.
152. Hoffmann C. Functional results and quality of life after treatment of pelvic sarcomas involving the acetabulum / C. Hoffmann, G. Gosheger, C. Gebert, та ін. // *J Bone Jt. Surg Am.* — 2006. — Вып. 88. — С. 575–82.
153. Bell R. S. Allograft Reconstruction of the Acetabulum after Resection of Stage-II B Sarcoma: Intermediate-Term Results* / R. S. Bell, A. M. Davis, J. S. Wunder, та ін. // *J. Bone Joint Surg. Am.* — 1997. — Вып. 79, № 11. — С. 1663–1674.
154. Langlais F. Long-term results of hemipelvis reconstruction with allografts / F. Langlais, J. C. Lambotte, H. Thomazeau // *Clin Orthop Relat Res.* — 2001. — Вып. 388. — С. 178–86.
155. Mankin H. J. Clinical experience with allograft implantation. The first ten years / H. J. Mankin, S. Doppelt, W. Tomford // *Clin Orthop Relat Res.* — 1983. — Вып. 174. — С. 69–86.

156. Satcher, R. L. Reconstruction of the Pelvis After Resection of Tumors About the Acetabulum: / R. L. Satcher, R. J. O'Donnell, J. O. Johnston // Clin. Orthop. — 2003. — Вып. 409. — С. 209–217.
157. G V. S. Extracorporeally irradiated autografts in pelvic reconstruction after malignant tumour resection / V. S. G, U. D, P. B, та ін. // Int Orthop. — 2002. — Вып. 26. — С. 174–8.
158. Gradinger R. Resection, reconstruction, local control, and survival statistics / R. Gradinger, H. Rechl, H. E. P. osteosarcoma // Clin Orthop Relat Res. — 1991. — Вып. 270. — С. 149–58.
159. Harrington K. D. Limb salvage and prosthetic joint reconstruction for low-grade and selected highgrade sarcomas of bone after wide resection and replacement by autoclaved [corrected] autogenetic grafts / K. D. Harrington, J. O. Johnston, H. N. Kaufer, та ін. // Clin Orthop Relat Res. — 1986. — Вып. 211. — С. 180–214.
160. Mnaymneh W. A case report with a followup evaluation of 5.5 years / W. Mnaymneh, T. Malinin, L. G. Mnaymneh, R. D. P. allograft // Clin Orthop Relat Res. — 1990. — Вып. 255. — С. 128–32.
161. Friedlaender G. E. Bone allografts: the biological consequences of immunological events / G. E. Friedlaender // J Bone Jt. Surg Am. — 1991. — Вып. 73. — С. 1119–22.
162. Tomford W. W. A study of the clinical incidence and causes of infection associated with their use / W. W. Tomford, J. Thongphasuk, H. J. Mankin, F. M. J. F. allografts // J Bone Jt. Surg Am. — 1990. — Вып. 72. — С. 1137–43.
163. Zhang H. Y. Surgical techniques for total sacrectomy and spinopelvic reconstruction / H. Y. Zhang, I. Thongtrangan, R. S. Balabhadra // Neurosurg Focus. — 2003. — Вып. 15, № 2.
164. Schwameis E. Reconstruction of the Pelvis After Tumor Resection in Children and Adolescents: / E. Schwameis, M. Dominkus, P. Krepler, та ін. // Clin. Orthop. — 2002. — Вып. 402. — С. 220–235.
165. Hornicek F. J. Factors affecting nonunion of the allografthost junction / F. J. Hornicek, M. C. Gebhard, W. W. Tomford // Clin Orthop Relat Res. — 2001. — Вып. 382. — С. 87–98.

166. Yoshida Y. Analysis of limb function after various reconstruction methods according to tumor location following resection of pediatric malignant bone tumors / Y. Yoshida, S. Osaka, Y. Tokuhashi // *World J Surg Oncol.* — 2010. — Вып. 19, № 39.
167. Delloye C. Bone banking in orthopaedic surgery / C. Delloye ; Gallinaro P., Lemaire R. — Paris : Elsevier, 2000. — 55–61 с.
168. Wafa H. The use of extracorporeally irradiated autografts in pelvic reconstruction following tumour resection / H. Wafa, R. J. Grimer, L. Jeys, та ін. // *Bone Jt. J.* — 2014. — Вып. 96-B, № 10. — С. 1404–1410.
169. Ippolito J. Outcomes following periacetabular tumor resection: A 25-year institutional experience / J. Ippolito, J. Thomson, K. Beebe, та ін. // *J. Surg. Oncol.* — 2020. — С. jso.26088.
170. Wang J. Three-dimensional-printed custom-made hemipelvic endoprosthesis for the revision of the aseptic loosening and fracture of modular hemipelvic endoprosthesis: a pilot study / J. Wang, L. Min, M. Lu, та ін. // *BMC Surg.* — 2021. — Вып. 21, № 1. — С. 262.
171. Ayvaz M. Long-Term Results of Reconstruction with Pelvic Allografts after Wide Resection of Pelvic Sarcomas / M. Ayvaz, S. Bekmez, M. U. Mermerkaya, та ін. // *Sci. World J.* — 2014. — Вып. 2014. — С. 1–6.
172. Angelini A. Analysis of principles inspiring design of three-dimensional-printed custom-made prostheses in two referral centres / A. Angelini, D. Kotrych, G. Trovarelli, та ін. // *Int Orthop.* — 2020. — Вып. 44, № 5. — С. 00264-020-04523-.
173. Lei B V. The use of the saddle prosthesis for reconstruction of the hip joint after tumor resection of the pelvis / V. Lei B, H. HJ, V. RP, та ін. // *J Surg Oncol.* — 1992. — Вып. 50. — С. 216–9.
174. Nieder E. The saddle prosthesis for salvage of the destroyed acetabulum / E. Nieder, R. A. Elson, E. Engelbrecht, та ін. // *J Bone Jt. Surg Br.* — 1990. — Вып. 72. — С. 1014–22.

175. Angelini A. Three-dimension-printed custom-made prosthetic reconstructions: from revision surgery to oncologic reconstructions / A. Angelini, G. Trovarelli, A. Berizzi, та ін. // *Int. Orthop.* — 2019. — Вип. 43, № 1. — С. 123–132.
176. Schoellner C. Pedestal cup operation in acetabular defects after hip cup loosening. A progress report / C. Schoellner, D. Schoellner // *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* — 2000. — Вип. 138. — С. 215–21.
177. Uchida A. Prosthetic reconstruction for periacetabular malignant tumors / A. Uchida, A. Myoui, N. Araki, та ін. // *Clin Orthop Relat Res.* — 1996. — Вип. 326, № 238–45. — С. 77.
178. Windhager R. Surgical therapy of pelvis and spine in primary malignant bone tumors / R. Windhager, H. Welkerling, N. Kastner, P. Krepler // *Orthopade.* — 2003. — Вип. 32. — С. 971–82.
179. Dai K. R. Computeraided custom-made hemipelvic prosthesis used in extensive pelvic lesions / K. R. Dai, M. N. Yan, Z. A. Zhu, Y. H. Sun // *J Arthroplast.* — 2007. — Вип. 22, № 7. — С. 981–6.
180. Wirbel R. J. Surgical treatment of pelvic sarcomas: oncologic and functional outcome / R. J. Wirbel, M. Schulte, W. E. Mutschler // *Clin Orthop Relat Res.* — 2001. — Вип. 390. — С. 190–205.
181. Wirbel R. J. Megaprosthesis replacement of the pelvis: Function in 17 cases / R. J. Wirbel, M. Schulte, B. Maier, W. E. Mutschler // *Acta Orthop. Scand.* — 1999. — Вип. 70, № 4. — С. 348–352.
182. Aljassir F. Outcome after Pelvic Sarcoma Resection Reconstructed with Saddle Prosthesis / F. Aljassir, G. P. Beadel, R. E. Turcotte, та ін. // *Clin. Orthop.* — 2005. — № 438. — С. 6.
183. Fujiwara T. Navigation-assisted pelvic resections and reconstructions for periacetabular chondrosarcomas / T. Fujiwara, Y. Kaneuchi, J. Stevenson, та ін. // *Eur. J. Surg. Oncol.* — 2021. — Вип. 47, № 2. — С. 416–423.
184. Wang J. What are the Complications of Three-dimensionally Printed, Custom-made, Integrative Hemipelvic Endoprostheses in Patients with Primary Malignancies Involving the Acetabulum, and What is the Function of These

- Patients? / J. Wang, L. Min, M. Lu, та ін. // Clin. Orthop. — 2020. — Вип. 478, № 11. — С. 2487–2501.
185. Cottias P. Complications and functional evaluation of 17 saddle prostheses for resection of periacetabular tumors / P. Cottias, C. Jeanrot, T. S. Vinh, та ін. // J Surg Oncol. — 2001. — Вип. 78. — С. 90–100.
186. Jansen J. A. Poor Long-term Clinical Results of Saddle Prosthesis After Resection of Periacetabular Tumors / J. A. Jansen, M. A. J. van de Sande, P. D. S. Dijkstra // Clin. Orthop. — 2013. — Вип. 471, № 1. — С. 324–331.
187. Toma C. Pedestal cups for acetabular and pelvic defects following tumor resection. A new approach to an old problem / C. Toma, B. Kubista, P. Funovics, та ін. // Abstr. Book 13th ISOLS Korea. — 2005. — С. 148.
188. Bus M. P. Clinical outcome of pedestal cup endoprosthetic reconstruction after resection of a peri-acetabular tumour / M. P. Bus, E. J. Boerhout, J. A. Brammer, P. D. Dijkstra // Bone Jt. J. — 2014. — Вип. 96. — С. 1706–12.
189. Barrientos-Ruiz I. Reconstruction after hemipelvectomy with the ice-cream cone prosthesis: what are the shortterm clinical results? / I. Barrientos-Ruiz, E. Ortiz-Cruz, M. Peleteiro-Pensado // Clin Orthop Relat Res. — 2016. — Вип. 475. — С. 735–41.
190. Hipfl C. Pelvic reconstruction following resection of malignant bone tumours using a stemmed acetabular pedestal cup / C. Hipfl, C. Stihsen, S. E. Puchner, та ін. // Bone Jt. J. — 2017. — Вип. 99-В, № 6. — С. 841–848.
191. Rudert M. Partial pelvic resection (internal hemipelvectomy) and endoprosthetic replacement in periacetabular tumors / M. Rudert, B. M. Holzapfel, H. Pilge, та ін. // Oper Orthop Traumatol. — 2012. — Вип. 24. — С. 196–214.
192. Shao Q. D. Internal hemipelvectomy with reconstruction for primary pelvic neoplasm: a systematic review: Hemipelvectomy reconstruction: review / Q. D. Shao, X. Yan, J. Y. Sun, T. M. Xu // ANZ J. Surg. — 2015. — Вип. 85, № 7–8. — С. 553–560.
193. McMinn D. J. A stemmed acetabular cup for complex hip arthroplasty / D. J. McMinn, P. Grigoris, P. Roberts // J Bone Jt. Surg Br. — 1993. — Вип. 75-В:123.

194. Stihsen C. Review of the outcomes of complex acetabular reconstructions using a stemmed acetabular pedestal component / C. Stihsen, C. Hipfl, B. Kubista // *Bone Jt. J.* — 2016. — Вып. 98-B:772–9.
195. Fisher N. E. Ice-cream cone reconstruction of the pelvis: a new type of pelvic replacement: early results / N. E. Fisher, J. T. Patton, R. J. Grimer // *J Bone Jt. Surg Br.* — 2011. — Вып. 93-B:684–8.
196. Issa S.-P. Pelvic reconstructions following peri-acetabular bone tumour resections using a cementless ice-cream cone prosthesis with dual mobility cup / S.-P. Issa, D. Biau, A. Babinet, та ін. // *Int. Orthop.* — 2018. — Вып. 42, № 8. — С. 1987–1997.
197. Bohm P. Re-implantation of autoclaved bone segments in musculoskeletal tumor surgery. Clinical experience in 9 patients followed for 1.1–8.4 years and review of the literature / P. Bohm, R. Springfield, H. Springer // *Arch Orthop Trauma Surg.* — 1998. — Вып. 118. — С. 57–65.
198. Chen T. H. Reconstruction after intercalary resection of malignant bone tumours: comparison between segmental allograft and extracorporeally irradiated autograft / T. H. Chen, W. M. Chen, C. K. Huang // *J Bone Jt. Surg Br.* — 2005. — Вып. 87. — С. 704–9.
199. Guest C. B. Allograft-implant composite reconstruction following periacetabular sarcoma resection / C. B. Guest, R. S. Bell, A. Davis, та ін. // *J Arthroplast.* — 1990. — Вып. 5, № Suppl.
200. Jeon D. G. Reconstruction with pasteurized autograft total hip prosthesis composite for periacetabular tumors / D. G. Jeon, M. S. Kim, W. H. Cho, та ін. // *J Surg Oncol.* — 2007. — Вып. 96. — С. 493–502.
201. Manabe J. Pasteurized autologous bone graft in surgery for bone and soft tissue sarcoma / J. Manabe, A. R. Ahmed, N. Kawaguchi, та ін. // *Clin Orthop Relat Res.* — 2004. — Вып. 419. — С. 258–66.
202. Tsuchiya H. Reconstruction using an autograft containing tumour treated by liquid nitrogen / H. Tsuchiya, S. L. Wan, K. Sakayama, та ін. // *J Bone Jt. Surg Br.* — 2005. — Вып. 87. — С. 218–25.

203. Yamamoto N. Effects of liquid nitrogen treatment on the proliferation of osteosarcoma and the biomechanical properties of normal bone / N. Yamamoto, H. Tsuchiya, K. Tomita // *J Orthop Sci.* — 2003. — Вып. 8. — С. 374–80.
204. Bhattacharya S. Post hemipelvectomy incisional hernia / S. Bhattacharya, S. Biswas // *Hernia.* — 2008. — Вып. 13, № 4. — С. 435–7.
205. J D. T. Posthemipelvectomy hernia / D. T. J, M. JM, F. E // *Hernia.* — 2005. — Вып. 9, № 4. — С. 375–7.
206. Guo W. Surgical treatment of pelvic chondrosarcoma involving periacetabulum / W. Guo, D. Li, X. Tang, T. Ji // *J Surg Oncol.* — 2010. — Вып. 101. — С. 160–5.
207. Frassica F. J. Ewing sarcoma of the pelvis / F. J. Frassica, D. A. Frassica, D. J. Pritchard // *Clin. Featur. Treat. J Bone Jt. Surg Am.* — 1993. — Вып. 75, № 10. — С. 1457–65.
208. Ruggieri P. Metastases of the pelvis: does resection improve survival? / P. Ruggieri, A. F. Mavrogenis, A. Angelini, M. Mercuri // *Orthopedics.* — 2011. — Вып. 34, № 7.
209. Wang W. Pelvic Reconstruction With Allogeneic Bone Graft After Tumor Resection / W. Wang, W. Z. Bi, J. Yang, та ін. // *Acta Ortop Bras.* — С. 5.
210. Fujiwara T. Limb-salvage reconstruction following resection of pelvic bone sarcomas involving the acetabulum / T. Fujiwara, M. R. Medellin Rincon, A. Sambri, та ін. // *Bone Jt. J.* — 2021. — Вып. 103-B, № 4. — С. 795–803.
211. Bus M. P. A. Conventional Primary Central Chondrosarcoma of the Pelvis: Prognostic Factors and Outcome of Surgical Treatment in 162 Patients / M. P. A. Bus, D. A. Campanacci, J. I. Albergo, та ін. // *J. Bone Jt. Surg.* — 2018. — Вып. 100, № 4. — С. 316–325.