

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

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

СУВОРОВ ВАСИЛЬ ЛЕОНІДОВИЧ

УДК: 617-089.844

**ДИСЕРТАЦІЙНА РОБОТА:
«КОРЕКЦІЯ АЦЕТАБУЛЯРНОЇ ДИСПЛАЗІЇ У ПАЦІЄНТІВ
ВІКОВОГО ПЕРІОДУ РАНЬОГО ДИТИНСТВА: КЛІНІКО-
РЕНТГЕНОЛОГІЧНЕ ТА БІОМЕХАНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ
ЗАСТОСУВАННЯ ОСТЕОТОМІЙ ТАЗА»**

22 «Охорона здоров'я»; 222 - медицина

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

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

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник:

Філіпчук Віктор Васильович

д.мед.наук

Київ - 2023

АНОТАЦІЯ

Суворов В.Л. Корекція ацетабулярної дисплазії у пацієнтів вікового періоду раннього дитинства: клініко-рентгенологічне та біомеханічне обґрунтування застосування остеотомій таза. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 222 «Медицина». – Державна Установа «Інститут Ортопедії та Травматології НАМН України», Київ, 2023.

Робота є фрагментом науково-дослідної роботи ДУ «Інститут Ортопедії та Травматології НАМН України» (державний реєстраційний номер - 0123U100307)

Дисертація присвячена покращенню результатів хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії при дисплазії кульшового суглобу (ДКС) із застосуванням реконструктивних остеотомій таза у пацієнтів молодше 6 років. Покращення результатів лікування планується реалізувати шляхом проведення метааналізу результатів після застосування реконструктивних остеотомій таза та аналізу факторів ризику цих оперативних втручань; оцінки тривимірної морфології кульшової западини у дітей молодше 6 років з урахуванням віку та статі; математичного та експериментального моделювання реконструктивних остеотомій таза у пацієнтів 2 та 6 років, проведення аналізу результатів та факторів ризику після застосування остеотомії таза за Salter; опису модифікованої остеотомії таза за Salter (яка дає можливість покращувати перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках) та не має недоліків вже наявних реконструктивних остеотомій таза, які застосовуються у пацієнтів віком до 6 років; порівняння результатів після застосування модифікованої остеотомії таза за Salter із класично описаною методикою згідно даних літератури та власною контрольною групою дослідження.

Відомо, що ДКС є однією з найпоширеніших патологій кульшового суглоба в практиці дитячого ортопеда [Kotzias N., 2014; Amir R. V., 2017]. За

відсутності лікування дана патологія призводить до виникнення раннього остеоартрозу кульшового суглобу та потребуватиме в подальшому проведення ендопротезування кульшового суглобу у пацієнтів молодого віку [John C. C., 2011; Stephanie Pun, 2016]. Таким чином, важливим є питання раннього та ефективного лікування ДКС.

У пацієнтів молодшого віку (які ще не почали самотійно ходити) консервативне лікування є ефективним [Anthony P.C., 2014], однак у пацієнтів, які почали самотійно ходити, більш ефективним є оперативне лікування [Chen Q., 2015]. Враховуючи те, що провідним морфофункціональним елементом ДКС є ацетабулярна дисплазія [Moraleda, L., 2013; Carsi, M. B., 2015], застосування остеотомії таза є патогенетично обумовленим. І дійсно, при порівнянні різних опцій оперативного втручання для лікування ДКС найкращі результати були досягнуті саме після застосування остеотомії таза [Kothari A., 2016]. Три реконструктивні остеотомії таза (за Salter, Dega, Pemberton) на сьогодні широко застосовуються для оперативного лікування ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років; всі ці остеотомії таза застосовуються у дітей тієї самої вікової групи без якихось диференційованих показань чи рекомендацій [Sales de Gauzy, J., 2010]. Відповідно до цього виникає певна низка невизначених питань щодо коректного застосування вищевказаних остеотомій таза, як методу оперативного лікування ацетабулярної дисплазії у пацієнтів віком до 6 років.

Першим є питання щодо післяопераційних результатів: яка з вищезазначених остеотомій таза здатна забезпечити кращі післяопераційні результати? Відомо, що раніше проводились спроби порівняння вищезгаданих остеотомій таза [López-Carreño, E., 2008; El-Sayed, M., 2012; Wang, C.-W., 2013; Ahmed K., 2013; Bayhan, I. A., 2016; Wang, C.-W., 2016; Badrinath, R., 2019], однак результати цих досліджень є суперечливими та в жодному з досліджень не проводилося порівняння всіх трьох вищезгаданих остеотомій таза.

Наступним є питання щодо наявності факторів ризику, які можуть призводити до гірших післяопераційних результатів. До таких факторів ризику відносять вік пацієнта (старший або молодший відповідно до остеотомії таза) [Umer M., 2007; López-Carreño, E., 2008; El-Sayed, M., 2012; El-Sayed, M. M. H., 2015; Gather, K. S., 2018] та більшу ступінь деформації кульшової западини (за даними передопераційних показників ацетабулярного кута – [Kaneko, H., 2014]). Однак вплив цих факторів ризику є дискутабельним [Tukenmez, M., 2007; Baghdadli T, 2018; Czubak J., 2018]. Також до факторів ризику відносять недостатню реорієнтацію дистального фрагмента клубової кістки (згідно певних рентгенологічних параметрів) під час виконання остеотомії таза [Kitoh, H., 2009; Chang, C.-H., 2015]. Однак у цих працях вивчалися лише рентгенографічні показники та не проводилась кореляція з іншими потенційними факторами ризику.

Недостатньо висвітленим у літературі є питання вивчення тривимірної морфології кульшової западини у дітей віком до 6 років, хоча саме в цей віковий період відбувається найбільш активний розвиток кульшової западини та є показання для застосування всіх трьох вищезгаданих остеотомій таза. Попередньо 3-D морфологія кульшової западини описувалась лише у дорослих [Tannenbaum E., 2014; Peterson J.B., 2015; Edwards K., 2020]. Однак з точки зору коректного передопераційного планування та покращення післяопераційних результатів після застосування остеотомії таза, необхідним є знання нормальної 3-D морфології кульшової западини у дітей віком до 6 років, розуміння процесу розвитку западини та знання статевих відмінностей у процесі її розвитку.

Також на сьогодні немає досліджень, які б оцінювали біомеханічні зміни, що відбуваються в кістковій та хрящовій тканинах таза під час виконання вищезгаданих остеотомій таза. Відповідно до цього виникають певні питання щодо поділу вищезазначених остеотомій таза на ті, що змінюють форму та ті, що змінюють просторову орієнтацію кульшової западини [Sales de Gauzy, J., 2010; Heimkes, B., 2018]), та виникають питання

щодо локалізації «класичних» шарнірних точок під час виконання цих оперативних втручань [Thompson, A., 2015; Czubak J., 2018]. Додатково розуміння біомеханічних процесів, які відбуваються під час проведення остеотомії таза, дає і розуміння того, які структури таза є в зоні ризику пошкодження та чи є можливим одночасне двобічне застосування або комбінація вищезгаданих остеотомій таза.

Важливим та невирішеним питанням щодо застосування вищевказаних остеотомій таза є відсутність «універсальної» реконструктивної остеотомії таза, яка б дозволяла покращувати перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках, не мала недоліків вже наявних остеотомій таза та давала кращі результати [Plaster R. L., 1991; El-Sayed, M., 2012; Wang, C.-W., 2013; Chunho C., 2016].

У цій дисертаційній роботі було проведено пошук відповідей на всі вищезазначені питання та проведено спробу систематизувати знання щодо застосування реконструктивних остеотомій таза для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів молодше ніж 6 років. Для вивчення результатів після застосування остеотомії таза та визначення факторів ризику було проведено систематичний огляд літератури та метааналіз післяопераційних результатів із визначенням факторів ризику. Також було досліджено середньо- та довгострокові результати після застосування остеотомії таза за Salter у 17 пацієнтів (22 кульшові суглоби) із вивченням потенційних факторів ризику, які можуть залежати та не залежати від хірурга. Для проведення систематичного огляду та метааналізу було проведено пошук статей у бібліографічній базі даних «PubMed». З-поміж знайдених 1259 тез для подальшого аналізу було відібрано 51 статтю. З вибраних статей було вилучено наступні дані: середній вік пацієнта; середній термін спостереження; клініко-рентгенологічні результати; показники ацетабулярного кута (індексу) до, після операції та під час контрольного огляду; частоту виникнення АНГСК. Після проведення статистичної обробки даних не було виявлено кращої остеотомії таза з точки зору післяопераційних

результатів. Однак було виявлено, що кращу корекцію деформації кульшової западини можна досягти за допомогою остеотомії таза за Pemberton у порівнянні з остеотомією таза за Dega. Кращі результати було виявлено у пацієнтів молодше 3 років після застосування остеотомії таза за Salter та у пацієнтів молодше 3 та 4 років після застосування остеотомії таза за Dega. Було виявлено статистично значущий вплив віку пацієнта на післяопераційні результати після застосування остеотомії таза за Salter та за Dega та вплив ступеня деформації кульшової западини на післяопераційні результати після застосування остеотомії таза за Pemberton. За оцінкою результатів після остеотомії таза за Salter виявлено, що відсоток віддалених відмінних та гарних клінічних та рентгенологічних результатів становив 95,5% та 86,4% відповідно; середній показник корекції ацетабулярного індексу дорівнював $15,4 \pm 6,8^\circ$. При визначенні факторів ризику, які не залежать від хірурга, було виявлено, що старший вік пацієнта, вища ступінь ДКС за класифікацією Tonnis та більша величина деформації кульшової западини мають негативний вплив на післяопераційні результати. Також було встановлено, що менший рентгенологічний параметр «дистанція d» є предиктором гіршої корекції деформації кульшової западини.

Для оцінки тривимірної морфології кульшової западини у дітей молодше 6 років було відібрано 270 КТ-досліджень кульшового суглобу у дітей 1-6 років життя без патологій кульшового суглобу. Було виконано автоматичну сегментацію кісток таза та крижової кістки; цифрові моделі таза у подальшому транспортувались в спеціально розроблене програмне забезпечення для оцінки перекриття головки стегнової кістки (ГСК) кульшовою западиною. Оцінювалось перекриття ГСК п'ятьма ділянками кульшової западини. Після обробки отриманих даних було встановлено нормальні референтні значення перекриття ГСК різними ділянками кульшової западини у дітей відповідно до їхнього віку і статі, та оцінено процес розвитку різних ділянок кульшової западини. При визначенні статевих відмінностей морфології кульшової западини було виявлено, що

розвиток задньої ділянки кульшової западини більш виражений у дівчат, а передньої ділянки – у хлопчиків.

Для оцінки біомеханічних змін, які відбуваються під час виконання вищезгаданих остеотомій таза, було проведено математичне моделювання цих остеотомій таза на цифрових моделях таза дітей 2 та 6 років та проведено експериментальне моделювання цих остеотомій таза у досліді на тваринах. Для проведення математичного моделювання остеотомій таза було відібрано КТ таза дітей 2 та 6 років із подальшим симулюванням вищезгаданих остеотомій таза, яке відбувалось в спеціальному програмному забезпеченні. Після прикладання навантаження проводилась оцінка напруження, яке виникало у кістковій та хрящовій тканинах таза. Для проведення експерименту на тваринах було відібрано 18 тазових комплексів свиней, чий хронологічний вік відповідав віку дитини до 6 років. Три вищезгадані остеотомії таза проводились на цих тазових комплексах відповідно до їхнього опису в літературі. Зміни в кістковій тканині, що виникали під час виконання остеотомій таза, оцінювались за допомогою КТ.

Для опису «універсальної» реконструктивної остеотомії таза було використано модель модифікованої остеотомії таза за Salter (яка застосовується у Відділенні реконструктивної ортопедії та травматології дитячого і юнацького віку ДУ ІТО НАМН України з 2015 року) та було проведено аналіз післяопераційних результатів. Дана модифікація дає можливість покращувати перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках, є малоінвазивною та не має описаних раніше недоліків інших реконструктивних остеотомій таза. Було оцінено коротко- та середньострокові післяопераційні результати у 19 пацієнтів, яким застосовувалась дана модифікація. Було виявлено відмінні та гарні клінічні результати у 94.7% пацієнтів, відмінні та гарні рентгенологічні результати у 94.7% пацієнтів, ступінь інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу дорівнював $22,1 \pm 4,3^\circ$. При порівнянні певних перед- та післяопераційних параметрів між досліджуваною групою пацієнтів (у яких застосовувалась

модифікована остеотомія таза Salter) та класично описаною методикою (за даними літератури та власної контрольної групи дослідження) було виявлено наступне: навіть при достовірно більшій кількості пацієнтів із 4 типом ДКС за Tonnis у досліджуваній групі, застосування описаної модифікації дає можливість отримати дещо кращу інтраопераційну корекцію ацетабулярного індексу та аналогічні віддалені клінічні і дещо кращі віддалені рентгенологічні результати.

Наукова новизна:

1. Шляхом проведення систематичного огляду літератури та метааналізу вперше було проведено порівняльний аналіз віддалених клініко-рентгенологічних результатів після застосування остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС; було встановлено вплив віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западини на результати.
2. Спираючись на розроблену методику вивчення морфології кульшової западини було поглиблено знання щодо тривимірної будови кульшової западини у здорових дітей віком 1-6 років та вперше доведено статеві відмінності, які мають місце в процесі розвитку западини в дітей цієї вікової групи.
3. На основі математичних моделей таза дітей 2-х та 6-и років вперше було досліджено біомеханічні зміни, які відбуваються під час виконання остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton та уточнено розташування шарнірних точок з урахуванням віку дитини; було запропоновано і обґрунтовано термін «обмежувальна точка» та проаналізовано роль зв'язкового апарату таза у якості обмежувача корекції деформації кульшової западини під час виконання вищезгаданих остеотомій таза.
4. За результатами проведеного натурного експерименту на тазових комплексах свиней старшого та молодшого віку вперше було оцінено кісткові зміни, які відбуваються під час остеотомій таза за Salter, Dega та

Pemberton з урахуванням віку тварини та поглиблено знання щодо біомеханічних змін під час цих оперативних втручань.

5. Шляхом аналізу віддалених клініко-рентгенологічних результатів після застосування остеотомії таза за Salter у пацієнтів віком 2-6 років уперше було встановлено фактори ризику, що залежать та не залежать від хірурга та доведено зв'язок рентгенологічного індикатора дистанція «d» зі ступенем інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу.

6. Вперше було запропоновано модифіковану остеотомію таза за Salter, яка дає можливість покращувати перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках та не має відомих недоліків вже описаних остеотомій таза, що застосовуються для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів віком 2-6 років; було вивчено коротко- та середньострокові результати після застосування цієї модифікації та проведено порівняльний аналіз результатів після застосування запропонованої модифікації із класично описаною методикою (згідно з даними власної контрольної групи дослідження).

Практичне значення роботи:

1. Визначено фактори ризику (старший вік пацієнта та більший ступінь деформації кульшової западини), що призводять до гірших післяопераційних результатів після застосування остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton та доведено доцільність раннього застосування остеотомій таза за Salter та за Dega (у пацієнтів молодше 3-х та 4-х років життя відповідно).

2. Обґрунтовано недоцільність проведення тієї самої або комбінації двох різних остеотомій таза одночасно з двох сторін. Описано потенційні ятрогенні інтраопераційні пошкодження тканин таза під час виконання вищезазначених остеотомій таза (пошкодження променів Y-подібного хряща під час остеотомії таза за Pemberton у дітей 2-6 років та за Salter у дітей 2-х років, пошкодження інтактного кортикального шару клубової кістки під час виконання остеотомії таза за Dega у дітей 2-6 років).

3. Уточнення статевих відмінностей будови кульшової западини у дітей віком 1-6 років доводить необхідність рутинно покращувати переднє перекриття головки стегнової кістки у дівчат та заднє перекриття - у хлопчиків під час виконання остеотомії таза. Також, розроблена методика оцінки тривимірної морфології кульшової западини дає можливість порівнювати крайні варіанти нормального розвитку западини із початковими проявами її деформації завдяки наявним референтним показникам.
4. Показано, що при виконанні остеотомії таза за Salter хірург має брати до уваги фактори ризику, що не залежать та залежать від хірурга (старший вік пацієнта, більша деформація кульшової западини та ступінь інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу, відповідно). Уточнено роль рентгенографічного параметра «дистанція d», який має братись до уваги під час оцінки адекватності корекції деформації кульшової западини при виконанні остеотомії таза за Salter.
5. Запропоновано модифіковану остеотомію таза за Salter, яка забезпечує перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках та описано її переваги у порівнянні з класичною методикою. Нова технологія дає можливість досягти більшої корекції деформації кульшової западини та досягти кращих рентгенологічних результатів надалі навіть при гірших передопераційних характеристиках пацієнта.

Ключові слова: діти, огляд, діагностика, клінічні прояви, рентгенологічні симптоми, лікування, хірургія, консервативна та хірургічна корекція, хірургічне лікування, коксартроз, ендопротезування кульшового суглобу, зв'язка, хрящ, кістка, дисплазія, кульшовий суглоб, дисплазія, метод кінцевих елементів, напруження, навантаження, експеримент, морфологія, розвиток, статеві відмінності, математичне моделювання, біомеханічні зміни, фактор ризику, остеотомія таза, модифікація.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

- 1) Філіпчук ВВ, Суворов ВЛ. Ацетабулярна дисплазія: сучасний погляд на проблему (Огляд літератури). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, 2020; (1(104), 92-100. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2020-104-1-92-100> (Дисертантом проведено пошук та аналіз літературних джерел. Здобувач виконав аналіз та опрацював літературні джерела, спільно з науковим керівником сформував висновки, написав чернетку публікації, підготував та подав публікацію до друку.)

- 2) Filipchuk V, Suvorov V. Pelvic osteotomies for DDH treatment in pediatric patients: assessment of risk factors. *Int J Med Rev Case Rep*. 2021; 5 (7): 66-77. doi: 10.5455 / IJMRCR.Pelvic-osteotomies-ddh-treatment (Здобувач створив дизайн цього систематичного огляду, здійснив пошук статей у бібліографічній базі даних Pubmed, створив критерії включення та виключення, відібрав придатні до мета-аналізу статті, провів аналіз вибраних статей, проаналізував ступінь доказовості та методологічну якість вибраних статей, виконав статистичну обробку результатів, написав та подав до друку статтю.)

- 3) Suvorov V, Filipchuk V, Mazevich V, Suvorov L. Simulation of pelvic osteotomies applied for DDH treatment in pediatric patients using piglet models. *Adv Clin Exp Med*. 2021; 30 (10): 1085-1090. doi: 10.17219 / acem / 140548 (Дисертант виконав огляд літератури, відібрав тварин для проведення експерименту, ізолював тазові комплекси тварин, забезпечив процес заморожування, транспортування та розморожування тазових комплексів піддослідних тварин. Здобувач асистував під час проведення симуляції остеотомій таза, оцінював післяопераційні кісткові зміни за даними КТ, оцінював спільно з науковим керівником розташування шарнірних точок відповідно до віку тварин та проведеної остеотомії таза.)

4) **Суворов ВЛ**, Філіпчук ВВ, Мельник МВ. Універсальна цифрова модель таза дитини. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, 2022; (1(112)), 18-24. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-112-1-18-24> (Здобувач створив дизайн дослідження, провів пошук відповідних КТ досліджень, виконав сегментація кісток таза дитини. Дисертант створив сітчасті моделі таза та визначив механічні властивості матеріалів цих моделей, виконав моделювання остеотомій таза, написав чернетку статті та подав кінцевий варіант публікації до друку.)

5) **Suvorov V**, Filipchuk V. Salter pelvic osteotomy for the treatment of Developmental Dysplasia of the Hip: assessment of postoperative results and risk factors. *Orthop Rev (Pavia)*. 2022 May 31;14(4):35335. doi: 10.52965/001c.35335. PMID: 35769652; PMCID: PMC9235433. (Здобувач створив дизайн дослідження, виконав огляд літератури, провів ретроспективний збір і обробку даних, виконав статистичний аналіз результатів та сумісно з науковим керівником провів інтерпретацію отриманих даних. Дисертант брав участь у проведенні оперативних втручань та післяопераційному введенні пацієнтів, написав чернетку цієї статті, подав кінцевий варіант публікації до друку.)

6) Філіпчук ВВ, **Суворов ВЛ**, Мельник МВ, Зябловський ЄВ. Методика вивчення зони контакту головки стегнової кістки з кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, 2022; (2(113)), 68-73. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-113-2-68-73> (Здобувач створив дизайн дослідження, провів пошук літератури, розробив критерії відбору КТ-досліджень таза, відібрав відповідні КТ-скани для подальшого аналізу, конвертував КТ-дослідження таза в цифрову модель, забезпечив створення програмного забезпечення для оцінки перекриття головки стегнової кістки кульшовою западиною, написав чернетку цієї статті та подав кінцевий варіант публікації до друку.)

7) **Suvorov V**, Filipchuk V, Zyablovskyi E, "Femoral Head Coverage Assessment in Healthy Children Younger than 6 Years", *Advances in Orthopedics*, vol. 2022, Article

ID 6058746, 7 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6058746> (Здобувач створив дизайн дослідження, провів аналіз літературних джерел, виконав перевірку відібраних КТ-досліджень на відповідність вимогам, створив цифрову модель таза відповідно до КТ-сканів. Дисертант описав методик оцінки перекриття головки стегнової кістки різними ділянками кульшової западини, зібрав вхідні дані щодо охоплення головки стегнової кістки кульшовою западиною відповідно до відібраних КТ-досліджень, сумісно з науковим керівником провів обробку та статистичний аналіз результатів, написав статтю та подав кінцевий варіант публікації до друку.)

8) **Suvorov V**, Filipchuk V. MODIFIED SALTER PELVIC OSTEOTOMY FOR THE DDH TREATMENT. *Acta Ortop Bras.* 2023 Apr 17;31(spe1):e259040. doi: 10.1590/1413-785220233101e259040. PMID: 37082156; PMCID: PMC10112343. (Здобувач виконав огляд літератури, провів збір і обробку даних, виконав статистичний аналіз результатів оперативного втручання, сумісно з науковим керівником провів інтерпретацію отриманих даних. Дисертант асистував під час проведення оперативних втручань, приймав участь у післяопераційному введенні пацієнтів, написав статтю та подав публікацію до друку.)

9) **Suvorov V**, Filipchuk V, Zyablovskyi E. Assessment of Femoral Head Coverage in Healthy Children Younger than 6 Years Old. *Research Developments in Medicine and Medical Science* Vol. 2, 2023; 75–90. <https://doi.org/10.9734/bpi/rdmms/v2/4691B> (Здобувачем написано та подано до друку відповідну главу книги «Research Developments in Medicine and Medical Science»)

10) **Суворов ВЛ**, Педіатрія : у 3-х т. Том 3 : підручник для студ. вищих мед. навч. закладів IV рівня акред. / [Артеменко Є. Я., Бабаджанян О. М.,

Белоусова О. Ю. та ін. ; за ред. Катілова О. В., Варзаря А. В., Валіулєса А., Дмитрієва Д. В.]. — Вінниця : Нова Книга, 2023. — 544 с. : іл; РОЗДІЛ 2. ОРТОПЕДІЯ, Дисплазія кульшових суглобів, 190-208 сс. (*Здобувачем написано та подано до друку відповідну главу національного підручника з педіатрії «Педіатрія : у 3-х томах»*)

SUMMARY

Suvorov V.L. Acetabular dysplasia correction in patients of the early childhood age period: clinical, radiological and biomechanical rationalization of pelvic osteotomies' application. - Qualifying scientific work as a Manuscript Copyright.

The thesis for obtaining a Doctor of Philosophy degree, branch of knowledge - 22 "Health care", specialty 222 "Medicine". - State Institution "The Institute of Traumatology and Orthopedics by National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, 2023.

The work is a fragment of the research work of the State Institution "The Institute of Traumatology and Orthopedics by National Academy of Medical Sciences of Ukraine" (state registration number - 0123U100307)

The dissertation is devoted to improving the results after the surgical correction of acetabular dysplasia in patients with developmental dysplasia of the hip (DDH) younger than 6 years old after the application of reconstructive pelvic osteotomies. It is planned to improve the results of treatment by conducting a meta-analysis dedicated to the results after reconstructive pelvic osteotomies application and analysing risk factors; assessing the three-dimensional acetabular morphology in children younger than 6 years old (taking into account age and gender); performing mathematical and experimental modeling of reconstructive pelvic osteotomies in patients 2 and 6 years old; analysing outcomes and risk factors after Salter pelvic osteotomy, describing the modified Salter pelvic osteotomy (which may improve femoral head coverage in all directions) and assessing outcomes after it's application; comparing the postoperative results after

the application of modified Salter pelvis osteotomy with classically described pelvic osteotomy according to the literature data and to the own control group.

DDH is one of the commonest hip joint pathologies in the pediatric orthopedist practice [Kotzias N., 2014; Amir R.V., 2017]. Without treatment, this pathology leads to early onset hip joint arthritis, which will require further hip arthroplasty in young patients [John C. S., 2011; Stephanie Pun, 2016]. Thus, the importance of early and effective DDH treatment is obvious.

In younger patients (who have not yet begun to walk independently), conservative management of DDH is effective [Anthony P.C., 2014], however, in older patients (who begun to walk independently), surgical treatment is preferable [Chen Q., 2015]. Taking into account, that the leading morpho-functional DDH element is acetabular dysplasia [Moraleta, L., 2013; Carsi, M. B., 2015], the application of pelvic osteotomies is pathogenetically justified. And indeed, after the comparison of different surgical options for DDH treatment, the best results were achieved after the pelvic osteotomies application [Kothari A., 2016]. Three reconstructive pelvic osteotomies (Salter, Dega, Pemberton) are currently widely used as surgical options for acetabular dysplasia correction in patients with DDH younger than 6 years of age; all these pelvic osteotomies may be used in patients of the same age group without any differentiated indications or recommendations [Sales de Gauzy, J., 2010]. Thus, a certain number of undefined questions arise regarding the correct application of the abovementioned pelvic osteotomies as a surgical option for acetabular dysplasia correction in patients under 6 years of age.

The first question is about the postoperative outcomes: which of the abovementioned pelvic osteotomies is able to provide better postoperative outcomes? It is well-known that previously some efforts were made to compare the above-mentioned pelvic osteotomies [López-Carreño, E., 2008; El-Sayed, M., 2012; Wang, C.-W., 2013; Ahmed K., 2013; Bayhan, I. A., 2016; Wang, C.-W., 2016; Badrinath, R., 2019], however, the results of these studies are inconsistent and none of the studies compared all three of these pelvic osteotomies.

The following question is about of the presence of risk factors that may lead to worse postoperative outcomes. The proposed risk factors include the patient's age (older or younger according to pelvic osteotomy) [Umer M., 2007; López-Carreño, E., 2008; El-Sayed, M., 2012; El-Sayed, M. M. H., 2015; Gather, K. S., 2018] and greater degree of acetabular dysplasia (according to preoperative acetabular index values [Kaneko, H., 2014]). However, the influence of these risk factors is debatable [Tukenmez, M., 2007; Baghdadi T, 2018; Czubak J., 2018]. Insufficient reorientation of the distal iliac bone fragment during pelvic osteotomy (according to certain radiological parameters) also may be attributed to risk factors [Kitoh, H., 2009; Chang, C.-H., 2015]. However, in these works, only radiographic parameters were studied and no correlation was made with other potential risk factors.

The topic of three-dimensional acetabular morphology in children under 6 years old is also insufficiently covered in the current literature. However, at this age period the most active acetabular development take place and there are indications for the application of all three above-mentioned pelvis osteotomies. Previously, the 3-D acetabular morphology was investigated only in adults [Tannenbaum E., 2014; Peterson JB, 2015; Edwards K., 2020]. However, from the standpoint of better preoperative planning and postoperative results improvement, it is necessary to know the normal 3-D acetabular morphology in children under 6 years old (to understand the process of acetabular maturation and to know gender differences during it's maturation).

Also, to date there are no studies that would assess the biomechanical changes in pelvic bony and cartilagenous tissues during the application of the aforementioned pelvic osteotomies. So, certain questions arise regarding the traditional division of this pelvic osteotomies into reshaping and re-directional [Sales de Gauzy, J., 2010; Heimkes, B., 2018]) and regarding the localization of "classic" hinge points during these surgical interventions [Thompson, A., 2015; Czubak J., 2018]. Precise understanding of the biomechanical processes that take place during pelvic osteotomies provides surgeon an understanding about which

pelvic structures are at risk during these surgeries and whether simultaneous bilateral application of the aforementioned pelvic osteotomies is possible.

The last important and unresolved question regarding the application of the abovementioned pelvic osteotomies is the lack of the "universal" reconstructive pelvic osteotomy, which may improve femoral head coverage in all directions and provide better postoperative results without disadvantages of already existing pelvic osteotomies [Plaster R. L., 1991; El-Sayed, M., 2012; Wang, C.-W., 2013; Chunho C., 2016].

In this dissertation, an answer for all the above-mentioned questions was searched and an attempt was made to put in order knowledge regarding the reconstructive pelvic osteotomies application for the acetabular dysplasia correction in patients with DDH younger than 6 years old. To assess the pelvic osteotomies outcomes and identify risk factors, a systematic literature review and meta-analysis of postoperative results and risk factors was conducted. Mid- and long-term postoperative results after Salter pelvic osteotomy in 17 patients (22 hip joints) were investigated, potential surgeon-dependent and surgeon-independent risk factors were evaluated. To perform this systematic review and meta-analysis, articles were searched in the PubMed bibliographic database. Among the 1259 theses found, 51 articles were selected for further analysis. The following data were extracted from the selected articles: average patient's age; average follow-up period; clinical and radiological results; acetabular index value before, immediately after the surgery and at follow-up examination; femoral head avascular necrosis (AVN) rate. After the statistical analysis of data, no superior pelvic osteotomy was found in terms of postoperative results. However, it was found that better acetabular deformity correction might be achieved with Pemberton pelvic osteotomy when compared to Dega pelvic osteotomy. Better results were found in patients younger than 3 years old after the Salter pelvic osteotomy application and in patients younger than 3 and 4 years old after the Dega pelvic osteotomy application. A statistically significant impact of the patient's age on postoperative results after Salter and Dega pelvic osteotomies and

the impact of acetabular deformity degree on postoperative results after Pemberton pelvic osteotomy were found. Evaluating the results after Salter pelvic osteotomy, it was found that the percentage of long-term excellent-good clinical and excellent-good radiological results were 95.5% and 86.4%, respectively; the average acetabular index correction value was $15.4 \pm 6.8^\circ$. Regarding the risk factors that do not depend on the surgeon, it was found that the older patient's age, higher DDH grades according to Tonnis classification and greater acetabular deformity degree have had a negative impact on postoperative results. It was also found that a smaller radiological parameter "distance d" is a predictor of worse acetabular deformity correction.

To evaluate the acetabular three-dimensional morphology in children younger than 6 years old, 270 hip joint CT scans of the children aged 1-6 years without hip joint pathologies were selected. Automatic segmentation of the pelvic bones and os sacrum was performed; these digital pelvic models were further transported into the specially developed software for the assessment of the femoral head coverage by the acetabulum. Femoral head coverage by the acetabulum was evaluated in five regions. After analysing the obtained data, the normal reference values of the femoral head coverage by different acetabular regions were determined according to child's age and gender, the process of different acetabular regions development was evaluated. Regarding the gender differences in acetabular morphology, it was revealed that the posterior acetabular region development was more pronounced in girls, and the posterior acetabular region development was more pronounced in boys.

To assess the biomechanical changes that occur during the above-mentioned pelvic osteotomies, digital modeling of these pelvic osteotomies in 2- and 6-year-old patients and experimental modeling of these pelvic osteotomies in animal study were performed. Pelvic CT scans of the 2- and 6-year-old children were selected for digital modeling of pelvic osteotomies, then three abovementioned pelvic osteotomies were simulated using these models in the special software. After applying the load, the stress that arose in the bony and

cartilaginous pelvic tissues was assessed. To perform the experiment on animals, 18 piglet pelvic complexes were selected, the chronological age of that animals corresponded to the human age younger than 6 years. Three aforementioned pelvic osteotomies were performed on these pelvic complexes as described originally in the literature. Changes that took place in pelvic bony tissue during pelvic osteotomies were assessed according to CT-scans data.

To describe the "universal" reconstructive pelvic osteotomy, the modified Salter pelvic osteotomy was used (which has been applied in the Department of Reconstructive Orthopedics and Traumatology for Children and Adolescents of the ITO by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine since 2015 year), an analysis of the postoperative results was carried out. This modification enables surgeon to improve the coverage of the femoral head in all directions, is minimally invasive, and does not have the previously described disadvantages of other reconstructive pelvic osteotomies. Short- and mid-term postoperative results were evaluated in 19 patients who underwent this modification. Excellent and good clinical results were found in 94.7% of patients, excellent and good radiological results in 94.7% of patients, the degree of acetabular index intraoperative correction was equal to $22.1 \pm 4.3^\circ$. When comparing certain pre- and postoperative parameters between the studied group of patients (in which modified Salter pelvic osteotomy was used) and the classically described technique (according to the literature data and to the own control group), the following conclusion was drawn: even with a significantly larger number of patients with Tonnis 4 type DDH in the studied group, the application of the described modification makes it possible to obtain a slightly better intraoperative correction of the acetabular index and to obtain similar long-term clinical and slightly better long-term radiological results.

Scientific novelty:

1. By conducting a systematic review of the literature and a meta-analysis, a comparative analysis of long-term clinical and radiological results after the use of Salter, Dega and Pemberton pelvic osteotomies for the correction of acetabular dysplasia in patients with DDH was conducted for the first time; the influence of the age of the patient and the degree of deformation of the acetabulum on the results was established.

2. Based on the developed methodology for studying the morphology of the acetabulum, the knowledge of the three-dimensional structure of the acetabulum in healthy children aged 1-6 years was deepened, and for the first time the gender differences that occur in the development of the acetabulum in children of this age group were proven.

3. On the basis of mathematical models of the pelvis of 2- and 6-year-old children, biomechanical changes that occur during Salter, Dega and Pemberton pelvic osteotomies were investigated for the first time, and the location of hinge points was specified taking into account the age of the child; the term "limiting point" was proposed and substantiated, and the role of the ligamentous apparatus of the pelvis as a limiter of the correction of the deformity of the acetabulum during the above-mentioned osteotomies of the pelvis was analyzed.

4. Based on the results of a natural experiment on the pelvic complexes of older and younger pigs, bone changes that occur during Salter, Dega and Pemberton pelvic osteotomies were evaluated for the first time, taking into account the age of the animal, and the knowledge about biomechanical changes during these surgical interventions was deepened.

5. By analyzing long-term clinical and radiological results after the application of Salter pelvic osteotomy in patients aged 2-6 years, risk factors that depend and do not depend on the surgeon were established for the first time, and the connection of the radiological indicator distance "d" with the degree of intraoperative correction was proven acetabular index.

6. For the first time, a modified Salter pelvic osteotomy was proposed, which makes it possible to improve the overlap of the femoral head in all directions and does not have the known disadvantages of the already described osteotomies of the pelvis, which are used for the correction of acetabular dysplasia in patients aged 2-6 years; the short- and medium-term results after the application of this modification were studied and a comparative analysis of the results after the application of the proposed modification with the classically described method was carried out (according to the data of the own control group of the study).

The practical significance of the work:

1. The risk factors (older age of the patient and greater degree of deformity of the acetabulum) lead to worse postoperative results after the use of osteotomies of the Salter, Dega and Pemberton pelvic osteotomies were determined and the feasibility of early application of Salter and Dega pelvic osteotomies was proved (in patients younger than 3 and 4th years of life, respectively).

2. The impracticability of carrying out the same or a combination of two different osteotomies of the pelvis at the same time on both sides is substantiated. Potential iatrogenic intraoperative pelvic tissue damage during the above-mentioned pelvic osteotomies is described (damage to the rays of the Y-shaped cartilage during Pemberton pelvic osteotomy in children 2-6 years old and during Salter pelvic osteotomy in children 2 years old, damage to the intact cortical layer of the iliac bone during performing Dega pelvic osteotomy in children 2-6 years old).

3. Clarification of gender differences in the structure of the acetabulum in children aged 1-6 years proves the need to routinely improve the anterior overlap

of the femoral head in girls and the posterior overlap in boys during pelvic osteotomies. Also, the developed methodology for assessing the three-dimensional morphology of the acetabulum makes it possible to compare the extreme variants of the normal development of the acetabulum with the initial manifestations of its deformation thanks to the available reference indicators.

4. It is shown that when performing a Salter pelvic osteotomy, the surgeon should take into account risk factors that are independent and dependent on the surgeon (older age of the patient, greater deformity of the acetabulum, and the degree of intraoperative correction of the acetabular index, respectively). The role of the radiographic parameter "distance d", which should be taken into account when assessing the adequacy of the correction of the deformity of the acetabulum when performing Salter's pelvic osteotomy, has been clarified.

5. A modified Salter pelvic osteotomy is proposed, which ensures overlapping of the head of the femur in all directions, and its advantages compared to the classical technique are described. The new technology makes it possible to achieve a greater correction of the deformity of the acetabulum and to achieve better radiological results in the future even with worse preoperative characteristics of the patient.

Key words: children, examination, diagnosis, clinical manifestations, radiological symptoms, treatment, surgery, conservative and surgical correction, surgical treatment, coxarthrosis, hip arthroplasty, ligament, cartilage, bone, dysplasia, hip joint, dysplasia, finite element method, tension , load, experiment, morphology, development, gender difference, mathematical modeling, biomechanical changes, risk factor, pelvic osteotomy, modification.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень, символів, одиниць вимірювання	26
Вступ	27
РОЗДІЛ 1. Матеріали і методи досліджень	44
1.1 Проведення систематичного огляду та мета-аналізу літератури	44
1.2 Оцінка тривимірної морфології кульшової западини	45
1.3 Математичне моделювання остеотомій таза	46
1.4 Експериментальне моделювання остеотомій таза на натурному тазовому комплексі тварин	46
1.5 Визначення віддалених клінічних результатів у пацієнтів після застосування остеотомій таза	47
1.6 Рентгенологічне обстеження пацієнтів до та після застосування остеотомій таза	47
1.7 Статистична обробка даних	48
РОЗДІЛ 2. Результати після застосування реконструктивних остеотомій таза для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС (систематичний огляд та мета-аналіз)	49
2.1. Актуальність	49
2.2. Матеріали та методи	51
2.3. Результати	59
2.4. Обговорення	65
РОЗДІЛ 3. Результати вивчення тривимірної морфології кульшової западини у дітей молодше 6 років з урахуванням віку та статі	68
3.1. Актуальність	68
3.2. Матеріали та методи	69
3.3. Результати	74

3.4. Обговорення	77
------------------	----

РОЗДІЛ 4. Результати математичного моделювання остеотомії таза за Salter, Dega, Pemberton у дітей 2 та 6 років

4.1. Актуальність	79
4.2. Матеріали та методи	81
4.3. Результати	88
4.4. Обговорення	93

РОЗДІЛ 5. Результати експериментального моделювання остеотомії таза за Salter, Dega та Pemberton на моделях тварин (piglet models)

5.1. Актуальність	97
5.2. Матеріали та методи	99
5.3. Результати	101
5.4. Обговорення	105

РОЗДІЛ 6. Результати застосування остеотомії таза за Salter для корекції ацетабулярної дисплазії: аналіз результатів та факторів ризику

6.1. Актуальність	108
6.2. Матеріали та методи	110
6.3. Результати	113
6.4. Обговорення	117

РОЗДІЛ 7. Результати застосування модифікованої остеотомії таза за Salter, яка забезпечує покращення перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках

7.1. Актуальність	122
7.2. Матеріали та методи	123
7.3. Результати	127
7.4. Обговорення	132

ВИСНОВКИ	135
-----------------	-----

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	138
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	141
ДОДАТОК А. Список публікацій здобувача за темою дисертації	165

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Абревіатура	Значення
ДКС	дисплазія кульшового суглобу
КС	кульшовий суглоб
ГСК	головка стегнової кістки
РАД	резидуальна ацетабулярна дисплазія
ОАКС	остеоартроз кульшового суглобу
КЗ	кульшова западина
АНГСК	аваскулярний некроз головки стегнової кістки
ПВСК	проксимальний відділ стегнової кістки
АІ	ацетабулярний індекс
сФАК	синдром феморо-ацетабулярного конфлікту
КТ	комп'ютерна томографія
МРТ	магнітно-резонансна томографія
ПЗ	програмне забезпечення
р.	роки
ПП	переднє перекриття
В-ПП	верхньо-переднє перекриття
В-ЗП	верхньо-заднє перекриття
З-ВП	задньо-верхнє перекриття
З-НП	задньо-нижнє перекриття
ст.відх.	стандартне відхилення
МКЕ	метод кінцевих елементів
ф.М.	фон Мізес
ОТС	остеотомія таза за Salter
КЛР	кут латеральної ротації
лЦКК	латеральний центральний-крайовий кут

пЦКК	передний центрально-крайовий кут
ПК	повний комплекс

ВСТУП

Актуальність

Дисплазія кульшового суглобу (ДКС) є найчастішою ортопедичною патологією кульшового суглобу (КС) у новонароджених; звих у КС в середньому зустрічається у 1:1000 новонароджених, однак більш легкі форми ДКС зустрічаються в середньому у 1.3% новонароджених [1]. Хоча остаточного етіологічного фактору виникнення ДКС не встановлено, на сьогодні виділяють сильні та слабкі фактори ризику, що можуть підвищувати вірогідність виникнення ДКС у дитини. До сильних факторів ризику відносять сідничне передлежання плода, позитивний сімейний анамнез та жіночу стать; до слабких – позиційні деформації плода (кривошия, приведення переднього відділу стопи) та обмеження внутрішньоматкового простору (перша вагітність, олігогідрамніон, макросомія плода) [2].

Важливою проблемою щодо ДКС є номенклатурні одиниці та класифікаційні системи, пов'язані з цим патологічним станом. Відправним моментом зміни точки зору уявлення щодо патофізіології процесу стала заміна терміну «вроджена дисплазія кульшового суглобу» (congenital hip dysplasia) на термін «дисплазія кульшового суглобу, що розвивається» (developmental dysplasia of the hip) в 50-х роках минулого століття. Така заміна термінології відображає динамічний процес захворювання протягом усього життя людини, а не статичний стан на момент народження [1, 3]. У процесі подальшого аналізу патофізіології цього процесу виник новий термін «ацетабулярна дисплазія», який відображає просторові та структурні зміни кульшової западини та є провідним макроморфологічним та функціональним компонентом даного патологічного процесу [4].

Нативний перебіг захворювання (natural history) є таким, що нестабільність у кульшовому суглобі та незначні прояви ацетабулярної

дисплазії зникають самостійно у 88% дітей до віку 8 тижнів [2, 5]. Проте при збереженні порушення співвідношення головки стегнової кістки (ГСК) та кульшової западини (КЗ), з часом виникають незворотні зміни у м'яких тканинах внутрішньосуглобово та параартикулярно [6]. Це, в свою чергу, призводить до виникнення резидуальної ацетабулярної дисплазії (РАД). Відомо, що РАД наявна у 17% - 33% пацієнтів навіть після попередньо проведеного успішного консервативного лікування ацетабулярної дисплазії при ДКС [7]; це вказує на наявність певної генетичної детермінанти цього патологічного процесу та підкреслює динамічний процес захворювання. РАД, у свою чергу, в подальшому призводить до перенавантаження певних частин суглобового хряща у КС та виникнення раннього деформуючого остеоартрозу кульшового суглобу – ОАКС [8]. Таким чином, варто розуміти, що виникнення раннього ОАКС є лише кінцевим етапом нативної історії перебігу ацетабулярної дисплазії при ДКС. Соціальний тягар раннього ОАКС полягає в тому, що велика кількість молодих людей працездатного віку (48% пацієнтів віком до 50 років) потребуватиме проведення ендопротезування КС для лікування раннього ОАКС [9, 10, 11].

Найбільш важливим питанням, що постає перед практикуючим лікарем, є питання лікування ацетабулярної дисплазії. Беручи до уваги те, що нормальний розвиток КС можливий лише за наявності концентрично розташованої сферичної ГСК у кульшовій западині, основним завданням, що постає перед ортопедом, є досягнення концентричного положення ГСК у кульшовій западині та досягнення конгруентності суглобових поверхонь у КС при мінімальній кількості ускладнень [12]. Важливим є розуміння динаміки розвитку кульшової западини у нормі та при ацетабулярній дисплазії. У нормі розвиток кульшової западини (КЗ) відбувається поступово до 14 років (до моменту закриття Y-подібного хряща); найбільш активна динаміка розвитку КЗ відбувається у віці до 8 років [5, 13]. Однак у випадку ацетабулярної дисплазії, за наявності патологічної біомеханіки у кульшовому суглобі, розвиток КЗ майже припиняється у віці 3 роки [14]. Саме тому

необхідно нормалізувати біомеханіку в кульшовому суглобі у перші роки життя дитини для забезпечення можливості подальшого адекватного розвитку КЗ.

При виборі методу лікування ацетабулярної дисплазії важливим питанням є вік пацієнта та стадійність лікування (при неефективності більш простих методів лікування застосовуються більш складні та інвазивні).

У пацієнтів віком до 6 місяців традиційним є застосування відповідних брейсів – стремена Павлика, подушки Фрейка або брейсів von Rosen; найпоширенішими у практиці ортопеда на сьогодні є стремена Павлика [15]. Незважаючи на те, що більшість авторів схиляються до застосування стремени Павлика у пацієнтів молодше 6 місяців [16], є певні дослідження, у яких виявлено можливість застосування стремени Павлика у пацієнтів старше 6 місяців [17]. Тривалість лікування у стремених Павлика коливається від 11 до 28 тижнів, ефективність такого лікування сягає 80% – 96.7%. [15]. На результат лікування у стремених Павлика впливають певні фактори ризику: двобічне ураження, вік пацієнту на початку лікування старше 4 місяців, неможливість відведення у кульшових суглобах $>60^\circ$ та невідправимість ГСК під час проби Ortolani, ступінь зміщення за Tonnis 3-4 та значення ацетабулярного кута $>36^\circ$, наявність ввернутої досередини хрящової губи (labrum), кут $\alpha < 43^\circ$, недостатнє перекриття ГСК (менше 22%), аномальна ехоструктура латерального краю КЗ та 4 ступінь зміщення за Graf [17, 18]. Серед ускладнень після застосування стремени Павлика найчастіше зустрічаються наступні: аваскулярний некроз головки стегнової кістки (АНГСК) – від 0 до 28%; РАД (зустрічається у близько 5% пацієнтів у короткостроковому періоді та у 17-26% у віддаленому періоді; парез стегнового нерву (коливається в межах 2.5%) [15]. Наступним методом лікування є проведення закритого вправлення ГСК та іммобілізація кульшових суглобів у фізіологічно-вигідному положенні у гіпсовій пов'язці [1, 4]. Закрите вправлення ГСК застосовується як первинний метод лікування у пацієнтів старше 6 місяців або як наступний етап лікування при

неефективності застосування відвідних брейсів у пацієнтів молодше 6 місяців життя [19]. Інколи закрите вправлення комбінують із застосуванням артрографії та/або міотомією аддукторів для збільшення обсягу відведення у КС [20]. Успіх закритого вправлення залежить напряду від віку дитини (чим старша дитина, тим більш виражені зміни виникають у внутрішньосуглобових та параартикулярних м'яких тканинах, що ускладнює вправлення ГСК) [16]. До найчастіших ускладнень після застосування закритого вправлення ГСК відносять РАД (від 0% до 25%), редислокацію ГСК (від 2.8% до 13.6%) та АНГСК (від 2.6% до 60%) [21]. Фактором ризику виникнення РАД є значення $AI > 40^\circ$ та при наявності вивиху стегна (4 ступінь за Tonnis) [22]. Через те, що РАД зазвичай є частим ускладненням після застосування закритого вправлення та протікає безсимптомно, рішення щодо подальшої необхідності у проведенні оперативного втручання приймається на основі рентгенологічних даних. Є певні предиктори, що вказують на невдачу закритого вправлення та необхідність проведення хірургічного втручання у подальшому [8, 14, 22].

Спірним є питання вибору тактики лікування у пацієнтів, що почали самостійно ходити (старших ніж 12-18 міс.) [12]. Особливістю у таких пацієнтів є важкість досягнення концентричного положення ГСК у суглобі через гіпертрофію внутрішньосуглобових м'яких тканин та компенсаторне скорочення параартикулярних м'язів. Певні автори рекомендують застосовувати у таких пацієнтів консервативне лікування [20], проте при збільшенні віку пацієнта збільшується і кількість ускладнень після консервативного лікування, та є висока вірогідність (від 38% до 80%) проведення оперативного втручання у подальшому внаслідок невдачі консервативного лікування [5, 23]. При порівнянні результатів консервативного та оперативного лікування (закритого та ізольованого відкритого вправлення ГСК) у пацієнтів віком до 3-х років було виявлено кращі результати, значно меншу кількість виникнення РАД, редислокацій ГСК та меншу потребу в проведенні наступних оперативних втручань у групі

пацієнтів після оперативного лікування ДКС [24]. На сьогодні більшість авторів схиляються до того, що лікування пацієнтів, що почали самостійно ходити, має бути хірургічним.

Історично найпершим та найпоширенішим хірургічним втручанням для корекції ацетабулярної дисплазії було відкрите вправлення ГСК. Показаннями до відкритого вправлення ГСК є вік пацієнта від 6 до 18 місяців після неефективності закритого вправлення ГСК або вік пацієнта старше 18 місяців при відсутності попереднього лікування [25]. Основними ускладненнями після проведення ізольованого відкритого вправлення ГСК є АНГСК (від 28.2% до 40%), РАД (від 11.1% до 85.4%) та редислокація ГСК (від 0% до 6.1%) [21, 26]. Для зменшення частоти виникнення АНГСК різні автори рекомендують застосовувати відкрите вправлення лише після появи ядра осифікації епіфізу ГСК [4] або проводити вкорочуючу остеотомію проксимального відділу стегнової кістки (ПВСК) одночасно з відкритим вправленням [17]. Факторами ризику при проведенні ізольованого відкритого вправлення ГСК є: чоловіча стать, двобічна дисплазія кульшових суглобів, 3-4 ступінь дисплазії кульшового суглобу за Tonnis, вік пацієнта старше 9 місяців, попередня невдала спроба закритого вправлення ГСК [27].

Певні питання щодо тактики оперативного втручання лишаються відкритими досі. Враховуючи велику кількість повторних оперативних втручань після проведення ізольованого відкритого вправлення (25.8%-56% пацієнтів) [21, 22] постає питання щодо необхідності комбінування відкритого вправлення ГСК з іншими оперативними прийомами (остеотомія таза та/або коригувальна остеотомія ПВСК) для покращення корекції ацетабулярної дисплазії. Більшість хірургів віддає перевагу проведенню операцій типу «повний комплекс – ПК» (відкрите вправлення ГСК + остеотомія таза + коригувальна остеотомія ПВСК) [12, 28]. Однак, враховуючи те, що провідним макроморфологічним елементом при дисплазії кульшового суглобу є саме ацетабулярна дисплазія, то кращі післяопераційні результати можуть бути досягнуті після застосування остеотомій таза [29].

Відкритим також є питання віку пацієнту, коли слід застосовувати комбінацію відкритого вправлення ГСК з остеотоміями таза. Більшість авторів рекомендують застосовувати комбінацію відкритого вправлення ГСК з остеотоміями таза у пацієнтів старше 18 місяців [12, 30], що дозволяє знизити кількість ускладнень.

При поширенні рутинного застосування комбінації відкритого вправлення ГСК та остеотомій таза було виявлено, що при певних обставинах достатнім є лише застосування остеотомії таза без проведення відкритого вправлення ГСК. Було доведено, що при незначних ступенях ацетабулярної дисплазії (I-II ступені за Tonnis) та у випадку відсутності вивиху стегна можна застосовувати лише остеотомії таза без проведення відкритого вправлення ГСК [31, 32, 33, 34]

Остеотомії таза, що застосовуються для хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії, поділяються на реконструктивні та паліативні (в літературі відомі як «остеотомії спасіння»). Більш перспективними з точки зору збереження нативного суглобового хряща у кульшовому суглобі є реконструктивні остеотомії таза. Показаннями до реконструктивних остеотомій таза є наявність ацетабулярної дисплазії при відсутності пошкодження суглобового хряща та за наявності конгруентності суглобових поверхонь та рухів у суглобі [35].

На вибір реконструктивної остеотомії таза впливають багато чинників: ступінь зрілості Y-подібного хрящу, мобільність лобкового симфізу, вираженість ацетабулярної дисплазії, конгруентність суглобових поверхонь та наявність/відсутність ознак остеоартрозу кульшового суглобу [36]. Проте у дітей віком до 6 років, коли є найбільший потенціал для корекції деформації кульшової западини (що пов'язано з відкритими зонами росту кісток таза та достатньою мобільністю лобкового симфізу), застосовується цілий ряд реконструктивних остеотомій таза без диференційованих показань (остеотомії таза за Salter, Pemberton та Dega або їхньої комбінації та

модифікації) [37]. Часто хірург застосовує ту остеотомію таза, якою краще володіє.

Найбільш поширеною серед вищевказаних остеотомій таза є остеотомія за Salter [36, 38]; дана остеотомія є повним пересіченням клубової кістки дистальніше передньо-верхньої ості таза у напрямку до вершини великої сідничної вирізки, шарнірною точкою при цьому традиційно вважається лобковий симфіз [39, 40]. Відповідно до цього дана остеотомія має певні переваги та недоліки. До переваг відносять відносно технічну простоту, швидкість виконання та збереження об'єму кульшової западини після оперативного втручання. До недоліків відносять можливість покращувати лише передньо-латеральне перекриття ГСК, необхідність застосування фіксаторів та проведення повторного оперативного втручання (з приводу видалення фіксаторів), технічну відсутність можливості одночасного двобічного застосування цієї оперативної техніки [36, 38]. Також існують певні розбіжності в літературі щодо оптимального віку застосування цієї остеотомії таза. Незважаючи на рекомендації автора цієї техніки щодо застосування остеотомії таза за Salter у дітей віком до 6 років [31], на сьогодні існують певні протиріччя щодо вікових меж, коли може бути успішно застосована вищевказана остеотомія таза. Одні автори доповідають про кращі результати у пацієнтів з ДКС молодше 4 років, інші – про однакові результати у пацієнтів молодше та старше 3 років [12, 41]. Однак, незважаючи на певні розбіжності щодо віку пацієнтів, результати після застосування даної остеотомії таза є гарними: відмінні та гарні клінічні результати коливаються від 82% до 100%; відмінні та гарні рентгенологічні результати коливаються від 67% до 100%; величина корекції АІ коливається від 12° до 28° [32, 42]. Серед ускладнень після застосування остеотомії таза за Salter найчастішими є АНГСК (від 3.3% до 43%), РАД (від 3.3% до 22%), редислокація головки стегнової кістки (від 2.3% до 9.5%), різниця довжини нижніх кінцівок (від 6.7% до 16.7%) [12, 34, 41, 43]. Потенційна можливість виникнення такого ускладнення як ретроверсія кульшової западини, яка

призводить до виникнення синдрому феморо-ацетабулярного конфлікту (сФАК), у подальшому була виключена у роботі Kobayashi, D. [44].

Перікапсулярна остеотомія таза за Pemberton представляє собою неповне пересічення клубової кістки, що починається на ~ 10 mm проксимальніше передньо-нижньої ості клубової кістки, продовжується дугоподібно дозад та закінчується над рівнем клубово-сідничного променю Y-подібного хряща; дах кульшової западини при цьому ротується допереду та латерально, шарнірною точкою під час цієї остеотомії таза вважається Y-подібний хрящ [45]. Відповідно, ця остеотомія таза також має певні переваги та недоліки. До переваг відносять неповне пересічення клубової кістки (що забезпечує більшу стабільність, дає можливість уникнути застосування додаткової фіксації та дає можливість гіпотетичного одночасного застосування даної методики з двох сторін) та можливість досягнення більшого рівня корекції у порівнянні з остеотомією таза за Salter [46]. До недоліків відносять: покращення лише передньо-латерального перекриття ГСК, можливість передчасного закриття Y-подібного хряща внаслідок його пошкодження інтраопераційно та гіпотетично вищий ризик виникнення АНГСК (що пов'язують з більшим тиском даху кульшової западини на ГСК під час корекції ацетабулярної дисплазії) [47]. На сьогодні в літературі існують певні дискусії щодо показань до даної остеотомії таза (величина передопераційного AI та вік пацієнта). Так, деякі автори рекомендують застосовувати остеотомію за Pemberton при значеннях $AI > 30^\circ$, проте більшість авторів рекомендують застосовувати дану методику при більш вираженій деформації кульшової западини (значення $AI > 35^\circ/40^\circ$ [48, 49]). Що стосується впливу вікового аспекту пацієнтів з ДКС на можливість застосування цієї остеотомії таза, одні автори рекомендують застосовувати цю методику у дітей віком до 14 років (до моменту закриття Y-подібного хряща), однак інші [43] не рекомендують застосовувати цю методику у пацієнтів старше 8 років (що пов'язано з недостатнім потенціалом кульшової западини до ремоделювання ацетабулярної ретроверсії внаслідок цього

оперативного втручання). Результати після остеотомії таза за Pemberton є гарними у більшості випадків. Відмінні та гарні клінічні результати коливаються від 48% до 100%; відмінні та гарні рентгенологічні результати коливаються від 71.5% до 100%; корекція величини АІ коливається від 9° до 31°[43, 47]. Серед ускладнень після застосування остеотомії таза за Pemberton найчастішим є АНГСК (від 5.9% до 54% [39]). Через таку високу частоту виникнення АНГСК існують рекомендації щодо рутинного застосування вкорочуючої остеотомії ПВСК одночасно з остеотомією таза за Pemberton [50]. Враховуючи те, що дана остеотомія збільшує лише передньо-латеральне покриття ГСК (аналогічно із остеотомією таза за Salter), актуальним є питання виникнення ретроверсії кульшової западини після цього оперативного втручання. Akiyama M. [43] у своєму дослідженні виявив можливість виникнення ретроверсії кульшової западини у 37.5% пацієнтів з ДКС після застосування остеотомії таза за Pemberton.

Останньою з найбільш уживаніших остеотомій таза, що застосовуються для оперативного лікування ДКС у пацієнтів молодше 6 років, є остеотомія за Dega. Незважаючи на те, що дане хірургічне втручання напочатку широко застосовувалась для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДЦП, у подальшому ця методика себе гарно зарекомендувала і для оперативного лікування ДКС. Сам Viktor Dega не описав детально етапи хірургічного втручання – зазначив лише, що це оперативне втручання є «напівциркулярною остеотомією латерального кортикального шару клубової кістки, що направлена до медіального кортикального шару, проте зі збереженням останнього». Пізніше автор цієї методики додав, що необхідно додавати і остеотомію медіального кортикального шару клубової кістки у передньому відділі, лишаючи кортикальний шар інтактним лише в ділянці великої сідничної вирізки [51]. Сучасним описом остеотомії таза за Dega є неповне напівциркулярне пересічення клубової кістки, що починається на 1-1.5 см проксимальніше від краю кульшової западини і направлене косо-медіально з пересіченням латерального та передньої частини медіального

кортикального шару зі збереженням кортикального шару клубової кістки у ділянці великої сідничної вирізки [52]. До переваг даної остеотомії таза відносять: неповне пересічення клубової кістки (що забезпечує більшу стабільність, можливість уникнення застосування додаткових металофіксаторів та можливість одночасного застосування даної методики з двох сторін), можливість «регульованого» коригування переднього, латерального та заднього перекриття ГСК. До недоліків відносять технічну складність при застосуванні у пацієнтів молодше 4 років, можливість перфорації кульшового суглобу інтраопераційно та пошкодження суглобових поверхонь, ризик виникнення АНГСК (через надмірну корекцію деформації кульшової западини та надмірний тиск даху кульшової западини на ГСК) [52]. Результати після застосування остеотомії таза за Dega є гарними з незначною кількістю ускладнень. Відмінні та гарні клінічні результати коливаються від 48% до 92.7%; відмінні та гарні рентгенологічні результати коливаються від 55% до 100%; корекція величини AI коливається від 14° до 31° [52, 53]. Серед ускладнень після остеотомії таза за Dega найчастіше виділяють АНГСК (від 5.8% до 43.6%) та РАД (2 - 8.6% [54, 55].

При порівнянні остеотомій таза за Salter та Pemberton важливим є питання можливості виникнення сФАК у подальшому (через ретроверсію кульшової западини). Було виявлено, що ризик виникнення сФАК набагато більший після застосування остеотомії таза за Pemberton [54]. Хоча віддалені рентгенологічні результати значно не відрізняються при порівнянні обох остеотомій, частота виникнення АНГСК є вищою після застосування остеотомії таза за Pemberton [55]. При порівнянні остеотомій таза за Dega та за Pemberton було виявлено подібні післяопераційні клініко-рентгенологічні результати, статистично подібну величину корекції AI та кількість ускладнень. Проте авторами відмічається більша стабільність тазового кільця, можливість більш індивідуальної корекції деформації кульшової западини та менший ризик виникнення сФАК після застосування остеотомії таза за Dega [56, 57]. При порівнянні остеотомій таза за Salter та Dega було

виявлено кращі клініко-рентгенологічні результати після застосування остеотомії таза за Salter у пацієнтів молодше 4 років та кращі результати після застосування остеотомії за Dega у пацієнтів старше 4 років; також відмічалась можливість досягнення більшої корекції величини AI після остеотомії таза за Dega [52].

Мета дослідження: покращити результати хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років після застосування остеотомій таза шляхом уточнення показань до цих втручань та оцінці факторів ризику, дослідженню тривимірної будови кульшової западини у дітей із урахуванням віку та статі, аналізу біомеханічних змін під час остеотомій таза та впровадження модифікованої остеотомії таза за Salter.

Об'єкти дослідження: бібліографічна база даних «PubMed»; КТ-дослідження кульшового суглобу дітей 1-6 років життя без патологій кульшового суглобу; математичні моделі остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton у пацієнтів 2 та 6 років; тазові комплекси тварин, чий хронологічний вік відповідав людському віку молодше 6 років; пацієнти віком від 2 до 6 років, яким застосовувалась остеотомія таза за Salter та модифікована остеотомія таза за Salter.

Предмети дослідження: результати та фактори ризику після застосування остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton; тривимірна морфологія кульшової западини у дітей молодше 6 років; біомеханічні зміни, які відбуваються під час виконання остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton; модифікація остеотомії таза за Salter.

Характер дослідження: систематичний огляд та метааналіз літератури; цифровий аналіз морфології анатомічної структури; математичне моделювання оперативних втручань; експериментальне моделювання оперативних втручань у досліді на тваринах; ретроспективне клініко-рентгенологічне дослідження та аналіз даних.

Завдання дослідження:

1. провести систематичний огляд та метааналіз літератури, присвячені застосуванню остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС (за період з 2010 р. по 2020 р.), визначити кращу остеотомію таза з точки зору післяопераційних результатів, визначити потенційні фактори ризику виникнення незадовільних результатів;
2. дослідити тривимірну будову кульшової западини у дітей віком від 1 до 6 років без наявної патології кульшових суглобів, оцінити процес розвитку кульшової западини та визначити вплив статті на цей процес та морфологію кульшової западини;
3. виконати математичне моделювання остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton у дітей 2 та 6 років, дослідити біомеханічні зміни під час виконання вищевказаних остеотомій таза з урахуванням віку дитини;
4. провести натурний експеримент на тваринах із моделюванням остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton на тазових комплексах свиней та дослідити біомеханічні зміни під час цих втручань з урахуванням віку тварини;
5. дослідити результати та провести аналіз факторів ризику після застосування остеотомії таза за Salter для корекції ацетабулярної дисплазії пацієнтам віком 2-6 років;
6. запропонувати модифіковану остеотомію таза за Salter, вивчити коротко- та середньострокові результати після застосування цієї модифікації, порівняти результати після застосування запропонованої модифікації із класично описаною методикою (власна контрольна група дослідження);

Наукова новизна:

1. Шляхом проведення систематичного огляду літератури та метааналізу вперше було проведено порівняльний аналіз віддалених клініко-рентгенологічних результатів після застосування остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС;

було встановлено вплив віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западини на результати.

2. Спираючись на розроблену методику вивчення морфології кульшової западини було поглиблено знання щодо тривимірної будови кульшової западини у здорових дітей віком 1-6 років та вперше доведено статеві відмінності, які мають місце в процесі розвитку западини в дітей цієї вікової групи.

3. На основі математичних моделей таза дітей 2-х та 6-и років вперше було досліджено біомеханічні зміни, які відбуваються під час виконання остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton та уточнено розташування шарнірних точок з урахуванням віку дитини; було запропоновано і обґрунтовано термін «обмежувальна точка» та проаналізовано роль зв'язкового апарату таза у якості обмежувача корекції деформації кульшової западини під час виконання вищезгаданих остеотомій таза.

4. За результатами проведеного натурного експерименту на тазових комплексах свиней старшого та молодшого віку вперше було оцінено кісткові зміни, які відбуваються під час остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton з урахуванням віку тварини та поглиблено знання щодо біомеханічних змін під час цих оперативних втручань.

5. Шляхом аналізу віддалених клініко-рентгенологічних результатів після застосування остеотомії таза за Salter у пацієнтів віком 2-6 років уперше було встановлено фактори ризику, що залежать та не залежать від хірурга та доведено зв'язок рентгенологічного індикатора дистанція «d» зі ступенем інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу.

6. Вперше було запропоновано модифіковану остеотомію таза за Salter, яка дає можливість покращувати перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках та не має відомих недоліків вже описаних остеотомій таза, що застосовуються для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів віком 2-6 років; було вивчено коротко- та середньострокові результати після застосування цієї модифікації та проведено порівняльний аналіз результатів

після застосування запропонованої модифікації із класично описаною методикою (згідно з даними власної контрольної групи дослідження).

Практичне значення роботи:

1. Визначено фактори ризику (старший вік пацієнта та більший ступінь деформації кульшової западини), що призводять до гірших післяопераційних результатів після застосування остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton та доведено доцільність раннього застосування остеотомій таза за Salter та за Dega (у пацієнтів молодше 3-х та 4-х років життя відповідно).
2. Обґрунтовано недоцільність проведення тієї самої або комбінації двох різних остеотомій таза одночасно з двох сторін. Описано потенційні ятрогенні інтраопераційні пошкодження тканин таза під час виконання вищезазначених остеотомій таза (пошкодження променів Y-подібного хряща під час остеотомії таза за Pemberton у дітей 2-6 років та за Salter у дітей 2-х років, пошкодження інтактного кортикального шару клубової кістки під час виконання остеотомії таза за Dega у дітей 2-6 років).
3. Уточнення статевих відмінностей будови кульшової западини у дітей віком 1-6 років доводить необхідність рутинно покращувати переднє перекриття головки стегнової кістки у дівчат та заднє перекриття - у хлопчиків під час виконання остеотомій таза. Також, розроблена методика оцінки тривимірної морфології кульшової западини дає можливість порівнювати крайні варіанти нормального розвитку западини із початковими проявами її деформації завдяки наявним референтним показникам.
4. Показано, що при виконанні остеотомії таза за Salter хірург має брати до уваги фактори ризику, що не залежать та залежать від хірурга (старший вік пацієнта, більша деформація кульшової западини та ступінь інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу, відповідно). Уточнено роль рентгенографічного параметра «дистанція d», який має братись до уваги під час оцінки адекватності корекції деформації кульшової западини при виконанні остеотомії таза за Salter.

5. Запропоновано модифіковану остеотомію таза за Salter, яка забезпечує перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках та описано її переваги у порівнянні з класичною методикою. Нова технологія дає можливість досягти більшої корекції деформації кульшової западини та досягти кращих рентгенологічних результатів надалі навіть при гірших передопераційних характеристиках пацієнта.

Публікація результатів дослідження.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 10 наукових робіт; з них 4 статті у періодичних наукових закордонних виданнях, що індексуються у наукометричній базі Scopus, 1 стаття – у періодичному науковому виданні іншої держави; 3 статті – у періодичному вітчизняному науковому виданні категорії «Б»; 1 стаття на момент написання дисертаційної роботи прийнята до друку в журнал наукометричної бази Scopus; надруковано відповідну главу в 2-х книгах (закордонна монографія та вітчизняний підручник з педіатрії). Результати досліджень було представлено на 10 вітчизняних та закордонних конференціях, симпозіумах, вебінарах; було отримано 2 міжнародні нагороди за кращу доповідь.

Доповіді:

1. Математичне моделювання остеотомій таза при дисплазії кульшових суглобів у дітей; НАУКОВІ ЧИТАННЯ імені проф. Є.Т. СКЛЯРЕНКА „ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВИХ РОЗРОБОК В ПРАКТИКУ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я”, 18 грудня 2020 року
2. Біомеханічне обґрунтування остеотомій таза у пацієнтів з ацетабулярною дисплазією; Науково-практична конференція «ІНТЕГРАТИВНА МЕДИЦИНА: ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ» пам'яті професора Шевченка С.Д., 20-21.05.2021
3. Остеотомія таза за Salter для лікування ДКС: оцінка результатів та фактори ризику; НАУКОВІ ЧИТАННЯ імені проф. Є.Т. СКЛЯРЕНКА

„ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВИХ РОЗРОБОК В ПРАКТИКУ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я”, 17 грудня 2021 року

4. Salter Pelvic Osteotomy for the Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip: Assessment of Postoperative Results and Risk Factors; 16 International Conference on Orthopedics and Traumatology, PRAGUE, CZECH REPUBLIC, JULY 12-13, 2022

5. Лікування дисплазії кульшових суглобів у пацієнтів дитячого та юнацького віку: суперечливі аспекти; II-а Науково-практична конференція з міжнародною участю «Охматдитівські читання», 15-16 вересня 2022р.

6. Статеві відмінності морфології кульшової западини у дітей молодше 6 років; ДРУГА МІЖНАРОДНА ФАХОВА ШКОЛА ДЛЯ ДИТЯЧИХ ЛІКАРІВ ХІРУРГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ: «ПРАКТИЧНА ДИТЯЧА ХІРУРГІЯ», 17-18 вересня 2022 року.

7. Ацетабулярна дисплазія, підказки та поради; ДРУГА МІЖНАРОДНА ФАХОВА ШКОЛА ДЛЯ ДИТЯЧИХ ЛІКАРІВ ХІРУРГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ: «ПРАКТИЧНА ДИТЯЧА ХІРУРГІЯ», 17-18 вересня 2022 року.

8. The Biomechanical Analysis of Pelvic Osteotomies Applied for Developmental Dysplasia of the Hip Treatment in Pediatric Patients; 16. International Conference on Mathematical Models in Biomedicine, August 16-17, 2022 in Barcelona, Spain

9. Ведення пацієнтів з дисплазією кульшових суглобів: спостереження та лікування; НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ "Актуальні питання ортопедії дорослого та дитячого віку", 10 грудня 2022 року.

10. Менеджмент дисплазії кульшового суглобу; вебінар від Спільноти Дитячих Лікарів Хірургічних Спеціальностей «Дисплазія кульшового суглобу», 28 квітня 2023 року.

Об'єм та структура дисертаційної роботи

Робота викладена на 167 сторінках друкованого тексту та складається з анотації, змісту, переліку скорочень, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаної літератури, додатків.

Праця включає в себе 15 таблиць, 20 рисунків, 3 формули. Перелік використаної літератури включає в себе 178 джерела (3 кирилицею та 175 латиницею), в тому числі 175 іноземних.

Особистий внесок здобувача

Дисертаційна робота є особистою працею автора та виконана під керівництвом д.мед.наук **Філіпчука Віктора Васильовича** на базі Державної установи «Інститут травматології та ортопедії Національної Академії Медичних Наук України».

На основі проведеного автором аналітичного огляду літератури визначена актуальність проблеми. Спільно з науковим керівником сформульовані тема, мета роботи, завдання та основні напрямки досліджень. Дисертантом розроблено дизайн дослідження, проведено систематичний огляд та метааналіз вибраних з бібліографічної бази даних Pubmed статей; відібрано тварин для проведення експерименту, ізолювано тазові комплекси піддослідних тварин, забезпечено процес збереження та транспортування тазових комплексів; проведено пошук відповідних КТ-досліджень, створено сітчасті моделі таза та визначено механічні властивості матеріалів цих моделей, виконано математичне моделювання остеотомій таза; погоджено створення програмного забезпечення для оцінки перекриття головки стегнової кістки кульшовою западиною; описано методику оцінки перекриття головки стегнової кістки різними ділянками кульшової западини.

Здобувач асистував під час проведення експерименту на тваринах, оцінював післяопераційні кісткові зміни за даними КТ; брав безпосередню участь у клінічному обстеженні кожного пацієнта, у хірургічних втручаннях та післяопераційному веденні пацієнтів у Відділенні реконструктивної

ортопедії та травматології дитячого і юнацького віку ДУ «ІТО НАМН України». Автор самостійно виконував збір клінічних та інструментальних даних, їхню статистичну обробку, аналіз та інтерпретацію результатів дослідження.

Дисертантом самостійно сформульовані висновки та практичні рекомендації, написано всі розділи та оформлено дисертаційну роботу.

РОЗДІЛ 1. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. ПРОВЕДЕННЯ СИСТЕМАТИЧНОГО ОГЛЯДУ ТА МЕТААНАЛІЗУ ЛІТЕРАТУРИ

Пошук статей для систематичного огляду та метааналізу проводився у базі даних «PubMed». Було визначено критерії включення та виключення статей до метааналізу (за цими критеріями було відібрано 51 статтю для подальшого статичного аналізу). З відібраних статей було вилучено наступні дані: середній вік пацієнта; середній термін спостереження; клініко-рентгенологічні результати; значення AI до, після операції та під час контрольного огляду; частота виникнення АНГСК. Програмне забезпечення для введення первинних даних – Microsoft (2007), Microsoft Excel (отримане з вебсайту <https://office.microsoft.com/excel>). Рівень доказовості відібраних статей оцінювався згідно рекомендацій Оксфордського центру доказової медицини, оптимізованими для ортопедів. Методологічна якість цих статей оцінювалась згідно з Методологічним індексом для нерандомізованих досліджень (MINORS).

Після оцінки рівня доказовості та методологічної якості відібраних статей було проведено нормальний розподіл пацієнтів за віком та післяопераційними результатами відповідно до виконаної остеотомії таза. Для визначення остеотомії таза, яка дає кращі результати, було проведено порівняння післяопераційних результатів, ступеню корекції деформації кульшової западини та частоти виникнення АНГСК. Для визначення різниці післяопераційних результатів у пацієнтів старшого та молодшого віку

проводилось порівняння післяопераційних результатів у пацієнтів молодше та старше 3 та 4 років відповідно. Для виявлення впливу віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западини на результати встановлювалась лінійна кореляція та лінійна регресія.

Статистична обробка інформації виконувалась в ПЗ JASP (2020), версія 0.11.1.0.

1.2. ОЦІНКА ТРИВИМІРНОЇ МОРФОЛОГІЇ КУЛЬШОВОЇ ЗАПАДИНИ

Оцінка тривимірної морфології кульшової западини проводилась за даними КТ-дослідження кульшових суглобів (на апараті «Siemens somatom definition as», США). Було проведено відбір КТ-сканів згідно з критеріями включення. Після процесу відбору ці скани було перенесено до програмного забезпечення Mimics 20.0 (Materialize Inc., Льовен, Бельгія), де було виконано сегментацію кісток таза та крижової кістки. В подальшому ці цифрові моделі таза були перенесені до спеціально розробленого ПЗ, де й оцінювалась тривимірна морфологія кульшової западини непрямым методом (шляхом оцінки перекриття ГСК п'ятьма ділянками кульшової западини). Згідно отриманих даних щодо перекриття ГСК різними ділянками кульшової западини було визначено референтні дані цього перекриття відповідно до віку та статі дітей. Інтенсивність розвитку різних ділянок КЗ вимірювалась шляхом порівняння показників перекриття ГСК однією і тією ж ділянкою кульшової западини у дітей однієї статі та суміжного віку. Статеві відмінності розвитку різних ділянок кульшової западини оцінювались шляхом оцінки перекриття ГСК однією і тією ж ділянкою кульшової западини у дітей одного віку та різної статі. При оцінці відтворюваності вимірювань було проведено оцінку перекриття ГСК тими самими ділянками кульшової западини через 4 місяці після первинної оцінки та розраховано надійність одного оцінювача (Intra-rater reliability).

Початковий збір та обробка даних проводилися в ПЗ Microsoft (2007), Microsoft Excel. Статистичні розрахунки проводилися в ПЗ JASP (2020), версія 0.11.1.0.

1.3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСТЕОТОМІЙ ТАЗА

Математичне моделювання остеотомій таза проводилось на основі КТ-дослідження таза (дослідження проводилось на апараті “Siemens somatom definition as, США”). Для перегляду КТ-сканів застосовувалось ПЗ Medixant. RadiAnt DICOM Viewer. Версія 2020.1. 9 березня 2020 року. Відібрані КТ-скани було транспортовано в ПЗ Mimics 20.0 (Materialise Inc., Льовен, Бельгія), де була виконана сегментація кісткової та хрящової тканин таза. Три остеотомії таза (за Salter, Dega, Pemberton) моделювались вручну на отриманих цифрових моделях таза та було створено 4-точкові сітчасті моделі таза зі змодельованими остеотоміями. Після цього визначались механічні властивості елементів сітчастих моделей згідно описаних рівнянь (щільність матеріалу, модуль Юнга та коефіцієнт Пуасона).

Математичні моделі таза зі змодельованими остеотоміями та встановленими механічними властивостями матеріалів транспортувались в ПЗ ABAQUS v6.14-2 (Dassault Systemes Simulia Corp., Провіденс, Род-Айленд, США), де проводилось додавання зв'язкового апарату таза. Після додавання зв'язок таза згідно анатомічних орієнтирів було створено граничні умови та прикладено навантаження, яке відтворювало рух фрагментів клубової кістки під час проведення вищезгаданих остеотомій таза.

Після прикладання навантаження оцінювались біомеханічні зміни, що виникли у кістковій та хрящовій тканинах таз згідно значень напруження за фон Мізесом.

1.4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСТЕОТОМІЙ ТАЗА НА НАТУРНОМУ ТАЗОВОМУ КОМПЛЕКСІ ТВАРИН

Для проведення експериментального моделювання остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton було отримано натурний тазовий комплекс поросят

породи ландрас, що загинули природною смертю та без наявних патологій чи травм ділянки кульшових суглобі. Відбирались тазові комплекси лише тих тварин, чий вік відповідав віку людини молодше 6 років. Ці тазові комплекси заморожувались протягом дня з моменту смерті тварини та розморожувались безпосередньо перед виконанням хірургічних втручань.

Після проведеного моделювання остеотомій таза оцінювались біологічні зміни, що виникали у кістках таза тварин за допомогою КТ-дослідження (КТ-сканування проводилось на апараті «Philips Brilliance 16»).

Для перегляду даних КТ та оцінки кісткових змін застосовувалось ПЗ «Medixant. RadiAnt DICOM Viewer, версія 2020.1. 9 березня 2020 р.».

1.5. ВИЗНАЧЕННЯ ВІДДАЛЕНИХ КЛІНІЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ У ПАЦІЄНТІВ ПІСЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОСТЕОТОМІЙ ТАЗА

У пацієнтів після застосування класично описаної та модифікованої остеотомії таза за Salter віддалені клінічні результати оцінювались за критеріями McKay.

Критерії McKay		
Клас	Оцінювання	Опис
I	Відмінний	Безболісний, стабільний кульшовий суглоб; відсутнє накульгування; більше 15 градусів внутрішньої ротації
II	Гарний	Безболісний, стабільний кульшовий суглоб; незначне накульгування або обмеження рухів у суглобі; негативний тест Trendelenburg
III	Задовільний	Мінімальний біль у кульшовому суглобі; помірне обмеження рухів у кульшовому суглобі; позитивний тест Trendelenburg
IV	Незадовільний	Виражений біль у кульшовому суглобі

1.6. РЕНТГЕНОЛОГІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ПАЦІЄНТІВ ДО ТА ПІСЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОСТЕОТОМІЙ ТАЗА

Усі пацієнти після застосування класично описаної та модифікованої остеотомії таза за Salter (контрольна та досліджувана групи відповідно) були обстежені рентгенологічно перед- та після проведення оперативного втручання. У передопераційному періоді оцінювались значення AI, ступінь ДКС за Tonnis, безперервність лінії Шентона. У післяопераційному періоді рентгенологічні показники оцінювались на наступний день після операції,

через 6 місяців та у віддаленому періоді. У перший день оцінювалась величина AI та безперервність лінії Шентона, визначався ступінь корекції AI; через 6 місяців визначались показники AI та наявність АНГСК; під час контрольного огляду визначались показники AI та показники лЦКК, наслідки АНГСК класифікувались згідно з Bucholz-Ogden, віддалені рентгенологічні результати оцінювались за класифікацією Severin.

Класифікація Severin		
Клас	Опис	лЦКК (градуси)
I	Нормальні контури суглобових поверхонь	≥ 15 (5-13 років) ≥ 20 (>14 років)
II	Незначна деформація головки та шийки стегнової кістки або кульшової западини	≥ 15 (5-13 років) ≥ 20 (>14 років)
III	Дисплазія або помірна деформація головки та шийки стегнової кістки або кульшової западини або обох елементів суглобу	< 15 (5-13 років) < 20 (>14 років)
IV	Підзвих головки стегнової кістки	-
V	Положення ГСК у хибній кульшовій западині	-
VI	Повторний вивих ГСК (редислокація)	-

Додатково після застосування класично описаної остеотомії таза за Salter при визначенні факторів ризику враховувались два рентгенологічні параметри – дистанція «d» і кут латеральної ротації (КЛР).

1.7. СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ДАНИХ

Для статистичної перевірки гіпотези та відхилення нульової гіпотези (при визначенні статистично достовірної різниці між двома виборками) застосовувався Т-критерій Student при кількості елементів більше ніж 30 в кожній з виборок або U-критерій Mann–Whitney при кількості елементів менше ніж 30 у кожній з виборок; результат вважався статистично достовірним при $p < 0,05$.

Для встановлення зв'язку між двома незалежними параметрами визначалась величина та напрямок лінійної кореляції («r» критерій узгодженості Pearson). Величина кореляції оцінюється наступним способом: при значеннях критерію «r» $< 0,3$ кореляція вважається незначною, «r» = 0,3–0,5 – низькою, «r» = 0,5-0,7 – помірною та «r» $> 0,7$ – високою. Напрямок

кореляції може визначатись як позитивний (за знаком «+») або негативний (зі знаком «-»).

Для оцінки впливу одного незалежного параметру на інший застосовувалась лінійна регресія (для визначення впливу однієї неперервної змінної на іншу). При визначенні лінійної регресії вивчались показники критерію « R^2 »; чим ближчим значення « R^2 » є до 1, тим більшим є вплив; вплив вважається статистично достовірним при $p < 0,05$.

Для оцінки відтворюваності вимірювань була розрахована надійність одного оцінювача. Ця надійність розраховувалась за допомогою показника внутрішньокласової кореляції (ICC). Відтворюваність є поганою при значенні ICC $< 0,50$; середньою – при $0,50 \leq \text{ICC} < 0,75$; гарною – при $0,75 \leq \text{ICC} < 0,90$; відмінною – при $\text{ICC} \geq 0,90$.

Під час виконання статистичного аналізу застосовувалось програмне забезпечення JASP Team (2020), Version 0.11.1.0.

РОЗДІЛ 2. РЕЗУЛЬТАТИ ПІСЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕКОНСТРУКТИВНИХ ОСТЕОТОМІЙ ТА ЗА ДЛЯ КОРЕКЦІЇ АЦЕТАБУЛЯРНОЇ ДИСПЛАЗІЇ У ПАЦІЄНТІВ З ДКС (СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА МЕТААНАЛІЗ)

2.1. АКТУАЛЬНІСТЬ

Дисплазія кульшового суглобу є найпоширенішою патологією кульшового суглоба у новонароджених; при цій патології провідну роль у патогенезі відіграє саме ацетабулярна дисплазія (яка представляє собою вадну просторову орієнтацію або деформацію кульшової западини) [58, 59]. При відсутності лікування ацетабулярна дисплазія призводить до виникнення раннього деформуючого ОАКС, що в подальшому вимагатиме проведення ендопротезування кульшового суглобу у пацієнтів молодого та середнього віку [60]. Отже, корекцію ацетабулярної дисплазії слід починати якомога раніше. У пацієнтів, які ще не почали самотійно ходити (до 12-18 місяців), з високим ступенем ефективності застосовується консервативне лікування

[15]. Проте у пацієнтів, які почали самостійно ходити, консервативні методи лікування є не ефективними через зміни м'яких тканин всередині КС та параартикулярно [17, 20]. Відповідно, у цієї когорти пацієнтів широко застосовуються різні опції хірургічного лікування.

Однак при порівнянні результатів після застосування різних хірургічних опцій кращі результати було виявлено саме після застосування остеотомії таза; враховуючи те, що провідним морфо-функціональним елементом при ДКС є саме ацетабулярна дисплазія, висока ефективність застосування остеотомії таза є очікуваною та патогенетично обґрунтованою [5, 29, 61, 62, 63, 64, 65, 66].

На сьогодні для корекції ацетабулярної дисплазії при ДКС широко застосовують три остеотомії таза (за Salter, Dega, Pemberton). Всі ці остеотомії таза можуть бути застосовані у пацієнтів віком до 6 років, коли все ще є значний потенціал для розвитку кульшової западини та корекції ацетабулярної дисплазії за рахунок мобільності хрящової частини лобкового симфізу (що є необхідною умовою для застосування остеотомії таза за Salter) [66]. Однак немає диференційованих показань для застосування тієї чи іншої остеотомії таза у пацієнтів цієї вікової категорії.

Застосування вищевказаних остеотомій дає відмінні та гарні результати у більшості пацієнтів [32, 42, 67] і знижує ризик виникнення раннього ОАКС [68]. Однак всі ці остеотомії таза також мають певні недоліки [28, 34, 69]. Так, застосування всіх вищевказаних остеотомій таза може потенційно призвести до виникнення синдрому феморо-ацетабулярного конфлікту – сФАК [49, 70, 71]. Проте доведеною є роль лише остеотомії таза за Pemberton у виникненні цього синдрому [46, 72, 73]. Іншими специфічними ускладненнями після остеотомії таза за Pemberton є можливість пошкодження Y-подібного хряща [46] та порушення біомеханіки ходи в майбутньому [16, 74]. При порівнянні клінічних результатів після застосування вищесказаних остеотомій таза не було визначено тієї остеотомії таза, яка б давала кращий результат [52, 54, 55, 57, 75, 76, 77, 78, 79].

Також було запропоновано певні фактори ризику, які можуть призводити до гірших результатів після застосування остеотомії таза; до таких факторів ризику відносять старший вік пацієнта та більшу ступінь деформації кульшової западини [80]. Були повідомлення про кращі результати після застосування остеотомії таза за Salter у молодших пацієнтів [12, 52, 79, 81, 82, 83], однак інші автори спростовували ці дані [84, 85]. І, навпаки, одні групи авторів повідомляли про гірші результати у більш молодших пацієнтів після застосування остеотомії таза за Dega [52, 53, 86], в той час як інші не змогли цього довести [87]. Також було описано вплив віку пацієнта на результати після застосування остеотомії таза за Pemberton, однак дискутабельним є питання віку пацієнта, коли безпечним є проведення даного оперативного втручання [72, 88]. Щодо впливу ступеня деформації кульшової западини на післяопераційні результати також існують суперечності: одні автори виявили цей вплив [39, 52], в той час як інші – ні [38].

Найбільш частим і небезпечним ускладненням після застосування остеотомії таза є АНГСК [53, 88]. Припускають, що частота виникнення цього ускладнення корелює зі старшим віком пацієнта та більшим ступенем деформації кульшової западини [89, 90].

Таким чином, певні питання щодо вищевказаних остеотомій таза є досі невирішеними. Серед цих питань є наступні:

1. Яка з остеотомій таза здатна забезпечити кращі післяопераційні результати?
2. Чи існує вплив віку пацієнта або ступеня деформації кульшової западини на післяопераційні результати?

2.2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Даний систематичний огляд було проведено згідно з вимогами «Бажані елементи звітування для систематичних оглядів та метааналізів» – PRISMA 2009 року ^[91].

Стратегія пошуку:

Було проведено пошук статей, де оцінювалися результати після застосування вищевказаних остеотомій таза для хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС. Пошук статей проводився у бібліографічній базі даних «PubMed». Пошукові слова та фрази були наступними: (остеотомія клубової кістки=Innominate osteotomy) ТА (дисплазія кульшового суглобу=Developmental Dysplasia of the Hip); (остеотомія таза=Pelvic osteotomy) ТА (дисплазія кульшового суглобу=Developmental Dysplasia of the Hip); остеотомія таза за Salter=Salter osteotomy; остеотомія таза за Dega=Dega osteotomy; остеотомія таза за Pemberton=Pemberton osteotomy. Пошук біло розпочато 11 березня 2020 року. Результати пошуку представлені в Табл. 1.

Табл. 1. *Результати пошуку бібліографічної бази даних «PubMed».*

Пошукові слова/словосполучення	Кількість публікацій
(Innominate osteotomy) TA Developmental Dysplasia of the Hip	228
(Pelvic osteotomy[Назва/Абстракт]) TA Developmental Dysplasia of the Hip	483
Salter osteotomy	357
Pemberton osteotomy	103
Dega osteotomy	88
Всього	1259

Критерії включення та виключення:

Критерії включення були наступними: 1) дослідження типу «випадок-контроль» або «серія випадків» із повідомленнями про післяопераційні результати після застосування остеотомій таза за Salter, Dega або Pemberton; 2) післяопераційні клініко-рентгенологічні результати мають певну градацію; 3) наявні повідомлення про частоту виникнення АНГСК під час подальшого огляду; 4) у дослідження повинно бути включено не менш ніж 10 кульшових суглобів; 5) період спостереження більше одного року; 6) у дослідження включені пацієнти як з одностороннім, так і двобічним ураженням кульшових суглобів (що відображає природний розподіл патологічного

процесу і не спотворює результати [92, 93]); 7) середній вік пацієнтів, включених в дослідження, не мав перевищувати 8 років (у пацієнтів старшого віку рекомендовано застосовувати потрійну остеотомію кісток таза [94, 95, 96]).

Критерії виключення були наступними: 1) статті з повторюваними або дубльованими даними; 2) трупні, експериментальні або біомеханічні дослідження; 3) статті без повного тексту; 4) редакційні матеріали, методичні рекомендації; 5) випадки з меншою кількістю включених у дослідження кульшових суглобів, ніж 10; 6) статті, де вищевказані остеотомії таза застосовувалися для лікування інших патологій; 7) статті, написані не англійською мовою; 8) статті, де в одну досліджувану групу були включені пацієнти з різними вищевказаними остеотоміями таза.

Вибір досліджень:

За пошуковими словами та фразами було знайдено 1259 тез. Серед них 326 тез дублювалися, 578 мали невідповідні назви, а 124 були написані не англійською мовою. Таким чином, для подальшого оцінювання було відібрано 231 тез.

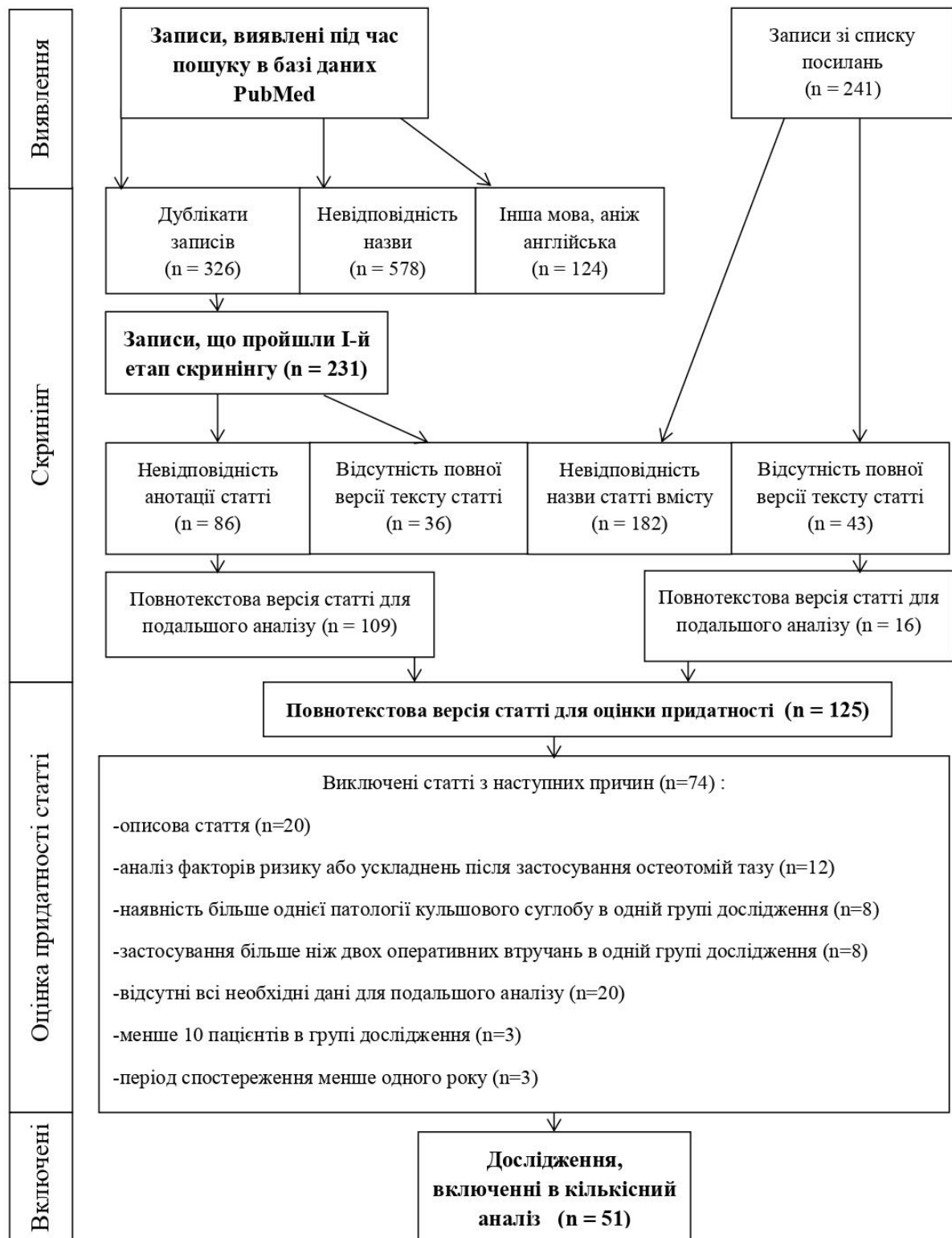
Серед них 86 тез було виключено за критеріями включення. Крім того, 36 тез було виключено через відсутність повних текстів статей. Таким чином, для подальшого оцінювання було включено 109 повнотекстових статей. Посилання з цих статей також оцінювались (таким чином 16 статей із списку посилань було включено додатково). Так, для подальшої оцінки було відібрано 125 повнотекстових статей.

З цих статей 74 статті були виключені з вагомих причин: у 8 статтях в одну досліджувану групу було включено пацієнтів з двома різними остеотоміями таза; 20 статей мали суто описовий характер; 12 статей були присвячені передопераційній оцінці факторів ризику або опису післяопераційних ускладнень; у 8 статтях пацієнти з двома та більше різними патологіями кульшового суглоба були включені в одну досліджувану групу;

у 20 статтях були відсутні всі необхідні дані для оцінки (вік пацієнта, період спостереження, результати не градуйовані); у 3 статтях до досліджуваної групи було включено менше 10 кульшових суглобів; у 3 статтях період спостереження становив менше одного року. Усі сумнівні статті обговорювалися між авторами та приймалися консенсусні рішення щодо включення цих статей.

Таким чином, 51 стаття була відібрана для проведення подальшого аналізу [12, 16, 28, 29, 33, 34, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 55, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115]. Повна стратегія пошуку та вибору статей представлена на Рис. 1.

Рис. 1. *Стратегія пошуку та вибору статей для подальшого аналізу.*



Вилучення даних:

З 51 статті, включеної до цього систематичного огляду та метааналізу, було вилучено наступні дані: середній вік пацієнта; середній термін спостереження; ранжовані клініко-рентгенологічні результати; значення AI

до, після операції та під час контрольного огляду; частота виникнення АНГСК.

Середній вік пацієнта та середній період спостереження були присутні в усіх статтях.

Клінічні результати були описані в 27 статтях. Результати були ранжовані за критеріями McKay в 25 статтях [16, 33, 39, 40, 46, 53, 55, 63, 64, 65, 75, 78, 82, 84, 85, 90, 96, 100, 101, 104, 109, 112, 113, 114, 115], згідно Нір Harris Score в 1 статті [42], та згідно авторської системи оцінки в 1 статті [81]. У вищезазначених статтях результати були ранжовані наступним чином: відмінні, гарні, задовільні та незадовільні.

Радіологічні результати були описані в 39 статтях [16, 33, 38, 39, 40, 42, 46, 53, 55, 57, 63, 64, 65, 75, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 90, 96, 98, 100, 101, 102, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115]. Результати ранжувались згідно з класифікацією Severin та визначались як відмінні, гарні, задовільні та незадовільні.

Показники AI до, після операції та при контрольному огляді були описані в 42 статтях [16, 29, 33, 34, 38, 40, 46, 53, 55, 57, 61, 62, 65, 71, 72, 76, 78, 79, 82, 84, 85, 86, 87, 90, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115]; в одній статті було зазначено лише показники корекції AI [34].

Частота виникнення АНГСК після операції вказувалась в 40 статтях [16, 29, 33, 34, 38, 39, 42, 46, 49, 53, 55, 57, 61, 63, 64, 65, 75, 78, 79, 82, 84, 85, 86, 87, 90, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 111, 113, 114, 115]. В усіх зазначених статтях застосовувались дві класифікації АНГСК (за Kalamchi-MacEwen та за Buchholz-Ogden), однак типи АНГСК не враховувались, брались лише дані про частоту виникнення АНГСК після оперативного втручання.

Для коректної статистичної обробки даних усі досліджувані групи з включених статей були розділені відповідно до виконаної остеотомії таза (групи остеотомії таза за Salter, Dega та Pemberton відповідно). Проте в 6

статтях було проведено порівняння двох різних остеотомій таза між собою (за Salter та за Pemberton [55, 76]; за Salter та за Dega [75, 79]; за Pemberton та за Dega [57, 78]); у 3 статтях проводилось порівняння однієї і тієї ж остеотомії таза у пацієнтів різних вікових груп (за Salter [84, 85] та за Dega [87]). Щоб вирішити цю проблему, було окремо виділено окремі групи досліджень з вищевказаних досліджень та розділено відповідно до виконаної остеотомії таза та віку пацієнта. Всього до групи визначення результатів після застосування остеотомії таза за Salter було включено 29 груп дослідження [28, 29, 33, 38, 42, 49, 55, 64, 65, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 90, 96, 97, 98, 99, 106, 109, 110, 112, 113, 114, 115], 19 груп дослідження було включено до групи визначення результатів після застосування остеотомії таза за Dega [34, 40, 53, 57, 62, 63, 71, 75, 78, 79, 86, 87, 102, 103, 104, 105, 107, 108] та 12 груп дослідження було включено до групи визначення результатів після застосування остеотомії таза за Pemberton [16, 39, 46, 55, 57, 61, 64, 72, 76, 78, 100, 101].

Як програмне забезпечення для введення та сортування всіх первинних даних використовувалось ПЗ Microsoft. (2007), Microsoft Excel (отримане з вебсайту <https://office.microsoft.com/excel>).

Оцінка рівня доказовості включених статей:

Усі статті оцінювались згідно з рекомендаціями Оксфордського центру доказової медицини, оптимізованими для ортопедів [116]. Згідно з цими рекомендаціями існує 5 типів досліджень з 5 рівнями доказовості кожне. Кожна стаття була оцінена за цими критеріями та отримала власний рівень доказовості: 31 статті мали IV рівень доказовості [16, 28, 33, 34, 40, 42, 46, 49, 53, 65, 71, 82, 86, 90, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115], 19 статей – III рівень доказовості [29, 55, 57, 61, 62, 63, 64, 72, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 87, 97, 98], 2 статті – II рівень доказовості [38, 39].

Оцінка якості включених статей:

Методологічна якість включених статей оцінювалась згідно з Методологічним індексом нерандомізованих досліджень (MINORS) [117]. MINORS складається з 8 пунктів для нерандомізованих досліджень і з 4 додаткових пунктів для порівняльних досліджень (кожен пункт оцінюється від 0 до 2 балів). Для отримання «гарної» методологічної якості дослідження серії випадків має набрати не менше 10 балів, дослідження типу «випадок-контроль» – не менше 16 балів [89]. За даними MINORS 39 статей мали гарну методологічну якість [28, 29, 33, 34, 38, 39, 40, 42, 46, 53, 55, 57, 61, 62, 63, 64, 71, 72, 75, 76, 78, 79, 80, 82, 85, 86, 87, 90, 96, 97, 98, 100, 102, 104, 105, 108, 110, 112, 113]; 12 статей мали погану методологічну якість [16, 65, 81, 84, 99, 101, 103, 106, 107, 109, 111, 114].

Статистична обробка:

Було проведено нормальний розподіл пацієнтів за віком, післяопераційними результатами (клінічними та рентгенологічними), показниками AI (за даними перед- і післяопераційного обстеження та під час контрольного огляду) відповідно до виконаної остеотомії таза. Додатково відзначалась частота виникнення АНГСК у післяопераційному періоді відповідно до групи виконаної остеотомії таза.

Для визначення остеотомії таза, яка дає кращі післяопераційні результати для лікування ДКС у дітей, було проведено порівняння післяопераційних результатів, ступеня корекції деформації кульшової западини та частоти виникнення АНГСК після оперативного втручання. Післяопераційні результати оцінювались за сумою відмінних і гарних клініко-рентгенологічних результатів та за частотою незадовільних клініко-рентгенологічних. Корекція деформації кульшової западини оцінювалась як різниця між показниками AI у передопераційному періоді та після оперативного втручання. При оцінці результатів також враховувалась частота виникнення АНГСК. Для порівняння непараметричних даних

використовувався U-критерій Mann–Whitney для малих вибірок; різницю вважали статистично значущою при $p < 0,05$.

Для визначення різниці післяопераційних результатів у пацієнтів старшого та молодшого віку проводилось порівняння післяопераційних результатів вищевказаних остеотомій таза під час контрольного огляду у пацієнтів молодше та старше 3 та 4 років у кожній окремій групі. Порівняння результатів у пацієнтів молодше та старше 3 та 4 років проводилось згідно попередніх досліджень, де автори порівнювали результати саме у пацієнтів цих вікових груп [12, 52, 53, 71, 79, 81, 82, 83, 86]. Для визначення достовірності впливу віку пацієнта на післяопераційні результати також застосовувався U-критерій Mann–Whitney (результат вважався статистично достовірним при $p < 0,05$).

Для виявлення зв'язку між віком пацієнта або ступенем деформації кульшової западини (значення AI перед операцією) та післяопераційними результатами встановлювалась лінійна кореляція. Для оцінки сили кореляції використовувався критерій «r» кореляції Pearson [118]: при «r» $< 0,3$ кореляція вважалась незначною, «r» = 0,3–0,5 – низькою, «r» = 0,5–0,7 – помірною та «r» $> 0,7$ – високою. Кореляція визнавалась позитивною зі знаком «+» або негативною зі знаком «-».

Для оцінки впливу віку пацієнта або ступеня деформації кульшової западини (значення AI перед операцією) на післяопераційні результати застосовувалась лінійна регресія; «R²» – це критерій, що показує силу впливу одного фактора на інший. Чим ближче «R²» до «1», тим більший вплив; статистично значущим вважається «R²» з $p < 0,05$.

Для проведення статистичної обробки даних застосовувалось ПЗ JASP Team (2020), Version 0.11.1.0.

2.3. РЕЗУЛЬТАТИ

Порівняння результатів після застосування остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton

Не було виявлено статистично значущої різниці з точки зору кількості відмінних + гарних та поганих клініко-рентгенологічних результатів після застосування остеотомії таза за Salter, Dega та Pemberton під час контрольного огляду.

Крім того, було виявлено статистично незначну різницю в частоті виникнення АНГСК після вищезгаданих остеотомій таза.

Було виявлено, що кращу корекцію деформації кульшової западини можна досягти після застосування остеотомії таза за Pemberton у порівнянні з остеотомією таза за Dega ($p < 0,05$). Однак не було виявлено різниці у корекції деформації кульшової западини при порівнянні остеотомій таза за Salter і Pemberton та Salter і Dega.

Повна інформація щодо порівняння післяопераційних результатів представлена у Табл. 2.

Табл. 2. Порівняння результатів після застосування різних остеотомій таза (Кл.рез. – клінічні результати; Р.рез. – рентгенологічні результати; В-відмінний; Г-гарний; Н-незадовільний; AI кор.- величина корекції AI; S-Salter; P-Pemberton; D-Dega).

Кл.рез.(В+Г) - %	Кл.рез.(Н) - %	Р.рез.(В+Г) - %	Р.рез.(Н) - %	AI кор. - °	АНГСК - %	
88.9±7	2.8±3.6	87.6±8.2	3.9±5	20±5.1	10.9±7.3	S
90.4±10.2	3.4±5.3	88.3±10.8	4.5±8.1	23.3±4.9	16.6±15.5	P
84.6±9	7±7.7	84.6±8.2	8.3±10.1	19.3±4.6	13.9±12.6	D
$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	S\P
$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p < 0.05$	$p > 0.05$	P\D
$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	S\D

Різниця післяопераційних результатів у старших та молодших пацієнтів

Після порівняння результатів операції у пацієнтів молодше та старше 3 та 4 років кращі рентгенологічні результати та краща корекція деформації кульшової западини були виявлені у пацієнтів молодше 3 років після застосування остеотомії таза за Salter ($p < 0,05$). Аналогічно, краща корекція деформації кульшової западини відзначалась у пацієнтів молодше 3 та 4

років після застосування остеотомії таза за Dega ($p < 0,05$). Не було виявлено різниці в післяопераційних результатах та величині корекції деформації кульшової западини у пацієнтів молодше та старше 3 та 4 років після застосування остеотомії таза за Pemberton.

Повна інформація щодо різниці післяопераційних результатів у старших та молодших пацієнтів представлена у Табл. 3.

Табл. 3. Порівняння результатів після застосування різних остеотомій таза у молодших та старших пацієнтів (Кл.рез. – клінічні результати; Р.рез. – рентгенологічні результати; В-відмінний; Г-гарний; Н-незадовільний; AI кор.- величина корекції AI; недост.даних – недостатньо даних; S-Salter; P-Pemberton; D-Dega).

Кл.рез.(В+Г) - %	Кл.рез.(Н) - %	Р.рез.(В+Г) - %	Р.рез.(Н) - %	AI кор. - °	АНГКСК - %	
Порівняння результатів у пацієнтів молодше та старше 3 років						
$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p < 0.05$	$p > 0.05$	$p < 0.05$	$p > 0.05$	S
$p > 0.05$	недост.даних	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	P
$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p < 0.05$	$p > 0.05$	D
Порівняння результатів у пацієнтів молодше та старше 4 років						
$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	S
$p > 0.05$	недост.даних	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	P
$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p < 0.05$	$p > 0.05$	D

Зв'язок між віком пацієнтів та величиною деформації кульшової западини і післяопераційними результатами

Було виявлено низьку або незначну негативну кореляцію між віком пацієнта та відмінними і гарними клініко-рентгенологічними результатами; низьку позитивну кореляцію між віком пацієнта та незадовільними клініко-рентгенологічними результатами після застосування остеотомії таза за Salter. Це відображає гірші результати у пацієнтів старшого віку.

Також було виявлено незначну негативну кореляцію між передопераційними показниками AI та відмінними і гарними клініко-рентгенологічними результатами; незначну позитивну кореляцію між передопераційними показниками AI та незадовільними клініко-

рентгенологічними результатами у цієї групи пацієнтів. Це відображає гірші результати при вищих показниках AI перед операцією

Було виявлено високу негативну кореляцію між віком пацієнта та відмінними і гарними клінічними результатами та високу позитивну кореляцію між віком пацієнта та незадовільними клінічними результатами після застосування остеотомії таза за Dega. Також було виявлено незначну негативну кореляцію між віком пацієнта та відмінними і гарними рентгенологічними результатами та незначну позитивну кореляцію між віком пацієнта та незадовільними рентгенологічними результатами у цієї групи пацієнтів. Це відображає гірші результати у пацієнтів старшого віку.

Помірну негативну кореляцію було виявлено між передопераційними показниками AI та відмінними і гарними клінічними результатами, помірну позитивну кореляцію між передопераційними показниками AI та незадовільними клінічними результатами після застосування остеотомії таза за Dega. Також було виявлено незначну негативну кореляцію між передопераційними показниками AI та відмінними і гарними рентгенологічними результатами та незначну позитивну кореляцію між передопераційними показниками AI та незадовільними рентгенологічними результатами у цієї групи пацієнтів. Це відображає гірші результати при вищих показниках AI перед операцією.

Було виявлено незначну негативну кореляцію між віком пацієнта та відмінними і гарними клінічними результатами після застосування остеотомії таза за Pemberton; незначну позитивну кореляцію між віком пацієнта та незадовільними клінічними результатами у цієї групи пацієнтів. Також було виявлено низьку негативну кореляцію між віком пацієнта та відмінними і гарними рентгенологічними результатами та незначну позитивну кореляцію між віком пацієнта та незадовільними рентгенологічними результатами у цієї групи пацієнтів. Це відображає гірші результати у пацієнтів старшого віку.

Високу негативну кореляцію було виявлено між передопераційними показниками AI та відмінними і гарними клінічними результатами, помірну

позитивну кореляцію між передопераційними показниками АІ та незадовільними клінічними результатами після застосування остеотомії таза за Pemberton. Також було виявлено незначну позитивну кореляцію між передопераційними показниками АІ та відмінними і гарними рентгенологічними результатами та низьку позитивну кореляцію між передопераційними показниками АІ та незадовільними рентгенологічними результатами у цієї групи пацієнтів. Це відображає гірші результати при вищих показниках АІ перед операцією.

Повна інформація щодо кореляції віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западин та післяопераційних результатів представлена у Табл. 4.

Табл. 4. Кореляція між віком пацієнта/величиною АІ перед операцією та результатами після різних остеотомій таза (р – роки; АІ до-величина АІ перед операцією; В-відмінний; Г-гарний; Н-незадовільний; КР-клінічні результати; РР-рентгенологічна результати).

		Salter		Dega		Pemberton	
		Вік (р)	АІ до (°)	Вік (р)	АІ до (°)	Вік (р)	АІ до (°)
Вік (р)	r	—	—	—	—	—	—
АІ до	r	—	—	—	—	—	—
В+Г (КР)	r	-0.185	-0.130	-0.818	-0.541	-0.063	-0.976
Н (КР)	r	0.375	0.014	0.753	0.679	0.056	0.595
В+Г (РР)	r	-0.482	-0.067	-0.196	-0.106	-0.417	-0.233
Н (РР)	r	0.412	0.140	0.164	0.263	0.324	0.347

Вплив віку пацієнта та величини деформації кульшової западини на післяопераційні результати

Було виявлено слабкий статистично значущий вплив віку пацієнта на відмінні та гарні рентгенологічні результати після застосування остеотомії таза за Salter (кращих результатів можна досягти у молодших пацієнтів): $R^2=0,232$, $p < 0,05$.

Було виявлено статистично достовірний помірний вплив віку пацієнта на відмінні та добрі клінічні результати після застосування остеотомії таза за Dega (кращих результатів можна досягти у молодших пацієнтів): $R^2=0,67$, $p < 0,05$.

Було виявлено сильний статистично значущий вплив передопераційних значень AI на погані клінічні результати після застосування остеотомії таза за Pemberton (кращі результати можна очікувати при менших передопераційних значеннях AI): $R^2=0,952$, $p < 0,05$.

Вплив віку пацієнта та передопераційних значень AI на післяопераційну частоту виникнення АНГСК був незначним або слабким і статистично незначущим при застосуванні всіх вищезазначених остеотомій таза.

Детальніше про вплив віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западини на післяопераційні результати див. на Рис. 2.

Рис. 2. Вплив віку пацієнта/деформації кульшової западини на результати після застосування різних остеотомій таза (p – роки; AI до-величина AI перед операцією; B-відмінний; Г-гарний; H-незадовільний; КР-клінічні результати; РР-рентгенологічна результати).

Salter:

Вік (p) \ B+Г РР

Model	R	R ²	Adjusted R ²	RMSE
1	0.482	0.232	0.197	7.362

Model	Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
Age (y)	-2.654	1.030	-0.482	-2.578	0.017

Dega:

Вік (p) \ B+Г КР

Model	R	R ²	Adjusted R ²	RMSE
1	0.818	0.670	0.587	5.809

Model	Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
Age (y)	-4.962	1.742	-0.818	-2.848	0.047

Pemberton:

AI до \ H КР

Model	R	R ²	Adjusted R ²	RMSE
1	0.976	0.952	0.928	0.671

Model	Unstandardized	Standard Error	Standardized	t	p
AI B	-0.264	0.042	-0.976	-6.301	0.024

2.4. ОБГОВОРЕННЯ

Серед усіх оперативних втручань, які застосовуються для корекції ацетабулярної дисплазії при ДКС (ізольоване відкрите вправлення, остеотомія проксимального відділу стегнової кістки, остеотомія таза), саме остеотомії таза відіграють ключову роль та дають кращі результати [5, 46]. У пацієнтів для хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії широко застосовуються три остеотомії таза (за Salter, за Dega, за Pemberton). Кожна з цих остеотомій має свої переваги та недоліки. Були спроби виявити кращу з-поміж вищевказаних остеотомій таза [52, 54, 55, 57, 75, 76, 77, 78, 79], але дискусії щодо цього тривають і досі. Вік пацієнта (молодший або старший) і більші передопераційні значення ацетабулярного кута (індексу) були запропоновані як фактори ризику. Тому метою даного розділу було:

- 1) виявити кращу остеотомію таза для лікування ДКС у дітей з точки зору післяопераційних результатів;
- 2) з'ясувати вплив віку пацієнта та ступеня передопераційної деформації кульшової западини на результати.

Після проведеної обробки даних не було виявлено кращої остеотомії таза з точки зору післяопераційних результатів (не було виявлено відмінностей у клінічних та рентгенологічних результатах і частоті виникнення АНГСК після операції при порівнянні остеотомій таза за Salter, за Dega та за Pemberton).

Краща корекція деформації кульшової западини може бути досягнута після застосування остеотомії таза за Pemberton (у порівнянні з остеотомією таза за Dega); однак хірург повинен пам'ятати про можливий ризик ушкодження Y-подібного хряща [73, 78], виникнення сФАК [54] або виникнення порушення ходи [16, 74] після застосування остеотомії таза за Pemberton. Однак при порівнянні рівня корекції деформації кульшової западини після остеотомій таза за Salter та Dega і остеотомій таза за Salter та Pemberton не було виявлено різниці між цими остеотоміями. Крім того, не було виявлено різниці в частоті виникнення АНГСК після оперативного

втручання при порівнянні всіх вищезгаданих остеотомій таза (що суперечить Bayhan, I.A. [55] і Wu, K.-W. [88], які виявили вищу частоту виникнення АНГСК після застосування остеотомії таза Pemberton).

Після застосування остеотомії таза за Salter кращі результати були виявлені у молодших пацієнтів (до 3 років), що узгоджується з результатами El-Sayed, M. [52] та Chen Q [12], але суперечить даним Tukenmez, M. [85]).
52 Кращу корекцію деформації кульшової западини було виявлено у молодших пацієнтів після застосування остеотомії таза за Salter (у пацієнтів молодше 3 років) та після застосування остеотомії таза за Dega (у пацієнтів молодше 3 та 4 років) – це підтверджує дані El-Sayed та M.redults [52], але суперечить результатам Czubak J. [87]. Не було виявлено різниці в частоті виникнення АНГСК у молодших та старших (молодше та старше 3 та 4 років) пацієнтів після застосування остеотомії таза за Salter, за Dega, за Pemberton.

Після оцінки зв'язку віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западини з післяопераційними результатами було отримано наступні результати: 1) незначна-низька кореляція між віком пацієнта та результатами та незначна кореляція між ступенем деформації КЗ та результатами після застосування остеотомії таза за Salter; 2) висока кореляція між віком пацієнта та клінічними результатами, незначна кореляція між віком пацієнта та рентгенологічними результатами, помірна кореляція між ступенем деформації КЗ та клінічними результатами і незначна кореляція між ступенем деформації КЗ та рентгенологічними результатами після застосування остеотомії таза за Dega; 3) незначна кореляція між віком пацієнта та клінічними результатами, слабка кореляція між віком пацієнта та рентгенологічними результатами, помірна-сильна кореляція між ступенем деформації КЗ та клінічними результатами і слабка кореляція між ступенем деформації КЗ та рентгенологічними результатами після застосування остеотомії таза за Pemberton.

Після оцінки впливу віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западини на післяопераційні результати було виявлено статистично значущий вплив віку пацієнта після застосування остеотомії таза за Salter та за Dega (кращі результати у молодших пацієнтів). Це схоже на результати López-Carreño, E. [79], Chen Q. [12], Mellerowicz, H.H. [81], Umer M. [82], Denton JR. [83], Czubak J. [87], але суперечить Taghi Baghdadi. [84], Tukenmez, M. [85], El-Sayed, M. M. H. [53], Gather, K. S. [86].

Виявлено вплив ступеня деформації кульшової западини перед операцією на клінічні результати після застосування остеотомії таза за Pemberton (гірші результати у пацієнтів з вищими показниками AI перед операцією). Це підтверджує дані El-Sayed, M. [52], Wang, T.-M. [39], які спостерігали гірші результати після застосування остеотомії таза за Salter та за Dega у пацієнтів з вищими передопераційними показниками AI.

Було виявлено слабкий або незначний статистично незначущий вплив віку пацієнта або ступеня деформації кульшової западини на частоту виникнення АНГСК після застосування всіх вищевказаних остеотомій таза, що підтверджує результати Novais, E.N. [89], але суперечить даним Basant Kumar Bhuyan [90].

У даному розділі дисертаційної було проведено систематичний огляд та мета-аналіз літератури, присвяченій результатам після остеотомії таза за Salter, Dega та Pemberton за період 2010-2020 рр.. Було проведено порівняння віддалених клініко-рентгенологічних результатів після застосування вищевказаних втручань та не було встановлено статистично достовірної різниці у кількості відмінних+гарних та незадовільних клініко-рентгенологічних результатів. При порівнянні результатів у пацієнтів старше та молодше 3 та 4 років кращі результати були у пацієнтів молодше 3 років після остеотомії таза за Salter та молодше 3 та 4 років після остеотомії таза за Dega. Було визначено негативний вплив віку пацієнта та ступеня деформації кульшової западини на віддалені результати після застосування

вищезгаданих оперативних стручань (гірші результати у пацієнтів старшого віку з більшим ступенем деформації кульшової западини).

Матеріали даного розділу відображено в роботах:

1. [1] **Суворов В.**, Педіатрія : у 3-х т. Том 3 : підручник для студ. вищих мед. навч. закладів IV рівня акред. / [Артеменко Є. Я., Бабаджанян О. М., Белоусова О. Ю. та ін. ; за ред. Катілова О. В., Варзаря А. В., Валіуліса А., Дмитрієва Д. В.]. — Вінниця : Нова Книга, 2023. — 544 с. : іл; РОЗДІЛ 2. ОРТОПЕДІЯ, 149-208 сс. (Здобувачем написано та подано до друку відповідну главу національного підручника з педіатрії «Педіатрія : у 3-х томах»)
2. [4] Філіпчук, В., & **Суворов, В.** (2020). Ацетабулярна дисплазія: сучасний погляд на проблему (Огляд літератури). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (1(104), 92-100. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2020-104-1-92-100>
3. [6] Filipchuk V, **Suvorov V.** Pelvic osteotomies for DDH treatment in pediatric patients: assessment of risk factors. *Int J Med Rev Case Rep.* 2021; 5 (7): 66-77. doi: 10.5455 / IJMRCR.Pelvic-osteotomies-ddh-treatment
4. [13] **Vasyl, S. .**, Viktor, F. ., & Evhen, Z. . (2023). Assessment of Femoral Head Coverage in Healthy Children Younger than 6 Years Old. *Research Developments in Medicine and Medical Science Vol. 2*, 75–90. <https://doi.org/10.9734/bpi/rdmms/v2/4691B> (Здобувачем написано та подано до друку відповідну главу книги «Research Developments in Medicine and Medical Science»)

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОРФОЛОГІЇ КУЛЬШОВОЇ ЗАПАДИНИ У ДІТЕЙ МОЛОДШЕ 6 РОКІВ З УРАХУВАННЯМ ВІКУ ТА СТАТІ

3.1. АКТУАЛЬНІСТЬ

Відомо, що серед усіх варіантів хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії при ДКС кращі результати можуть бути отримані після

застосування остеотомії таза [61, 62, 63]. У пацієнтів молодше 6 років широко використовують три остеотомії таза – за Salter, Dega та Pemberton [13, 14]. Вищевказані остеотомії таза можуть покращити перекриття ГСК як у передньо-верхньому, так і задньо-верхньому напрямках [35]. Для більш ефективного застосування цих остеотомій таза необхідно розуміти нормальну морфологію кульшової западини та процес її розвитку в нормі у дітей молодше 6 років.

Згідно даних літератури, раніше нормальна 3-D морфологія кульшової западини описувалась лише у дорослих [119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130]; наймолодшому досліджуваному було 8 років. [124]. Немає досліджень, присвячених оцінці нормальної тривимірної морфології кульшової западини у дітей віком до 6 років. Надійним методом оцінки тривимірної морфології кульшової западини є оцінка перекриття ГСК кульшовою западиною, як було раніше описано іншими авторами [120, 121, 124].

Даний розділ дисертаційної роботи присвячений оцінці 3-D морфології КЗ у дітей віком до 6 років.

3.2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

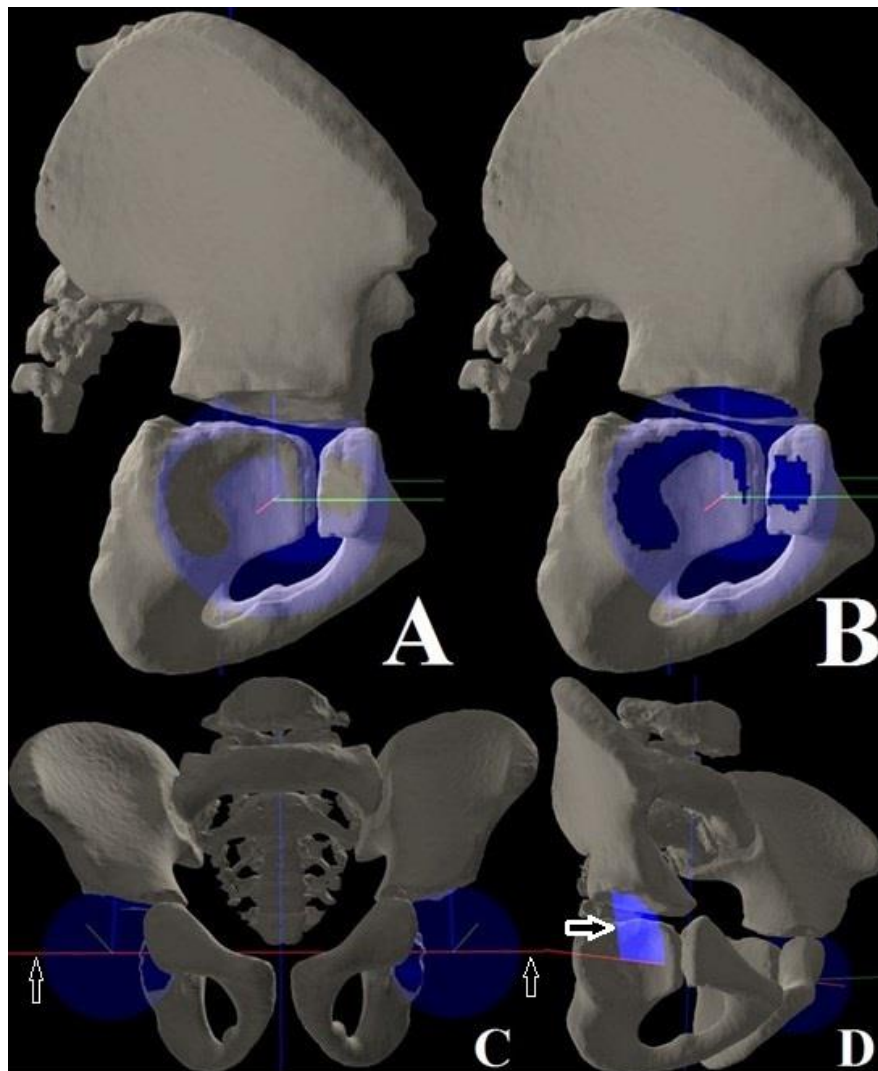
Для оцінки нормальної 3-D морфології КЗ у дітей віком молодше 6 років було проведено відбір КТ-досліджень ділянки таза у дітей 1-6 років життя без наявних патологій кульшового суглобу. Відбір КТ-досліджень проводився з бази даних НДСЛ «ОХМАТДИТ» за період 2010-2020 рр. У всіх пацієнтів, чиї КТ-дослідження було відібрано для подальшого дослідження, не було виявлено наявних патологій кульшового суглоба; усім пацієнтам КТ органів черевної порожнини та ділянки таза проводилось з метою виявлення метастазів новоутворень. Для даного дослідження були вибрані КТ таза з товщиною зрізу <1,5 мм (для кращої візуалізації кісток таза). Сканування проводилось на апараті «Siemens somatom definition as», США.

Загалом для оцінки тривимірної морфології КЗ було відібрано 270 КТ кульшових суглобів (135 пацієнтів): 78 дітей чоловічої статі (156 КТ кульшових суглобів), 57 дітей жіночої статі (114 КТ кульшових суглобів).

Вибрані КТ-скани були перенесені до програмного забезпечення Mimics 20.0 (Materialize Inc., Льовен, Бельгія), де було виконано автоматичну сегментацію кісток таза та крижової кістки. Цифрові моделі таза експортувались з програмного забезпечення (ПЗ) Mimics у форматі STL. Далі ці моделі були перенесені до спеціально розробленого ПЗ, яке призначалося для оцінки перекриття ГСК кульшовою западиною.

Перекриття ГСК кульшовою западиною оцінювали шляхом розміщення віртуальної сфери у КЗ методом найменших квадратів. Потім виділявся контакт між віртуальною сферою та межами КЗ (так звана пляма контакту). Після цього через центри обох віртуальних сфер (що відображають головки стегнових кісток) проводилась референтна лінія. Для вимірювання перекриття ГСК кульшовою западиною проводилось визначення кутів перетину між центром віртуальної сфери та референтною лінією по колу. Крок вимірювання становив 1° , тому кожна віртуальна сфера мала 360 точок контакту з краями КЗ (як з кістками таза, так і з ділянками Y-подібного хряща). Таким чином було виміряно 360 кутів перетину для кожної віртуальної сфери. Ці дані були представлені у вигляді числових значень та відображені на діаграмі. Числові значення було експортовано до ПЗ Microsoft Corporation (2007), Microsoft Excel для подальшого аналізу. Просторове вирівнювання таза відносно вісей X, Y, Z (як описано іншими авторами [120, 121]) не проводилося. У цьому не було потреби, тому що кістки таза у дітей розділені променями Y-подібного хряща, що дозволяє ідентифікувати кожну кістку таза в ділянці кульшовій западині без додаткових референтних точок. Процес оцінки перекриття ГСК краями кульшової западини показано на Рис. 3.

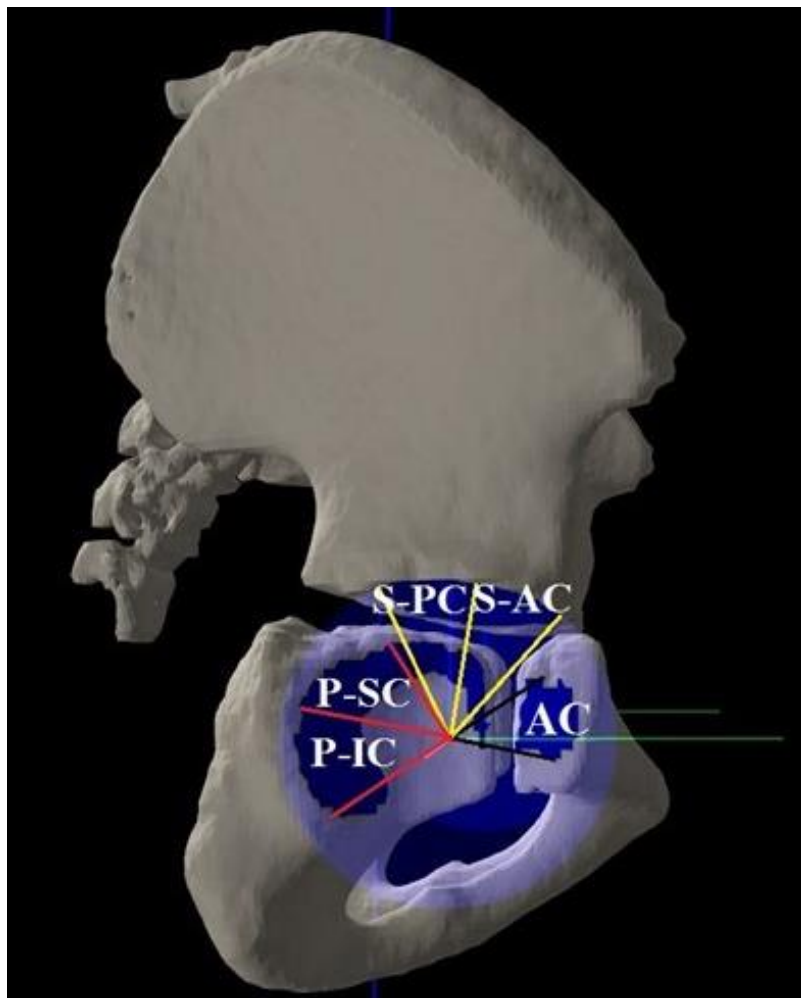
Рис. 3. Процес оцінки перекриття ГСК кульшовою западиною: *A* - віртуальна сфера; *B* - пляма контакту між віртуальною сферою та краями кульшової западини; *C* - референтна лінія (стрілка); *D* - кут пересічення (стрілка).



Перекриття ГСК оцінювали трьома кістками, які формують КЗ: лобковою, клубовою та сідничною (що відображає переднє, верхнє та заднє перекриття ГСК кульшовою западиною відповідно). Для більш детальної оцінки верхнього та заднього перекриття ГСК кульшової западини, ці регіони були додатково розділені на верхньо-передній, верхньо-задній, задньо-верхній та задньо-нижній. Таким чином оцінювалось перекриття ГСК

5 ділянками кульшової западини (передньою, верхньо-передньою, верхньо-задньою, задньо-верхньою, задньо-нижньою). Графічне зображення перекриття ГСК різними ділянками кульшової западини представлено на Рис. 4.

Рис. 4. Графічне зображення перекриття ГСК різними ділянками кульшової западини. АС – Переднє Перекриття (ПП); S-АС – Верхньо-Переднє Перекриття (ВПП); S-РС – Верхньо-Заднє Перекриття (ВЗП); P-SC – Задньо-Верхнє Перекриття (ЗВП); P-ІС – Задньо-Нижнє Перекриття (ЗНП).



Статистична обробка даних

Дані були нормалізовані наступним чином – 360 числових значень (показники кутів перетину центру віртуальної сфери з краями КЗ) були введені для кожного кульшового суглобу в ПЗ Microsoft Corporation (2007),

Microsoft Excel. Потім усі вищезазначені числові значення були відсортовані згідно статі (окремо чоловічої та жіночої) та віку (від 1 до 6 років) досліджуваної когорти дітей. Надалі ці числові значення були розподілені відповідно до ділянки перекриття ГСК краями КЗ: передня ділянка (перекриття лобковою кісткою), верхня ділянка (клубова кістка) та задня ділянка (сіднична кістка). Числові показники перекриття ГСК верхньою та задньою ділянками КЗ були поділені на дві частини, які відображали верхньо-переднє, верхньо-заднє, заднє-верхнє та задньо-нижнє перекриття ГСК. В подальшому було розраховано середнє арифметичне значення для кожної ділянки перекриття ГСК кульшовою западиною відповідно до статі та віку дитини. Ці середні арифметичні значення представляли собою вихідні дані для проведення подальшого статистичного аналізу.

Для визначення нормальних референтних даних щодо перекриття ГСК кожною з ділянок КЗ середні арифметичні значення перекриття ГСК різними ділянками КЗ були нормально розподілені відповідно до віку та статі дітей. Для кожної групи окремо розраховувалися середнє, максимальне, мінімальне значення та стандартне відхилення.

Для визначення інтенсивності розвитку різних ділянок КЗ проводилось порівняння середніх значень перекриття ГСК однією і тією ж ділянкою КЗ у дітей однієї статі та суміжного віку. При значенні «р» $< 0,05$ розвиток певної ділянки КЗ в певний віковий період вважався інтенсивним.

Статеві відмінності у перекритті ГСК однією і тією ж ділянкою КЗ у дітей одного віку оцінювалися аналогічно. При значенні «р» $< 0,05$ статева різниця у перекритті ГСК однією і тією ж ділянкою КЗ у дітей чоловічої та жіночої статі одного віку вважалася статистично значною.

Для оцінки відтворюваності вимірювань була розрахована надійність одного оцінювача (Intra-rater reliability). Перекриття ГСК різними ділянками КЗ оцінювалось згідно з методом, описаним вище (див. Рис. 4) через 4 місяці після проведення первинної оцінки. Надійність одного оцінювача розраховувалась за допомогою показника внутрішньокласової кореляції

(Intraclass Correlation – ICC). Відтворюваність вважалася поганою зі значенням $ICC < 0,50$; середньою – при $0,50 \leq ICC < 0,75$; гарною – при $0,75 \leq ICC < 0,90$; відмінною – при $ICC \geq 0,90$.

Початковий збір та обробка даних проводилися в ПЗ Microsoft (2007), Microsoft Excel. Статистичні розрахунки проводилися в ПЗ JASP (2020), версія 0.11.1.0. Результати зі значенням $p \leq 0,05$ вважалися статистично достовірними.

3.3. РЕЗУЛЬТАТИ

Нормальні референтні значення перекриття ГСК різними ділянками кульшової западини у дітей відповідно до їхнього віку див. у Табл. 5.

Табл. 5. Референтні показники нормального перекриття ГСК різними ділянками КЗ у хлопчиків та дівчат віком 1-6 років (ПГСК – перекриття головки стегнової кістки; р. - роки).

	Хлопчики		Середнє			Дівчата		Середнє		
			(÷- ст.відх.)					(÷- ст.відх.)		
			Мінімальнє/максимальнє					Мінімальнє/максимальнє		
<div>ПГСК р</div>	ПП	В-ПП	В-ЗП	З-ВП	З-НП	ПП	В-ПП	В-ЗП	З-ВП	З-НП
1	9.44 ÷\15.7 0\38	9.05 ÷\3.76 1\100	6.29 ÷\3.38 7\94	0.14 ÷\5.12 4\62	0.2 ÷\5.06 9\60	14.54 ÷\17.6 0\41	88.9 ÷\5.0 79\97	4.72 ÷\5.43 3\92	9.04 ÷\6.79 4\58	1.31 ÷\5.99 2\64
2	8.57 ÷\9.98 0\41	2.35 ÷\6.74 3\103	0.78 ÷\5.28 4\99	3.92 ÷\3.56 7\60	3.42 ÷\5.41 3\60	33.93 ÷\4.5 25\41	100.87 ÷\30.09 78\211	1.06 ÷\6.14 6\98	6.93 ÷\5.3 0\66	7.87. ÷\5.94 0\67
3	6.1 ÷\4.48 7\43	8.2 ÷\4.2 0\107	6.45 ÷\3.45 9\103	3.1 ÷\2.8 7\68	0.85 ÷\4.03 3\68	30.72 ÷\15.28 0\47	94.22 ÷\5.48 84\104	2.5 ÷\7 0\100	1.16 ÷\6.47 9\72	3.22 ÷\6.3 2\71
4	5.07 ÷\8.97 1\44	6.15 ÷\4.28 9\105	5.57 ÷\3.94 8\103	1.92 ÷\3.59 7\71	2.03 ÷\3.9 5\68	34.54 ÷\11.28 8\48	95.68 ÷\4.86 87\106	4.63 ÷\5.42 3\102	1.45 ÷\7.31 2\71	3.45 ÷\7.23 7\71
5	1.61 ÷\4.56 5\50	00.15 ÷\5.37 0\109	9.53 ÷\3.92 1\106	6.19 ÷\3.8 8\73	4.11 ÷\4.06 9\75	41.24 ÷\9.83 28\57	99.35 ÷\4.41 92\104	00.85 ÷\3.69 4\106	9.64 ÷\7.84 9\85	6.5 ÷\5.53 9\78
6	1.72 ÷\4.8 0\51	00.63 ÷\4.12 2\107	00.44 ÷\4.39 2\110	8.86 ÷\5.57 5\79	6.77 ÷\5.13 6\76	43.18 ÷\6.93 30\54	99.54 ÷\4.87 91\108	01.04 ÷\4.69 2\110	1.77 ÷\5.25 1\84	9.9 ÷\3.57 3\79

$\begin{smallmatrix} p \\ p \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6	$\begin{smallmatrix} p \\ p \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6
1	-	0.027	0.001	0.001	0.001	0.001	1	-	0.028	0.004	0.001	0.001	0.001
2	-	-	0.008	0.042	<0.01	0.002	2	-	-	0.518	0.175	<0.01	<0.01
3	-	-	-	0.156	0.036	0.011	3	-	-	-	0.397	0.002	0.004
4	-	-	-	-	<0.01	0.003	4	-	-	-	-	0.004	<0.01
5	-	-	-	-	-	0.955	5	-	-	-	-	-	0.341
6	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
Задньо-верхнє перекриття							Задньо-верхнє перекриття						
$\begin{smallmatrix} p \\ p \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6	$\begin{smallmatrix} p \\ p \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6
1	-	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	1	-	0.016	0.001	0.001	0.001	0.001
2	-	-	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	2	-	-	0.013	0.004	<0.01	<0.01
3	-	-	-	0.45	0.068	0.003	3	-	-	-	0.901	0.018	<0.01
4	-	-	-	-	0.001	0.001	4	-	-	-	-	0.003	0.001
5	-	-	-	-	-	0.3	5	-	-	-	-	-	0.784
6	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
Задньо-нижнє перекриття							Задньо-нижнє перекриття						
$\begin{smallmatrix} p \\ p \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6	$\begin{smallmatrix} p \\ p \end{smallmatrix}$	1	2	3	4	5	6
1	-	0.015	0.001	0.001	0.001	0.001	1	-	0.049	0.001	0.001	0.001	0.001
2	-	-	0.005	<0.01	<0.01	<0.01	2	-	-	0.013	0.03	0.005	<0.01
3	-	-	-	0.273	0.068	0.003	3	-	-	-	0.04	0.516	0.002
4	-	-	-	-	0.08	0.005	4	-	-	-	-	0.296	<0.01
5	-	-	-	-	-	0.249	5	-	-	-	-	-	0.051
6	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-

Стосовно статевих відмінностей у перекритті ГСК різними ділянками КЗ у дітей чоловічої та жіночої статі було виявлено, що верхньо-переднє перекриття ГСК є більшим у хлопчиків у віці 3 років ($p \leq 0,05$). Та навпаки, було виявлено, що задньо-верхнє перекриття ГСК є більшим у дівчат у віці 2 та 6 років ($p \leq 0,05$); задньо-нижнє перекриття ГСК є більшим у дівчат 2, 4 та 5 років ($p \leq 0,05$). Статеві відмінності у перекритті ГСК різними ділянками КЗ у дітей залежно від їхнього віку наведено в Табл. 7.

Табл. 7. Статеві відмінності перекриття ГСК різними ділянками кульшової западини у дітей віком 1-6 років (р.-роки; Х-хлопчики; Д-Дівчата).

Хлопчики/Дівчата (значення "р")						
Перекриття \ р.	1р.	2р.	3р.	4 р.	5 р.	6р.
Переднє	0.835	0.163	0.269	0.94	0.958	0.248
Верхньо-переднє	0.98	0.293	0.048 (Х)	0.599	0.601	0.71
Верхньо-заднє	0.463	0.671	0.092	0.789	0.328	0.174
Задньо-верхнє	0.982	0.037 (Д)	0.277	0.649	0.076	0.014 (Д)
Задньо-нижнє	0.258	0.019 (Д)	0.109	0.456	0.037 (Д)	0.01 (Д)

Відповідно до відтворюваності наших вимірювань, у всіх випадках надійність одного оцінювача коливалась від середньої до гарної. Надійність одного оцінювача відповідно до віку дитини та ділянки перекриття ГСК представлена в Табл. 8.

Табл. 8. Внутрішньокласова кореляція показників перекриття ГСК різними ділянками кульшової западини у хлопчиків та дівчат віком 1-6 років (ВКК - внутрішньокласова кореляція; р. - роки).

ВКК		Хлопчики				
Вік (р.) \ Перекриття		ПП	В-ПП	В-ЗП	З-ВП	З-НП
1		0,83	0,65	0,69	0,73	0,74
2		0,86	0,80	0,86	0,64	0,81
3		0,79	0,79	0,72	0,68	0,75
4		0,86	0,71	0,76	0,67	0,72
5		0,79	0,79	0,68	0,71	0,73
6		0,78	0,76	0,69	0,73	0,8
ВКК		Дівчата				
Вік (р.) \ Перекриття		ПП	В-ПП	В-ЗП	З-ВП	З-НП
1		0,86	0,69	0,77	0,82	0,83
2		0,76	0,83	0,83	0,87	0,86
3		0,86	0,84	0,86	0,90	0,76
4		0,87	0,76	0,85	0,84	0,72
5		0,84	0,77	0,78	0,84	0,85
6		0,89	0,76	0,74	0,82	0,71

3.4. ОБГОВОРЕННЯ

У цьому розділі дисертаційної роботи описувалось дослідження тривимірної морфології кульшової западини непрямим методом (через

дослідження перекриття ГСК п'ятьма ділянками КЗ у здорових дітей обох статей віком від 1 до 6 років). Морфологія КЗ оцінювалась з точки зору застосування різних остеотомій таза для хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років. Для хірурга кульшового суглоба важливо знати нормальні референтні значення перекриття ГСК кульшовою западиною, оскільки це дає змогу диференціювати патологічні стани від крайніх показників норми та планувати проведення реконструктивних операцій на кульшовому суглобі.

Метод оцінки перекриття ГСК, описаний у цьому розділі, дозволяє ортопеду опосередковано оцінити морфологію КЗ та порівняти її зі встановленими вище референтними значеннями. Ці референтні значення будуть корисними при визначенні типу дефіциту КЗ та для кращого передопераційного планування; однак для цього потрібне проведення комп'ютерної томографії таза.

При аналізі процесу розвитку різних ділянок КЗ було виявлено, що протягом перших 5 років життя відбувається інтенсивний розвиток КЗ, що відповідає результатам Li, L. Y., Novais, E. N. [13, 14, 125]. Це виправдовує раннє застосування реконструктивних остеотомій таза для лікування ДКС. Крім того, це може пояснювати кращі результати після застосування остеотомії таза у молодших пацієнтів (лишається більший потенціал для розвитку певних ділянок КЗ) [12, 52, 79, 81, 83, 131].

Щодо статевих відмінностей у морфології КЗ: було виявлено, що розвиток задньої ділянки КЗ більш виражений у дівчат, передньої ділянки – у хлопчиків. Ці висновки узгоджуються з результатами інших авторів щодо гендерних відмінностей морфології кульшового суглоба, проте у дорослих [120, 121, 124]. Тому виникає висновок, що такі відмінності наявні вже з раннього дитинства, а не виникають протягом життя.

Цей розділ дисертаційної роботи присвячений вивченню тривимірної морфології кульшової западини у здорових дітей віком 1-6 років; згідно з розробленою методикою було досліджено перекриття головки стегнової

кістки різними ділянками кульшової западини, встановлено референтні дані цього перекриття відповідно до віку та статі дітей, проаналізовано інтенсивність розвитку різних ділянок кульшової западини та проаналізовано статеві відмінності розвитку різних ділянок кульшової западини. Було встановлено більш інтенсивний розвиток всіх ділянок кульшової западини у дітей молодше 3-х років життя та у період 4-5 років життя; встановлено інтенсивніший розвиток задньої ділянки кульшової западини у дівчат, передньої ділянки – у хлопчиків

Матеріали даного розділу відображено в роботах:

1. [2] **Suvorov Vasyi**, Filipchuk Viktor, Zyblovskiy Evhen, "Femoral Head Coverage Assessment in Healthy Children Younger than 6 Years", *Advances in Orthopedics*, vol. 2022, Article ID 6058746, 7 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6058746>
2. [121] Філіпчук, В., **Суворов, В.**, Мельник, М., & Зябловський, Є. (2022). Методика вивчення зони контакту головки стегнової кістки з кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (2(113), 68-73. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-113-2-68-73>

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОСТЕОТОМІЙ ТАЗА ЗА SALTER, DEGA, PEMBERTON У ДІТЕЙ 2 ТА 6 РОКІВ

АКТУАЛЬНІСТЬ

На сьогодні для хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років широко застосовують три реконструктивні остеотомії таза (за Salter, Pemberton і Dega) [35, 125, 132, 133]. Ці остеотомії таза традиційно поділяють на ті, що змінюють просторову орієнтацію, та ті, що змінюють форму кульшової западини [87, 134, 135]. Корекція деформації КЗ під час вищевказаних остеотомій таза відбувається за рахунок реорієнтації дистального фрагмента клубової кістки. «Шарнірні точки = hinge

points» – це ті анатомічні ділянки таза, де відбуваються пластичні зміни під час реорієнтації дистального фрагмента клубової кістки (термін «пластичність» визначається як «здатність зберігати форму, досягнуту деформацією тиску» згідно зі словником Merriam-Webster).

Припускають, що фіброзно-хрящова частина лобкового симфізу є такою шарнірною точкою під час остеотомії таза за Salter [96, 136], Y-подібний хрящ – під час остеотомії таза за Pemberton [76, 136], задньо-медіальний кортикальний шар у ділянці великої сідничної вирізці – під час остеотомії таза за Dega [87]. Кількість і розташування шарнірних точок важливі для хірурга з точки зору їхнього можливого пошкодження під час виконання остеотомії таза та з позиції можливості одночасної комбінацій вищевказаних остеотомій таза з двох сторін.

Наскільки відомо з літературних джерел, на момент написання цієї дисертаційної роботи не було раніше проведено біомеханічних досліджень щодо визначення кількості та розташування шарнірних точок під час виконання вищевказаних остеотомій таза для лікування ДКС у дітей молодше 6 років. Крім того, існують певні протиріччя щодо кількості та розташування шарнірних точок під час виконання вищевказаних остеотомій таза та щодо подальшого поділу остеотомій таза на ті, що змінюють просторову орієнтацію КЗ та ті, що змінюють форму КЗ [104, 137].

Також відсутня інформація щодо ролі зв'язкового апарату таза під час остеотомій таза, що є значним недоліком сучасних досліджень. Однак ми вважаємо, що зв'язки таза мають відігравати основну роль у якості обмежувачів корекції деформації КЗ.

Останнім питанням, яке не висвітлено в сучасній літературі, є вплив віку пацієнта на біомеханічні зміни під час остеотомій таза; однак, відомо, що раніше описувались різні результати у пацієнтів різного віку (що, можливо, пов'язано з різними біомеханічними змінами під час остеотомій таза у дітей молодшого та старшого віку) [52, 53, 79].

Метод кінцевих елементів (МКЕ) є надійним способом моделювання різних процесів на біологічних моделях. На сьогодні існують певні дослідження із застосування МКЕ, що присвячені дослідженню розподілу навантаження на таз людини при різних станах [138, 139, 140, 141, 142, 143].

Метою цього розділу дисертаційної роботи було:

- 1) створити надійні математичні моделі людського таза дітей 2-х та 6-и років для подальшого моделювання вищезазначених остеотомій таза;
- 2) виявити розподіл навантаження під час вищевказаних остеотомій таза;
- 3) дослідити роль зв'язкового апарату таза під час вищевказаних остеотомій таза;
- 4) з'ясувати вплив віку пацієнта на біомеханічні зміни, що відбуваються під час виконання вищевказаних остеотомій таза.

4.2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Математичні моделі людського таза дітей 2-х та 6-ти років

Було відібрано КТ таза дітей 2 та 6 років без патології кульшового суглоба з бази даних лікарні (КТ-дослідження проводились з приводу виявлення метастазів нововутворень). Відбирались діти саме цих вікових категорій з позиції оптимального віку для застосування вищезгаданих остеотомій таза: мінімальний вік, коли рутинно застосовують ці остеотомії таза є 2 роки, максимальний вік - 6 років. Дослідження проводилось на апараті “Siemens somatom definition as, США” з товщиною зрізу 0,8 мм у дитини 2 років та 1,5 мм у пацієнта 6 років. Для перегляду КТ-сканів застосовувалось ПЗ «Medixant. RadiAnt DICOM Viewer. Версія 2020.1. 9 березня 2020 року».

КТ обох пацієнтів було транспортовано в ПЗ Mimics 20.0 (Materialise Inc., Льовен, Бельгія), де була виконана автоматична сегментація кісток таза та крижової кістки. Хрящова тканина (У-подібний хрящ та суглобові хрящі у крижово-клубовому суглобі) додавалась у вищезазначеному ПЗ вручну за анатомічними орієнтирами [144].

Три остеотомії таза (за Salter, Dega, Pemberton) моделювались на цифрових моделях таза (дітей 2 та 6 років) відповідно до опису цих оперативних втручань в літературі [87, 134, 135]. Остеотомія таза за Salter була змодельована як повне пересічення клубової кістки за допомогою прямої лінії, яка починалась спереду на середині відстані між передньо-верхньою та передньо-нижньою остями клубової кістки та закінчувалась в найглибшій точці великої сідничної вирізки. Остеотомія таза за Pemberton була змодельована як неповне пересічення клубової кістки за допомогою дугоподібної лінії, яка починалась спереду на 10 мм вище передньо-нижньої ості клубової кістки; ця лінія була прямою до термінальної лінії таза і спрямована до найглибшої точки великої сідничної вирізки; потім напрямок лінії змінювався так, що він був паралельним зовнішньому краю кульшової западини і закінчувався дещо вище переднього променя Y-подібного хряща на середині товщини клубової кістки у передньо-задньому напрямку. Остеотомія таза за Dega була змодельована як неповне пересічення клубової кістки за допомогою прямої лінії, яка починалась латерально на середині відстані між передньо-верхньою та передньо-нижньою остями клубової кістки, напрямок лінії був спрямований до найглибшої точки великої сідничної вирізки; пересічення клубової кістки завершувалось на рівні термінальної лінії, таким чином лишаючи задньо-медіальний кортикальний шар у ділянці великої сідничної вирізки інтактним. Таким чином, 6 цифрових моделей таза з імітацією трьох вищевказаних остеотомій таза були створені і доступні для подальшої роботи (по 3 остеотомії таза для цифрової моделі таза дитини 2 та 6 років).

У подальшому було створено сітчасті моделі таза на основі вокселів [145] для моделювання розподілу навантаження під час симулювання остеотомій таза (через різну товщину кортикальної шару кісток таза в різних ділянках [146]). Було створено тетраедральні 4-точкові сітчасті моделі для кожної з моделей таза з роздільною здатністю $XY = 2$ пікселі (P) * 0,50P і роздільною здатністю $Z = 1P * 0,70P$ для моделі таза дитини 2 років,

роздільною здатністю $XY = 2P \cdot 0,57P$ і роздільною здатністю $Z = 1P \cdot 1,20P$ для моделі таза дитини 6 років. Щільність сітки розраховувалася відповідно до мінімально можливого розміру елементів. Довжина ребра чотиригранних елементів у всіх моделях таза дитини 2 років становила 0,99 мм, кількість елементів у цих моделях становила 9 485 028. Довжина ребра чотиригранних елементів у всіх моделях таза дитини 6 років становила 1,15 мм, кількість елементів у цих моделях становила 10 467 600. Розмір елементів цифрової моделі людського таза у цій роботі менший, ніж у попередніх дослідженнях (які складали від 2 до 3,76 мм) [141, 142].

Механічні властивості цифрової моделі людського таза

Щільність матеріалу розраховувалась відповідно до Sun, W. et al. [147] (див. Рівняння 1 для одиниць Хаунсфілда (Hu) ≤ 816 та Рівняння 2 для $Hu > 816$).

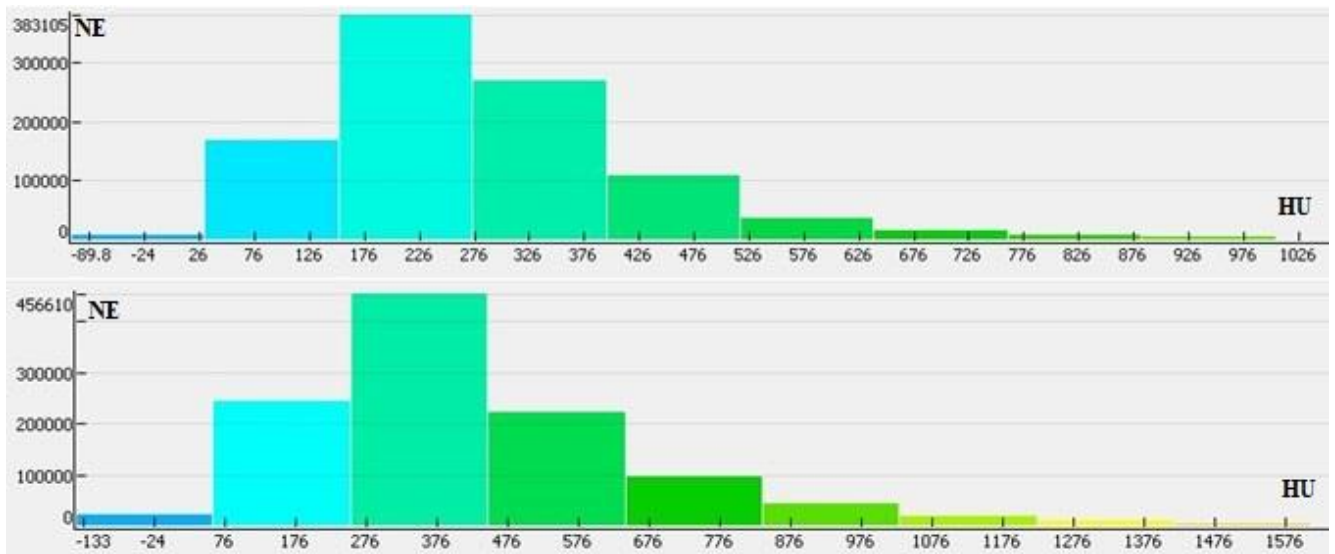
Рівняння 1: $\rho(g\{cm\}^3) = 1.9 \cdot 10^{-3} QCT + 0.105$

Рівняння 2: $\rho(g\{cm\}^3) = 7.69 \cdot 10^{-4} QCT + 1.028$; ρ – щільність ($g\{cm^{-3}\}$);

де QCT – кількісний номер KT , значення якого дорівнює одиницям шкали Хаунсфілда.

Елементи цифрової моделі таза (як кісткові, так і хрящові) були розділені на 10 різних матеріалів відповідно до значень одиниць Хаунсфілда [148], як було запропоновано Zhixiu Нao та ін. [149]. Значення кожного матеріалу дорівнювало середнім значенням одиниць Хаунсфілда всіх елементів, включених у цю групу, незалежно від того, чи представляв цей матеріал кісткову чи хрящову тканину (Рис. 5). Щільність кісткової та хрящової тканини коливалася від $0,13 \text{ г} \backslash [\text{см}]^3$ до $1,82 \text{ г} \backslash [\text{см}]^3$ для моделей таза дитини 2 років та від $0,06 \text{ г} \backslash [\text{см}]^3$ до $2,3 \text{ г} \backslash [\text{см}]^3$ для моделей таза дитини 6 років.

Рис. 5. Щільність матеріалів згідно КТ дослідження у дитини 2-х та 6-и р. (верхній та нижній ряд відповідно); NE- кількість елементів, HU – одиниці Хаунсфілда.



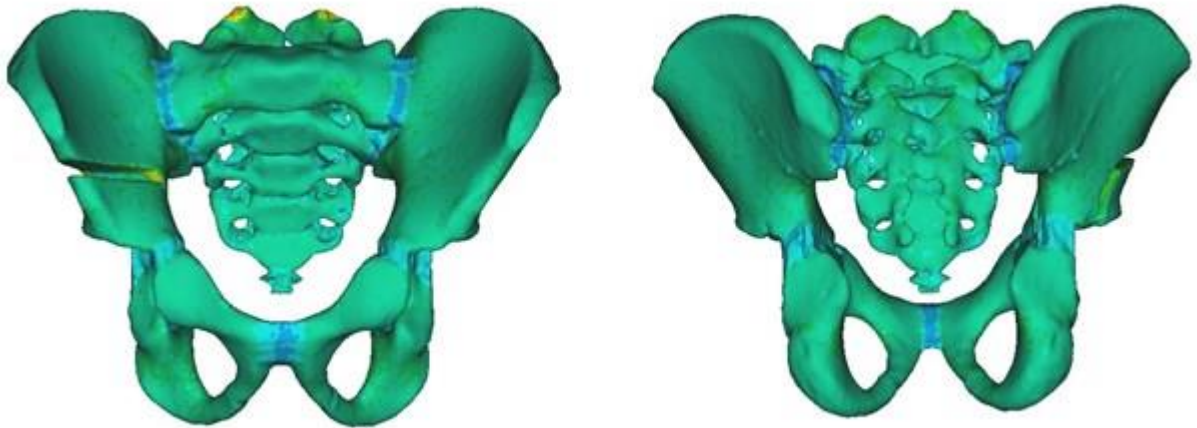
Модуль Юнга (E) розраховувався згідно рівняння Carter та Hayes [150] (див. Рівняння 3). Модуль Юнга коливався від 7,73 МПа до 17488 МПа для моделей таза дитини 2 років та від 0,53 МПа до 35257 МПа для моделей таза дитини 6 років.

Рівняння 3: $E = E_c \cdot \varepsilon^{0.06}$; E – модуль Юнга (МПа), ε – швидкість деформації (/s), ρ – щільність ($\text{g}\{\text{cm}^{-3}\}$); E_c and ρ_c – модель Юнга та щільність при швидкості деформації $\varepsilon = 1.0/\text{s}$ (22,100 МПа та $1.8 \text{ g}\{\text{cm}^{-3}\}$ відповідно)

Коефіцієнт Пуасона (ν) був встановлений відповідно до даних Shen, M. та ін. [140] (0,2 для хрящової та трабекулярної кісткової тканини, 0,3 – для кортикальної кісткової тканини). Для матеріалів з $E > 12240$ МПа (кортикальна кісткова тканина) коефіцієнт Пуасона дорівнював 0,3; для матеріалу з $E \leq 12240$ МПа коефіцієнт Пуасона дорівнював 0,2 (без подальшого поділу на хрящову та трабекулярну кісткову тканини, оскільки ν є однаковим для цих тканин). Таким чином було створено цифрові моделі таза дітей 2 та 6 років з проведеним моделюванням вищезазначених остеотомій таза.

Приклад математичної моделі таза дитини 6 років з симуляцією остеотомії таза за Pemberton та встановленими відповідними механічними властивостями представлено на Рис. 6.

Рис. 6. Модель таза із проведеною симуляцією остеотомії таза за Pemberton та визначеною щільністю матеріалів.



Додавання зв'язкового апарату таза

Математичні моделі таза дітей 2 та 6 років з імітацією вищевказаних остеотомії та встановленими механічними властивостями матеріалів було транспортовано в ПЗ ABAQUS v6.14-2 (Dassault Systemes Simulia Corp., Провіденс, Род-Айленд, США).

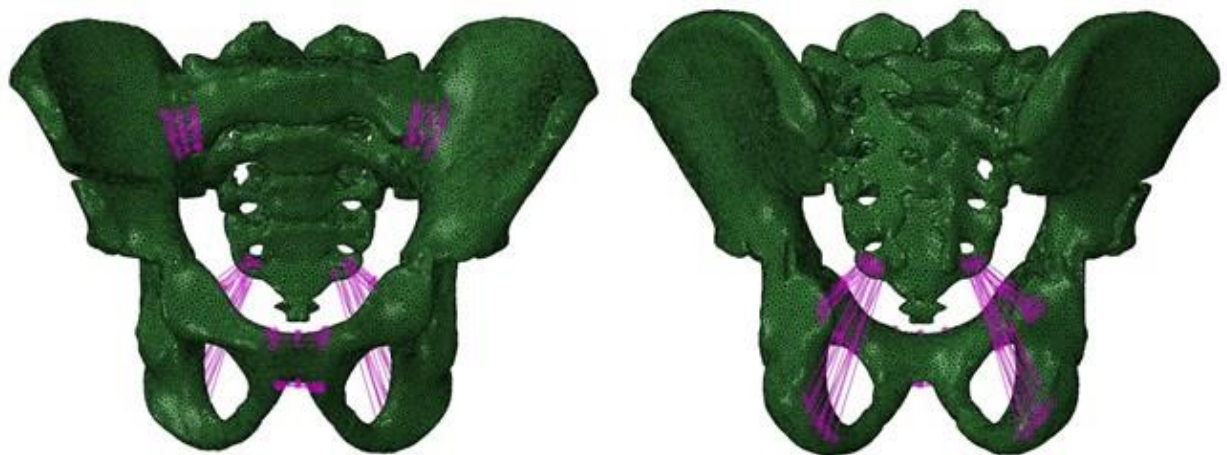
Зв'язки таза додавалися вручну як пружинні елементи з поліаксіальним ступенем свободи; пружинні елементи зв'язок таза додавалися вручну згідно анатомічних орієнтирів [151, 152]. Кількість пружинних елементів кожної зв'язки таза та їхні механічні властивості встановлювались згідно літературних даних [149] (Табл. 9).

Табл. 9. Зв'язки таза та їх механічні властивості.

Зв'язка	Жорсткість (N/mm)	Кількість елементів
sacroiliac	5000	45
sacrospinale	1500	12
sacrotuberale	1500	30
superior pubic	500	10
arcuate pubic	500	15

Приклад математичної моделі таза дитини 6 років з симуляцією остеотомії таза за Pemberton та доданим зв'язковим апаратом таза представлено на Рис. 7.

Рис. 7. Сітчаста модель таза із проведеною симуляцією остеотомії таза за Pemberton та доданим зв'язковим апаратом таза.



Встановлення граничних умов та прикладання навантаження

Було створено точки-орієнтири на поверхнях проксимального та дистального фрагментів пересіченої клубової кістки. Ці точки були розташовані на середині товщини клубової кістки між латеральним та медіальним краєм та між передньою та середньою третинами фрагментів клубової кістки (у тому самому місці, де прикладається сила під час вищевказаних остеотомій таза для відведення фрагментів клубової кістки для покращення передньо-латерального перекриття ГСК). Третя точка-орієнтир встановлювалась в центрі третього крижового хребця.

Поверхні проксимального та дистального фрагментів пересіченої клубової кістки позначались з похибкою різниці кутів в 5° (для відображення нерівностей тетраедридних цифрових елементів таза).

Граничні умови застосовувалися до всіх крижових хребців по передній поверхні. Обмеження зчеплення було створено згідно з третьою точкою-

орієнтиром. Поверхня ділянки обмеження представлялась передньою поверхнею всіх крижових хребців з похибкою різниці кутів в 5° (для розширення зони обмеження зчеплення елементів з урахуванням нерівності тетраедних цифрових елементів таза). Тип зчеплення встановлювався кінематичний з 6 ступенями свободи. Усі ступені свободи в цій ділянці були обмежені.

Системи координат були створені на точках-орієнтирах на поверхні пересічених фрагментів клубової кістки за допомогою системи координат прямокутного типу (тип CSYS) для визначення напрямку прикладеного навантаження.

Наступним етапом проводилось прикладання навантаження на поверхні пересічених фрагментів клубової кістки для імітації руху фрагментів клубової кістки під час остеотомії таза. Розподіл навантаження на поверхні фрагментів клубової кістки встановлювався рівномірно. Напрямок навантаження встановлювався за попередньо створеними системами координат для відтягування фрагментів клубової кістки в протилежні сторони, як це робиться під час оперативного втручання. Величина навантаження, яке прикладалось до фрагментів клубової кістки, дорівнювала 100 Ньютон (Н) для всіх математичних моделей таза дитини 2 років та 150 Н для всіх математичних моделей таза дитини 6 років. Така різниця у величині прикладеного навантаження у молодших та старших дітей обумовлена тим, що прикладання більшого навантаження для математичної моделі таза дитини 2 років може призвести до навмисного надмірного пошкодження елементів таза, які відображають кісткову та хрящову тканини таза (через меншу щільність цих тканин у дитини 2 років – див. Рис. 6).

Після проведення прикладання навантаження проводилась оцінка біомеханічних змін, що виникли у кістковій та хрящовій тканинах таза (оцінювалось напруження за фон Мізесом (ф.М.). Відомо, що найбільш надійні результати для моделювання руйнувань можна отримати, використовуючи вимірювання деформації (як зазначено Gervais та ін. [153]).

Однак метою цього експерименту було виявлення не переломів, які виникають під час проведення остеотомії таза, а пластичних змін, які виникають у хрящовій та кістковій тканинах таза. Ця інформація буде корисна лікарям-ортопедам для розуміння динамічних процесів під час проведення різних остеотомій таза та для визначення потенційних ділянок таза, які можуть бути пошкоджені при надмірному тиску на фрагменти пересіченої клубової кістки.

Спочатку оцінювались автоматично згенеровані величини напруження за ф.М. Проте наступним етапом верхня межа напруження за ф.М. встановлювалась вручну і складала половину верхньої межі автоматично згенерованих величин. Це було зроблено для виявлення більшої кількості точок, де створюється напруження, та кращого відображення біомеханічних змін у хрящовій та кістковій тканинах таза під час проведення вищевказаних остеотомій таза. Встановлена вручну верхня межа напруження за ф.М. дорівнювала $1,9e+01$ і $6,7e+01$ під час симуляції остеотомії таза за Salter (у дітей 2-х та 6-и р. відповідно); $3,3e+01$ і $5,3e+00$ під час симуляції остеотомії таза за Dega (у дітей 2 та 6 років відповідно); $3,1e+01$ і $1,9e+01$ під час симуляції остеотомії таза за Pemberton (у дітей 2 та 6 років відповідно).

Для подальшого аналізу були взяті дані напруження за ф.М. зі встановленою вручну верхньою межею напруження.

Статистична обробка

Для виконання статистичних розрахунків застосовувалось ПЗ JASP Team (2020). Результати вважалися статистично достовірними при $p < 0,05$.

4.3. РЕЗУЛЬТАТИ

За шкалою Хаунсфілда було виявлено, що модель таза дитини 2 років має нижчу середню щільність елементів, ніж така у дитини 6 років ($p < 0,05$). Це відображає різну пластичність кісткової та хрящової тканин таза під час виконання вищезгаданих остеотомій таза у дітей 2 та 6 років.

Після проведеної моделювання трьох остеотомій таза (за Salter, Dega, Pemberton) проводилась оцінювали напруження, яке виникає у різних ділянках таза за ф.М. Ділянки таза, дистальніші нижнього фрагмента клубової кістки, де виникало напруження під час проведення корекції деформації кульшової западини, отримали назву «шарнірних точок». Ті ділянки, де утворилося напруження, яке призводило до обмеження корекції деформації КЗ, отримали назву «точки обмеження». Цей термін новий і раніше не вживався. Точки обмеження представляли собою місця прикріплення зв'язок таза. Біомеханічні зміни, які виникали під час остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton у дітей 2 та 6 років, представлені в Табл. 10 та на Рис. 8-10.

Табл. 10. Біомеханічні зміни, що відбувалися під час симулювання остеотомій таза за Salter, Pemberton, Dega у дітей 2-х та 6-и років.

Модель таза дитини 2-х років		Модель таза дитини 6-и років	
<u>Остеотомія таза за Salter</u>			
Шарнірні точки	ф.М.	Шарнірні точки	ф.М.
Задній промінь Y-подібного хряща з іпсілатеральної сторони	1.9e+01	Хрящова частина лобкового симфізу	6.1e+01
Метафіз лобкової кістки з контралатеральної сторони	1.7e+01	Метафіз лобкової кістки з контралатеральної та іпсілатеральної сторони	4.5e+01
Метафіз лобкової кістки з іпсілатеральної сторони	1.3e+01		
Дифузні точки в лобковій та сідничній кістках з двох сторін	9.9e+00	Дифузні точки в лобковій та сідничній кістках з двох сторін	2.3e+00
Точки обмеження	ф.М.	Точки обмеження	ф.М.
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки	3.9e+01	Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки	1.3e+02
Кріплення зв'язки sacrotuberale до горбистості сідничної кістки	1.7e+01	Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до ості та горбистості сідничної кістки з іпсілатеральної сторони відповідно	4.5e+01
Кріплення зв'язки sacroiliac з контралатеральної сторони	1.1e+01		
Кріплення зв'язки sacrotuberale до горбистості сідничної кістки з контралатеральної сторони	1.5e+00	Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки з контралатеральної сторони	2.8e+01
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки	8.3e+00	Кріплення зв'язки sacrotuberale до горбистості сідничної кістки з	1.7e+01

контралатерально; кріплення зв'язки sacrotuberale до горбистості сідничної кістки контралатерально		контралатеральної сторони	
		Кріплення зв'язки sacroiliac з контралатеральної сторони	2.8e+00
<u>Остеотомія таза за Pemberton</u>			
Шарнірні точки	ф.М.	Шарнірні точки	ф.М.
Задній промінь Y-подібного хряща з іпсилатеральної сторони	6.1e+01	Задній промінь Y-подібного хряща з іпсилатеральної сторони	3.8e+01
Передній промінь Y-подібного хряща з іпсилатеральної сторони	2.0e+01	Передній промінь Y-подібного хряща з іпсилатеральної сторони	7.9e+00
Нижній промінь Y-подібного хряща з іпсилатеральної сторони	1.0e+00	Нижній промінь Y-подібного хряща з іпсилатеральної сторони	7.9e+00
Метафіз лобкової кістки з обох сторін	1.0e+00	Метафіз лобкової кістки іпсилатерально	6.3e+00
Дифузні точки в лобковій та сідничній кістках з іпсилатеральної сторони	7.7e+00	Дифузні точки в лобковій та сідничній кістках з іпсилатеральної сторони	6.3e+00
Точки обмеження	ф.М.	Точки обмеження	ф.М.
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки	1.3e+01	Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки	1.7e+01
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до ості та горбистості сідничної кістки	1.0e+01	Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до ості та горбистості сідничної кістки	1.3e+01
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки з контралатеральної сторони	7.7e+00		
<u>Остеотомія таза за Dega</u>			
Шарнірні точки	ф.М.	Шарнірні точки	ф.М.
Кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки	6.6e+01	Кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки	1.1e+01
Медіальний кортикальний шар непересіченої клубової кістки	1.4e+01	Медіальний кортикальний шар непересіченої клубової кістки	3.1e+00
Задній промінь Y-подібного хряща з іпсилатеральної сторони	1.1e+01		
Точки обмеження	ф.М.	Точки обмеження	ф.М.
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки	2.8e+01	Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки	3.5e+00
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до ості та горбистості сідничної кістки	1.4e+01	Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до ості та горбистості сідничної кістки	2.6e+00
Кріплення зв'язок sacrospinale та sacrotuberale до крижової кістки з контралатеральної сторони	1.1e+01		

Рис. 8. Розподілення напруження за ф.М. під час симуляції остеотомії таза за Salter. Верхній ряд – модель таза дитини 2-х р., нижній ряд – модель таза дитини 6-и р.; білі спіралі – зв'язки таза.

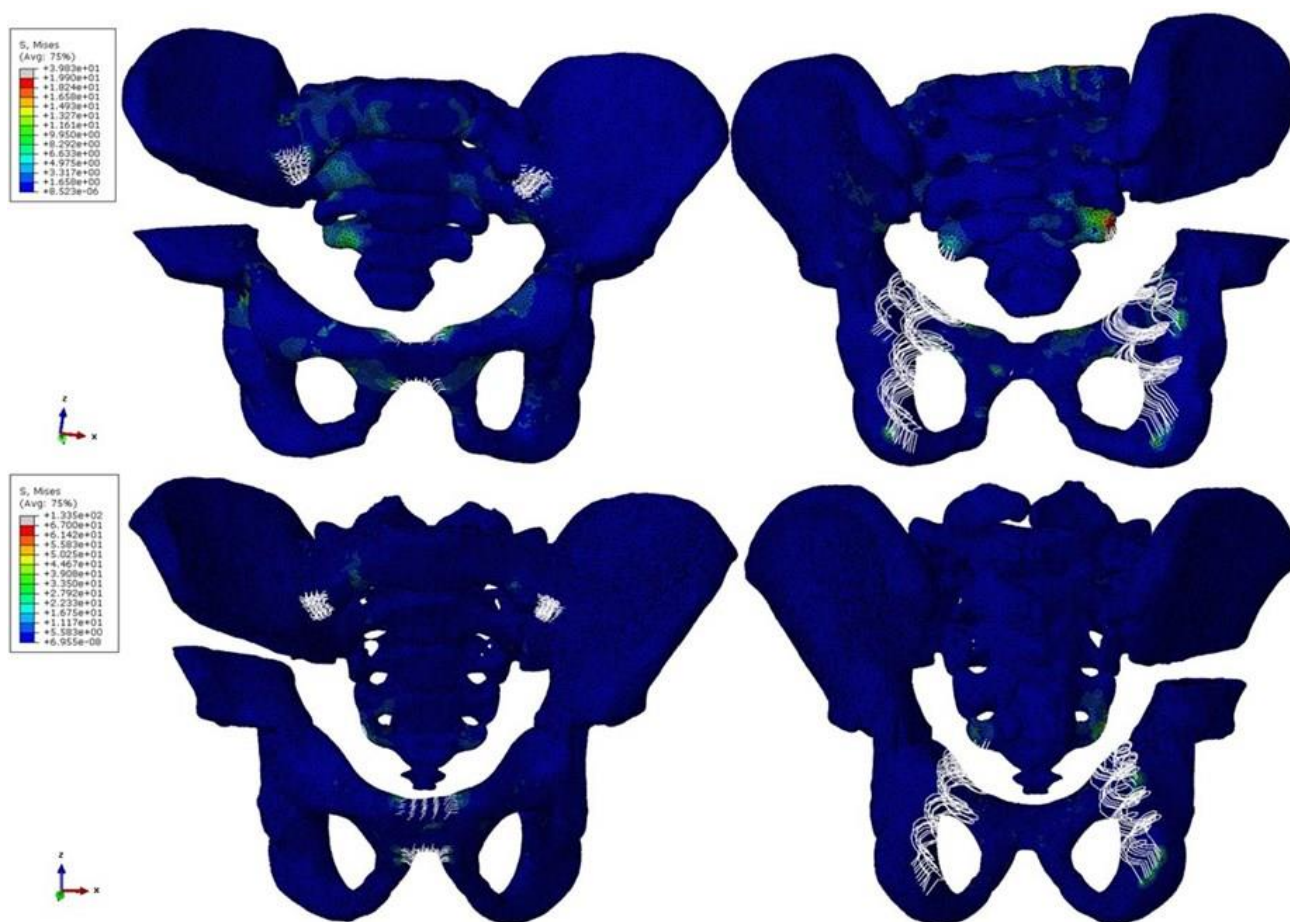


Рис. 9. Розподілення напруження за ф.М. під час симуляції остеотомії таза за Remberton. Верхній ряд – модель таза дитини 2-х р., нижній ряд – модель таза дитини 6-и р.; білі спіралі – зв'язки таза.

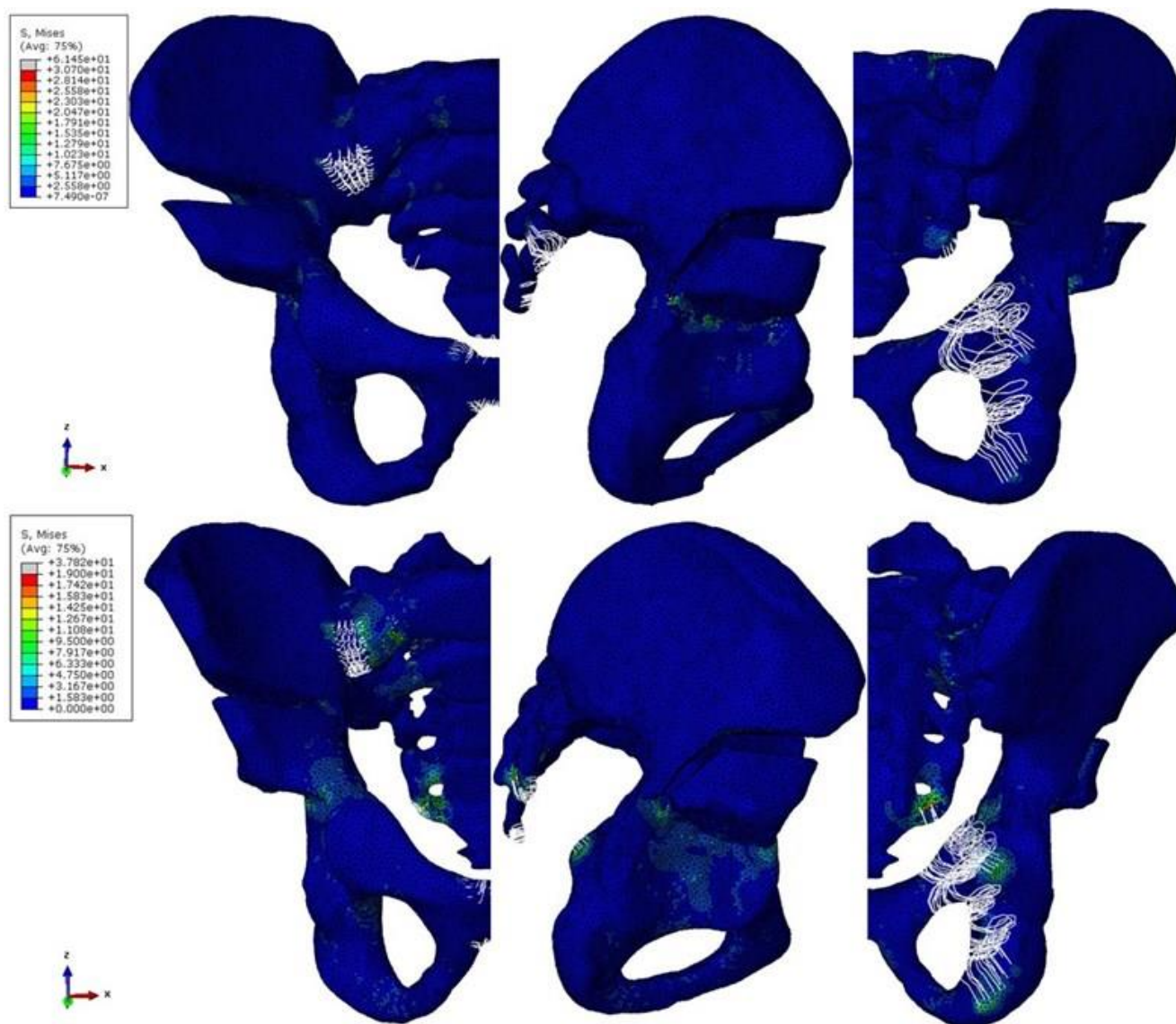
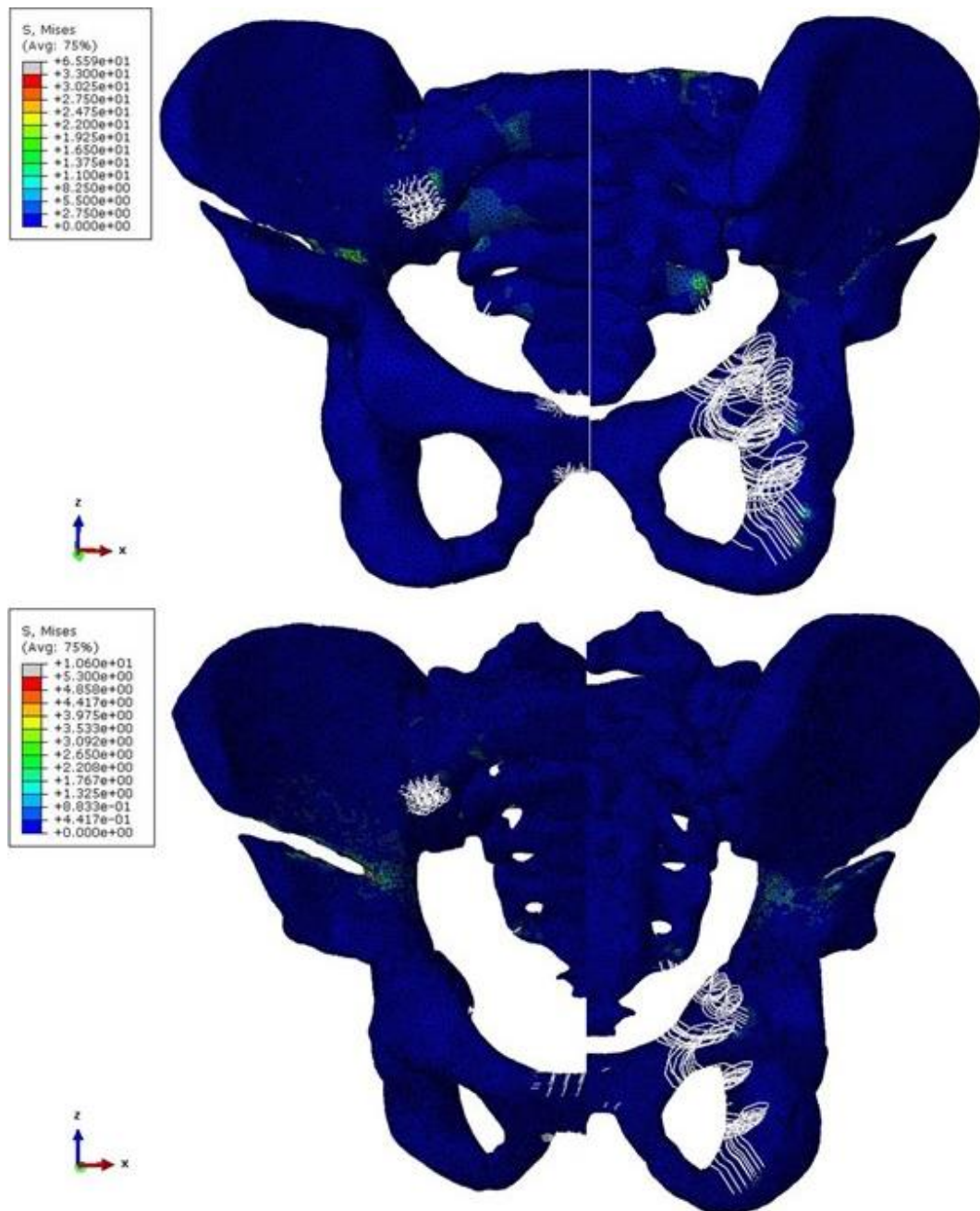


Рис. 10. Розподілення напруження за ф.М. під час симуляції остеотомії таза за Dega. Верхній ряд – модель таза дитини 2-х р., нижній ряд – модель таза дитини 6-и р.; білі спіралі – зв'язки таза.



4.4. ОБГОВОРЕННЯ

На сьогодні існують дві загальноприйняті теорії стосовно остеотомій таза, які застосовуються для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС: 1) «класичне» розташування шарнірних точок під час цих остеотомій;

2) поділ остеотомії таза на ті, що змінюють просторову орієнтацію, та ті, що змінюють форму КЗ [87, 134, 135]. У цьому розділі дисертаційної роботи було проведено математичне моделювання трьох остеотомій таза, які широко застосовуються для лікування ДКС у пацієнтів молодше 6 років (за Salter, Dega, Pemberton). Моделювання вищевказаних остеотомій проводилось відповідно до їх опису (згідно літературних даних) на цифрових моделях таза дітей 2 та 6 років. Для проведення моделювання було створено сітчасті моделі таза, проведено моделювання вищевказаних остеотомій таза, задано механічні властивості кісткової та хрящової кісток таза, додано зв'язки таза в якості основних обмежувачів корекції деформації КЗ, задано граничні умови та прикладено навантаження.

Після проведення моделювання вищевказаних остеотомій таза було виявлено, що під час вищезгаданих остеотомій таза немає однієї шарнірної точки (як описувалось раніше), прикладене навантаження «рухається» по колу від місця прикладання та викликає утворення напруження в різних ділянках таза. Цей факт ставить під сумнів традиційний поділ остеотомій таза на ті, що змінюють просторову орієнтацію, та ті, що змінюють форму кульшової западини. Відповідно, кожна з вищевказаних остеотомій може змінювати форму кульшової западини через пластичні зміни, які відбуваються в Y-подібному хрящі.

Було встановлено, що під час остеотомії таза за Salter існує ймовірність пошкодження Y-подібного хряща у дитини 2 років (через значне напруження, яке виникає у Y-подібному хрящі). Крім того, ми виявили, що у моделі таза дітей 2 та 6 років під час застосування цієї остеотомії таза напруження виникає переважно в метафізі лобкової кістки з контралатеральної сторони, а не у хрящі лобкового симфізу. Це підтверджує гіпотезу Thompson, A. та ін. [137] та суперечить загальноприйнятій теорії про розташування шарнірної точки під час остеотомії таза за Salter [134]. Також це ставить під сумнів можливості комбінування цієї остеотомії таза з іншими

вищезгаданими одночасно з двох сторін, що суперечить даним Kotzias Neto [58] та Ezirmik, N [93].

Під час остеотомії таза за Pemberton напруження виникало в передньому та задньому променях Y-подібного хряща, що може призводити до пошкодження та подальшого закриття цих ділянок Y-подібного хряща (як описувалось раніше [136]). Було виявлено, що у дитини 2 років виникало напруження в контралатеральній половині таза; це ставить під сумнів можливість одночасного застосування цієї методики або її одночасного поєднання з іншими остеотоміями таза з двох сторін (що суперечить іншим авторам [76]).

Під час остеотомії таза за Dega основне напруження виникало в задньому кортикальному шарі клубової кістки у ділянці великої сідничної вирізки (що доводить «класичне» розташування шарнірної точки під час цього оперативного втручання [52]). Надмірний тиск на дистальний фрагмент клубової кістки під час цього оперативного втручання потенційно може призвести до перелома в цій ділянці таза. Одночасне двобічне застосування остеотомії таза за Dega є біомеханічно можливим через відсутність напруження в контралатеральній половині таза.

Було виявлено, що зв'язки таза відіграють ключову роль як обмежувачі корекції деформації кульшової западини під час вищевказаних остеотомій таза; ця проблема є вперше висвітленою в сучасній літературі. Точки кріплення зв'язок таза було названо «точками обмеження».

Також спостерігався вплив віку дитини на біомеханічні зміни під час вищевказаних остеотомій таза. Це можна пояснити двома причинами: 1) різною щільністю кісткової та хрящової тканини таза; 2) різними біомеханічними змінами під час виконання остеотомій таза у пацієнтів молодшого та старшого віку. Було виявлено, що щільність кісткової та хрящової тканин таза дитини 2 років є меншою ($p < 0,05$), ніж у дитини 6 років; тому гіпотетично менше навантаження може спричинити більшу корекцію деформації кульшової западини у молодших пацієнтів з ДКС. Крім

того, було виявлено більшу кількість хрящових шарнірних точок у дитини 2 років, що також дозволяє досягти більшої корекції деформації кульшової западини. Таким чином, вік пацієнта (з точки зору біомеханічних змін під час виконання остеотомії таза) може впливати на післяопераційні результати; цей феномен було описано раніше іншими авторами [52, 53, 79]).

Цей розділ дисертаційної роботи присвячено розробці математичних моделей таза дітей 2-х та 6-и років, моделюванню остеотомії таза за Salter, Dega та Pemberton на цих моделях та вивченню біомеханічних змін, що виникають під час виконання цих оперативних втручань відповідно до віку дітей. Під час моделювання остеотомії таза за Salter було виявлено напруження з контралатеральної сторони таза у дітей 2-х та 6-и років та перевантаження заднього променя Y-подібного хряща у дитини 2-х років (що пояснює недоцільність застосування цієї техніки або її комбінації з іншою остеотомією таза одночасно з двох сторін внаслідок біомеханічного перевантаження в контралатеральній половині таза та показує можливість ятрогенного пошкодження Y-подібного хряща у пацієнта 2-х років). Під час остеотомії таза за Pemberton встановлено напруження в ділянці переднього та заднього променів Y-подібного хряща у дітей 2-х та 6-и років та з контралатеральної сторони таза у дитини 2-х років (це потенційно може привести до ятрогенного пошкодження цього хряща інтраопераційно). Під час виконання остеотомії таза за Dega напруження виникає у задньому кортикальному шарі клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки у дітей 2-х та 6-и років (що потенційно може призвести до перелому і цієї ділянці та перевести неповну остеотомію клубової кістки в повну).

Матеріали даного розділу відображено в роботах:

1. [139] **Суворов, В.**, Філіпчук, В., & Мельник, М. (2022). Універсальна цифрова модель таза дитини. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (1(112)), 18-24. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-112-1-18-24>

РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОСТЕОТОМІЙ ТАЗА ЗА SALTER, DEGA, PEMBERTON НА МОДЕЛЯХ ТВАРИН (PIGLET MODELS)

5.1. АКТУАЛЬНІСТЬ

Відомо, що важливість реконструктивних остеотомій таза для корекції ацетабулярної дисплазії є очевидною; застосування цих остеотомій здатне забезпечити подальший нормальний розвиток кульшової западини та попередити виникнення раннього ОАКС [154]. На сьогодні для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років широко застосовуються три реконструктивні остеотомії таза (за Salter, Dega, Pemberton). Ці остеотомії таза, в свою чергу, відображають повне пересічення клубової кістки (остеотомія за Salter) та неповне пересічення клубової кістки (остеотомії за Dega, Pemberton) [135].

Корекція деформації КЗ під час остеотомій таза відбувається за рахунок зміни просторової орієнтації та/або форми КЗ при зміні положення дистального фрагмента клубової кістки. Під час проведення вищевказаних остеотомій таза відбуваються пластичні зміни в так званих шарнірних точках. Класично описаним розташуванням шарнірних точок є: хрящова частина лобкового симфізу під час остеотомії таза за Salter; інтактний задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки під час таза за Dega та Y-подібний хрящ під час остеотомії таза за Pemberton [35, 76, 87, 136]. Розташування шарнірних точок відображає біомеханічні зміни, які відбуваються під час проведення вищевказаних остеотомій таза. Таким чином хірургу важливо знати розташування шарнірних точок з точки зору хірургічної техніки, передопераційного планування та профілактики ускладнень. Однак немає жодних біомеханічних або клінічних досліджень, які б підтверджували чи спростували істине розташування шарнірних точок під час вищезгаданих остеотомій таза.

Крім того, існують деякі дебати щодо розташування цих шарнірних точок. Robert Bruce Salter запропонував хрящову частину лобкового симфізу як шарнірну точку під час описаної ним остеотомії таза. Однак пізніші дослідження виявили, що під час прикладання навантаження на перехід діафіз – епіфіз довгих кісток відбувається перелом за типом «зеленої гілочки» в ділянці метафізу [137]. Розглядатимемо кістки таза як довгі кістки з наявними ділянками первинного та вторинного окостеніння [144], метафізарні ділянки лобкових кісток є гіпотетично шарнірними точками. Остеотомія таза за Dega також є предметом дискусій щодо кількості та розташування шарнірних точок. У той час як автор цієї методики запропонував інтактний задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки у ділянці великої сідничної вирізки у якості шарнірної точки, наявні на сьогодні літературні джерела описують наявність другої додаткової шарнірної точки під час цього оперативного втручання [87]. Стосовно остеотомії таза за Pemberton шарнірною точкою вважається Y-подібний хрящ, однак, Y-подібний хрящ має три промені, і немає уточнення щодо того, який саме промінь є шарнірною точкою [35, 76, 136].

Також вважається, що вік пацієнта може впливати на кількість і розташування шарнірних точок. Гіпотетично, у молодших пацієнтів може бути менша щільність кісткової та хрящової тканин таза та відповідно більша пластичність цих тканин. Це, в свою чергу, може призвести до різних біомеханічних змін під час вищевказаних остеотомій таза та до різних результатів у молодших і старших пацієнтів (як було описано раніше іншими авторами [52]).

Розташування шарнірних точок під час остеотомії таза можна виявити за допомогою моделювання оперативних втручань із застосуванням різних моделей таза [11, 155, 156]. Серед тварин ідеальним кандидатом для проведення медичних експериментів є свиня (для цього дослідження застосовувались натурні тазові комплекси поросят) [157]. Перевагами моделей поросят для моделювання оперативних втручань є подібність

анатомії та фізіології до людської та відносно великі розміри органів та систем (що дозволяє проводити повноцінне моделювання різних оперативних втручань) [158].

Метою цього розділу дисертаційної роботи було:

1) оцінити розташування шарнірних точок під час виконання трьох вищевказаних остеотомій таза, які застосовуються у дітей для лікування ДКС віком до 6 років;

2) виявити вплив віку пацієнта на кількості та розташування шарнірних точок.

5.2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Оцінку розташування шарнірних точок під час проведення вищевказаних остеотомій таза проводили із застосуванням натурального тазового комплексу свині. Було отримано дозвіл етичного комітету Інституту Ортопедії та Травматології на моделювання оперативних втручань на натурному тазовому комплексі поросят. Усі тварини, чий тазові комплекси використовувались під час дослідження, загинули природною смертю. Жодних оперативних втручань на живих тваринах не проводилось, жодну тварину не приспали спеціально задля цього експерименту.

Натурний тазовий комплекс свині складався з кісток таза, поперекових хребців, кульшових суглобів, проксимальних відділів стегнових кісток і оточуючих м'яких тканин. Всі натурні тазові комплекси були отримані від поросят, які загинули природною смертю на свинофермі (травм або інших ушкоджень ділнок таза або кульшових суглобів у тварин не було). Всі поросята, включені в цей експеримент, належали до породи ландрас. Після смерті тварини проводилось вилучення тазового комплексу.

При відбірі тварин враховувався вік тварини у співвідношенні до людського віку. За літературними даними було вираховано кореляцію хронологічного віку людини та свині. Відомо, що статева зрілість у свиней настає в 5-6 місяців життя [159], закінчення кісткового росту – в 20 місяців, а

вік свині в 3-4 місяці еквівалентний 6-7 рокам у людини [160]. Відповідно до цих даних, для цього дослідження відбирались поросята віком до 3 місяців (що еквівалентно 6-річному віку людини [125]). Було відібрано 18 натурних тазових комплексів поросят для подальшого моделювання оперативних втручань; по 6 тазових комплексів для моделювання кожної з вищевказаних остеотомій таза (за Salter, Dega, Pemberton). Серед цих 6 тазових комплексів 3 тазові комплекси було відібрано у поросят віком до 1 місяця життя і 3 тазові комплекси – від поросят віком 2-2,5 місяців життя. Це було зроблено для моделювання остеотомій таза у молодших і старших пацієнтів.

Тазові комплекси відбирались протягом одного дня з моменту смерті тварини і заморожувались при температурі -20°C . За день до проведення моделювання остеотомій таза тазові комплекси повільно розморожувались при кімнатній температурі протягом доби. Відомо, що один цикл заморожування-розморожування не впливає на біологічні та пластичні властивості кісток і хрящів [161, 162, 163], тому моделювання остеотомій на розморожених тазових комплексах прирівнялись до моделювання на живих тваринах з точки зору біологічних змін у кістках таза, що виникають під час оперативного втручання. Всі вищезгадані остеотомії таза виконувались відповідно до оригінальних описів цих оперативних втручань за даними літератури [87, 164, 165].

Біологічні зміни, що виникали з боку кісток під час проведення вищевказаних остеотомій таза, оцінювали за допомогою комп'ютерної томографії (її проводили на комп'ютерному томографі «Philips Brilliance 16»). Для кращої візуалізації змін з боку кісткової тканини товщину зрізу було встановлено на рівні 0,5 мм для тварин молодшого віку (до 1 місяця) та 0,8 мм для тварин старшого віку (2-2,5 місяці). Оцінка біологічних змін з боку кісткової тканини проводилась із урахуванням теорії, яку висунув Thompson, A. та ін. [137] (при прикладанні навантаження на межі діафіз-епіфіз травматичні зміни відбуваються в ділянці метафізу). Таким чином, враховуючи, що кістки таза в процесі свого розвитку мають первинні та

вторинні центри осифікації та зони росту між ними, зміни в кістках таза порівнювались до змін у довгих кістках скелету [144].

Для перегляду досліджень КТ та оцінки кісткових змін застосовувалося ПЗ Medixant. RadiAnt DICOM Viewer, версія 2020.1. від 9 березня 2020 р.

5.3. РЕЗУЛЬТАТИ

Після проведення моделювання остеотомій таза та аналізу біологічних змін з боку кісткової тканини (за даними КТ) було описано виявлені кісткові зміни згідно віку тварини – див. Табл. 11.

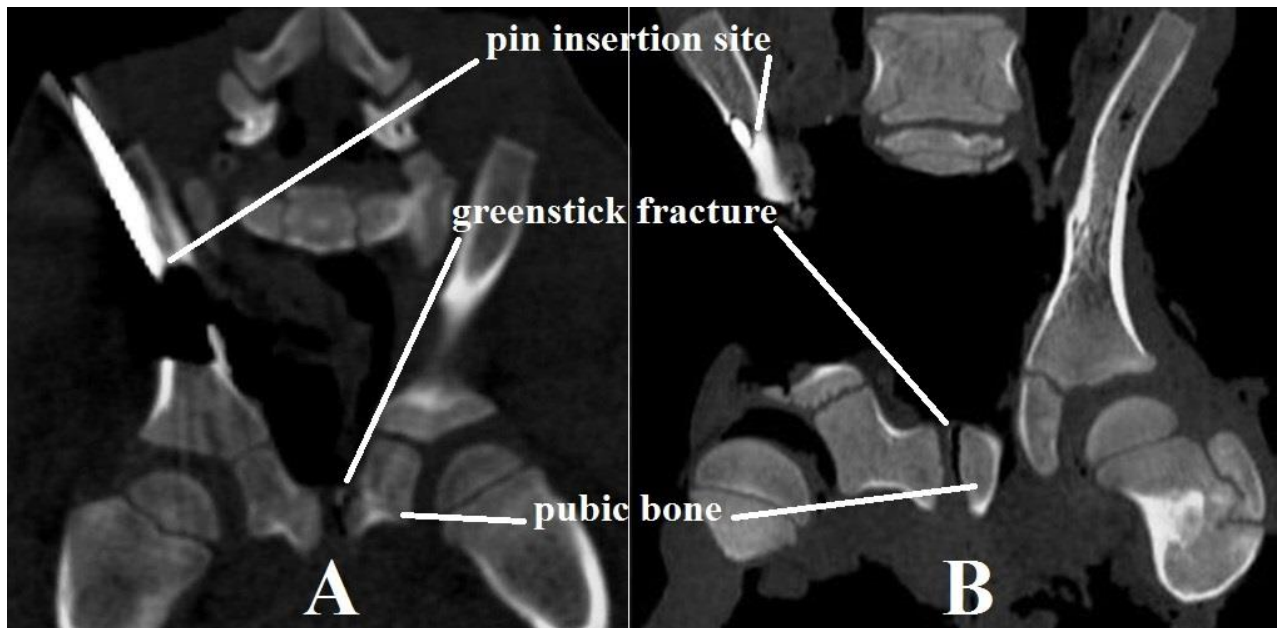
Табл. 11. *Переломи кісток таза, виявлені за даними КТ після проведення моделювання остеотомій таза відповідно до віку тварини та виконаного оперативного втручання.*

	Вік тварини	Остеотомія таза	Виявлені переломи кісток таза
1	3 тижні	Salter	немає
2	3 тижні	Salter	немає
3	4 тижні	Salter	метафіз лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з контралатеральної сторони
4	2 місяці	Salter	метафіз лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з контралатеральної сторони
5	2 місяці	Salter	метафіз лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з контралатеральної сторони
6	2.5 місяці	Salter	метафіз лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з контралатеральної сторони
7	3 тижні	Pemberton	1) метафіз клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща 2) медіальний кортикальний шар клубової кістки над переднім та заднім променями Y-подібного хряща
8	3 тижні	Pemberton	1) метафіз клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща 2) метафіз лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща
9	3 тижні	Pemberton	метафіз клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща
10	2 місяці	Pemberton	1) метафіз клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща 2) метафіз лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща
11	2 місяці	Pemberton	метафіз лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща
12	2 місяці	Pemberton	1) метафіз клубової кістки в ділянці переднього променя Y-

			подібного хряща 2) метафіз лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща
13	3 тижні	Dega	задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки
14	3 тижні	Dega	задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки
15	4 тижні	Dega	задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки
16	2 місяці	Dega	задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки
17	2 місяці	Dega	1) задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки 2) метафіз лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з іпсілатеральної сторони
18	2 місяці	Dega	1) задньо-медіальний кортикальний шар клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки 2) метафіз лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з іпсілатеральної сторони

Після проведення остеотомії таза за Salter у тварин віком 3 тижні жодних переломів кісток таза виявлено не було; у тварин віком 4 тижні і старше було виявлено перелом в метафізарній ділянці лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з контралатеральної сторони (див. Рис. 11). Екстраполюючи ці дані на людей, можна припустити, що шарнірна точка у молодших пацієнтів може буде розташована в хрящовій тканині в ділянці лобкового симфізу, що й вважається «класичною» шарнірною точкою описаною в літературі. Однак у старших пацієнтів ця шарнірна точка буде скоріше розташована в метафізі лобкової кістки з контралатеральної сторони. Можна припустити, що це пов'язано зі зменшенням кількості хрящової тканини та збільшенням її щільності у старших пацієнтів (що призводить до перенесення навантаження з хрящової частини лобкового симфізу на метафіз лобкової кістки з контралатеральної сторони).

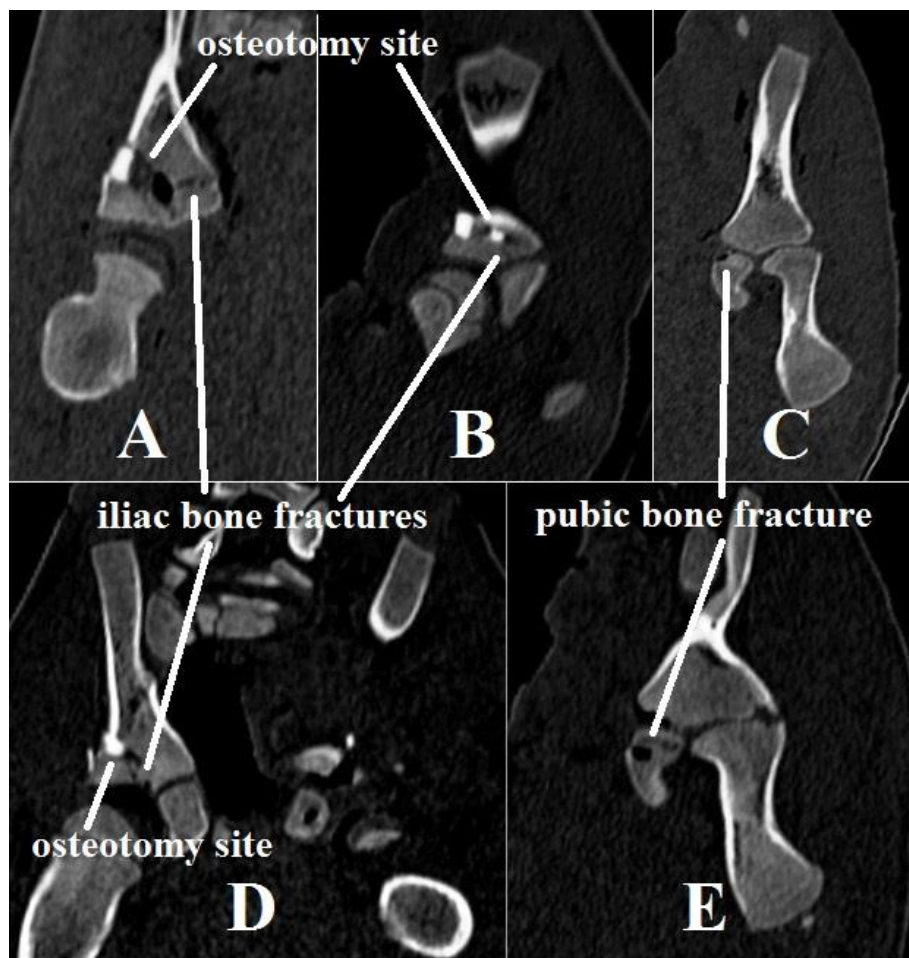
Рис. 11. Кісткові зміни, що виникли на натурній моделі тазового комплексу свині після моделювання остеотомії таза за Salter: перелом метафізу лобкової кістки з контралатеральної сторони у тварин віком 4 тижні (А) та 2 місяці (В).



Після моделювання остеотомії таза за Pemberton було виявлено перелом метафізу клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща (між клубовою та лобковою кістками) у всіх тварин віком 3 тижні. В одному випадку було виявлено перелом медіального кортикального шару клубової кістки над переднім та заднім променями Y-подібного хряща. В однієї тварини віком 3 тижні також було виявлено метафізарний перелом лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща (між клубовою та лобковою кістками). У двох тварин у віці 2 місяців було виявлено перелом метафізу клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща (між клубовою та лобковою кістками); у двох тварин у віці 2 місяців було виявлено перелом метафізу лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща (між клубовою та лобковою кістками) – див. Рис. 12.

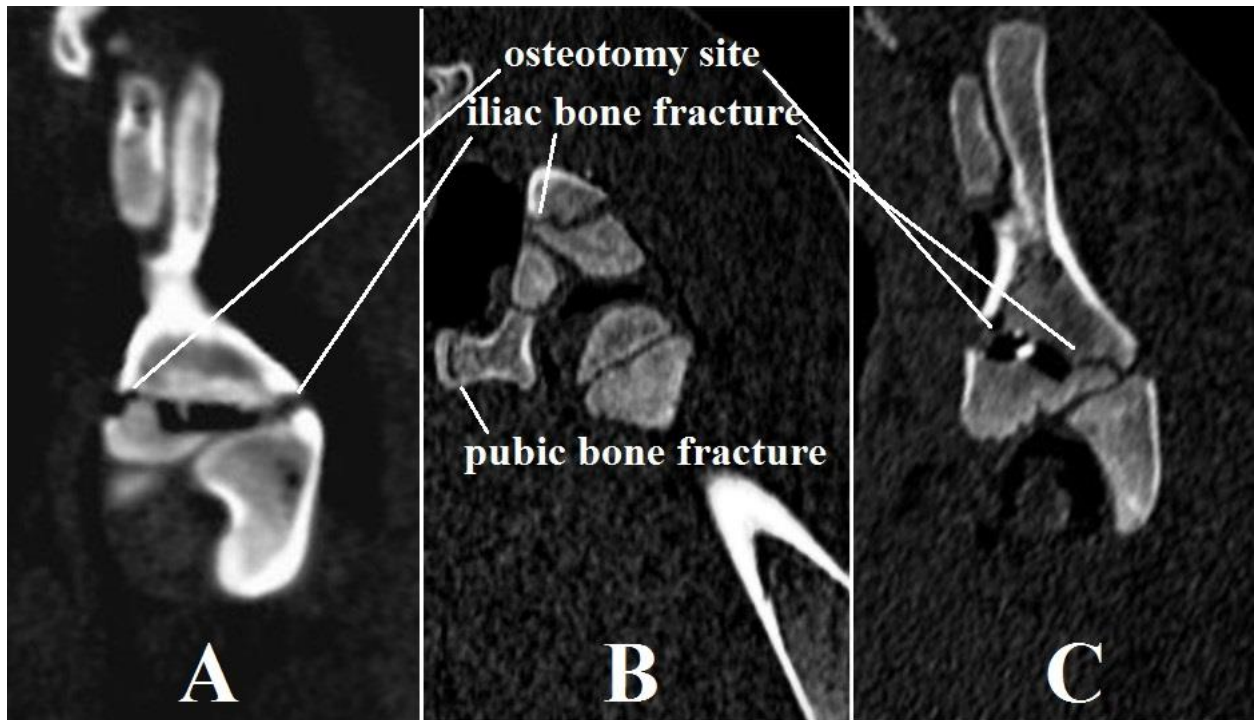
Рис. 12. Кісткові зміни, що виникли після моделювання остеотомії таза за Pemberton у тварини 3 тижнів та 2 місяців життя (верхній та нижній ряд відповідно). А - перелом медіального кортикального шару клубової кістки над переднім та заднім променями Y-подібного хряща; В – перелом метафізу клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща; С - перелом метафізу лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща. D – перелом метафізу клубової кістки в ділянці переднього

променя Y-подібного хряща; E - перелом метафізу лобкової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща.



Після моделювання остеотомії таза за Dega було виявлено перелом у задньо-медіальному кортикальному шарі клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки у всіх випадках. У двох тварин віком 2 місяці було також виявлено перелом ділянки метафізу лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з іпсилатеральної сторони (див. Рис. 13). Наявність цієї додаткової шарнірної точки під час моделювання остеотомії таза за Dega у тварин старшого віку можна пояснити зменшенням еластичності кісткової та хрящової тканин таза, що потребує наявності додаткової шарнірної точки при проведенні надмірної корекції деформації кульшової западини під час руху дистальним фрагментом пересіченої клубової кістки.

Рис. 13. Кісткові зміни, що виникли на натурній моделі тазового комплексу свині після моделювання остеотомії таза за Dega. Виявлений перелом у задньо-медіальному кортикальному шарі клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки у тварин віком 3 тижні (А) та 2 місяці (В-С); В - перелом ділянки метафізу лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з інсілатеральної сторони у тварини віком 2 місяці.



5.4. ОБГОВОРЕННЯ

У пацієнтів з ДКС молодше 6 років для корекції ацетабулярної дисплазії широко застосовують три реконструктивні остеотомії таза – за Salter, за Dega та за Pemberton. Ці остеотомії таза представляють собою повний або неповний перетин клубової кістки. Під час проведення вищевказаних оперативних втручань відбувається корекція деформації кульшової западини за рахунок зміни форми та/або просторової орієнтації кульшової западини. Ці зміни форми та/або просторової орієнтації кульшової западини можливі за рахунок того, що відбуваються пластичні зміни у так званих «шарнірних точках». Гіпотетичне розташування цих точок описано в літературі [35, 76, 87, 136], але досі обговорюється [87, 136, 137]. Для хірурга важливо знати справжнє розташування цих шарнірних точок, щоб покращити

передопераційне планування та уникнути післяопераційних ускладнень. Розташування цих точок можна вирахувати як за допомогою математичних моделей, так і в експерименті на тваринах. В цьому експерименті у якості суб'єкту дослідження було вибрано тазовий комплекс свині. Визначення розташування шарнірних точок відбувалось за рахунок оцінки травматичних змін, які виникають у кістковій тканині таза, під час проведення вищезгаданих остеотомій таза.

У цьому експерименті було виявлено, що остеотомія таза за Salter не призвела до будь-яких травматичних змін кісток у поросят молодшого віку, проте у поросят старшого віку були виявлені метафізарні переломи лобкової кістки з контралатеральної сторони. Це підтверджує гіпотезу щодо того, що хрящ лобкового симфізу є шарнірною точкою під час проведення цієї остеотомії таза (однак лише у молодших пацієнтів) [164]. У більш старших пацієнтів шарнірна точка буде розташована в метафізарній частині лобкової кістки з контралатеральної сторони. Цей факт раніше не був описаний і ставить під сумнів розташування шарнірної точки у хрящовій частині лобкового симфізу у старших пацієнтів. Крім того, через розташування шарнірної точки в контралатеральній половині тазового кільця, одночасне двобічне застосування цієї остеотомії таза або її комбінація з іншими остеотоміями таза вбачається неможливою через вірогідність виникнення нестабільності тазового кільця (хоча подібні комбінації остеотомій таза одночасно з двох боків були раніше описані) [48, 59, 166].

Під час моделювання остеотомії таза за Pemberton було виявлено перелом та типом «зеленої гілки» в ділянці метафіза не-пересіченої клубової кістки в ділянці переднього променя Y-подібного хряща в усіх випадках та в деяких випадках перелом за типом «зеленої гілки» в ділянці метафіза лобкової кістки в ділянці Y-подібного хряща. Той факт, що остеотомія таза за Pemberton призводить до перелома метафізарної частини клубової та лобкової кістки в ділянці Y-подібного хряща, свідчить про перевантаження Y-подібного хряща під час оперативного втручання. Також цей факт свідчить

про потенційне пошкодження Y-подібного хряща під час данної остеотомії таза. Це пошкодження може призвести до подальшого порушення розвитку кульшової западини, що було описано раніше [167, 168]. Тому під час виконання остеотомії таза за Pemberton слід з обережністю тиснути на дистальний фрагмент клубової кістки для уникнення можливості пошкодження переднього променя Y-подібного хряща (особливо у молодших пацієнтів у період найбільш активного розвитку кульшової западини).

Розташування шарнірної точки під час моделювання остеотомії таза за Dega було виявлено в задньо-медіальному кортикальному шарі непересіченої клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки (що проявилось як перелом клубової кістки в цій ділянці). Таке розташування шарнірної точки підтверджує гіпотезу, описану автором цієї методики. Таким чином, проведення корекції деформації кульшової западини під час цієї остеотомії таза повина проводитись з обережністю, щоб уникнути перелому непошкодженої частини клубової кістки (і таким чином перевести неповне пересічення клубової кістки у повне). У тварин старшого віку було виявлено додаткову шарнірну точку в метафізі лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з іпсилатеральної сторони, що підтверджує теорію Czubak, J. та ін. [87] про наявність двох шарнірних точок під час проведення цієї операції. Також цей факт свідчить про те, що одночасне двобічне застосування остеотомії таза за Dega або її поєднання з іншими остеотоміями таза неможливі у пацієнтів старшого віку через ймовірність порушення цілісності тазового кільця.

В даному розділі дисертаційної роботи описане експериментальне моделювання остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton на натурних тазових комплексах свиней, чий хронологічний вік відповідав віку людини молодше 6 років; після проведеного моделювання остеотомій таза оцінювались та описувались біологічні зміни, що виникали у кістках таза відповідно до віку тварини. Виконання остеотомії таза за Salter у тварин віком 3 тижні не призводить до жодних кісткових змін; у тварин віком 4

тижні та старше виявлено перелом в метафізарній ділянці лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з контралатеральної сторони (внаслідок біомеханічного перевантаження в цій ділянці неможливим є застосування цієї методики або її комбінації з іншими остеотоміями таза одночасно з двох сторін). Моделювання остеотомії таза за Pemberton призводить до перелому метафіза клубової кістки в ділянці переднього та/або заднього променів Y-подібного хряща у всіх тварин віком 3 тижні та 2 місяці (що потенційно може привести до ятрогенного пошкодження цього хряща інтраопераційно). Під час моделювання остеотомії таза за Dega виявлено перелом у задньомедіальному кортикальному шарі клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки у всіх випадках; у двох тварин віком 2 місяці виявлено перелом ділянки метафіза лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з іпсилатеральної сторони (що вказує на перевантаження в цій ділянці під час проведення операції та доводить недоцільність застосування цієї методики або її комбінації з іншими остеотоміями таза одночасно з двох сторін).

Матеріали даного розділу відображено в роботах:

1. [20] **Suvorov V**, Filipchuk V, Mazevich V, Suvorov L. Simulation of pelvic osteotomies applied for DDH treatment in pediatric patients using piglet models. *Adv Clin Exp Med*. 2021; 30 (10): 1085-1090. doi: 10.17219 / acem / 140548

РОЗДІЛ 6. РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ОСТЕОТОМІЇ ТАЗА ЗА SALTER ДЛЯ КОРЕКЦІЇ АЦЕТАБУЛЯРНОЇ ДИСПЛАЗІЇ: АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ФАКТОРІВ РИЗИКУ

6.1. АКТУАЛЬНІСТЬ

Відомо, що навіть після успішного консервативного лікування ацетабулярної дисплазії при ДКС, у 26% пацієнтів в подальшому спостерігається резидуальна ацетабулярна дисплазія (РАД), яка в подальшому призводить до виникнення раннього ОАКС [33]. Окрім того, у пацієнтів, що почали самотійно ходити (зазвичай старше 18 міс.),

консервативне лікування ацетабулярної дисплазії є малоефективним через гіпертрофію внутрішньосуглобових структур у кульшовому суглобі та через адаптивне скорочення параартикулярних м'язів; 66% таких пацієнтів потребуватимуть в подальшому хірургічного втручання [169]. Таким чином хірургічна корекція ацетабулярної дисплазії при ДКС є обов'язковою при наявності РАД внаслідок невдачі консервативного лікування або у пізно діагностованих випадках [33, 90, 96, 169]. При порівнянні різних опцій хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС кращі результати були отримані після застосування остеотомії таза [5, 29].

Широко застосованою, простою та ефективною остеотомією таза, яка застосовується для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років, є остеотомія таза за Солтером (Salter pelvic osteotomy) – ОТС [49, 112, 170]. Вона представляє собою повний перетин клубової кістки зі зміщенням дистального фрагмента дистально, допереду та латерально [35]. Відмінні та гарні результати після застосування ОТС можуть бути досягнуті у більшості пацієнтів. Найпоширенішими ускладненнями після застосування ОТС є АНГСК – від 3,3 % до 43 % [12, 49] та РАД (від 3,3 % до 22 % [52, 92]).

Досі існують спроби визначити фактори ризику, які можуть призводити до гірших післяопераційних результатів. До цих факторів ризику різні різні автори відносять старший вік пацієнта [12, 52, 171], більшу ступінь деформації кульшової западини (за класифікацією Tonnis) [58], двобічне ураження кульшових суглобів [59], недостатню реорієнтацію дистального фрагмента клубової кістки під час проведення остеотомії таза (відстань «d», співвідношення c/ b, кут латеральної ротації – КЛР) [38, 80, 113].

Метою цього розділу дисертаційної роботи було:

- 1) оцінити результати після застосування ОТС для хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років;
- 2) виявити фактори ризику, які можуть призводити до гірших результатів після застосування ОТС.

6.2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Було отримано згоду комісії з біоетики ДУ ІТО НАМН України на проведення збору, обробки та подальшу публікацію персональних даних пацієнтів (протокол № 3 від 04.10.2021).

Було відібрано 17 пацієнтів (22 кульшових суглоба) з ДКС, яким було проведено ОТС за період 2015-2020 років. Серед цих пацієнтів було 16 дівчат (21 КС – 95,5%) та 1 хлопчик (1 КС – 4,5%). Лівий КС був уражений в 15 випадках (68,2%), правий КС – у 7 випадках (31,8%); двобічна ДКС була наявна у 5 пацієнтів – 22,7% (усі дівчата). Середній вік пацієнтів на момент операції становив $4,1 \pm 1,3$ (2-6) років. Середній період спостереження становив $5,5 \pm 3,5$ (2-12) років. Згідно класифікації ДКС за Tonnis, ДКС 1 ступеня була наявна в 1 випадку (4,5%), 2 ступеня – в 5 випадках (22,7%), 3 ступеня – в 7 випадках (31,8%), 4 ступеня – в 9 випадках (41%). З точки зору методики оперативного лікування, у 2 випадках було виконано лише ОТС (9,1%), у 5 випадках – комбінація коригувальної остеотомії ПВСК та ОТС (22,7%), операція типу «повний комплекс» була виконана в 15 випадках (68,2%).

Показаннями до застосування ОТС були: наявність ацетабулярної дисплазії (пацієнти старше 2 років з показником ацетабулярного індексу (AI) $\geq 30^\circ$); пацієнти віком від 2 до 6 років. Відкрите вправлення ГСК додавали при відсутності концентричного вправлення ГСК після закритого вправлення та рутинно у всіх пацієнтів із ДКС 3-4 ступеню за Tonnis. Вкорочуючу остеотомію ПВСК додавали у випадках наявності надмірного тиску на ГСК під час проведення відкритого вправлення ГСК; варизаційно-деротаційну остеотомію ПВСК додавали при величині ШДК $\geq 150^\circ$ та/або при антеверсії стегнової кістки $\geq 50^\circ$. При двобічній ДКС в першу чергу операцію проводили з більш ураженої сторони, а через 6-9 місяців – з іншої сторони.

Усі пацієнти були обстежені клінічно та рентгенологічно у передопераційному періоді та після проведення оперативного втручання. Перед проведенням оперативного втручання оцінювали наступні

рентгенологічні показники: AI, ступінь ДКС за Tonnis, безперервність лінії Шентона. У перший день після проведення оперативного втручання оцінювалась величина AI та оцінювалась цілісність лінії Шентона; додатково проводилось розрахування ступеня корекції AI (як різниця значень AI перед та одразу після оперативного втручання). При оцінці ознаки лінії Шентона ми вважали цю ознаку позитивною та ставили знак «+», якщо лінія, що проводить через контру шийки стегнової кістки, переривалась дистальніше від верхнього контуру затульного отвору; ознака вважалась негативною зі знаком «-», що проводить через контру шийки стегнової кістки переривалась проксимальніше від верхнього контуру затульного отвору. Через 6 місяців після оперативного втручання визначались показники AI та оцінювалась наявність/відсутність ознак АНГСК. Під час контрольного огляду вимірювалися показники AI та показники латерального центрально-крайового кута (ЛЦКК) за Wiberg; проводилось класифікування наслідків АНГСК згідно класифікації Bucholz-Ogden (за наявності АНГСК). Під час контрольного огляду рентгенологічні результати оцінювались за класифікацією Severin [90]: I клас означав відмінний результат, II клас – гарний результати, III клас – задовільний результат, IV-VI класи – незадовільні результати.

Клінічні результати під час контрольного огляду оцінювались за критеріями McKay [169], де I ступінь означає відмінний результат, II ступінь – гарний результат, III ступінь – задовільний результат, IV ступінь – незадовільний результат (Табл. 12).

Табл. 12. Віддалені клінічні та рентгенологічні результати відповідно критеріям McKay та класифікації Severin.

Критерії McKay		
Клас	Оцінювання	Опис
I	Відмінний	Безболісний, стабільний кульшовий суглоб; відсутнє накульгування; більше 15 градусів внутрішньої ротації
II	Гарний	Безболісний, стабільний кульшовий суглоб; незначне накульгування або обмеження рухів у суглобі; негативний тест Trendelenburg
III	Задовільний	Мінімальний біль у кульшовому суглобі; помірне обмеження рухів у кульшовому суглобі; позитивний тест Trendelenburg
IV	Незадовільний	Виразений біль у кульшовому суглобі
Класифікація Severin		

Клас	Опис	лЦКК (градуси)
I	Нормальні контури суглобових поверхонь	≥ 15 (5-13 років) ≥ 20 (>14 років)
II	Незначна деформація головки та шийки стегнової кістки або кульшової западини	≥ 15 (5-13 років) ≥ 20 (>14 років)
III	Дисплазія або помірна деформація головки та шийки стегнової кістки або кульшової западини або обох елементів суглобу	< 15 (5-13 років) < 20 (>14 років)
IV	Підзвих головки стегнової кістки	-
V	Положення ГСК у хибній кульшовій западині	-
VI	Повторний вивих ГСК (редислокація)	-

Усі описані раніше фактори ризику ми розділили на ті, що не залежать від навичок хірурга (вік пацієнта, ступінь ДКС за Tonnis, ступінь деформації кульшової западини згідно передопераційного значення AI), та ті, що залежать від навичок хірурга (величина корекції AI). Величина корекції AI опосередковано вказує на ступінь зміщення дистального фрагмента клубової кістки допереду, латерально та дистально. До рентгенологічних параметрів, які можуть корелювати зі ступенем корекції AI, було віднесено дистанцію «d» і кут латеральної ротації – КЛР (ці параметри були раніше описані іншими авторами [80, 113]) – див. Рис. 14). Наявність двобічної ДКС не відносилась до факторів ризику, оскільки результати при двобічній ДКС є не гіршими, а скоріше асиметричними відповідно до Li, H. et al. [92] (фактично, одна сторона була прооперована у молодшого пацієнта, а інша – у того ж пацієнта, але в старшому віці; таким чином, саме вік пацієнта є основним фактором ризику, а не наявність патології з двох сторін).

Рис. 14. Приклад вимірювання дистанції «d» та кута латеральної ротації на післяопераційному рентгенівському знімку.



Для оцінки впливу одного фактора на інший розраховувалась кореляція (силу зв'язку двох незалежних факторів) та лінійна регресія (вплив одного фактора на інший). Кореляція визначалась позитивною зі знаком «+» або негативною зі знаком «-». Кореляція вважалась незначною при значенні $<0,3$; низькою при значеннях $0,3-0,5$; помірною при значеннях $0,5-0,7$; сильною при значенні $> 0,7$ [118]. Результати з $p \leq 0,05$ вважалися статистично значущими.

Статистичний аналіз

Для виконання статистичних розрахунків застосовувалось ПЗ JASP (2020, версія 0.11.1.0).

6.3. РЕЗУЛЬТАТИ

Середній показник AI до операції становив $39,5 \pm 6,8^\circ$ (29-56), на наступний день після операції – $24,1 \pm 6,5^\circ$ (15-39), величина корекції AI становила $15,4 \pm 6,8^\circ$ (4-32), показники AI через 6 місяців після операції

становили $20,1 \pm 7,2^\circ$ (9-36), при контрольному огляді показники AI становили $14,9 \pm 8,7^\circ$ (0-37).

Лінія Шентона була розірвана та мала знак «-» у всіх пацієнтів у передопераційному періоді; після проведення оперативного втручання вона була відновлена зі знаком «+» у 20 випадках (90,9%) та залишилась розірваною зі знаком «-» у 2 випадках (9,1%).

Середній ЛЦКК під час контрольного огляду становив $23,5 \pm 9,4^\circ$ (4-50).

Ознаки та наслідки АНГСК було виявлено під час контрольного огляду в 7 випадках (31,8%): у 5 випадках (22,8%) ознаки АНГСК відповідали I типу за класифікацією Bucholz-Ogden, в 0 випадків (0%) – II типу, в 1 випадку (4,5%) – III типу, в 1 випадку (4,5%) – IV типу. Таку високу частоту виявлення АНГСК у цій когорті пацієнтів можна пов'язати з великою кількістю пацієнтів з 4 ступенем ДКС за Tonnis; відповідно, під час відкритого вправлення ГСК мав місце надмірний тиск на ГСК з боку кульшової западини внаслідок значного рівня корекції деформації КЗ.

Клінічні результати під час контрольного огляду були відмінними відповідно до критеріїв McКау у 13 випадках (59,1%), гарними у 8 випадках (36,4%), задовільними в 1 випадку (4,5%); незадовільних результатів виявлено не було.

Рентгенологічні результати під час контрольного огляду були відмінними відповідно до критеріїв Severin в 11 випадках (50%), гарними у 8 випадках (36,4%), задовільними у 2 випадках (9,1%) і незадовільними в 1 випадку (4,5%).

При оцінці радіологічних параметрів, що можуть корелювати зі ступенем корекції AI, було виявлено, що середній показник дистанції «d» становив $6,6 \pm 4,8$ (0-23) мм.; середній показник КЛР – $28,3 \pm 13,1^\circ$ (12-61).

Передопераційні характеристики пацієнтів та післяопераційні результати представлені у Табл. 13.

Табл. 13. Передопераційні характеристики пацієнтів та післяопераційні результати (Стор. – сторона; Спост. – період спостереження; до – до оперативного втручання; після – після оперативного втручання; Кор. – корекція; 6 м. – 6 місяців).

№	Стать	Стор.	Вік	Спост.	Tonnis	Операція	McKay	Severin	Shenton	до	після	AI	до	після	Кор.	6 м.	Спост.	ЛЦКК	АНГСК	КЛР	d
1	Ч	Л	4	2	4	ПК	2	2		-	+		40	29	11	25	23	18	1	22	6
2	Ж	Л	3	5	2	ОТС+ПВСК	1	1		-	+		32	22	10	20	6	28		25	4
3	Ж	Л	3	12	4	ПК	1	1		-	+		36	19	17	10	0	50	4	61	1
4	Ж	Л	5	2	3	ПК	2	2		-	+		45	25	20	25	24	15		36	23
5	Ж	Л	3	12	2	ОТС+ПВСК	1	1		-	+		37	24	13	20	9	30		29	8
6	Ж	ПР	3	12	4	ПК	1	1		-	+		42	21	21	22	8	31	1	30	9
7	Ж	Л	4	2	1	ОТС+ПВСК	1	1		-	+		30	15	14	15	11	29		29	6
8	Ж	ПР	6	5	2	ОТС	2	3		-	+		32	24	8	23	18	5		19	8
9	Ж	Л	5	6	4	ПК	1	2		-	+		50	18	32	16	11	19	1	18	5
10	Ж	Л	6	3	3	ПК	2	2		-	+		43	26	17	23	12	26		17	6
11	Ж	ПР	6	3	3	ПК	2	2		-	+		37	26	11	26	13	23		27	5
12	Ж	Л	5	5	4	ПК	1	1		-	+		49	32	17	20	15	24		26	11
13	Ж	ПР	6	4	4	ПК	3	4		-	-		56	32	24	36	37	4	1	20	9
14	Ж	ПР	3	10	3	ПК	1	1		-	+		36	17	19	12	8	23		37	7
15	Ж	Л	3	10	3	ПК	1	1		-	+		37	22	15	15	10	28		15	6
16	Ж	Л	4	4	3	ПК	2	3		-	-		43	39	4	36	28	16		21	0
17	Ж	Л	4	2	4	ПК	2	2		-	+		43	15	28	9	9	22	1	55	11
18	Ж	Л	6	2	4	ПК	1	2		-	+		36	27	9	23	18	26		18	5
19	Ж	ПР	3	3	3	ПК	2	2		-	+		42	34	8	31	29	18		18	0
20	Ж	Л	4	7	4	ПК	1	1		-	+		42	28	14	25	11	27	3	46	5
21	Ж	Л	2	5	2	ОТС+ПВСК	1	1		-	+		31	15	16	12	14	26		42	8
22	Ж	ПР	2	5	2	ОТС+ПВСК	1	1		-	+		32	21	11	16	14	27		12	2
Σ=			4.1	5.5						39.5	24.1				15.4	20.1	14.9	23.5		28.3	6.6

При дослідженні впливу віку пацієнта на віддалені клініко-рентгенологічні результати (за критеріями McKay та класифікацією Severin) було виявлено, що вік пацієнта має помірну негативну кореляцію з клінічними результатами ($R = 0,541$), лінійна регресія є статистично значущою ($p = 0,009$). Так само було виявлено помірну негативну кореляцію віку пацієнта з рентгенологічними результатами ($R = 0,662$), лінійна регресія є статистично значущою ($p < 0,001$). Таким чином, чим старшим є пацієнт з ДКС, якому виконується остеотомія таза за Salter – тим вища вірогідність отримати гірші післяопераційні результати.

При вивченні впливу деформації кульшової западини (за даними передопераційних показників AI) на віддалені клініко-рентгенологічні результати, було виявлено, що деформація кульшової западини має слабку негативну кореляцію з клінічними результатами ($R = 0,49$), лінійна регресія є статистично значущою ($p = 0,021$). Подібним чином було виявлено помірну негативну кореляцію між передопераційними показниками AI та рентгенологічними результатами ($R = 0,509$), лінійна регресія є статистично значущою ($p = 0,015$). Таким чином, пацієнти з вищими показниками AI перед оперативним втручання мають вищу ймовірність гірших віддалених результатів.

Було виявлено, що вплив ступеня ДКС за класифікацією Tonnis на віддалені клініко-рентгенологічні результати також є статистично достовірним. Було встановлено слабку негативну кореляцію ступеню ДКС за Tonnis з віддаленими клінічними та рентгенологічними результатами ($R = 0,33$ та $R = 0,41$ відповідно), лінійна регресія була статистично достовірною ($p = 0,045$ та $p = 0,038$ відповідно).

Щодо впливу величини корекції AI під час операції на віддалені клініко-рентгенологічні результати було виявлено, що інтраопераційна корекція AI має помірну позитивну кореляцію з клінічними результатами ($R = 0,5$), лінійна регресія є статистично значущою ($p = 0,018$). Подібним чином

було виявлено помірну позитивну кореляцію між ступенем інтраопераційної корекції АІ та рентгенологічними результатами ($R = 0,523$), лінійна регресія є статистично значущою ($p = 0,013$). Таким чином, у пацієнтів з меншою інтраопераційною корекцією АІ вищим є ризик гірших післяопераційних результатів у віддаленому періоді.

Протягом оцінювання впливу рентгенологічних параметрів, які визначають зміщення дистального фрагмента клубової кістки під час оперативного втручання (дистанція «d», КЛР) на ступінь корекції АІ інтраопераційно, було виявлено, що дистанція «d» має слабку позитивну статистично значущу кореляцію зі ступенем корекції АІ під час операції ($R = 0,45$, $p = 0,036$). При оцінці впливу ЛЦКК на величину корекції АІ під час операції статистично значущого впливу виявлено не було.

Після аналізу результатів було виявлено цікавий факт: обидва пацієнти з «-» лінією Шентона після операції мали гірші результати.

6.4. ОБГОВОРЕННЯ

Рання діагностика та корекція ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС здатна попереджати виникнення раннього остеоартрозу кульшового суглоба. Однак у пацієнтів старшого віку (які вже почали самотійно ходити) та/або після невдачі попереднього консервативного лікування виникає потреба в хірургічній корекції ацетабілярної дисплазії; остеотомія таза за Salter (ОТС) є ефективним та широко застосовуваним хірургічним втручанням. Результати після застосування ОТС в більшості випадків є гарними. Однак існують певні дискусії щодо наявності факторів ризику, які можуть призводити до гірших післяопераційних результатів після застосування ОТС.

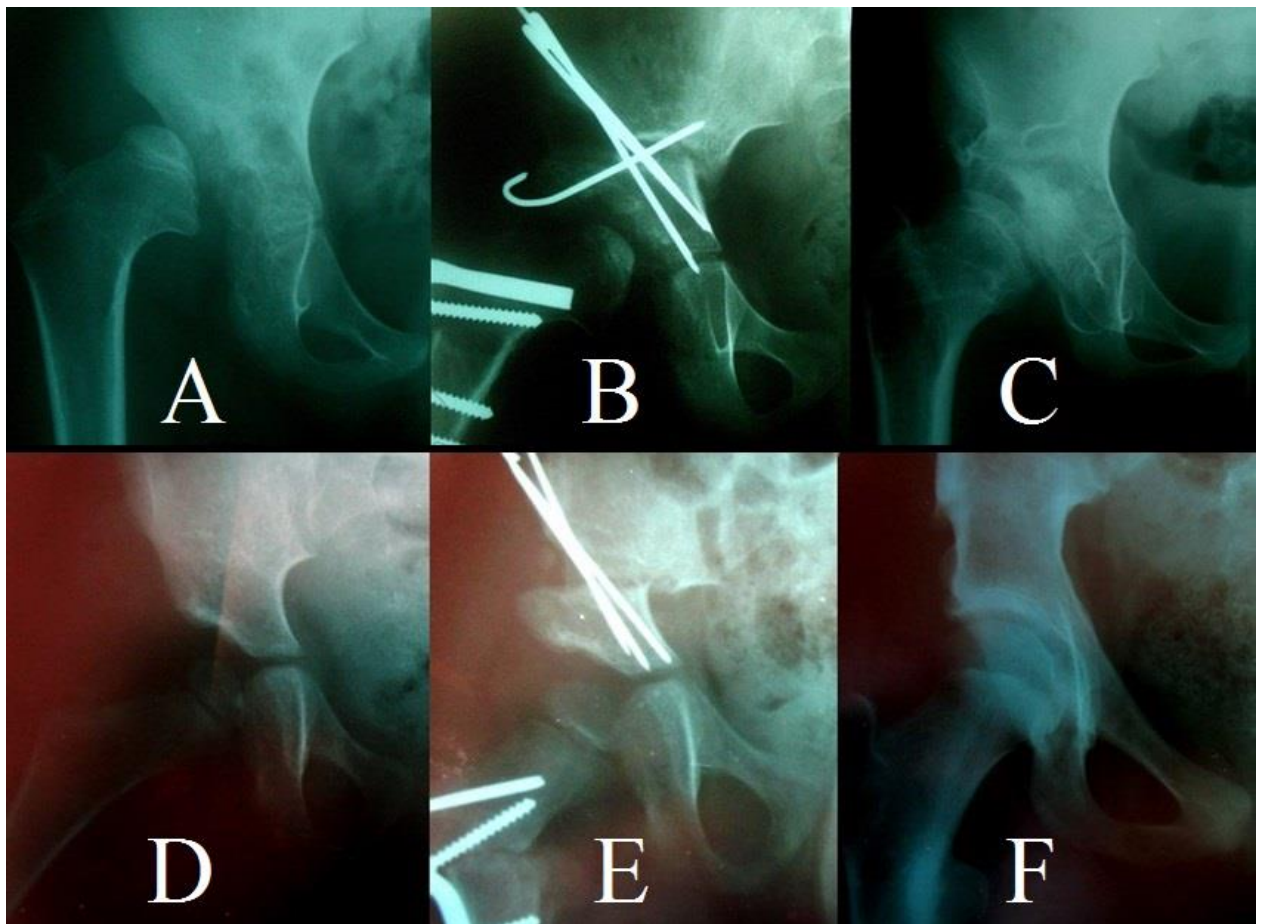
Усі попередньо запропоновані фактори ризику було поділено на дві категорії: 1) ті, що не залежать від хірурга (вік пацієнта, ступінь деформації кульшової западини згідно класифікації Tonnis, величина деформації кульшової западини); 2) ті, що залежать від хірурга (ступінь зміщення

дистального фрагмента клубової кістки під час операції, що дорівнює величині корекції AI). Рентгенологічними показниками, які можуть корелювати з величиною корекції AI інтраопераційно, є дистанція «d» та кут латеральної ротації (КЛР).

У цьому дослідженні оцінювались середньострокові та віддалені результати після застосування ОТС (період спостереження – $5,5 \pm 3,5$ року). Відсоток віддалених відмінних та гарних клінічних (I/II клас згідно критеріїв McKay) і відмінних та гарних рентгенологічних результатів (I/II клас згідно класифікації Severin) становив 95,5% та 86,4% відповідно. Середній показник AI при контрольному огляді становив $14,9 \pm 8,7^\circ$; середнє значення ЛЦКК при контрольному огляді становило $23,5 \pm 9,4^\circ$. Величина інтраопераційної корекції AI становила $15,4 \pm 6,8^\circ$.

При визначенні факторів ризику, які не залежать від хірурга, було виявлено, що вік пацієнта, величина деформації кульшової западини (за даними передопераційних значень AI) та ступінь ДКС за Тонніс мають статистично достовірний вплив на віддалені клініко-рентгенологічні результати (старші пацієнти з більшими величинами AI та вищим ступенем за Тонніс мали гірші результати) – див. Рис. 15. Це підтверджує дані Chen Q. та ін. [12], El-Sayed, M. та ін. [52], і Kotzias Neto A. та ін. [58], які виявили кращі результати після застосування ОТС у пацієнтів молодше 4 років і більшу кількість ускладнень у більш старших пацієнтів. Проте результати цього дослідження суперечать даним Baghdadli T. та ін. [84] та Da Rocha, V.L. та ін. [174], які не виявили різниці після застосування ОТС у пацієнтів молодше та старше 3 років і однакову частоту ускладнень у молодших та старших пацієнтів. Аналогічно наші дані підтверджують результати El-Sayed, M. та ін. [52] та Kotzias Neto A та ін. [58] (які описали гірші результати у пацієнтів із вищими ступенями ДКС за класифікацією Tonnis).

Рис. 15. Вплив факторів ризику, які не залежать від хірурга (вік пацієнта, величина деформації кульшової западини) на рентгенологічний результат. Верхній ряд – пацієнт 6 років, AI до операції - 56° - А. Незважаючи на гарну корекцію AI (24°) і достатнє зміщення дистального фрагменту клубової кістки під час операції (дистанція «d» - 9 мм) - В, віддалені рентгенологічні результати згідно критеріїв Severin були незадовільними (клас IV) - С. Нижній ряд – пацієнт 3-х років, AI до операції - 37° (Д). При меншому ступені корекції AI під час операції (13°) та майже такій же латералізації дистального фрагмента клубової кістки (дистанція «d» - 8 мм) – Е, віддалені рентгенологічні результати були відмінними згідно критеріїв Severin (клас I) - F.



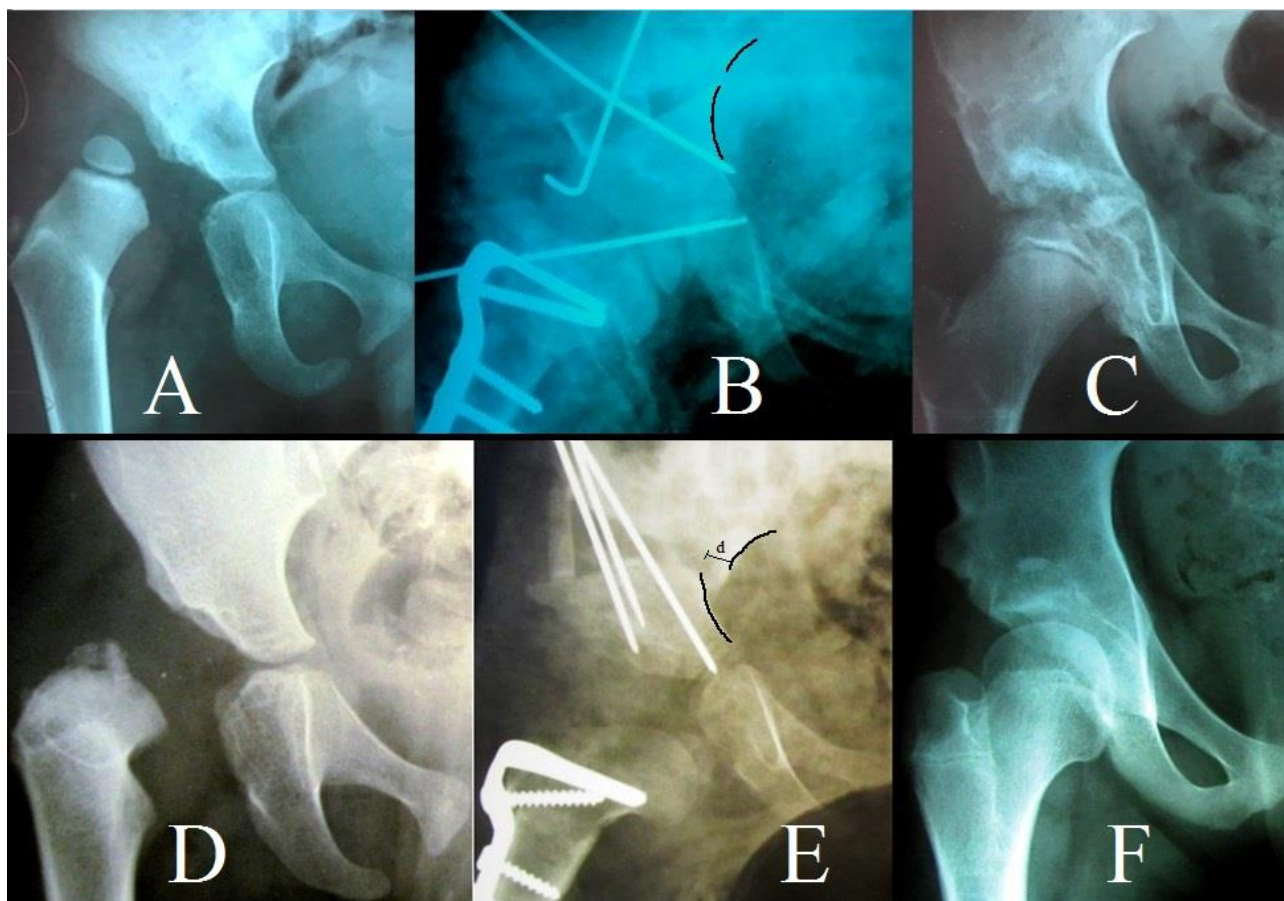
Також було виявлено статистично достовірний негативний вплив деформації кульшової западини (згідно передопераційних показників AI) на

віддалені післяопераційні результати; цей факт раніше не описувався в літературі.

Під час визначення рентгенологічних параметрів, які можуть корелювати з величиною корекції AI під час операції, було виявлено, що цим параметром може стати дистанція «d» – див. Рис. 16. Це підтверджує результати Kitoh, H. та ін. [113] і Kaneko, H. та ін. [80] (які виявили кращі післяопераційні результати у пацієнтів з дистанцією «d» більше 3,5 мм). Проте не було виявлено статистично значущої кореляції між КЛР та величиною корекції AI інтраопераційно (що не відповідає даним Kitoh, H. та ін. [18]).

Крім того, було виявлено, що «-» лінія Шентона після ОТС може призводити до гірших результатів. Ця лінія представляє собою взаємовідношення між проксимальним відділом стегнової кістки та затульним отвором. Таким чином, на структуру лінії Шентона впливає не тільки техніка виконання ОТС, а й величина вкорочення та ступінь корекції вальгусної деформації ПВСК (що також має враховуватись).

Рис. 16. Вплив факторів ризику, що залежить від хірурга (ступінь корекції AI під час операції) на віддалений рентгенологічний результат. Верхній ряд – пацієнт 3 років, AI до операції - 42° - A. Після операції - величина корекції AI низька (8°), латералізація дистального фрагмента клубової кістки відсутня (дистанція «d» - 0 мм) - B; віддалений рентгенологічний результат задовільний згідно критеріїв Severin (клас III) - C. Нижній ряд – пацієнт 3-х років, AI до операції - 42° - D. Після операції - величина корекції AI гарна (21°), латералізація дистального уламка клубової кістки задовільна (дистанція «d» - 9 мм) - E; віддалений рентгенологічний результат відмінний згідно критеріїв Severin (клас I) - F.



В цьому розділі дисертаційної роботи проаналізовано клініко-рентгенологічні результати після застосування остеотомії таза за Salter у пацієнтів віком 2-6 років та досліджено фактори ризику, що не залежать та залежать від хірурга. Встановлено, що застосування остеотомії таза за Salter забезпечує корекцію ацетабулярного індексу на $15,4 \pm 6,8^\circ$ інтраопераційно та задовільний розвиток кульшової западини. Віддалені відмінні та добрі клінічні та рентгенологічні результати після цього втручання спостерігаються у 95.5% та 86.4% пацієнтів відповідно. Факторами ризику, що не залежать від хірурга є: старший вік пацієнта, більший ацетабулярний індекс, вища ступінь ДКС за Tonnis. Фактором ризику, що залежать від хірурга є ступінь інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу. Рентгенологічним індикатором, який статистично достовірно корелює зі ступенем інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу є дистанція "d".

Матеріали даного розділу відображено в роботах:

1. [17] **Suvorov V**, Filipchuk V. Salter pelvic osteotomy for the treatment of Developmental Dysplasia of the Hip: assessment of postoperative results and risk factors. *Orthop Rev (Pavia)*. 2022 May 31;14(4):35335. doi: 10.52965/001c.35335. PMID: 35769652; PMCID: PMC9235433.

РОЗДІЛ 7. РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАНОЇ ОСТЕОТОМІЯ ТАЗА ЗА SALTER, ЯКА ЗАБЕЗПЕЧУЄ ПОКРАЩЕННЯ ПЕРЕКРИТТЯ ГОЛОВКИ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ У ВСІХ НАПРЯМКАХ

7.1. АКТУАЛЬНІСТЬ

На сьогодні для хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років широко застосовуються три остеотомії таза (за Salter, за Dega, за Pemberton) [35]. Кожна з цих остеотомій має певні переваги та недоліки. Найбільш уживанішою є остеотомія таза за Salter. До переваг цього оперативного втручання відносять технічну простоту виконання (у порівнянні з іншими остеотоміями таза); проте ця остеотомія дає можливість покращити лише передньо-латеральне перекриття ГСК, на відміну від остеотомії таза за Dega [52, 54]. Остеотомія таза за Dega дає можливість покращити перекриття ГСК у передньому, латеральному або задньому напрямках; однак є технічно складною для виконання у пацієнтів молодше 4 років (через меншу товщину клубової кістки) [52]. Остеотомія таза за Pemberton також дозволяє досягти гарної корекції деформації кульшової западини, проте здатна покращувати лише передньо-латеральне перекриття ГСК; ще одним недоліком цієї остеотомії таза є можливість пошкодження Y-подібного хряща під час проведення оперативного втручання [54, 167, 175].

Однак на сьогодні добре відомо, що при дисплазії кульшового суглобу існує не лише дефіцит передньо-латерального перекриття ГСК кульшовою западиною (як вважалося раніше), та було описано три типи ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС [176]. Таким чином, існує потреба в остеотомії

таза, яка б дозволила покращити перекриття ГСК у всіх напрямках при відсутності вищезазначених недоліків. Іншими обов'язковими умовами для такої остеотомії таза є: малоінвазивність, забезпечення достатнього рівня корекції деформації кульшової западини; технічна простота виконання незалежно від віку пацієнта; відсутність ризику пошкодження Y-подібного хряща під час проведення оперативного втручання.

У цьому розділі дисертаційної роботи описується модифікована остеотомія таза за Salter, яка відповідає всім вищезазначеним вимогам.

Метою цього розділу дисертаційної роботи було:

- 1) запропонувати модифіковану остеотомію таза за Salter, яка здатна покращувати перекриття ГСК у всіх напрямках;
- 2) показати коротко- та середньострокові результати після застосування цієї модифікації;
- 3) порівняти перед- та післяопераційні параметри груп пацієнтів із застосуванням модифікованої остеотомії таза за Salter та класично описаною методикою (згідно з даними літератури та власною контрольною групою).

7.2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

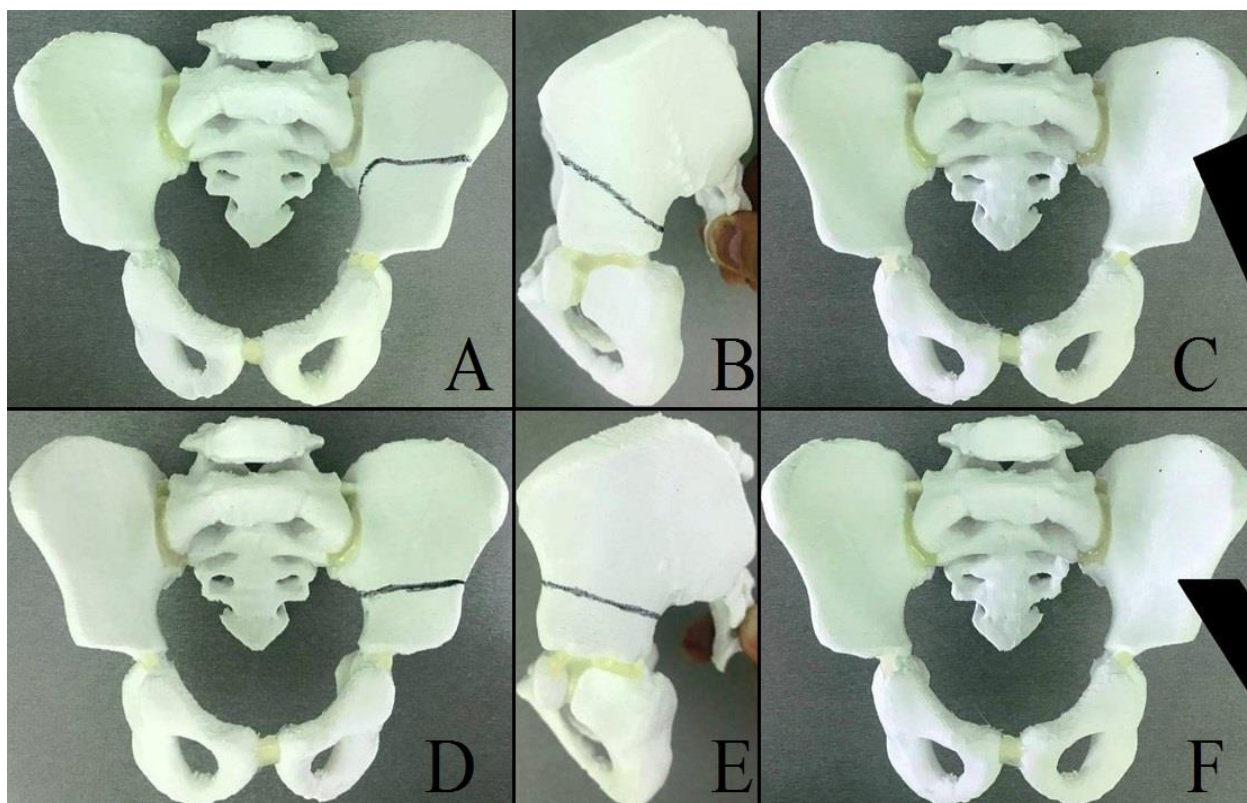
На оприлюднення результатів цього дослідження було отримано згоду комітету з біоетики ДУ ІТО НАМН України (протокол №4 від 10.12.2021).

У ДУ ІТО НАМН України ця модифікація остеотомії таза за Salter (ОТС) використовується з 2015 року. Показаннями до застосування цієї методики є ацетабулярна дисплазія у пацієнтів старше 2 років (показники ацетабулярного індексу (AI) $\geq 30^\circ$); верхньою віковою межею, коли ця хірургічна техніка застосовується, є вік пацієнта з ДКС 6 років.

Відмінності остеотомії таза за Salter від класично описаної методики [164] полягають у наступному: 1) лінія остеотомії є не прямою, а вигнутою, що спочатку направлена горизонтально до термінальної лінії таза, потім ця лінія прямує косо дистально (до вершини великої сідничної вирізки) – див. Рис.17, А/Д; 2) початок остеотомії є більш проксимальним – Рис.17, Б/Е; 3)

зовнішня сторона леза остеотома повернута під кутом 45° (за принципом остеотомії таза за Dega) – Рис.17, С/Е. Вищезазначені особливості модифікації остеотомії таза за Salter представлені на Рис.17.

Рис. 17. Відмінності модифікації ОТС від класично описаної методики. У верхньому рядку (А-С) зображена модифікація, у нижньому рядку (D-F) показана класично методика ОТС.



Така модифікація остеотомії таза за Salter дозволяє покращувати перекриття ГСК у всіх напрямках (завдяки вигнутій лінії остеотомії – див. Рис.18) та досягти кращої корекції деформації кульшової западини (завдяки повернутому положенню остеотома та, як наслідок, більшому кістковому контакту між фрагментами клубової кістки). При цьому вищевказана модифікація є технічно простою у виконанні незалежно від віку пацієнта (оскільки сама по собі є повною остеотомією клубової кістки і не залежить від товщини цієї кістки); є малоінвазивною (хірургічний доступ довжиною до 7-8 см); при застосуванні цієї модифікації відсутній ризик пошкодження Y-подібного хряща (лінія остеотомії проходить далеко від нього та не

пошкоджує цей хрящ). Приклад застосування модифікованої остеотомії таза за Salter представлено на Рис.19.

Рис. 18. *Покращення перекриття ГСК у передньому (А), задньому (В) та латеральному (С) напрямках під час застосування модифікованої ОТС відповідно до напрямку прикладеної сили (стрілки).*

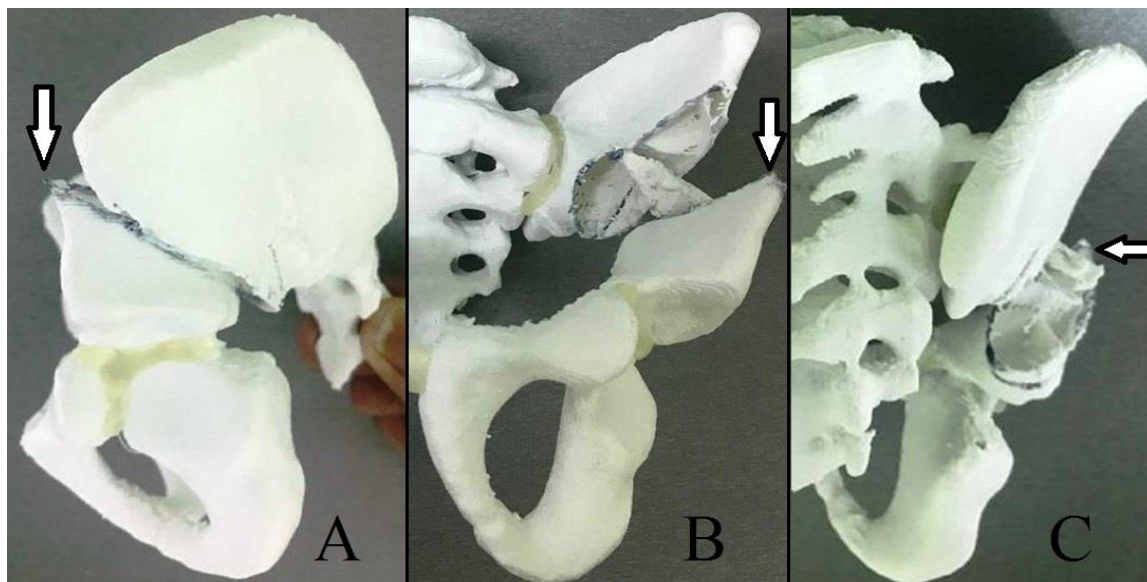
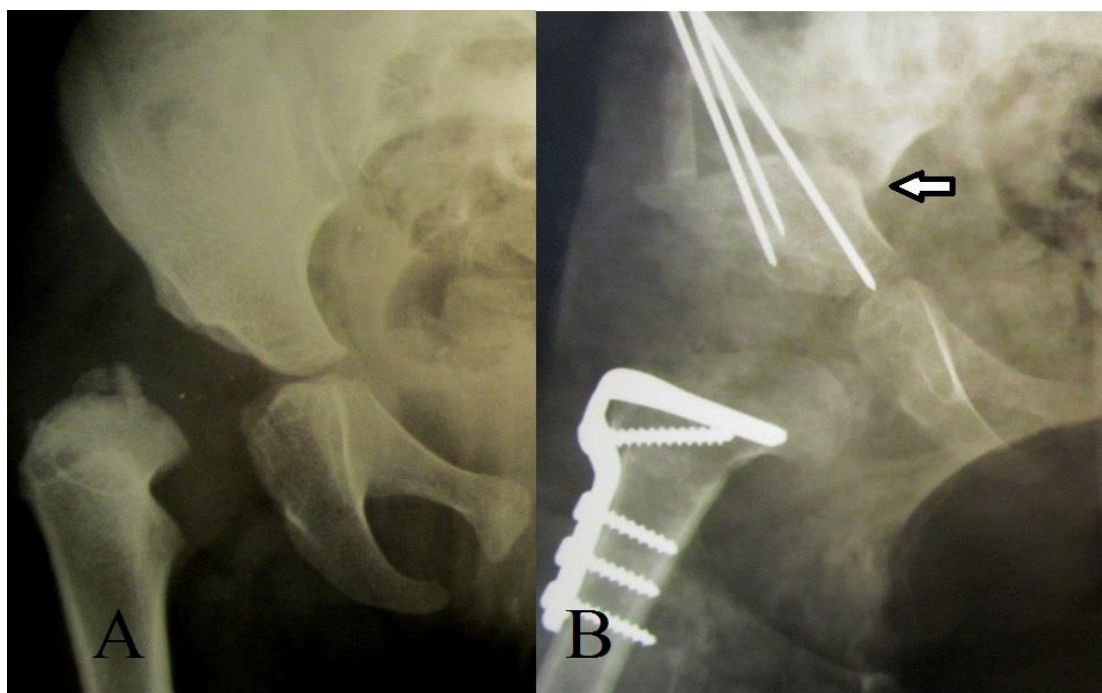


Рис. 19. *Приклад застосування модифікованої ОТС у пацієнтки 3 років. А – до операції, В – після операції типу ПК. Біла стрілка вказує на гострий кут проксимального фрагмента клубової кістки внаслідок вигнутої лінії остеотомії (це є рентгенологічною особливістю модифікації ОТС, яка відсутня при застосуванні класично описаної ОТС).*



Для оцінки результатів після застосування модифікованої остеотомії таза за Salter було відібрано групу з 19 пацієнтів за період 2015-2020 рр.

Серед них було 18 пацієнтів жіночої статі (94,7%) та 1 пацієнт – чоловічої статі (5,3%); лівобічна ДКС була наявна в 12 випадках (63,2%), правобічна ДКС – в 7 випадках (36,8%); середній вік пацієнта становив $3,6 \pm 1,5$ року (2-6); середній період спостереження становив $2,7 \pm 1,6$ року (1-5).

Під час виконання модифікованої остеотомії таза за Salter покращення перекриття ГСК проводилось в тому напрямку, де був наявний дефіцит перекриття ГСК за даними рентгенограм. Дефіцит перекриття ГСК у передньому напрямку оцінювали за показниками переднього центрально-крайового кута (пЦКК) за даними рентгенограм за Lequesne (порівняно зі «здоровим» кульшовим суглобом). Дефіцит перекриття ГСК у задньому напрямку визначали шляхом порівняння контурів передньої та задньої стінок КЗ за даними передньо-задньої рентгенограми (медіальне положення задньої стінки кульшової западини відносно передньої розглядалося як дефіцит перекриття ГСК у задньому напрямку – за аналогією «ознаки задньої стінки = posterior wall sign» у дорослих). У разі глобального дефіциту переднього та заднього перекриття ГСК покращення перекриття ГСК проводилось у бік більшого дефіциту. Латеральне перекриття ГСК покращувалось рутинно у всіх пацієнтів при застосуванні цієї методики.

Додатково під час проведення модифікованої ОТС рутинно проводилась поригувальна остеотомія ПВСК (варизаційно-деротаційна) для зменшення антеверсії стегнової кістки та вальгусної деформації ПВСК. Відкрите вправлення ГСК додавалось при неможливості закритого концентричного вправлення ГСК; в цьому випадку додатково обов'язково проводилась вкорочуюча остеотомія ПВСК. Комбінація відкритого вправлення ГСК, остеотомії таза та остеотомії ПВСК мала назву «повний комплекс» (ПК). Комбінація модифікованої ОТС та коригувальної остеотомії ПВСК була виконана у 8 пацієнтів (42,1%), операція типу «повний комплекс» – у 11 пацієнтів (57,9%).

Пацієнти були обстежені клінічно та рентгенологічно до, безпосередньо після, через 6 місяців після операції та під час контрольного огляду. В день перед проведенням оперативного втручання визначилась ступінь ацетабулярної дисплазії згідно класифікації за Tonnis та значення показників AI. Наступного дня після операції вимірювались показники AI та ступінь корекції AI внаслідок проведеного оперативного втручання. Через 6 місяців після оперативного втручання визначались показники AI та виявились ознаки АНГСК (при їхній наявності). Під час контрольного огляду визначались показники AI, значення ЛЦКК за Wiberg; наслідки АНГСК згідно з класифікацією Bucholz-Ogden [177]. Віддалені рентгенологічні результати під час контрольного огляду оцінювали згідно з класифікацією Severin; віддалені клінічні результати оцінювали згідно з критеріями McKay [169].

Порівняння модифікованої остеотомії таза за Salter із класично описаною методикою (згідно даних літератури та власною контрольною групою – див. Розділ 6) проводилось із урахуванням певних передопераційних та післяопераційних параметрів. До передопераційних параметрів було віднесено кількість пацієнтів з 4 типом ДКС за класифікацією Tonnis та величина AI до операції. До післяопераційних параметрів було внесено ступінь інтраопераційної корекції AI (за даними AI на наступний день після операції), віддалені клінічні та рентгенологічні результати (згідно встановлених оцінювальних класифікацій, систем та шкал).

Для статистичних розрахунків застосовувалось програмне забезпечення JASP Team (2020), версія 0.11.1.0.

7.3. РЕЗУЛЬТАТИ

Згідно класифікації за Tonnis II ступінь було діагностовано у 6 пацієнтів (31,5%), III ступеня – у 1 пацієнта (5,3%), IV ступеня – у 12 пацієнтів (63,2%).

Показники АІ до операції становили $41,2 \pm 7^\circ$ (30-53).

На наступну добу після проведення оперативного втручання показники АІ становили $22,1 \pm 4,3^\circ$ (15-28).

Ступінь корекції АІ склала $19,2 \pm 4,4^\circ$ (12-28).

Через 6 місяців після оперативного втручання показники АІ становили $18,6 \pm 4,2^\circ$ (11-24). Ознаки АНГСК було виявлено у 6 пацієнтів (31,6%).

При контрольному огляді показники АІ становили $13,8 \pm 3,8^\circ$ (6-20); значення ЛЦКК складали $23,3 \pm 3,9^\circ$ (15-29). Наслідки АНГСК I типу згідно з класифікацією Bucholz – Ogden було виявлено у 5 пацієнтів (26,3%), II типу – у 0 пацієнтів, III типу – у 0 пацієнтів, IV типу – у 1 пацієнта (5,3%). Клінічні результати за критеріями МакКау під час контрольного огляду були наступними: I клас у 12 пацієнтів (63,2%), II клас у 6 пацієнтів (31,5%), III клас у 1 пацієнта (5,3%), IV клас у 0 пацієнтів (0%). Рентгенологічні результати за критеріями Severin під час контрольного огляду були наступними: I клас у 14 пацієнтів (73,7%), II клас у 4 пацієнтів (21%), III клас у 1 пацієнта (5,3%), IV-VI клас у 0 пацієнтів.

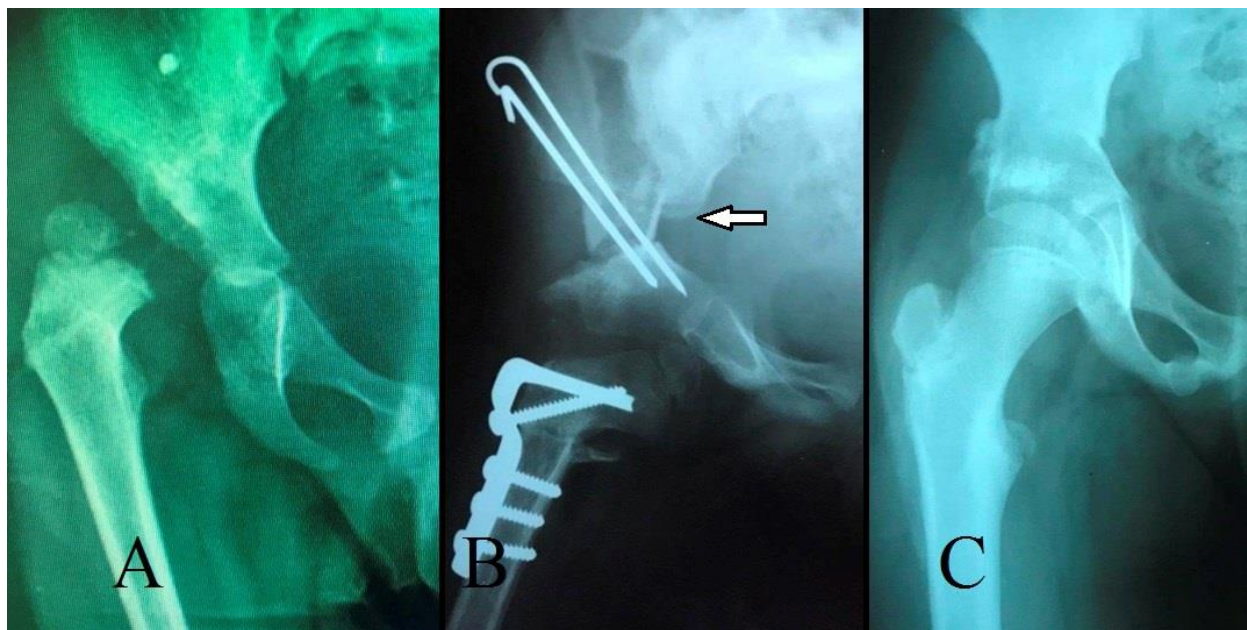
Передопераційна характеристика пацієнтів та післяопераційні клініко-рентгенологічні результати представлені в Табл. 14.

Табл. 14. *Характеристика пацієнтів перед операцією; клінічні та рентгенологічні результати після оперативного втручання (Стор. – сторона; Спост. – період спостереження; до – до оперативного втручання; після – після оперативного втручання; Кор. – корекція; 6 м. – 6 місяців).*

№	Стать	Стор.	Вік	Операція	Спост.	Топніс	AI	до	після	Кор.	б м.	Спост.	лцкк	АНГСК	МсКав	Severin
1	Ж	Л	3	ОТС+ПВСК	5	2		32	18	14	12	6	28	1	1	1
2	Ж	Л	6	ОТС+ПВСК	2	2		34	22	12	16	12	27		1	1
3	Ж	Л	3	ПК	1	4		46	25	19	20	15	23	1	2	2
4	Ж	Л	4	ОТС+ПВСК	2	2		30	15	15	11	9	29		1	1
5	Ж	Л	6	ПК	3	4		44	21	23	20	12	26	4	1	1
6	Ж	ПР	6	ПК	3	4		47	23	24	22	13	23		1	1
7	Ж	Л	2	ПК	1	4		53	28	25	24	20	15		3	3
8	Ж	Л	4	ПК	2	4		45	15	28	13	9	22	1	1	1
9	Ж	Л	6	ПК	2	4		43	25	20	22	18	26		1	1
10	Ж	ПР	4	ПК	1	4		48	27	21	23	18	19	1	2	2
11	Ж	ПР	3	ПК	1	4		44	24	20	20	16	20		2	1
12	Ж	ПР	2	ОТС+ПВСК	1	4		40	23	17	19	14	21		2	1
13	Ж	Л	4	ПК	5	4		43	24	19	21	11	27		1	1
14	Ж	Л	2	ОТС+ПВСК	4	2		31	15	16	12	10	26		1	1
15	Ж	ПР	2	ОТС+ПВСК	5	2		32	17	15	15	13	27		1	1
16	Ч	Л	3	ОТС+ПВСК	3	3		43	24	19	22	16	24	1	1	1
17	Ж	ПР	2	ПК	4	4		44	28	16	24	19	17		2	2
18	Ж	ПР	3	ПК	5	4		52	26	26	21	17	24		1	1
19	Ж	Л	3	ОТС+ПВСК	1	2		36	20	16	18	15	19		2	2
Σ=			3.6		2.7			41.2	22.1	19.2	18.6	13.8	23.3			

Середньострокові результати після застосування модифікованої ОТС представлено на Рис.20.

Рис. 20. Рентгенографія пацієнтки 3 років. А – до операції, В – після операції типу ПК (стрілка вказує на гострий кут проксимального фрагмента клубової кістки), В – через 4 роки після оперативного втручання.



При порівнянні передопераційних показників АІ у пацієнтів досліджуваної групи та даними літератури було виявлено незначно вищий показник АІ у пацієнтів досліджуваної групи (41.2° проти середнього значення 39.3° за даними літературних джерел); однак в цілому цей передопераційний показник корелював з даними світової літератури. При порівнянні передопераційних показників АІ між пацієнтами досліджуваної та контрольної групи було виявлено статистично недостовірну різницю у цьому показнику ($p > 0.05$). При порівнянні кількості пацієнтів із 4 типом ДКС за Tonnis між досліджуваною групою та даними літератури було виявлено значно більшу кількість таких пацієнтів у досліджуваній групі (63.2% проти 23.1%); лише у одному дослідженні [59] кількість таких пацієнтів була незначно більшою, ніж у нашому (63.2% проти 66%). При порівнянні кількості пацієнтів із 4 типом ДКС за Tonnis між досліджуваною та контрольною групами було виявлено статистично достовірну більшу

кількість таких пацієнтів у досліджуваній групі (63.2% проти 41%, $p < 0.05$). При порівнянні ступеня корекції AI між досліджуваною групою та даними літератури було виявлено дещо більший ступінь корекції AI у пацієнтів досліджуваної групи (19.2° у досліджуваній групі проти середнього значення 15.9° за даними літератури). При порівнянні ступеня корекції AI між пацієнтами досліджуваної та контрольної групи було виявлено статистично достовірний вищий ступінь корекції AI у пацієнтів досліджуваної групи (19.2° проти 15.4° , $p < 0.05$). При порівнянні віддалених відмінних та гарних клінічних результатів між досліджуваною групою та даними літератури було виявлено незначно більшу кількість таких пацієнтів у досліджуваній групі (94.7% у досліджуваній групі проти середнього значення у 90.8% за даними літератури). При порівнянні виборок пацієнтів з віддаленими відмінними та гарними клінічними результатами між досліджуваною та контрольною групами статистично достовірної різниці встановлено не було ($p > 0.05$). При порівнянні віддалених відмінних та гарних рентгенологічних результатів між досліджуваною групою та даними літератури було виявлено більшу кількість таких пацієнтів у досліджуваній групі (94.7% у досліджуваній групі проти середнього значення у 86.3% за даними світової літератури). При порівнянні груп пацієнтів з віддаленими рентгенологічними відмінними та гарними результатами між досліджуваною та контрольною групами було виявлено статистично достовірну різницю на користь досліджуваної групи (94.7% проти 86.4%, $p < 0.05$).

Порівняння перед- та післяопераційних параметрів груп пацієнтів із застосуванням модифікованої та класично описаної остеотомії таза за Salter (згідно даних літератури та за даними контрольної групи дослідження) представлено у Табл. 15.

Табл. 15. Порівняння перед- та післяопераційних параметрів груп пацієнтів із застосуванням модифікованої та класично описаної остеотомії таза за Salter (згідно даних літератури та за даними контрольної групи дослідження).

Автори	AI до °	Tonnis 4	Корекція AI°	Результати	
				Рентгенологічні	Клінічні
Chen Q [12]	42	0%	21	Severin I/II - 83.3%	Mac-kay I/II – 90%
Gurger, M. [33]	36,7	0%	-	Severin I/II – 100%	Mac-kay I/II – 100%
Chang, C.-H. [38]	35,4	21%	18.4	Severin I/II – 85.7%	
Morin, C. [42]	-	43%	-	Severin I/II – 96.3%	Шкала стегна за Harris - 94.5
Kobayashi, D [44]	35	-	-		Шкала стегна за Harris - 99 ± 3
Bayhan, I. A. [55]	40,6	20%	19.4	Severin I/II – 92%	Mac-kay I/II - 92%
Kotzias N A [58]	36,9	-	14.1	Severin I/II – 66.7%	
Agus, H [59]	38,8	66%	10.2		Mac-kay I/II – 83.8%
Ahmed K [75]	47,8	-	20.3	Severin I/II - 90%	Mac-kay I/II - 89.5%
Kaneko, H. [80]	-	-	-	Severin I/II – 87%	
Bhuyan BK [90]	42	0%	21	Severin I/II - 83.4%	Mac-kay I/II - 90%
Esmailnejad-Ganji, S. M. [96]	47	-	-	Severin I/II - 96.7%	Mac-kay I/II - 94.5%
Kitoh, H. [113]	34	-	13.3	Severin I/II - 91.7%	
Ahmed, E. [169]	35,4	34,6%	16.4	Severin I/II – 76.8%	Mac-kay I/II – 80.8%
Da Rocha, V. L. [170]	36	-	8.5	Severin I/II - 69.2%	Dutoit (відмінні+гарні результати) – 92.3%
Da Rocha, V. L. [174]	42,1	-	11.7	Severin I/II – 88.9%	Dutoit (відмінні+гарні результати) – 83.3%
Наш досвід	39,5	41%	15.4	Severin I/II – 86.4%	Mac-kay I/II – 95.5%
Модифікація	41,2	63,2%	19.2	Severin I/II – 94.7%	Mac-kay I/II – 94.7%

7.4. ОБГОВОРЕННЯ

Доведено, що остеотомії таза є найбільш ефективним варіантом хірургічної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС (при порівнянні з іншими варіантами оперативного лікування) [5]. Кожна з остеотомій таза, які застосовуються для корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС віком до 6 років, мають свої переваги та недоліки [35, 52, 54, 167, 175]. Крім того, згідно з сучасними дослідженнями відомо, що при ДКС існує не тільки дефіцит перекриття ГСК у передньо-латеральному напрямку, було описано три типи деформації кульшової западини [176]. Таким чином, ідеальна остеотомія таза повинна мати можливість покращувати перекриття

ГСК у всіх напрямках та не мати недоліків вже відомих на сьогодні остеотомії таза. У цьому розділі дисертаційної роботи було описано модифікацію остеотомії таза за Salter, яка відповідає всім вищезазначеним вимогам. Також було описано короткострокові та середньострокові результати після застосування модифікованої остеотомії таза за Salter.

Запропонована модифікація ОТС відрізняється від класичної методики тим, що має вигнуту лінію остеотомії, більш проксимальну точку початку остеотомії та спрямований вгору латеральний край леза остеотома.

Короткострокові та середньострокові клініко-рентгенологічні результати після застосування модифікованої ОТС (термін спостереження від 1 до 5 років) були хорошими та відмінними у 94,7% пацієнтів; незадовільних результатів не було. Результати після нашої модифікації подібні до результатів інших авторів після застосування класичної ОТС або описаних раніше модифікацій ОТС [12, 33, 42, 55, 75, 90, 96, 169, 170, 174, 178]. Однак важливим є індивідуальна оцінка напрямку дефіциту перекриття ГСК у кожного пацієнта при передопераційному плануванні та можливість покращити це перекриття у будь-якому напрямку під час проведення остеотомії таза. Описана в цьому розділі дисертаційної роботи модифікована остеотомія таза за Salter якраз дає таку можливість.

При порівнянні певних перед- та післяопераційних параметрів вибірок пацієнтів у досліджуваній групі із даними світової літератури та даними контрольної групи було виявлено наступне:

1) передопераційні показники AI суттєво не різнились між собою при порівнянні досліджуваної групи із даними літератури та статистично не різнились при порівнянні досліджуваної та контрольної груп;

2) кількість пацієнтів із 4 типом ДКС за Tonnis переважала у досліджуваній групі при порівнянні із даними літератури та була статистично достовірно вищою у досліджуваній групі у порівнянні з контрольною;

3) ступінь інтраопераційної корекції AI був дещо вищим у досліджуваній групі у порівнянні з даними літератури та статистично

достовірний більший у пацієнтів досліджуваної групи у порівнянні з контрольною групою;

4) кількість пацієнтів з відмінними та гарними віддаленими клінічними результатами суттєво не різнилась при порівнянні досліджуваної групи із даними літератури та статистично не була достовірною при порівнянні досліджуваної та контрольної груп;

5) кількість пацієнтів з віддаленим відмінними та гарними рентгенологічними результатами була дещо вищою у досліджуваній групі в порівнянні з даними літератури та статистично достовірно більшою у досліджуваній групі у порівнянні з контрольною.

Таким чином, за даними порівняльного аналізу можна зробити наступний висновок: навіть за наявності більшої кількості пацієнтів з 4 типом ДКС за Tonnis у групі дослідження (у порівнянні з даними літератури та контрольною групою), застосування описаної модифікації остеотомії таза за Salter дає змогу отримати аналогічні віддалені клінічні результати та дещо кращі рентгенологічні результати у порівнянні з даними літератури та власною контрольною групою та досягти дещо більшої інтраопераційної корекції деформації кульшової западини.

Даний розділ дисертаційної роботи присвячено впровадженню модифікованої остеотомії таза за Salter, яка дає можливість покращувати перекриття головки стегнової кістки у всіх напрямках, вивченню коротко- та середньострокових клініко-рентгенологічних результатів після застосування цієї технології та проведенню порівняльного аналізу результатів із класично описаною методикою. Виявлено, що запропонована модифікація забезпечує гарну корекцію ацетабулярного індексу ($19,2 \pm 4,4^\circ$) та задовільні віддалені рентгенологічні параметри морфології кульшової западини. Коротко- та середньострокові клінічні та рентгенологічні результати є відмінними та гарними у 94,7% пацієнтів. Запропонована модифікація дає можливість отримати кращу інтраопераційну корекцію ацетабулярного індексу та кращі

віддалені рентгенологічні результати у порівнянні з контрольною групою навіть при гірших передопераційних показниках пацієнтів.

Матеріали даного розділу відображено в роботах:

1. [26] **Suvorov V**, Filipchuk V. MODIFIED SALTER PELVIC OSTEOTOMY FOR THE DDH TREATMENT. Acta Ortop Bras. 2023 Apr 17;31(spe1):e259040. doi: 10.1590/1413-785220233101e259040. PMID: 37082156; PMCID: PMC10112343.

ВИСНОВКИ.

Згідно з отриманими результатами та проаналізованими даними, отриманими в ході написання цієї дисертаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Статистично достовірної різниці у кількості відмінних + гарних та поганих клініко-рентгенологічних результатів після застосування остеотомій таза за Salter, Dega та Pemberton не виявлено. Встановлено гірші результати у пацієнтів старше 3 та 4 років після остеотомій таза за Salter та Dega відповідно. Визначено помірна-сильну кореляція між старшим віком пацієнтів ($r=0.679-0.753$, остеотомія за Dega) та більшою деформацією кульшової западини ($r=0.595$, остеотомія за Pemberton) із гіршими клініко-рентгенологічними результатами. Кореляція підтверджується даними лінійної регресії: спостерігається статистично значущий вплив віку пацієнта на віддалені клініко-рентгенологічні результати після застосування остеотомій таза за Salter та Dega ($R^2=0,232$ та $R^2=0,67$ відповідно при $p < 0,05$) та достовірний вплив величини деформації кульшової западини на клінічні результати після застосування остеотомії таза за Pemberton ($R^2=0,952$, $p < 0,05$).
2. Визначено нормальні референтні показники розвитку різних ділянок кульшової западини відповідно до статті та віку дитини. Встановлено, що розвиток окремих ділянок кульшової западини відбувається не-лінійно та помічено більш інтенсивний розвиток передньої та верхньо-передньої

ділянок кульшової западини у хлопчиків до 3 років ($p=0.019$, $p=0.013$ відповідно) та у хлопчиків і дівчат у віковому періоді 4 - 5 років ($p=0.001$, 0.02 , 0.018 відповідно); швидший розвиток верхньо-задньої, задньо-верхньої та задньо-нижньої ділянок западини у хлопчиків і дівчат віком до 3 років ($p=0.008$, <0.001 , 0.005 та $p=0.028$, 0.016 та 0.013 відповідно) та між 4 та 5 роками життя ($p=0.01$, <0.01 та $p=0.04$, 0.03 відповідно). Виявлено певні статеві відмінності морфології різних ділянок кульшової западини: більш виражений розвиток верхньо-передньої ділянки у хлопчиків ($p=0.048$) та інтенсивніший розвиток задньо-верхньої та задньо-нижньої ділянок у дівчат ($p=0.014-0.037$ та $p=0.01-0.037$ відповідно). Надійність запропонованої методики є гарною при повторному вимірюванні параметрів через 4 місяці після первинного аналізу (надійність оцінювача дорівнює $0.64 - 0.90$).

3. Доведено, що не існує єдиної шарнірної точки під час виконання остеотомії таза за Salter, Dega та Pemberton у пацієнтів 2 та 6 років. Уточнено роль зв'язок таза у якості обмежувачів руху дистального фрагмента клубової кістки. Елементи таза, які обмежують коригування деформації кульшової западини названо «обмежувальними точками». Встановлено, що біомеханічні зміни у старших та молодших дітей різняться, що пов'язано з різними механічними властивостями кістково-хрящових елементів таза ($p<0.05$). Під час моделювання остеотомії таза за Salter виявлено напруження з контралатеральної сторони таза у старшої та молодшої дитини та перевантаження заднього променя Y-подібного хряща у дитини 2-х років. Під час остеотомії таза за Pemberton напруження виникає в ділянці переднього та заднього променів Y-подібного хряща та з контралатеральної сторони таза у дитини 2-х років. Під час виконання остеотомії таза за Dega напруження виникає у задньому кортикальному шарі клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки.

4. Проведення остеотомії таза за Salter у тварин віком 3 тижні не призводить до жодних кісткових змін; у тварин віком 4 тижні і старше виявлено перелом в метафізарній ділянці лобкової кістки в ділянці лобкового

симфізу з контралатеральної сторони. Моделювання остеотомії таза за Pemberton призводить до перелому метафіза клубової кістки в ділянці переднього та/або заднього променів Y-подібного хряща у всіх тварин віком 3 тижні та 2 місяці. Під час моделювання остеотомії таза за Dega виявлено перелом у задньо-медіальному кортикальному шарі клубової кістки в ділянці великої сідничної вирізки у всіх випадках. У двох тварин віком 2 місяці також виявлено перелом ділянки метафізу лобкової кістки в ділянці лобкового симфізу з іпсилатеральної сторони .

5. Застосування остеотомії таза за Salter дає можливість коригувати ацетабулярний індекс на $15,4 \pm 6,8^\circ$ та забезпечує подальший адекватний розвиток кульшової западини (ацетабулярний індекс через 6 місяців після операції = $20,1 \pm 7,2^\circ$, при контрольному огляді = $14,9 \pm 8,7^\circ$; середній кут Wiberg під час контрольного огляду становив $23,5 \pm 9,4^\circ$). Віддалені відмінні та гарні клінічні та рентгенологічні результати після остеотомії таза за Salter спостерігаються у 95.5% та 86.4% пацієнтів відповідно. До фактори ризику, що не залежать від хірурга відносяться старший вік пацієнта, більшу величину ацетабулярного індексу та більшу градацію ДКС за Tonnis ($R^2 = 0.541$, $p = 0.009$; $R^2 = 0.662$, $p < .001$; $R^2 = 0.49$, $p = 0.021$; $R^2 = 0.509$, $p = 0.015$; McKay - $R^2 = 0,33$; $p = 0,045$; Severin - $R^2 = 0,41$; $p = 0,038$ - вплив віку пацієнта, величини ацетабулярного індексу та ступеню ДКС за Tonnis на клінічні та рентгенологічні результати відповідно). До факторів ризику, що залежать від хірурга, відноситься ступінь інтраопераційної корекції величини ацетабулярного індексу ($R^2 = 0.5$, $p = 0.018$; $R^2 = 0.523$, $p = 0.013$ - вплив ступеню корекції ацетабулярного індексу на клінічні та рентгенологічні результати відповідно). Дистанція "d" є тим рентгенологічним індикатором, який статистично достовірно корелює зі ступенем інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу ($R^2 = 0.45$, $p = 0.036$).

6. Запропонована модифікація остеотомії таза за Salter забезпечує гарну корекцію ацетабілярного індексу (величина перед операцією - $41,2 \pm 7^\circ$, після операції - $22,1 \pm 4,3^\circ$, ступінь корекції - $19,2 \pm 4,4^\circ$). Рентгенологічні

параметри морфології кульшової западини при контрольному огляді є задовільними (величина ацетабулярного індексу - $13,8 \pm 3,8^\circ$, кут за Wiberg - $23,3 \pm 3,9^\circ$). Відносно велика частота виникнення аваскулярного некрозу головки стегнової кістки (31,6% пацієнтів) зумовлена великим відсотком досліджуваних з 4 типом ДКС за Tonnis (63,2%), що представляє собою повний вивих стегна та є значним предиктором виникнення аваскулярного некрозу головки стегнової кістки в подальшому. Проте, переважна більшість пацієнтів (26,3%) з цим ускладненням мають 1 тип за Bucholz – Ogden, що характеризується повним або майже повним відновленням структури та форми головки стегнової кістки та не призводить до значних порушень у кульшовому суглобі в подальшому.

7. Модифікована остеотомія таза за Salter забезпечує кращу ступінь інтраопераційної корекції ацетабулярного індексу у порівнянні з даними літератури та контрольною групою ($19,2^\circ$ та $15,9^\circ$, $19,2^\circ$ та $15,4^\circ$ при $p < 0,05$ відповідно). Кількість пацієнтів з віддаленими відмінними та гарними рентгенологічними результатами є вищою у досліджуваній групі в порівнянні з даними літератури та статистично достовірно більшою у порівнянні з контрольною групою (94,7% та 86,3%, 94,7% та 86,4% при $p < 0,05$ відповідно). Таким чином, запропонована модифікація дає кращу інтраопераційну корекцію ацетабулярного індексу та забезпечує кращі рентгенологічні результати навіть при гірших передопераційних показниках пацієнтів (кількість пацієнтів із 4 типом ДКС за Tonnis становила 63,2% у досліджуваній групі, 41% у контрольній групі та 23,1% за даними літератури).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1) Корекцію ацетабулярної дисплазії у пацієнтів з ДКС слід розпочинати якомога раніше, раннє усунення патологічного перевантаження латерального краю кульшової западини є профілактикою виникнення раннього остеоартрозу кульшового суглобу.

2) При виборі методу оперативної корекції ацетабулярної дисплазії у пацієнтів, що почали самотійно ходити, перевагу необхідно віддавати остеотоміям таза (у комбінації з відкритим вправленням головки стгенової кістки та коригувальною остеотомією ПВСК за потреби).

3) З точки зору післяопераційних результатів реконструктивні остеотомії таза за Salter, Dega, Pemberton мають однаковий прогноз; проте вік дитини та ступінь деформації кульшової западини є факторами, що впливають на післяопераційний результат при застосуванні остеотомій таза: чим меншим є вік дитини та меншою ступінь деформації кульшової западини – тим кращим є результат.

4) Під час виконання вищезгаданих остеотомій таза виникають певні біомеханічні зміни в кістковій та хрящовій тканинах таза; ці зміни необхідно враховувати при передопераційному плануванні та під час оперативного втручання; з точки зору біомеханіки одночасне двобічне застосування вищезгаданих остеотомій таза або їх комбінацій є недоцільним через вірогідність порушення стабільності тазового кільця.

5) Під час виконання остеотомії таза за Pemberton є вірогідність пошкодження переднього та\або заднього променів Y-подібного хряща при надмірному тиску на дистальний фрагмент клубової кістки, що може призвести до подальшого порушення розвитку кульшової западини; під час застосування остеотомії таза за Dega є ризик пошкодження інтактного задньо-медіального кортикального шару клубової кістки при надмірному тиску на дистальний фрагмент клубової кістки (та таким чином перевести неповне пересічення клубової кістки у повне); аналогічно під час остеотомії таза за Salter у пацієнта 2-х років є вірогідність пошкодження переднього променю Y-подібного хряща при надмірному тиску на дистальний фрагмент клубової кістки.

6) Остеотомія таза за Salter є технічно простою, дає гарний результат та достатню корекцію деформації кульшової западини; фактором ризику, на який може впливати хірург під час цього оперативного втручання – ступінь

корекції деформації кульшової западини; рентгенологічний параметр дистанція «d» вказує на достатню величину цієї корекції.

7) Модифікована остеотомія таза за Salter дозволяє покращити перекриття головки стегнової кістки в будь-якому напрямку у пацієнтів з ДКС молодше 6 років; дана модифікація є технічно відносно простою для виконання незалежно від віку пацієнта, малоінвазивною, забезпечує гарну корекцію деформацію кульшової западини та дає гарні післяопераційні результати.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1) Суворов В., Педіатрія : у 3-х т. Том 3 : підручник для студ. вищих мед. навч. закладів IV рівня акред. / [Артеменко Є. Я., Бабаджанян О. М., Белоусова О. Ю. та ін. ; за ред. Катілова О. В., Варзаря А. В., Валіуліса А., Дмитрієва Д. В.]. — Вінниця : Нова Книга, 2023. — 544 с. : іл; РОЗДІЛ 2. ОРТОПЕДІЯ, 149-208 сс.

2) Vasyi, S. ., Viktor, F. ., & Evhen, Z. . (2023). Assessment of Femoral Head Coverage in Healthy Children Younger than 6 Years Old. *Research Developments in Medicine and Medical Science Vol. 2*, 75–90.
<https://doi.org/10.9734/bpi/rdmms/v2/4691B>

3) Vivek Gulati. Developmental dysplasia of the hip in the newborn: A systematic review/Vivek Gulati, Kelechi Eseonu, Junaid Sayani//World J Orthop - 2013 - №4(2) – С.32-41. doi: 10.5312/wjo.v4.i2.32.

4) Філіпчук , В., & Суворов , В. (2020). Ацетабулярна дисплазія: сучасний погляд на проблему (Огляд літератури). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (1(104), 92-100.
<https://doi.org/10.37647/0132-2486-2020-104-1-92-100>

5) Kothari A. How does bony surgery affect results of anterior open reduction in walking-age children with developmental hip dysplasia?/Kothari A, Grammatopoulos G, Hopewell S, Theologis T.//Clin Orthop Relat Res. – 2016 - №474(5) – С.1199-208. doi: 10.1007/s11999-015-4598-x.

6) Filipchuk V, Suvorov V. Pelvic osteotomies for DDH treatment in pediatric patients: assessment of risk factors. Int J Med Rev Case Rep. 2021; 5 (7): 66-77. doi: 10.5455 / IJMRCR.Pelvic-osteotomies-ddh-treatment

7) Moraleda, L. Selective Epiphysiodesis of the Triradiate Cartilage for Treatment of Residual Experimental Acetabular Dysplasia/Moraleda, L., Albiñana, J., & Forriol, F.//
Journal of Pediatric Orthopaedics – 2013 - №33(8) – С.821–828.doi: 10.1097/BPO.0b013e31829b2f3f.

8) Fu, Z. Surgical implications for residual subluxation after closed reduction for developmental dislocation of the hip: A long-term follow-up/ Fu, Z., Yang, J., Zeng, P., & Zhang, Z.// *Orthopaedic Surgery* - 2014 - №6(3) – C.210–216. doi: 10.1111/os.12113.

9) Jakobsen, S. S. The interface between periacetabular osteotomy, hip arthroscopy and total hip arthroplasty in the young adult hip/Jakobsen, S. S., Overgaard, S., Søballe, K., Ovesen, O., Mygind-Klavsen, B., Dippmann, C. A., Retpen, J.//*EFORT Open Reviews* – 2018 - №3(7) – C.408–417. doi: 10.1302/2058-5241.3.170042.

10) Castaño-Betancourt, M. C. The contribution of hip geometry to the prediction of hip osteoarthritis/ Castaño-Betancourt, M. C., Van Meurs, J. B. J., Bierma-Zeinstra, S., Rivadeneira, F., Hofman, A., Weinans, H., Waarsing, J. H.//*Osteoarthritis and Cartilage* – 2013 - №21(10) – C.1530–1536. doi: 10.1016/j.joca.2013.06.012.

11) Fukushima, K. Pre-operative simulation of periacetabular osteotomy via a three-dimensional model constructed from salt/ Fukushima, K., Takahira, N., Uchiyama, K., Moriya, M., & Takaso, M.//*SICOT-J* – 2017 - №3 – C.14. doi: 10.1051/sicotj/2016051.

12) Chen Q. Outcome of one-stage surgical treatment of developmental dysplasia of the hip in children from 1.5 to 6 years old. A retrospective study/Chen Q, Deng Y, Fang B.//*Acta Orthop Belg.* - 2015 - №81(3) – C.375-83 . PMID: 26435230

13) Suvorov Vasyl, Filipchuk Viktor, Zyablovskyi Evhen, "Femoral Head Coverage Assessment in Healthy Children Younger than 6 Years", *Advances in Orthopedics*, vol. 2022, Article ID 6058746, 7 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6058746>.

14) Li, Y. Acetabular index is the best predictor of late residual acetabular dysplasia after closed reduction in developmental dysplasia of the hip/ Li, Y., Guo, Y., Li, M., Zhou, Q., Liu, Y., ... Xu, H.// *International Orthopaedics* – 2017 - №42(3) – C.631–640. doi: 10.1007/s00264-017-3726-5.

15) Cooper, A. P. Evidence-based Management of Developmental Dysplasia of the Hip/ Cooper, A. P., Doddabasappa, S. N., & Mulpuri, K. //Orthopedic Clinics of North America – 2014 - №45(3) – C.341–354. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2014.03.005>.

16) Xu, C. Pedobarographic Analysis Following Pemberton's Pericapsular Osteotomy for Unilateral Developmental Dysplasia of the Hip/ Xu, C., Yan, Y.-B., Zhao, X., Wen, X.-X., Shang, L., Huang, L.-Y., & Lei, W.//Medicine – 2015 - №94(23) – C.932. doi: 10.1097/MD.0000000000000932.

17) Suvorov V, Filipchuk V. Salter pelvic osteotomy for the treatment of Developmental Dysplasia of the Hip: assessment of postoperative results and risk factors. Orthop Rev (Pavia). 2022 May 31;14(4):35335. doi: 10.52965/001c.35335. PMID: 35769652; PMCID: PMC9235433.

18) Kitoh H. Predictive factors for unsuccessful treatment of developmental dysplasia of the hip by the Pavlik harness/ Kitoh H, Kawasumi M, Ishiguro NJ.//J Pediatr Orthop – 2009 - №29 – C.552–557. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181b2f200.

19) Walton MJ. The success of management with the Pavlik harness for development dysplasia of the hip using a United Kingdom screening programme and ultrasound-guided supervision/ Walton MJ, Isaacson Z, McMillan D, Hawkes R, Atheron WG.//J Bone Joint Surg Br – 2010 - №92-B – C.1013–1016. doi: 10.1302/0301-620X.92B7.23513.

20) Suvorov V, Filipchuk V, Mazevich V, Suvorov L. Simulation of pelvic osteotomies applied for DDH treatment in pediatric patients using piglet models. Adv Clin Exp Med. 2021; 30 (10): 1085-1090. doi: 10.17219 / acem / 140548.

21) Thomas, S. R. Y. W. Long-term outcome after anterolateral open reduction and Salter osteotomy for late presenting developmental dysplasia of the hip/Journal of Children's Orthopaedics – 2018 - №12(4) – C.364–368. doi: <https://doi.org/10.1302/1863-2548.12.180076>.

22) Cai, Z. Dynamic long leg casting fixation for treating 12- to 18-month-old infants with developmental dysplasia of the hip/ Cai, Z., Li, L., Zhang, L., Ji,

S., & Zhao, Q.//Journal of International Medical Research – 2016 - №45(1) – C.272–281. doi: 10.1177/0300060516675110.

23) Sucato, D. J. Overhead Bryant's Traction Does Not Improve the Success of Closed Reduction or Limit AVN in Developmental Dysplasia of the Hip/ Sucato, D. J., De La Rocha, A., Lau, K., & Ramo, B. A.//Journal of Pediatric Orthopaedics – 2017 - №37(2) doi: 10.1097/BPO.0000000000000747.

24) Wang, Y.-J. Association between open or closed reduction and avascular necrosis in developmental dysplasia of the hip/ Wang, Y.-J., Yang, F., Wu, Q.-J., Pan, S.-N., & Li, L.-Y.//Medicine – 2016 - №95(29) – C.4276. doi: 10.1097/MD.00000000000004276.

25) Altay, M. Results of medial open reduction of developmental dysplasia of the hip with regard to walking age/ Altay, M., Demirkale, I., Senturk, F., Firat, A., & Kapicioglu, S.//Journal of Pediatric Orthopaedics B – 2013 - №2(1) – C.36–41. doi: 10.1097/BPB.0b013e3283587631.

26) Suvorov V, Filipchuk V. MODIFIED SALTER PELVIC OSTEOTOMY FOR THE DDH TREATMENT. Acta Ortop Bras. 2023 Apr 17;31(spe1):e259040. doi: 10.1590/1413-785220233101e259040. PMID: 37082156; PMCID: PMC10112343.

27) Sankar, W. N. Risk Factors for Failure After Open Reduction for DDH/ Sankar, W. N., Young, C. R., Lin, A. G., Crow, S. A., Baldwin, K. D., & Moseley, C. F.//Journal of Pediatric Orthopaedics – 2011 - №31(3) – C.232–239. doi: 10.1097/BPO.0b013e31820c9b31.

28) Chang CH. Surgical results and complications of developmental dysplasia of the hip--one stage open reduction and Salter's osteotomy for patients between 1 and 3 years old/Chang CH, Kao HK, Yang WE, Shih CH.//Chang Gung Med J. – 2011 - №34(1) – C.84-92. PMID: 21392478

29) Spence, G. Effect of Innominate and Femoral Varus Derotation Osteotomy on Acetabular Development in Developmental Dysplasia of the Hip/ Spence, G., Hocking, R., Wedge, J. H., & Roposch, A.//The Journal of Bone & Joint Surgery – 2009 - №91(11) – C.2622–2636. doi: 10.2106/JBJS.H.01392.

30) Arslan H. Should routine pelvic osteotomy be added to the treatment of DDH after 18 months?/ Arslan H, Sucu E, Ozkul E, Gem M, Kişin B.//Acta Orthop Belg. - 2014 - №80(2) – C.205-10. PMID:25090793

31) Liu TJ. Evaluation of mid-term follow-up after Salter innominate osteotomy in developmental dysplasia of the hip/Liu TJ, Shi YY, Pan SN, Liu ZJ, Zhao Q, Zhang LJ, Ji SJ.// - 2010 - №48(15) – C.1149-53. PMID: 21055008 (in Chinese)

32) Da Rocha, V. L. Clinical and radiographic medium-term evaluation on patients with developmental dysplasia of the hip, who were submitted to open reduction, capsuloplasty and Salter osteotomy/ Da Rocha, V. L., Marques, G. L., da Silva, L. J., di Macedo Bernardes, T. A., & de Moraes, F. B.//Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition) – 2014 - №49(1) – C.51–55.
doi: 10.1016/j.rbo.2013.03.005.

33) Gurger, M. Salter osteotomy without open reduction in the Tönnis type II developmental hip dysplasia: A retrospective clinical study/ Gurger, M., Demir, S., Yilmaz, M., & Once, G.//Journal of Orthopaedic Surgery – 2019 - №27(1) – C.230949901983557. doi: 10.1177/2309499019835572.

34) Akgül, T. Radiological results of modified Dega osteotomy in Tönnis grade 3 and 4 developmental dysplasia of the hip/ Akgül, T., Bora Göksan, S., Bilgili, F., Valiyev, N., & Murat Hürmeydan, Ö.//Journal of Pediatric Orthopaedics B – 2014 - №23(4) – C. 333–338. doi: 10.1097/BPB.0000000000000059.

35) Chunho Chen. Pelvic Osteotomies for Developmental Dysplasia of the Hip/ Chunho Chen, Ting-Ming Wang and Ken N. Kuo //2017 Submitted: April 21st 2016Reviewed: January 18th 2017Published: April 12th 2017 doi: 10.5772/67516

36) Pediatric Pelvic and Proximal Femoral Osteotomies: A Case-Based Approach: підручник/Reggie C. Hamdy, Neil Saran - Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018.-29-125c.

37) Operative Orthopädie Und Traumatologie. Kombinierte Salter-Pemberton-Beckenosteotomi: підручник/Hövel, M., & Jäger, M. – 2013 - 439–456с.

38) Chang, C.-H. Prognostic radiographic factors in developmental dysplasia of the hip following Salter osteotomy/ Chang, C.-H., Yang, W.-E., Kao, H.-K., Lee, W.-C., Shih, C.-H., & Kuo, K. N.//Journal of Pediatric Orthopaedics B – 2015 - №24(1) – C.31–34. 10.1097/BPB.0000000000000109.

39) Wang, T.-M. Outcomes of Open Reduction for Developmental Dysplasia of the Hip: Does Bilateral Dysplasia Have a Poorer Outcome?/ Wang, T.-M., Wu, K.-W., Shih, S.-F., Huang, S.-C., & Kuo, K. N.//The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume – 2013 - №95(12) – C.1081–1086. doi: 10.2106/JBJS.K.01324.

40) Ming-Hua, D. The high osteotomy cut of Dega procedure for developmental dysplasia of the hip in children under 6 years of age/ Ming-Hua, D., Rui-Jiang, X., & Wen-Chao, L.//Der Orthopäde – 2016 - №45(12) – C.1050–1057. doi: 10.1007/s00132-016-3283-4.

41) Taghi Baghdadi, MD. The Outcome of Salter Innominate Osteotomy for Developmental Hip Dysplasia before and after 3 Years Old/ Taghi Baghdadi, MD; Nima Bagheri, MD; Seyyed Saeed Khabiri, MD; Hadi Kalantar, MD//Arch Bone Jt Surg.- 2018 - №6(4) – C.318-323 PMID: 30175180

42) Morin, C. Treatment of late-presenting developmental dislocation of the hip by progressive orthopaedic reduction and innominate osteotomy. Our results with more than 30 years of follow up/ Morin, C., Bisogno, J., Kulkarni, S., & Morel, G.//Journal of Children's Orthopaedics – 2011 - №5(4) – C.251–260. doi: 10.1007/s11832-011-0346-2.

43) Akiyama, M. Risk factors for acetabular retroversion in developmental dysplasia of the hip: does the Pemberton osteotomy contribute?/ Akiyama, M., Nakashima, Y., Oishi, M., Sato, T., Hirata, M., Hara, D., & Iwamoto, Y.//Journal of Orthopaedic Science – 2014 - №19(1) – C.90–96. doi: <https://doi.org/10.1007/s00776-013-0473-3>.

44) Kobayashi, D. Does Salter Innominate Osteotomy Predispose the Patient to Acetabular Retroversion in Adulthood?/ Kobayashi, D., Satsuma, S., Kinugasa, M., Kuroda, R., & Kurosaka, M.//Clinical Orthopaedics and Related Research – 2014 - №473(5) – C.1755–1762. doi: 10.1007/s11999-014-4053-4.

45) Sarikaya, B. The early radiological effects of Dega and Pemberton osteotomies on hip development in children aged 4–8 years with developmental dysplasia of the hip/ Sarikaya, B., Sipahioglu, S., Sarikaya, Z. B., Bozkurt, C., Altay, M. A., & Isikan, U. E.//Journal of Pediatric Orthopaedics B – 2017 - №1. doi: <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000469>.

46) Labianca, L. Pemberton Pericapsular Osteotomy for Developmental Dysplasia of the Hip and Hip Dislocation – Honorable Mention/ Labianca, L., Gajasen, P., Dolan, L., & Weinstein, S. L.//Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons – 2018 - №26(5) – C.175. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00012.

47) Mehmet Bülent Balioglu. Mid term results of Pemberton pericapsular osteotomy/Mehmet Bülent Balioglu, Ali Öner, Ümit Selçuk Aykut, Mehmet Akif Kaygusuz//Indian Journal of Orthopaedics – 2015 - №49(4) – C.418-424. doi: 10.4103/0019-5413.159627.

48) Rejholec, M. Combined pelvic osteotomy for the bipartite acetabulum in late developmental dysplasia of the hip/The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume – 2011 - №3-B(2) – C.257–261. doi: 10.1302/0301-620X.93B2.26147.

49) Ezirmik, N. Advantages of Single-Stage Surgical Treatment with Salter Innominate Osteotomy and Pemberton Pericapsular Osteotomy for Developmental Dysplasia of Both Hips/ Ezirmik, N., & Yildiz, K.//Journal of International Medical Research – 2012 - №40(2) – C.748–755. doi: 10.1177/147323001204000240.

50) Zhao HY. Simple Pemberton's ilium osteotomy and combined unter-trochanter derotation-varisation osteotomy for developmental dysplasia of the

hip/Zhao HY, Li CS, Feng W, Yang C, Yu BF, Liu JG.//Zhongguo Gu Shang. - 2012 - №25(4) – C.287-90. PMID: 22812090 (in Chinese)

51) Sarikaya, B. The early radiological effects of Dega and Pemberton osteotomies on hip development in children aged 4–8 years with developmental dysplasia of the hip/ Sarikaya, B., Sipahioglu, S., Sarikaya, Z. B., Bozkurt, C., Altay, M. A., & Isikan, U. E.//Journal of Pediatric Orthopaedics B, - 2017 - №1. doi: <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000469>

52) El-Sayed, M. The effect of Dega acetabuloplasty and Salter innominate osteotomy on acetabular remodeling monitored by the acetabular index in walking DDH patients between 2 and 6 years of age: short- to middle-term follow-up/ El-Sayed, M., Ahmed, T., Fathy, S., & Zyton, H.//Journal of Children's Orthopaedics – 2012 - №6(6) – C.471–477. doi: 10.1007/s11832-012-0451-x.

53) El-Sayed, M. M. H. Dega osteotomy for the management of developmental dysplasia of the hip in children aged 2–8 years: results of 58 consecutive osteotomies after 13–25 years of follow-up/ El-Sayed, M. M. H., Hegazy, M., Abdelatif, N. M., ElGebeily, M. A., ElSobky, T., & Nader, S.//Journal of Children's Orthopaedics – 2015 - №9(3) – C.191–198. doi: 10.1007/s11832-015-0665-9.

54) Wang, C.-W. Comparison of Acetabular Anterior Coverage After Salter Osteotomy and Pemberton Acetabuloplasty: A Long-term Followup/ Wang, C.-W., Wu, K.-W., Wang, T.-M., Huang, S.-C., & Kuo, K. N.//Clinical Orthopaedics and Related Research – 2013 - №472(3) – C.1001–1009. doi: 10.1007/s11999-013-3319-6.

55) Bayhan, I. A. Comparison of Salter osteotomy and Tonniss lateral acetabuloplasty with simultaneous open reduction for the treatment of developmental dysplasia of the hip/ Bayhan, I. A., Beng, K., Yildirim, T., Akpinar, E., Ozcan, C., & Yagmurlu, F.//Journal of Pediatric Orthopaedics B – 2016 - №25(6) – C.493–498. doi: 10.1097/BPB.0000000000000297.

56) Badrinath, R., Bomar, J. D., Wenger, D. R., Mubarak, S. J., & Upasani, V. V. (2019). Comparing the Pemberton osteotomy and modified San Diego

acetabuloplasty in developmental dysplasia of the hip/ Badrinath, R., Bomar, J. D., Wenger, D. R., Mubarak, S. J., & Upasani, V. V.//Journal of Children's Orthopaedics – 2019 - №1 – C.8. doi: 10.1302/1863-2548.13.190004.

57) Sarikaya, B. The early radiological effects of Dega and Pemberton osteotomies on hip development in children aged 4–8 years with developmental dysplasia of the hip/ Sarikaya, B., Sipahioglu, S., Sarikaya, Z. B., Bozkurt, C., Altay, M. A., & Isikan, U. E.//Journal of Pediatric Orthopaedics B – 2017 - №1. doi: <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000469>.

58) Kotzias Neto A, Ferraz A, Bayer Foresti F, Barreiros Hoffmann R. Bilateral developmental dysplasia of the hip treated with open reduction and Salter osteotomy: analysis on the radiographic results. *Rev Bras Ortop*. 2014; 49(4):350-8. DOI: 10.1016/j.rboe.2014.03.023

59) Agus, H., Bozoglan, M., Kalenderer, Ö., Kazımoğlu, C., Onvural, B., & Akan, İ. How are outcomes affected by performing a one-stage combined procedure simultaneously in bilateral developmental hip dysplasia? *International Orthopaedics*. 2014; 38(6), 1219–1224. DOI: 10.1007/s00264-014-2330-1

60) Wakabayashi, K., Wada, I., Horiuchi, O., Mizutani, J., Tsuchiya, D., & Otsuka, T. MRI Findings in Residual Hip Dysplasia. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2011; 31(4), 381–387. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31821a556e

61) Yilar S, Toy S, Kose M, et al. Comparison of Open Reduction Alone and Open Reduction Plus Pemberton Osteotomy Techniques in the Treatment of Developmental Hip Dysplasia at Walking Age. *Eurasian J Med*. 2019; 51(3): 228-31. DOI: 10.5152/eurasianjmed.2019.19052

62) Issin, A., Öner, A., Koçkara, N., & Çamurcu, Y. Comparison of open reduction alone and open reduction plus Dega osteotomy in developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2016; 25(1), 1–6. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000227

63) Carsi, M. B., & Clarke, N. M. P. Acetabuloplasties at Open Reduction Prevent Acetabular Dysplasia in Intentionally Delayed Developmental Dysplasia

of the Hip: A Case-control Study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2015; 474(5), 1180–1188. DOI: 10.1007/s11999-015-4501-9

64) Macnicol, M. F., & Bertol, P. Salter innominate osteotomy: should it be combined with concurrent open reduction? *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2005; 14(6), 415–421. DOI: 10.1097/01202412-200511000-00004

65) Arslan, H., Kapukaya, A., Ibrahim Bekler, H., & Necmioğlu, S. Is varus osteotomy necessary in one-stage treatment of developmental dislocation of the hip in older children? *Journal of Children's Orthopaedics*. 2007; 1(5), 291–297. DOI: 10.1007/s11832-007-0047-z

66) Lalonde FD, Frick SL, Wenger DR. Surgical correction of residual hip dysplasia in two pediatric age-groups. *J Bone Joint Surg Am*. 2002 Jul;84(7):1148-56. DOI: 10.2106/00004623-200207000-00009

67) Ahmed, E., Mohamed, A., & Wael, H. Tratamento cirúrgico de displasia de desenvolvimento do quadril de apresentação tardia depois da idade da marcha. *Acta Ortopédica Brasileira*. 2013; 21(5), 276–280. DOI: 10.1590/s1413-78522013000500007

68) Tokunaga, K., Aslam, N., Zdero, R., Schemitsch, E. H., & Waddell, J. P. Effect of Prior Salter or Chiari Osteotomy on THA with Developmental Hip Dysplasia. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®. 2010; 469(1), 237–243. DOI: 10.1007/s11999-010-1375-8

69) Uruc, V., & Karabulut, S. An Unusual Complication Seen in a Six-Year-Old Girl Treated with Open Reduction and Pemberton Osteotomy for Neglected Developmental Dysplasia of the Hip: A Femoral Neck Fracture Sustained during Passive Motion under *General Anesthesia*. 2014; DOI: 10.1155/2014/804098

70) Muratli, H. H., Yüksel, H. Y., Akşahin, E., Hapa, O., Günal, T., & Çelebi, L. Does Salter innominate osteotomy with transiliac lengthening effect triradiate cartilage or cause posterior coverage insufficiency? *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2009; 129(12), 1607–1611. DOI: 10.1007/s00402-009-0934-5

71) Rampal, V., Klein, C., Arellano, E., Boubakeur, Y., Seringe, R., Glorion, C., & Wicart, P. Outcomes of modified Dega acetabuloplasty in acetabular dysplasia related to developmental dislocation of the hip. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2014; 100(2), 207–211. DOI: 10.1016/j.otsr.2013.12.015

72) Akiyama, M., Nakashima, Y., Oishi, M., Sato, T., Hirata, M., Hara, D., & Iwamoto, Y. Risk factors for acetabular retroversion in developmental dysplasia of the hip: does Pemberton osteotomy contribute? *Journal of Orthopaedic Science*. 2014; 19(1), 90–96. DOI: 10.1007/s00776-013-0473-3

73) Castañeda, P., Vidal-Ruiz, C., Méndez, A., Salazar, D. P., & Torres, A. How Often Does Femoroacetabular Impingement Occur After an Innominate Osteotomy for Acetabular Dysplasia? *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2016; 474(5), 1209–1215. DOI: 10.1007/s11999-016-4721-7

74) Chang, C.-F., Wang, T.-M., Wang, J.-H., Huang, S.-C., & Lu, T.-W. Residual gait deviations in adolescents treated during infancy for unilateral developmental dysplasia of the hip using Pemberton's osteotomy. *Gait & Posture*. 2012; 35(4), 561–566. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.11.024

75) Ahmed Kandil; Abo Bakr Mohamed Saeed; Hassan El-Barbary; Mohamed Hegazi; Mohamed El-Sobky. Salter versus Dega osteotomy after open reduction of developmental dysplasia of the hip in young children. *Egyptian Orthopedic Journal*. MARCH 2013; 48(1):80–87. DOI: 10.7123/01.EOJ.0000426261.81593.d6

76) Ertürk, C., Altay, M. A., & Işikan, U. E. A radiological comparison of Salter and Pemberton osteotomies to improve acetabular deformations in developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2013; 22(6), 527–532. DOI: 10.1097/bpb.0b013e32836337cd

77) Wang, C.-W., Wang, T.-M., Wu, K.-W., Huang, S.-C., & Kuo, K. N. The comparative, long-term effect of Salter osteotomy and Pemberton acetabuloplasty on pelvic height, scoliosis and functional outcome. *The Bone & Joint Journal*. 2016; 98-B(8), 1145–1150. DOI: 10.1302/0301-620x.98b8.37215

78) Badrinath, R., Bomar, J. D., Wenger, D. R., Mubarak, S. J., & Upasani, V. V. Comparing Pemberton osteotomy and modified San Diego acetabuloplasty in developmental dysplasia of the hip. *Journal of Children's Orthopaedics*. 2019; 1–8. DOI: 10.1302/1863-2548.13.190004

79) López-Carreño, E., Carillo, H., & Gutiérrez, M. Dega versus Salter osteotomy for the treatment of developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2008; 17(5), 213–221. DOI: 10.1097/bpb.0b013e32830850eb

80) Kaneko, H., Kitoh, H., Mishima, K., Matsushita, M., Kadono, I., Ishiguro, N., & Hattori, T. Factors associated with an unfavourable outcome after Salter innominate osteotomy in patients with unilateral developmental dysplasia of the hip. *The Bone & Joint Journal*. 2014; 96-B(10), 1419–1423. DOI: 10.1302/0301-620X.96B10.34263

81) Mellerowicz, H. H., Matussek, J., & Baum, C. Long-term results of Salter and Chiari hip osteotomies in developmental hip dysplasia. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 1998; 117(4-5), 222–227. DOI: 10.1007/s004020050233

82) Umer M, Nawaz H, Kasi PM, Ahmed M, Ali SS. Outcome of triple procedure in older children with developmental dysplasia of the hip (DDH). *J Pak Med Assoc*. 2007 Dec; 57(12):591-5. PMID: 18173041

83) Denton JR, Ryder CT. Radiographic follow-up of Salter innominate osteotomy for congenital dysplasia of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 1974 Jan-Feb; (98):210-3. DOI: 10.1097/00003086-197401000-00024

84) Taghi Baghdadi, MD; Nima Bagheri, MD; Seyyed Saeed Khabiri, MD; Hadi Kalantar, MD. The Outcome of Salter Innominate Osteotomy for Developmental Hip Dysplasia before and after 3 Years Old. *Arch Bone Jt Surg*. 2018; 6(4): 318-323. PMCID: PMC6110436

85) Tukenmez, M., & Tezeren, G. Salter Innominate Osteotomy for Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2007; 15(3), 286–290. DOI: 10.1177/230949900701500308

- 86) Gather, K. S., von Stillfried, E., Hagmann, S., Müller, S., & Dreher, T. Outcome after early mobilization following hip reconstruction in children with developmental hip dysplasia and luxation. *World Journal of Pediatrics*. 2018; 14(2), 176–183. DOI: 10.1007/s12519-017-0105-7
- 87) Czubak J, Kowalik K, Kawalec A, Kwiatkowska M. Dega pelvic osteotomy: indications, results and complications. *J Child Orthop*. 2018; 12:342–348. DOI: 10.1302/1863-2548.12.180091
- 88) Wu, K.-W., Wang, T.-M., Huang, S.-C., Kuo, K. N., & Chen, C.-W. Analysis of Osteonecrosis Following Pemberton Acetabuloplasty in Developmental Dysplasia of the Hip. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*. 2010; 92(11), 2083–2094. DOI: 10.2106/JBJS.I.01320
- 89) Novais, E. N., Hill, M. K., Carry, P. M., & Heyn, P. C. Is Age or Surgical Approach Associated With Osteonecrosis in Patients With Developmental Dysplasia of the Hip? A Meta-analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2015; 474(5), 1166–1177. DOI: 10.1007/s11999-015-4590-5
- 90) Basant Kumar Bhuyan. Outcome of one-stage treatment of developmental dysplasia of hip in older children. *Indian Journal of Orthopaedics*. 2012; 46 (5), 548-555. DOI: 10.4103/0019-5413.101035
- 91) Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. 2009; PLoS Med 6(7): e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed1000097
- 92) Li, H., Ye, W., Xu, L., Li, L., Zhu, W., & Zheng, Z. Sequential one-stage combined procedure for treating bilateral developmental hip dysplasia after walking age. *Journal of International Medical Research*. 2019; 030006051984894. DOI: 10.1177/0300060519848943
- 93) Ezirmik, N., & Yildiz, K. A Study on the Complications of Surgical Treatment for Bilateral Developmental Dysplasia of the Hip and a Comparison of Two Osteotomy Techniques. *The Eurasian Journal of Medicine*. 2011; 42(3), 162–168. DOI: 10.5152/eajm.2011.38

- 94) Vukašinović, Z., Pelillo, F., Spasovski, D., Šešlija, I., Živković, Z., & Matanović, D. Triple Pelvic Osteotomy for the Treatment of Residual Hip Dysplasia. Analysis of Complications. *HIP International*. 2009; 19(4), 315–322. PMID: 20041377
- 95) Zoran Vukašinović¹, Duško Spasovski¹, Zorica Živković, Nemanja Slavković, Sofija Cerović. Triple Pelvic Osteotomy in the Treatment of Hip Dysplasia. *Srp Arh Celok Lek*. 2009 May-Jun; 137(5-6):239-248 DOI: 10.2298/sarh0906239v
- 96) Esmailnejad-Ganji, S. M., Esmailnejad-Ganji, S. M. R., Zamani, M., & Alitaleshi, H. A Newly Modified Salter Osteotomy Technique for Treatment of Developmental Dysplasia of Hip That Is Associated with Decrease in Pressure on Femoral Head and Triradiate Cartilage. *BioMed Research International*. 2019; 1–9. DOI: 10.1155/2019/6021271
- 97) Gunel, U., Daglar, B., Tasbas, B. A., Delialioglu, O., & Bayrakci, K. (2012). Results of Tönnis-type acetabuloplasty in patients with developmental hip dysplasia. *Journal of Orthopaedic Science*. 2012; 17(6), 705–709. DOI: 10.1007/s00776-012-0287-8
- 98) Al-Ghamdi, A., Rendon, J. S., Al-Faya, F., Saran, N., Benaroch, T., & Hamdy, R. C. Dega Osteotomy for the Correction of Acetabular Dysplasia of the Hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2012; 32(2), 113–120. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31823f0b8c
- 99) Aksoy, C., Yilgor, C., Demirkiran, G., & Caglar, O. Evaluation of acetabular development after Dega acetabuloplasty in developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2013; 22(2), 91–95. DOI: 10.1097/BPB.0b013e32835c2a7d
- 100) Mazen M. Ibrahim, Mohamed R. S. El-Lakkany, Mohamed M. Wahba, et al. Combined open reduction and Dega transiliac osteotomy for developmental dysplasia of the hip in walking children. *Acta Orthop Belg*. 2016; 82:222–232.

101) GUARNIERO, R., SANCHEZ, F. B., MASSA, B. S. F., MONTENEGRO, N. B., GRANGEIRO, P. M., & ANGELI, L. R. A. D. MODIFIED DEGA OSTEOTOMY IN TREATING DEVELOPMENTAL DYSPLASIA OF THE HIP. *Acta Ortopédica Brasileira*. 2018; 26(1), 30–32. DOI: 10.1590/1413-785220182601181195

102) Orhun, H., Gurkan, V., Bayhan, I., Dursun, M., Kilickap, C., & Berkel, T. Complete Transiliac Pelvic Osteotomy for Patients with Developmental Dysplasia of the Hip without Internal Fixation. *HIP International*. 2009; 19(1), 13–17. DOI: 10.1177/112070000901900103

103) Reichel, H., & Hein, W. Dega Acetabuloplasty Combined With Intertrochanteric Osteotomies. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1996; 323, 234–242. DOI: 10.1097/00003086-199602000-00032

104) Grudziak JS, Ward WT. Dega osteotomy for the treatment of congenital dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 2001 Jun; 83(6):845-54. DOI: 10.2106/00004623-200106000-00005

105) Paterson DC. Innominate osteotomy. Its role in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip joint. *Clin Orthop Relat Res*. 1974 Jan-Feb; (98):198-209. PMID: 4817231

106) Ito, H., Ooura, H., Kobayashi, M., & Matsuno, T. Middle-Term Results of Salter Innominate Osteotomy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2001; 387, 156–164. DOI: 10.1097/00003086-200106000-00021

107) Faciszewski T, Kiefer GN, Coleman SS. Pemberton osteotomy for residual acetabular dysplasia in children who have congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1993 May; 75(5):643-9. DOI: 10.2106/00004623-199305000-00002

108) Haidar RK, Jones RS, Vergroesen DA, Evans GA. Simultaneous open reduction and Salter innominate osteotomy for developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br*. 1996 May; 78(3):471-6. PMID: 8636189

109) Baki, C., Sener, M., Aydin, H., Yildiz, M., & Saruhan, S. Single-stage open reduction through a medial approach and innominate osteotomy in

developmental dysplasia of the hip. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. 2005; 87-B(3), 380–383. DOI: 10.1302/0301-620x.87b3.14663

110) El-Sayed, M. M. H. Single-stage open reduction, Salter innominate osteotomy, and proximal femoral osteotomy for the management of developmental dysplasia of the hip in children between the ages of 2 and 4 years. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2009; 18(4), 188–196. DOI: 10.1097/bpb.0b013e32832bf618

111) Chang CH, Kao HK, Yang WE, Shih CH. Surgical results and complications of developmental dysplasia of the hip-one stage open reduction and Salter's osteotomy for patients between 1 and 3 years old. *Chang Gung Med J*. 2011 Jan-Feb; 34(1):84-92. PMID: 21392478

112) Morita, M., Kamegaya, M., Takahashi, D., Kamada, H., Tsukagoshi, Y., & Tomaru, Y. Proposal of a New Type of Innominate Osteotomy without the Use of Bone Graft in Children. *JBJS Open Access*. 2019; 4(3), e0016. DOI: 10.2106/JBJS.OA.19.00016

113) Kitoh, H., Kaneko, H., & Ishiguro, N. Radiographic Analysis of Movements of the Acetabulum and the Femoral Head After Salter Innominate Osteotomy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2009; 29(8), 879–884. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181c1e314

114) Chukwunyerenwa, C. K., Sehgal, R., Vioreanu, M., Doyle, F., Molony, D., & McCormack, D. Less invasive innominate osteotomy. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2010; 19(4), 318–322. DOI: 10.1097/BPB.0b013e3283345e55

115) Baki, M. E., Baki, C., Aydin, H., Ari, B., & Özcan, M. (2016). Single-stage medial open reduction and Pemberton acetabuloplasty in developmental dysplasia of the hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2016; 25(6), 504–508. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000360

116) Kuhn, J., Dunn, W., & Spindler, K. Evidence-Based Medicine for Orthopedic Surgeons. *The Journal of Knee Surgery*. 2010; 18(01), 57–63. DOI: 10.1055/s-0030-1248159

117) Slim K, Nini E, Forestier D, Kwiatkowski F, Panis Y, Chipponi J. Methodological index for non-randomized studies (minors): development and validation of a new instrument. *ANZ J Surg.* 2003; 73:712–716. DOI: 10.1046/j.1445-2197.2003.02748.x

118) MM Mukaka. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J.* 2012 Sep; 24(3): 69–71. PMID: 23638278

119) Tannenbaum E, Kopydlowski N, Smith M, Bedi A, Sekiya JK. Gender and racial differences in focal and global acetabular version. *J Arthroplasty.* 2014;29(2):373-376. doi:10.1016/j.arth.2013.05.015

120) Larson CM, Moreau-Gaudry A, Kelly BT, et al. Are normal hips being labeled as pathologic? A CT-based method for defining normal acetabular coverage. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(4):1247-1254. doi:10.1007/s11999-014-4055-2

121) Філіпчук, В., Суворов, В., Мельник, М., & Зябловський, Є. (2022). Методика вивчення зони контакту головки стегнової кістки з кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (2(113), 68-73. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-113-2-68-73>

122) Edwards K, Leyland KM, Sanchez-Santos MT, et al. Differences between race and sex in measures of hip morphology: a population-based comparative study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2020;28(2):189-200. doi:10.1016/j.joca.2019.10.014

123) Hofmann UK, Ipach I, Rondak IC, Syha R, Götze M, Mittag F. INFLUENCE OF AGE ON PARAMETERS FOR FEMOROACETABULAR IMPINGEMENT AND HIP DYSPLASIA IN X-RAYS. *Acta Ortop Bras.* 2017;25(5):197-201. doi:10.1590/1413-785220172505173951

124) Peterson JB, Doan J, Bomar JD, Wenger DR, Pennock AT, Upasani VV. Sex Differences in Cartilage Topography and Orientation of the Developing Acetabulum: Implications for Hip Preservation Surgery [published correction

appears in Clin Orthop Relat Res. 2015 Aug;473(8):2721]. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473(8):2489-2494. doi:10.1007/s11999-014-4109-5

125) Novais EN, Pan Z, Autruong PT, Meyers ML, Chang FM. Normal Percentile Reference Curves and Correlation of Acetabular Index and Acetabular Depth Ratio in Children. *J Pediatr Orthop.* 2018;38(3):163-169. doi:10.1097/BPO.0000000000000791

126) Araujo-Monsalvo B, Trujillo-Satow A, Araujo-Monsalvo VM, Cuevas-Olivo R, Hernández-Simón LM, Domínguez-Hernández VM. Volumetric measurement of the acetabular cavity in patients with unilateral neglected developmental dysplasia of the dislocated hip operated in a single time. Medición volumétrica de la cavidad acetabular en pacientes con displasia del desarrollo de la cadera luxada inveterada unilateral operados en un solo tiempo. *Cir Cir.* 2019;87(5):490-495. doi:10.24875/CIRU.19000436

127) Zhao X, Yan YB, Cao PC, et al. Surgical results of developmental dysplasia of the hip in older children based on using three-dimensional computed tomography. *J Surg Res.* 2014;189(2):268-273. doi:10.1016/j.jss.2014.03.003

128) Merckaert SR, Pierzchala K, Bregou A, Zambelli PY. Residual hip dysplasia in children: osseous and cartilaginous acetabular angles to guide further treatment-a pilot study. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):379. Published 2019 Nov 21. doi:10.1186/s13018-019-1441-1

129) Dogan O, Caliskan E, Duran S, Bicimoglu A. Evaluation of cartilage coverage with magnetic resonance imaging in residual dysplasia and its impact on surgical timing. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2019;53(5):351-355. doi:10.1016/j.aott.2019.05.004

130) Irie T, Espinoza Orías AA, Irie TY, et al. Three-dimensional hip joint congruity evaluation of the borderline dysplasia: Zonal-acetabular radius of curvature. *J Orthop Res.* 2020;38(10):2197-2205. doi:10.1002/jor.24631

131) Umer M, Nawaz H, Kasi PM, Ahmed M, Ali SS. Outcome of triple procedure in older children with developmental dysplasia of hip (DDH). *J Pak Med Assoc.* 2007;57(12):591-595.

- 132) Loder, R. T., & Skopelja, E. N. (2011). The Epidemiology and Demographics of Hip Dysplasia. *ISRN Orthopedics*, 2011, 1–46. doi:10.5402/2011/238607
- 133) Stephanie Pun, Hip dysplasia in the young adult caused by residual childhood and adolescent-onset dysplasia, *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016 Dec; 9(4): 427–434.
- 134) Heimkes, B., Schmidutz, F., Rösner, J., Frimberger, V., & Weber, P. (2018). Modifizierte Salter-Innominate-Osteotomie für Erwachsene. *Operative Orthopädie Und Traumatologie*. doi:10.1007/s00064-018-0560-x
- 135) Sales de Gauzy, J. (2010). Pelvic reorientation osteotomies and acetabuloplasties in children. Surgical technique. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 96(7), 793–799. doi:10.1016/j.otsr.2010.07.004
- 136) Ezirmik, N., & Yildiz, K. (2012). A Biomechanical Comparison between Salter Innominate Osteotomy and Pemberton Pericapsular Osteotomy. *The Eurasian Journal of Medicine*, 44(1), 40–42. doi:10.5152/eajm.2012.08
- 137) Thompson, A., Bertocci, G., Kaczor, K., Smalley, C., & Pierce, M. C. (2015). Biomechanical Investigation of the Classic Metaphyseal Lesion Using an Immature Porcine Model. *American Journal of Roentgenology*, 204(5), W503–W509. doi:10.2214/ajr.14.13267
- 138) Armiger, R. S., Armand, M., Tallroth, K., Lepistö, J., & Mears, S. C. (2009). Three-dimensional mechanical evaluation of joint contact pressure in 12 periacetabular osteotomy patients with 10-year follow-up. *Acta Orthopaedica*, 80(2), 155–161. doi:10.3109/17453670902947390
- 139) Суворов, В., Філіпчук, В., & Мельник, М. (2022). Універсальна цифрова модель таза дитини. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (1(112)), 18-24. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-112-1-18-24>
- 140) Shen, M., Zhu, F., Mao, H., Fan, H., Mone, N., Sanghavi, V., ... Yang, K. H. (2015). Finite element modelling of 10-year-old child pelvis and

lower extremities with growth plates for pedestrian protection. *International Journal of Vehicle Safety*, 8(3), 263. doi:10.1504/ijvs.2015.070788

141) Anderson AE, Peters CL, Tuttle BD, Weiss JA. Subject-specific finite element model of the pelvis: development, validation and sensitivity studies. *J Biomech Eng*. 2005;127(3):364-373. doi:10.1115/1.1894148

142) Zaharie DT, Phillips ATM. Pelvic Construct Prediction of Trabecular and Cortical Bone Structural Architecture. *J Biomech Eng*. 2018;140(9):10.1115/1.4039894. doi:10.1115/1.4039894

143) Phillips AT, Pankaj P, Howie CR, Usmani AS, Simpson AH. Finite element modelling of the pelvis: inclusion of muscular and ligamentous boundary conditions. *Med Eng Phys*. 2007;29(7):739-748. doi:10.1016/j.medengphy.2006.08.010

144) Verbruggen, S. W., & Nowlan, N. C. (2017). Ontogeny of the Human Pelvis. *The Anatomical Record*, 300(4), 643–652. doi:10.1002/ar.23541

145) Crawford, R. P., Cann, C. E., & Keaveny, T. M. (2003). Finite element models predict in vitro vertebral body compressive strength better than quantitative computed tomography. *Bone*, 33(4), 744–750. doi:10.1016/s8756-3282(03)00210-2

146) Ma, Z., Lan, F., Chen, J., & Liu, W. (2015). Finite Element Study of Human Pelvic model in Side Impact for Chinese Adult Occupants. *Traffic Injury Prevention*, 16(4), 409–417. doi:10.1080/15389588.2014.950370

147) Sun, W., Starly, B., Nam, J., & Darling, A. (2005). Bio-CAD modeling and its applications in computer-aided tissue engineering. *Computer-Aided Design*, 37(11), 1097–1114. doi:10.1016/j.cad.2005.02.002

148) Zaidi Q, Danisa OA, Cheng W. Measurement Techniques and Utility of Hounsfield Unit Values for Assessment of Bone Quality Prior to Spinal Instrumentation: A Review of Current Literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019;44(4):E239-E244. doi:10.1097/BRS.0000000000002813

149) Hao, Z. (2011). The Effect of Boundary Condition on the Biomechanics of a Human Pelvic Joint Under an Axial Compressive Load: A

Three-Dimensional Finite Element Model. *Journal of Biomechanical Engineering*, 133(10), 101006. doi:10.1115/1.4005223

150) Carter DR, Hayes WC. The compressive behavior of bone as a two-phase porous structure. *J Bone Joint Surg Am*. 1977;59(7):954-962.

151) Gamble JG, Simmons SC, Freedman M. The symphysis pubis. Anatomic and pathologic considerations. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;(203):261-272.

152) Chaudhry SR, Imonugo O, Chaudhry K. Anatomy, Abdomen and Pelvis, Ligaments. [Updated 2020 Apr 29]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493215/>

153) Gervais, B., Vadean, A., Brochu, M., & Raison, M. (2018). Influence of the load modelling during gait on the stress distribution in a femoral implant. *Multibody System Dynamics*, 44(1), 93–105. doi:10.1007/s11044-018-9621-z

154) Radiographic structural abnormalities associated with premature, natural hip-joint failure. Clohisy JC, Dobson MA, Robison JF, Warth LC, Zheng J, Liu SS, Yehyawli TM, Callaghan JJ *J Bone Joint Surg Am*. 2011 May; 93 Suppl 2():3-9.

155) Ike H, Inaba Y, Kobayashi N, Yukizawa Y, Hirata Y, Tomioka M, Saito T. Effects of rotational acetabular osteotomy on the mechanical stress within the hip joint in patients with developmental dysplasia of the hip: a subject-specific finite element analysis. *Bone Joint J*. 2015 Apr;97-B(4):492-7. doi: 10.1302/0301-620X.97B4.33736. PMID: 25820887.

156) Yassir W, Mahar A, Aminian A, Newton P, Wenger D. A comparison of the fixation stability of multiple screw constructs for two types of pelvic osteotomies. *J Pediatr Orthop*. 2005 Jan-Feb;25(1):14-7. doi: 10.1097/00004694-200501000-00005. PMID: 15614052.

157) Bassols A, Costa C, Eckersall PD, Osada J, Sabrià J, Tibau J. The pig as an animal model for human pathologies: A proteomics perspective. *Proteomics*

Clin Appl. 2014 Oct;8(9-10):715-31. doi: 10.1002/prca.201300099. Epub 2014 Sep 15. PMID: 25092613.

158) Marchant-Forde, J. N., & Herskin, M. S. (2018). Pigs as laboratory animals. *Advances in Pig Welfare*, 445–475. doi:10.1016/b978-0-08-101012-9.00015-0

159) Reiland S. Growth and skeletal development of the pig. *Acta Radiol Suppl.* 1978;358:15-22. PMID: 233594.

160) Tohyama S, Kobayashi E. Age-Appropriateness of Porcine Models Used for Cell Transplantation. *Cell Transplant.* 2019;28(2):224-228. doi:10.1177/0963689718817477

161) Shaw JM, Hunter SA, Gayton JC, Boivin GP, Prayson MJ. Repeated freeze-thaw cycles do not alter the biomechanical properties of fibular allograft bone. *Clin Orthop Relat Res.* 2012 Mar;470(3):937-43. doi: 10.1007/s11999-011-2033-5. Epub 2011 Aug 24. PMID: 21863392; PMCID: PMC3270192.

162) Changoor, A., Fereydoonzad, L., Yaroshinsky, A., & Buschmann, M. D. (2010). Effects of Refrigeration and Freezing on the Electromechanical and Biomechanical Properties of Articular Cartilage. *Journal of Biomechanical Engineering*, 132(6), 064502. doi:10.1115/1.4000991

163) Szarko M, Muldrew K, Bertram JE. Freeze-thaw treatment effects on the dynamic mechanical properties of articular cartilage. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010 Oct 8;11:231. doi: 10.1186/1471-2474-11-231. PMID: 20932309; PMCID: PMC2958988.

164) Shannon, C. E., & Kelley, S. P. (2018). The Salter Innominate Osteotomy. *Pediatric Pelvic and Proximal Femoral Osteotomies*, 29–35. doi:10.1007/978-3-319-78033-7_3

165) Kuo, K. N., & Wang, T.-M. (2018). Pemberton Osteotomy (Anterolateral Acetabuloplasty). *Pediatric Pelvic and Proximal Femoral Osteotomies*, 111–119. doi:10.1007/978-3-319-78033-7_12

166) Li, L., Yang, X., Song, B. et al. Biomechanical investigation of pelvic stability in developmental dysplasia of the hip: unilateral salter osteotomy versus

one-stage bilateral salter osteotomy. *J Orthop Surg Res* 15, 169 (2020).

<https://doi.org/10.1186/s13018-020-01683-w>

167) Plaster, R. L.; Schoenecker, P. L.; and Capelli, A. M.: Premature closure of the triradiate cartilage: a potential complication of pericapsular acetabuloplasty. *J. Pediatr. Orthop.*, 11: 676-678, 1991.

168) Leet AI, Mackenzie WG, Szoke G, Harcke HT. Injury to the growth plate after Pemberton osteotomy. *J Bone Joint Surg Am.* 1999 Feb;81(2):169-76. doi: 10.2106/00004623-199902000-00004. PMID: 10073580.

169) Ahmed E, Mohamed AH, Wael H. Surgical treatment of the late - presenting developmental dislocation of the hip after walking age. *Acta Ortop Bras.* 2013;21(5):276-280. doi:10.1590/S1413-78522013000500007

170) da Rocha VL, Marques GL, da Silva LJ, di Macedo Bernardes TA, de Moraes FB. Clinical and radiographic medium-term evaluation on patients with developmental dysplasia of the hip, who were submitted to open reduction, capsuloplasty and Salter osteotomy. *Rev Bras Ortop.* 2014;49(1):51-55. Published 2014 Feb 12. doi:10.1016/j.rboe.2014.01.006

171) Liu TJ, Shi YY, Pan SN, et al. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2010;48(15):1149-1153.

172) Xie X, Tang X, Jiang X, Peng M, Liu L. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2013;27(4):428-431.

173) Hedelin H, Larnert P, Hebelka H, Brisby H, Lagerstrand K, Laine T. Innominate Salter osteotomy using resorbable screws: a retrospective case series and presentation of a new concept for fixation. *J Child Orthop.* 2019;13(3):310-317. doi:10.1302/1863-2548.13.180195

174) da Rocha VL, Thomé AL, da Silva Castro DL, de Oliveira LZ, de Moraes FB. CLINICAL AND RADIOLOGICAL EVALUATION ON DEVELOPMENTAL HIP DYSPLASIA AFTER SALTER AND OMBRÉDANNE PROCEDURE. *Rev Bras Ortop.* 2015;46(6):650-655. Published 2015 Nov 16. doi:10.1016/S2255-4971(15)30320-7

175) Pemberton PA. Pericapsular osteotomy of the ilium for treatment of congenital subluxation and dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1965 Jan; 47(): 65-86.

176) Nepple JJ, Wells J, Ross JR, Bedi A, Schoenecker PL, Clohisy JC. Three Patterns of Acetabular Deficiency Are Common in Young Adult Patients With Acetabular Dysplasia. *Clin Orthop Relat Res.* 2017; 475(4): 1037-1044.

177) Roposch A, Wedge JH, Riedl G. Reliability of Bucholz and Ogden classification for osteonecrosis secondary to developmental dysplasia of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2012; 470(12): 3499-505.

178) Xie X, Tang X, Jiang X, Peng M, Liu L. Application of absorbable pins for reconstructing pelvic stability in Salter innominate. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2013; 27(4): 428-31F

ДОДАТОК А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

- 1) Філіпчук ВВ, Суворов ВЛ. Ацетабулярна дисплазія: сучасний погляд на проблему (Огляд літератури). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, 2020; (1(104), 92-100. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2020-104-1-92-100> (Дисертантом проведено пошук та аналіз літературних джерел. Здобувач виконав аналіз та опрацював літературні джерела, спільно з науковим керівником сформував висновки, написав чернетку публікації, підготував та подав публікацію до друку.)
- 2) Filipchuk V, Suvorov V. Pelvic osteotomies for DDH treatment in pediatric patients: assessment of risk factors. *Int J Med Rev Case Rep*. 2021; 5 (7): 66-77. doi: 10.5455 / IJMRCR.Pelvic-osteotomies-ddh-treatment (Здобувач створив дизайн цього систематичного огляду, здійснив пошук статей у бібліографічній базі даних Pubmed, створив критерії включення та виключення, відібрав придатні до мета-аналізу статті, провів аналіз вибраних статей, проаналізував ступінь доказовості та методологічну якість вибраних статей, виконав статистичну обробку результатів, написав та подав до друку статтю.)
- 3) Suvorov V, Filipchuk V, Mazevich V, Suvorov L. Simulation of pelvic osteotomies applied for DDH treatment in pediatric patients using piglet models. *Adv Clin Exp Med*. 2021; 30 (10): 1085-1090. doi: 10.17219 / acem / 140548 (Дисертант виконав огляд літератури, відібрав тварин для проведення експерименту, ізолював тазові комплекси тварин, забезпечив процес заморожування, транспортування та розморожування тазових комплексів піддослідних тварин. Здобувач асистував під час проведення симуляції остеотомій таза, оцінював післяопераційні кісткові зміни за даними КТ, оцінював спільно з науковим керівником розташування шарнірних точок відповідно до віку тварин та проведеної остеотомії таза.)

- 4) **Суворов ВЛ**, Філіпчук ВВ, Мельник МВ. Універсальна цифрова модель таза дитини. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, 2022; (1(112)), 18-24. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-112-1-18-24> (Здобувач створив дизайн дослідження, провів пошук відповідних КТ досліджень, виконав сегментація кісток таза дитини. Дисертант створив сітчасті моделі таза та визначив механічні властивості матеріалів цих моделей, виконав моделювання остеотомій таза, написав чернетку статті та подав кінцевий варіант публікації до друку.)

- 5) **Suvorov V**, Filipchuk V. Salter pelvic osteotomy for the treatment of Developmental Dysplasia of the Hip: assessment of postoperative results and risk factors. *Orthop Rev (Pavia)*. 2022 May 31;14(4):35335. doi: 10.52965/001c.35335. PMID: 35769652; PMCID: PMC9235433. (Здобувач створив дизайн дослідження, виконав огляд літератури, провів ретроспективний збір і обробку даних, виконав статистичний аналіз результатів та сумісно з науковим керівником провів інтерпретацію отриманих даних. Дисертант брав участь у проведенні оперативних втручань та післяопераційному введенні пацієнтів, написав чернетку цієї статті, подав кінцевий варіант публікації до друку.)

- 6) Філіпчук ВВ, **Суворов ВЛ**, Мельник МВ, Зябловський ЄВ. Методика вивчення зони контакту головки стегнової кістки з кульшовою западиною у дітей з урахуванням наявності Y-подібного хряща. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, 2022; (2(113)), 68-73. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2022-113-2-68-73> (Здобувач створив дизайн дослідження, провів пошук літератури, розробив критерії відбору КТ-досліджень таза, відібрав відповідні КТ-скани для подальшого аналізу, конвертував КТ-дослідження таза в цифрову модель, забезпечив створення програмного забезпечення для оцінки перекриття головки стегнової кістки кульшовою западиною, написав чернетку цієї статті та подав кінцевий варіант публікації до друку.)

7) **Suvorov V**, Filipchuk V, Zyablovskyi E, "Femoral Head Coverage Assessment in Healthy Children Younger than 6 Years", *Advances in Orthopedics*, vol. 2022, Article

ID 6058746, 7 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6058746> (Здобувач створив дизайн дослідження, провів аналіз літературних джерел, виконав перевірку відібраних КТ-досліджень на відповідність вимогам, створив цифрову модель таза відповідно до КТ-сканів. Дисертант описав методик оцінки перекриття головки стегнової кістки різними ділянками кульшової западини, зібрав вхідні дані щодо охоплення головки стегнової кістки кульшовою западиною відповідно до відібраних КТ-досліджень, сумісно з науковим керівником провів обробку та статистичний аналіз результатів, написав статтю та подав кінцевий варіант публікації до друку.)

8) **Suvorov V**, Filipchuk V. MODIFIED SALTER PELVIC OSTEOTOMY FOR THE DDH TREATMENT. *Acta Ortop Bras.* 2023 Apr 17;31(spe1):e259040. doi: 10.1590/1413-785220233101e259040. PMID: 37082156; PMCID: PMC10112343. (Здобувач виконав огляд літератури, провів збір і обробку даних, виконав статистичний аналіз результатів оперативного втручання, сумісно з науковим керівником провів інтерпретацію отриманих даних. Дисертант асистував під час проведення оперативних втручань, приймав участь у післяопераційному введенні пацієнтів, написав статтю та подав публікацію до друку.)

9) **Suvorov V**, Filipchuk V, Zyablovskyi E. Assessment of Femoral Head Coverage in Healthy Children Younger than 6 Years Old. *Research Developments in Medicine and Medical Science* Vol. 2, 2023; 75–90. <https://doi.org/10.9734/bpi/rdmms/v2/4691B> (Здобувачем написано та подано до друку відповідну главу книги «Research Developments in Medicine and Medical Science»)

10) **Суворов ВЛ**, Педіатрія : у 3-х т. Том 3 : підручник для студ. вищих мед. навч. закладів IV рівня акред. / [Артеменко Є. Я., Бабаджанян О. М.,

Белоусова О. Ю. та ін. ; за ред. Катілова О. В., Варзаря А. В., Валіуліса А., Дмитрієва Д. В.]. — Вінниця : Нова Книга, 2023. — 544 с. : іл; РОЗДІЛ 2. ОРТОПЕДІЯ, Дисплазія кульшових суглобів, 190-208 сс. *(Здобувачем написано та подано до друку відповідну главу національного підручника з педіатрії «Педіатрія : у 3-х томах»)*