

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ПАТОЛОГІЇ ХРЕБТА  
ТА СУГЛОБІВ ІМЕНІ ПРОФЕСОРА М.І. СИТЕНКА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**РАХМАН ПАВЕЛ МІЗАНУР**

УДК 617.586-02:616.831-009.11-053.2]-07-089.8(045)

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ ПЛОСКОВАЛЬГУСНОЇ**  
**ДЕФОРМАЦІЇ СТОП У ХВОРИХ НА ДИТЯЧИЙ ЦЕРЕБРАЛЬНИЙ**  
**ПАРАЛІЧ ДІТЕЙ**  
**(біомеханічне моделювання та клінічні результати)**

14.01.21 – травматологія та ортопедія  
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

\_\_\_\_\_ П.М. Рахман

Науковий керівник:

Корольков Олександр Іванович  
доктор медичних наук

Харків – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Рахман П.М.* Хірургічне лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на дитячий церебральний параліч дітей (біомеханічне моделювання та клінічні результати). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 14.01.21 «Травматологія та ортопедія» (222 – медицина). – Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України».

Мобільна плосковальгусна деформація стопи (МПВДС) займає друге місце серед усіх деформацій стопи у хворих на ДЦП дітей, її виявляють у 64 % хворих із диплегічною чи тетраплегічною формами ДЦП. Питання діагностики та лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей залишаються невирішеними, через те, що вікова динаміка особливостей розвитку та біомеханічні порушення в процесі формування деформацій стоп є недостатньо вивченими. Серед багатьох запропонованих теорій розвитку деформації стоп у дітей із ДЦП, ключове місце посідає нервово-м'язова теорія, згідно з якою м'язовий дисбаланс є головним пусковим фактором розвитку деформації стопи, що в подальшому супроводжується прогресуючими вторинними проявами з боку кісткових структур і суглобів стопи. Важливим елементом патогенезу МПВДС у хворих на ДЦП дітей є нестабільність піднадп'яtkового суглоба, яка розвивається поступово, і є однією з патогенетичних складових подальшого прогресування деформації. Роль піднадп'яtkового суглоба в забезпеченні функціонування стопи описується теорією ротаційної рівноваги К. Kirby, відповідно до якої в піднадп'яtkовому суглобі відбуваються складні рухи (пронація та супінація), а баланс пронаційних і супінаційних моментів визначає положення заднього відділу стопи (нейтральне, у пронації або супінації).

Показано, що одним із перспективних напрямів для отримання нових знань щодо особливостей навантаження елементів стопи у нормі та у

випадках її деформацій, є застосування методу кінцевих елементів (МКЕ) для вивчення напружено-деформованого стану (НДС). Тривимірне моделювання системи «гомілка – стопа» в умовах навантаження такої моделі у доступній літературі практично не висвітлено. Проте для оптимізації вибору хірургічного втручання у випадках плосковальгусної деформації скінчено-елементне моделювання та математичні розрахунки набувають великого наукового та практичного значення.

Для корекції МПВДС використовують різноманітні хірургічні втручання: на м'яких тканинах для відновлення сухожилково-м'язового балансу стопи (ефективність і довгострокові результати цих втручань є незадовільними), на кістках і суглобах стопи — коригувальні остеотомії п'яткової кістки та кісток середнього відділу стопи, коригувальні або стабілізувальні артродези (втручання мають вікові обмеження, є травматичними, потребують тривалого реабілітаційного лікування та характеризуються високим відсотком рецидивів (до 35 %) у разі виконання у віці молодше 10-12 років). Маємо зауважити, що в теперішній час розроблені та активно впроваджуються в клінічну практику різні варіанти малоінвазивних хірургічних втручань, які спрямовані на обмеження патологічно збільшених пронаційних рухів у піднадп'ятковому суглобі – артрорез або «calcaneo-stop procedure», що можуть виконуватися у поєднанні з «класичними» операціями або ж виконуватися ізольовано. Для виконання даних операцій запропонована велика кількість варіантів імплантатів, проте дотепер місце зазначених втручань залишається невизначеним у дітей, хворих на ДЦП, відсутні чіткі показання щодо вікових чи клініко-рентгенологічних критеріїв їх призначення. Не проведено біомеханічне порівняння та обґрунтування численних методик артролізу піднадп'яткового суглоба (АЕПНС) та варіантів імплантатів для лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

Метою роботи стало: розробка алгоритмів лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей шляхом

обґрунтування варіантів її хірургічної корекції на підставі біомеханічного моделювання та клініко-рентгенологічних досліджень структурно-функціональних змін в уражених стопах.

Проведено ретроспективний аналіз даних історій хвороб 34 хворих на ДЦП дітей із МПВДС (56 стоп), яких розділили на дві групи (за віком та видом хірургічного втручання). Вивчено демографічні та клініко-рентгенологічні показники до та після лікування МПВДС. На підставі проведеного дослідження структурно-функціональних особливостей розвитку стоп у разі їх мобільної плосковальгусної деформації у двох вікових групах хворих на ДЦП дітей визначено наступне:

- найбільш характерні скарги, які констатовано у хворих на ДЦП дітей із МПВДС це - порушення ходьби та деформації стоп (зустрічалися у 100% випадків обох груп), больовий синдром - у 51,8%, стомлюваність – у 83,9%; порушення опорності стоп - 89,6% (у 100% пацієнтів групи 2 та у 70 % пацієнтів групи 1), труднощі із вибором взуття відзначали 57,1%, а натоптиші на стопі – у 26,7%.

- у 96,4 % випадків хворих на ДЦП дітей МПВДС супроводжується ригідною еквінусною деформацією стопи;

- у пацієнтів обох груп відзначено збільшення латерального надп'яtkово-1-метатарзального кута (кута Meary) та зменшення кута п'яtkового нахилу, що свідчать про зниження медіального поздовжнього склепіння стопи, а збільшення кута надп'яtkово-човноподібного перекриття стопи (у Групі 2 до  $19^{\circ} \pm 8^{\circ}$ ) – свідчить про наявність патологічної абдукції переднього відділу стопи. Патологічні зміни у стопах дітей групи 2 були більш вираженими у порівнянні з групою 1;

- найбільш частою вторинною деформацією (за класифікацією Miller F.) була ригідна супінаційна деформація переднього відділу стопи, яка зустрічалася у 62,9% дітей другої вікової групи, а мобільна супінація переднього відділу стопи відзначена у 37,1% цієї ж вікової групи. Третинні деформації, як правило, відзначались лише у пацієнтів Групи 2: hallux valgus

– у 25,9%, торсійні деформації кісток гомілки – у 14,8%;

- визначено значний відсоток (66,7 %) рецидивів МПВДС у дітей віком 7-10 років, яким застосовано хірургічні методики, направлені на корекцію м'якотканинного дисбалансу гомілки та стопи;

- виявлено підгрупу дітей, в яких виконання артроерезу піднадп'яtkового суглоба дозволило ефективно утримати корекцію стопи, проте у 80 % із них зареєстровано хронічний больовий синдром, причиною якого, на наш погляд, є конічна форма стандартного імплантата, що не відповідає анатомічній будові sinus tarsi.

Виконано клініко-експериментальне дослідження з метою визначення проєкції осі піднадп'яtkового суглоба на плантарну поверхню стопи у трьох групах дітей віком ( $6 \pm 1$ ) рік: здорові, здорові з МПВДС, хворі на ДЦП із МПВДС. Встановлено наявність значущого медіального відхилення осі піднадп'яtkового суглоба в аксіальній площині у дітей, хворих на ДЦП (середній кут відхилення  $34^\circ \pm 8^\circ$ ), порівняно з аналогічними поканиками для пацієнтів із МПВДС (середній кут відхилення  $28^\circ \pm 5^\circ$ ) та здорових дітей (середній кут відхилення  $19^\circ \pm 9^\circ$ ). Отримані результати дозволили дійти висновку про наявність структурно-функціональних порушень стоп у хворих на ДЦП дітей із МПВДС вже у ранньому віці та обґрунтувати в них проведення раннього консервативного лікування для компенсації біомеханічних порушень і профілактики вторинних деформацій стопи.

Проведено біомеханічні дослідження на створених математичних моделях стопи у нормі та за МПВДС із використанням методу скінченних елементів і визначено особливості розподілу навантажень у стопі залежно від різних варіантів хірургічного втручання, які використовують для корекції МПДВС. Показано, що плосковальгусна деформація стопи призводить до підвищення рівня напружень в усіх кісткових елементах стопи, особливо на опорній поверхні п'яtkової кістки та на поверхнях піднадп'яtkового суглоба, а в результаті виконання усіх варіантів хірургічних втручань визначено суттєву нормалізацію напружень в кісткових елементах стоп. Доведено

переваги розподілу напружень у п'ятковій і піднадп'ятковій кістках у разі артроерезу піднадп'яткового суглоба з використанням запропонованого порожнистого двоступеневого конусного імплантата порівняно зі стандартним.

Запропонована триступенева робоча клініко-рентгенологічна класифікація тяжкості плосковальгусної деформації стоп у дітей із ДЦП (легка, середньої тяжкості та важка), яка враховує характер мобільності у піднадп'ятковому суглобі, дані рентгенологічних досліджень, наявність вторинних і третинних деформацій стопи за F. Miller.

Розроблені алгоритми вибору методу хірургічного лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, що засновані на урахуванні запропонованої робочої класифікації ступенів тяжкості деформації стопи, результатів біомеханічного моделювання, клініко-рентгенологічної, функціональної оцінки стану стопи, і передбачають вибір між м'якотканинними втручаннями і малоінвазивним піднадп'ятковим артроерезом, або коригувальною остеотомією кісток заднього та середнього відділів стопи чи артродезом суглобів заднього відділу стопи у поєднанні з втручаннями на м'яких тканинах (за показаннями). Представлені результати клінічної верифікації запропонованих алгоритмів відповідно до тяжкості плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей. Зокрема, проведено апробацію малоінвазивної методики артроерезу піднадп'яткового суглоба для лікування МПВДС у 5 хворих (10 стоп) на ДЦП дітей, із використанням розробленого порожнистого двоступеневого конусного імплантату. Доведено ефективність та безпечність використання методики артроерезу піднадп'яткового суглобу, що дозволила отримати нормалізацію рентгенометричних параметрів у 89,4 % дітей та покращити функціональну мобільність у найближчі терміни після хірургічного втручання.

**Ключові слова:** дитячий церебральний параліч (ДЦП), мобільна плосковальгусна стопа, біомеханічне моделювання, хірургічне лікування мобільної плосковальгусної стопи.



## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. **Корольков, А. И., Рахман, П. М., & Кикош, Г. В.** (2016). Подтаранный артрорез в лечении плоско-вальгусной деформации стоп: аргументы за и против (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (1), 115–123. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720161115-123>.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі літератури, оформленні статті.

2. **Корольков, О. І., Рахман, П. М., Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Ярьсько, О. В.** (2017). Дослідження напружено-деформованого стану моделі стопи в разі плоско-вальгусної деформації (повідомлення 1). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (4), 80–84. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017480-84>.

Здобувачеві належить ідея виконання дослідження, ним виконано інформаційний пошук, взято участь в аналізі результатів, оформлено статтю

3. **Корольков, О. І., & Рахман, П. М.** (2017). Результати застосування технології одномоментних багаторівневих втручань у дітей з ДЦП. *Соціальна педіатрія та реабілітологія*, 18(5), 101–106.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, проаналізовано результати лікування.

4. **Korolkov, O. I., & Rakhman, P. M.** (2018). Subtalar arthroereisis in the treatment of flat-foot deformity: the pros and the cons. *Moldavian Journal of pediatric surgery*, 2, 47–55.

Особистий внесок автора полягає у аналізі клінічного матеріалу, виконанні літературного пошуку, оформленні статті.

5. **Корольков, О. І., Рахман, П. М., Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Ярьсько, О. В.** (2018). Порівняльна характеристика напружено-деформованого стану моделі стопи до та після лікування плоско-вальгусної деформації з використанням імплантатів для піднадп'яткового артролізу

(повідомлення друге). *Ортопедия, травматология, протезирование*, (1), 65–72. <https://doi.org/10.15674/0030-59872018165-71>.

Особистий внесок здобувача полягає у участі у створенні моделей плосковальгусної деформації стопи та моделюванні різних видів її лікування із застосуванням імплантатів для артроерезу піднадп'яtkового суглоба

6. Корольков, О. І., **Рахман, П. М.**, Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2018). Напружено-деформований стан моделі плосковальгусної деформації стопи за умов використання імплантатів для піднадп'яtkового артроерезу. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (3), 74–79. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872018374-79>

Особистий внесок автора полягає в участі у створенні моделей плосковальгусної деформації стопи та моделюванні різних видів її лікування із застосуванням імплантатів для артроерезу піднадп'яtkового суглоба

7. Корольков, А. И., & **Рахман, П. М.** (2018). Оценка эффективности применения технологии одномоментных многоуровневых хирургических вмешательств у детей с ДЦП. *Травма*, 19(6). 66–75. <http://dx.doi.org/10.22141/1608-1706.6.19.2018.152222>

Особистий внесок автора полягає у аналізі клінічних і рентгенологічних даних дітей, хворих на ДЦП до та після одномоментних багаторівневих хірургічних втручань та участі у лікуванні дітей, хворих на ДЦП

8. Корольков, О. І., & **Рахман, П. М.** (2020). Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на дитячий церебральний параліч дітей. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (2), 80–88. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020280-88>

Автором взято участь у хірургічному лікуванні плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей, проаналізовано результати

9. Корольков, А. И., **Рахман, П. М.**, & Кикош, Г. В. (2017). *Имплантат для стабилизации поднадп'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп*. Патент України на корисну модель № 113131.

Автором проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у хірургічному лікуванні хворих в яких проводилася клінічна апробація імплантату

10. Rakhman P.M., Korolkov O.I. Results of foot planovalgus deformity surgical treatment in children with cerebral paralyss // Світ медицини та біології. 2020. № 4 (74), с. 130-135 / DOI 10.26724/2079-8334-2020-4-74-130-135

Здобувач взяв участь у хірургічному лікуванні плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей, особисто проаналізував отримані результати лікування

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

11. Корольков, А. И., Кикош, Г. В, & Рахман, П. М. (2015). Хирургическое лечение эквино-плоско-вальгусной деформации стоп у детей с ДЦП. *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми хірургії стопи»* (15-16 жовтня, pp. 45-46). Київ.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, статистичній обробці отриманих результатів

12. Kykosh, G., Korolkov, O. I., & **Rakhman, P.** (2015). Surgical treatment of flatfoot in children with cerebral palcy (CP). *Abstracts XXV Symposium Sekcii Ortopedii Dzieciecei Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego* (21-23 maja, pp. 29). Zakopane.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, аналізі результатів

13. **Рахман, П. М.**, Кикош, Г. В., & Корольков, О. І. (2016). Комплексне лікування деформацій стоп у дітей з ДЦП. *Збірник наукових праць 17 з'їзду ортопедів-травматологів України* (5-7 жовтня, pp. 109–110). Київ.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, статистичній обробці отриманих результатів

14. Корольков, О. І., Карпінський, М. Ю., **Рахман, П. М.**, Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2017). Піднадп'ятковий артроерез у лікуванні

плосковальгусної деформації стоп (кінцево-елементне моделювання) // *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю* (pp. 38–39). Приморськ.

Здобувачеві належить ідея даного дослідження та проведенні статистичного аналізу отриманих результатів

15. **Rakhman, P., & Korolkov, O.** (2019). Investigation of the stress-strain state of the foot model before and after surgical treatment by different methods. *Abstracts of 38th EPOS Annual Meeting European Paediatric Orthopaedic Society* (3-6 April, pp. 38). Tel-Aviv, Israel.

Автором взято участь у виконанні дослідження, аналізі результатів

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

16. Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & **Рахман, П. М.** (2015). *Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп*. Патент на корисну модель № 100208.

Здобувачеві належить ідея впровадження даного «Способу...» та проведенні статистичного аналізу отриманих результатів

17. Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & **Рахман, П. М.** (2016). Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп. Нововведення. *Інформаційний бюлетень Додаток до «Журналу НАМН України»*, 41, 168–169.

Здобувачеві належить ідея даного дослідження та проведенні статистичного аналізу отриманих результатів

## ABSTRACT

*Rakhman P.M.* Surgical treatment of mobile planovalgus deformity of feet in children with cerebral palsy (biomechanical modeling and clinical results). – Qualifying scientific work as a manuscript.

Ph.D. thesis in Medical Science (doctor of philosophy) on specialty 14.01.21 “Traumatology and orthopedics” (222 – medicine). – State Institution “Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology, National Academy of Medical Sciences of Ukraine“.

Mobile planovalgus deformity of foot (MPVDF) ranks second among all foot deformities in children with cerebral palsy, it is found in 64% of patients with diplegic or tetraplegic forms of cerebral palsy. The issues of diagnosing and treating MPVDF in children with cerebral palsy remain unsolved, due to the fact that the age dynamics of developmental features and biomechanical disorders in the process of foot deformities development are insufficiently studied. Among the numerous proposed theories of the foot deformity development in children with cerebral palsy, the key place is occupied by the neuromuscular theory, according to which muscle imbalance is the main trigger for the development of foot deformity, which is further accompanied by progressive secondary manifestations of feet bone structures and joints.

An important element in the MPVDF pathogenesis in children with cerebral palsy is the instability of the subtalar joint, which develops gradually and is one of the pathogenetic components in the further the deformity progression. The role of the subtalar joint in ensuring the foot’s functioning is described by the K. Kirby’s rotational equilibrium theory, according to which complex movements take place in the subtalar joint (pronation and supination), and the balance of pronation and supination moments determines the position of the hind foot (neutral, in pronation or in supination).

It is shown that one of the promising ways for obtaining new knowledge to determine the force changes in the foot’s components in the norm and in cases of its deformity, is the use of the finite elements method (FEM) to study the stress-

strained state (SSS). Three-dimensional modeling of the “shin – foot” system under load conditions of such a model is practically not covered in the available literature. However, to optimize the choice of surgery in cases of planovalgus deformity, finite elements modeling and mathematical calculations acquire great scientific and practical importance.

Various surgical interventions are used to correct MPVDF: on soft tissues to restore tendomuscular balance of the foot (the efficacy and long-term results of these interventions are unsatisfactory), on the bones and joints of the foot – corrective osteotomies of the calcaneus and middle foot bones, corrective or stabilizing arthrodesis (interventions have age restrictions, are traumatic, require long-term rehabilitation treatment and are characterized by a high recurrence rate (up to 35 %) in the case of performance at the age under 10-12 years). It should be noted that currently various options for minimally invasive surgery are developed and actively implemented in clinical practice, which are aimed at limiting pathologically increased pronation movements in the subtalar joint – arthroereisis or “calcaneo-stop procedure”, which can be performed in combination with “classical” operations or performed in isolation. A large number of implant variants have been proposed to perform these operations, but so far the location of these interventions remains uncertain in children with cerebral palsy, there are no clear indications for age or clinical and radiological criteria for their assignment. Biomechanical comparison and substantiation of numerous subtalar joint arthroereisis (STJAE) methods and variants of implants for treating MPVDF in children with cerebral palsy have not been performed.

The purpose of the work was to improve the results of treating mobile planovalgus deformity of feet in children with cerebral palsy by substantiating the options of its surgical correction based on biomechanical modeling, clinical and radiological studies of structural and functional changes in affected feet.

A retrospective analysis of these case histories was performed in 34 patients with cerebral palsy (56 feet) who were divided into two groups (by age and type of surgery). Demographic and clinical-radiological indices before and after MPVDF

treatment were studied. Based on the study of structural and functional features of the feet development in the case of their mobile planovalgus deformity in two age groups of children with cerebral palsy, the following was determined:

- - The most typical complaints observed in children with cerebral palsy with MPVDF are: walking disorders and foot deformities (found in 100 % of cases in both groups), pain syndrome – in 51.8 %, fatigue - in 83.9 %; impaired foot support - 89.6 % (100% of patients in group 2 and 70 % of patients in group 1), difficulties with the choice of shoes were noted by 57.1 %, and footpads – in 26.7 %.

- - in 96.4 % of cases in children with cerebral palsy MPVDF is accompanied by rigid equinus deformity of the foot;

- - in patients of both groups there was an increase in the lateral hucklebone-1-metatarsal angle (Meary angle) and a decrease in the heel angle, indicating a decrease in the medial longitudinal arch of the foot, and an increase in the angle of the calcaneonavicular planar arch (in Group 2 – up to  $19^{\circ} \pm 8^{\circ}$ ) – indicates the presence of pathological abduction of the anterior foot. Pathological changes in the feet of children in group 2 were more pronounced compared to group 1;

- - the most common secondary deformity (according to the Miller F. classification) was rigid supination deformity of the anterior foot, which occurred in 62.9 % of children in age group 2, and mobile supination of the anterior foot was observed in 37.1 % of the same age group. Tertiary deformities, as a rule, were only observed in patients of group 2: hallux valgus – in 25.9 %, torsional deformities of tibial bones – in 14.8 %;

- - a significant percentage (66.7 %) of MPVDF recurrences was revealed in children aged 7-10 years, who underwent surgical techniques aimed at correcting the soft tissue imbalance of tibia and foot;

- - a subgroup of children was identified in whom arthroereisis of the subtalar joint permitted to effectively maintain the correction of the foot, but 80 % of them reported chronic pain, the cause of which, in our opinion, is a conical

shape of the standard implant that does not coincide with the anatomical structure of sinus tarsi.

A clinical and experimental study was performed to determine the projection of the subtalar joint axis on the plantar surface of the foot in three groups of children aged (6±1) years: healthy, healthy with MPVDF, diseased with cerebral palsy and MPVDF. Significant medial deviation of the subtalar joint's axis in the axial plane in children with cerebral palsy (mean angle of deviation being  $34^{\circ} \pm 8^{\circ}$ ), compared to similar indices for patients with MPVDF (mean angle of deviation being  $28^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ) and healthy children (mean angle of deviation being  $19^{\circ} \pm 9^{\circ}$ ). The obtained results permitted to conclude about the presence of structural and functional feet disorders in children with cerebral palsy at an early age and to justify early conservative treatment to compensate biomechanical disorders and to prevent secondary deformities of the foot.

Biomechanical studies using the designed mathematical models of foot in norm and in MPVDF are carried out by means of a finite element method and features of loadings distribution in foot were defined depending on various variants of surgical intervention used for correction of MPDVF. Planovalgus deformity of the foot has been shown to increase stress levels in all bone elements of the foot, especially on the supporting surface of the heel bone and on the surfaces of the subtalar joint, and as a result of performing all surgical intervention variants, significant normalization of stresses in the bone elements of the feet was determined. The advantages of stress distribution in the calcaneal and subtalar bones in the case of subtalar joint arthroereisis using the proposed hollow two-stage conical implant compared to the standard one have been proved.

A three-stage working clinical and radiological classification of the planovalgus deformation severity in children with cerebral palsy (mild, moderate and severe) is proposed, which takes into account the nature of mobility in the subtalar joint, radiological data, the presence of secondary and tertiary deformities of the foot according to F. Miller.

Algorithms for choosing the method of MPVDF surgical treatment in children with cerebral palsy, based on the proposed working classification of the foot deformation severity, the results of biomechanical modeling, clinical and radiological, functional assessment of the foot, and provide a choice between soft tissue intervention and mild invasive subtalar arthroereisis, or corrective osteotomy of the bones in the posterior and the middle foot or arthrodesis of the joints in the posterior foot in combination with soft tissue interventions (according to the indications).

The results of clinical verification of the proposed algorithms according to the severity of planovalgus deformity of feet in children with cerebral palsy are presented. In particular, a minimally invasive technique of the subtalar joint arthroereisis was tested for the treatment of MPVDF in 5 patients (10 feet) with cerebral palsy, using the developed hollow two-stage conical implant.

The efficacy and safety of the technique for the subtalar joint arthroereisis has been proven, which permitted to obtain normalization of X-ray parameters in 89.4 % of children and to improve functional mobility in the nearest future after the surgery.

**Ключові слова:** дитячий церебральний параліч (ДЦП), мобільна плосковальгусна стопа, біомеханічне моделювання, хірургічне лікування мобільної плосковальгусної стопи.

**Key words:** cerebral palsy (CP), mobile planovalgus deformity of foot, biomechanical modeling, surgical treatment of mobile planovalgus deformity of foot.

## APPLICANT'S LIST OF PUBLICATIONS

*Scientific works in which the main scientific results of the dissertation are published:*

1. Korolkov, A. I., **Rakhman, P. M.**, & Kikosh, G. V. (2016). Podtaranniy artroz v lechenii plosko-valgusnoy deformatsii stop: argumenty za i protiv (obzor literatury). [Subtalar arthroereisis in the treatment of planovalgus deformity of the feet: pros and cons (literature review)]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*, (1), 115–123. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720161115-123>.

The personal contribution of the applicant was to analyze the literature, the design of the article.

2. Korolkov, O. I., **Rakhman, P. M.**, Karpinskyy, M. Yu., Shyshka, I. V., & Yaresko, O. V. (2017). Doslidzhennya napruzhenno-deformovanoho stanu modeli stopy v razi plosko-valgusnoyi deformatsiyi (povidomlennya 1) [Study of the stress-strain state of the foot model in planovalgus deformity (message 1)]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*, (4), 80–84. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017480-84>.

The idea to perform the study belongs to the applicant, he performed an information search, participated in the analysis of the results, issued an article.

3. Korolkov, O. I., & **Rakhman, P. M.** (2017). Rezultaty zastosuvannya tekhnolohiyi odnomomentnykh bahatorivnevykh vtruchan u ditey z DTSP [The results of applying the one-stage multilevel interventions technology in children with cerebral palsy]. *Sotsialna pediatriya ta rehabilitolohiya*, 18(5), 101–106.

The author took part in the surgical treatment of patients, analyzed the results of treatment.

4. Korolkov, O. I., & **Rakhman, P. M.** (2018). Subtalar arthroereisis in the treatment of flat-foot deformity: the pros and the cons. *Moldavian Journal of pediatric surgery*, 1, 47–55.

The author's personal contribution consists in the analysis of clinical material, performance of literary search, registration of article.

5. Korolkov, O. I., **Rakhman, P. M.**, Karpinskyy, M. Yu., Shyshka, I. V., & Yaresko, O. V. (2018). Porivnyalna kharakterystyka napruzhenno-deformovanoho stanu modeli stopy do ta pislya likuvannya plosko-valhusnoyi deformatsiyi z vykorystanniam implantativ dlya pidnadpyatkovoho artroerezu (povidomlennya druhe) [Comparative characteristics of the foot model's stress-strain condition before and after treatment of planovalgus deformity using implants for subtalar arthroereisis (second report)]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*, (1), 65–72. <https://doi.org/10.15674/0030-59872018165-71>.

The applicant's personal contribution was to participate in designing the models of planovalgus foot deformity and modeling various types of its treatment using implants for arthroereisis of the subtalar joint.

6. Korolkov, O. I., **Rakhman, P. M.**, Karpinskyy, M. Yu., Shyshka, I. V., & Yaresko, O. V. (2018). Napruzhenno-deformovanny stan modeli plosko-valhusnoyi deformatsiyi stopy za umov vykorystannya implantativ dlya pidnadpyatkovoho artroryzu [Stress-strain state of the planovalgus foot deformity model under the use of implants for subtalarl arthroereisis]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*, (3), 74–79. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872018374-79>

The author's personal contribution was to participate in designing models of planovalgus foot deformity and modeling different types of its treatment with the use of implants for arthroereisis of the subtalar joint.

7. Korolkov, A. I., & **Rakhman, P. M.** (2018). Otsenka effektivnosti primeneniya tekhnologii odnomomentnykh mnogourovnevykh khirurgicheskikh vmeshatelstv u detey s DTSP [Efficacy assessment of the of simultaneous multilevel surgical interventions technology in children with cerebral palsy.]. *Travma*, 19(6). 66–75. <http://dx.doi.org/10.22141/1608-1706.6.19.2018.152222>

The author's personal contribution was to analyze the clinical and radiological data of children with cerebral palsy before and after one-stage multilevel surgery and participation in the treatment of children with cerebral palsy.

8. Korolkov, O. I., & **Rakhman, P. M.** (2020). Rezultaty likuvannya mobilnoyi ploskovalhusnoyi deformatsiyi stop u khvorykh na dytyachyy tserebralnyy paralich ditey [The results of treating mobile planovalgus deformity in children with cerebral palsy.]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye*, (2), 80–88. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020280-88>

The author took part in the surgical treatment of planovalgus deformity in children with cerebral palsy, analyzed the results.

9. Korolkov, A. Y., **Rakhman, P. M.**, & Kykosh, H. V. (2017). Implantat dlya stabilizatsiyi pidnadpyatkovoho suhloba pry likuvannya plosko-valhusnoyi deformatsiyi stop. Patent Ukrayiny na korysnu model No. 113131 [Implant for the subtalar joint stabilization in the treatment of planovalgus feet deformity. Patent of Ukraine for utility model No. 113131.].

The author carried out a patent information search, participated in the surgical treatment of patients who underwent clinical testing of the implant.

10. **Rakhman P.M.**, Korolkov O.I. Results of foot planovalgus deformity surgical treatment in children with cerebral paralyss. *Svit medytsyny ta biolohiyi*. 2020; 4 (74), 130-135 / DOI 10.26724/2079-8334-2020-4-74-130-135

The applicant took part in the surgical treatment of planovalgus feet deformity in children with cerebral palsy, personally analyzed the results of treatment.

***Scientific works that certify evaluation of the thesis results:***

11. Korolkov, A. Y., Kykosh, H. V., & **Rakhman, P. M.** (2015). Khirurgicheskoye lechenye ekvino-plosko-valgusnoy deformatsii stop u detey s DTSP [Surgical treatment of equino-planovalgus feet deformity in children with cerebral palsy.]. *Materialy naukovo-praktychnoyi konferentsiyi z mizhnarodnoyu uchastyu «Aktualni problemy khirurhiyi stopy»* (15-16 zhovtnya, 45-46). Kyiv.

The author took part in surgical treatment of patients, statistical processing of the obtained results.

12. Kykosh, G., Korolkov, O. I., & **Rakhman, P.** (2015). Surgical treatment of flatfoot in children with cerebral palcy (CP). *Abstracts XXV Symposium Sekcii*

*Ortopedii Dzieciecei Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego* (21-23 maja, pp. 29). Zakopane.

The author took part in surgical treatment of patients, analysis of the results.

13. **Rakhman, P. M.**, Kykosh, H. V., & Korolkov, O. I. (2016). Kompleksne likuvannya deformatsiy stop u ditey z DTSP [Comprehensive treatment of foot deformities in children with cerebral palsy]. *Zbirnyk naukovykh prats 17 zyzdu ortopediv-travmatolohiv Ukrayiny* (5-7 zhovtnya, pp. 109–110). Kyiv.

The author took part in surgical treatment of patients, statistical processing of the obtained results.

14. Korolkov, OI, Karpinsky, M. Yu., **Rakhman, PM**, Shyshka, IV, & Yaresko, OV (2017). Pidnadpyatkovyy artroerez u likuvanni ploskovalhusnoyi deformatsiyi stop (kintsevo-elementne modelyuvannya) [Subtalar arthroereisis in the treatment of planovalgus feet deformity (finite element modeling)]. *Materialy naukovo-praktychnoyi konferentsiyi z mizhnarodnoyu uchastyu* (38–39). Prymorsk.

The idea of this study and statistical analysis of the results belong to the applicant.

15. **Rakhman, P.**, & Korolkov, O. (2019). Investigation of the stress-strain state of the foot model before and after surgical treatment by different methods. *Abstracts of 38th EPOS Annual Meeting European Paediatric Orthopaedic Society* (3-6 April, pp. 38). Tel-Aviv, Israel.

The author participated in the study, analysis of results.

***Scientific works additionally reflecting the thesis scientific results:***

16. Korolkov, A. Y., Kykosh, H. V., & **Rakhman, P. M.** (2015). *Sposib kompleksnoyi otsinky anatomo-funktsional'nykh porushen' stop*. Patent na korysnu model' № 100208 [Method for comprehensive assessment of anatomical and functional feet disorders. Utility model patent No. 100208].

The idea of implementing this “Method” and performing of the statistical analysis results belong to the applicant.

17. Korolkov, A.I., Kykosh, G.V., & **Rahman, P.M.** (2016). *Sposib kompleksnoyi otsinky anatomo-funktsionalnykh porushen stop*. Novovvedennya. [A method of

comprehensive assessment of anatomical and functional disorders of the feet. Innovation]. *Informatsiynyy byuletyn Dodatok do "Zhurnalu NAMN Ukrayiny"*, 41, 168–169.

The idea of this study and statistical analysis of the results belong to the applicant.

## ЗМІСТ

<b>Перелік умовних скорочень .....</b>	<b>22</b>
<b>Вступ .....</b>	<b>26</b>
<b>Розділ 1 Сучасний стан проблеми діагностики, лікування та профілактики мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей (аналітичний огляд літератури).....</b>	<b>37</b>
1.1 Частота та причинні фактори розвинення мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....	38
1.2 Будова та біомеханічні особливості стоп з плосковальгусною деформацією .....	44
1.3 Діагностика та прогнозування розвитку мобільної плосковальгусної деформації стоп у дітей із ДЦП.....	52
1.4 Біомеханічне моделювання плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....	56
1.5 Принципи консервативного та хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....	57
1.6 Резюме .....	67
<b>Розділ 2 Матеріал і методи .....</b>	<b>71</b>
2.1 Матеріали та загальний дизайн дослідження.....	71
2.2 Клінічні дослідження.....	72
2.3 Рентгенологічні методи .....	85
2.4 Біомеханічні дослідження .....	86
2.5 Статистичні дослідження .....	94
<b>Розділ 3 Ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....</b>	<b>96</b>
3.1 Загальні дані .....	96
3.2 Клінічні симптоми у випадках мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей до хірургічного лікування .....	101

3.3 Результати рентгенологічних методів досліджень і функціональної оцінки у випадках мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....	105
3.4 Ретроспективна оцінка результатів хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....	106
3.5 Результати клініко-експериментальних досліджень плантарної проекції осі піднап'яткового суглоба в дітей.....	116
3.6 Резюме .....	120
<b>Розділ 4 Дослідження напружено-деформованого стану системи «пласковальгусна стопа» за умов різних видів її хірургічного лікування .....</b>	<b>127</b>
4.1 Результати досліджень напружено-деформованого стану моделі стопи в нормі та за умов її плосковальгусної деформації.....	127
4.2 Результати досліджень напружено-деформованого стану системи «пласковальгусна стопа» за умов виконання різних способів артроерезу піднадп'яткового суглоба .....	130
4.3 Результати досліджень напружено-деформованого стану системи «пласковальгусна стопа» за умов коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яткової кістки та артрорезу п'ятково-кубоподібного суглоба .....	139
4.4 Аналіз напружено-деформованого стану системи «пласковальгусна стопа» за умов виконання трисуглобового артрорезу стопи .....	142
4.5 Резюме .....	144
<b>Розділ 5 Розроблення робочої класифікації, алгоритмів вибору методу хірургічного лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей та їх клінічна верифікація .....</b>	<b>147</b>
5.1 Концептуальна модель формування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....	147

5.2 Розроблення робочої класифікації мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей.....	151
5.3 Робоча класифікація хірургічних втручань та алгоритми вибору методу хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей.....	153
5.4 Клінічні приклади та аналіз результатів використання алгоритмів вибору варіантів хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей .....	163
5.4.1 Лікування мобільної плосковальгусної деформації легкого ступеня у хворих на ДЦП дітей.....	163
5.4.2 Лікування мобільної плосковальгусної деформації середнього ступеня тяжкості у хворих на ДЦП дітей.....	173
5.4.3 Лікування мобільної плосковальгусної деформації важкого ступеня тяжкості у хворих на ДЦП дітей.....	180
5.5 Резюме .....	185
<b>Розділ 6 Аналіз та узагальнення отриманих результатів .....</b>	<b>187</b>
<b>Висновки .....</b>	<b>196</b>
<b>Практичні рекомендації .....</b>	<b>199</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>201</b>
<b>Додаток А .....</b>	<b>222</b>
<b>Додаток Б .....</b>	<b>224</b>
<b>Додаток В .....</b>	<b>229</b>
<b>Додаток Г .....</b>	<b>231</b>

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

АЕПНС	– артрорез піднадп'яtkового суглобу
ДМГМ	– довгий малогомілковий м'яз
ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ»	– Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України»
ДЦП	– дитячий церебральний параліч
ЗВГМ	– задній великогомілковий м'яз
КТ	– комп'ютерна томографія
ЛМ	– литковий м'яз
ЛФК	– лікувальна фізична культура
МПВДС	– мобільна плосковальгусна деформація стопи
МРТ	– магнітно-резонансна томографія
НПЗП	– нестероїдні протизапальні препарати
ПВДС	– плосковальгусна деформація стопи
ПНС	– піднадп'яtkовий суглоб
ЦНС	– центральна нервова система
АOFAS (Ankle-Hindfoot Scale	– Шкала Американського товариства хірургів стопи і надп'яtkового суглобу для оцінки стану надп'яtkового суглобу і заднього відділу стопи)
FMS (Functional Mobility Scale)	– Шкала функціональної мобільності
GMFCS (Gross Motor Function Classification System)	– Система класифікації великих моторних функцій

## ВСТУП

Дитячий церебральний параліч (ДЦП) є поширеною причиною інвалідності, що виникає в дитинстві. За останні десятиліття кількість хворих на ДЦП в нашій країні невпинно збільшується, це явище має мультифакторний генез, і пов'язано у поміж іншим із поліпшенням якості медичної допомоги у перинатальних відділеннях країни [1–3].

Згідно зі загальносвітовою статистикою, частота захворюваності дітей на ДЦП складає 2-3 на 1000 новонароджених. Відома тенденція до зниження захворюваності на ДЦП у розвинутих країнах (Австралія, країни Західної Європи) і підвищення – у країнах із обмеженим фінансуванням медицини [1].

Клінічний діагноз ДЦП встановлюють за результатами клініко-неврологічної оцінки стану дитини. В Україні середній вік на момент констатації діагнозу дорівнює 2–3 роки [4], а у світовій практиці – починаючи з 6 міс. за результатами МРТ головного мозку та спеціальних схем неврологічного та моторного оцінювання [5–7].

Рання інвалідизація, складність і недостатня ефективність лікування дітей, хворих на ДЦП, обумовлюють значимість цієї проблеми та необхідність удосконалення методів діагностики, лікування та реабілітації зазначеної категорії пацієнтів [8–10]. Наслідками порушень центральної нервової систем, які характерні для всіх хворих на ДЦП дітей, є розлади іннервації скелетних м'язів, що супроводжуються порушеннями акту ходьби, підтримки пози та контролю рухів. У процесі розвитку й активного росту дитини формуються прогресуючі ортопедичні ускладнення: деформації кісток, контрактури суглобів, відбуваються поступові структурно-функціональні зміни та підвищення спастичності скелетних м'язів. До інших коморбідних порушень, які відмічають у хворих на ДЦП дітей і які значно порушують якість життя, відносять: затримку психо-речового розвитку, епілепсію, хронічні больові синдроми, дефекти мовлення і слуху, порушення чутливості тощо [9].

Одним із суттєвих відхилень в опорно-руховій системі у дітей із ДЦП є розвинення плосковальгусної деформації стоп, яка складає від 16 до 35 %

усієї ортопедичної патології у цієї групи хворих. Особливостями розвитку стоп у дітей, хворих на ДЦП, є те, що від народження стопи мають нормальну форму і лише пізніше, у процесі росту дитини на фоні м'якотканинного дисбалансу, відбувається формування порушення форми та функції стопи, особливо в період активного росту. Це призводить до розвитку певної деформації стопи – еквінусної, плосковальгусної, еквіноварусної або кавоварусної [10]. Сьогодні дослідники констатують негативні (біомеханічні, функціональні) наслідки деформацій стоп на акт опори та ходьби в цієї категорії дітей та розглядає можливі результати їхнього консервативного чи хірургічного лікування [8–10].

Плосквальгусна деформація стоп (ПВДС) – є другою за частотою (після еквінуса) у хворих на ДЦП дітей. Відомо, що формування ПВДС у них часто розпочинається із утворення еквінусної деформації стопи, тому деякі фахівці використовують термін «еквіноплосквальгусна деформація стопи» (англ. equino planovalgus foot). ПВДС у дітей може бути як мобільною, так і ригідною [10, 11]. Мобільну ПВДС виявляють в більшості дітей, хворих на ДЦП, а ригідну форму визначають за наявності тарзальної коаліції або вона розвивається із мобільної ПВДС як ускладнення в підлітковому та дорослому віці [12]. У нашому дослідженні ми розглядали питання діагностики та лікування саме мобільної плосковальгусної деформації стопи (МПВДС).

Патогенез формування МПВДС у дитини, хворої на ДЦП, відрізняється від ідіопатичної форми в дітей без неврологічного ураження, тому розроблені стандартні критерії діагностики та лікування не можуть бути повністю екстрапольовані на дітей, хворих на ДЦП. Від початку розвитку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, проявляється лише косметичним дефектом, проте в подальшому її прогресування призводить до виникнення вторинних деформацій стопи (підвивих у п'ятково-човноподібному суглобі, супінаційна деформація переднього відділу стопи, формування ювенільного Hallux valgus), які призводять до погіршення біомеханічного стереотипу акту опори та ходьби. Нестабільність, яка розвивається на рівні піднадп'яtkового та

Шопарова суглобів, супроводжується порушенням опорної функції стопи та веде до низької ефективності дії м'язів та біомеханічної дисфункції моментів сил, що генерують м'язи гомілки під час фази поштовху чи опори. Це підвищує енергозатрати ходьби та негативно впливає на функціональні можливості дитини, знижуючи її можливості до пересування у просторі та погіршуючи соціальну адаптованість. Додатково, з плином часу, формуються натоптиші по плантарно-медіальній поверхні стопи, з'являється больовий синдром і виникають труднощі у підборі взуття [14–17].

Питання лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, залишаються невирішеними, що обумовлено складністю структурно-функціональної організації стопи як органа, з багатогранністю біомеханічних порушень і складним патогенезом формування.

Для лікування МПВДС використовують консервативні та хірургічні методики: фізичну реабілітацію (лікувальну фізичну культуру, стрейчинг, мануальну коригувальну гімнастику, тейпування тощо), ортезування, лікування ботулотоксином, втручання на м'якотканинних структурах для відновлення сухожилково-м'язового балансу, операції на кістках і суглобах стопи [18–21].

Нині ефективність консервативного лікування МПВДС у дітей з ДЦП не доведено, навпаки, показана відсутність впливу або низька його ефективність [21–23]. Слід зауважити, що наразі відсутні чіткі вікові критерії початку та припинення консервативного лікування, не вирішені питання необхідності використання профілактичного ортезування таких дітей уночі та під час ходьби.

Для хірургічного лікування МПДВС у хворих на ДЦП дітей запропоновано безліч методик, які впливають на сухожилково-м'язовий комплекс гомілки та стопи з метою нормалізації сухожилково-м'язового балансу стопи (транспозиції сухожилків, подовження скорочених м'язів – операція Страйера, Z-подібне подовження ахіллової сухожилки тощо). Ще одним типом втручань є хірургічні методики на кістках і суглобах стопи

(остеотомії, артродези), які виконують із метою корекції деформацій стопи та/або стабілізації у її великих суглобах [12, 14, 18]. Проте сьогодні відсутні чіткі алгоритми діагностики та лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, дискусійними залишаються питання показань до виконання певних хірургічних втручань, зокрема й з урахуванням віку та ступеня тяжкості МПВДС [8, 18, 19].

Актуальною проблемою залишається розроблення методик та варіантів втручань, які призводили б до зниження кількості рецидивів після хірургічного лікування. Враховуючи характер основної патології, для хворих на ДЦП дітей актуальними є впровадження малоінвазивних методик хірургічного лікування МПВДС, які дозволяли б активізувати (вертикалізувати) дітей у найближчому післяопераційному періоді та проводити ранню реабілітацію без тривалої іммобілізації. У літературі є обмежена кількість повідомлень, в яких описано позитивний досвід використання артроерезу піднадп'яtkового суглоба (АЕПНС) для лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП [24, 25].

Таким чином, питання патогенезу, діагностики та лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, є недостатньо дослідженими та потребують подальшого вивчення. Своєчасна діагностика, прогнозування розвитку структурних та функціональних порушень (відхилень у будові та функції) стопи, визначення оптимального віку та меж між консервативними та хірургічними заходами, які попереджували б їх прогресування є важливим та потребують розроблення, обґрунтування та впровадження [21, 25, 26].

МПВДС у хворих на ДЦП, зазвичай розвивається повільно і тривалий час може протікати асимптоматично, проте у подальшому через збереження спастичності та патологічних паттернів постави і ходьби, з'являється кульгання, больовий синдром, розлади чутливості, трофічні порушення, обмеження рухомості суглобів стопи, артрозні явища у них з відповідним прогресуванням порушення функції [11, 27, 28]. Тепер особливу увагу щодо функціонування стопи в умовах плосковальгусної деформації приділяють

біомеханічній ролі розташування п'яткової кістки відносно гомілки та орієнтації осі піднадп'яtkового суглобу. Зокрема, розглядається концепція ротаційно-обертальної рівноваги стопи відносно осі піднадп'яtkового суглоба, яка в нормі розташована косо, та відхилена від горизонталі на  $42^\circ$  в сагітальній площині, а також відхилена м'едіально на  $16^\circ$  від середньої повздовжньої осі стопи в поперековій площині. Таким чином, піднадп'яtkовий суглоб – це простий суглоб із віссю обертання, що поводить себе, як «...косо розташована дверна петля» [29–32].

На особливості формування ПВДС у разі ДЦП безпосередній вплив мають скорочені та спастично змінені м'язи. Відповідно, будь-які сили, що діють на плантарну поверхню стопи, викликають пронаційний або супінаційний моменти (інверсія та еверсія стопи), в залежності від співвідношення точки прикладання сили та положення осі піднадп'яtkового суглоба [33, 34].

У хворих на ДЦП із плосковальгусною деформацією стоп, визначається збільшене м'едіальне відхилення п'яtkово-надп'яtkової осі, що призводить до надлишкової пронації у піднадп'яtkовому суглобі, у подальшому відбувається збільшення величини пронаційного моменту не тільки при дії зовнішніх сил на стопу з боку поверхні опори, але і при дії внутрішніх сил, що діють на стопу з боку м'язів [32, 35].

Отже вважаємо, що, дисертаційна робота, яка направлена на дослідження структурно-функціонального стану стоп у дітей, хворих на ДЦП, біомеханічне обґрунтування доцільності виконання піднадп'яtkового артроерезу, розробку диференційованих показань і протипоказань до виконання того чи іншого хірургічного втручання залежно від віку, тяжкості проявів неврологічного дефіциту та ступеня вираженості деформації стопи у кожного конкретного хворого, оцінку віддалених результатів лікування плосковальгусної деформації стоп у дітей, хворих на ДЦП, є досить актуальною, необхідною та доцільною.

## **Мета дослідження**

Розробка алгоритмів лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на дитячий церебральний параліч дітей шляхом обґрунтування варіантів її хірургічної корекції на підставі біомеханічного моделювання та клініко-рентгенологічних досліджень структурно-функціональних змін в уражених стопах.

## **Завдання дослідження**

1. Проаналізувати сучасні підходи до вирішення проблеми діагностики та хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей залежно від віку, тяжкості проявів основного захворювання (GMFCS рівня) та особливостей деформації стоп.

2. Провести ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей.

3. Вивчити структурно-функціональні особливості розвитку стоп у разі їх мобільної плосковальгусної деформації у хворих на ДЦП дітей.

4. Вивчити напружено-деформований стан кісткових елементів стопи в нормі, випадках її плосковальгусної деформації та після використання різних варіантів її хірургічної корекції.

5. Удосконалити методику піднадп'яткового артроерезу та провести клінічну апробацію зазначеної методики для лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей.

6. Розробити алгоритмований підхід до лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей залежно від віку пацієнтів, тяжкості деформації стопи, рівня порушень великих моторних навичок (GMFCS-рівня).

*Об'єкт дослідження* – мобільна плосковальгусна деформація стоп у дітей, хворих на ДЦП.

*Предмет дослідження* – структурно-функціональні особливості розвитку стоп у випадку їх мобільної плосковальгусної деформації у хворих

на ДЦП дітей, діагностика та хірургічне лікування плосковальгусної деформації стоп, способи комп'ютерного математичного моделювання.

*Методи дослідження:* клінічні – для уточнення особливостей стану стоп у дітей, хворих на ДЦП, у випадку мобільної плосковальгусної деформації стоп і об'єктивізації отриманих результатів лікування; рентгенологічні – для виявлення динаміки рентгенологічних симптомів мобільної плосковальгусної деформації стоп у дітей, хворих на ДЦП, а також для підтвердження ефективності обраної лікувальної тактики; біомеханічні (плантографія, статоподографія) – для вивчення особливостей навантаження у перед- та післяопераційному періодах, для обґрунтування методу піднадп'яtkового артроерезу у разі лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у дітей, хворих на ДЦП; комп'ютерне математичне моделювання – для визначення розподілу напружень у системі «плосковальгусна стопа» та за умов виконання хірургічної її корекції різними методиками; статистичні – для верифікації отриманих результатів.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідних робіт Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України» («Програма соціально-гігієнічного моніторингу стану здоров'я та профілактики патології стоп у молоді», номер держреєстрації 0114U003021. Термін виконання – 2014-2015 рр., установа-виконавець – Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України», науковий керівник теми - д-р мед. наук, проф. Корж М.О.).

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Уперше на підставі вивчення математичних моделей доведено, що плосковальгусна деформація стопи призводить до підвищення рівня напружень в усіх елементах кісткової системи стопи, особливо на опорній поверхні п'яtkової кістки та поверхнях надп'яtkово-п'яtkового суглоба, що

може спричинювати прогресування цієї деформації у процесі росту та розвитку дитини.

Уперше на підставі моделювання корекції плосковальгусної деформації стопи за допомогою різних хірургічних методик, визначено, що усі проаналізовані втручання призводять до різного ступеня нормалізації розподілу напружень у кісткових елементах моделі. Зокрема показано, що запропонований двоступеневий конусний імплантат для піднадп'яtkового артроерезу має перевагу над стандартним конусним завдяки зменшенню напруження в надп'яtkовій кістці в середньому на 0,3-1,1 МПа, у п'яtkовій — на 0,2-0,8 МПа.

Отримані нові знання про динаміку структурно-функціональних змін у процесі формування мобільної плосковальгусної деформації стоп хворих на ДЦП дітей. Установлено, що тяжкість скарг, ступінь клінічних та рентгенологічних проявів МПВДС залежить насамперед від рівня порушень великих моторних навичок, віку дитини, вираженості спастичності м'язів нижніх кінцівок: чим старше дитина за віком, чим вищий рівень за GMFCS, чим більша спастичність, тим тяжча деформація стоп.

Уперше на підставі порівняльного дослідження орієнтації осі піднадп'яtkового суглоба в аксіальній площині в дітей віком 6 років визначено її значуще медіальне відхилення у хворих на ДЦП порівняно зі здоровими дітьми та групою здорових пацієнтів із мобільною плосковальгусною деформацією стоп. Виявлені дані свідчать про ранні структурно-функціональні порушення стоп у дітей, хворих на ДЦП, що обґрунтовує ранню консервативну та, за потреби, хірургічну її корекцію.

### **Практична значимість одержаних результатів.**

Виконано клініко-біомеханічне обґрунтування різноманітних хірургічних методик для лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей, визначені показання та протипоказання до проведення малоінвазивного хірургічного методу - артроерезу піднадп'яtkового суглоба. Використання даного методу дозволяє відновити

нормальні клініко-рентгенологічні параметри стопи, значущо покращити функціональну мобільність у найближчі терміни після втручання (до 6 міс.). Створений новий двоступеневий імплантат для піднадп'яtkового артроерезу (патент №113131, Україна) дозволяє обмежувати патологічно збільшені пронаційні рухи у піднадп'яtkовому суглобі та завдяки своїм конструктивним особливостям забезпечує стабільнішу фіксацію імплантата у каналі тарзального синуса, зменшує вірогідність розвинення больового синдрому, попереджає міграцію імплантата та знижує частоту повторних хірургічних втручань на 30 %.

Розроблена робоча триступенева клініко-рентгенологічна класифікація мобільної плосковальгусної деформації стоп і класифікація лікувальних заходів, які застосовують для її корекції.

Розроблені алгоритми вибору методики хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у дітей, хворих на ДЦП, залежно від віку, рівня великих моторних функцій та клінічних характеристик деформації дають змогу провести вибір між малоінвазивними методиками (артроерез піднадп'яtkового суглоба, втручання на м'яких тканинах) та хірургічними втручаннями на кістках та суглобах стопи (коригувальна латеральна остеотомія п'яtkової кістки, артродези великих суглобів заднього та середнього відділів стопи) у поєднанні з м'якотканинними втручаннями.

**Результати дослідження впроваджено** в клінічну практику ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України», КНП ХОР «Харківська обласна клінічна травматологічна лікарня», КНП ЛОР Львівська обласна дитяча клінічна лікарня "Охматдит", ННМК «Університетська клініка» Харківського національного медичного університету, Українського НДІ протезування, протезобудування та відновлення працездатності (Мінсоцполітики України), КНП «Дніпровська дитяча міська клінічна лікарня №3 ім. проф. М.Ф. Руднева «ДОР», що підтверджується актами впровадження.

### **Особистий внесок здобувача**

Автором розроблено ідею, мету і план роботи. Значна кількість операцій виконана автором особисто, в більшості інших він брав участь як асистент. Ретроспективні, проспективні, клінічні й експериментальні дослідження виконано автором. Ним особисто відібрано весь матеріал для дослідження, опрацьовано та проаналізовано отримані результати.

Автор брав участь у розробленні оригінального імплантату двоступеневої конусної форми для виконання піднадп'яtkового артролізу та способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.

Дослідження виконані в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії едичних наук України»: клінічні – у науковому відділі патології хребта та суглобів дитячого віку за консультативної допомоги проф. Шевченко С.Д., біомеханічні - в лабораторії біомеханіки за участю наукових співробітників Карпінського М.Ю. та Яресько О.В. Участь співавторів відображено в спільних публікаціях.

### **Апробація результатів дисертації**

Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми хірургії стопи» (Київ, 2015); XXV Symposium Sekcii Ortopedii Dzieciecei Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego (Закопане, 2015); Матеріали дисертації оприлюднені на 35<sup>th</sup> EPOS Annual Meeting (Rome, 2016); Всеукраїнській науково-практичній конференції присвяченій 110-річчю заснування ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка» (Харків, 2017); VI Міжнародного медичного форуму «Інновації в медицині – здоров'я нації» (Київ, 2017); 17 з'їзду ортопедів-травматологів України (Київ, 2017); II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування» (Приморськ, 2017); 8<sup>th</sup> ЕЕМСРДМ конгресі (Тель-Авів, 2018); науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології» (Харків, 2018); Науково-практична конференція «Сучасні дослідження в

ортопедії та травматології» (Четверті наукові читання, присвячені пам'яті академіка О. О. Коржа); засіданні Харківського осередку ВГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів» (Харків, 2018); 8-й польсько-українсько-науковій конференції (2018); третій науково-практичній конференції «Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування» (Запоріжжя-Приморськ, 2018); 13<sup>th</sup> Congress of the European Hip Society (Гаага, 2018); 38<sup>th</sup> EPOS Annual Meeting European Paediatric Orthopaedic Society (Тель-Авів, 2019); 20<sup>th</sup> EFFORT Annual Congress (Лісабон, 2019); першій всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Нейроортопедія: актуальні питання сьогодення та перспективи розвитку» (Львів, 2020); щорічній науково-практичній конференції «Наукові читання ім. проф. Є.Т. Складенка „Впровадження наукових розробок в практику охорони здоров'я" (Київ, 2020).

### **Структура та обсяг дисертації**

Дисертація викладена українською мовою на 255 сторінці. Робота містить вступ, огляд наукової літератури, розділи матеріалу та методів дослідження, результатів власних досліджень, аналізу отриманих результатів, висновки, список із 182 використаних джерел літератури, із яких 32 викладені кирилицею, 150 – латиницею, додатки. Робота проілюстрована 41 таблицею, 51 рисунком.

**РОЗДІЛ 1**  
**СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТИКИ, ЛІКУВАННЯ ТА**  
**ПРОФІЛАКТИКИ МОБІЛЬНОЇ ПЛОСКОВАЛЬГУСНОЇ**  
**ДЕФОРМАЦІЇ СТОП У ХВОРИХ НА ДЦП ДІТЕЙ**  
**(аналітичний огляд літератури)**

Дитячий церебральний параліч – це група захворювань, спричинених непрогресуючим ушкодженням головного мозку, яке виникає в найближчий період після народження внаслідок ураження головного мозку. ДЦП – це найчастіша уроджена патологія, що спричиняє моторні порушення. Частота ДЦП у дітей становить від 1,5 до 3 на 1000 новонароджених [1, 36]. В Україні щороку відзначається збільшення кількості дітей, хворих на ДЦП.

Існують різні клінічні форми ДЦП: атонічна, атетозна, дискінетична та спастична, серед яких остання є найбільш поширеною. ДЦП є провідною причиною дитячої інвалідності. Типовими патологічними ортопедичними проявами у хворих на ДЦП є труднощі з підтримкою пози, порушення опори та ходьби [17, 18, 25]. Розвиток патологічних змін в опорно-руховій системі у дітей, хворих на ДЦП, є вторинним і обумовлений первинним ураженням центральної нервової системи (ЦНС). МПВДС є типовим варіантом деформації стоп для хворих на ДЦП. дітей

МПВДС розглядають як варіант норми, вона є характерною для здорових немовлят від народження до 5 років, проте в ситуації хворих на ДЦП дітей мобільна плосковальгусна стопа здебільшого супроводжується еквінусною деформацією, має прогресований характер і часто призводить до розвитку больового синдрому та порушень ходьби [14, 15, 37-41]. Більшість дослідників констатують, що характер формування стопи у дітей, хворих на ДЦП, і розвиток акту ходьби у них відрізняються від такого у здорових дітей [16, 42, 43]. Через фізіологічні особливості формування стопи, а саме наявність у нормі «жирової подушки» до віку 5 років і переважно хрящової структури кісток стопи, рання діагностика патологічної форми МПВДС може

бути ускладнена. Натепер відсутні дослідження, де проведено детальне оцінювання розвитку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, відсутні чіткі діагностичні критерії, які дозволяють виявляти та прогнозувати відхилення у формуванні стоп у зазначеної категорії пацієнтів [44, 45]. Відповідно, аналогічна ситуація і з лікувально-профілактичними та лікувальними заходами щодо корекції МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

### **1.1 Частота та причинні фактори розвинення мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей**

Спроба дослідників визначити особливості та динаміку розвитку і формування стоп у хворих на ДЦП дітей до 5 років приводить до висновку, що воно є дуже варіабельним і таким, що важко піддається прогнозуванню [44, 46].

Аналіз досить великих груп пацієнтів дитячого віку, хворих на ДЦП, показує, що частота деформацій стопи у них сягає 94 % [18]. На думку фахівців, існують закономірні або «типові» деформації стоп, притаманні різним формам ДЦП [44–46].

Найбільше дослідження, в якому проаналізовано розподіл деформацій стоп у 436 дітей віком від 8 до 12 років, хворих на ДЦП, проведено Ugur Savlak зі співавт. [44]. Еквіновальгусну деформацію стопи виявлено у 153 (35 %) дітей із практично рівним розподілом між хлопчиками та дівчтками.

В іншому численному дослідженні проаналізовано 230 дітей, хворих на ДЦП, яким виконані хірургічні втручання у The Hospital for Sick Children (Торонто, Канада), з приводу деформацій стопи [45]. Еквіноплосковальгусна деформація стопи також посіла друге місце серед виявлених деформацій — 56 (24,3 %) пацієнтів, причому більшість із них (97 %) мали диплегічну або тетраплегічну форму ДЦП. Інші автори повідомляють про подібні результати [16, 46].

Етіологія МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, залишається недостатньо

визначеною. Вважають, що МПВДС має поліфакторний генез і на розвиток стопи та формування її патологічної деформації мають вплив такі фактори: дисбаланс і спастичність м'язів, патологічні механічні сили, вкорочення м'якотканинних структур, деформації кісток нижньої кінцівки, генетичний фактор і нестабільність у суглобах, що виникають на різних етапах в процесі росту та розвитку дитини, хворої на ДЦП [14, 17, 42].

М'язовий дисбаланс проявляється зміною нормальної рівноваги сил м'язів антагоністів (пронаторів-супінаторів, а також плантарних або дорзальних флексорів стопи) та формуванням спочатку порушення положення стопи з розвитком патологічно збільшеної рухомості в суглобах заднього та середнього її відділів [47]. У подальшому додаються вторинні зміни в анатомо-функціональному розвитку кісток і суглобів стопи, що формує патологічне коло із прогресивним погіршенням опорної та кінематичної функції стопи як органу руху [15, 21, 48].

Еквінусна деформація стопи — обмеження тильної флексії у надп'ятковому суглобі — є найпоширенішою у хворих на ДЦП дітей. Її розвиток пов'язаний з підвищеною спастичністю м'язів плантарних згиначів стопи. Спочатку еквінусну деформацію стопи у хворих на ДЦП дітей визначають на фоні спастичності м'язів плантарних згиначів стопи і переваги їх тонусу над м'язами, що забезпечують тильне згинання стопи — так званий динамічний еквінус (англ. *dynamic equinus*), тобто еквінусна деформація стопи, яка піддається мануальній корекції. Згодом формується ригідний еквінус (*fixed equinus*), що може бути пов'язаним з анатомічним вкороченням *m.gastrocnemius*, *m.gastrocnemius* та *m.soleus*. Вважають, що еквінусна деформація є одним з чинників формування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, особливо за наявності дисбалансу м'язів еверторів та інверторів стопи [22, 47].

Bleck E.E пояснював розвиток МПВДС, так званою «теорією тятиви» (англ. «*bow-string theory*»), відповідно до якої за наявності еквінусної контрактури стопи п'ятова кістка примусово відхиляється до вальгусного

положення, коли передня частина стопи торкається землі. Це відбувається внаслідок ефекту тяги триголового м'яза за п'яткову кістку та, як наслідок, зміщень у надп'ятковому та піднадп'ятковому суглобах. П'ятова кістка обертається під надп'ярковою кісткою, яка займає більш вертикальне положення, втрачаючи підтримку *sustentaculum tali*. За наявності вкорочення триголового м'яза (*gastro-soleus complex*), з'являються вальгизуючі стресові навантаження та п'ятова кістка зміщується дозовні, ротуючись під таранною кісткою. Під час навантаження деформація посилюється, далі відбувається спазм м'якогемілкових м'язів, водночас задній великогомілковий м'яз стає розтягненим та ослабляється [9]. Проте існують певні аргументи проти цієї теорії: 1) МПВДС спостерігають у дітей, які ніколи не ходили; 2) у дітей з геміплегією рідко розвиваються вальгусні деформації, незважаючи на зазвичай присутній еквінус.

Доведено, що м'якогемілкові м'язи рідко бувають гіперактивними, а причина розвитку МПВДС насамперед полягає у слабкості переднього та заднього великогомілкового м'язів разом із підвищеним тонусом вкороченого триголового м'яза [50].

G. C. Bennet і співавт. [45] дослідили електроміографічну активність *m. tibialis posterior*, *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius* та *mm. peronei longus et brevis* та виявили практично повну відсутність електричної активності *m. tibialis posterior* у більшості пацієнтів. Автори дійшли висновку, що саме відсутність функції зазначеного м'яза і є істотним чинником виникнення та прогресування вальгусної стопи. J. Perry зі співавт. [50] відзначили, що м'якогемілкові та задній і передній великогомілкові м'язи функціонують безперервно в процесі ходьби. Відмічено, що вальгусна деформація стопи найчастіше зустрічається зі супутнім еквінусом стопи і скоріше за все пов'язана з дисбалансом м'язів гомілки [51, 52].

Порушення м'язового контролю у дітей, хворих на ДЦП, призводить до збочення акту опори та ходьби, що супроводжується нефізіологічним навантаженням на різні відділи стопи, внаслідок чого виникають постійні

патологічні механічні стреси м'яких тканин і кісткових структур. Це призводить до подовження м'якотканинних структур: плантарної фасції, капсули та зв'язок на боці розтягнення. Унаслідок цього виникає дисбаланс піднадп'яtkового суглоба та колапс поздовжнього склепіння стопи [53–55]. Патологічні механічні стреси, що передаються на кістково-хрящові структури стопи призводять до виникнення вторинних деформацій кісток стопи (вкорочення кісток «латеральної колони» та нестабільності суглобів по медіальній поверхні) [56].

Важлива роль у розвитку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, належить піднадп'яtkовому суглобу, у якому за рахунок складної анатомо-біомеханічної будови може реалізовуватися як пронація, так і супінація стопи. Відомо, що позиція та просторова орієнтація осі обертання піднадп'яtkового суглоба відповідно до анатомічних структур (кісток і м'язів гомілки та стопи) має безпосередній вплив на моменти сил, які генерують м'язи, зв'язки та сила реакції опори (англ. «ground reaction force»), які виникають під час опори на стопу. Вважають, що типове розташування осі обертання піднадп'яtkового суглобу складає  $42^\circ$  інклінації в сагітальній площині та  $23^\circ$  медіальної девіації в аксіальній [31, 57]. Медіальне відхилення осі піднадп'яtkового суглоба призводить до зменшення величини супінаційних і збільшення пронаційних моментів сил, які діють на рівні піднадп'яtkового суглоба. Запропоновано мануальну техніку визначення проєкції піднадп'яtkового суглоба на плантарну поверхню стопи, точність і відтворюваність якої доведена у клінічних та експериментальних дослідженнях на моделях тіл померлих [56, 58]. Проте на сьогодні відсутні порівняльні дослідження розташування (або орієнтації) осі піднадп'яtkового суглоба відносно плантарної поверхні стопи між здоровими дітьми та у випадках МПВДС у пацієнтів із ДЦП.

Ще одним важливим фактором, який має доведений вплив на розвиток деформації стопи, є патологічні торсійні деформації кісток нижньої кінцівки (стегнової та великогомілкової), що змінюють характер опори на стопу, і

підвищують механічне навантаження на певні структури стопи, які підтримують поздовжнє її склепіння у фазах одноопорного стояння та перекату [27, 61].

Наразі відомо, що особливості та динаміка розвитку і формування стоп у дітей, хворих на ДЦП, за наявності спастичної диплегії чи квадріплегії найбільш імовірно призводить до прогресування деформації стопи, водночас у пацієнтів із геміплегією МПВДС може самостійно виправитися, навіть може розвинутихся протидеформація — у випадку гіперкоригованого положення в процесі її лікування.

Клінічне значення деформацій стопи у дітей, хворих на ДЦП, пояснюється порушеннями ходьби та прогресуючим погіршенням її форми та функції. Головна роль стопи як сегмента нижньої кінцівки полягає у створенні стабільної «платформи», що пов'язує нижню кінцівку із землею, під час фази опори. Найчастіші проблеми зі стопою, що виникають у дітей, хворих на ДЦП — це поступовий розвиток деформацій, які зменшують або унеможливають її стабільність при опорі [18, 25, 44, 61]. Інша проблема це втрата стабільності власне стопи як опорної платформи. Такий стан спостерігають за умов формування патологічної деформації та рухливості на рівні кісток середнього відділу стопи — так званий «перелом середнього відділу стопи» (англ. «midfoot break»). Це призводить до зменшення стабільності стопи та підвищення контактного тиску в ній унаслідок навантаження на меншу опорну площу (рис. 1.1).

Крім того, деформація стопи за типом «перелому середнього відділу стопи» призводить до зниження ефективності ходьби через так звану «біомеханічну дисфункцію важелів» (із англ. lever-arm dysfunction). Цим терміном описують біомеханічні порушення, що супроводжують такі типові ортопедичні порушення у хворих на ДЦП дітей, як нестабільність кульшового суглоба, торсійні деформації довгих кісток нижніх кінцівок і деформації стопи, що найчастіше мають місце у дітей зі спастичним типом ДЦП [25, 61].



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд стоп у випадку «перелому середнього відділу стопи» (англ. «midfoot break») у дитини, хворої на ДЦП (фото запозичене з [48]).

Біомеханічна дисфункція важелів супроводжується вкороченням ефективної довжини важелів нижньої кінцівки за рахунок їхньої деформації чи появи патологічної мобільності в її суглобах (як у випадку МПВДС). Це знижує ефективність функції м'язів і ходьби загалом [67–71]. Встановлений прямий зв'язок між наявністю деформації стопи та характером і ефективністю ходьби, а також рівнем функціональної мобільності у дітей, а пізніше й у дорослих [17, 64, 66].

A. Schmidt і G. Hägglund [69] дослідили больовий синдром у 277 дітей, хворих на ДЦП, і визначили, що стопа є найчастішою локалізацією больового синдрому у пацієнтів, здатних до самостійного пересування. Найчастішими причинами больового синдрому, що пов'язані зі стопою у дітей, хворих на ДЦП, визнані: зміна навантаження на різні відділи стопи; больовий синдром, пов'язаний з тиском взуття на деформовану стопу [21, 73]. Аналогічних висновків дійшли інші клініцисти, що оцінювали больовий синдром у дітей, хворих на ДЦП [75, 76].

Доведено, що наявність МПВДС знижує силу, яку генерують м'язи гомілки у фазі поштовху та додатково збільшується патологічна дорзифлексія у суглобах середнього відділу стопи [21, 77]. МПВДС знижує опорність стопи у фазі опори, призводячи до так званої «біомеханічної

дисфункції важелів» (із англ. lever-arm dysfunction).

F. Miller поділяв патологічні зміни, які виникають у процесі розвитку МПВДС, на вторинні та третинні деформації. До вторинних деформацій, згідно з класифікацією автора, належить супінаційна переднього відділу стопи, *midfoot break*, а до третинних — *hallux valgus*, торсія кісток гомілки тощо [12, 18].

## **1.2 Будова та біомеханічні особливості стоп із плосковальгусною деформацією**

Анатомічні особливості МПВДС у хворих на ДЦП дітей є важливими для розуміння характеру структурно-функціональних змін м'якотканинних і кісткових структур стопи і необхідні для визначення анатомо-функціональних порушень і біомеханічних розладів у ній. Це також є необхідним для створення алгоритмів діагностики та лікування деформації стопи та порушень ходьби.

Патологічні зміни у стопі у випадку МПВДС у хворих на ДЦП дітей відбуваються після народження та носять, зазвичай, прогресуючий характер. Особливо активно зміни форми стопи відбуваються у періоди активного росту дитини [12, 18].

У сучасній літературі наведено велику кількість термінів і синонімічних назв, що описують мобільну МПВДС. Для чіткішої характеристики термінологічних понять стисло наведемо визначення основні з них:

– деформація — це відхилення від нормальної анатомічної будови кістки (органа) або його частини (сегмента) у формі чи розмірах [75, 76]. Враховуючи складність анатомічної будови стопи, порушення, що призводять до її деформації можна умовно розділити на певні групи, які містять такі елементи: дисбаланс м'язів гомілки і стопи; порушення сторони м'якотканинного апарата, тобто розтягнення чи ретракція капсульно-

зв'язкових та сухожилково-м'язових структур; порушення форми або розмірів кісток стопи; порушення орієнтації та біомеханіки функціонування суглобів стопи;

– плосковальгусна деформація стопи — термін, який характеризує наявність зниження медіального поздовжнього склепіння та вальгусне відхилення заднього відділу стопи (п'яtkової кістки), певні відхилення у середньому відділі стопи;

– мобільна плосковальгусна деформація стопи характеризується збереженням рухомості у всіх її відділах і суглобах і можливістю мануальної корекції даної деформації.

Існують дві найважливіші концепції, які описують анатоμο-біомеханічні особливості стопи в нормі та за умов розвитку плосковальгусної деформації:

– концепція «кульшового суглоба стопи» (англ. «соха pedis») [17, 80, 81];

– концепція ротаційної рівноваги піднадп'яtkового суглоба [32–34, 58, 82–84].

Піднадп'яtkовий і надп'яtkово-човноподібний суглоби формують шароподібний тип суглоба, що завдяки зовнішній і функціональній схожості отримав назву «кульшовий суглоб стопи» (англ. соха pedis) (рис. 1.2).



а



Б

Рис. 1.2. Анатомічний препарат: структури, які утворюють «кульшовий суглоб» (а) та ацетабулярну западину (б) стопи (фото запозичено з [80]).

Відповідно до цієї анатомічної концепції нижня кінцівка артикулює зі стопою через шароподібний суглоб (англ. ball and socket joint), що формується піднадп'ятковим та надп'яtkово-човноподібним суглобами та їхніми періартикулярними м'якотканинними структурами.

Суглобові поверхні надп'яtkово-човноподібного, середньої та передньої поверхонь п'яtkової кістки разом із п'яtkово-човноподібною зв'язкою разом формують еліпсоподібну кульшову западину стопи (англ. acetabulum pedis). У задній частині піднадп'яtkового суглоба надп'яtkова кістка має плато на своїй нижній поверхні, а п'яtkова кістка — виросток на задній. Зазначені структури, розташовані поза площиною рухів кульшової западини стопи та забезпечують механізм пасивної стабілізації за умов навантаження на стопу (у опорній фазі шагу), коли кісткові структури, розташовані поза площиною рухів кульшової западини (виросток п'яtkової кістки та плато надп'яtkової), входять у контакт. Акт ходьби потребує послідовної зміни мобільності та ригідності стопи для забезпечення стабільної опори та можливості переносу ваги тіла під час опори на неї. Це можливо завдяки взаємно зворотнім і послідовним змінам циклів відкриття та замикання кінематичного ланцюга «кульшового суглоба» стопи [17, 85].

Важливість цієї концепції потребує детальнішого її роз'яснення, бо не відображена в жодній публікації у вітчизняній літературі. Структурна стабільність «кульшового суглоба» стопи забезпечується анатомічною конгруентністю між тілом і головкою надп'яtkової кістки зі структурами, які формують ацетабулярну западину стопи (рис.1.2). Пасивна стабільність забезпечується п'яtkово-човноподібною зв'язкою, активна досягається завдяки дії *m.tibialis posterior*, *m. flexor digitorum longus*, *m. flexor hallucis longus* та ін.

*Функціонування «соха pedis» під час ходьби.* Відповідно до концепції «кульшового суглоба стопи», стопа має забезпечувати достатню мобільність і стабільність для виконання опори та ходьби. Мобільність необхідна для пристосування до поверхні опори та поглинання сил реакції опори та ваги

тіла. У фазі навантаження на стопу вона має бути еластичною структурою для нормального розташування на поверхні опори та поглинання її можливих нерівностей, після чого має стати жорсткою структурою, яка дозволяє опору, перенос ваги тіла та відштовхування за умов стабільності анатомічних утворень стопи.

Мобільність і жорсткість пов'язані з відкриттям та замиканням кінетичного ланцюга «соха pedis» (отже, і Шопарова суглоба), що є послідовним і взаємно оборотним процесом. Відкриття кінематичного ланцюга є пасивним механізмом, замикання – активним. Під час навантаження на стопу відбувається плантарна флексія та аддукція надп'яtkової кістки. Цьому активно протидіють м'язи плантарні згиначі стопи (*m. tibialis posterior*, *m. flexor digitorum longus*, *m. flexor hallucis longus*), які обмежують зміщення надп'яtkової кістки. Це забезпечується за рахунок активної дії м'язів на точки свого прикріплення на стопі та через сухожилльні розтягнення на рівні піднадп'яtkового суглоба. Подальше зміщення надп'яtkової кістки за умов відкритого кінематичного ланцюга призводить до натягнення у навколосуглобових структурах (у першу чергу, «spring ligament»), які багаті на механорецептори. Як наслідок, через пропріоцептивний шлях активізуються м'язи, які призводять до замикання кінетичного ланцюга та стабілізації соха pedis і Шопарова суглоба. Цей процес виконується тими самими м'язами — плантарними згиначами стопи, які контролюють зміщення надп'яtkової кістки за відкритого кінетичного ланцюга. У випадку подальшого зміщення надп'яtkової кістки, *m. tibialis posterior* стабілізує човноподібну кістку на голівці надп'яtkової, а м'язи згиначі пальців (*m. flexor digitorum longus*, *m. flexor hallucis longus*) стабілізують п'яtkову кістку по відношенню до надп'яtkової шляхом її відвертання через дію на *sustentaculum tali* у разі фіксованих до поверхні опори пальцях. Додатковим пасивним стабілізатором є задня частина піднадп'яtkового суглоба, яка блокується під час опори/навантаження стопи через розбіжність її осі з віссю обертання в «ацетабулярній западині» стопи.

Такий функціональний устрій «кульшового суглобу» стопи дозволяє оптимальну мобільність (із більшим чи меншим обсягом рухів у за різного рівня навантаження) за активної стабілізації суглоба та у фазі повного навантаження забезпечує отримання необхідної стабільності за рахунок комбінованого активного та пасивного механізмів, що дозволяє виконання всіх необхідних функцій. Описана нормальна функція комбінованої стабільності «кульшового суглобу стопи» втрачається за умов порушення м'язового контролю, зміни рівноваги та балансу їх сил або у випадках наявних деформацій кісток [83].

Інша концепція – теорія ротаційної рівноваги (*rotational equilibrium theory*), розроблена К. Kirby, описує анатоμο-біомеханічні особливості функціонування піднадп'яtkового суглоба та його роль у забезпеченні оптимального стабільного функціонування стопи під час виконання функції опори та ходьби. Надумку автора, піднадп'яtkовий суглоб — це особливий суглоб стопи людини, який має специфічну анатомію та біомеханічні властивості, поєднуючи нижню кінцівку зі стопою. Особливістю його функції є конвертація обертань або поворотів, які відбуваються у аксіальній площині у обертання, які відбуваються у фронтальній площині, і навпаки [30, 32, 33, 58]. Зазначені обертання відбуваються відповідно до косої просторової орієнтації осі піднадп'яtkового суглоба. На думку К. Kirby, піднадп'яtkовий суглоб виконує дві найважливіші функції: пронаційні рухи, завдяки яким відбувається адаптація стопи у випадках навантаження на нерівній поверхні; забезпечення супінації стопи до положення, в якому вона досягає підвищеної сагітальної стабільності (із стабілізованим Шопаровим суглобом), що необхідно під час пропульсивної фази ходьби [79–81].

Правильне функціонування піднадп'яtkового суглобу є критичним для нормальної функції стопи в процесі виконання опори та ходьби. Сили, що впливають на піднадп'яtkовий суглоб та продукують супінацію чи пронацію стопи, мають конвертуватись у обертальні моменти [30, 32, 33]. Тобто сили, що діють на стопу насамкінець перетворюються в моменти сил, які діють

через піднадп'ятковий суглоб. В основу цієї концепції покладено факт про те, що існують пронаційні та супінаційні моменти сил, які діють на суглоб відповідно до осі піднадп'ятого суглоба. Автор пояснює раціональність спрощення оцінки всіх біомеханічних умов функціонування піднадп'ятого суглоба особливостями розташування його осі та рівновагою ротаційних моментів (пронаційних і супінаційних), які виникають внаслідок дії зовнішніх і внутрішніх чинників, що і визначає форму та положення піднадп'ятого суглоба в різні фази опори та ходьби [58, 85].

Прикладом зовнішнього чинника, який генерує ротаційні моменти в піднадп'ятому суглобі, може бути сила реакції опори на п'яткову кістку та передній відділ стопи, внутрішнього — м'язи гомілки, які рухають стопу [82–84].

Вивченню орієнтації осі обертання піднадп'ятого суглоба приділяли увагу багато дослідників. Зокрема, на експериментальних моделях показано, що вісь піднадп'ятого суглоба орієнтована косо від задньо-латерально-плантарного до передньо-медіально-дорзального напрямку [86–89]. Потім із використанням стереофотометрії, введенням металевих кульок у надп'яткову та п'яткову кістки із наступним рентгенологічним дослідженням встановлено, що ось піднадп'ятого суглоба краще описати як пучок дискретних осей обертання, які проходять через піднадп'ятковий суглоб і визначаються положенням стопи у кожний конкретний момент [31, 90–92].

Прийнято, що в нормі ось обертання піднадп'ятого суглоба орієнтована досередини на  $16^\circ$  від сагітальної площини та дорзально  $42^\circ$  від аксіальної площини [31, 87]. Проте орієнтація зазначеної осі може значно відрізнятись за умов різної форми стопи та, особливо, за наявності її деформації. Вважають, що вісь може змінюватись за своєю орієнтацією до будь-якої з площини тіла. Наприклад, в аксіальній площині вісь піднадп'ятого суглоба може бути відхилена більше медіально або латерально від серединної лінії стопи по відношенню до середніх популяційних даних. Зокрема, медіальне відхилення осі піднадп'ятого суглоба має клінічні

наслідки та відіграє роль у патогенезі формування та прогресування деформації стопи і виникнення болювого синдрому. Нормальне розташування осі піднадп'яtkового суглоба, сили опори, які діють на п'ятковий бугор, I та V плеснову кістки у нормі та за умов медіального зміщення осі піднадп'яtkового суглоба продемонстровані на рис. 1.3.

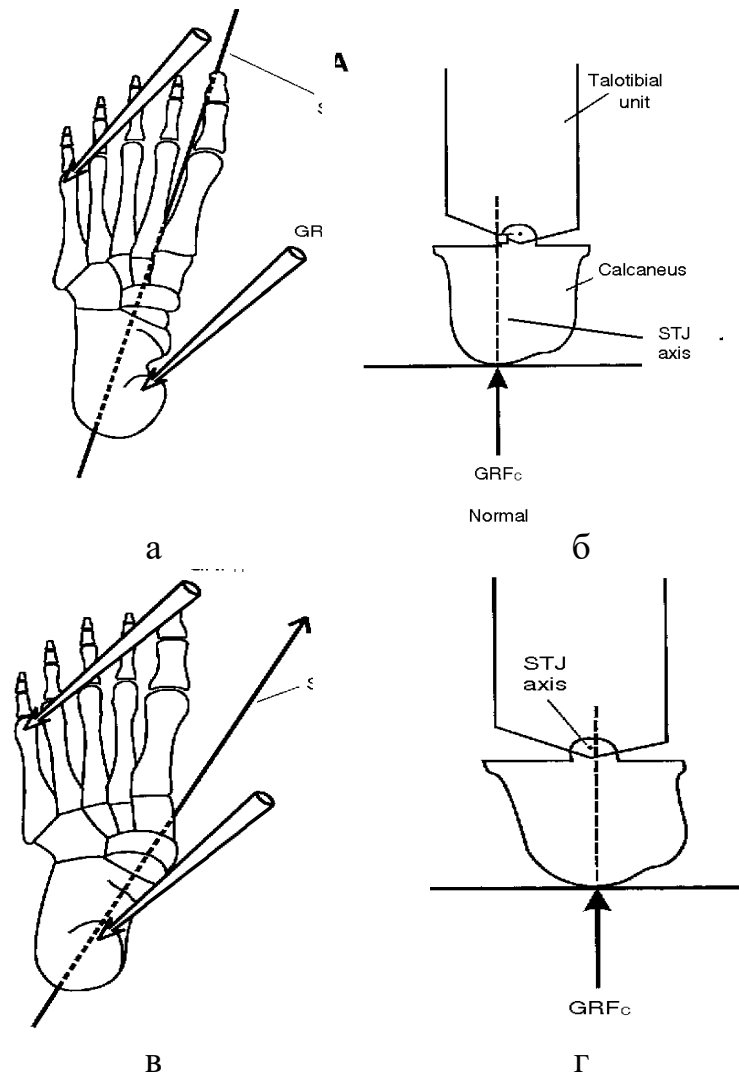


Рис. 1.3. Проекція осі піднадп'яtkового суглоба на плантарну та фронтальну поверхні у нормі та вектори сил, що генеруються під час опори (схема скелета правої стопи, вигляд знизу): за умов нормального розташування (а, б) та медіального зміщення (в, г) осі піднадп'яtkового суглоба [82].

Важливу роль у біомеханіці піднадп'яtkового суглоба відіграє зв'язок між положенням заднього відділу стопи та її стабільністю/жорсткістю. Стопа

є жорстким важелем під час переносу ваги тіла в пропульсивну фазу руху та має мобільність під час початкового її контакту з поверхнею опори. Визначено, що Шопарів суглоб (надп'яtkово-човноподібний і п'яtkово-кубоподібний) та піднадп'яtkовий разом впливають на стабільність заднього відділу стопи.

Коли задній відділ стопи знаходиться у вальгусному (пронаційному) положенні, осі піднадп'яtkового та Шопарова суглобів паралельні, що обумовлює більшу мобільність у передньому та середньому відділах стопи. Навпаки, коли задній відділ стопи знаходиться у варусному положенні (інверсії), то осі зазначених суглобів не паралельні, що супроводжується обмеженням рухів у передньому та середньому відділах стопи (рис. 1.4).

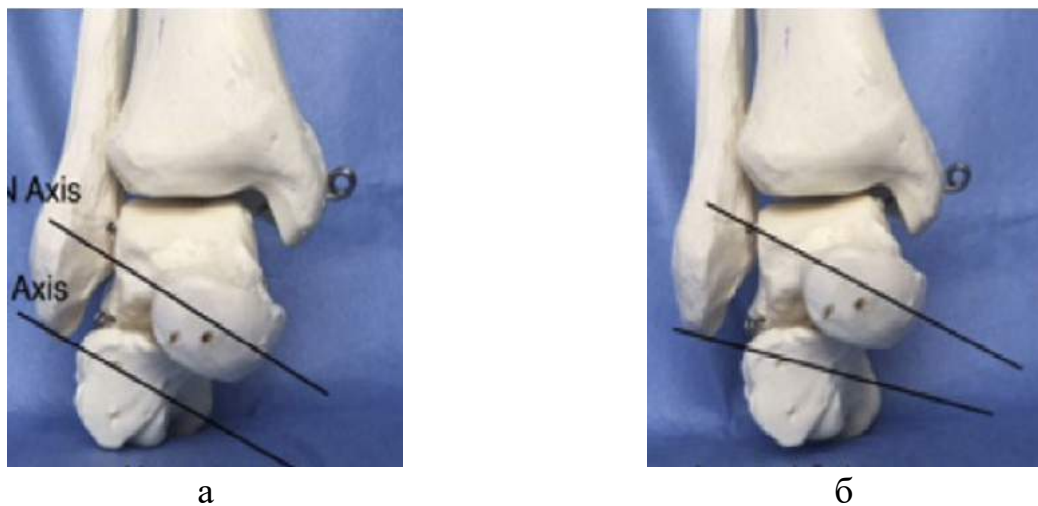


Рис. 1.4. Ілюстрація механізму замикання Шопарова суглоба залежно від розташування піднадп'яtkового на анатомічних моделях: а) нейтральне положення п'яtkової кістки, осі надп'яtkово-човноподібного та п'яtkово-кубоподібного суглобів паралельні; б) інверсія п'яtkової кістки, осі надп'яtkово-човноподібного та п'яtkово-кубоподібного суглобів стають конвергентними. Варусне положення п'яtkової кістки призводить до розміщення надп'яtkової кістки над п'яtkово-кубоподібним суглобом та обмежує рух у середньому та передньому відділах стопи [85].

На наш погляд, ключовими факторами формування МПВДС у дітей є нервово-м'язовий компонент, який ініціює подальші вторинні патологічні

анатомо-функціональні та біомеханічні зміни у стопі. Через обмежені можливості контрольованого впливу на тонус м'язів та його регуляцію у дітей, хворих на ДЦП, важливим є урахування та корекція біомеханічних порушень. У цьому аспекті представляють науково-практичний інтерес дані щодо варіантів орієнтації осі піднадп'яtkового суглоба за умов МПВДС у хворих на ДЦП дітей. Маємо відзначити, що на сьогодні подібні дослідження відсутні.

### **1.3 Діагностика та прогнозування розвитку мобільної плосквальгусної деформації стоп у дітей із ДЦП**

Однією із проблем діагностики та прогнозування МПВДС у дітей із ДЦП є відсутність загальноприйнятих діагностичних клінічних тестів або рентгенологічних параметрів, які дозволяли б чітко визначати та контролювати динаміку розвитку патології.

Клінічне мануальне оцінювання стану стопи за протоколом V. Mosca [92] дозволяє визначити її мобільність. Воно передбачає визначення рухомості в надп'яtkовому та піднадп'яtkовому суглобах, тести розгинання І пальця та Silverkiold для встановлення вкорочення триголового м'яза гомілки (*m. triceps surae*) (рис. 1.5).

Загально прийнято, що первинну діагностику деформацій стопи проводять шляхом клінічного огляду, що дає змогу оцінити зниження поздовжнього склепіння стопи та виявити наявність деформацій різних відділів стопи у трьох площинах: фронтальній, сагітальній та аксіальній [93].

Характерними рисами та клінічними проявами МПВДС є: зменшення висоти поздовжнього склепіння стопи (деформація середнього відділу стопи у сагітальній площині); вальгусне відхилення кісток заднього відділу стопи (деформація заднього відділу стопи у фронтальній площині), відведення переднього відділу стопи дозовні (деформація переднього відділу стопи в аксіальній площині) [94, 95].

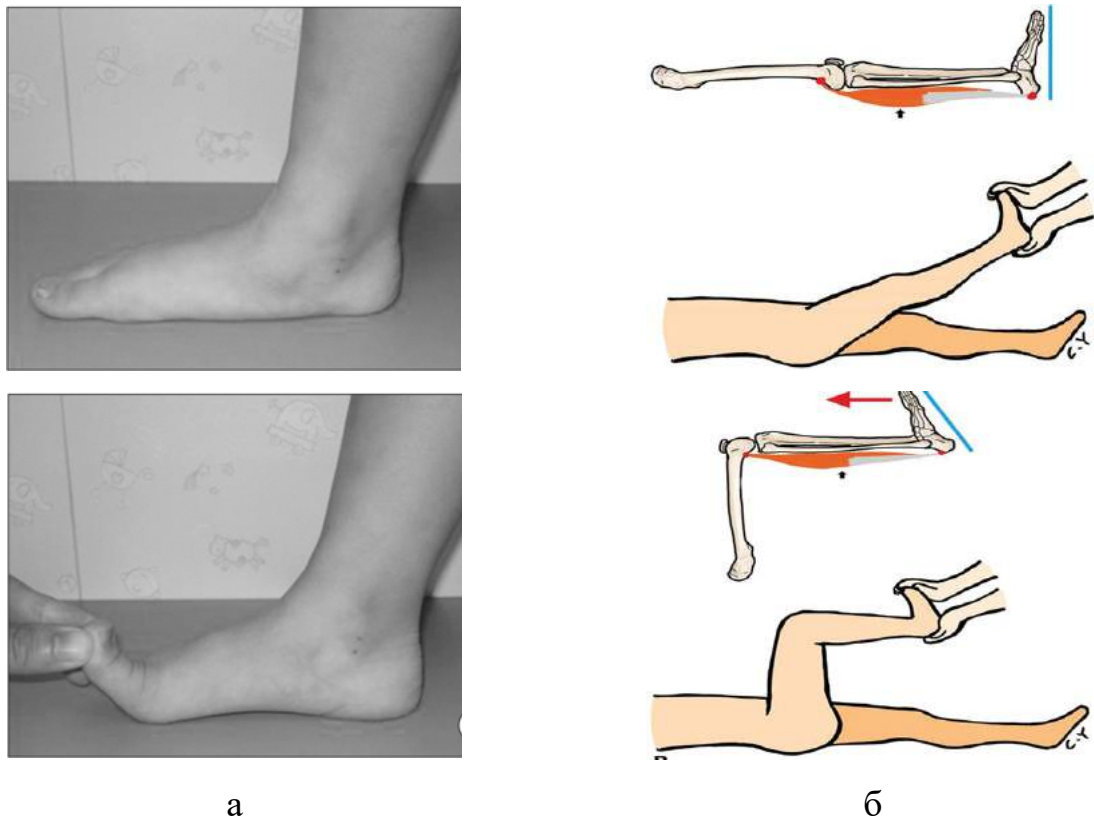


Рис. 1.5. Тести визначення мобільності деформації стопи: а) розгинання I пальця; б) схема проведення Silverkiold-тесту (наведено за [15]).

Запропоновано багато рентгенометричних параметрів, які описують зміни при МПВДС, проте більшість із них не використовують у дітей через досить широкі діапазони коливань і значні відмінності у випадках зміни положення стопи або всієї нижньої кінцівки.

Проблемою багатьох дітей, хворих на ДЦП, є труднощі з вертикальною опорою, що часто робить неможливим коректне позиціонування стоп під час виконання рентгенографії. Виконання рентгенологічних досліджень без навантаження є некоректним. МПВДС характеризується зниженням поздовжнього склепіння стопи, що відбувається внаслідок порушень взаємного розташування кісток стопи заднього відділу у піднадп'ятковому суглобі та кісток середнього відділу у Шопаровому [97–99]. До стандартних рентгенометричних показників, які мають значення для діагностики МПВДС належать:

– прямий і латеральний надп'яtkово-п'яtkовий кути, що

характеризують взаємовідношення в піднадп'ятковому суглобі;

– індекс надп'яtkово-човноподібного перекриття (англ. «talonavicular coverage») (рис. 1.6).

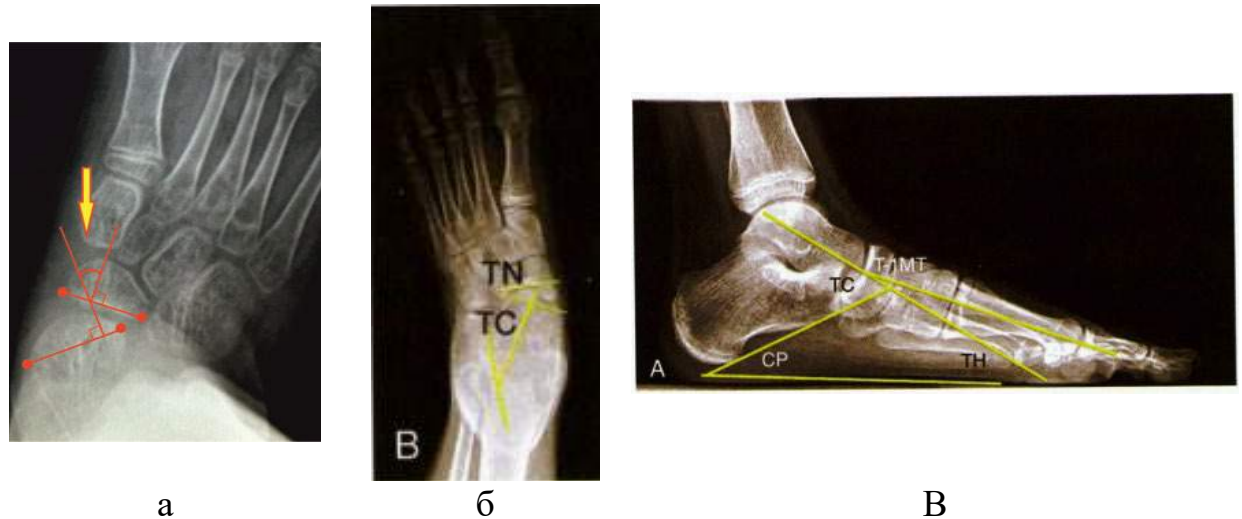


Рис. 1.6. Фотовідбитки рентгенограм стоп пацієнта, хворого на ДЦП із МПВДС. Схематичне зображення рентгенометричних кутів, які використовують для діагностики МПВДС: а) надп'яtkово-човноподібного перекриття; б) прямий надп'яtkово-п'яtkовий; в) латеральний надп'яtkово-п'яtkовий (наведено за [10]).

На сьогодні день прогнозування розвитку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, розроблено недостатньо. Воно можливе за наявності достеменно вивченої динаміки її розвитку, визначення факторів ризику її прогресування з урахуванням темпів росту, особливостей неврологічної картини, інтелектуальних здібностей, форми ДЦП, рівня великих моторних здібностей тощо. Маємо констатувати, що наразі, окрім вкорочення ахіллового сухожилка, інші фактори детально не вивчені або зовсім не виявлені [12, 18].

Висновки епідеміологічних досліджень щодо розподілу різних деформацій стопи у дітей із моно- та диплегічними формами ДЦП, що різняться за тяжкістю ураження є досить суперечливими [12, 18, 43]. Відсутні довгострокові дослідження щодо динаміки розвитку деформацій стопи у дітей, хворих на ДЦП, які обґрунтовували б оптимальний час проведення

хірургічної корекції МПВДС. Більшість рекомендацій засновані на персональному досвіді експертів у цій області [14, 15].

Аналіз літератури демонструє обмежену кількість спостережних досліджень, де вивчено динаміку розвитку деформацій стоп у дітей, хворих на ДЦП. Так, К. J. Bell і співавт. [13] вивчили динаміку розвитку навичок вертикалізації в дітей, хворих на ДЦП, зі застосуванням лабораторного 3D-аналізу ходьби, який виконували двічі, з проміжком близько 4 років. Автори продемонстрували прогресуюче погіршення в динаміці основних біомеханічних параметрів ходьби у дітей, яким не проведено ортопедичну хірургічну корекцію МПВДС.

T. S. Renshaw і співавт. [98] на основі аналізу рентгенограм дійшли висновку, що оптимальним віком для хірургічного лікування деформацій стопи у хворих на ДЦП дітей є 4-5 років, тобто до часу, коли в дитини сформується «дорослий» стереотип ходьби.

M. Kadhim і співавт. [11] провели проспективне дослідження розвитку постави стопи у 51 дитини з ДЦП (16 — геміплегічна форма, 35 — диплегічна) протягом життя від 2 до 12 років, яким не виконували хірургічне лікування, тобто дослідили динаміку розвитку деформацій стоп. Поставу стопи оцінювали за допомогою подобарографічного дослідження, що згідно робіт J. M. Riad і спіавт. [95] і M. Kadhim і спіавт. [95] має добру відтворюваність і корелює з даними рентгенологічних сліджень. Аналіз отриманих результатів, дозволив авторам дійти висновків, що у ранньому віці (до 7 років) хворі на ДЦП діти мають більш виражену вальгусну деформацію стоп. Згодом у дітей, які здатні самостійного пересуватися (GMFCS I-II), МПВДС має тенденцію до зменшення, тому їхнє лікування має бути переважно консервативним. Аналогічні дані щодо можливості самостійного покращення МПВДС у хворих на ДЦП дітей описані E. E. Vleck [9].

Ще одним важливим питанням, яке звертає на себе увагу, є відсутність для дітей, хворих на ДЦП, класифікаційних схем, що поділяли б МПВДС за ступенем тяжкості. Це може бути пояснено складністю досягнення та

відтворення вертикальної пози в дитини, хворої на ДЦП, і великим різноманіттям проявів основного захворювання, що відображається на опорі та ходьбі, часі появи та динаміці прогресування деформації стоп, а, отже, прямо пов'язано з відтворюваністю діагностичних тестів і можливістю застосування класифікації.

#### **1.4 Біомеханічне моделювання плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей**

Біомеханічні дослідження МПВДС мають важливе значення та визнані перспективним напрямом хірургії стопи, через те, що використання різних методик біомеханічного дослідження дозволяє розширити знання щодо патогенезу формування МПВДС та порівняти різні хірургічні методики, оцінити їхній вплив і спрогнозувати можливі ускладнення у випадках використання імплантатів.

Основними біомеханічними методиками є дослідження на моделях тіл померлих, які мають на меті визначення ролі різних м'якотканинних структур (зв'язки, сухожилки, капсула) у формуванні плосковальгусної деформації [104]. Стандартні протоколи таких досліджень передбачають створення механізму, який дозволяє виконувати осьові навантаження моделі «гомілка – стопа» та оцінити висоту поздовжнього склепіння і рухомості на рівні надп'яtkово-човноподібного суглоба. Надалі поетапно виконують селективне пересічення м'якотканинних структур (сухожилка заднього та переднього великогомілкового м'язів, п'яtkово-човноподібної зв'язки) із наступним циклічним навантаженням та оцінкою досліджуваних параметрів [105, 106]. Проте такі дослідження на дитячих стопах не виконують через етичні обмеження.

Інший варіант досліджень, який широко застосовують в останні десятиліття — це вивчення патологічних станів стопи та методів хірургічної її корекції за допомогою комп'ютерного моделювання методом

скінченних елементів [106]. Зокрема, у результаті моделювання надп'яtkово-заплеснової стабілізації за допомогою спеціального імплантата для моделі плосковальгусної стопи у дорослих доведено покращення розподілу напружень на м'якотканинні структури, які підтримують медіальне поздовжнє склепіння у разі виконання артроерезу піднадп'яtkового суглоба [103]. Wan Z. і співавт. (2015) дослідили з використанням методу скінченних елементів вплив двох видів коригувальної остеотомії (медіалізуючої п'яtkовий бугор та латеральної подовжувальної п'яtkової кістки) на розподіл напружень у кісткових елементах стопи у випадку МПВДС та довели переваги останньої.

Аналіз доступної літератури свідчить про обмежену кількість біомеханічних досліджень щодо плосковальгусної деформації стоп у дітей із ДЦП. Математичне моделювання методом скінченних елементів дозволяє визначити напруження та переміщення в кісткових і м'якотканинних елементах моделі, тому ця методика використана нами в процесі моделювання різних методик хірургічного лікування МПВДС та тестуванні імплантатів різної конструкції.

### **1.5 Принципи консервативного та хірургічного лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей**

Лікування МПВДСу хворих на ДЦП дітей залишається складною та невирішеною проблемою. У історичному плані можна констатувати, що підґрунтям хірургічного лікування МПВДС стопи у хворих на ДЦП дітей, був досвід лікування деформацій стопи в дітей із наслідками поліомієліту та мієлодисплазій. Тому спочатку лікування деформацій стоп проводили відповідно до емпіричних розумінь хірургів, а результати були далеко не ідеальними [104].

Тривалий час лікарі суміжних спеціальностей і пацієнти скептично ставились до хірургічної корекції деформації стопи у дітей, хворих на ДЦП,

через труднощі прогнозування результатів, значний відсоток рецидивів і розвинення протидеформацій.

Розширення знань щодо біомеханічних і патофізіологічних основ формування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, дозволило розробити нові хірургічні втручання для зазначеної категорії пацієнтів.

Первинною ланкою лікування, особливо у дітей від 0 до 6-8 років, вважають консервативний метод, який передбачає використання ЛФК, що спрямоване на розтягнення ахіллового сухожилка, а також застосування призначених диференційовано ортезів — залежно від особливостей деформації стопи та типу сагітального балансу тіла (наявність згинальних установок у колінному та кульшовому суглобах у вертикальному положенні тіла) [12, 18, 105–108].

Найпоширенішими та практичними є так звані AFO ортези (англ. Ankle-Foot-Orthosis), які фіксують стопу та надп'ятковий суглоб, або KAFO (Knee-Ankle-Foot Orthoses) — відповідно фіксують стопу, надп'ятковий і колінний суглоби. Ортези можуть бути оснащені шарнірами (замковими або беззамковими) на рівні суглобів або бути без них. Вибір типу ортеза та комплектація його шарнірами визначається обсягом рухів у суглобах і наявністю динамічного або ригідного еквінуса чи контрактури колінного суглоба [106]. Лікувальний ефект ортезування при МПВДС у дітей, хворих на ДЦП полягає у стабілізації стопи та надп'яткового суглоба, створенні додаткової стабілізації стопи, попередженні розвитку контрактур або пасивному розтягненні сухожилково-м'язових комплексів під час різних фаз ходьби [109–110]. Існує досить велика доказова база щодо ефективності AFO та KAFO для поліпшення параметрів ходьби, покращення функціональної мобільності дітей, хворих на ДЦП [107–110].

Хірургічне лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, рекомендовано у випадках, коли прогресує еквінусний компонент, що посилює деформацію стопи, стопа втрачає стабільність при опорі, знижується толерантність до ортезів (діти досить часто відмовляються їх використовувати), що призводить

до погіршення функціональної мобільності дитини і втрати можливостей та інтересу до самостійного пересування і вертикальної опори [111–113].

Спастичність плантарних згиначів є відомим патологічним чинником МПВДС у дітей, хворих на ДЦП. У випадках, коли ортези більше не переносяться дитиною і стопа не може бути виведена у нейтральне положення у надп'ятковому суглобі через наявність укорочення литкового (*m.gastrocnemius*) або камбалоподібного м'яза (*m.soleus*), виконують пластичні подовжувальні операції (Страйера або Z-подібне подовження ахіллової сухожилка).

Для корекції сухожилково-м'язового дисбалансу з боку згиначів і малоомілкових м'язів використовують препарати ботулотоксину типу А [16, 20]. С. Voulay і співавт. [107] показали покращення форми стопи та нормалізацію рентгенометричних показників середнього відділу стопи у випадку раннього використання ботуліно терапії у дітей віком ( $3,5 \pm 1,5$ ) років за МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, які демонстрували гіперактивність *m.peroneus longus* за даними ЕМГ-дослідження.

Деякі фахівці ставлять під сумнів використання лише м'якотканинних втручань для корекції МПВДС у дітей, хворих на ДЦП [64, 71]. На наш погляд, це цілком логічно, адже сухожилкові пластики чи транспозиції м'язів можуть застосовуватись лише на початкових стадіях формування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП. Проте в умовах порушення тону м'язів складно прогнозувати віддалений результат, і такі втручання можуть призводити до розвинення до контр-деформацій. Крім того, за наявності вираженої деформації із порушенням взаємовідношень у великих суглобах заднього відділу стопи, виконання лише м'якотканинних втручань буде недостатнім і не дозволить отримати потрібну корекцію МПВДС [71, 114].

Враховуючи, що МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, виникає внаслідок сухожилково-м'язового дисбалансу та в подальшому призводить до змін кісткових структур стопи з порушенням взаємовідношень у суглобах заднього та середнього відділів стопи, саме на ці ланки патогенезу та

спрямовані численні хірургічні методики, які використовують для лікування цієї деформації.

Метою лікування пацієнтів, що здатні до пересування (GMFCS рівень I, II, III), є відновлення нормальних осьових параметрів стопи за умов збереження рухомості в суглобах і отримання стабільної опорної стопи для поліпшення функціональних можливостей дитини, таких як ходьба і стояння. Лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, із обмеженими можливостями пересування (GMFCS рівень IV та V) спрямоване в основному на корекцію її форми з метою адаптації стопи до взуття [115, 116].

Відзначимо, що чіткий алгоритм вибору хірургічних методик залежно від віку, GMFCS рівня, ступеня вираженості деформації та характеру біомеханічних порушень ходи наразі відсутній.

Описано кілька видів операцій і методик із використанням комбінованих м'якотканинних втручань та операцій на кістках для відновлення нормальної або близької до нормальної анатомії стопи [117–121]. До них відносять: Evans-остеотомію — коригувальна подовжувальна латеральна остеотомія п'ятки, потрійна позасуглобова 3С-остеотомія кісток стопи (остеотомії п'яткової, медіальної клиноподібної та кубоподібної кісток). Додаткові втручання на м'яких тканинах передбачають: операцію Stryer чи z-подібне подовження ахіллового сухожилка [115–121]. Наразі відсутня переконлива доказова база щодо переваг одних втручань над іншими. Це не є дивним, враховуючи значну варіацію у сухожилковому м'язовому дисбалансі та особливостях МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

Перевагами коригувальних, суглобозбережних остеотомій кісток заднього відділу стопи є їхня ефективність і достатньо високий потенціал корекції МПВДС, збереження суглобів заднього відділу стопи. Недоліками таких втручань є травматичність, тривалість післяопераційної реабілітації, що іноді сягає 8-12 міс., а також відносно висока частота рецидивів. Крім того, існують вікові обмеження щодо виконання зазначених втручань — їх рекомендують проводити у віці старше 12 років, після досягнення достатньої

зрілості кісток стопи.

Evans-остеотомія являє собою внутрішньосуглобову остеотомію, що виконується між середньою та передньою суглобовими поверхнями цієї кістки. На практиці проте досить часто остеотомія може проходити через суглобові поверхні [122]. Оригінальна методика описана Evans у 1975 році, і передбачала пересічення п'яtkової кістки на 1,5 см проксимальніше від п'яtkово-кубоподібного суглоба [123]. Концепція цього хірургічного втручання полягає у вирівнюванні довжини латеральної та медіальної колони стопи. Під час виконання подовження латеральної колони стопи через зону остеотомії п'яtkи відбувається корекція положення переднього та середнього відділу стопи з відновленням перекриття у надп'яtkово-човноподібному суглобі, збільшенням натягнення плантарної фасції та репозицією/нормалізацією взаємовідношень у піднадп'яtkовому суглобі без втрати обсягу рухів у ньому. Кориговальна подовжувальна латеральна остеотомія п'яtkової кістки широко використовується для лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, та згідно з даними літератури дозволяє отримувати хороші результати у 68-100 % випадків [11, 96, 116, 117].

Маємо підкреслити, що МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, часто супроводжується формуванням вторинної супінаційної деформації переднього відділу стопи, що додатково потребує корекції і може виправлятися шляхом виконання кориговальних остеотомії медіальної клиноподібної чи I плеснової кістки стопи [96].

Однією з проблем, що виникає у випадку виконання кориговальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яtkової кістки при лікуванні МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, є рецидиви деформації, що у окремих серіях досліджень сягають від 25 до 32 %. Особливо часто вони виникають у дітей із вираженими обмеженнями пересування (GMFCS IV, V) [11, 116, 117].

Ще один тип операцій, які використовують для хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, заснований на корекції положення кісток на

рівні піднадп'яtkового суглоба з наступним утриманням досягнутої корекції шляхом обмеження рухомості в ньому, що досягається інтра- або позасуглобовим зрощенням п'яtkової та надп'яtkової кісток. До цієї категорії хірургічних втручань належать: артродез за Grice, численні його модифікації (позасуглобове зрощення надп'яtkової та п'яtkової кісток із використанням кісткового автотрансплантата з малогомілкової кістки), трисуглобовий артродез стопи [11, 118, 125].

Позитивними рисами стабілізуючих надп'яtkовий суглоб втручань є стабільніша корекція кісток заднього відділу, що особливо важливо для пацієнтів із тяжкими формами ДЦП і низькою здатністю до самостійного пересування (GMFCS III-V) [11, 12]. Недоліками зазначених втручань є вплив на ріст кісток заднього відділу стоп, що накладає обмеження на використання цих хірургічних втручань для корекції МПВДС у дітей віком до 12 років, а також тривала реабілітація і значне обмеження осьового навантаження на стопу (від 8 до 12 тижнів після виконання).

Альтернативною малоінвазивною хірургічною методикою, яку використовують для лікування МПВДС, є артроерез піднадп'яtkового суглоба) [21, 126–131], а також операція, яка в англійській літературі відзначена терміном «*calcaneo-stop procedure*» [36, 37], які можуть виконуватися у поєднанні з «класичними» операціями або ж виконуватися ізольовано. Термін «артроерез» (лат. *arthroereisis* – *arthron*-суглоб + *ereisis*–підняття) перекладається як підняття суглоба [135]. Відповідно, АЕПНС — хірургічне втручання, спрямоване на обмеження збільшеної еверсії п'яtkової кістки при збереженні супінаційного діапазону руху в піднадп'яtkовому суглобі. Його виконують за допомогою встановлення спеціального імплантата (що може мати різну форму та виготовляється з різних матеріалів) в *sinus tarsi*. При цьому всі автори підкреслюють, що імплантати для АЕПНС розташовуються позасуглобово, у межах *sinus tarsi* та *canalis tarsi* ПНС, де відсутнє хрящове покриття. *Sinus tarsi* — анатомічне утворення, обмежене надп'яtkової та п'яtkовою кістками, надп'яtkово-таранно-п'яtkово-

човноподібним суглобом спереду та задніми суглобовими поверхнями ПНС ззаду. Термін «піднадп'ятковий артроерез» впровадив на початку ХХ віку Putti V., а у вітчизняній літературі («латеральний артроріз») — Турнер Г. І. (1930) і під цим розуміли операцію, що обмежувала рухомість ПНС за допомогою створення істинної кісткової перешкоди. Метод первинно був розроблений для лікування МПВДС у дітей, а пізніше показання були розширені й для дорослих. Одним з перших виконав артроерез Del-Torto (Італія, 1927 г.) для корекції деформацій у дітей 5–17 років із паралітичною формою МПВДС (за [126]). У 1946 році E.F. Chambers [127] повідомив про виконання позасуглобового піднадп'яткового артроерезу, використовуючи для цього кістковий трансплантат. Автор намагався обмежити еверсію стопи шляхом видалення невеликої частини переднього відростка п'яткової кістки з наступною кістковою пластикою дефекту, що зменшувало обсяг руху у ПНС і сприяло більш функціональній поставі стопи.

D. S. Grice [128] з метою корекції вальгусної деформації стопи паралітичного походження використав автотрансплантат із кісток гомілки, який встановлював у *sinus tarsi*, і назвав цю операцію позасуглобовим піднадп'ятковим артродезом стопи, враховуючи інтактність суглобових поверхонь ПНС. Ця операція знайшла обмежене застосування у дітей, хворих на ДЦП, внаслідок впливу на ріст заплеснових кісток і високий ризик дегенеративних процесів у ПНС. У подальшому відбувалось вдосконалення техніки операцій АЕПНС і матеріалів для його виконання. Із початку 1970-х років з'явилися нові імплантати: силіконові, УНМВ-поліетиленові «STAR-reg», гвинтоподібні циліндричної форми, титанові гвинти та ін. [137].

Метою АЕПНС є відновлення нормальних анатомічних співвідношень в суглобах задніх відділів стопи та оптимізація статико-динамічного стереотипа навантаження. Roth S. с співавт. [130] свідчать, що в разі встановлення імплантата в ПНС, корекція досягається шляхом стимуляції проприорецепції, що забезпечує постійний характер корекції. Також вважається, що за рахунок зміни просторового розташування осі ПНС,

відбувається зменшення в ньому зовнішніх пронаційних моментів і збільшення супінаційних, що призводить до корекції МПВДС та змінює біомеханіку ходьби загалом [127].

Ще однією технікою обмеження рухів у ПНС є малоінвазивна «*calcaneo-stop*» операція, яка передбачає введення гвинта у надп'яткову або п'яткову кістки в ділянці *sinus tarsi*, який має обмежувати патологічні пронаційні рухи у ПНС за рахунок стимуляції пропріорецепторів і шляхом простої механічної блокади.

Інші дослідники використовували скоби для виконання АЕПНС («*staple arthroereisis*»). За даними А.Н. Crawford зі співавт [131] метод є ефективним і безпечним навіть у середньостроковому терміні спостереження (понад 4 років), проте А.А. Sanchez і співавт. [132] продемонстрували протилежні результати.

Н.М. Vogler [133] розробив класифікацію імплантатів для АЕПНС, розділивши їх на три типи (табл. 1.1). Існує багато класифікаційних схем поділу імплантатів для артроерезу: за матеріалом (біодеградуючі та небіодеградуючі (металеві, силіконові, пластикові, комбіновані), формою (циліндричні, конічні, грибоподібні); розташуванням (у тарзальному синусі чи каналі) та ін.

#### *Показання для виконання операції АЕПНС*

Більшість авторів вважає, що власне АЕПНС можна розглядати як варіант лікування МПВДС I-II ступенів у дітей і дорослих. При цьому результати дослідження показують, що лікування пацієнтів методом АЕПНС є малотравматичним і високоефективним методом, що сприяє швидкому та адекватному відновленню опороспроможності [132, 142, 143].

Місце АЕПНС у лікуванні МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, є недостатньо визначеним. На сьогодні існує велика кількість публікацій щодо використання АЕПНС у лікуванні ідіопатичної МПВДС, проте обмежена кількість закордонних публікацій, в яких автори демонструють ефективність та результати лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

## Класифікація імплантатів для АЕПНС за Vogler Н.М. [133]

Тип імплантатів	Приклади
Тип 1: функціонують як самоблокований клин	Futura, Wright, USA 
Тип 2: змінюють положення та розташування осі ПНС.	STA-Peg (Integra, USA ) 
Тип 3: діють за рахунок прямого компресійного впливу на латеральний виросток надп'яркової кістки	The Sgarlatto device 

В. М. Кеніс [129] аналізуючи результати виконання АЕПНС із використанням металевих імплантатів, для лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, дійшов висновків, що АЕПНС є ефективним для корекції деформацій та є методом вибору для лікування МПВДС у дітей 5–7 років при вальгусному відхиленні заднього відділу стопи до 20°. Р. А. Smith зі співавт. [23] повідомили про гарні результати використання Sta-Peg імплантату для АЕПНС при лікуванні МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

А. Silva і співавт. [136] проаналізували віддаленні результати лікування 29 дітей (57 стоп) із ДЦП, яким була виконана хірургічна корекція МПВДС

методом АЕПНС. Середній термін спостереження за групою пацієнтів склав 6 років 9 міс. Згідно результатів у 65 % (37 стоп) відзначався гарний результат та у 35% (20 стоп) незадовільний. Ускладнення відзначалися у 11 % (міграція імплантату). Рентгенометричний аналіз показав кореляцію між незадовільним результатом та кутом нахилу таранної кістки (кут більше 52° асоціювався із незадовільним результатом лікування).

Багато дослідників вважають АЕПНС гарною альтернативою, остеотоміям кісток стопи та артродезуючим втручанням [129, 140].

Найпоширеніші ускладнення після виконання АЕПНС: персистуючий біль в *sinus tarsi*; спазм перонеальних м'язів; невірний вибір імплантатів із гіпо- або гіперкоррекцією МПВДС; порушення цілісності імплантата; реакція на чужорідне тіло; міграція імплантату; обмеження рухів у суглобах стопи [131, 134, 146, 147]. У дітей, хворих на ДЦП, найбільш частим ускладненням після хірургічного лікування МПВДС методом АЕПНС є міграція імплантату. До більш рідких, але можливих ускладнень відносять: поверхневу або глибоку інфекцію; остеонекроз, кистозні зміни або перелом надп'яtkової/п'яtkової кістки; синовіт, бурсит, капсуліт; необхідність додаткових втручань; [131]. Проте дані літератури свідчать про невелику їх кількість, що обмежується одиничними клінічними випадками.

Таким чином, існує багато методик виконання АЕПНС (аутокісткою, імплантатом різної форми, скобою, гвинтом), проте досліджень щодо порівняння їх ефективності або біомеханічної оцінки зазначених методик не проведено. Не розроблений алгоритм вибору оптимального методу хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП в залежності від особливостей деформації стопи та супутніх моторних порушень, відсутні загальноприйняті клініко-рентгенологічні критерії вибору імплантату, потребують уточнення питання показань та протипоказів до виконання операцій АЕПНС у дітей різних вікових груп. Практично не висвітлено питання раннього післяопераційного лікування та подальшої реабілітації у зазначеної категорії хворих.

## 1.6 Резюме

Таким чином, на підставі проведеного дослідження даних літератури та аналізу патентно-інформаційних джерел можна зробити такі висновки:

- МПВДС – друга за частотою деформація стопи, що зустрічається в середньому у 35 % дітей, хворих на ДЦП, а серед дітей із ди- або тетраплегічною формою ДЦП МПВДС визначають у 60-65 %;

- динаміка розвитку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, залишається недостатньо вивченою. Клінічне значення МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, пояснюється порушеннями опорності стопи, тобто зменшенням її стабільності, що особливо важливо у фазі опори та переносу ваги тіла. Це призводить до порушень ходьби та іноді є елементом біомеханічної дисфункції «важелів» рівноваги нижніх кінцівок. Із часом з'являється больовий синдром, натоптиші, проблеми з вибором взуття. Усе це призводить до зменшення функціональної мобільності та здатності до самостійного пересування хворої на ДЦП дитини;

- патогенез формування МПВДС є мультифакторним, доведено роль м'язово-сухожилкового дисбалансу, вкорочення триголового м'яза гомілки, що в свою чергу призводить до вальгусної установки стопи із поступовим розвитком гіпермобільності на рівні піднадп'яtkового суглоба та вторинним порушеннями розвитку кісток і взаємовідношень у піднадп'яtkовому та Шопаровому суглобах стопи. Існує багато теорій формування МПВДС у хворих на ДЦП дітей. Сучасною теорією, що пояснює функціонування стопи та розвиток МПВДС є теорія «обертальної рівноваги» К. Kirby, яка розглядає роль піднадп'яtkового суглоба та орієнтації його осі в розподілі супінаційних та пронаційних моментів, що генеруються зовнішніми та внутрішніми чинниками і, відповідно, у формуванні постави стопи. Біомеханічною основою теорії «обертальної рівноваги» є дані щодо рухів у піднадп'яtkовому суглобі та механізми пасивної стабілізації Шопарового суглоба за умов супінаційного положення п'яtkової кістки;

– математичне моделювання методом скінченних елементів є перспективним та актуальним напрямом досліджень, який дозволить визначити розподіл напруження в кісткових елементах стопи у випадку МПВДС, а також слугуватиме обґрунтуванням диференційованого вибору методик хірургічного лікування МПВДС та різних імплантатів у процесі їх виконання;

– діагностика МПВДС у хворих на ДЦП дітей, заснована на клініко-рентгенологічних методах дослідження, при цьому проведення рентгенологічних досліджень часто є ускладненим. Прогнозування розвитку та подальшого прогресування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, наразі відсутнє, що пояснюється відсутністю чітких даних щодо динаміки її розвитку в процесі росту і формування дитини;

– лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, проводять із використанням консервативних та хірургічних методів. Початкове лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, у віці до 6-7 років зазвичай проводять комплексними консервативними методиками, у тому числі й шляхом використання різних варіантів ортезування. У рекомендованих випадках ортези є ефективним способом лікування МПВДС у дітей, дозволяють покращити стабільність стопи і поліпшити біомеханічні показники ходьби у хворих на ДЦП дітей, та тимчасово стримують прогресування деформації. Проте ортезування як ізольований метод може використовуватися лише на початкових етапах розвитку МПВДС і не має довгострокового ефекту;

– хірургічне лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, призначають у випадку прогресування деформації, розвитку вторинних деформацій стопи та неефективності або неможливості використання ортезів. Нині відсутні загальноприйняті протоколи хірургічного лікування в пацієнтів із МПВДС, хворих на ДЦП. Запропоновані численні методики для лікування МПВДС у дітей, які застосовують у здебільшого емпірично, без належного обґрунтування, при цьому результати віддалених спостережень є суперечливими. У віці від 4-6 років і до 12 років використовують хірургічні

методики, що спрямовані на корекцію сухожилково-м'язового дисбалансу та усунення контрактур м'яких тканин гомілки та стопи, шляхом виконання м'якотканинних втручань (транспозиції сухожилок, подовження скорочених, чи аугментація перерозтягнутих м'якотканинних структур);

– для лікування МПВДС у дітей віком старше за 12 років широко використовують хірургічні втручання, спрямовані на корекцію взаємовідношень у суглобах заднього та середнього відділів стопи, — коригувальні остеотомії кісток, стабілізувальні операції – артродези. Evans-остеотомія, або коригувальна подовжувальна латеральна остеотомія п'яtkової кістки, є однією з найуживаніших методик хірургічної корекції серед застосовуваних для лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей. Проте це хірургічне втручання має вікові обмеження та в деяких випадках супроводжується рецидивом деформації;

– альтернативною та перспективною малоінвазивною методикою хірургічної корекції МПВДС у хворих на ДЦП дітей, є артрорез піднадп'яtkового суглоба та операція «calcaneo-stop procedure», які дають змогу обмежити патологічно збільшені пронаційні рухи у ньому, стабілізуючи стопу та значно підвищуючи її опороспроможність, змінюючи тим самим форму стопи, а також її розвиток. АЕПНС широко використовують для хірургічного лікування ідіопатичної МПВДС у дітей у віці від 7-8 років і до 18 років, однак є обмежена кількість повідомлень про використання даної методики у хворих на ДЦП дітей. Проте в післяопераційному періоді у процесі реабілітації та подальшого навантаження стоп виникають певні ускладнення, які погіршують результат проведеного втручання. Зокрема, 15-25 % хворих відмічають больовий синдром, зумовлений конструктивними особливостями конусовидних імплантатів, а у 26-35 % випадків спостерігають міграцію імплантатів, що призводить до зниження якості лікувального ефекту від АЕПНС або й до повної втрати корекції та рецидиву деформації стопи. Крім того, відсутні чіткі вікові критерії та показання до застосування АЕПНС у лікуванні

МПВДС у хворих на ДЦП дітей, відсутнє біомеханічне обґрунтування та критерії вибору оптимального імплантата (за формою та розміром) у зазначеної категорії пацієнтів;

– відсутній диференційований підхід і чіткий алгоритм вибору лікувальних заходів у випадках МПВДС у дітей із ДЦП залежно від ступеня деформації, віку пацієнта, великих моторних функцій за класифікацією GMFCS, також немає класифікації, яка дозволила б уніфікувати підходи до лікування зазначеної патології та виокремити певні групи хворих із відповідними прогностичними напрямками, що потребує свого вирішення;

– практично повністю відсутні публікації українських фахівців щодо тактики та результатів хірургічного лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей.

Таким чином, обраний напрям дисертаційного дослідження є актуальним, тому робота спрямована на ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування МПВДС, біомеханічне комп'ютерне моделювання різних методик її хірургічного лікування, розроблення та обґрунтування алгоритму вибору методики хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у дітей із ДЦП, обґрунтування й удосконалення малоінвазивної методики АЕПНС для корекції МПВДС.

#### **За матеріалами розділу опубліковано:**

[125] Корольков, А. И., Рахман, П. М., & Кикош, Г. В. (2016). Подтаранный артрорез в лечении плоско-вальгусной деформации стоп: аргументы за и против (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (1), 115–123. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720161115-123>

[150] Korolkov, O. I., & Rakhman, P. M. (2018). Subtalar arthroereisis in the treatment of flat-foot deformity: the pros and the cons. *Moldavian Journal of pediatric surgery*, 1, 47–55.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

#### 2.1 Матеріал і загальний дизайн дослідження

Дисертаційне дослідження складається з декількох взаємопов'язаних частин:

– **частина 1** (розділ 3) — ретроспективне дослідження, аналіз результатів хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, за даними архівного матеріалу. Клінічна частина дослідження включає архівні дані історій хвороб 34 пацієнтів (56 стоп), хворих на ДЦП, яким виконано хірургічне лікування МПВДС на базі клініки дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН» у період із 2002 по 2015 роки.

У досліджуваній групі пацієнтів було 23 хлопчики (67,7 %) та 11 дівчаток (32,3 %). Вік пацієнтів становив від 7 до 15 років (середній вік 9 років і 8 міс).

У процесі аналізу історій хвороби аналізували:

- характерні скарги та клінічні симптоми МПВДС; характеристики основного захворювання (тип ДЦП, GMFCS рівень);
- клінічні особливості деформації стопи (мобільність, опорність, наявність вторинних і третинних деформацій);
- дані плантографії (кути відхилення заднього та переднього відділів стопи);
- стандартні рентгенометричні показники, які визначають за МПВДС;
- оцінювання за AOFAS для заднього відділу стопи;
- характер проведеного хірургічного втручання;
- характер і кількість ускладнень;
- результати хірургічного втручання.

Результати хірургічного втручання оцінювали за шкалою AOFAS для заднього відділу стопи. Зазначені параметри вивчали до хірургічного

втручання та в процесі контрольних оглядів через 6, 12 і 24 міс.

Для дослідження характеру біомеханічних змін ПНС в умовах МПВДС у дітей виконано експериментальне дослідження з метою визначення осі піднадп'яtkового суглоба в трьох групах дітей: здорових, здорових із МПВДС, хворих на ДЦП із МПВДС. Мета цього підрозділу роботи: визначити закономірності розташування осі піднадп'яtkового суглоба залежно від виду, характеру та ступеня МПВДС у дітей різних груп.

Матеріалом цієї клініко-експериментальної частини дослідження стали 30 дітей, віком ( $6 \pm 1$ ) років, яким визначали орієнтацію осі ПНС у аксіальній площині за методикою К.Kirby. Серед досліджуваних груп дітей були: 10 здорових осіб, 10 — із МПВДС; 10 — хворих на ДЦП із МПВДС.

– **частина 2** (розділ 4) — математичне моделювання способів хірургічної корекції МПВДС методом скінченних елементів. Метою цього фрагменту роботи було проаналізувати напружено-деформований стан (НДС) кісток стопи в нормі, у випадку її плосковальгусної деформації та за умов виконання різних методик хірургічної корекції, а також порівняння НДС у разі використання для АЕПНС імплантатів різного типу.

– **частина 3** (розділ 5) — розроблення робочої класифікації та алгоритму хірургічного лікування МПВДС у дітей із ДЦП залежно від ступеня деформації, віку, GMFCS рівня та верифікація алгоритму.

## 2.2 Клінічні дослідження

Клінічні дослідження пацієнтів із МПВДС відповідали стандартам обстеження ортопедичних хворих, розроблених Марксом В.О [140], та включали: збір анамнестичних даних, огляд пацієнта у вертикальному положенні та сидячи, пальпацію, аналіз тонусу та сили м'язів гомілки, клінічне оцінювання та визначення обсягу рухів у суглобах стопи (надп'яtkовому, піднадп'яtkовому, Шопаровому), клінічне визначення осьових параметрів нижньої кінцівки у фронтальній, сагітальній та аксіальній

площинах, оцінювання функціональних можливостей пересування дитини. Форму стоп, зміни її у вертикальному положенні та функціональні можливості дитини фіксували зі застосуванням цифрової фотографії та відеозаписів.

Клінічне оцінювання МПВДС у дітей проводили з урахуванням критеріїв запропонованих V. Mosca [92]:

1. Визначали мобільність у ПНС та суглобі Шопара і оцінювали ступінь мобільності стопи.

2. Оцінювали вторинні та третинні деформації стопи, що виникли внаслідок МПВДС (вторинні: ригідна або мобільна супінаційна деформація переднього відділу стопи; третинні: ювенільний hallux valgus, зовнішня торсія кісток гомілки).

3. Виявляли еквінус (динамічна або ригідна контрактура), а також найважливіше джерело контрактури (вкорочення камбалоподібного (m. soleus) та/або литкового м'яза (m. gastrocnemius)). Для цього проводили стандартний тест Сільверскольда (test Silferskiold) [142].

3. За допомогою плантографії оцінювали:

– кут вальгусного відхилення заднього відділу стопи (відхилення п'ятки) та кут відведення переднього відділу стопи;

– опорність стопи, тобто характер навантаження її плантарної поверхні у вертикальному положенні дитини.

Оцінку рухомості (мобільності) у піднадп'ятковому суглобі проводили у положенні незначної дорзифлексії стопи ( $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$  тильної флексії), при цьому визначали обсяг про- та супінаційних рухів п'яtkової кістки по відношенню до фіксованої у надп'ятковому суглобі надп'яткової (в нормі обсяг рухів у піднадп'ятковому суглобі становить до  $10^{\circ}$ ). Аналогічно шляхом мануальної оцінки визначали мобільність у надп'ятково-човноподібному суглобі стопи.

*Ступінь мобільності* плосковальгусної деформації стопи визначали відповідно до зміни форми та положення різних відділів стопи під час

осьового навантаження та без нього. Додатково оцінювали результати виконання тестів мануальної корекції форми стопи, що виконували у горизонтальному положенні (без осьового навантаження на стопу) дитини із зігнутими під кутом 90 градусів колінним суглобом, для виключення обмежень через вкорочення трьохголового м'яза гомілки.

Кути відхилення заднього та переднього відділу стопи визначали клінічно, за допомогою плантографії. Використовували систему «ПЛАНТОВІЗОР» (апаратно-програмний комплекс для діагностики функціонального стану стоп), що включає систему фотофіксації положення стопи у вертикальному положенні (плантарної поверхні та заднього відділу стопи) та програмне забезпечення, яке дозволяє визначати відповідні кутові параметри стоп (рис 2.1, а).

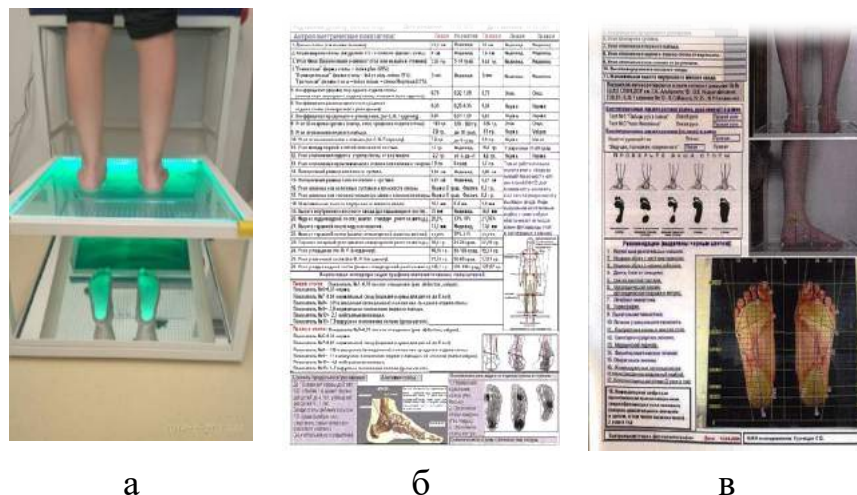


Рис. 2.1. Дослідження на апаратно-програмному комплексі «ПЛАНТОВІЗОР»: методика (а) та схеми визначення кутів відхилення заднього (б) та переднього (и) відділів стопи.

Кут вальгусного відхилення заднього відділу стопи визначали між вертикальною лінією, проведеною посередині задньої поверхні гомілки, та лінією, що з'єднує середину надп'яtkового суглоба та середину п'яtkового бугра (рис. 2.1, б). Нормальний показник цього кута – до 7°-8°.

Кут приведення переднього відділу стопи визначали за плантарними

відбитками між бісектрисою п'ятки та лінією, яка з'єднує середину поперекового розміру середнього відділу стопи із II пальцем (рис. 2.1, в). У нормі зазначений кут має становити  $0^\circ$ .

Мобільність плосковальгусної деформації стопи залежить від наявності контрактур у її суглобах (надп'ятковий, піднадп'ятковий, суглоб Шопара). Мобільність стопи ми розділяли на нормальну та обмежену [137]. Нормальна мобільність (НМ) — можлива пасивна гіперкорекція деформації у випадку виконання мануальної корекції. Обмежена мобільність (ОМ) — можливість пасивної корекції до середнього положення.

У випадках відсутності рухів у піднадп'ятковому суглобі або суглобі Шопара, неможливості виведення стопи принаймні у середнє положення, її класифікували як ригідну. Пацієнтам призначали додаткові методи обстеження (КТ, МРТ) і не включали в подальше дослідження.

Опорність стопи визначали клінічно, за допомогою оцінювання характеру навантаження плантарної поверхні стопи в умовах вертикального її навантаження (під час опори на неї). Оцінка зазначеного показника проводилось відповідно до критеріїв, запропонованих Кенісом В.М. [137].

Нормальна опорність стопи передбачає навантаження за умов вертикального положення тіла в трьох стандартних опорних точках плантарної поверхні стопи: п'ятки, головок I та V плеснових кісток, а також відсутність навантаження на інші, нехарактерні зони. Це так звані «фізіологічні опорні точки стопи» (англ. «foot tripod»). Унаслідок великої кількості можливих комбінацій порушень опорності ми враховували лише факт наявності порушення, тобто розглядали дві категорії: нормальна або порушена опорність стопи. Критерієм порушення опорності стопи вважали відсутність навантаження на одну чи більше точок фізіологічної опори, або навантаження на нефізіологічну точку опори [137].

Для комплексної оцінки порушень форми та функції стопи у досліджуваних груп пацієнтів була обрана стандартна шкала Американського Товариства стопи та надп'яткового суглобу для заднього відділу стопи

(AOFAS hindfoot scale) [142].

Запропонована шкала є одним із найчастіше використовуваних інструментів для оцінювання результатів лікування пацієнтів із патологією стопи та надп'яtkового суглоба. Шкала передбачає комплексне оцінювання таких параметрів: больовий синдром, форма стопи та її функції. Оцінювання стоп за шкалою AOFAS hindfoot scale дозволяє врахувати як сумарний бал (максимум 100 балів), так і визначити оцінку його складових компонентів (больового синдрому, функції та форми стопи) (Додаток А).

Важливим фактором, що визначає форму і функцію стопи та впливає на вибір методу лікування у дітей, хворих на ДЦП, є тонус м'язів. Для його аналізу використовували модифіковану шкалу Ешворта (англ. Modified Ashwort Scale [141]). Відповідно до методики, тонус м'язів у горизонтальному положенні, а рухи у суглобах виконують зі швидкістю, що відповідає «швидкості рухів під силою тяжіння»:

0 балів – нормальний тонус м'язів;

1 бал – незначне підвищення тонусу м'язів, що супроводжується раптовим «захватом» і повільним зменшенням тонусу або мінімальним опором по досягненню крайнього положення руху в суглобі;

1+ – незначне підвищення м'язового тонусу, що проявляється «захватом», після якого відзначається мінімальний опір протягом подальшого обсягу рухів у суглобі (менше половини загальної амплітуди рухів);

2 – помітніше збільшення м'язового тонусу, що відзначається протягом більшої частини амплітуди рухів у суглобі, але досліджувана ділянка легко рухається;

3 – значне збільшення м'язового тонусу, пасивні рухи виконувати важко;

4 – практично відсутні рухи досліджуваної ділянки за умов згинання та розгинання.

Визначення типу ходьби проводили шляхом спостереження та

візуального оцінювання акту ходьби пацієнта. За необхідності виконували двоплощинну відеофіксацію (спереду та збоку) із наступним аналізом ходьби у сповільненому режимі. Оцінка спастичності визначається шляхом мануального виявлення пасивного розтягнення м'яких тканин під час рухів у суглобах за 5-бальною шкалою.

Тип ходьби класифікували відповідно до класифікації J. Rodda для спастичної гемі-, диплегії та тетрапаретичних форм ДЦП [143] (рис. 2.2).

Відповідно до зазначеної класифікації для геміпаретичних форм виділяють чотири типи ходьби:

тип 1 – обвисла стопа;

тип 2 (2а – справжній еквінус із нейтральним положенням колінних суглобів; 2б – еквінус із рекурвацією колінних суглобів);

тип 3 – справжній еквінус зі згинальною контрактурою в колінному суглобі;

тип 4 – те саме, що й тип 3 із наявністю згинально-привідної контрактури кульшового суглоба та внутрішньої ротації стегна на фоні збільшеної анте версії.

Для диплегічних форм виділяють такі типи ходи:

1. Еквінусна;

2. Стрибаюча, з та без спастичного колінного суглоба;

3. «Хибний» еквінус характеризується ходьбою на носках, що на фоні відсутності еквінуса розвивається через вкорочення згиначів стегна та коліна (*m. semitendinosus, m semimembranosus ma m iliopsoas*);

4. Крауч хода (англ. crouch gait) – проявляється збільшеною дорсифлексією в надп'ятковому суглобі в комбінації зі збільшеним згинанням у колінному та кульшових. Крауч хода є найбільш енергозатратною та складною у процесі її реалізації для дитини серед усіх описаних варіантів. Крім того, така хода веде до розвитку больового синдрому в ділянці колінного та стегново-наколінкового суглобів у підлітковому віці.

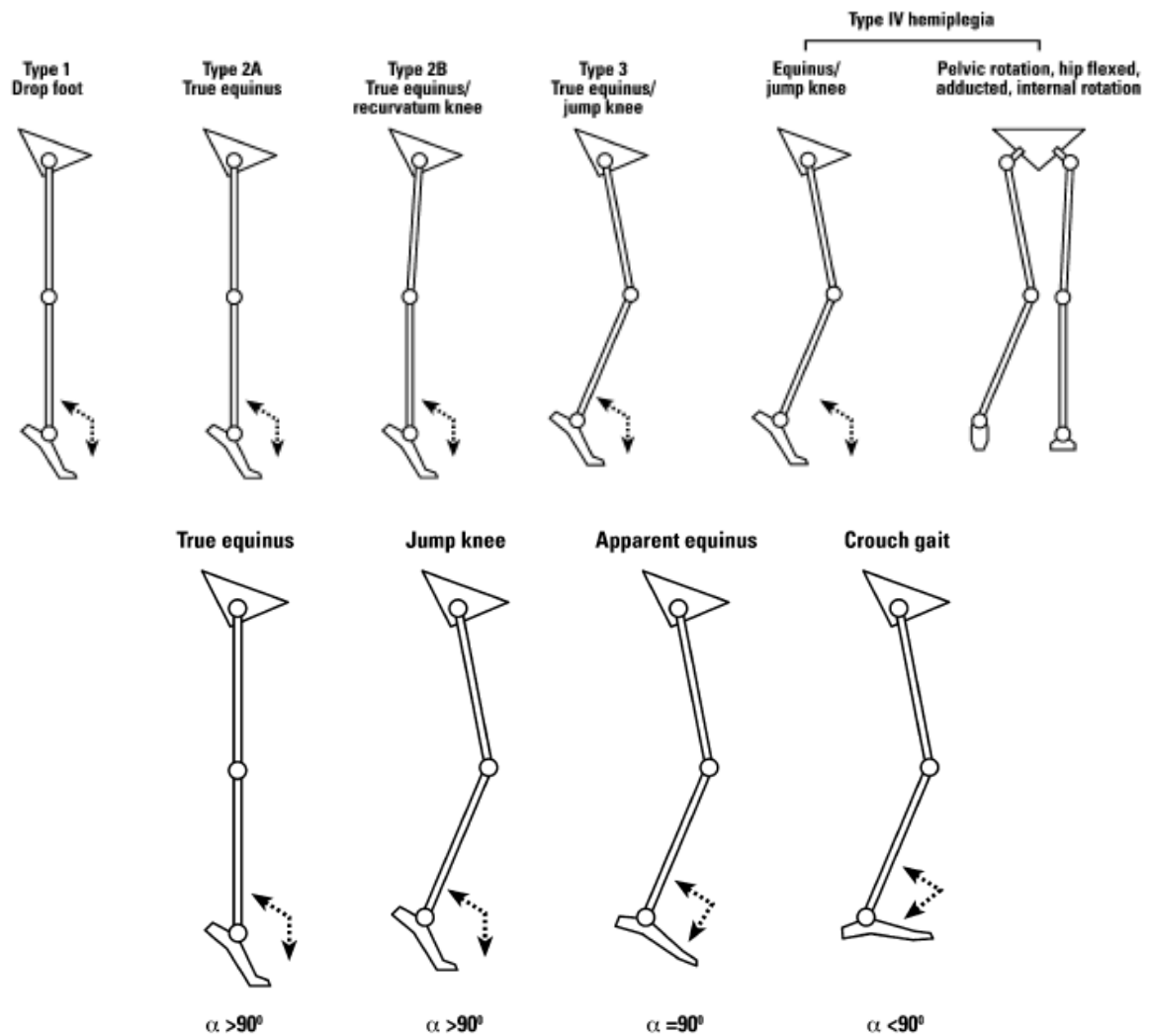


Рис. 2.2. Типи (патерни) ходи, що характерні для дітей, хворих на ДЦП: для геміплегічної (а) та диплегічної (б) форми ураження (наведено за [145]).

Оцінку ротаційного компонента деформацій нижніх кінцівок проводили за методикою, запропонованою L. Staheli [144], для цього у вертикальному та горизонтальному положеннях дитини визначали особливості просторового положення стоп, кутові співвідношення стопи по відношенню до осі стегна та напрямку ходьби (кут стегно-стопа, кут прогресії стопи) та обсяг зовнішньої та внутрішньої ротації в кульшових суглобах (рис. 2.3).

Оцінка рівня опорно-кінематичної функції пацієнтів проводилась згідно останньої модифікації шкали великих моторних навичок (GMFCS E&R – англ. *Gross Motor Function Classification System Extended and Revised*),

що враховує віковий фактор (табл. 2.1) [145]. У роботі досліджена група дітей старших за 6 років, тому в табл. 2.1. наведені дані для вікової групи 6-12 років. Відповідно до цієї шкали щодо можливостей пересування дитини, в класифікації виділяють 5 рівнів.

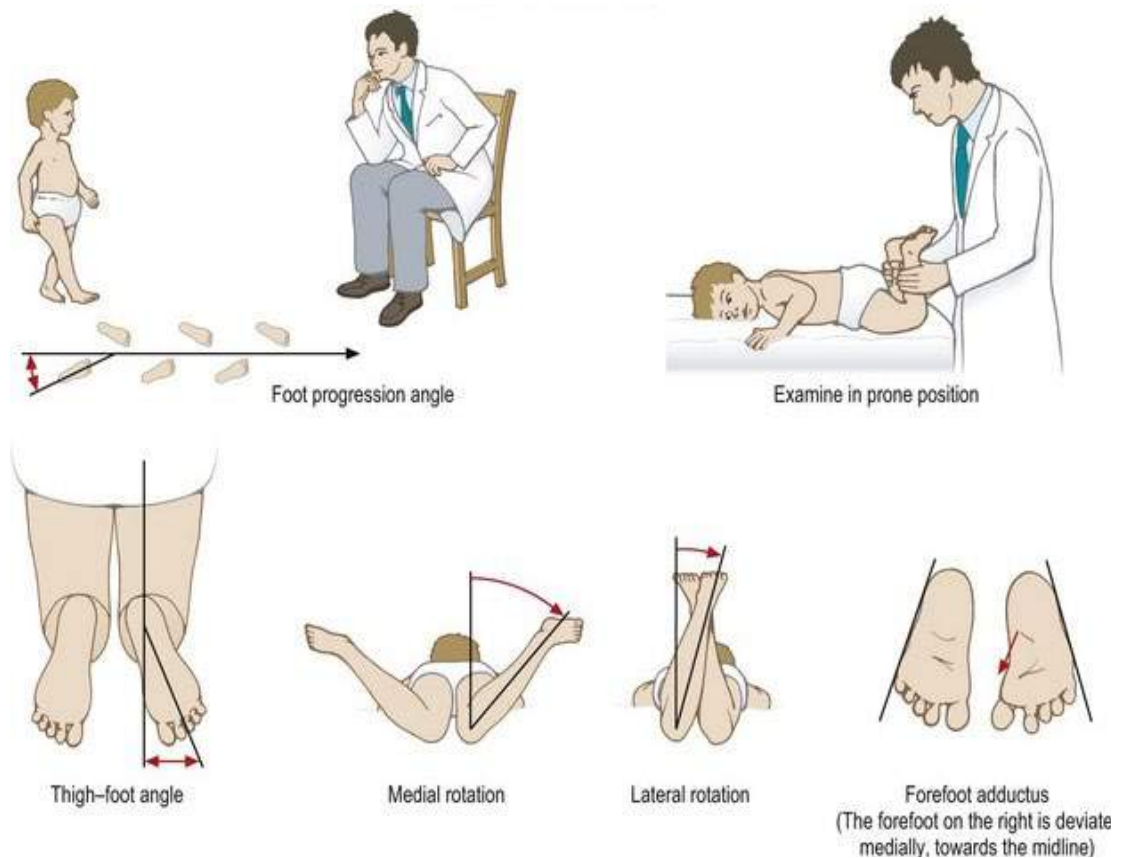


Рис. 2.3. Визначення ротаційної орієнтації стоп за методикою L.Staheli: а) кута ротації стопи; б) відхилення стопи по відношенню до осі стегна; в) зовнішньої та внутрішньої ротації стегна у кульшовому суглобі; г) приведення переднього відділу стопи (наведено за [144]).

Функціональну мобільність дитини оцінювали за шкалою FMS (англ Functional Mobility Scale), яка дозволяє визначати зміни функціональної мобільності щодо самостійного пересування, так і з різними допоміжними пристроями (ортопедична палиця, милиці, ходунки, механічні та моторизовані крісла тощо). Шкала FMS широко використовується для оцінки змін функціональної мобільності, що відбуваються після хірургічного або

консервативного лікування дітей, хворих на ДЦП [146].

Таблиця 2.1

Шкала оцінювання великих моторних навичок. Модифікована та доповнена версія для дітей 6-12 років (GMFCS E&R)

Рівень	Характеристика
I	Діти самостійно ходять вдома та на вулиці, можуть пересуватися по сходах без опори на перила, а також виконувати такі моторні навички, як біг, стрибки, але швидкість, баланс і координація обмежені.
II	Діти зазвичай пересуваються, підіймаються сходами, використовуючи перила, але можуть відчувати труднощі під час ходьби на довгі дистанції або по нерівній поверхні. Можуть ходити із фізичною допомогою чи допоміжними засобами для пересування (ходунки чи засоби для пересування коляскового типу). Мають мінімальні можливості виконання великих моторних навичок, таких як біг чи стрибки.
III	Діти ходять за допомогою додаткових засобів для пересування (ходунки різної модифікації), можуть піднятися сходами, тримаючись за перила з наглядом або фізичною допомогою, також можуть рухатися самостійно на короткі дистанції і використовують коляски для пересування на далекі відстані.
VI	Самостійне пересування обмежене. Можуть пересуватися на короткі дистанції із додатковою фізичною допомогою та потребують моторизованих колясок або фізичної допомоги. У школі чи у місцях суспільного скупчення транспортуються у колясках.
V	Дітей транспортують у колясках у всіх випадках. Вони обмежені у своїй здатності утримувати положення голови та тулуба, контролювати рухи ніг і рук.

Оцінювання за шкалою FMS [146] проводять шляхом опитування дитини або батьків, а не прямого спостереження. Рухові дитини оцінюють на кожній із трьох відстаней — 5, 50, 500 м, яка визначається характером моторних можливостей дитини. Шкала розроблена для дітей у віці від 4 до 18 років і передбачає аналіз можливості пересування на трьох визначених дистанціях 5, 50 та 500 метрів, після чого виставляють бальну оцінку з урахуванням характеру пересування та необхідності застосування допоміжних ортопедичних засобів (тростина, милиці, ходунки або крісло-коляска).

Критерії оцінювання:

6 балів — дитина ходить самостійно, не використовує допоміжних засобів для ходьби;

5 балів — не використовує допоміжні засоби для прогулянок і не потребує фізичної допомоги іншої особи, проте потрібні перила на сходах (якщо використовуються меблі, стіни, огорожі, вітрини для підтримки, застосовують 4 як відповідний опис);

4 бали — використовує ортопедичну палицю (одну або дві). Не потребує допомоги іншої людини;

3 бали — використовує милиці;

2 бали — використовує ходунки;

1 бал — використовує коляску. Може стояти із додатковою опорою, зробити декілька кроків із фізичною допомогою іншої людини або у ходунках;

C – crawling — дитина для пересування повзає (пересування вдома до 5 м);

N — не виконує.

Особливістю FMS шкали є можливість врахування різних допоміжних пристроїв, що використовуються дитиною для пересування на території дому, в школі та в суспільних місцях.

*Визначення осі піднадп'яtkового суглоба*

Для оцінки осі піднадп'яtkового суглоба та можливого її значення для

розвитку МПВДС у дітей із ДЦП, проводили визначення проекції осі піднадп'яtkового суглобу на плантарну поверхню стопи у трьох груп дітей: група 1 (15 дітей) — здорові; група 2 (15) — здорові діти з ознаками МПВДС; група 3 (14) — діти із МПВДС, хворі на ДЦП.

Для виявлення розташування осі ПНС використовували мануальну техніку К. Kirby. Зазначена техніка була валідизована у декількох роботах різних груп авторів та показала відмінну відтворюваність, за результатами досліджень [32–35, 59].

Визначення проводили в горизонтальному зручному для пацієнта положенні на спині зі стопами, що звисають без опори зі стільця. Пацієнта просять повністю розслабити стопи, після чого лікар вільно рухає стопою дитини, до досягнення т.зв. плантарної паралельної позиції (plantar parallel position), що відповідає 3 критеріям: 1) сагітальна бісектриса, що з'єднує середину п'ятки та 2 палець – вертикальна; 2) плантарна поверхня переднього відділу стопи, паралельна аксіальній площині; 3) у фронтальній площині нижні кінцівки пацієнта мають знаходитися приблизно в тому самому положенні, що і в нормі у фазі двохопрного стояння.

Далі голівка V плеснової кістки захоплюється щипковим хватом І пальцем лікаря, а його І палець іншої кисті використовується для пальпації осі ПНС (рис. 2.4). Для лівої стопи, голівку V плеснової кістки фіксують великим пальцем правої руки, а великий палець лівої руки використовують для прикладання сили на плантарну поверхню стопи для безпосередньої пальпації та визначення локалізації осі ПНС. Для правої стопи техніка мануальної пальпації проводиться навпаки.

Далі опис проводиться для лівої стопи, на правій стопі визначення проводиться аналогічно, змінюється лише положення рук. Визначають положення осі ПНС у задньому відділі стопи, для чого кінчик лівого великого пальця використовується для натискання на плантарну поверхню бугра п'яткової кістки, при цьому орієнтація навантаження має бути чітко паралельно сагітальній осі пацієнта. У цьому випадку лівий великий палець

симулює дію реакції опори при двоопорному стоянні.

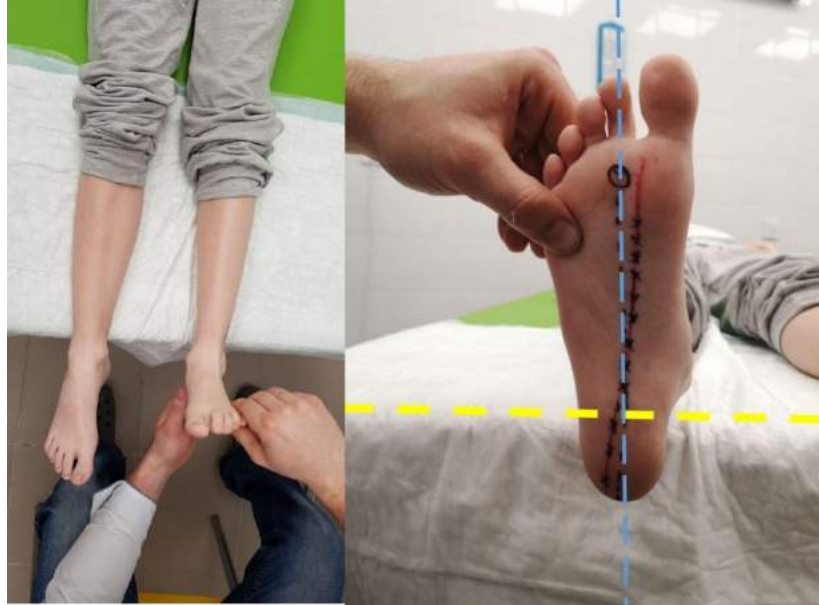


Рис. 2.4. Зображення «плантарної паралельної позиції» для визначення осі ПНС.

Під час натискання на плантарну поверхню лівим великим пальцем, правий великий палець, що тримає голівку 5 плеснової кістки використовується для оцінки пронаційних чи супінаційних рухів, що відбуваються шляхом обертання (або без нього) навколо ПНС. Якщо під тиском зі сторони лівого великого пальця у ПНС відбувається пронація, то це призводить, до еверсії переднього відділу стопи, що відчувається пальцем, який фіксує голівку 5 плеснової кістки і навпаки, у випадку супінації у ПНС, буде відчуватися інверсія переднього відділу стопи.

Таким чином, зміщуючи точку прикладання сили на плантарну поверхню стопи від латерального до медіального її краю знаходять точку, при прикладанні сили до якої, не відзначається рухів у передньому відділі – це т.зв. точка «відсутності ротаційних рухів», що і є по суті проекцією осі ПНС на плантарну поверхню стопи (рис. 2.5).

Аналогічно зміщуючись у дистальному напрямку на 1,5-2 см визначають точки відсутності ротаційних рухів, які помічають маркером і таким чином визначають проекцію осі ПНС на плантарну поверхню стопи.

Для визначення кута відхилення осі ПНС використовують сагітальну бісектрису стопи, що з'єднує середину п'ятки із II пальцем стопи. Схема розрахункових величин, що дозволяє розрахувати кут відхилення осі ПНС від бісектриси стопи приведений на рис. 2.6.



Рис. 2.5. Схема визначення проєкції осі ПНС на плантарну поверхню стопи проводиться шляхом локалізації точки «відсутності ротаційних рухів» [58].

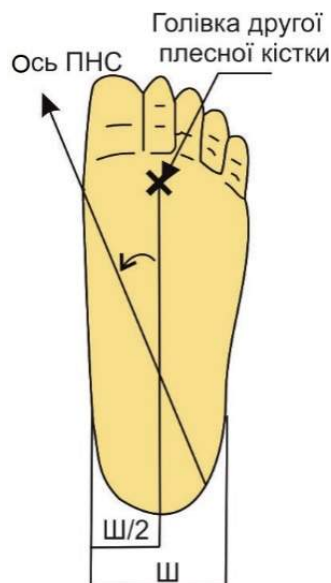


Рис. 2.6. Схема визначення проєкції осі ПНС на плантарну поверхню стопи [58].

Оцінка отриманих кутових параметрів проводилась за допомогою стандартної ортопедичної лінійки, додатково визначалися параметри. Визначення проекції осі ПНС на плантарну поверхню стопи виконували двічі для кожної стопи, після чого кутовий параметр (кут відхилення осі від сагітальної бісектриси стопи) визначали, як середній арифметичний показник із двох отриманих величин (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Визначення проекції осі ПНС на плантарну поверхню стопи у здорової дитини (без патології стопи), О., 6 років: а) фото стопи, фас та профіль; б) фото визначення проекції осі ПНС на плантарну поверхню стопи.

### 2.3 Рентгенологічні методи дослідження

Для об'єктивної оцінки змін кутових параметрів стоп виконували рентгенологічні дослідження у положенні вертикального навантаження у двох стандартних проекціях: передньо-задній та боковій (рис. 2.8) і визначали наступні рентгенометричні показники:

- надп'яtkово-п'яtkовий кут – норма 35-40 градусів;
- надп'яtkово-човноподібне перекриття (talonavicular coverage);
- латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут (Meary angle) (у нормі становить  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$ );
- п'яtkовий нахил (calcaneal pitch) – кут між поверхнею опори та нижньою поверхнею п'яtkової кістки (в нормі складає  $15^{\circ}$ – $20^{\circ}$ );

Дослідження проводили до початку лікування, та через 6-12 міс. після

хірургічного втручання під час контрольних оглядів.



Рис. 2.8. Схема визначення кутів на передньо-задній і боковій рентгенограмах правої стопи пацієнта В., 7 років, історія хвороби № 80968: а) прямий надп'яtkово-п'яtkовий і кут надп'яtkово-човноподібного перекриття; б) латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний та кут нахилу п'яtkової кістки.

#### 2.4 Біомеханічні дослідження

У лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» проведені дослідження з використанням методу скінченних елементів, для визначення напружено-деформованого стану математичних моделей стопи в нормі, у випадку її плосковальгусної деформації, а також у разі виконання різних хірургічних втручань, у тому числі і за умов використання різних варіантів імплантатів для АЕПНС, коригувальних гвинтів та кісткових автотрансплантатів.

Для вирішення поставленого завдання була побудована скінченно-елементна модель (СЕМ) стопи, яка складається з елементів великогомілкової, малогомілкової, п'яtkової, надп'яtkової, човноподібної та клиноподібних кісток. Суглобові поверхні моделювали елементами з механічними властивостями хрящової тканини. Зовнішній вигляд моделі наведено на рис. 2.9.

Для визначення впливу плосковальгусної деформації на розподіл

напружень у кістках стопи побудована СЕМ стопи, в якій плосковальгусну деформацію відтворювали шляхом зміни геометричних показників розташування елементів моделей. Зокрема, у фронтальній площині п'яtkово-великогомілковий кут дорівнює  $4^\circ$ , а у процесі моделювання плосковальгусної деформації стопи він був збільшений до  $15^\circ$  (рис. 2.10).

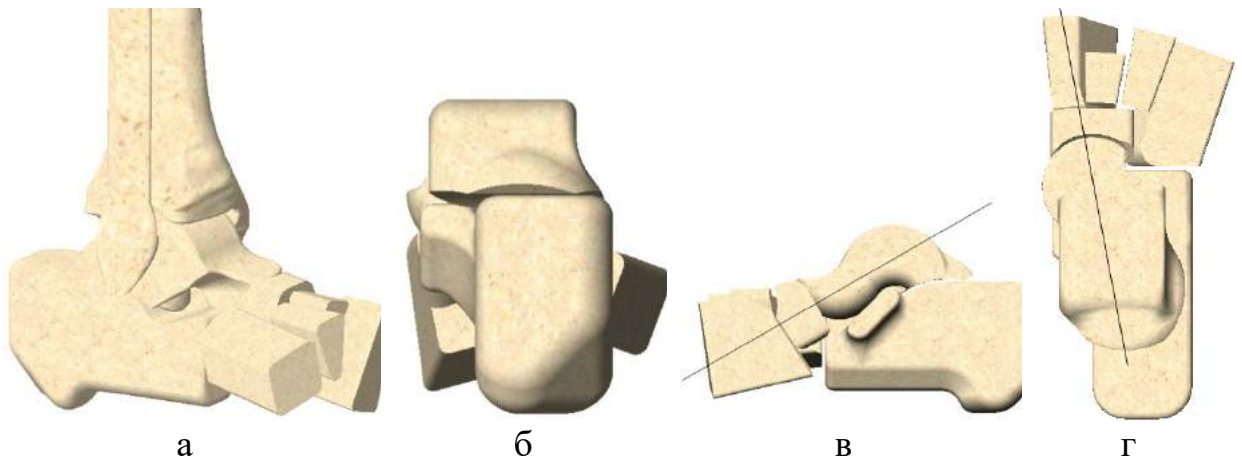


Рис. 2.9. Комп'ютерна модель стопи в нормі: загальний вигляд (а), у фронтальній проекції ззаду (б); у сагітальній проекції, з медіальної сторони (в); у горизонтальній проекції (г).

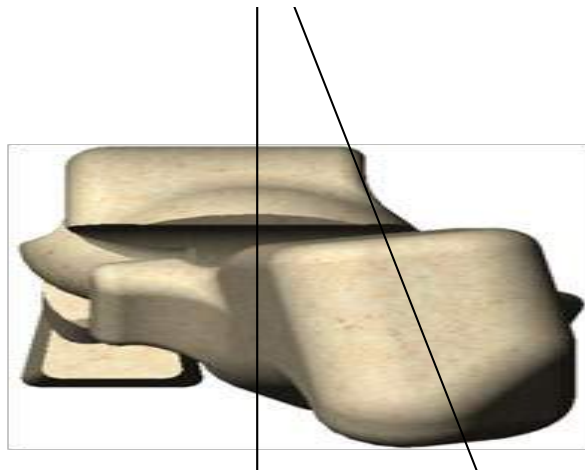


Рис. 2.10. Модель стопи з плосковальгусною деформацією, лініями визначено п'яtkово-великогомілковий кут.

У сагітальній площині змінювали величину п'яtkово-надп'яtkового кута, яка в нормі дорівнює  $35^\circ$ , а в процесі моделювання була збільшена до

50° (рис. 2.11).

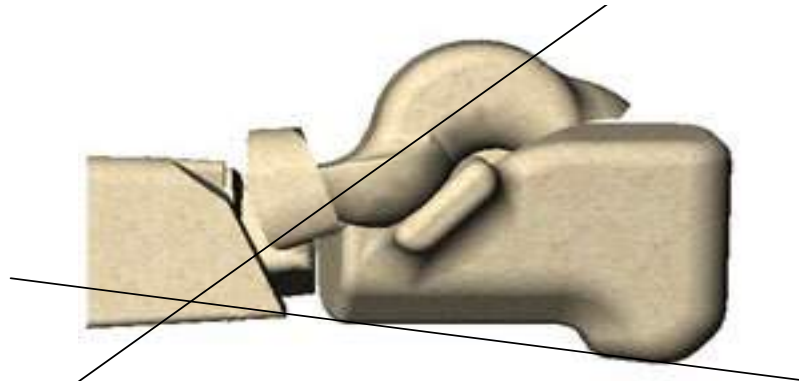


Рис. 2.11. Модель стопи з плосковальгусною деформацією, лініями визначено п'ятково-надп'ятковий кут (сагітальна площина).

У горизонтальній площині величина п'ятково-надп'яткового кута в нормі складає 5-10°, у процесі моделювання плосковальгусної деформації с— 17° (рис. 2.12).

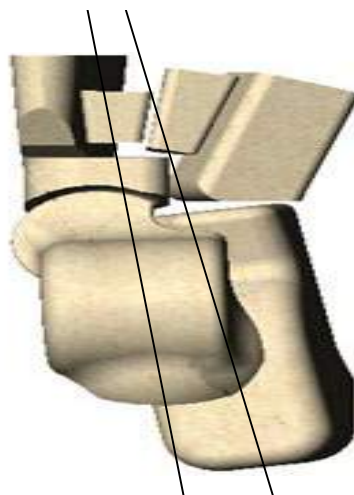


Рис. 2.12. Модель стопи з плосковальгусною деформацією, лініями визначено п'ятково-надп'ятковий кут (горизонтальна площина).

Для вивчення впливу коригувальних імплантатів на напружено-деформований стан моделей стоп порівнювали моделі двох імплантатів для АЕПНС: стандартного конусного, що використовується в клінічній практиці, та розроблений нами в процесі даної роботи двоступеневий конусний імплантат (рис. 2.15) [150]. У процесі моделювання використовували стандартну схему встановлення коригувальних імплантатів для АЕПНС.

Вигляд комп'ютерних моделей стопи з імплантатами наведено на рис. 2.14.



Рис. 2.13. Моделі імплантатів для корекції плосквальгусної деформації стоп: а) стандартний конусний; б) розроблений двоступеневий конусний.

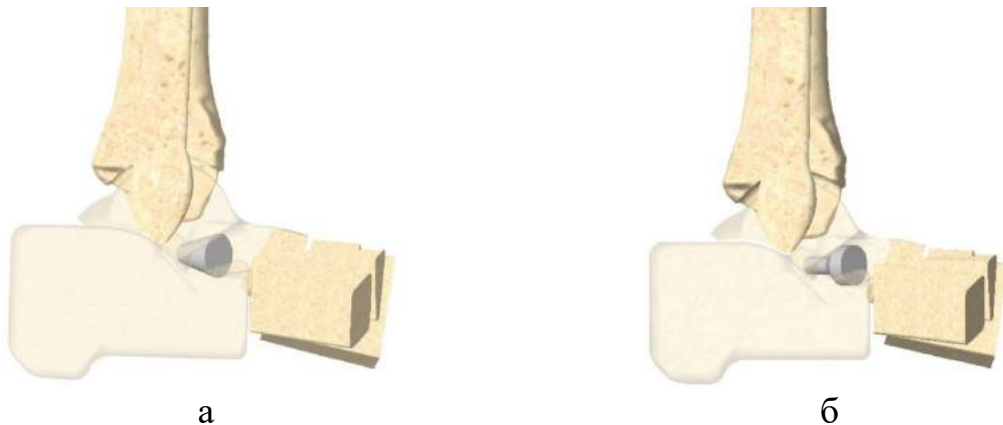


Рис. 2.14. Модель стопи з коригувальними імплантатами для АЕПНС: а) конусний; б) двоступеневий конусний.

На рис. 2.15 наведено загальний вигляд моделей стоп із коригувальними гвинтами для піднадп'яtkового АЕПНС.

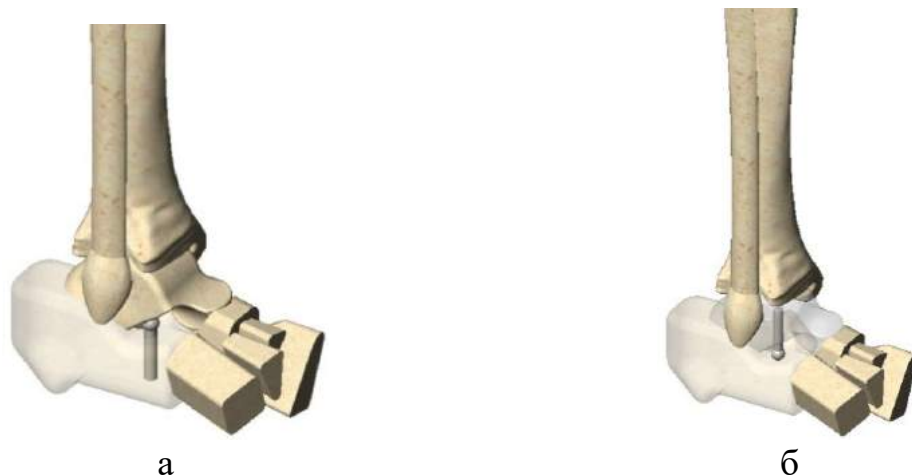


Рис. 2.15. Модель стопи з коригувальними гвинтами для АЕПНС: а) гвинт встановлений у п'яtkову кістку; б) гвинт встановлений у надп'яtkову

кістку.

Модель стопи з кістковим автотрансплантатом, встановленим у п'яткову кістку, представлена на рис. 2.16.



Рис. 2.16. Модель стопи з коригувальним автотрансплантатом у п'ятковій кістці: вигляд у сагітальній площині (а) та з низу (б).

На рис. 2.17 наведено модель стопи з кістковим автотрансплантатом, встановленим між п'ярковою та кубоподібною кістками та закріплений титановими скобами. Зазначена модель відтворює коригувальний п'ярково-кубоподібний артродез, як метод хірургічної корекції МПВДС.

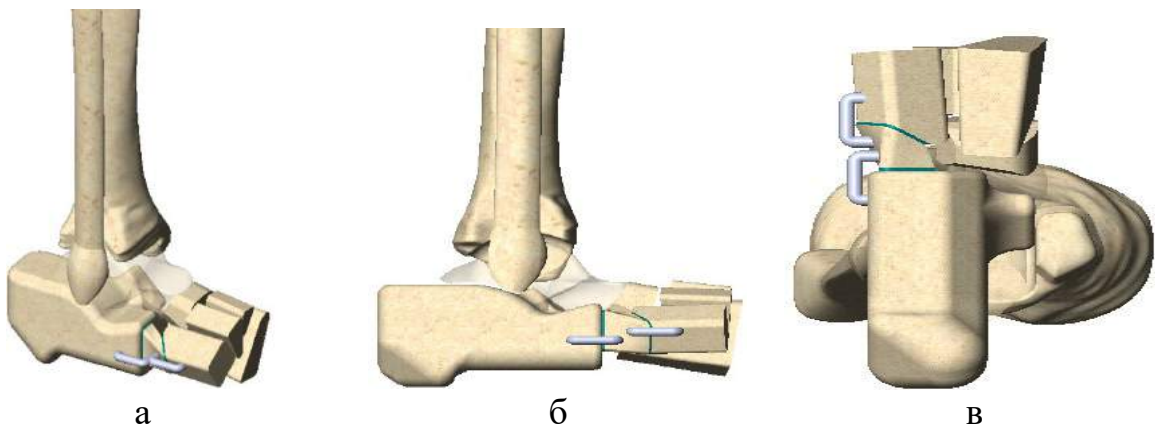


Рис. 2.17. Модель стопи з коригувальним аутотрансплантатом між п'ярковою та кубоподібною кістками: загальний вигляд (а), у сагітальній площині (б), знизу (в).

Трисуглобовий коригувальний артродез стопи моделювали шляхом

зміни площин контакту в надп'яtkово-п'яtkовому, надп'яtkово-човноподібному та п'яtkово-кубоподібному суглобах, а також видаленням хрящового прошарку між контактними поверхнями в цих суглобах та їх жорсткої фіксації між собою. Модель стопи після трисуглобового артродезу стопи наведена на рис. 2.18.

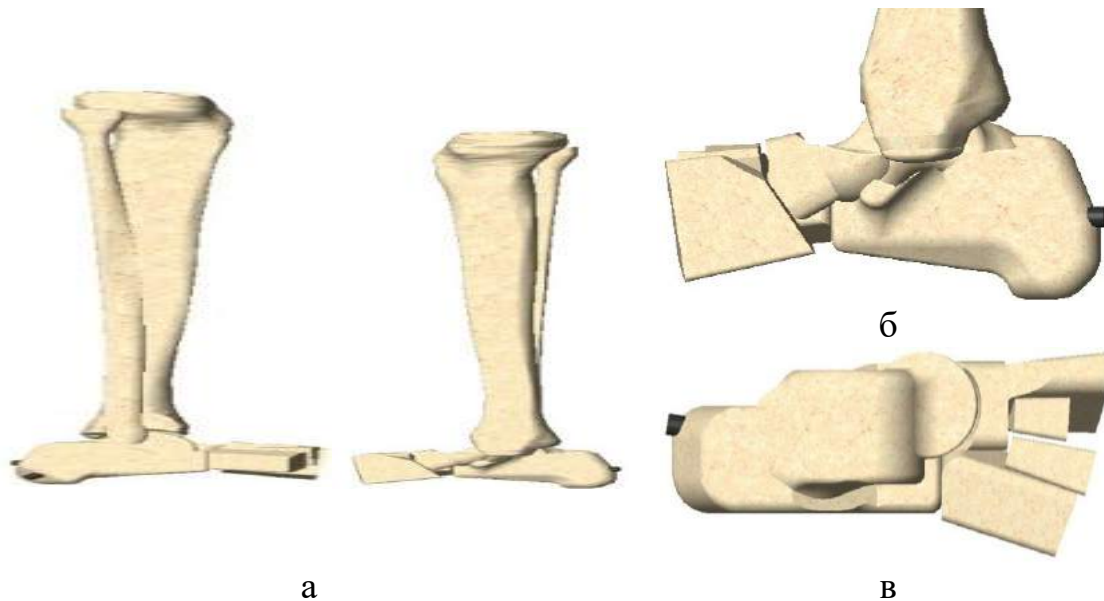


Рис. 2.18. Модель стопи після трисуглобового артродезу стопи: загальний вигляд (а), у сагітальній (б) і горизонтальній (в) площинах.

Крім того, у процесі моделювання трисуглобового артродезу стопи кістки у відповідних суглобах додатково фіксували гвинтами, схема проведення яких наведена на рис. 2.19.

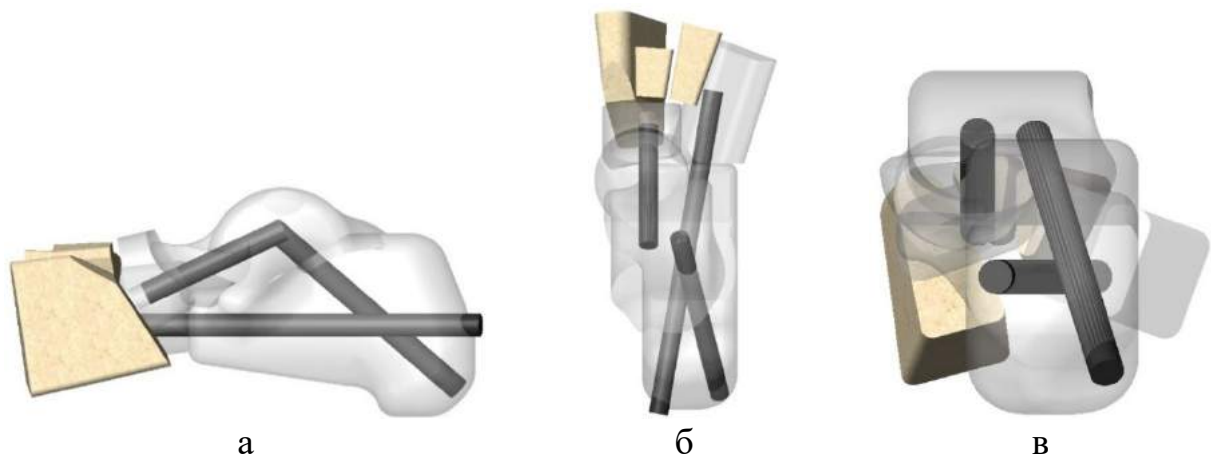


Рис. 2.19. Схема моделювання стопи після трисуглобового артродезу:

загальний вигляд (а), у сагітальній (б) і горизонтальній (в) площинах.

Моделі навантажували вертикальною розподіленою силою величиною 350 Н, що відповідає середній вазі дитини, яку прикладали до плато великогомілкової кістки. У моделі із трисуглобовим артрорезом прикладали вертикальну силу величиною 550 Н, що відповідає середній вазі підлітка 15 років. По опорній поверхні п'яtkової кістки та по зрізу клиноподібних кісток моделі мали жорстке закріплення. Схема навантаження моделей наведена на рис. 2.20.

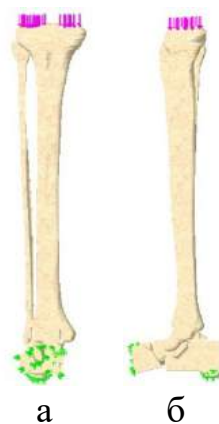


Рис. 2.20. Схема навантаження моделей: вигляд у фронтальній (а) та сагітальній (б) проекціях.

У процесі дослідження вивчали вплив на НДС елементів стопи імплантатами з різних матеріалів - титан, сапфір та вуглець. Моделювання імплантатів з різних матеріалів здійснювали шляхом змін їх механічних властивостей, а саме модуля пружності Юнга та коефіцієнту Пуассона.

Матеріал рахували однорідним та ізотропним. В якості скінченного елемента був обраний 10-вузловий тетраедр із квадратичною апроксимацією. При обранні механічних властивостей біологічних тканин обирали дані, що найбільш часто зустрічаються в літературі [150, 151]. Характеристики штучних матеріалів обирали за даними технічної літератури [152]. Використовували такі характеристики, як  $E$  – модуль пружності (модуль Юнга),  $\nu$  коефіцієнт Пуассона. Механічні характеристики матеріалів, що

використовували в розрахунках, наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Механічні характеристики матеріалів, що використовували при моделюванні

Характеристики Матеріал	Модуль Юнга (E), МПа	Коефіцієнт Пуассона, $\nu$
Кортикальна кістка	18350	0,29
Губчаста кістка	330	0,30
Хрящова тканина	10,5	0,49
Титан ВТ-16	110000	0,20
Сапфір	345000	0,28
Вуглець	20000	0,20

Для порівняння змін напружено-деформованого стану різних варіантів моделей вивчали величину механічних напружень в певних контрольних точках. Схему розташування контрольних точок, в яких проводили контроль величини напружень, наведено на рис. 2.21. Відповідно до моделей, які наведені вище, контроль величин напружень здійснювали в таких точках:

П'яткова кістка:

- 1 – передня суглобова поверхня піднадп'яtkового суглоба;
- 2 – середня частина суглобової поверхні піднадп'яtkового суглоба;
- 3 – задньо-медіальна частина суглобової поверхні піднадп'яtkового суглоба;
- 4 – задньо-латеральна частина суглобової поверхні піднадп'яtkового суглоба;
- 5 – бугор п'яtkової кістки.

Надп'яtkова кістка:

- 6 – передня частина піднадп'яtkового суглоба;
- 7 – середня частина піднадп'яtkового суглоба;
- 8 – задня-медіальна частина піднадп'яtkового суглоба;

- 9 – задня-латеральна частина піднадп'яткового суглоба;  
 10 – передня частина надп'яткового суглоба;  
 11 – задня частина надп'яткового суглоба;  
 12 – човноподібна кістка.

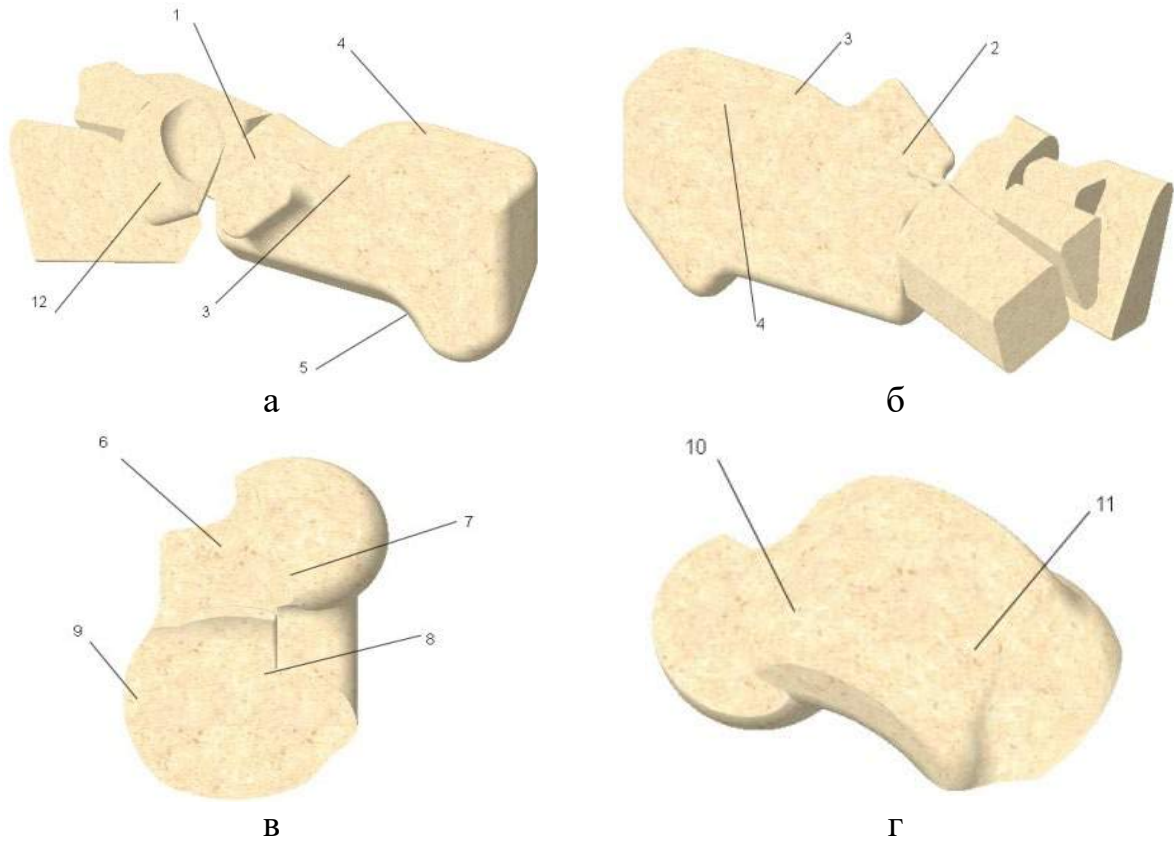


Рис. 2.21. Схема розташування контрольних точок на елементах моделей: загальний вигляд (а), у фронтальній (б), сагітальній (в) та горизонтальній (г) проекціях.

В якості критерію оцінки напружено-деформованого стану моделей використовували напруження за Мізесом [153]. Моделювання виконували за допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks. Розрахунки напружено-деформованого стану моделей виконували за допомогою програмного комплексу CosmosM [154].

## 2.5 Статистичні дослідження

Отримані у процесі дослідженні дані були проаналізовані та підлягали

статистичній обробці, із використанням програми Statistica 10. Характер розподілу даних оцінювали за допомогою критерію Шапіро-Вілкса. У роботі використовували методи описової статистики (параметричних та непараметричних даних): обчислення середніх значень ( $M$ ), середніх квадратичних відхилень ( $S$ ), обчислення медіани  $M$  (Min, Max).

Порівняння двох незалежних груп за однією ознакою (параметричний та непараметричний метод): t-критерій Стьюдента для незалежних вибірок і критерій Манна-Уїтні.

Порівняння двох залежних груп за однією ознакою (параметричний та непараметричний метод): t -критерій Стьюдента для залежних вибірок і критерій Вілкоксона. Рівень значущості був обраний  $p < 0,05$ .

### РОЗДІЛ 3

## РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ ПЛОСКОВАЛЬГУСНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ СТОП У ХВОРИХ НА ДЦП ДІТЕЙ

Матеріалом для аналізу стали історії хвороби 34 пацієнтів, хворих на ДЦП, які проходили хірургічне лікування МПВДС у дитячому ортопедичному відділенні ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН» за період з 2002 по 2015 роки. У всіх 34 пацієнтів визначено спастичний тип ДЦП.

### 3.1 Загальні дані

Відповідно до застосованого методу хірургічного лікування МПВДС, пацієнти були розподілені на 2 групи: до Групи 1 віднесені 15 пацієнтів (29 стоп), у яких лікування МПВДС виконувалось із використанням хірургічних втручань на м'яких тканинах (подовжувальна Z-подібна ахіллопластика або операція Страйера, гофрування сухожилка заднього великогомілкового м'яза та аугментація п'ятково-човноподібної зв'язки). Додатково у 5 пацієнтів цієї групи (9 стоп) були виконані хірургічні втручання, для обмеження збільшеної пронації у піднадп'ятковому суглобі (1 пацієнту проведено аутокістковопластичний артрорез за Grice, а у 4 пацієнтів – АЕПНС стандартним конусним імплантатом).

До Групи 2 увійшли 19 пацієнтів (27 стоп), хірургічне лікування МПВДС яким проведено із використанням втручань на кістках стопи (коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яткової кістки, коригувальної остеотомії кісток середнього відділу стопи та ін.).

Середній вік хворих у Групі 1 становив ( $7 \pm 2,5$ ) роки, у Групі 2 – ( $12 \pm 2,5$ ) роки. Демографічні дані, а також дані, що відображають топографію ураження у дітей обох груп представлені у табл. 3.1. Відзначимо, що в обох

групах переважали пацієнти із двобічним ураженням, становлячи 94,2 % (32 дітини) від усіх пацієнтів.

Таблиця 3.1

## Розподіл пацієнтів за статтю, віком та формою ДЦП

Параметри	Група 1	Група 2
Стать:	15	19
хлопчики	9	14
дівчатка	6	5
Вік (роки)	7 ± 2,5	12 ± 2,5
Топографія ураження:		
Геміплегія	1	1
Диплегія	10	10
Тетраплегія	4	8
Термін спостереження (рік ± міс)	3 ± 1	3 ± 5

\*Примітка. Частина даних подана у вигляді:  $M \pm SD$  (середнє ± середньоквадратичне відхилення)

Аналіз демографічних даних показує, схожі розподіл пацієнтів по статі у обох групах. Середній вік у пацієнтів Групи 1 був значущо меншим за пацієнтів Групи 2 ( $p < 0,05$ ).

Оцінка клініко-рентгенологічних характеристик стопи у дітей хворих на ДЦП до лікування, передбачала дослідження у пацієнтів обох груп наступних показників (методика визначення нижченаведених показників описана у Розділі 2):

– оцінка наявності та особливості контрактури триголового м'яза гомілки (відсутня; вкорочення *m. gastrocnemius*; вкорочення *m. soleus*; контрактура обох м'язів);

– клінічне визначення мобільності у суглобах заднього та середнього відділу стопи;

– оцінка наявності вторинних та третинних деформацій стопи;

- оцінка опорності стопи (нормальна; патологічна);
- оцінка відхилення заднього та переднього відділу стопи за даними плантографії;
- оцінка супутніх вторинних та третинних деформацій стоп;
- оцінка рентгенометричних показників, що визначались за даними прямої та бокової рентгенограми (прямого та бокового надп'яtkово-п'яtkового кута; надп'яtkово-човноподібне перекриття; латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут, кут п'яtkового нахилу);
- тривалість хірургічного втручання, термін стаціонарного лікування та початку осьового навантаження на кінцівку після операції;
- аналіз та оцінка кількості ускладнень.

Зазначені показники визначали під час аналізу історії хвороби, та рентгенограм. Вибір методу статистичного аналізу показників визначався характером їх розподілу. Результати перевірки на нормальний закон розподілення за допомогою критерія Шапіро-Вілка (W-критерій), рівень значущості  $p = 0,05$ , представлені у табл. 3.2.

Для подальшої оцінки зазначених параметрів були обрані відповідні методи статистичної обробки даних (параметричні та непараметричні).

Проведений аналіз показав, що ряд параметрів належали до нормального закону розподілення, інші параметри – не належали до нормального закону розподілення. Для подальших досліджень зазначених параметрів були обрані відповідні методи статистичної обробки даних.

Проведений аналіз показує, що більшість параметрів має не нормальний розподіл, що потребувало в подальшому використання непараметричних критеріїв оцінки вирогідності результатів дослідження.

Ефективність функції опори та ходьби у дітей, хворих на ДЦП є мультифакторним процесом, на який, окрім деформацій стопи мають вплив тяжкість та характер основного захворювання (ДЦП), а також супутні ортопедичні порушення: сагітальний профіль ходьби, спастичність м'язів, наявність торсійних деформацій, контрактур у суглобах нижніх кінцівок.

## Значимість W-критерію Шапіро-Вілка для досліджених показників

Показники	Значення p критерію Шапіро-Вілка
Клінічний кут відхилення переднього відділу стопи до лікування	< 0,0025
Клінічний кут відхилення переднього відділу стопи після лікування	< 0,0001
Клінічний кут відхилення заднього відділу стопи до лікування	< 0,0001
Клінічний кут відхилення заднього відділу стопи до лікування	< 0,0039
Прямий надп'ятково-п'ятковий кут до лікування	< 0,003
Прямий надп'ятково-п'ятковий кут після лікування	< 0,0001
Латеральний надп'ятково-п'ятковий кут до лікування	< 0,0001
Латеральний надп'ятково-п'ятковий кут після лікування	< 0,0001
Кут нахилу надп'яткової кістки до лікування	< 0,0001
Кут нахилу п'яткової кістки після лікування	< 0,0001
Латеральний надп'ятково-1--й метатарзальний кут до лікування	< 0,0001
Латеральний надп'ятково-1--й метатарзальний кут після лікування	< 0,0001
Оцінка AOFAS шкали для заднього відділу стопи до лікування	< 0,0001
Оцінка AOFAS шкали для заднього відділу стопи після лікування	< 0,0001
Кут відхилення осі ПНС	< 0,0001
Кількість ускладнень	< 0,0001

Можливість самостійного пересування у дітей, хворих на ДЦП

обумовлюється, по-перше, типом та тяжкістю основного захворювання. Розподіл пацієнтів обох груп за шкалою великих моторних навичок GMFCS наведений у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Розподіл пацієнтів Групи 1 та Групи 2 за шкалою великих моторних навичок GMFCS

GMFCS рівень	Група 1 абс. (%)	Група 2 абс. (%)
I	–	–
II	4 (26,6)	4(21,1)
III	10(66,7)	7 (36,8)
IV	1 (6,7)	7(36,8)
V	–	1 (5,3)

Як бачимо із даних табл. 3.3, у Групі 1 та Групі 2 переважали пацієнти із GMFCS рівнем II, III, тобто були здатні до самостійного пересування. Однак досить великий відсоток у Групі 2 становили хворі із IV рівнем GMFCS – 7 дітей (36,8% від загальної кількості хворих цієї групи), тобто це були діти із значним обмеженням самостійного пересування.

Розподіл сагітального профілю ходьби у пацієнтів Групи 1 та Групи 2 із диплегічною та геміплегічною формами ураження представлені у табл. 3.4

Таблиця 3.4

Типи ходьби відповідно до сагітального профілю ходьби за Rodda M. [Rodda M]

Тип ходьби	Група 1	Група 2
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Диплегічна форма		
- справжній еквінус	8	11
- стрибаюча ходьба	–	–

Продовження табл. 3.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Диплегічна форма		
- хибний еквінус	5	4
-«крауч» ходьба	1	3
- асиметрична ходьба	–	–
Моноплегічна форма		
I тип	–	–
II тип	–	–
III тип	–	–
IV тип	1	1

### **3.2 Клінічні симптоми у випадках мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей до хірургічного лікування.**

Робота з дітьми, хворими на ДЦП супроводжується певними складностями у процесі збору скарг у дитини та оцінки симптомів тієї чи іншої ортопедичної патології, через певні інтелектуальні обмеження. Тому досить часто в нашому дослідженні аналіз скарг доводилося проводити за слів батьків дітей.

Найбільш характерні скарги та симптоми, що мали місце у хворих з ДЦП із МПВДС стосуються болю, порушень форми та опорно-кінематичної функції стопи, а також труднощам у виборі взуття (табл. 3.5).

Больовий синдром при МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, найбільш часто локалізувався у ділянці внутрішньої поверхні стопи, в проекції горбистості човноподібної кістки, або надп'ятково-човноподібного суглобу, а також у ділянці гомілки. Скарги на больовий синдром у доопераційному періоді були виявлені у половини пацієнтів, яким проводилось хірургічне лікування (табл. 3.5).

Клінічні дослідження проведені для визначення особливостей змін у

стопах, що характерні для дітей, хворих на ДЦП. Важливою характеристикою є ступінь мобільності стоп, тобто обсяг рухів у суглобах заднього, середнього та переднього відділів. Згідно проведеного аналізу, у більшості пацієнтів Групи 1 (79,3%) стопи були повністю мобільні, в той час, як серед пацієнтів Групи 2 переважали діти із обмеженнями мобільності стоп помірною ступеня (табл. 3.6).

Таблиця 3.5

## Клінічні симптоми при МВДС у дітей обох груп

Скарги та клінічні симптоми	Кількість стоп	
	Абс	%
Больовий синдром	29	51,8
Стомлюваність	47	83,9
Порушення ходьби	56	100
Порушення опорності стоп	24	89,6
Деформація стоп	56	100
Труднощі із вибором взуття	32	57,1
Натоптиші на стопі	15	26,7

Таблиця 3.6

## Характеристики мобільності стоп у дітей обох груп

Мобільність стопи	Група 1, n = 15	Група, 2 n = 19
	Кількість стоп (%)	
Нормальна мобільність	23 (79,3)	13 (48,1)
Обмежена мобільність стопи – всього стоп:	6 (20,1)	14 (51,8)
- спазм/контрактура малогомілкових м'язів	6 (20,1)	2 (7,4)
- комбінована контрактура (артрогенна, теноміогенна)	–	12 (44,4)

Також у процесі ретроспективного аналізу стану стоп у дітей з ДЦП, виявлені вторинні та третинні деформації стоп за класифікацією Miller F.

Особливості розподілу даних деформацій по групам хворих відображені у табл. 3.7. Найбільш частою вторинною деформацією була ригідна супінаційна деформація переднього відділу стопи (рис. 3.1). Третинні деформації відзначались лише у пацієнтів Групи 2, найбільш важливими серед них є торсійні деформації кісток гомілки, що мають обов'язково бути визначені та враховані у процесі планування та виконання хірургічної корекції деформацій не тільки стоп, але й нижньої кінцівки в цілому.

Таблиця 3.7

Характеристики патологічних змін стопи та гомілки у дітей обох груп із МПВДС, хворих на ДЦП за класифікацією Miller F [43]

Деформації	Група 1	Група 2
	Кількість стоп (%)	
Вторинні	7 (24,1)	27 (100 %)
Супінація переднього відділу стопи:		
- мобільна	7 (24,1)	10 (37,1)
- ригідна	—	17 (62,9)
Третинні	2 (6,9)	12 (44,4)*
Hallux valgus	2(6,9)	7 (25,9)
Зовнішня торсія кісток гомілки	—	4 (14,8)
Ankle valgus	—	1 (3,7)

Відзначимо також високий відсоток деформацій переднього відділу стопи, що часто розвиваються у дітей, хворих на ДЦП, як наслідок біомеханічних порушень, що відбуваються за умов пронаційної установки стопи патологічного навантаження на її передній відділ. У всіх 34 (100 %) досліджуваних пацієнтів (56 стоп) виявлено еквінусну контрактуру стопи, що, як вважається, розвивається переважно за рахунок спастичності та вкорочення одного з компонентів триголового м'яза гомілки (литкового, камбалоподібного, чи обох одночасно) (табл. 3.8). Найбільш частою причиною еквінусу у дітей обох груп, було вкорочення литкового м'язу.



Рис. 3.1. Фото стопи у пацієнтки К., 11 років, історія хвороби № 81430 (Група 2) з вторинною супінаційною деформацією переднього відділу. Діагноз: ДЦП, спастична диплегія, GMFCS III. Двобічна МПВДС.

Таблиця 3.8

Характеристики еквінусної контрактури стоп у дітей обох груп

Характер еквінусу	Група 1	Група 2
	Кількість стоп(%)	
Динамічний еквінус	2 (6,9)	–
Ригідний еквінус	27 (93,1)	27 (100)
Вкорочення м'язу:		
– литкового м'яза ( <i>m. gastrocnemius</i> )	27 (93,1)	20 (74)
– камбалоподібного м'яза ( <i>m. soleus</i> )	–	–
– обох м'язів ( <i>mm. gastrocnemius et solei</i> )	–	7 (25,9)

У всіх дітей МПВДС проявлялось комбінованою багатоплощинною деформацією стопи із вальгусним відхиленням заднього її відділу та абдукцією переднього відділу (табл. 3.9). Зазначені кутові параметри були більшими у пацієнтів Групи 2, що загалом свідчить про більш тяжку та виражену деформацію стопи у дітей даної групи. Порушення нормальної опорності, виявлені у 100% пацієнтів з Групи 2 (19 пацієнтів, 27 стоп) та у 70 % пацієнтів (7 пацієнтів, 14 стоп) з Групи 1.

Таблиця 3.9

Кутові характеристики заднього та переднього відділу стоп у дітей обох груп

Характеристики	Група 1	Група 2
	Me (10%; 90%)	
Кут відхилення заднього відділу стоп, град	16 (14;26)	18 (10;23)
Кут абдукції переднього відділу стоп, град	29 (25;34)	34 (26;40)

### 3.3 Результати рентгенологічних методів досліджень і функціональної оцінки у випадках мобільної плосковальгусної деформації стоп у дітей, хворих на ДЦП

Результати визначення досліджуваних рентгенометричних показників у пацієнтів обох груп наведені у табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Рентгенометричні кутові параметри стоп у дітей обох груп

Показники	Норма, (градус)	Група 1 (градус)	Група 2 (градус)
Прямий надп'яtkово-п'яtkовий кут	15-30	35 ± 4	40 ± 6
Латеральний надп'яtkово-п'яtkовий кут	25-45	48 ± 6	51 ± 7
Кут надп'яtkово-човноподібного перекриття	≤ 7	11 ± 7	19 ± 8
Латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут (кут Meary)	≤ 4	10 ± 6	20 ± 8
П'яtkовий нахил (calcaneal pitch)	18-20	13 ± 5	10 ± 5

Отримані дані свідчать про типові патологічні зміни всіх досліджуваних рентгенометричних та клінічних кутових характеристик стопи у пацієнтів Групи 1 та Групи 2, що виникали внаслідок МПВДС. Так у пацієнтів обох груп відзначено збільшення латерального надп'яtkово-1-

метатарзального кута (кута Meary) та зменшення кута п'яткового нахилу, що свідчать про зниження медіального поздовжнього склепіння стопи. Збільшений показник кута надп'ятково-човноподібного перекриття стопи (що склав у Групі 2 –  $(19^\circ \pm 8^\circ)$ ) – свідчить про наявність абдукції переднього відділу стопи. Аналіз даних табл. 3.10 показує, що у Групі 2 патологічні зміни у стопах є більш вираженими у порівнянні з Групою 1.

Результати інтегральної оцінки МПВДС за шкалою AOFAS hindfoot scale представлені у табл. 3.11. Відзначимо, що в обох групах виявлено схожі зміни показників інтегральної оцінки, що в цілому характеризує типові структурно-функціональні порушення, які супроводжують МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

Таблиця 3.11

Інтегральна оцінка за шкалою AOFAS hindfoot scale

Оцінка	Група 1	Група 2
Больовий синдром (max- 50 баллів)	$32,5 \pm 4,2$	$35,5 \pm 3$
Функція (max- 40 баллів)	$17,5 \pm 5,2$	$13,6 \pm 7$
Форма та положення стопи (max- 10 баллів)	$4,3 \pm 2,0$	$3,1 \pm 1,5$
Загальна оцінка (max- 100 баллів)	$54,3 \pm 5,2$	$52,2 \pm 6,1$

### 3.4 Ретроспективна оцінка результатів хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей

Ретроспективний аналіз МПВДС Групи 1 та Групи 2 у дітей, хворих на ДЦП, показав, що хірургічне лікування в даних групах проводилося різними методиками: характер та кількість хірургічних втручань у пацієнтів обох груп представлені у табл. 3.12. Вибір методики хірургічного лікування був заснований на оцінці МПВДС у кожної конкретної дитини. У дітей Групи 1 виконувались м'якотканинні хірургічні втручання, спрямовані на корекцію сухожилково-м'язового балансу та контрактур у суглобах стопи, в той час як у пацієнтів Групи 2, частіше проводились хірургічні втручання на кістках

стопи. Зазначена різниця у характері втручань пояснюється змінами у ступені тяжкості МПВДС, що прогресує із ростом та дорослішанням дитини, хворої на ДЦП.

Таблиця 3.12

Характер та кількість хірургічних втручань у пацієнтів, хворих на ДЦП  
Групи 1 та Групи 2

Тип хірургічного втручання	Група 1 (29 стоп)	Група 2 (27 стоп)	Разом
	Кількість стоп (%)		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
М'якотканинні хірургічні втручання:			
1. Втручання на триголовому м'язі – операція Страйєра;	27 (93,1)	20 (74,1)	47
– Z-подібне подовження Ахіллова сухожилка;	–	7 (25,9)	7
2. Пластика п'яtkово-човноподібної зв'язки і гофрування сухожилка заднього великогомілкового м'яза;	4 (13,8)	25(92,5)	290
3. Втручання на <i>m. peroneus brevis</i>	6 (20,6)	25(92,5)	31
– АЕПНС	8 (27,6)	–	8
– Grice артродез	2 (6,9)	–	2
Коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яtkової кістки із аутопластикою із клубової кістки або аллотрансплантатом	–	25 (92,5)	25
Коригувальна клиновидна остеотомія медіальної клиноподібної кістки (англ. closing-wedge osteotomy)	–	25 (92,5)	25
Коригувальний п'яtkово-кубоподібний артродез стопи із кістковою аутопластикою із крила клубової кістки	–	1(3,7)	1

## Продовження табл. 3.12

1	2	3	4
Коригувальний трисуглобовий артродез стопи	–	1(3,7)	1
Інші втручання: – введення препарату ботулотоксину у m.gastrocnemius під УЗД контролем	2 (10,5)	–	2

Аналіз хірургічних втручань, які були виконані у процесі лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП показує, що найбільш часто в Групі 1 для корекції деформації стопи проводили комбіновані втручання, спрямовані на корекцію сухожилково-м'язового балансу (найбільш часто виконувались поєднання втручань на трьохголовому та короткому малогомілковому м'язах), іноді із їх поєднанням із втручаннями на піднадп'ятковоому суглобі – в 10 випадках (АЕПНС, Grice артродез) – див. табл. 3.12. В Групі 2 разом із переліченими вище хірургічними втручаннями, виконувалися втручання, спрямовані на корекцію взаємовідносин у суглобах заднього та середнього відділів стопи (коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яткової кістки). Дані, щодо тривалості хірургічного втручання, терміну перебування у стаціонарі та терміну початку самостійної опори на кінцівку у пацієнтів Групи 1 та Групи 2 наведені у табл. 3.13.

Таблиця 3.13

Тривалість хірургічного втручання, терміну стаціонарного лікування та початку осьового навантаження на кінцівку у пацієнтів Групи 1 та Групи 2

Показники	Група 1	Група 2
Тривалість хірургічного втручання, хвилини	50 ± 15	95 ± 15*
Середній термін перебування у стаціонарі, доба	3 ± 1	10 ± 3*
Середній термін початку самостійної опори на кінцівку, доба	17 ± 8	42 ± 5*

Примітка.\* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування»

Наведені у табл. 3.13 дані, свідчать про те, що у пацієнтів Групи 1 тривалість хірургічного втручання меншою, термін стаціонарного лікування коротшим, а осьове навантаження на кінцівку дозволялось раніше в середньому на 25 діб, у порівнянні із пацієнтами Групи 2. Різниця зазначених показників між Групою 1 та Групою 2 сягнула статистично значущого рівня. Це пояснюється використанням менш травматичних втручань на м'яких тканинах у дітей Групи 1, які дозволяли проведення ранньої вертикалізації пацієнтів та швидше реабілітаційне лікування.

#### *Результати хірургічного лікування МПВДС у пацієнтів Групи 1*

Проведене хірургічне лікування дозволило нормалізувати опорність оперованої стопи у 13 (86,7 %) пацієнтів (25 стоп (86,2 %)) Групи 1. У 2 пацієнтів (13,3 %) – 4 стопи (13,8 %) після виконання хірургічного втручання відмічена неповна корекція деформації стопи, що пов'язано із наявністю гіпермобільності суглобів заднього та середнього відділів стопи. Показники кута відхилення заднього та переднього відділів стопи після хірургічного лікування викладені у табл. 3.14.

*Таблиця 3.14*

Кутові характеристики заднього та переднього відділу стоп у дітей Групи 1 до, та через 6, 12 і 24 місяці після хірургічного лікування згідно плантографічних досліджень

Кутові показники	До лікування	Після лікування		
		6 міс	12 міс	24 міс
		Me (10%; 90%)		
Кут відхилення заднього відділу стоп, град	16 (14; 26)	10 (7; 16)*	15(10; 23)	17 (10; 28)
Кут абдукції переднього відділу стоп, град	29 (25; 34)	19 (12; 25)*	24 (15; 27)	26 (15; 30)

Примітка.\* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Звертає на себе увагу, що через 6 місяців після хірургічного лікування

за даними плантографічного дослідження відзначено значуще покращення, кутів відхилення заднього відділу та абдукції переднього відділу стопи. Однак, через 12 та 24 місяці виявлено регрес зазначених показників до висхідних величин, що є свідченням рецидиву вальгусного відхилення заднього відділу стопи та абдукції переднього відділу стопи, тобто є свідченням рецидиву МПВДС у дітей Групи 1.

Зміни рентгенометричних показників у пацієнтів Групи 1 після проведеного лікування наведені у табл. 3.15.

Таблиця 3.15

Рентгенометричні кутові параметри стоп у дітей Групи 1 до та через 6, 12 і 24 місяці після хірургічного лікування МПВДС

Показники (градус)	До лікування	Після хірургічного лікування		
		6 міс	12 міс	24 міс
Прямий надп'яtkово-п'яtkовий кут	35 ± 4	25 ± 6*	32 ± 6	34 ± 5
Латеральний надп'яtkово-п'яtkовий кут	48 ± 6	34 ± 6*	40 ± 7	44 ± 8
Кут надп'яtkово-човноподібного перекриття	11 ± 7	13 ± 6	12 ± 7	12 ± 7
Латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут (кут Meary)	12 ± 6	4 ± 3*	11 ± 5	10 ± 4
П'яtkовий нахил (calcaneal pitch)	14 ± 5	18 ± 5	14 ± 6	13 ± 6

Примітка.\* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Так, показники кута надп'яtkово-човноподібного перекриття та п'яtkовий нахил змінились не значуще ( $p > 0,05$ ). Відзначалось значуще покращення ряду рентгенометричних показників стопи (латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут; латеральний надп'яtkово- п'яtkовий кут, прямий надп'яtkово-п'яtkовий кут) у найближчому післяопераційному періоді, тобто через 6 місяців після виконання хірургічного втручання. Однак

у подальшому виявлено негативну динаміку змін зазначених рентенометричних показників, що також свідчить про поступовий рецидив МПВДС у досліджуваної категорії пацієнтів. Відмітимо, що у 7 пацієнтів Групи 1, яким виконано АЕПНС, статоподграфічні та рентгенометричні показники після проведеного хірургічного лікування залишилися практично незмінними.

Динаміка змін комплексної оцінки шкали AOFAS для заднього відділу стопи у пацієнтів Групи 1 показані у табл. 3.16.

Таблиця 3.16

Інтегральна оцінка стопи у пацієнтів Групи 1 за шкалою AOFAS hindfoot scale в динаміці через 6, 12, 24 місяців

Пункти шкали	До лікування	6 міс	12 міс	24 міс
Больовий синдром (max – 40 балів)	31 ± 4,2	21 ± 3,1	28 ± 3,6	30 ± 4,7
Функція (max – 50 балів)	17,5 ± 5,2	21 ± 7,6	14 ± 5,9	14 ± 6,8
Форма та положення стопи (max – 10 балів)	4,3 ± 2,0	7 ± 1,5	5,5 ± 1,5	4,5 ± 1,9
Загальна оцінка (max – 100 балів)	52,8 ± 7,9	49 ± 8	47,5 ± 6	48,5 ± 6

Примітка.\* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Аналіз комплексної оцінки AOFAS шкали у пацієнтів Групи 1, показує, що значущих змін загальної оцінки у пацієнтів досліджуваної групи після виконання хірургічного лікування не відмічено на протязі всього періоду дослідження. Однак домени, що характеризують форму і функцію стопи та загальна оцінка AOFAS покращилися через 6 місяців після виконання хірургічного втручання. Однак, у подальшому виявлено поступове зменшення показників шкали AOFAS та її загальної оцінки до  $48,5 \pm 6$  через 24 міс після втручання, що свідчить про поступове погіршення структурно-

функціонального стану стопи у пацієнтів Групи 1 на протязі усього терміну спостереження в динаміці після виконання хірургічного втручання.

Серед ускладнень, які відмічені у 4 пацієнтів (26,6 %) – 8 стоп (27,6 %) Групи 1 – хронічний больовий синдром малої та середньої інтенсивності (по ВАШ від 3 до 5 балів) у проекції *sinus tarsi* - що тривав на протязі 6-18 міс після встановлення стандартного конусного імплантату. Зазначені випадки ускладнень лікувались із застосуванням НПЗП та місцевим використанням знеболюючих мазей та гелей, однак у подальшому цим дітям усі імпланти були видалені або замінені на імпланти іншої конструкції (у 2 випадках).

Таким чином, аналіз наведених даних оцінки результатів хірургічного лікування, свідчить про тимчасовий ефект покращення форми та функції стопи (згідно плантографічної, рентгенологічної та комплексної оцінки AOFAS шкали для заднього відділу стопи) після виконаного хірургічного лікування МПВДС у пацієнтів Групи 1, у яких використовувались переважно втручання на м'яких тканинах гомілки, спрямованих на корекцію сухожилково-м'язового балансу та контрактур у суглобах стопи та надп'ятковому суглобі.

Через 12 та 24 місяці у 10 (66,7 %) пацієнтів Групи 1 відзначено поступовий рецидив МПВДС, що визначено за даними клініко-рентгенологічних показників. Ще у 5 пацієнтів (34,3 %), яким було виконано втручання по обмеженню патологічно збільшених пронаційних рухів у піднадп'ятковому суглобі (АЕПНС та Grice артродез) клініко-рентгенологічні показники значущо не змінились, проте у 80 % дітей відзначені скарги на хронічний больовий синдром, який потребував прийому анальгетиків та місцевого лікування.

Однією із причин зазначеного больового синдрому, за нашим припущенням, є форма стандартного конусного імплантату, що був використаний для виконання АЕПНС, через невідповідність його форми нормальній анатомії *sinus tarsi* (тарзального синусу стопи). Аналогічні дані, щодо розвитку больового синдрому у стопі, після виконання хірургічного

лікування МПВДС методикою АЕПНС, відзначені нами у інших літературних джерелах [126, 136]. На користь даного твердження свідчить і той факт, що після видалення стандартного конусного імплантату у 4 випадках, больовий синдром був повністю купований.

#### *Результати хірургічного лікування МПВДС у пацієнтів Групи 2*

Виконані хірургічні втручання дозволили нормалізувати опорність оперованої стопи у 16 пацієнтів (24 стопи) Групи 2, що загалом склало 87,1 % від усіх пацієнтів даної групи. Зміни форми стопи та взаємовідносин заднього та переднього відділів стопи, а також рентгенометричних показників у динаміці, після проведення хірургічного лікування у пацієнтів Групи 2 відображені у табл. 3.17, та 3.18 відповідно.

*Таблиця 3.17*

Кутові характеристики заднього та переднього відділу стоп у дітей Групи 2 до, та через 6, 12 і 24 місяці після хірургічного лікування згідно плантографічних досліджень (Me (10%; 90%))

Кутові показники	До лікування	Після лікування		
		6 міс	12 міс	24 міс
Кут відхилення заднього відділу стоп, град	18 (10;23)	8 (5;16)*	9 (7;16) *	11 (8;16)*
Кут абдукції переднього відділу стоп, град	34 (26;40)	15 (12;21)*	17 (14;23)*	20(15;26) *

Примітка.\* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Аналіз наведених даних показує значущі зміни усіх рентгенометричних показників, серед яких кут надп'ятково-човноподібного перекриття та надп'ятково-1-метатарзальний кут (кут Meary) покращились, але не завжди досягали норми, що свідчить про наявність певних границь щодо обмеження можливої корекції за умов виконання тих чи інших хірургічних втручань у

дітей з МПВДС, хворих на ДЦП.

Таблиця 3.18

Рентгенометричні кутові параметри стоп у дітей Групи 2 до та до та через 6, 12 і 24 місяці після хірургічного лікування МПВДС

Показники	До лікування	Після хірургічного лікування		
		6 міс	12 міс	24 міс
Прямий надп'яtkово-п'яtkовий кут, град	40 ± 6	29 ± 6*	27 ± 5*	26 ± 5*
Латеральний надп'яtkово-п'яtkовий кут, град	51 ± 7	28 ± 4*	27 ± 3	26 ± 2*
Кут надп'яtkово-човноподібного перекриття, град	19 ± 8	10 ± 4*	10 ± 3*	9 ± 3*
Надп'яtkово-1-метатарзальний кут (кут Meary), град	20 ± 8	7 ± 3*	8 ± 3*	7 ± 4*
П'яtkовий нахил (calcaneal pitch), град	10 ± 5	20 ± 3**	18 ± 4*	16 ± 4*

Примітка.\* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Оцінка за шкалою AOFAS hindfoot scale в динаміці представлена у табл. 3.19. Отримані дані свідчать про значуще та стійке покращення форми стопи, у пацієнтів Групи 2, згідно показників плантографічних досліджень.

Відповідно, дані рентгенометричних показників свідчать про значущі зміни, які характеризують МПВДС, а саме, зміну кута надп'яtkово-човноподібного перекриття (від  $(19^\circ \pm 8^\circ)$  до  $(10^\circ \pm 4^\circ)$  ( $p < 0,05$ )), що свідчить про корекцію абдукції переднього відділу стопи, зміну надп'яtkово-1-метатарзальний кута від  $((20^\circ \pm 8^\circ)$  до  $(7^\circ \pm 3^\circ)$ ), що свідчить про відновлення висоти медіального склепіння. Звертає на себе увагу стійкість досягнутої корекції, про що свідчить сталість показників на протязі 2 років

після виконаного хірургічного лікування.

Аналіз наведених даних свідчить про покращення комплексної оцінки AOFAS шкали для заднього відділу стопи після хірургічного лікування МПВДС у пацієнтів Групи 2. із покращенням показників доменів функції, форми та положення стопи, а також показника больового синдрому. Значуще покращення зазначених показників відзначалось через 12 та 24 місяці після виконання хірургічного втручання.

Таблиця 3.19

Інтегральна оцінка стопи у пацієнтів Групи 2 за шкалою AOFAS hindfoot scale в динаміці через 6, 12 та 24 місяці після хірургічного лікування МПВДС

Пункти шкали	До лікування	Після лікування		
		6 міс	12 міс	24 міс
Больовий синдром (max – 40 баллів)	20 ± 3	30 ± 3*	34 ± 3*	19 ± 4*
Функція (max – 50 баллів)	13 ± 7	12 ± 5	19 ± 6	36 ± 6*
Форма та положення стопи (max – 10 баллів)	3 ± 1,5	8 ± 1*	7,5 ± 1*	8 ± 1*
Загальна оцінка (max – 100 баллів)	46 ± 8	50 ± 3	60,5 ± 8*	63 ± 8*

Примітка.\* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Серед ускладнень, які відмічені у пацієнтів Групи 2 нами виявлено наступне:

– сповільнена консолидація зони остеотомії п'яткової кістки - 5 пацієнтів (26,3%) (5 стоп (18,5%)) – відзначено рентгенологічні ознаки сповільненої консолидації зони остеотомії, що потребувало пролонгації іммобілізації у гіпсовій лонгеті та консервативного лікування препаратами кальцію та фізіотерапії;

– втрата післяопераційної корекції на рівні коригувальної остеотомії медіальної клиноподібної кістки – відзначена у 1 пацієнта (5,3 %) (1 стопа) (3,7 %). Зазначене ускладнення лікувалось консервативно із застосуванням

ортопедичних устілок.

У пацієнтів Групи 2, яким виконувалось хірургічні втручання із застосуванням у т.ч. коригувальних остеотомій п'яткової кістки вже через 6 міс відзначено покращення рентгенологічних показників та показників плантографії, що характеризують форму стопу, та через 12 міс відзначено значуще покращення загальної оцінки за AOFAS шкалою, що свідчить про загальний позитивний вплив хірургічного лікування МПВДС на форму та функцію стопи у дітей досліджуваної групи. Зазначений позитивний клініко-рентгенологічний ефект хірургічного втручання зберігався через 12 та 24 міс після проведеного хірургічного лікування.

Ретроспективний аналіз результатів лікування пацієнтів Групи 2, продемонстрував позитивний вплив хірургічного лікування МПВДС у дітей хворих на ДЦП, що проводилось із використанням коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яткової кістки та кісток середнього відділу стоп. Проте лікування у пацієнтів зазначеної групи характеризувалась довготривалим і складним реабілітаційним періодом. Початок самостійної опори на оперовану кінцівку дозволявся в середньому через 6–7 тижнів, після досягнутої консолідації п'яткової кістки в зоні виконаної остеотомії. Зазначений критерій є важливим для дітей з ДЦП та їх батьків, через те, що значно зменшує переносимість та привабливість такої методики хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, бо унеможливорює ранню вертикалізацію та швидку після операційну реабілітацію.

### **3.5 Результати клініко-експериментальних досліджень плантарної проекції осі піднап'ятого суглоба в дітей**

Важливим та невирішеним питанням хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП є вік, з якого рекомендовано починати лікування. На наше переконання, дослідження патогенетичних ланок розвитку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, може дозволити визначити вікові межі та

обґрунтувати оптимальну хірургічну тактику лікування зазначеної деформації стопи.

Як ми вже вказували вище (див. розділ 1), відповідно до концепції ротаційної рівноваги піднадп'яткового суглоба К.А. Kirby, функція стопи базується на особливостях просторового розташування осі ПНС, тобто якщо у процесі навантаження стопи превалюють пронаційні механічні моменти, то буде формуватися плоско-вальгусна установка (а потім і деформація), якщо ж супінаційні – то буде формуватися протилежна деформація. У дітей, хворих на ДЦП, збільшення величини пронаційних моментів у даному суглобі залежить не тільки від дії зовнішніх сил («сили, які виникають при опорі»), але і від внутрішніх сил - збільшена спастичність з боку м'язів, які діють на стопу.

Маємо зауважити, що порівняльних клінічних досліджень, які присвячені визначенню розташування осі ПНС за наявності МПВДС у дітей, хворих на ДЦП в нашій країні не проводилося.

*Мета даного експериментального дослідження:* провести клініко-експериментальне порівняльне визначення орієнтації осі ПНС у здорових дітей без патології стоп, здорових дітей за наявності МПВДС та у дітей з МПВДС, хворих на ДЦП.

*Обґрунтування дослідження:*

–.. маємо констатувати, що у дітей із МПВДС, хворих на ДЦП, динаміка розвитку даної деформації стоп залишається недостатньо визначеною;

–. існують протиріччя у питаннях як пускових механізмів розвитку МПВДС, так і щодо віку та показів до виконання того чи іншого хірургічного втручання у процесі лікування МПВДС у дітей. Ряд дослідників вважає, що хірургічне лікування прогресуючої МПВДС у дітей, хворих на ДЦП має проводитись у віці старше 7 років [12, 13], інші рекомендують хірургічне лікування у більш ранньому віці [103].

*Гіпотеза дослідження:* у дітей з МПВДС, хворих на ДЦП є відхилення орієнтації осі ПНС, яка формується вже у ранньому віці, а у подальшому на

фоні даного відхилення формується класична картина МПВДС.

Відповідно до дизайну дослідження були відібрані 44 пацієнтів у віці 6 років, які були поділені на 3 групи, відповідно до стану стоп (діагнозу):

Група А (15 пацієнтів) – соматично здорові діти із нормальним розвитком стопи. Зазначена група дітей мала нормальну форму стопи із вираженим поздовжнім склепінням стопи у вертикальному положенні.

Група Б (15 пацієнтів) – здорові діти, із МПВДС. В цій групі у дітей відзначалось сплющення поздовжнього склепіння стопи із повною опорою на стопу у вертикальному положенні, при цьому при виконанні «Jack-toe raise» тесту [95] поздовжнє склепіння відтворювалось, а тест Silverkiold був негативним в усіх пацієнтів. МПВДС у дітей цієї групи була асоційована із синдромом гіпермобільності суглобів (англ. *joint hypermobility syndrome*) [159].

Група В (14 пацієнтів) – діти, хворі на ДЦП із МПВДС. Діти, що входили у Групу В мали диплегічну форму ДЦП та всі були спроможні до самостійного пересування (GMFCS I та II рівень). До Групи В включені лише ті діти, в яких можливо було провести дослідження відповідно до методики К. Kirby, іноді, для повної релаксації м'язів кінцівки дослідження проводили із зігнутими у колінних суглобах нижніми кінцівками, коли стопи звисали з відповідної опори, що була розміщена під гомілками.

Результати проведеного дослідження дозволили отримати показники орієнтації (відхилення) осі ПНС у трьох досліджуваних груп пацієнтів (рис. 3.2, табл. 3.22). Клінічні приклади визначення плантарної проекції осі піднап'ятого суглобу наведено на рис. 3.3.

Отримані дані свідчать про наявність значущого медіального відхилення осі ПНС у аксиллярній площині, за наявності МПВДС у дітей хворих на ДЦП віком 6 років.

Зазначений показник у дітей хворих на ДЦП в середньому на 15 градусів більший відносно аналогічного показника у групи здорових дітей (табл. 3.20). Така різниця є статистично значущою.

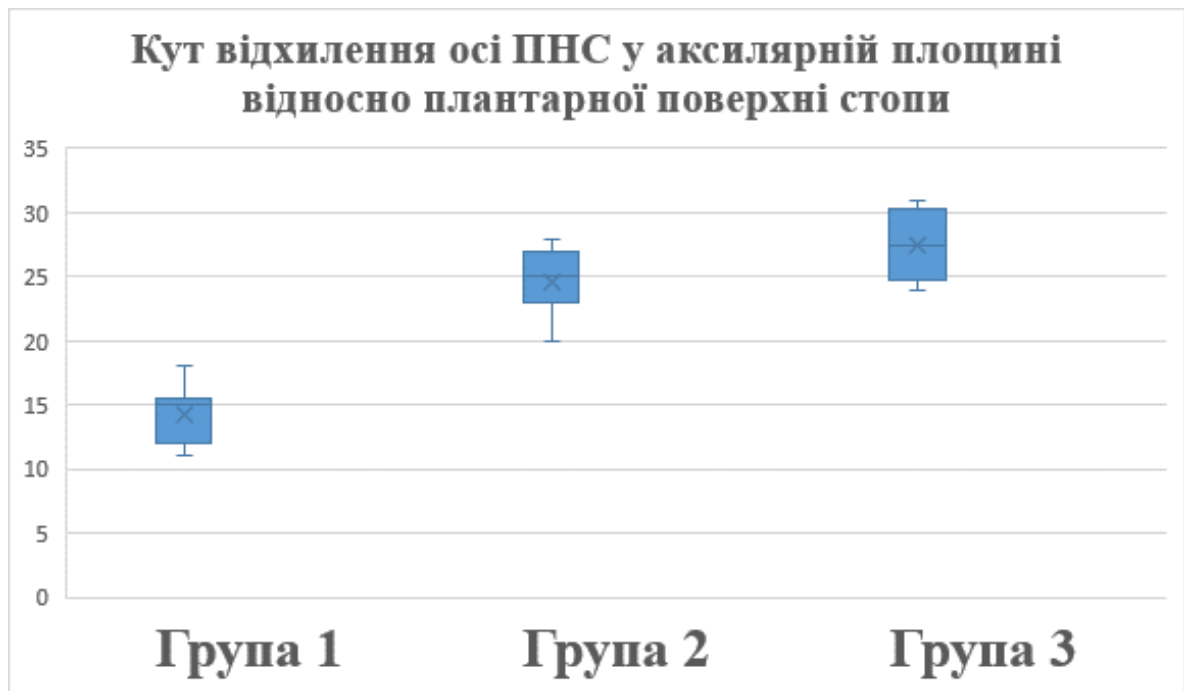


Рис. 3.2. Кут відхилення осі ПНС у аксиллярній площині відносно плантарної поверхні стопи, визначений за технікою за К. Kirby.

Таблиця 3.20

Кут відхилення осі ПНС у аксиллярній площині відносно плантарної поверхні стопи (Me (10%; 90%))

Показник	Група А	Група Б	Група В
Кут відхилення осі ПНС у аксиллярній площині відносно плантарної поверхні стопи, град	15 ± 5	25 ± 4	30 ± 7
	$p_1 < 0,001; p_2 < 0,05; p_3 < 0,001$		

Примітки:  $p_1$  – рівень значущості критерія t для оцінки Групи А та Групи Б;  $p_2$  – рівень значущості критерія t для оцінки Групи Б та Групи В;  $p_3$  – рівень значущості критерія t для оцінки Групи А та Групи В.

Отже, за даними, які отримані у проведеному дослідженні можна констатувати, що серед трьох досліджуваних груп дітей віком 6 років, показники кута відхилення осі ПНС у аксиллярній площині відносно плантарної поверхні стопи були значущо більшими, у порівнянні із двома іншими групами дітей.

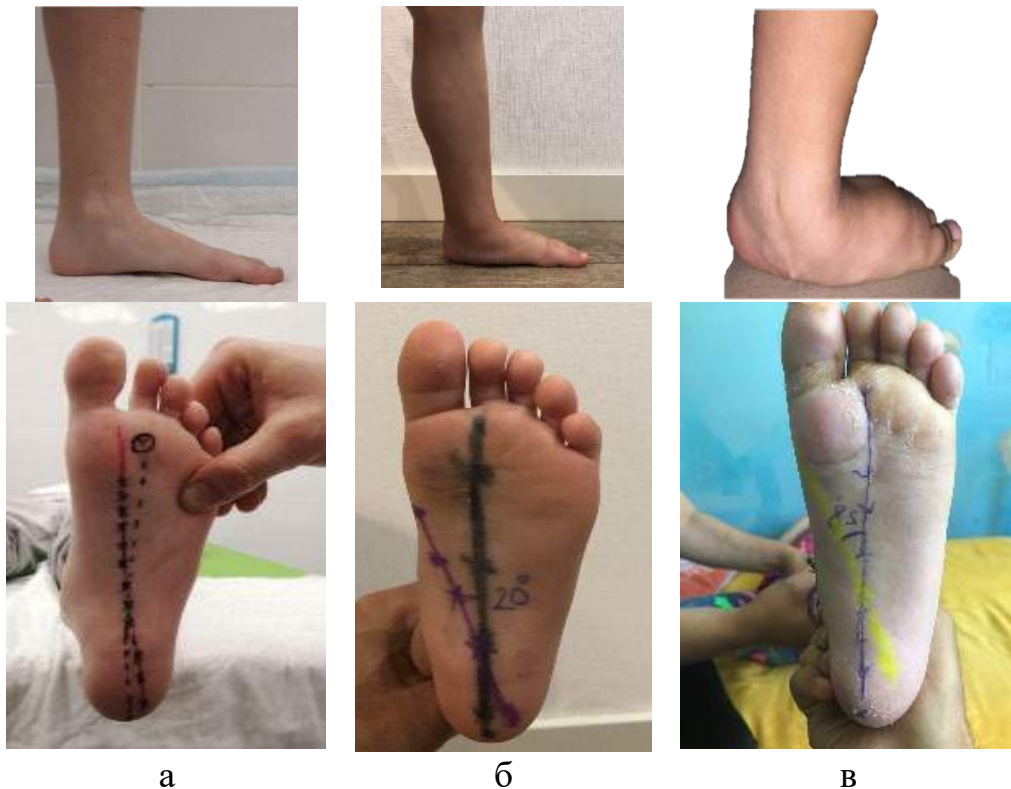


Рис. 3.3. Фото зовнішнього вигляду стоп із визначеним кутом відхилення осі ПНС: а) пацієнт А, 6 років, без ортопедичної патології (Група А) – кут відхилення осі ПНС =  $12^\circ$ ; б) пацієнт К, 6 років, з МПВДС (Група Б) – кут відхилення осі ПНС =  $20^\circ$ ; в) пацієнт В, 5 років, діагноз: ДЦП, спастична диплегія, (GMFCS 1 рівень) МПВДС обох стоп (Група В) – кут відхилення осі ПНС =  $35^\circ$ .

### 3.6 Резюме

Дослідження структурно-функціональних особливостей розвитку стоп у разі їх мобільної плосковальгусної деформації у двох вікових групах хворих на ДЦП дітей показало наступне:

- тяжкість скарг, ступінь клінічних та рентгенологічних проявів МПВДС залежить насамперед від рівня порушень великих моторних навичок, віку дитини, вираженості спастичності м'язів нижніх кінцівок: чим старше дитина за віком, чим вищий рівень за GMFCS, чим більша спастичність, тим тяжча ПВДС і тим більш виражено обмеження мобільності стоп;

- найбільш характерні скарги, які констатовано у хворих на ДЦП дітей із МПВДС наступні: порушення ходьби та деформації стоп зустрічалися у 100% випадків (у всіх пацієнтів), больовий синдром - у 51,8%, стомлюваність – у 83,9%; порушення опорності стоп - 89,6% (у 100% пацієнтів з Групи 2 (19 пацієнтів, 27 стоп) та у 70 % пацієнтів пацієнтів (7 пацієнтів, 14 стоп) з Групи 1), труднощі із вибором взуття відзначали 57,1%, а натоптиші на стопі – у 26,7%.

- результати клініко-рентгенологічних досліджень обох груп показали, що у 96,4 % випадків (54 стопи) МПВДС у хворих на ДЦП дітей супроводжується ригідною еквінусною деформацією стопи;

- у пацієнтів обох груп відзначено збільшення латерального надп'яtkово-1-метатарзального кута (кута Meary) та зменшення кута п'яtkового нахилу, що свідчать про зниження медіального поздовжнього склепіння стопи, а збільшення кута надп'яtkово-човноподібного перекриття стопи (у Групі 2 до  $19^{\circ} \pm 8^{\circ}$ ) – свідчить про наявність патологічної абдукції переднього відділу стопи. Патологічні зміни у стопах дітей Групи 2 були більш вираженими у порівнянні з Групою 1;

- у пацієнтів досліджуваних груп також відзначено наявність вторинних та третинних деформацій стопи (за класифікацією Miller F ). Зокрема, найбільш частою вторинною деформацією була ригідна супінаційна деформація переднього відділу стопи, яка зустрічалася у 62,9% дітей другої вікової групи, а мобільна супінація переднього відділу стопи відзначена у 37,1% цієї ж вікової групи. Третинні деформації, як правило, відзначались лише у пацієнтів Групи 2: hallux valgus – у 25,9%, торсійні деформації кісток гомілки – у 14,8%;

- за результатами інтегральної оцінки МПВДС за шкалою AOFAS hindfoot scale виявлено, що в обох групах наявні схожі зміни показників даної шкали, які в цілому характеризують типові структурно-функціональні порушення, які супроводжують МПВДС у хворих на ДЦП дітей. Так, інтегральна оцінка (max - 100 баллів) AOFAS hindfoot scale стану стоп групи 1

становила до втручання  $52,8 \pm 7,9$ , а в групі 2 -  $46 \pm 8$ .

Ретроспективний аналіз даних історій хвороб 34 пацієнтів (56 стоп) із МПВДС, хворих на ДЦП, показав, що для хірургічного лікування МПВДС у пацієнтів, хворих на ДЦП, використовувались два принципово різні підходи, які визначались переважно віком пацієнта та ступенем тяжкості деформації стопи.

У пацієнтів Групи 1 лікування МПВДС виконувалось із використанням хірургічних втручань на м'яких тканинах (подовжувальна Z-подібна ахіллопластика або операція Страйера, гофрування сухожилка заднього великогомілкового м'яза та аугментація п'яtkово-човноподібної зв'язки). Додатково до вищевказаних втручань, у 5 пацієнтів (9 стоп) виконані хірургічні втручання, направлені на обмеження збільшеної пронації у піднадп'яtkовому суглобі - АЕПНС та операція Grice.

У пацієнтів Групи 2 було проведено хірургічне лікування МПВДС із використанням коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яtkової кістки, та клиновидної остеотомії медіальної клиноподібної кістки, та у одному випадку навіть виконаний коригувальний трисуглобовий артродез стопи

Оцінка результатів хірургічного лікування у пацієнтів Групи 1 показала тимчасовий ефект (до 6 міс після втручання) покращення форми та функції стопи (згідно плантографічної, рентгенологічної та комплексної оцінки AOFAS шкали для заднього відділу стопи) після хірургічного лікування МПВДС із використанням переважно втручань на м'яких тканинах гомілки, спрямованих на корекцію сухожилкового балансу та контрактур у суглобах стопи та надп'яtkовому суглобі. У подальшому (через 12 та 24 міс) у 10 (66,7 %) пацієнтів Групи 1 відзначено поступовий рецидив МПВДС, що визначено за даними клініко-рентгенологічних показників. Ще у 5 пацієнтів (34,3 %), яким було виконано втручання по обмеженню патологічно збільшених пронаційних рухів у піднадп'яtkовому суглобі (АЕПНС та Grice артродез) клініко-рентгенологічні показники значущо не змінились, проте у

80 % дітей відзначені скарги на хронічний больовий синдром, який потребував прийому анальгетиків та місцевого лікування знеболюючими засобами. Так, та даними інтегральної оцінки пацієнтів Групи 1 за шкалою AOFAS hindfoot scale в динаміці через 6, 12, 24 місяців відзначено погіршення стану стоп з початкових показників  $52,8 \pm 7,9$  (до хірургічних втручань) до загальної оцінки  $48,5 \pm 6$  через 24 міс після операцій.

Хірургічне лікування МПВДС у дітей Групи 2, дозволило значущо покращити форму стопи та змінити основні рентенометричні та статоподграфічні показники стопи. Окрім того відзначено покращення показників інтегральної оцінки стопи AOFAS для заднього відділу стопи. Досягнута корекція носила сталий характер, зберігаючись на протязі 2 років після виконаного хірургічного лікування: до лікування загальна оцінка становила  $46 \pm 8$ , а через 24 міс -  $63 \pm 7$ , що є статистично достовірною різницею показників.

В той же час, ретроспективний аналіз клінічного матеріалу, по-перше, продемонстрував значний відсоток (66,7 %) рецидивів МПВДС у дітей віком 7–11 років, хворих на ДЦП, яким виконувалось хірургічне лікування із застосуванням методик, що ізольовано спрямовані на корекцію контрактур та сухожилково-м'язового балансу гомілки та стопи. По-друге, показано, що методика АЕПНС є ефективною хірургічною процедурою для лікування МПВДС у дітей хворих на ДЦП, при застосуванні якої досягнута стійка корекція форми стопи. Проте виявлено, що у 80 % випадків після виконаного АЕПНС відзначається хронічний больовий синдром, який потребував прийому анальгетиків та значно обмежував функціональну активність даних пацієнтів. Однією із причиною зазначеного больового синдрому, є *невідповідність* форми стандартного конусного імплантату для АЕПНС нормальній анатомії sinus tarsi (тарзального синусу стопи).

По-третє, у дітей старше 12 років, клінічно підтверджена ефективність хірургічного лікування МПВДС із використанням коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яtkової кістки та коригувальних остеотомій

кісток середнього відділу стопи. Однак реабілітаційний період у процесі такого лікування є довготривалим, можлива корекція лише однієї стопи за одне хірургічне втручання, а опора на оперовану кінцівку може починатися тільки через 7–8 тижнів після виконання хірургічного втручання, що робить процес лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП обтяжливим як для пацієнтів, так і для їх родин.

Важливим висновком проведеного порівняльного експериментального дослідження орієнтації осі ПНС у трьох досліджуваних груп дітей віком 6 років показало наявність ранніх статистично значущого медіального відхилення осі піднадп'яткового суглобу в аксіальній площині у дітей, хворих на ДЦП (середній кут відхилення ( $34^{\circ} \pm 8^{\circ}$ )), порівняно із аналогічними даними для дітей із МПВДС (середній кут відхилення ( $28^{\circ} \pm 5^{\circ}$ )) та здоровими дітьми (середній кут відхилення ( $19^{\circ} \pm 9^{\circ}$ )). Отримані дані свідчать про наявність структурно-функціональних порушень стопи вже у ранньому віці у дітей із МПВДС, хворих на ДЦП та свідчать про необхідність подальших аналогічних порівняльних досліджень та обґрунтовують проведення раннього хірургічного лікування для компенсації біомеханічних порушень і профілактики вторинних деформацій стопи у дітей хворих на ДЦП.

Недоліками існуючих підходів до лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, є наступне: відсутність поділу МПВДС за ступенями тяжкості для пацієнтів саме даної категорії і відповідних рекомендацій по вибору методик хірургічного лікування.

Маємо констатувати відсутність загальноприйнятних та єдиних підходів, щодо віку, коли має починатися хірургічне лікування, МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, відсутній чіткий алгоритм вибору методу хірургічного лікування МПВДС, з урахуванням ступеня деформації, віку, рівня GMFCS. Також значно відрізняються покази до використання малоінвазивної методики АЕПНС для лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП та потребують подальшого вдосконалення імплантати для АЕПНС, конструкція

яких має враховувати анатомічні особливості тарзального синусу стопи, за рахунок чого з'явиться можливість попереджувати можливий розвиток больового синдрому. Також відсутні біомеханічні дослідження, які б обґрунтовували доцільність виконання того чи іншого хірургічного втручання в залежності від ступеня тяжкості деформації, особливостей самої операції.

Все це обумовило напрями наших подальших досліджень, які включають:

- біомеханічне комп'ютерне дослідження методом кінцевих елементів моделей стопи у нормі та при МПВДС, із визначенням особливостей розподілу навантажень у стопі, в залежності від варіанту хірургічних втручань, які використовуються для корекції МПВДС;

- розробка робочої класифікації ступенів тяжкості МПВДС на основі виявлених клініко-рентгенологічних особливостей МПВДС у дітей, хворих на ДЦП;

- розроблення та наступна клінічна верифікація алгоритмів вибору методу хірургічного лікування МПВДС, з урахуванням ступеня деформації стоп, віку дитини та рівня GMFCS;

- обґрунтування, вдосконалення та клінічна апробація застосування імплантатів для АЕПНС, конструкція яких враховує анатомічні особливості тарзального синусу стопи.

#### **За матеріалами розділу опубліковано:**

[163] Корольков, А. И., & Рахман, П. М. (2018). Оценка эффективности применения технологии одномоментных многоуровневых хирургических вмешательств у детей с ДЦП. *Травма*, 19(6). 66–75. <http://dx.doi.org/10.22141/1608-1706.6.19.2018.152222>.

[164] Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & Рахман, П. М. (2015). *Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп*. Патент на корисну модель № 100208.

[165] Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & **Рахман, П. М.** (2016). Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп. Нововведення. *Інформаційний бюлетень Додаток до «Журналу НАМН України»*, 41, 168–169.

[166] Корольков, О. І., & Рахман, П. М. (2017). Результати застосування технології одномоментних багаторівневих втручань у дітей з ДЦП. *Соціальна педіатрія та реабілітологія*, 18(5), 101–106.

[167] **Рахман, П. М.**, Кикош, Г. В., & Корольков, О. І. (2016). Комплексне лікування деформацій стоп у дітей з ДЦП. *Збірник наукових праць 17 з'їзду ортопедів-травматологів України (5-7 жовтня, pp. 109–110)*. Київ.

[168] Kykosh, G., Korolkov, O. I., & **Rakhman, P.** (2015). Surgical treatment of flatfoot in children with cerebral palsy (CP). *Abstracts XXV Symposium Sekcii Ortopedii Dzieciecei Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego (21-23 maja, pp. 29)*. Zakopane.

## РОЗДІЛ 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «ПЛОСКОВАЛЬГУСНА СТОПА» ЗА УМОВ РІЗНИХ ВИДІВ ХІРУРГІЧНОГО ЇЇ ЛІКУВАННЯ

Мета цього підрозділу полягає в дослідженні розподілу напружень у кісткових елементах моделі стопи в нормі, за умов її плосковальгусної деформації та при різних варіантах хірургічної корекції МПВДС, а також дослідження напружень у кістках стопи за умов використання стандартного конусного та розробленого двоступеневого конусного імплантату для АЕПНС. Дослідження виконуються для поглибленого розуміння змін, які відбуваються в умовах плосковальгусної деформації стопи, а також обґрунтування вибору оптимального методу хірургічного лікування МПВДС.

#### **4.1 Результати досліджень напружено-деформованого моделі стопи в нормі та за умов її плосковальгусної деформації**

Першим етапом роботи проводили порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей стопи в нормі та за наявності її плосковальгусної деформації. На рис. 4.1 наведено картину розподілу напружень в моделі недеформованої стопи (варіант норми).

Як можемо бачити на рисунку, за умов нормальної будови стопи, напруження в її кісткових елементах розподіляються рівномірно, та мають не високі абсолютні значення, які спостерігаються в межах від 0,1 до 1,7 МПа. Зони підвищення рівня напружень спостерігаються на опорній поверхні п'яткової кістки де величина напружень набуває максимального значення 4,9 МПа. Наявність плосковальгусної деформації стопи призводить до значного підвищення рівня напружень в усіх елементах її кісткової системи. Загальна картина напружено-деформованого стану моделі стопи з плосковальгусною деформацією наведена на рис. 4.2.

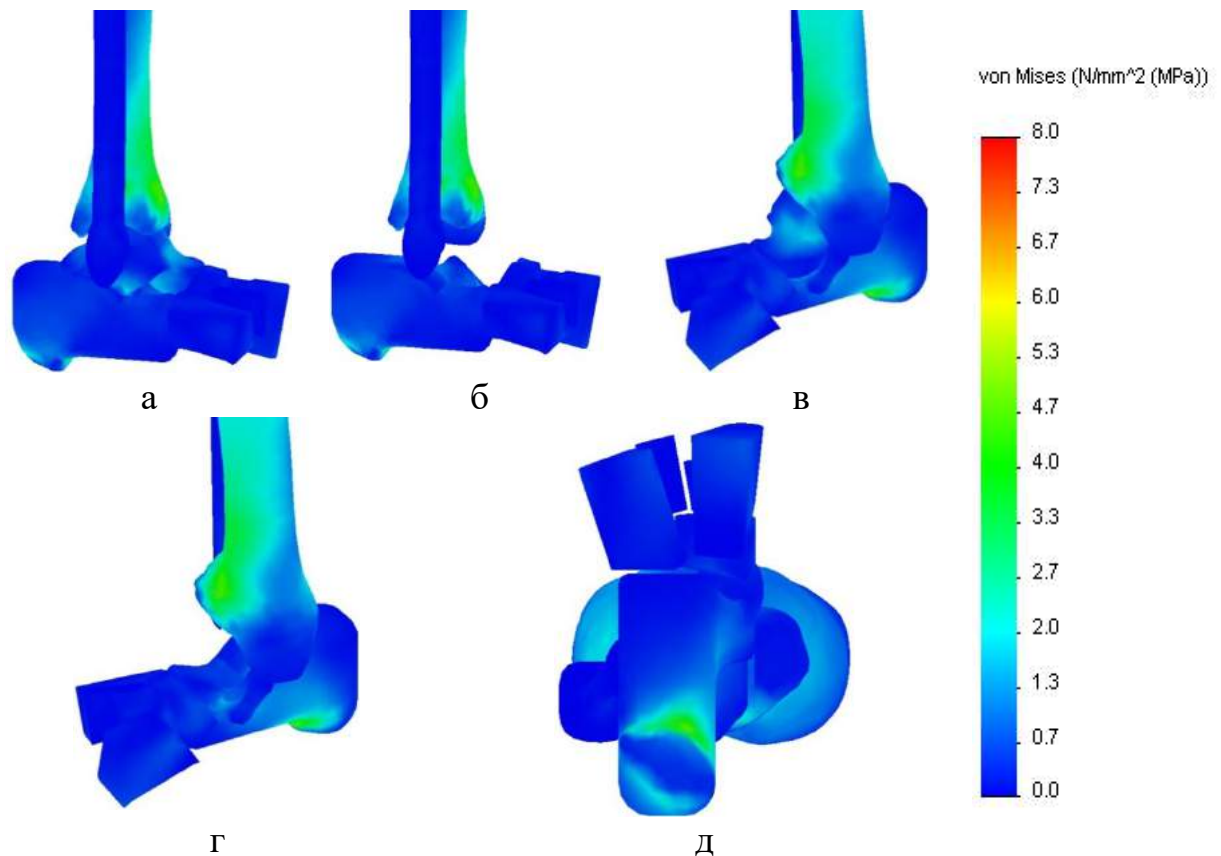


Рис. 4.1. Розподіл напружень у моделі недеформованої стопи: загальний вигляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яtkової кістки (б), із латерального боку (в); із латерального без надп'яtkової кістки (г); опорної поверхні (д).

Визначено, що ПВДС стопи призводить до підвищення загального рівня напружень у кісткових елементах стопи до 0,9–4,2 МПа (табл. 4.1).. Зони підвищеного рівня напружень виявлен на опорній поверхні п'яtkової кістки (7,2 МПа), човноподібній кістці (6,9 МПа), задній частині суглобової поверхні надп'яtkової кістки піднадп'яtkового суглоба (13,5 МПа).

За результатами дослідження напружено-деформованого стану моделей стопи в нормі та при наявності її плосковальгусної деформації можна зробити заключення про те, що плосковальгусна деформація стопи призводить до підвищення рівня механічних напружень в усіх елементах кісткової системи стопи, особливо на опорній поверхні п'яtkової кістки та на контактних поверхнях піднадп'яtkового суглоба.

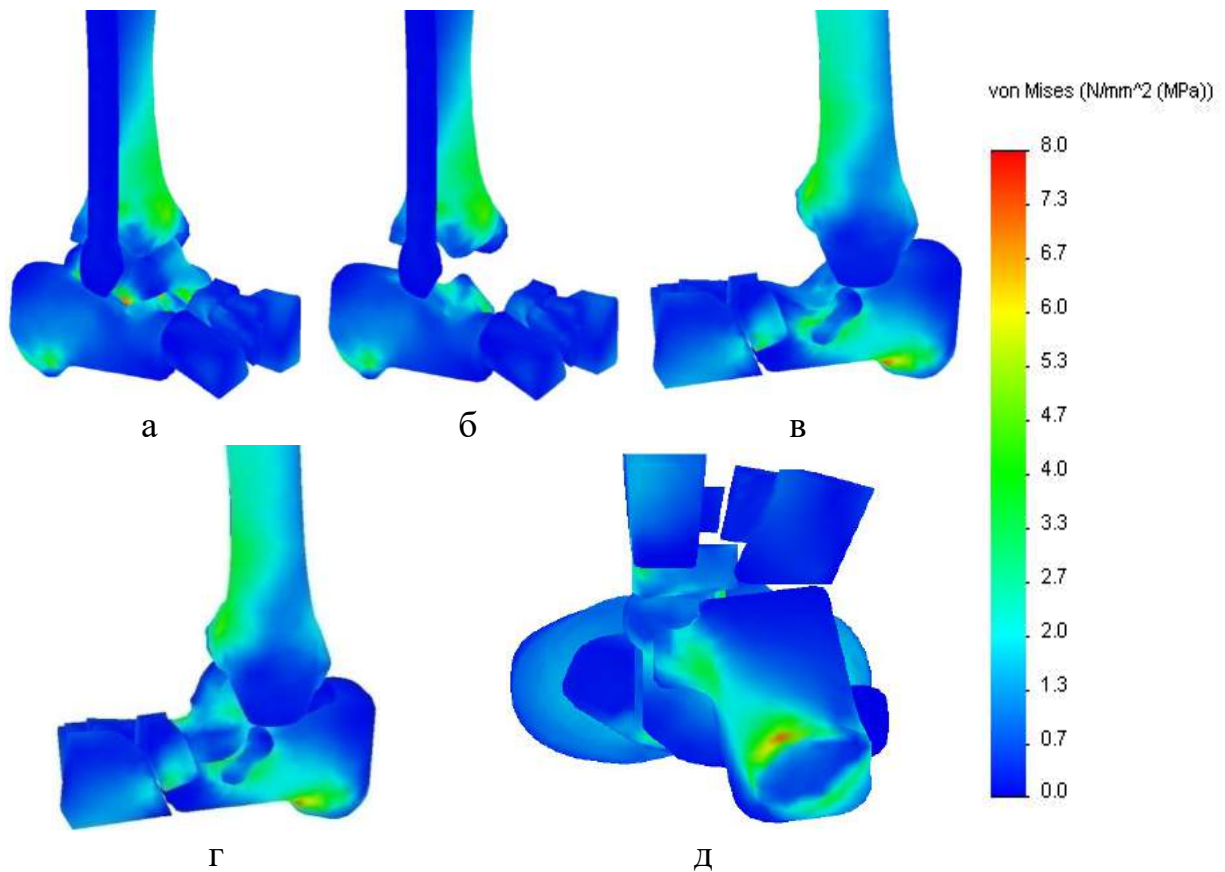


Рис. 4.2. Розподіл напружень в моделі стопи з плосковальгусною деформацією: а – загальний вид з медіального боку; б – вид з медіального без надп'яtkової кістки; в – загальний вид з латерального боку; г – вид з латерального без надп'яtkової кістки; д – вид опорної поверхні.

Таблиця 4.1

Величини напружень в контрольних точках моделей стопи в нормі та при плосковальгусній деформації.

Контрольні точки		Величини напружень, МПа	
		норма	плосковальгусна деформація
<i>1</i>		2	3
П'яtkова кістка	1	0,8	1,4
	2	1,5	4,2
	3	1,1	2,7
	4	0,1	0,9
	5	4,9	7,2

Продовження табл. 4.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Надп'яткова кістка	6	0,9	3,8
	7	1,4	3,2
	8	1,3	1,0
	9	1,0	13,5
	10	1,7	2,0
	11	1,4	1,6
Човноподібна кістка	12	0,6	6,9

#### **4.2 Результати досліджень напружено-деформованого стану системи «пласковальгусна стопа» за умов виконання різних способів артроерезу піднадп'яткового суглобу**

Наступним етапом роботи ми визначали вплив коригувальних імплантатів на розподіл напружень в кісткових елементах стопи. при дослідженні використовували моделі двох типів імплантатів: звичайного конусного та розробленого нами двоступеневого конусного імплантату.

На рис. 4.3 наведено загальну картину напружено-деформованого стану моделі стопи з коригувальним імплантатом конусної форми.

Проведені дослідження показали, що використання коригувальних імплантатів призводить до підвищення величини напружень у зоні їхнього контакту з кістковою тканиною, що пояснюється великою різницею у величинах модуля пружності штучних матеріалів, з яких виробляють імплантати, та кісткової тканини, на яку імплантати спираються. В інших елементах кісткової системи стопи, використання коригувальних імплантатів викликає зниження рівня напружень в порівнянні з моделлю пласковальгусної деформації стопи. Аналогічна картина спостерігається як при моделюванні конусного імплантату, так і при моделюванні імплантату циліндричної форми.

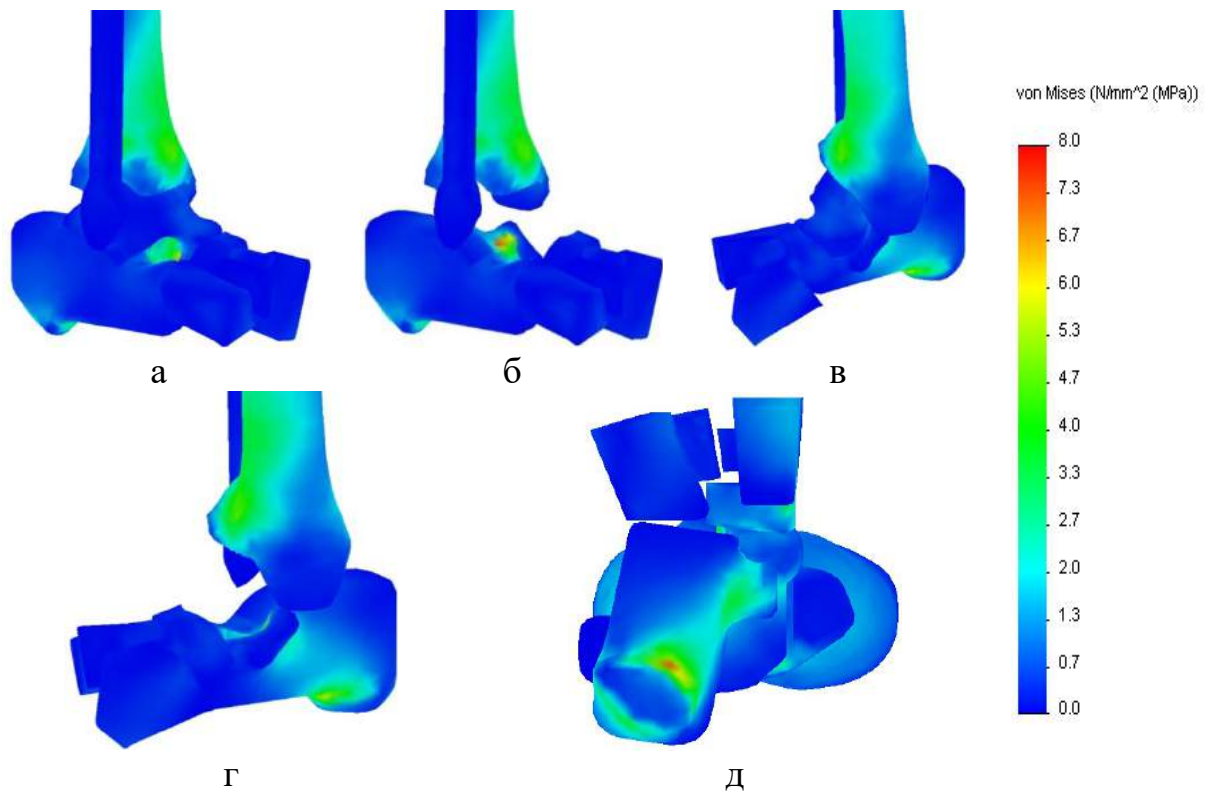


Рис. 4.3. Розподіл напружень в моделі стопи з конусним імплантатом: загальний видгляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яркової кістки та імплантата (б), із латерального (в), із латерального без надп'яркової кістки та імплантата (г), опорної поверхні (д).

На рис. 4.4 наведено загальну картину розподілу напружень у моделі стопи з двоступеневим конусним імплантатом. Як показали дослідження, загальна картина напружено-деформованого стану моделей стопи з коригувальними імплантатами конусної та двоступеневої конусної форми мало відрізняються одна від одної.

Для порівняння змін у величинах напружень в елементах скелета стопи, які виникають у результаті корекції її плосковальгусної деформації за допомогою коригувальних імплантатів різної форми, дані отримані в процесі проведених досліджень зведено в табл. 4.2. Показники, наведені в ній, свідчать про те, що в порівнянні моделлю плосковальгусної деформації стопи, використання коригувальних імплантатів призводить до підвищення величин напружень в зоні їхнього контакту з кістковою тканиною. Найбільш яскраво це виявляється на поверхнях піднадп'яркового суглоба, де

напруження сягають рівня 8,0 та 7,1 МПа за умов використання конусного та двоступеневого конусного імплантатів, відповідно, порівняно з моделлю плосковальгусної деформації стопи, де в цій зони величина напружень становить 4,2 МПа.

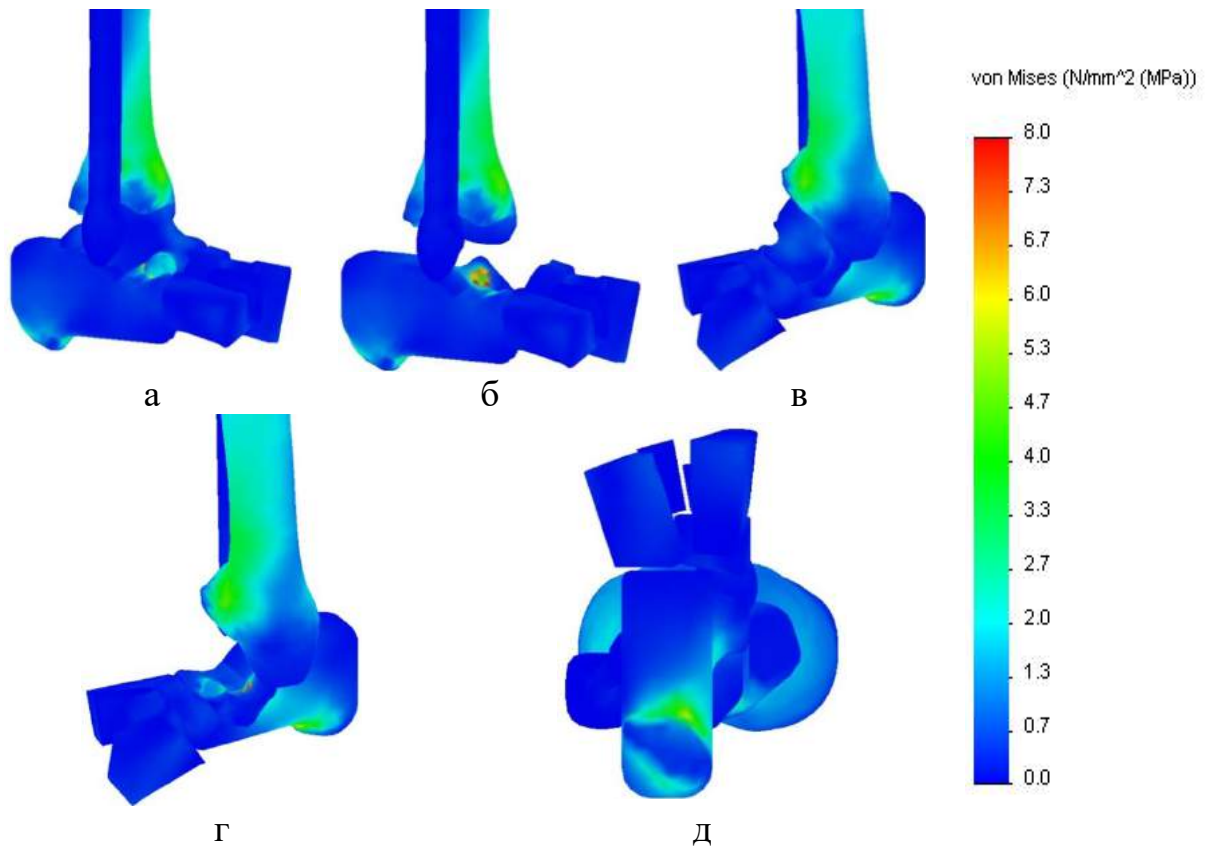


Рис. 4.4. Розподіл напружень в моделі стопи з двоступеневим конусним імплантатом: загальний вигляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яркової кістки та імплантата (б), із латерального (в), із латерального без надп'яркової кістки та імплантата (г), опорної поверхні (д).

Отже, в інших ділянках моделі стопи, використання коригувальних імплантатів веде до зниження величин напружень, за рахунок виправлення геометричних взаємовідношень між її елементами. Різниця в величинах напружень на всіх ділянках моделей стоп з імплантатами конусної та двоступеневої конусної форми дуже не значна, але ця різниця на користь запропонованого/розробленого двоступеневого конусного імплантата.

Проведене дослідження виявило позитивний вплив коригувальних

імплантатів на розподіл напружень в елементах скелету стопи при корекції її плосквальгусної деформації. Використання імплантата двоступеневої конусної форми має в цих показниках перевагу над конусним імплантатом.

Таблиця 4.2

Величини напружень у контрольних точках моделей стопи з титановими імплантатами різної форми

Контрольні точки		Величини напружень, МПа		
		плосквальгусна деформація	конусний імплантат	двоступеневий конусний імплантат
П'яткова кістка	1	1,4	2,5	2,3
	2	4,2	8,0	7,1
	3	2,7	1,3	1,2
	4	0,9	0,3	0,2
	5	5	7,2	5,7
Надп'яткова кістка	6	3,8	1,9	3,2
	7	3,2	8,1	6,4
	8	1,0	4,0	4,2
	9	13,5	0,6	0,4
	10	2,0	0,8	0,9
	11	1,6	0,8	0,8
Човноподібна кістка	12	6,9	0,5	0,5

Останнім завданням роботи буда перевірка впливу механічних властивостей матеріалів, з яких виробляють імплантати, на напружено-деформований стан моделі стопи. Для вирішення цього завдання обрали модель стопи з коригувальним імплантатом двоступеневої конусної форми, якому по черзі надавали механічні властивості титанового сплаву ВТ-16, сапфіру та вуглецю.

У результаті проведених досліджень встановлено, що основні відмінності між моделями імплантатів, виготовлених з різних матеріалів, спостерігаються в зоні їх контакту з кістковою тканиною. Картину напружено-деформованого стану моделей стопи з циліндричними коригувальними імплантатами з різних матеріалів наведено на рис. 4.5.

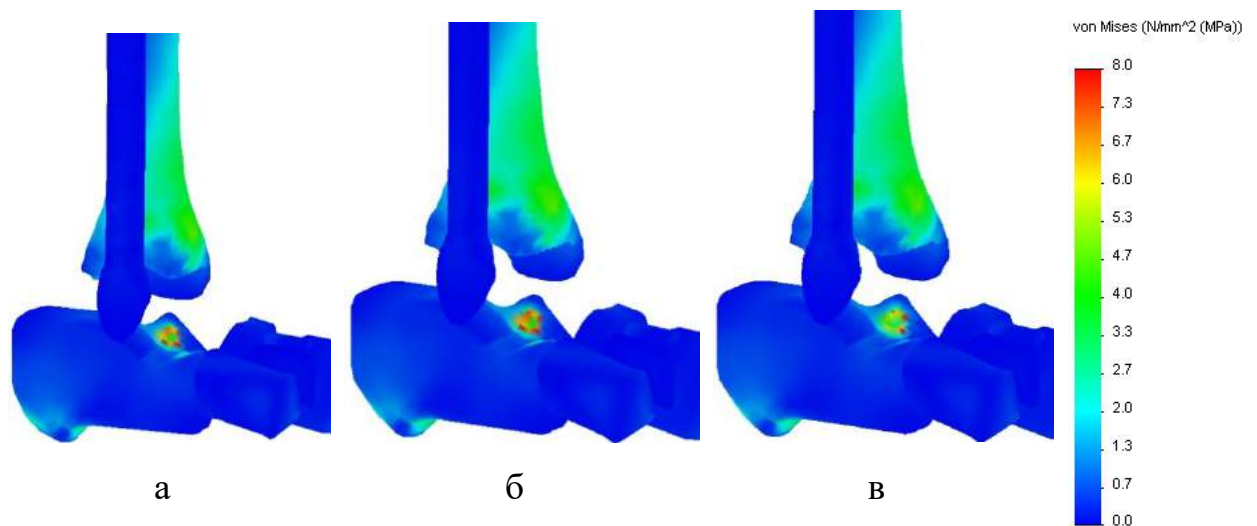


Рис. 4.5. Розподіл напружень в моделях стопи з імплантатами двоступеневої конусної форми з різних матеріалів: а) титан; б) сапфір; в) вуглець.

Як вже відмічали вище, основні відмінності в рівні величини напружень між моделями з коригувальними імплантатами з різних матеріалів спостерігаються в зоні їх контакту з кістковою тканиною. В інших ділянках моделей ці відмінності не мають значної різниці. Головним фактором, що впливає на рівень показників напружень, є величина модулю пружності матеріалу, з якого виготовлений той або інший імплантат. Але за абсолютними показниками відмінності в моделях в рівні величин напружень є дуже не значними, що не дозволяє стверджувати про переваги одного імплантатів виготовлених з одного матеріалу над іншими.

Дані про величини напружень в моделях з коригувальними імплантатами з різних матеріалів, отримані в процесі проведених досліджень, приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Величини напружень у контрольних точках моделей стопи з імплантатами двоступеневої конусної форми, виготовленими з різних матеріалів

Контрольні точки		Величини напружень, МПа		
		титан	сапфір	вуглець
П'яткова кістка	1	2,3	3,0	1,6
	2	7,1	8,3	7,6
	3	1,2	1,3	1,3
	4	0,2	0,2	0,2
	5	5,6	5,7	5,7
Надп'яткова кістка	6	3,2	2,0	1,4
	7	6,4	7,8	8,2
	8	4,2	3,9	4,5
	9	0,4	0,4	0,6
	10	0,9	0,9	0,8
	11	0,8	0,8	0,8
Човноподібна кістка	12	0,5	0,5	0,5

Таким чином, можна впевнено стверджувати про те, що вибір матеріалу для виготовлення коригувальних імплантатів не має принципового значення з точки зору розподілу напружень в кістковій системі стопи.

Наступним етапом роботи досліджували напружено-деформований стан моделей стопи з коригувальними гвинтами. На рис. 4.6 наведено картину розподілу напружень у моделі з коригувальним гвинтом, встановленим в п'яткову кістку. Як бачимо, за умов використання коригувального гвинта, встановленого в п'яткову кістку, зона підвищених напружень спостерігається у двох локальних точках, які безпосередньо контактують із ним: на п'ятковій кістці в місті кріплення гвинта, у надп'ятковій – у місті контакту з голівкою гвинта.

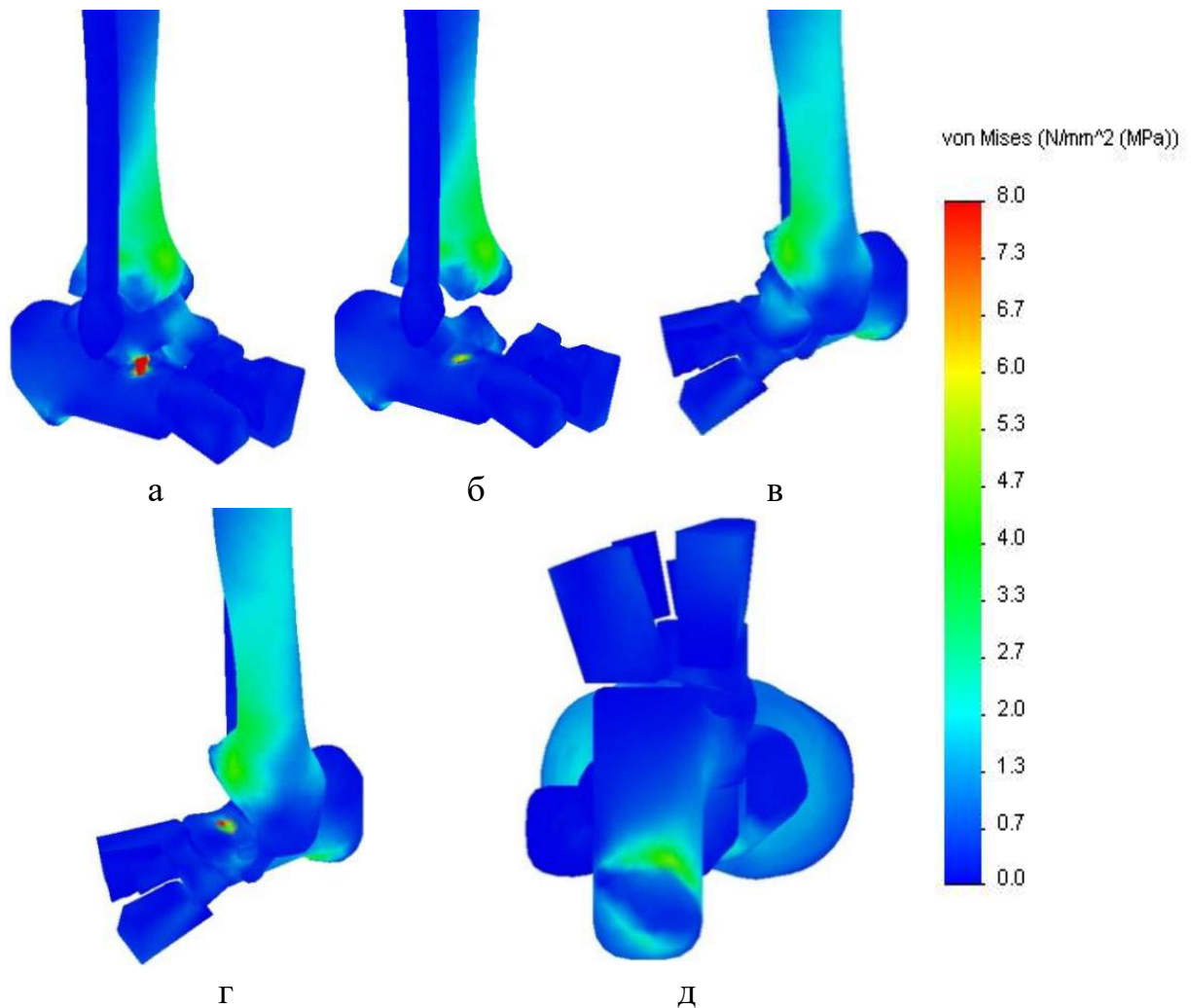


Рис. 4.6. Розподіл напружень у моделі стопи з коригувальним гвинтом в п'ятковій кістці: видгляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яtkової кістки та імплантата (б), із латерального (в), із латерального без надп'яtkової кістки та імплантата (г), опорної поверхні (д).

На рис. 4.7 представлено картину напружено-деформованого стану моделі стопи з коригувальним гвинтом, встановленим в надп'яtkову кістку. Як можна бачити, за умов встановлення коригувального гвинта в надп'яtkову кістку, картина розподілу механічних напружень у моделі аналогічна до моделі з гвинтом у п'яtkовій кістці.

Абсолютні значення величин механічних напружень в контрольних точках моделей стопи з коригувальними гвинтами зведено в табл. 4.4. Як показали проведені дослідження, у разі використання коригувальних гвинтів виникають дві зони підвищених напружень, в яких їх абсолютні значення

перевищують аналогічні показники моделі стопи з плосковальгусною деформацією.

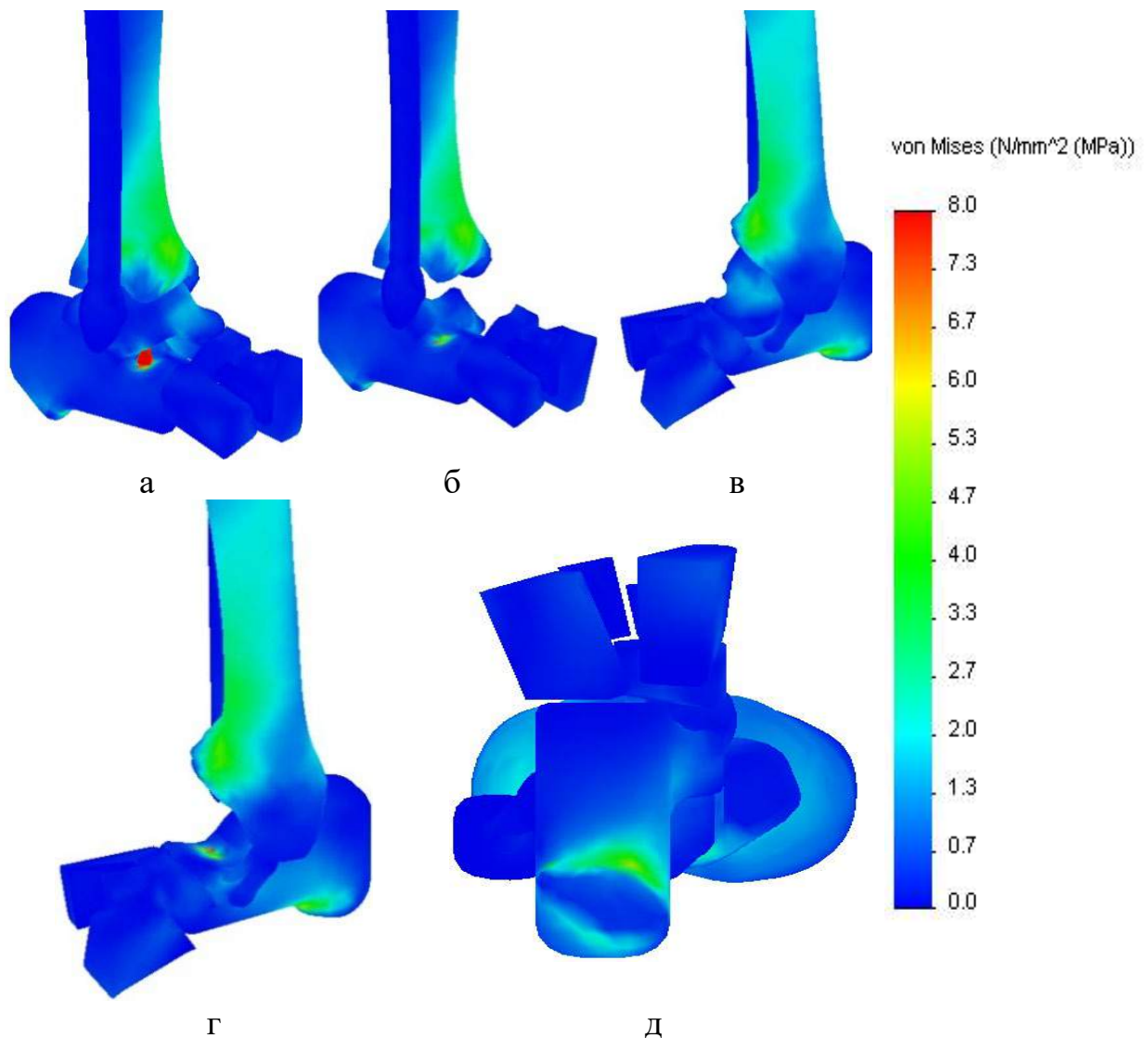


Рис. 4.7. Розподіл напружень у моделі стопи з коригувальним гвинтом в надп'ятковій кістці: видгляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яtkової кістки та імплантата (б), із латерального (в), із латерального без надп'яtkової кістки та імплантата (г), опорної поверхні (д).

Ці зони виникають в місцях контакту кісткових елементів моделі з коригувальними гвинтами, причому величини напружень декілька більші для моделі де гвинт закріплений. Зокрема, у п'яtkовій кістці величини максимальних напружень складають 9,1 та 7,4 МПа для моделей із гвинтом у п'яtkовій і надп'яtkовій кістках, відповідно. У надп'яtkовій кістці, навпаки,

максимальні напруження більші в моделі з гвинтом, встановленим у надп'яткову кістку – 12,5 МПа, ніж у моделі з гвинтом у п'ятковій кістці – 11,1 МПа. В інших контрольних точках моделей стоп із коригувальними гвинтами величини напружень близькі до значень моделі недеформованої стопи, а в деяких точках навіть нижчі за аналогічні показники.

Таблиця 4.4

Величини напружень в контрольних точках моделей стопи з коригувальними гвинтами.

Контрольні точки		Величини напружень, МПа		
		плосковальгусна деформація	ГВИНТ В п'ятковій кістці	ГВИНТ В надп'ятковій й кістці
П'яткова кістка	1	1,4	1,4	1,4
	2	4,2	9,1	7,4
	3	2,7	0,8	0,9
	4	0,9	0,4	0,4
	5	7,2	5,2	5,3
Надп'яткова кістка	6	3,8	11,1	12,5
	7	3,2	1,9	1,6
	8	1,0	1,1	1,1
	9	13,5	0,5	0,5
	10	2,0	1,6	1,5
	11	1,6	0,8	0,8
Човноподібна кістка	12	6,9	0,6	0,6

Результати моделювання корекції плосковальгусної деформації стопи за допомогою коригувальних гвинтів показали, що варіанти з встановленням їх у п'яткову або надп'яткову кістки за розподілом напружень майже ідентичні. Але з урахуванням того, що в найбільш напруженій ділянці

(надп'яткова кістка) величина максимального напруження декілька нижча в моделі з гвинтом, встановленим у п'яткову кістку, можна вважати цей варіант встановлення коригувального гвинта трохи кращим.

#### **4.3 Результати досліджень напружено-деформованого стану системи «плосковальгусна стопа» за умов виконання коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яткової кістки та артрорезу п'ятково-кубоподібного суглобу стопи**

Моделювання корекції плосковальгусної деформації стопи за допомогою коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яткової кістки та артрорезу п'ятково-кубоподібного суглобу стопи, що виконуються із встановленням кісткових аутотрансплантатів клиноподібної форми дозволили отримати наступні результати (рис. 4.8). На рисунку наведено картину розподілу механічних напружень у моделі стопи з коригувальним аутотрансплантатом, який встановлений в зону остеотомії п'яткової кістки.

Як бачимо, у разі використання коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яткової кістки напруження, які виникають у моделі, розподіляються досить рівномірно, без яскраво виражених зон перенавантажень, що можна вважати позитивним фактором.

Для порівняння розглянемо картину напружено-деформованого стану моделі стопи зі встановленням клиноподібного кісткового аутотрансплантата між п'ятковою та кубоподібною кістками, тобто за умов виконання артрорезу п'ятково-кубоподібного суглоба стопи (рис. 4.9). За таких умов зону підвищених напружень спостерігали навколо горба п'яткової кістки. В інших контрольних точках рівень напружень сумірний із моделлю остеотомії п'яткової кістки.

Величини абсолютних значень напружень к різних контрольних точках моделей стопи з коригувальними кістковими аутотрансплантатами зведені до табл. 4.5.

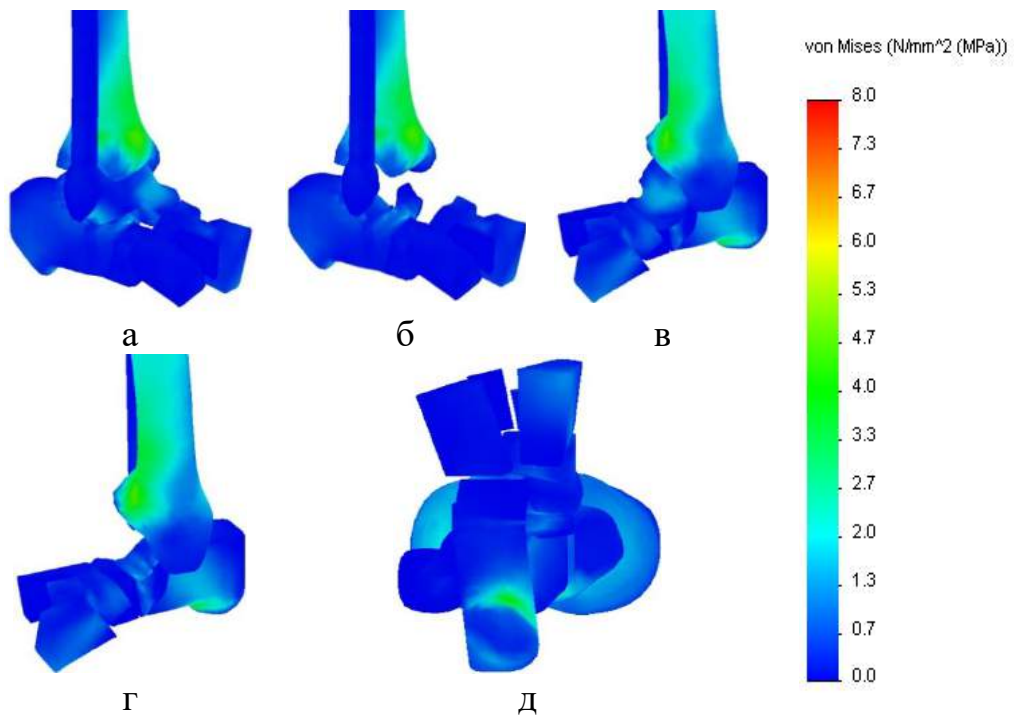


Рис. 4.8. Розподіл напружень в моделі стопи з коригувальним аутотрансплантатом в п'ятковій кістці: вигляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яткової кістки та імплантата (б), із латерального (в), із латерального без надп'яткової кістки та імплантата (г), опорної поверхні (д).

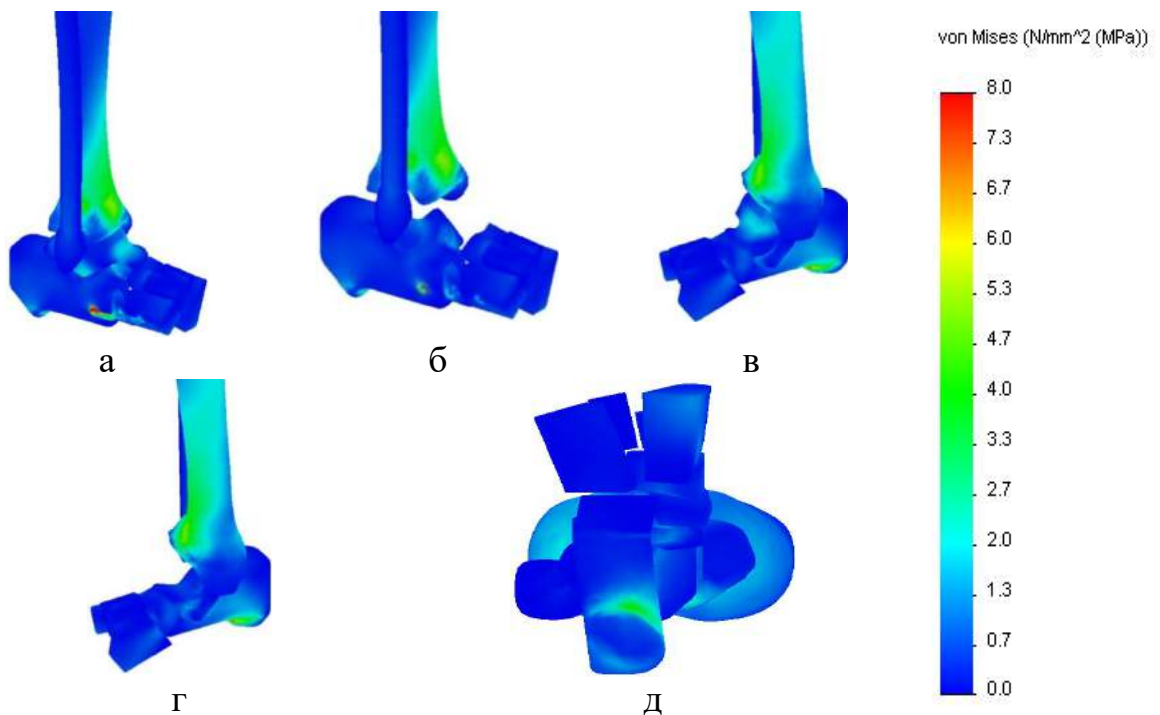


Рис. 4.9. Розподіл напружень в моделі стопи з коригувальним аутотрансплантатом між п'ятковою та кубоподібною кістками: вигляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яткової кістки та імплантата (б), із латерального (в), із латерального без надп'яткової кістки та імплантата (г), опорної поверхні (д).

Як згадувалось раніше, основна відмінність у розподілі напружень між моделями з кістковим коригувальним ауто трансплантатом, встановленим у п'яткову кістку та між п'ярковою та кубоподібною кістками, спостерігається в зоні навколо горба п'яркової кістки, де напруження набувають відповідних значень 3,9 та 7,9 МПа. Слід відмітити, що в моделі коригувальної остеотомії п'яркової кістки саме в неї величини напружень практично вдвічі вищі за модель з міжкістковим встановленням ауто трансплантату. У надп'яркової кістці, навпаки, рівень напружень вищий у моделі з коригувальним ауто трансплантатом, встановленим між п'ярковою та кубоподібною кістками, ніж у моделі з ауто трансплантатом у п'яркової кістці.

Таблиця 4.5

Величини напружень у контрольних точках моделей стопи з коригувальними ауто трансплантатами.

Контрольні точки		Величини напружень, МПа		
		плосковальгусна деформація	імплантат в п'яркової кістці	імплантат між кістками
П'яркова кістка	1	1,4	2,0	1,5
	2	4,2	2,2	1,2
	3	2,7	1,6	1,2
	4	0,9	1,1	0,5
	5	7,2	3,9	7,9
Надп'яркова кістка	6	3,8	1,2	1,3
	7	3,2	0,9	1,5
	8	1,0	1,7	2,8
	9	13,5	1,3	1,4
	10	2,0	1,5	2,1
	11	1,6	1,3	1,5
Човноподібна кістка	12	6,9	0,8	0,8

За результатами проведеного дослідження моделей корекції ПВДС за допомогою коригувальних клиноподібних кісткових аутотрансплантатів можна зробити заключення про те, що декілька кращим уявляється варіант із використанням коригувальної остеотомії п'яtkової кістки завдяки рівномірнішому розподілу механічних напружень у кісткових елементах моделі.

Доведено, що кожен із вивчених методів корекції плосквальгусної деформації стопи з огляду на розподіл механічних напружень в елементах її скелета, має власні особливості, гідності та недоліки. Тому, на нашу думку, кожен із цих методів має право на існування, але для остаточного вибору слід зважувати не лише механічні особливості навантаження сопи, а й інші аспекти лікування, наприклад, обсяг хірургічного втручання.

Зокрема, метод із використанням коригувального гвинта має самий високий показник максимальної величини напруження, але лише у двох контрольних точках навколо гвинта, в інших зонах величини напружень дорівнюють показникам недеформованої моделі, а за обсягом хірургічного втручання цей метод є самим малоінвазивним серед інших.

Навпаки, метод коригувальної остеотомії п'яtkової кістки дає самий рівномірний розподіл напружень у кісткових елементах моделі, але за обсягом хірургічного втручання є самим руйнівним. Тому під час вибору методу корекції плосквальгусної деформації стопи слід використовувати всебічно зважений підхід.

#### **4.4 Результати досліджень напружено-деформованого стану системи «плосквальгусна стопа» за умов виконання трисуглобового артрорезу стопи**

Наступним етапом роботи досліджували напружено-деформований стан моделей стопи після трисуглобового артрорезу. На рис. 4.10 наведено картину розподілу напружень в моделі після трисуглобового артрорезу. З нього бачимо, що використання трисуглобового артрорезу дозволяє отримати

рівномірний розподіл напружень у моделі без зон перенапруження.

Абсолютні значення величин механічних напружень в контрольних точках моделей стопи після трисуглобового артродезу зведено в табл. 4.6.

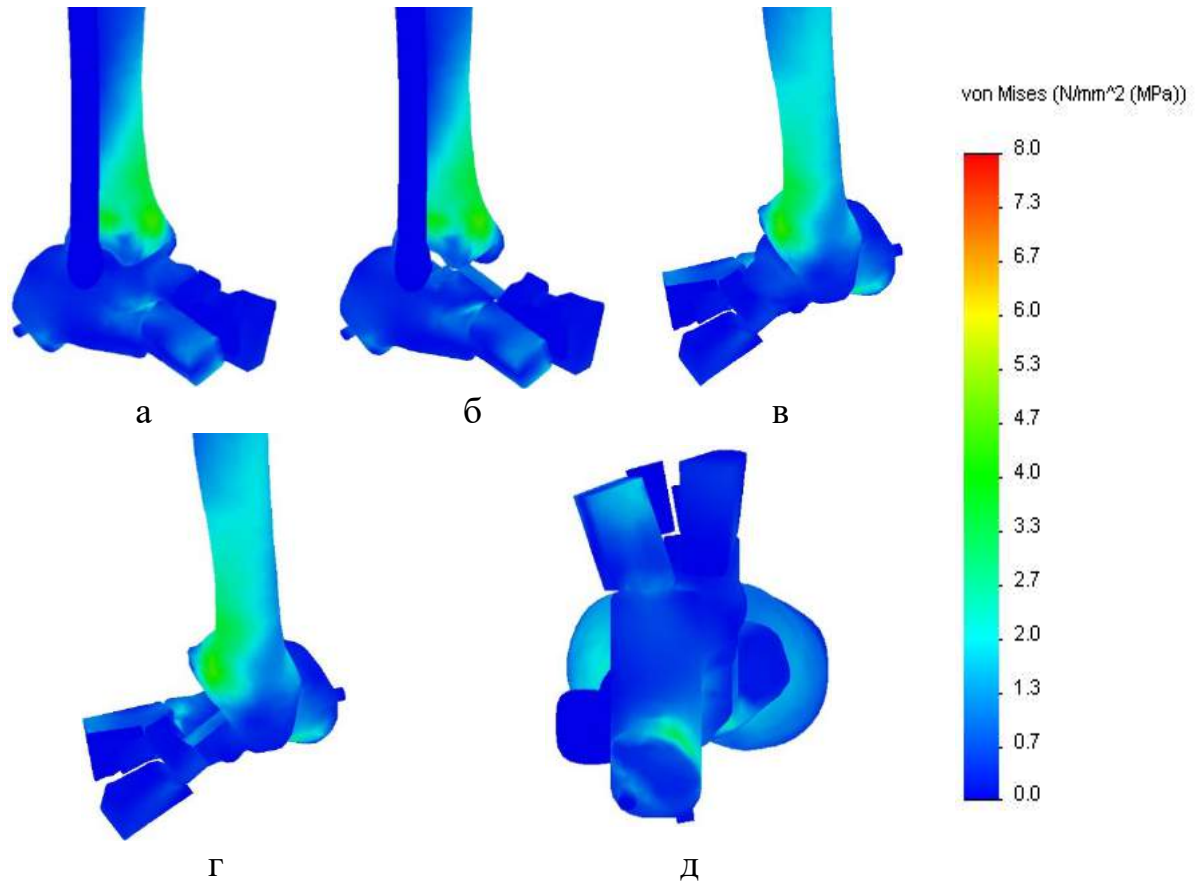


Рис. 4.10. Картина розподілу напружень в моделі стопи після трисуглобового артродезу: видгляд з медіального боку (а), із медіального без надп'яркової кістки та імплантата (б), із латерального (в), із латерального без надп'яркової кістки та імплантата (г), опорної поверхні (д).

Як показали проведені дослідження, за умов виконання трисуглобового артродезу суттєво знижуються величини напружень у всіх контрольних точках моделі порівняно з моделлю ПВДС. Виняток складає зона суглобової поверхні надп'ярково-п'ярково-човноподібного суглоба (точка 1). Крім того, трисуглобовий артродез дає змогу знизити рівень напружень у семи контрольних точках у порівнянні з моделлю стопи в нормі. В основному це стосується надп'яркової кістки.

Цікаво порівняти, як виглядає рівень напружень в моделі з трисуглобовим артродезом на фоні моделей коригувальної подовжувальної латеральної остеотомії п'яtkової кістки та п'яtkово-кубоподібного артродезу стопи. Встановлено, що за критерієм величин механічних напружень модель із трисуглобовим артродезом має перевагу над моделями з кістковими аутотрансплантатами, так як практично в усіх контрольних точках, за винятком точок 6 і 9, дозволяє отримати більш низький рівень напружень в кісткових елементах стопи.

Таблиця 4.6

Величини напружень в контрольних точках моделей стопи після трисуглобового артродезу

Контрольні точки		Величини напружень, МПа		
		норма	плоско-вальгусна деформація	трисуглобовий артродез
П'яtkова кістка	1	0,8	1,4	2,0
	2	1,5	4,2	0,8
	3	1,1	2,7	1,4
	4	0,1	0,9	0,9
	5	4,9	7,2	3,5
Надп'яtkова кістка	6	0,9	3,8	1,8
	7	1,4	3,2	0,7
	8	1,3	1,0	1,1
	9	1,0	13,5	1,4
	10	1,7	2,0	0,7
	11	1,4	1,6	1,1
Човноподібна кістка	12	0,6	6,9	0,5

#### 4.5 Резюме

На підставі проведених серій біомеханічного комп'ютерного

моделювання методом скінченних елементів стопи у нормі та за МПВДС із визначенням особливостей розподілу навантажень у стопі залежно від варіантів хірургічного втручання, які використовують для корекції МПДВС, можна зробити такі висновки:

1. Плосковальгусна деформація стопи призводить до підвищення рівня напружень в усіх елементах кісткової системи стопи, особливо на опорній поверхні п'яткової кістки та на поверхнях піднадп'яtkового суглоба;

2. Використання коригувальних імплантатів для АЕПНС має позитивний вплив на розподіл напружень в елементах скелета стопи в процесі корекції її плосковальгусної деформації. Використання імплантата запропонованої двоступеневої конусної форми має в цих показниках перевагу над конусним імплантатом;

3. Вибір матеріалу для виготовлення коригувальних імплантатів для АЕПНС (вуглець, титан або сапфір) не має принципового значення з огляду на розподіл напружень у кістковій системі стопи;

4. Результати моделювання корекції плосковальгусної деформації стопи за допомогою коригувальних гвинтів показали, що варіанти із встановленням гвинтів в п'яткову або надп'яткову кістки за розподілом напружень майже ідентичні. Але з урахуванням того, що в найбільш напруженій ділянці (надп'яткова кістка) величина максимального напруження дещо нижча в моделі з гвинтом, встановленим у п'яткову кістку, можна вважати цей варіант трохи кращим;

5. Серед варіантів корекції плосковальгусної деформації стопи за допомогою коригувальних клиноподібних кісткових автотрансплантатів дещо кращим є варіант з використанням коригувальної остеотомії п'яткової кістки завдяки рівномірнішому розподілу механічних напружень у кісткових елементах моделі.

6. У процесі моделювання трисуглобового артродезу стопи суттєво знижуються величини напружень в усіх контрольних точках моделі порівняно з моделлю ПВДС, а також відзначається перевага і над моделями з

коригувальними остеотоміями п'яткової кістки, оскільки практично в усіх контрольних точках, за винятком 6 і 9, отримано низкий рівень напружень у кісткових елементах стопи.

**За матеріалами розділу опубліковано:**

[169] Корольков, О. І., Карпінський, М. Ю., **Рахман, П. М.**, Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2017). Піднадп'ятковий артрорез у лікуванні плосковальгусної деформації стоп (кінцево-елементне моделювання) // *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю* (pp. 38–39). Приморськ.

[170] Корольков, О. І., **Рахман, П. М.**, Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2017). Дослідження напружено-деформованого стану моделі стопи в разі плоско-вальгусної деформації (повідомлення 1). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (4), 80–84. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017480-84>.

[171] Корольков, О. І., **Рахман, П. М.**, Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2018). Порівняльна характеристика напружено-деформованого стану моделі стопи до та після лікування плоско-вальгусної деформації з використанням імплантатів для піднадп'яtkового артрорезу (повідомлення друге). *Ортопедия, травматология, протезирование*, (1), 65–72. <https://doi.org/10.15674/0030-59872018165-71>.

[172] Корольков, О. І., **Рахман, П. М.**, Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2018). Напружено-деформований стан моделі плоско-вальгусної деформації стопи за умов використання імплантатів для піднадп'яткового артролізу. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (3), 74–79. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872018374-79>

[173] **Rakhman, P.**, & Korolkov, O. (2019). Investigation of the stress-strain state of the foot model before and after surgical treatment by different methods. *Abstracts of 38th EPOS Annual Meeting European Paediatric Orthopaedic Society* (3-6 April, pp. 38). Tel-Aviv, Israel.

## **РОЗДІЛ 5**

### **РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ, АЛГОРИТМІВ ВИБОРУ МЕТОДУ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ МПВДС У ХВОРИХ НА ДЦП ДІТЕЙ ТА ЇХ КЛІНІЧНА ВЕРИФІКАЦІЯ**

Враховуючи отримані дані про структурно-функціональні порушення стоп і ретроспективний аналіз результатів лікування МПВДС у дітей з ДЦП, перед нами постала задача вивчити концептуальні підходи до діагностики та лікування МПВДС, розробити робочу клініко-рентгенологічну класифікацію мобільної ПВДС та алгоритми вибору варіантів хірургічного лікування у зазначених пацієнтів, провести апробацію та довести клінічну ефективність запропонованих заходів.

#### **5.1 Концептуальна модель формування МПВДС у хворих на ДЦП дітей**

Одним із напрямів сучасної медицини у вирішенні діагностичних і лікувальних завдань є аналіз даних літератури та власних результатів досліджень, розроблення певних концептуальних підходів і алгоритмів, завдяки яким на практиці розкривається можливість використання максимально повного набору лікувальних заходів, спрямованих на корекцію МПВДС та профілактику розвинення вторинних деформацій стопи і нижньої кінцівки загалом., завдяки чому значно підвищується якість життя пацієнта [8, 11, 12–15]. Відносно такого складного стану як МПВДС за ДЦП загальноновизнано, що діти потребують тривалого, постійного і комплексного лікування різними консервативними (ортезування, ЛФК, коригувальна гімнастика, стрейчинг, тейпування, ботулінотерапія, гідрокінезотерапія, масаж, голкотерапія та багато іншого) та хірургічними методами (їх аналіз наведено у розділах 1 та 3).

Незважаючи на значні зусилля, спрямовані на профілактику та усунення деформації стоп у дітей із ДЦП консервативними методами, у значної їх

частини доводиться виконувати різні варіанти хірургічних втручань [18]. У вітчизняній літературі відсутні будь-які вказівки на застосування стандартизованих схем діагностики та ортопедичного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП. Слід підкреслити, що оцінювання початкового ортопедичного статусу в зазначених пацієнтів, а також прогнозування перспектив корекції зазначеної патології стоп залежать від віку дитини, форми церебрального паралічу (спастична, дискінетична, атаксична, їх поєднання) та вираженості спастичності м'язів, ступеня вираженості деформації стоп, анатомічного типу ураження (моноплегія, диплегія, геміплегія, подвійна геміплегія), поєднання з психічними розладами, наявності супутньої патології (порушення зору, слуху, епілепсія тощо) [3-5].

Головні інформативні клінічні та рентгенологічні критерії оцінювання ступеня деформації ПВДС у дітей з ДЦП ми навели у попередніх розділах роботи. Ґрунтуючись на динаміці клініко-рентгенологічних даних з'являється можливість розподілити хворих на клінічні групи, тобто провести певну градацію ступеня деформації стоп. При цьому залежно від ступеня змін у стопі, віку та від загальних функціональних можливостей дитини з ДЦП (класифікація GMFCS) можна запропонувати різні варіанти втручань (на м'язих тканинах, кістковому скелеті стопи, або ж їх поєднання). Створювані при цьому алгоритми не замінюють лікаря, а лише дають змогу виконувати у відповідній послідовності усі необхідні лікувальні заходи. Саме цього й не вистачає в сучасній вітчизняній лікувальній практиці, зокрема і в нейроортопедії [7].

Проведене концептуальне моделювання розвитку ПВДС у дітей з ДЦП (рис. 5.1). Згідно з нашими уявленнями, наявність підвищеної спастичності, контрактур і неоднакова дія м'язів, створюють умови для порушення рівноваги функціонування ПНС як основного стрижня-стабілізатора стопи. Так, у дітей з ДЦП у випадку постійної «переваги» спазмованої латеральної групи м'язів (у першу чергу – *m. peroneus brevis*, *m. peroneus tertius*, *m. extensor digitorum longus*) призводить до пронаційних обертальних моментів стосовно осі піднадп'яtkового суглоба, а отже буде сприяти розвитку

«перекидання» стопи, тобто – до формування її плоско-вальгусної деформації, а у подальшому до прогресування патологічного положення стопи (еквінус, відведення та пронація різного ступеня).



Рис. 5.1. Схема розвитку патологічних змін стоп у дітей з ДЦП за умов формування плоско-вальгусної деформації.

Відхилення від нормальної анатомії та функції в суміжних зі стопою структурах (контрактура колінного і кульшового суглобів, спастика м'язів нижньої кінцівки) зазвичай сприяють прогресуванню патологічних змін у стопі. Тривале існування такого стану призводить до перевантаження окремих ділянок кісток і суглобів стопи, що в свою чергу спричиняє поступове порушення нормального росту і розвитку цих анатомічних структур.

Унаслідок постійної дії наведених факторів відбувається прогресування

ПВДС, виникнення та прогресування вторинних деформацій стопи, які у подальшому за відсутності лікування обумовлюють дистрофічні зміни в тканинах і підвивих у суглобах стопи (у першу чергу в ПНС та суглобі Шопара) з можливим руйнуванням елементів КС, розвивається больовий синдром і втрата опорності стопи. У подальшому розвивається артроз суглобів стопи, пролежні, явища асептичного некрозу кісток, що в свою чергу ще більше обмежує можливості пересування пацієнта з ДЦП, і спричиняє додаткові страждання.

Вважаємо, що таке моделювання та схематичне зображення патологічних змін допомагає передбачати та детально розкрити сутність процесів (складові поняття МПВДС у дітей із ДЦП, компоненти деформації, які необхідно виявити і усунути) і має вмещувати такі діагностичні заходи:

- виявлення усіх клінічних симптомів МПВДС та оцінка ступеня їхніх проявів (градація);
- детальний аналіз результатів спеціальних методів дослідження (плантографія, рентгенографія, електроміографія, динамометрія, статоподографія, відео- та фотофіксація й аналіз ходьби тощо) та градація отриманих даних. У тому числі – оцінювання спастичності за шкалою Ешфорт і класифікація великих моторних функцій GMFCS;
- виявлення, профілактика та за необхідності лікування вторинних і третинних деформацій стопи;
- виявлення супутніх симптомів і синдромів патології нервової системи (форма ДЦП – спастична, дискінетична, атаксична, змішана; анатомічний тип ДЦП – геміплегія, диплегія, тетраплегія; інтелектуальні здібності, психічні, мовні та інші порушення – епілептичні напади, ліквородинамічні розлади, порушення функції зору, слуху) і окремо – патології інших ланок опорно-рухової системи (кульшовий і колінний суглоби, патологія хребта і верхньої кінцівки тощо).

Вважаємо, що в процесі діагностики та лікування МПВДС у дітей із ДЦП слід враховувати фактори: зміни в м'язах стопи та гомілки (ступінь

спастики або гіпотонії певних груп м'язів, контрактури, фіброз м'язів тощо); відхилення у будові кістково-суглобових елементів стопи, перш за все у ПНС; патологія в інших ланках опорно-рухової системи; можливі наявні руйнування тканин і запально-дистрофічні процеси в ділянці стопи (пролежні, нориці, асептичний некроз, натоптиші, ніготь, що вріс тощо).

У подальшому нами розроблено робочу класифікацію МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, яка дозволяє виділити три ступені деформації та на її основі запропонувати диференційований алгоритмований підхід до вибору варіанта хірургічного втручання.

## **5.2 Розроблення робочої класифікації мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей**

Враховуючи відсутність класифікації МПВДС у дітей із ДЦП і необхідність диференційованого підходу до вибору методу хірургічного її лікування, нами запропонована робоча клініко-рентгенологічна класифікація, що є модифікацією загальноприйнятої для плоскої стопи [174]. Класифікація заснована на градації стандартних параметрів, які характеризують медіальне поздовжнє склепіння та, опосередковано, вальгусне відхилення кісток заднього відділу стопи [175] і ґрунтується на певних критеріях:

- виділенні клінічних ступенів тяжкості МПВДС;
- характеристика певних рентгенологічних показників (визначення латерального надп'яtkово-1-метатарзального кута (кута Meary) та кута нахилу п'яtkової кістки (п'яtkовий нахил)).

Один із важливих проявів ступеня МПВДС є такий показник, як мобільність у піднадп'яtkовому суглобі. Враховуючи прогресуючу гіперпронаційну установку, яка поступово формується у піднадп'яtkовому суглобі і призводить до підвивиху у надп'яtkово-човноподібному суглобі, що спочатку може бути виправлена мануально, а пізніше не піддається мануальній корекції та призводить до розвитку вторинних деформацій, ми

включили зазначений критерій до клініко-рентгенологічної класифікації ступенів тяжкості МПВДС у дітей, хворих на ДЦП (табл. 6.1).

Відповідно до запропонованої нами класифікації *до легкого ступеня* МПВДС у дітей хворих на ДЦП відносимо стопи, які характеризуються такими показниками: надп'яtkово-1 метатарзальний кут складає – 5°–14°; кут п'яtkового нахилу – 15°–20°. Мобільність у піднадп'яtkовому суглобі - повна, що означає можливість повної мануальної корекції вальгусного положення п'яtkової кістки до нейтрального по відношенню до надп'яtkової кістки у процесі клінічного обстеження. Вторинна супінаційна деформація переднього відділу стопи – відсутня (зазначена деформація оцінюється клінічно після мануальної корекції положення п'яtkової кістки у піднадп'яtkовому суглобі до нейтрального).

Таблиця 5.1

Робоча клініко-рентгенологічна класифікація МПВДС у хворих на ДЦП дітей

Клініко-рентгенологічні ознаки	Ступінь деформації		
	легка	середня	важка
Латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут, град	5-14	15-30	> 30
Кут п'яtkового нахилу, град	15-20	10-14	< 10
Мобільність у піднадп'яtkовому суглобі	повна	частково обмежена	обмежена
Вторинна супінаційна деформація переднього відділу стопи	відсутня	наявна – мобільна	наявна – ригідна

Деформації *середнього ступеня* характеризуються подальшими прогресуючими змінами клінічних та рентгенометричних показників відповідно до табл. 5.1. При цьому вже відзначається мобільна вторинна супінаційна деформація переднього відділу стопи, яка мануально може бути виправлена за рахунок збереженої мобільності кісток у суглобах середнього

та переднього відділу стопи.

До *тяжкого ступеня* деформації нами віднесено стопи, які характеризуються наступним: латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут  $> 30^\circ$ , кут п'яtkового нахилу –  $< 10^\circ$ , стопи з вираженням «колапсом» медіального поздовжнього склепіння, що мають ригідну вторинну супінаційну деформацію переднього відділу стопи та фіксоване вальгусне відхилення п'яtkової кістки у піднап'яtkовому суглобі, які не можуть бути відкореговані мануально.

Таким чином запропонована робоча класифікація з одного боку дозволяє орієнтуватися в реальних ступенях МПВДС у дітей з ДЦП, а з іншого – забезпечує вибір оптимального для кожного конкретного клінічного випадку втручання або їх поєднання, які б доповнювали один одного.

У подальшому виникає необхідність не тільки класифікувати складний симптомокомплекс різноманітних змін, який відзначається при МПВДС у дітей з ДЦП (що зроблено нами вище), але й систематизувати велику кількість методів та способів, які застосовуються для лікування даної деформації, а також розробити алгоритми вибору методу хірургічного лікування цієї патології.

### **5.3 Робоча класифікація хірургічних втручань та алгоритми вибору методу хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей**

Маємо зауважити, що у процесі лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, застосовуються різні консервативні та хірургічні методи, а також їх поєднання. Велика поліморфність структурно-функціональних порушень у стопі у випадку МПВДС у поєднанні з симптомокомплексом різноманітних змін в організмі такої дитини (як мінімум нервова та опорно-рухова система) виключає можливість розробки універсального втручання, яке було б коректним для будь-якого варіанту вищевказаної патології. Тому вважаємо

доцільним запропонувати робочу класифікацію цих втручань, яка б з одного боку відображала весь наявний арсенал хірургічних способів і давала б можливість орієнтуватися в можливостях корекції різних відхилень в будові стопи, а з іншого – забезпечувала б вибір оптимальних втручань та їх поєднань (табл. 5.2). Аналогічна класифікація була розроблена для випадків лікування патології кульшових суглобів у дітей з ДЦП [7].

Розроблена робоча класифікація, а також класифікація лікувальних заходів, які можуть використовуватися у процесі лікування МПВДС у дітей з ДЦП дозволяють, з одного боку, уточнити і деталізувати діагноз, а з іншого – розкривають можливість для використання індивідуального набору лікувальних заходів (консервативних і хірургічних), спрямованих на корекцію структурно-функціонального стану деформованої стопи хворого з ДЦП, а отже і на покращення загальних моторних функцій.

Мета наступного підрозділу роботи: розробити алгоритм вибору методу хірургічного лікування у випадках мобільної плосковальгусної деформації стоп у дітей, хворих на ДЦП.

Термін «алгоритм» (походить від латинізованої форми імені середньоазіатського математика аль-Хорезмі – Algorithmi) – та означає систему правил, або перелік певних заходів, застосування яких у визначеній послідовності обов'язково призводить до розв'язання певної задачі після закінченого числа дій або певних операцій [176].

У процесі побудови лікувального алгоритму ми намагалися максимально врахувати досвід як вітчизняних (у тому числі і власний), так і зарубіжних клінік та учених, які займаються лікуванням МПВДС у дітей з ДЦП [1, 8, 12,35, 47, 117].

Проведений аналіз клініко-рентгенологічних та біомеханічних даних у випадку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП дозволив визначити найбільш типові локальні структурно-функціональні порушення та розробити алгоритм вибору методу хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

Таблиця 5.2

## Класифікація лікувальних заходів у випадку МПВДС у дітей, хворих на ДЦП

№	Група лікувальних заходів	Підгрупа лікувальних заходів	Завдання, які вирішує група лікувальних заходів	Ефективність та тривалість лікування
1	2	3	4	5
1	Протезно-ортопедичне забезпечення	1.1 Ортопедичне взуття; 1.2 Ортези на нижні кінцівки різної конструкції – шарнірні, безшарнірні; на час сну та для ходьби; різної висоти (до в/3 гомілки, до в/3 стегна тощо); 1.3 Використання для пересування різних допоміжних засобів (милиці, ходунки тощо)	1. Профілактика розвинення патологічної установки кінцівки 2. Корекція деформації стопи та/ або патологічної установки кінцівки.	Зазвичай потребують періодичного або постійного застосування, ефективність як правило низька, залежить від вираженості спастичності м'язів та правильного використання виробу.
2	Медикаментозне лікування	2.1 Міорелаксанти периферичної дії 2.2 Ноотропи; 2.3 Інші	1. Зниження спастики; 2. Покращення мозкового кровообігу.	Низькоефективні, потребують періодичного або постійного застосування

1	2	3	4	5
3	Фізіотерапевтичні методи та реабілітаційні заходи	3.1 ЕСМ м'язів-антагоністів 3.2 Голкорексфлексотерапія 3.3 ЛФК, масаж, розробка рухів 3.4 Механотерапія; 3.5 Зайняття у воді (басейн, плавання тощо).	1. Зниження спастики; 2. Укріплення м'язів-антагоністів; 3. Збільшення обсягу рухів; 4. Покращення моторних функцій;	Середня ефективність, потребують регулярного періодичного, деякі - постійного застосування.
4	Локальна ін'єкційна терапія	4.1 Введення препаратів ботулотоксину А («Ботокс», «Диспорт», «Ксеомін»); 4.2 Імплантація баклофенової помпи.	1. Зниження спастики; 2. Збільшення обсягу рухів; 3. Покращення моторних функцій.	Первинний ефект високий (до 6-8 місяців) за умов ортезування; п. 4.1. – повторне введення препарату; п. 4.2 – дорого-вартісний, через що його використання в нашій країні вкрай обмежене.
5	Втручання на м'яких тканинах в ділянці стопи з мобільною ПВД	5.1 Ахілопластика (різні варіанти, у тому числі Z-подібна пластика та операція Страйєра);	1. усунення МПВДС стопи; 2. Зниження спастики;	Первинний ефект високий, за умов ортезування у після операційному періоді;

1	2	3	4	5
5	Втручання на м'яких тканинах в ділянці стопи з мобільною ПВД	5.2 гофрування заднього великогомілкового м'яза та пластика дельтоподібної зв'язки; 5.3 Подовження малогомілкового м'яза (м'язів)	3. Покращення опорності стопи та моторних функцій; 4. профілактика розвитку вторинних деформацій стопи	через 6-12 міс, зазвичай рецидив, що потребує повторних, досить часто більш травматичних втручань.
6	Втручання на піднадп'ятковому суглобі	6.1 АЕПНС; 6.2 Grice артродез; 6.3 Артродізіс ПНС з імплантацією гвинта у надп'яткову або п'яткову кістку – «calcaneo-stop procedure».	1. Відновлення нормальної будови стопи; 2. Покращення опорності стопи та загальних моторних функцій.	1. Ефективність втручань висока в разі правильного визначення показань; 2. висока вірогідність розвитку больового синдрому у випадку АЕПНС конусним імплантом.
7	Втручання на кісткових структурах стопи	7.1 Коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яткової кістки; 7.2 Коригувальна клиноподібна «мінус»-остеотомія медіальної клиноподібної кістки;	1. Відновлення нормальної будови стопи; 2. Покращення опорності стопи та загальних моторних функцій	Ефективність втручань висока в разі правильного визначення показань

1	2	3	4	5
7	Втручання на кісткових структурах стопи	7.3 Поєднання коригувальної клиноподібної «мінус»-остеотомії медіальної клиноподібної кістки із коригувальною клиноподібною «плюс»-остеотомією кубовидної кістки; 7.4 Поєднання декількох із вище-вказаних остеотомій.		
8	Артродезуючі втручання	8.1. коригувальний артродез ПНС; 8.2. коригувальний артродез п'яtkово-кубоподібного та/або надп'яtkово-човноподібного суглобу; 8.3. трисуглобовий коригувальний артродез; 8.4. артродез гомілково-стопного суглоба.	11. Відновлення будови стопи; 2. Покращення опорності стопи та загальних моторних функцій.	Ефективність втручань висока
9	Паліативні втручання	9.1. Резекція надп'яtkової кістки або астрагалектомія; 9.2. втручання з приводу вторинних або третинних деформацій стопи.	1. Підвищення опороспроможності кінцівки; 2. Зменшення болювого синдрому; 3. усунення часткове або повне наявних деформацій.	Ефективність втручань висока

Важливими факторами, що мають враховуватися та впливають на вибір методу хірургічного лікування МПВДС у пацієнтів, хворих на ДЦП є вік, рівень великих моторних навичок GMFCS, тяжкість (мобільність) деформації стопи та її особливості (обсяг рухів та взаємовідносини у піднадп'ятковому та Шопаровому суглобах), наявність вторинних та третинних деформацій стопи і гомілки. Діти, хворі на ДЦП, із різним рівнем розвитку великих моторних навичок за GMFCS безумовно пред'являють різні вимоги до стопи, як органу опори та ходьби. Так, пацієнти, які здатні самостійно пересуватися і мають помірні обмеження великих моторних навичок (за шкалою GMFCS I-III рівень) потребують відновлення нормальної опорності стопи, зі збереженням її мобільності, для виконання функції опори та ходьби.

Як нами показано раніше, наявна патологічна вальгусна установка п'яткової кістки у ПНС є ключовим механізмом, який впливає на функціонування пасивного замикаючого механізму у піднадп'ятковому та Шопаровому суглобі. У випадку МПВДС у дитини, хворої на ДЦП, мають бути оцінені такі важливі клінічні ознаки деформації стопи: наявність та характеристика укорочення триголового м'яза (ригідний або динамічний еквінус), мобільність стопи на рівні ПНС та Шопарова суглоба (нормальна або обмежена мобільність), вираженість укорочення малогомілкових м'язів (їх спастичність), наявність вторинних деформацій стопи і їх мобільність.

Найчастіше для зазначеної категорії пацієнтів у випадках хірургічного лікування МПВДС, переважно використовують такі втручання: АЕПНС та коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яткової кістки. Наявність вторинної ригідної супінаційної деформації переднього відділу стопи є показанням для проведення коригувальної клиноподібної остеотомії медіальної клиноподібної кістки для відновлення нормальної опорності стопи на 3 анатомічні точки (п'яткова кістка, головка 1 та 5 плюсневих кісток). Загальні принципи запропонованого алгоритму вибору методу хірургічного лікування МПВДС у пацієнтів з помірним обмеженням великих моторних навичок (за шкалою GMFCS I-III рівень) викладені на рис 5.2.

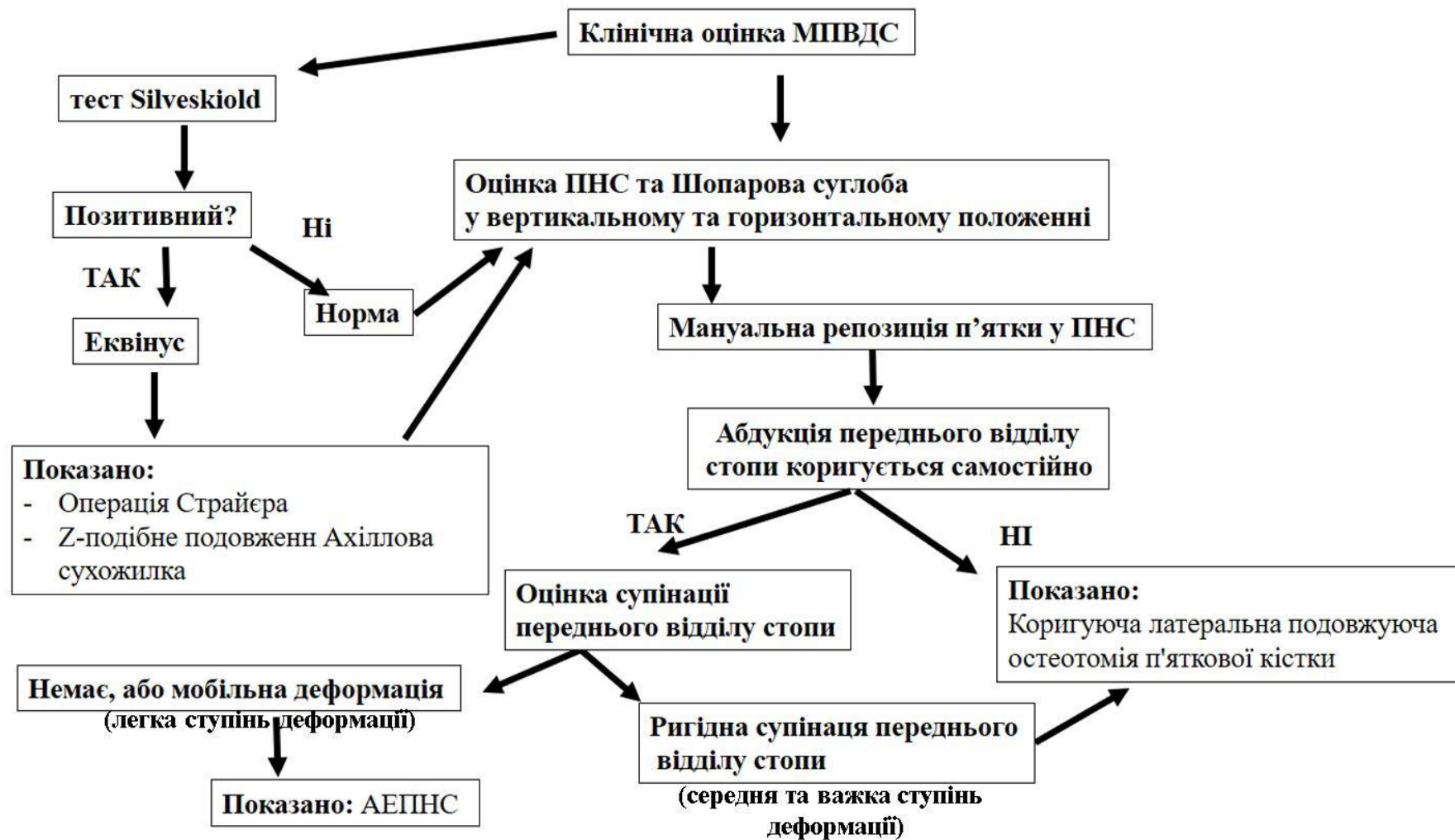


Рис. 5.2. Алгоритм вибору методу хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, у віці старше 6 років, із помірними порушеннями великих моторних навичок (GMFCS рівень I, II, III).

Діти, хворі на ДЦП зі значними обмеженнями здатності до самостійного пересування (GMFCS рівень IV,V) мають відмінний механізм та динаміку розвитку МПВДС. Для таких дітей більш важливими факторами є больовий синдром (його відсутність), якість життя і зручність при наданні сторонньої допомоги батьками та опікунами дитини. Вальгусне положення п'ятки у піднадп'ятковому суглобі супроводжується, як правило вкороченням триголового м'яза та призводить до поступового розвинення підввику у надп'яtkово-човноподібному суглобі і зниження висоти поздовжнього склепіння стопи.

Патологічна вальгусна установка у піднадп'ятковому суглобі має бути скоригована, для чого у випадку молодшого віку та початкових стадій МПВДС може використовуватись АЕПНС.

У дітей більш старшого віку (після 12 років), за наявності виражених порушень моторних навичок (GMFCS рівень IV-V ) патологічне вальгусне відхилення п'яtkової кістки та підввику у Шопаровому суглобі коригується виконанням стабілізуючих операції (коригувальний артродез ПНС, коригувальний артродез п'яtkово-кубоподібного та/або надп'яtkово-човноподібного суглобу, або трисуглобовим коригувальним артродезом стопи).

Загальні принципи алгоритму вибору методу хірургічного лікування при МПВДС у пацієнтів зі значними порушеннями функції опори та ходьби (GMFCS рівень IV, V ) викладені на рис 5.3.

Приклади використання запропонованих алгоритмів вибору методу хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП представлені у підрозділі 5.4.

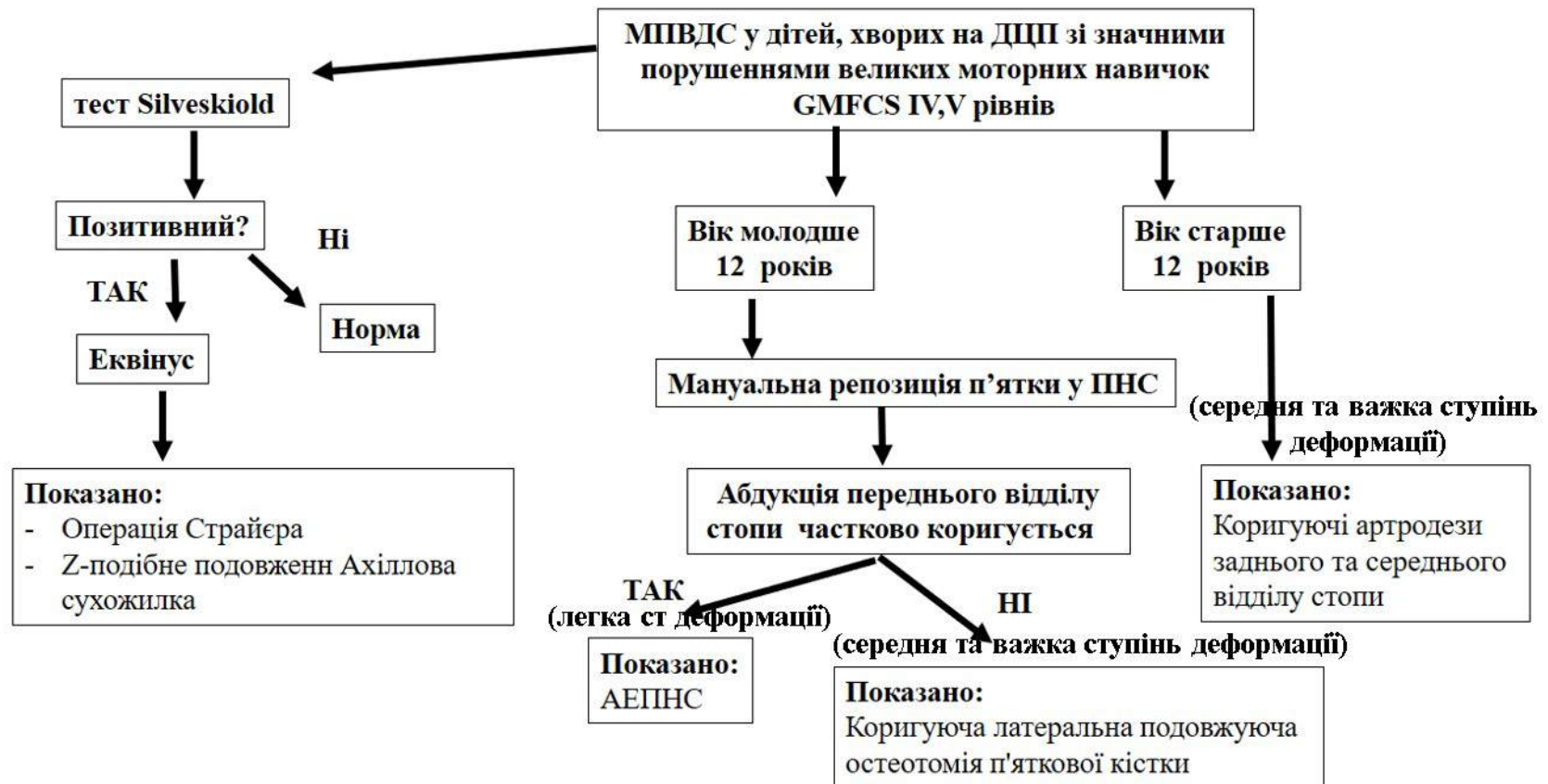


Рис. 5.3. Алгоритм вибору методу хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, із значними порушеннями великих моторних навичок (GMFCS рівень IV, V).

## **5.4 Клінічна верифікація та аналіз результатів використання алгоритмів вибору варіантів хірургічного лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей**

Запропонована робоча класифікація МПВДС у дітей хворих на ДЦП, та розроблені алгоритми вибору методу хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП дозволили обґрунтовано підійти до вибору варіантів хірургічного лікування МВДС у дітей, хворих на ДЦП. Нижче наводимо дані проведеної нами клінічної верифікації запропонованих теоретичних розробок.

### *5.4.1 Лікування мобільної плосковальгусної деформації легкого ступеня у хворих на ДЦП дітей*

Легка ступінь МПВДС, відповідно до розробленої робочої класифікації, передбачає помірну вираженість деформації із наявністю мобільності у піднадп'ятковому суглобі і відсутністю вторинних та третинних деформацій стоп. Хірургічне лікування МПВДС легкого ступеня у дітей, хворих на ДЦП включає корекцію еквінусної деформації стопи, та втручання спрямовані на обмеження патологічно збільшеної пронації у піднадп'ятковому суглобі, як правило - за рахунок виконання АЕПНС. Маємо зауважити, що використання іншого малоінвазивного втручання - «calkaneo stop procadure» на час проведення нашого дослідження було неможливе через відсутність сертифікованих в Україні та дозволених до використання імплантатів.

Враховуючи недоліки, виявлені при аналізі результатів хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП із використанням малоінвазивної методики АЕПНС, а саме, хронічний больовий синдром, який відмічено у 80% пацієнтів, ми розробили двоступеневий конусний імплантат (рис 5.4), що має форму, яка у більшій мірі відповідає анатомічній формі sinus tarsi,

зменшує травматизацію хрящових тканин в каналі піднадп'яtkового синуса, а отже попереджає можливу міграцію імплантата виникнення больового синдрому (деклараційний патент України на корисну модель № 113131) [149].

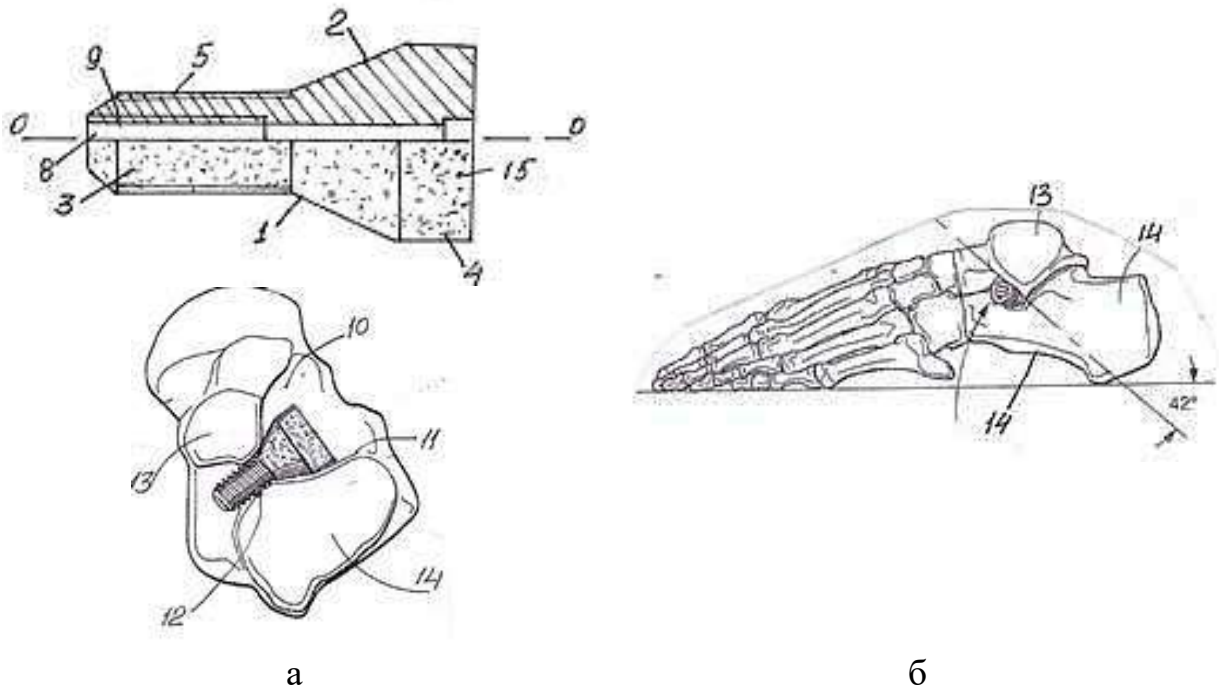


Рис. 5.4. Зовнішній вигляд імплантату для артролізу піднадп'яtkового суглобу, що розроблений для лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП (патент № 113131, Україна [149]): а) схематичне зображення імплантату та його розташування у тарзальному синусі та каналі; б) схематичне зображення стопи зі встановленим імплантатом.

Імплантат для стабілізації піднадп'яtkового суглоба у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп виготовлений із біоінертного матеріалу, переважно титану, і містить наступні конструктивні особливості: являє собою порожнистий двоступеневий стержень з опорним зрізаним конусом, який об'єднує обидва ступені стержня між собою вздовж його осі, при цьому на зовнішній поверхні меншого ступеня стержня виконана гвинтова різьба, а на більшому його ступені з торцевої його частини – фігурний паз для інсталяційного інструмента. Різьба на зовнішній поверхні

меншого ступеня стержня виконана упорною з пласкими вершинами кожного її витка довжиною у межах 0,15–0,20 мм і висотою кожного витка 2,5–3,0 мм, а отвір меншого ступеня виконаний з внутрішньою різьбою, напрямком якої протилежний напрямку різьби на зовнішній поверхні цього ступеня, при цьому на зовнішній поверхні стержня нанесено корундове покриття із оксидів титану або алюмінію з жорсткістю Ra у межах 50-200 мкм.

Для верифікації ефективності алгоритму лікування легкого ступеню МПВДС та оцінки застосування запропонованого нами двоступеневого конусного імплантату була проведена клінічна апробація хірургічного лікування МПДВС методом АЕПНС порожнистим двоступеневим конусним імплантатом у 5 хворих (10 стоп) на ДЦП дітей.

Характеристики досліджуваної групи пацієнтів: демографічні дані, розподіл за рівнем GMFCS – представлений у табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Розподіл пацієнтів з легким ступенем тяжкості МПВДС (n = 5) за статтю, віком, типом ураження та рівнем GMFCS.

Параметри	Кількість
Стать	3 хлопчика, 2 дівчинки
Середній вік, років	9 років (від 7 до 11 років)
Тип ураження	Диплегічна форма – 4 пацієнта Тетраплегічна – 1 пацієнт
GMFCS рівень	II рівень – 3 пацієнти III рівень – 1 пацієнт IV рівень – 1 пацієнт
Ступені тяжкості МПВДС	Легка ступінь – 5 пацієнтів

У всіх 5 пацієнтів (10 стоп) виявлено ригідну еквінусну деформацію стопи за рахунок вкорочення *m. gastercnemius*.

Відповідно до дизайну дослідження проведена стандартна клініко-рентгенологічна оцінка МПДВС, оцінка функціональної мобільності пацієнтів відповідно до FMS шкали, оцінка за AOFAS шкалою до та через 6 і

12 місяців після хірургічного втручання. Згідно до запропонованої робочої клініко-рентгенологічної класифікації МПВДС, в усіх 5 пацієнтів деформація була віднесена до легкого ступеня. Враховуючи вік дітей (від 7 до 11 років, рівень GMFCS), усім пацієнтам проведено комбіноване хірургічне втручання відповідно до запропонованого алгоритму: реліз трьохголового м'яза гомілки по Страйєру та малоінвазивна операція - АЕПНС розробленим порожнистим двоступеневим конусним імплантатом (батьки пацієнтів підписали інформовану згоду на використання розробленого порожнистого двоступеневого конусного імплантату для АЕПНС у процесі хірургічного втручання).

Проведене лікування дозволило виправити форму стопи у всіх 5 дітей (10 стоп) досліджуваної групи. Середня тривалість хірургічного лікування склала – 22 хвилин у перерахунку на 1 стопу. Середній термін перебування у стаціонарі склав 2,5 доби (від 2 до 4 діб), термін спостереження за дітьми після хірургічного лікування - від 12 до 24 міс, у подальшому контроль стану та оцінка формування стоп у хворих на ДЦП дітей будуть продовжуватись.

Статоподграфічні, рентгенометричні показники МПДВС, а також показники функціональної мобільності та інтегральна оцінка за шкалою AOFAS шкалою до, та через 6 і 12 міс після хірургічного лікування МПВДС у дітей досліджуваної групи, наведені у табл. 5.4; 5.5 і 5.6 та рис. 5.5 відповідно. Наведені дані свідчать про значущу корекцію стандартних показників та відносну їх стабільність на протязі термінів нагляду за пацієнтами. Так, якщо кут відхилення заднього відділу стоп до втручання в градусах становив 17 (12; 20), то через 6, 12 та 24 міс він дорівнював відповідно 9 (7; 13); 10 (8; 15) та 11 (8; 16) - табл. 5.4. Кут абдукції (в градусах) переднього відділу стоп до втручання становив 26 (19; 31), то через 6, 12 та 24 міс він дорівнював відповідно 18 (12; 24); 20 (15; 25) та 22 (16; 28). Тобто, якщо положення заднього відділу стоп було відносно стабільним, то за даними нашого матеріалу відзначався незначний рецидив патологічної абдукції переднього відділу стоп.

Таблиця 5.4

Кутові характеристики стоп у дітей з легким ступенем МПВДС з виконаним АЕПНС розробленим двоступеневим імплантатом до та після хірургічного лікування згідно плантографічних досліджень (Me (10%; 90%))

Кутові показники	До лікування	Після лікування		
		6 міс	12 міс	24 міс
Кут відхилення заднього відділу стоп, град	17 (12;20)	9 (7;13)	10 (8;15)	11 (8; 16)
Кут абдукції переднього відділу стоп, град	26 (19; 31)	18 (12; 24);	20 (15; 25)	22 (16; 28)

Динаміка аналізу рентгенометричних кутових показників стоп у хворих на ДЦП дітей з легким ступенем МПВДС, зокрема надп'яtkово-1-метатарзальний кут та кут п'яtkового нахилу також показує, що досягнута корекція залишається без суттєвих змін на протязі 6 і 12 міс після втручання (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Рентгенометричні кутові параметри стоп у дітей з легким ступенем МПВДС до та після хірургічного лікування методом АЕПНС двоступеневим імплантатом.

Показники (градус)	До лікування	Після хірургічного лікування	
		6 міс	12 міс
Прямий надп'яtkово-п'яtkовий кут,	35 ± 4	25 ± 6	23 ± 5*
Латеральний надп'яtkово-п'яtkовий кут,	48 ± 6	34 ± 6*	32 ± 5*
Кут надп'яtkово-човноподібного перекриття	12 ± 4	8 ± 4	9 ± 5
Надп'яtkово-1-метатарзальний кут (кут Meary)	10 ± 5	4 ± 3	4 ± 3
П'яtkовий нахил (calcaneal pitch)	13 ± 5	17 ± 5	17 ± 4

Примітка.\* -  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування»

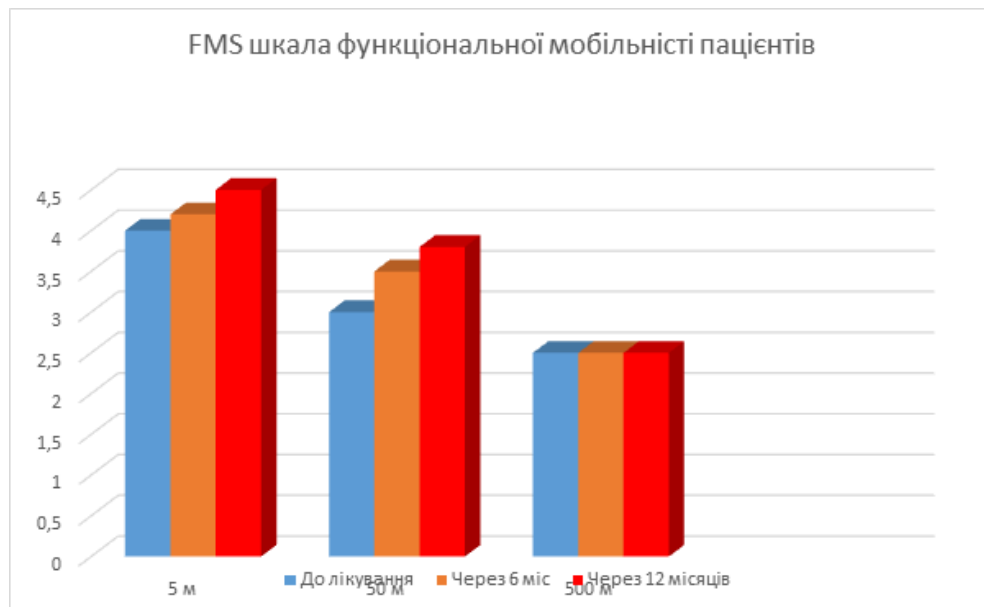


Рис. 5.5. Функціональна мобільність пацієнтів (шкала FMS) досліджуваної групи до та через 6 і 12 міс після хірургічного лікування МПВДС методом АЕПНС двоступеневим конусним імплантатом.

\* –  $p < 0,05$ .

Динаміка змін комплексної оцінки AOFAS шкали для заднього відділу стопи у пацієнтів даної групи показані у табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Інтегральна оцінка стопи за шкалою AOFAS hindfoot у пацієнтів із МПВДС до та через 6 і 12 місяців після хірургічного лікування МПВДС методом АЕПНС з використанням порожнистого двоступеневого конусного імплантату

Пункти шкали	До лікування	6 міс	12 міс
Больовий синдром (max- 40 баллів)	22 ± 7	30 ± 3	30 ± 3
Функція (max- 50 баллів)	17,5 ± 5,2	21 ± 7	23 ± 9
Положення стопи (max- 10 баллів)	4,3 ± 2,0	7 ± 1,5*	9,5 ± 1*
Загальна оцінка (max- 100 баллів)	44 ± 8,2	58 ± 7,5	62,5 ± 7,4*

Примітка.\* -  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування»

Отримані дані свідчать про наявні серйозні структурні та функціональні порушення стопи у дітей, досліджуваної групи до

хірургічного лікування (загальна оцінка до лікування склала  $44 \pm 8,2$  бали). Маємо констатувати, що проведене хірургічне лікування позитивно вплинуло на різні домени інтегральної оцінки стопи AOFAS, яка була проведена через 6 та 12 місяців після виконання хірургічного втручання, що свідчить про нормалізацію форми та функції стопи.

За результатами клінічних оглядів досліджуваної групи пацієнтів відмічено повну корекцію у всіх 5 пацієнтів (10 стоп). Наведені дані свідчать про покращення клініко-рентгенологічних показників стоп після проведеного хірургічного лікування МПВДС методом АЕПНС з використанням порожнистого двоступеневого конусного імплантату, при цьому досягнута корекція залишається без значущих змін через 1 рік. Відзначено також значуще покращення функціональної мобільності, для коротких (5 м) та середніх дистанцій (50 м), у пацієнтів даної групи. І, що є дуже суттєвим – клінічно значимого больового синдрому у ділянці стоп або інших ускладнень за термін спостереження не відзначалось.

Нижче наводимо клінічний приклад хірургічного лікування МПВДС методом АЕПНС з використанням порожнистого двоступеневого конусного імплантату.

#### *Клінічний приклад № 1*

Пацієнт Д., 11 років (історія хвороби № 89105), госпіталізований у клініку дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ» з діагнозом: ДЦП Спастична диплегія. GMFCS III. Виражені контрактури кульшових (згинально-привідні) та колінних суглобів (згинальні). Двобічна МПВДС легкого ступеня важкості.

На момент звернення дитина може стояти самостійно нетривалий час тільки із додатковою опорою, ходьба неможлива через наявність виражених контрактур у кульшових (згинально-привідні) та колінних суглобах (згинальні), відзначається виражений «перехрест» нижніх кінцівок та деформації стоп. Фотовідбитки рентгенограм стоп у доопераційному періоді наведені на рис. 5.6, а–г.

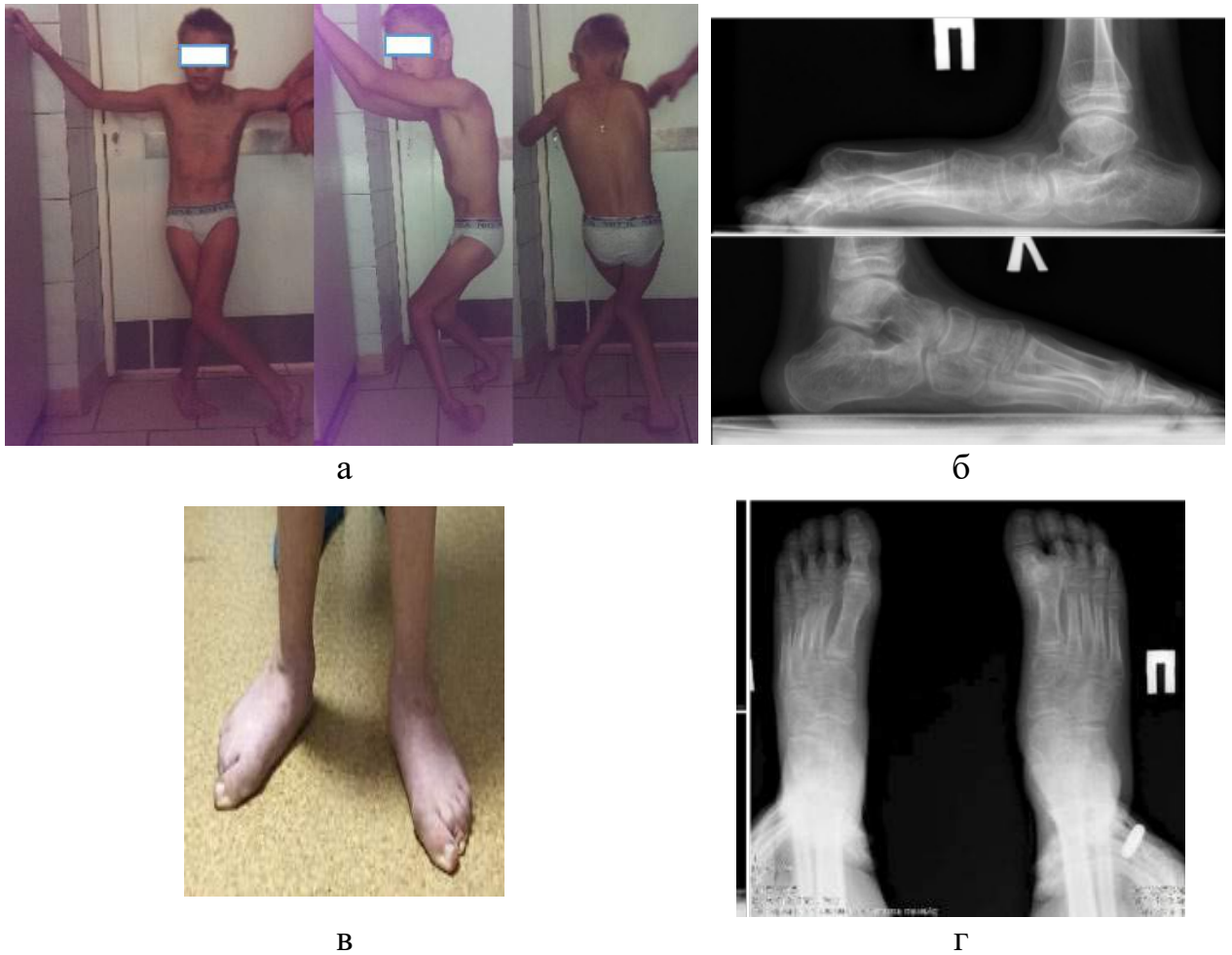


Рис. 5.6. Зовнішній вид та фотовідбитки рентгенограм пацієнта Д., 11 років, історія хвороби № 89105: а, в) зовнішній вид пацієнта до лікування; б, г) фотовідбитки рентгенограм стоп до лікування (фас і профіль).

Із анамнезу хвороби відомо, що дитина регулярно отримувала комплексне реабілітаційне лікування у спеціалізованих центрах України. У віці 5–6 років пацієнт набув навички вертикального стояння та пересування на короткі відстані за допомогою ходунків за умови сторонньої допомоги. У віці 8 років у дитини відмічений регрес рухової активності, через прогресування згинально-привідних контрактур кульшових та згинальних контрактур колінних суглобів, які розвинулися внаслідок активного росту дитини та спастики м'язів. Спроба подальшого консервативного лікування була неефективною.

Після комплексного обстеження у 2015 році було виконане хірургічне

втручання: двобічна міотомія аддукторів стегон, коригувальна міжвертлюгова деротаційна остеотомія стегнових кісток з фіксацією Г-подібними пластинами; тенодез зв'язки надколінника з обох сторін; подовження сухожилків *m. semimembranosus*, *m. semitendinosus* та *m. biceps femoris* з обох сторін, парціальна перкутанна ахіллотомія з обох сторін. Зазначене лікування дозволило нормалізувати осьові співвідношення у нижніх кінцівках, відновити обсяг рухів та втрачені навички опори та ходьби дитини. Проте через 3 роки у віці 11 років відзначено формування мобільної плосковальгусної деформації стопи легкого ступеня із вкороченням Ахілова сухожику (тест Silverskiold позитивний) та вторинною мобільною супінаційною деформацією переднього відділу стоп, що супроводжувалось больовим синдромом у стопах та швидкою втомлюваністю після нетривалих вертикальних навантажень.

Пацієнту проведено хірургічне втручання: АЕПНС обох стоп із використанням розробленого порожнистого двоступеневого конусного імплантату, реліз Ахілова сухожилка обох гомілок по Страйєру, капсулотомія 1 плеснефалангового суглобу правої стопи, тенотомія *m.abductor hallucis* правої стопи. У післяопераційному періоді проводилася іммобілізація обох гомілок циркулярними гіпсовими пов'язками до в/3 стегна на період до 3 тижнів. Період гіпсової іммобілізації з 3-4 дні післяопераційного періоду був використаний для тренування вертикального положення дитини та ходьби "циркулем" за допомогою батьків.

У подальшому, після зняття гіпсової пов'язки, відзначено відновлення форми та покращення функції стоп (рис. 5.7).

Відмічено незначний періодичний больовий синдром у проекції *sinus tarsi*, пов'язаний зі збільшеним вертикальним навантаженням та інтенсивними тренуваннями, що потребувало періодичного призначення НПЗП у віковій дозирівці і спостерігався до 10 місяців після хірургічного лікування (у подальшому больового синдрому не відзначає). Проведено курси реабілітаційного лікування, тренування ходьби із використанням шарнірних

ортезів. На момент контрольного огляду через 12 місяців після хірургічного лікування (рис. 5.7, в, г) дитина самостійно стоїть, ходить, користуючись ортопедичним взуттям і ходунками, відвідує звичайну школу.

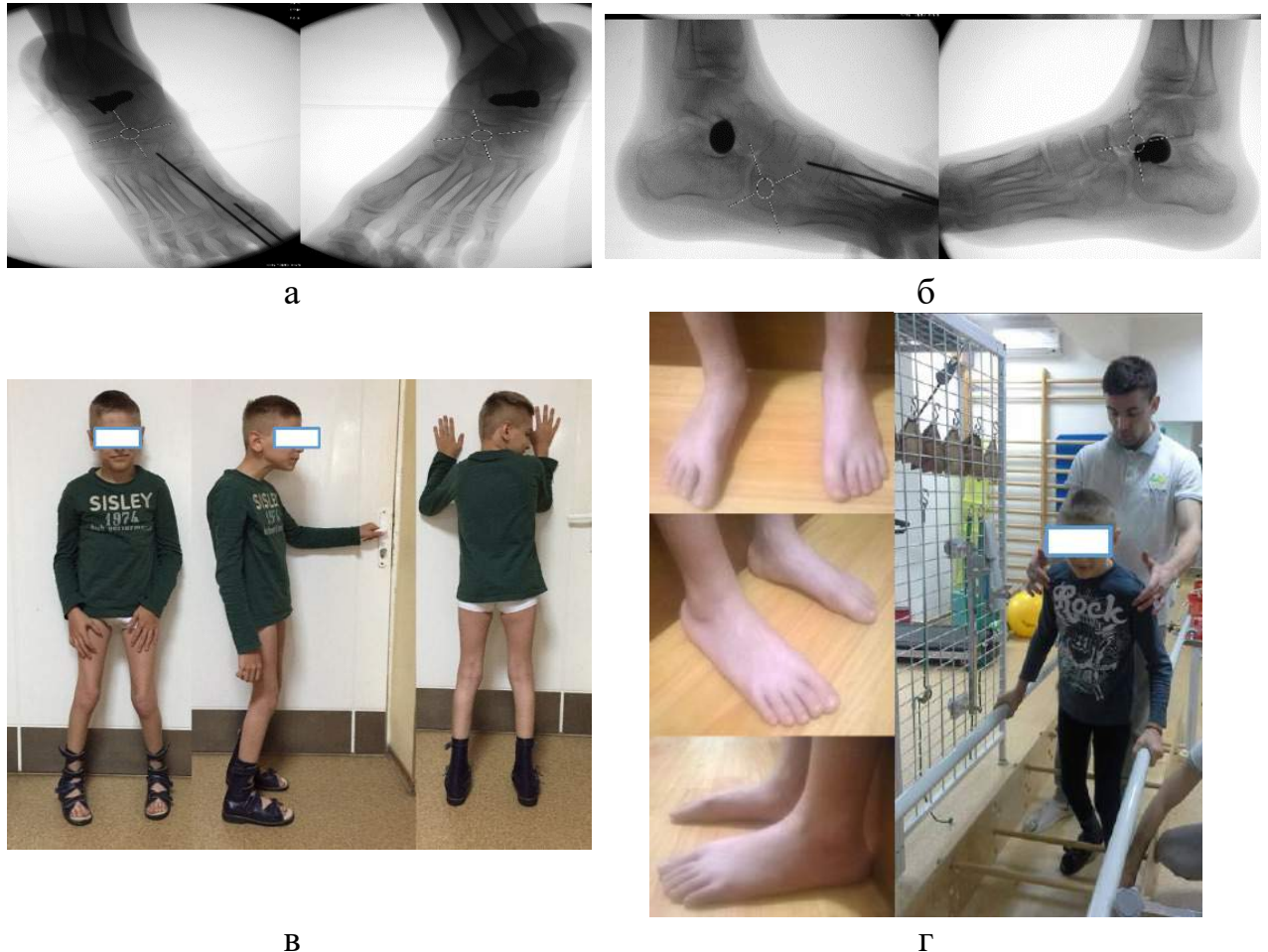


Рис. 5.7. Зовнішній вид та фотовідбитки рентгенограм пацієнта Д., 11 років, історія хвороби № 89105, стан після хірургічного лікування МПВДС обох стоп: а, б) інтраопераційні рентгенограми стоп (фас і профіль); в, г) зовнішній вигляд хворого і стоп через 12 місяців після операції.

Маємо констатувати, що проведене хірургічне лікування позитивно вплинуло на інтегральну оцінку стану стоп за AOFAS, яка була проведена через 12 місяців після виконання хірургічного втручання та становить 61,5 балів (зі 100 можливих), що свідчить про нормалізацію форми та функції стоп у порівнянні із доопераційними даними. Наведені дані свідчать про адекватність вибраного методу корекції МПВДС, відповідно до

запропонованого алгоритму – відзначається покращення клініко-рентгенологічних показників стоп після проведеного хірургічного лікування МПВДС методом АЕПНС з використанням порожнистого двоступеневого конусного імплантата, при цьому досягнута корекція залишається без значущих змін через 1 рік.

#### *5.4.2 Лікування мобільної плосковальгусної деформації середнього ступеня тяжкості у хворих на ДЦП дітей*

Середня ступінь тяжкості МПВДС у хворих на ДЦП дітей характеризується формуванням мобільної вторинної супінаційної деформації переднього відділу стопи, та більш вираженими змінами рентгенологічних критеріїв, що характеризують поздовжнє склепіння. Відповідно до запропонованого нами алгоритму, хірургічне лікування МПВДС середнього ступеня тяжкості включає виконання втручань як на м'яких тканинах, які спрямовані на усунення сухожилково-м'язового дисбалансу, так і на виконання операцій на кістках стопи: коригувальна подовжувальна латеральна остеотомія п'яткової кістки і, за необхідності, коригувальні остеотомії кісток середнього відділу стопи, з метою виправлення патологічної форми стопи та відновлення біомеханічних співвідношень у суглобах заднього та середнього відділу стопи.

Для верифікації запропонованого алгоритму лікування середньої ступені важкості МПВДС у хворих на ДЦП дітей та оцінки ефективності результатів, була проведена клінічна апробація у 6 дітей (11 стоп) хворих на ДЦП. У всіх 6 пацієнтів виявлено ригідну еквінусну деформацію стопи за рахунок вкорочення *m.gastrocnemius*.

Характеристики досліджуваної групи пацієнтів (демографічні дані, розподіл за рівнем GMFCS) представлені у табл. 5.7.

Таблиця 5.7

Розподіл пацієнтів з середнім ступенем тяжкості МПВДС (n = 6) за статтю, віком, типом ураження та рівнем GMFCS.

Характеристики	Кількість
Стать	3 хлопчика, 3 дівчинки
Середній вік, років	11 років (від 9 до 12,5 років)
Тип ураження	Диплегічна форма – 5 пацієнтів Тетраплегічна – 1 пацієнт
GMFCS рівень	II рівень – 3 пацієнти III рівень – 2 пацієнта IV рівень – 1 пацієнт
Ступені тяжкості МПВДС	Середня ступінь – 6 пацієнтів

Відповідно до дизайну дослідження проведена стандартна клініко-рентгенологічна оцінка тяжкості МПДВС, оцінка функціональної мобільності пацієнтів відповідно до FMS шкали, оцінка за AOFAS шкалою до та через 6 і 12 місяців після хірургічного втручання. Згідно до запропонованої робочої клініко-рентгенологічної класифікації МПДВС, в усіх 6 пацієнтів деформація стоп була віднесена до середнього ступеня. Враховуючи вік дітей (від 9 до 12,5 років, рівень GMFCS) та відповідно до розробленого алгоритму, усім пацієнтам проведено комбіноване хірургічне втручання відповідно до запропонованого алгоритму: реліз трьохголового м'яза гомілки по Страйєру та коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яткової кістки з кістковою аллопластикою. У післяопераційному періоді проведено іммобілізацію стоп у гіпсовій пов'язці «чобіток» на протязі 5-6 тижнів, однак усі діти вертикалізовані на 3-4 добу після втручання. Після зняття гіпсових пов'язок усім дітям було проведено ортезування та проводилося тривале реабілітаційне лікування.

Статоподографічні, рентгенометричні показники МПДВС, а також показники функціональної мобільності та інтегральна оцінка за шкалою

АОFAS шкалою до, та через 6, 12 і 24 міс після хірургічного лікування МПВДС у дітей досліджуваної групи, наведені у табл. 5.8, 5.9, рис. 5.8, та табл. 5.10 відповідно. Наведені дані свідчать про значущу корекцію стандартних показників та відносну їх стабільність на протязі термінів нагляду за пацієнтами. Так, якщо кут відхилення заднього відділу стоп до втручання в градусах становив 17 (12; 20), то через 6, 12 та 24 міс він дорівнював відповідно 9 (7; 13); 10 (8; 15) та 11 (8; 16) - табл. 5.4. Кут абдукції (в градусах) переднього відділу стоп до втручання становив 21 (19; 26), то через 6, 12 та 24 міс він дорівнював відповідно 7 (5; 10); 6 (5; 11); 6 (5;12) – дані показники достовірні по відношенню до значень «До лікування».

Тобто, положення заднього відділу стоп даної групи було відносно стабільним, зате відзначався незначний рецидив патологічної абдукції переднього відділу стоп.

*Таблиця 5.8*

Кутові характеристики заднього та переднього відділу стоп із середнім ступенем тяжкості МПВДС до, та через 6, 12, 24 місяці після хірургічного лікування згідно плантографічних досліджень (Me (10%; 90%))

Кутові показники	До лікування	Після лікування		
		6 міс	12 міс	24 міс
Кут відхилення заднього відділу стопи, град	21 (19;26)	7 (5;10)*	6 (5;11)*	6 (5;12)*
Кут абдукції переднього відділу стоп, град	24 (18;30)	18 (16;23)	19 (15;25)	19 (16;26)

Примітка. \* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Проведене лікування дозволило значно виправити та покращити форму стопи в усіх 6 дітей (11 стоп) досліджуваної групи. Середня тривалість хірургічного лікування склала – 1 година 5 хвилин у перерахунку на 1 стопу.

Середній термін перебування у стаціонарі склав 5,5 доби (від 4 до 7 діб).

Термін спостереження за дітьми після хірургічного лікування – від 12 до 24 міс, в подальшому контроль та оцінка розвитку стоп у даних дітей будуть продовжуватись.

Динаміка аналізу рентгенометричних кутових показників стоп у хворих на ДЦП дітей із середнім ступенем МПВДС, зокрема надп'яtkово-1-метатарзальний кут та кут п'яtkового нахилу також показує, що досягнута корекція залишається без суттєвих змін на протязі 6 і 12 міс після втручання (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Рентгенометричні кутові параметри стоп до та через 6 і 12 місяців після хірургічного лікування середнього ступеня тяжкості МПВДС.

Показники (градус)	До лікування	Після лікування	
		6 міс	12 міс
Прямий надп'яtkово-п'яtkовий кут	33 ± 4	25 ± 6	23 ± 5
Боковий надп'яtkово-п'яtkовий кут	46 ± 5	30 ± 5	31 ± 4
Кут надп'яtkово-човноподібного перекриття	13 ± 3°	9 ± 4	8 ± 3
Надп'яtkово-1-метатарзальний кут (кут Meary)	12 ± 5	4 ± 2	4 ± 3
П'яtkовий нахил (calcaneal pitch)	12 ± 4	18 ± 4	17 ± 4

Примітка. \* –  $p < 0,05$  по відношенню до показників «До лікування».

Динаміка даних, які наведені на діаграмі (рис. 5.8) свідчать про те, що функціональна мобільність пацієнтів із середнім ступенем тяжкості (шкала FMS) до та через 6 і 12 міс після хірургічного лікування МПВДС значно зросла у процесі пересування на короткі та середні відстані, а на відносно великі (більше 500 метрів) – також зросла, хоч і не так суттєво.

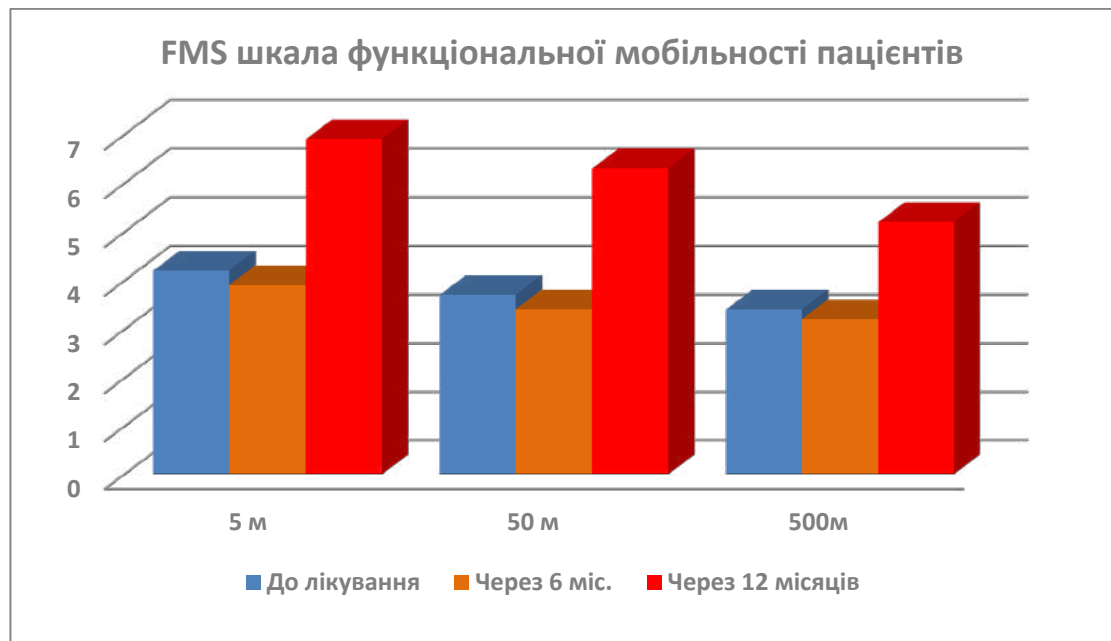


Рис. 5.8. Функціональна мобільність пацієнтів із середнім ступенем тяжкості (шкала FMS) до та через 6 і 12 міс після хірургічного лікування МПВДС відповідно до запропонованого алгоритму.

\*–  $p < 0,05$ .

Динаміка зміни комплексної оцінки AOFAS шкали для заднього, відділу стопи у пацієнтів даної групи показані у табл 5.10. Отримані дані свідчать про наявні серйозні структурні та функціональні порушення стопи у дітей, досліджуваної групи до хірургічного лікування (загальна оцінка до лікування склала  $40,8 \pm 5,0$  бали). Маємо констатувати, що проведене хірургічне лікування позитивно вплинуло на різні домени інтегральної оцінки стопи AOFAS, яка була проведена через 6 та 12 місяців після виконання хірургічного втручання, що свідчить про нормалізацію форми та функції стопи. Так, найбільш суттєво нормалізувався показник болю – з  $20 \pm 7,5$  до лікування від виріс до  $33 \pm 4$ ; функція стоп також покращилася – до  $27 \pm 8,7$  на відмінок від початкових  $16,5 \pm 5,5$ ; показник положення стоп (їх форма) – найбільш суттєво покращився серед усіх показників – з  $4,3 \pm 2,0$  до лікування він зріс до  $7,5 \pm 1,5$ , що є статистично достовірним.

Таблиця 5.10

Інтегральна оцінка стопи за шкалою AOFAS hindfoot у пацієнтів із МПВДС до та через 6 і 12 місяців після хірургічного лікування МПВДС.

Пункти шкали	До лікування	Після лікування	
		6 міс	12 міс
Больовий синдром (max – 40 баллів)	20 ± 7,5	31 ± 3,5	33 ± 4*
Функція (max – 50 баллів)	16,5 ± 5,5	25 ± 7,5	27 ± 8
Положення стопи (max – 10 баллів)	4,3 ± 2,0	7 ± 2,0	7,5 ± 1,5
Загальна оцінка (max – 100 баллів)	40,8 ± 5,0	63 ± 4,3	67,5 ± 4,5*

Примітка. \* -  $p < 0.05$  по відношенню до показника «До лікування»

За результатами клінічних оглядів досліджуваної групи пацієнтів відмічено повну корекцію у всіх 5 пацієнтів (10 стоп). Наведені дані свідчать про покращення кініко-рентгенологічних показників стоп після проведеного хірургічного лікування МПВДС методом АЕПНС з використанням порожнистого двоступеневого конусного імплантата, при цьому досягнута корекція залишається без значущих змін через 1 рік. Відзначено також значуще покращення функціональної мобільності, для коротких (5 м) та середніх дистанцій (50 м), у пацієнтів даної групи. І що є дуже суттєвим – клінічно значимого больового синдрому у ділянці стоп або інших ускладнень за термін спостереження не відзначалось.

Для ілюстрації застосування алгоритму у процесі лікування МПВДС середнього ступеня важкості у хворих на ДЦП дітей, наводимо наступний клінічний приклад.

#### *Клінічний приклад № 2*

Пацієнт С., 12 років (історія хвороби № 89105, рис. 5.9, а–в), госпіталізований у клініку дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ» з діагнозом: ДЦП, спастична диплегія, двобічна МПВДС середнього ступеня. GMFCS III рівень.

Дитина скаржиться на стомлюваність, деформацію стоп, наявність

труднощів із вибором та використанням взуття. Може стояти самостійно та ходити із додатковою опорою. У процесі клінічного обстеження виявлено наступне: відзначається виражена МПВДС, вторинна мобільна супінаційна деформація переднього відділу обох стоп, ригідна еквінусна деформація обох стоп (тест Silverskiold позитивний).

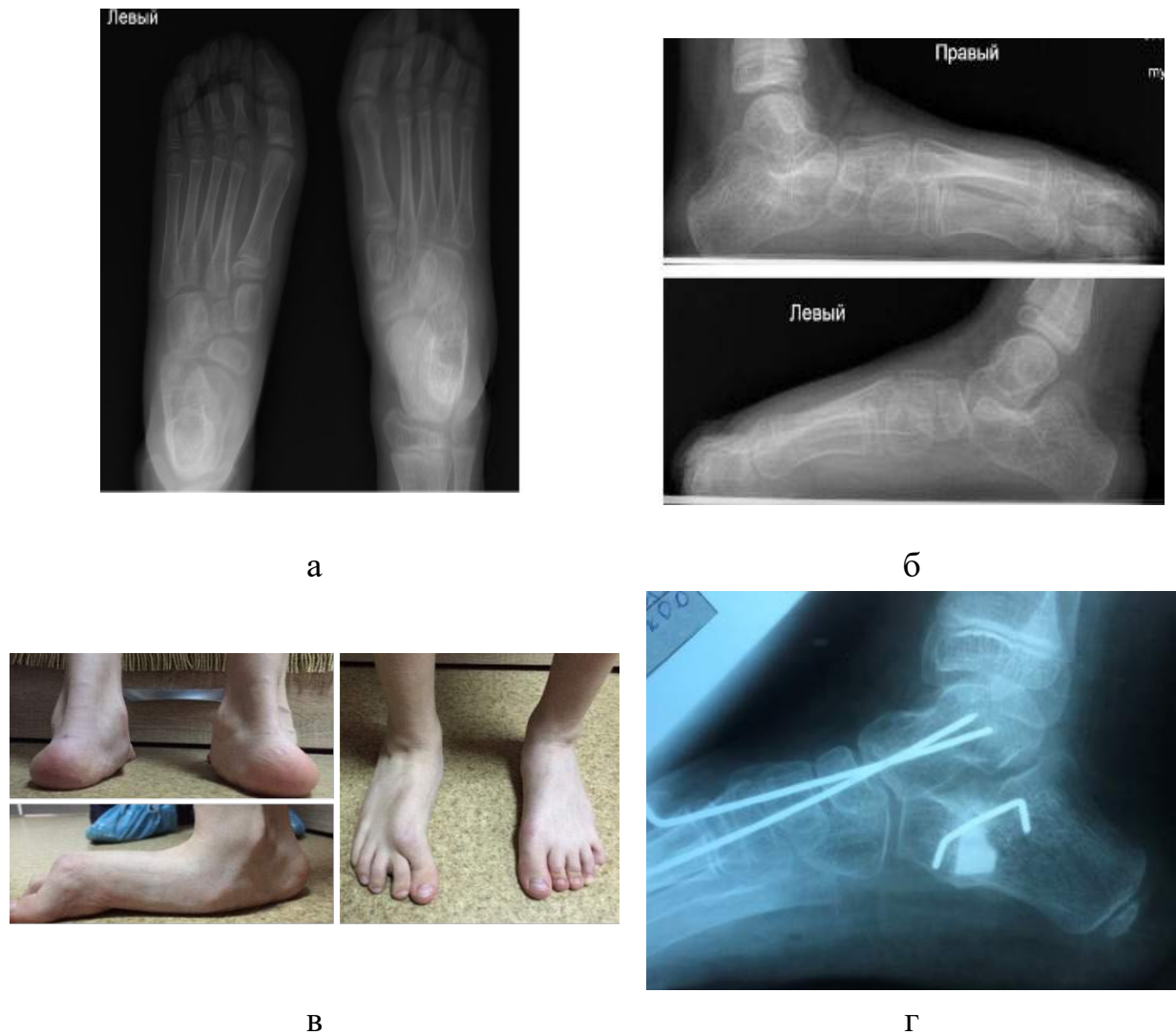


Рис. 5.9. Фотовідбитки рентгенограм пацієнта С., 13 років, історія хвороби № 91899, діагноз: ДЦП, спастична диплегія, двобічна плосковальгусна деформація стоп середнього ступеня тяжкості, GMFCS III рівня: а, б) фотовідбитки рентгенограм пацієнта до лікування (фас і профіль); в) зовнішній вигляд стоп до хірургічного втручання; інтраопераційна рентгенограма; г) зовнішній вигляд хворого і стоп через 12 місяців після хірургічного лікування.

Із анамнезу хвороби відомо, що МПВДС відзначалась з віку 4 років, дитина отримувала комплексне реабілітаційне консервативне лікування у відповідних спеціалізованих центрах України, за останні 2 роки відзначається прогресування деформації стоп, консервативне лікування неефективне.

Комплексне обстеження показало наявність МПВДС середнього ступеня тяжкості: латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут – 20°; Кут п'яtkового нахилу – 14°. Після комплексного обстеження, відповідно до запропонованого алгоритму, виконане хірургічне втручання (див. рис. 5.9, а, б): коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яtkової кістки з кістковою аллопластикою, реліз обох Ахілових сухожилків по Страйеру (рис. 5.9, в).

Отже, аналіз даного клінічного прикладу демонструє, що проведене хірургічне лікування позитивно вплинуло на інтегральну оцінку стану стоп за AOFAS, яка була проведена через 12 та 24 місяці після виконання хірургічного втручання та становить 67,5 балів (зі 100 можливих), що свідчить про нормалізацію форми та опорної функції стопи. Наведені дані говорять про адекватність вибраного методу корекції МПВДС, відповідно до запропонованого алгоритму – відзначається покращення клініко-рентгенологічних показників стоп після проведеного хірургічного лікування, при цьому досягнута корекція залишається без значущих змін через 2 роки. Відзначено також значуще покращення функціональної мобільності, для середніх дистанцій (50 м і більше) у даного пацієнта.

#### *5.4.3 Лікування мобільної плосквальгусної деформації важкого ступеня тяжкості у хворих на ДЦП дітей*

Для верифікації ефективності алгоритму лікування важкого ступеня МПВДС у дітей, хворих на ДЦП та оцінки результатів була проведена клінічна апробація у 5 дітей (8 стоп), хворих на ДЦП.

У всіх 5 пацієнтів виявлено ригідну еквінусну деформацію стопи за рахунок вкорочення *m.gastrocnemius*.

Характеристики досліджуваної групи пацієнтів (демографічні дані, розподіл за рівнем GMFCS) представлені у табл. 5.11.

Відповідно до дизайну дослідження проведена стандартна клініко-рентгенологічна оцінка МПВДС, оцінка функціональної мобільності пацієнтів відповідно до FMS шкали, оцінка за AOFAS шкалою до та через 6 і 12 місяців після хірургічного втручання. Згідно до запропонованої робочої клініко-рентгенологічної класифікації МПВДС, в усіх 5 пацієнтів деформація була віднесена до важкого ступеня. Враховуючи вік дітей (старше 12,5 років, рівень GMFCS), усім пацієнтам проведено хірургічне втручання відповідно до запропонованого алгоритму: трисуглобовий коригуючий артродез стоп з фіксацією гвинтами та реліз трьохголового м'яза гомілки по Страйєру.

Проведене лікування дозволило виправити форму стопи в усіх 5 дітей (8 стоп) досліджуваної групи. Середня тривалість хірургічного лікування склала – 1 година 45 хвилин у перерахунку на 1 стопу. Середній термін перебування у стаціонарі склав 6,5 доби (від 5 до 8 діб). Термін спостереження за дітьми після хірургічного лікування – від 12 до 24 міс.

*Таблиця 5.11*

Розподіл пацієнтів з важким ступенем тяжкості МПВДС (n = 6) за статтю, віком, типом ураження та рівнем GMFCS.

Характеристики	Кількість
Стать	3 хлопчика 2 дівчинки
Середній вік, років	16 років (від 12,5 до 18 років)
Тип ураження	Диплегічна форма – 4 пацієнта Тетраплегічна – 1 пацієнт
GMFCS рівень	II рівень – 1 пацієнт III рівень – 4 пацієнта
Ступені тяжкості МПВДС	Тяжка ступінь – 5 пацієнтів

Інтегральна оцінка за шкалою AOFAS до, та через 6, 12 і 24 міс після хірургічного лікування МПВДС у дітей досліджуваної групи, наведені у табл. 5.12.

Таблиця 5.12

Інтегральна оцінка стопи за шкалою AOFAS hindfoot у пацієнтів із МПВДС до та через 6 і 12 місяців після хірургічного лікування МПВДС важкого степеню методом трисуглобового артродеза.

Пункти шкали	До лікування	Після лікування	
		6 міс	12 міс
Больовий синдром (max – 40 баллів)	17 ± 6	29 ± 3	34 ± 3*
Функція (max – 50 баллів)	14,5 ± 4,6	24 ± 5	33 ± 8*
Положення стопи (max –10 баллів)	3,3 ± 1,8	8 ± 1,4*	8,1 ± 1,1*
Загальна оцінка (max – 100 баллів)	34,8 ± 4,1	61 ± 3,1*	75,1 ± 4*

Примітка. \* -  $p < 0.05$  по відношенню до показника «До лікування»

Маємо констатувати, що проведене хірургічне лікування позитивно вплинуло на різні домени інтегральної оцінки стопи AOFAS, яка була проведена через 6 та 12 місяців після виконання хірургічного втручання, що свідчить про нормалізацію форми та функції стопи. Так, найбільш суттєво нормалізувався показник болю – з  $20 \pm 7,5$  до лікування від виріс до  $33 \pm 4$ ; функція стоп також покращилася - до  $27 \pm 8,7$  на відміну від початкових  $16,5 \pm 5,5$ ; показник положення стоп (їх форма) – найбільш суттєво покращився серед усіх показників – з  $4,3 \pm 2,0$  до лікування він зріс до  $7,5 \pm 1,5$ , що є статистично достовірним.

Клінічний приклад хірургічного лікування МПДВС методом методом трисуглобового артродеза наведено нижче.

#### Клінічний приклад № 3

Пацієнт Ч., 15 років (історія хвороби № 90782, рис. 5.10, а–б), госпіталізований у клініку дитячої ортопедії ДУ «ПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ» з діагнозом: ДЦП, спастична диплегія, двобічна

ПВДС важкого ступеня. GMFCS III рівень.

Дитина скаржиться на стомлюваність, деформацію стоп, труднощі із вибором та використанням взуття. Може стояти самостійно та ходити із додатковою опорою. При клінічному дослідженні виявлена виражена ПВДС, вторинна ригідна супінаційна деформація переднього відділу обох стоп, ригідна еквінусна деформація обох стоп (тест Silverskiold негативний). Із анамнезу: ПВДС відзначалась з віку 4 років, дитина отримувала комплексне реабілітаційне лікування у відповідних спеціалізованих центрах, за останні 3 роки відзначається прогресування деформації стоп, консервативне лікування неефективне.

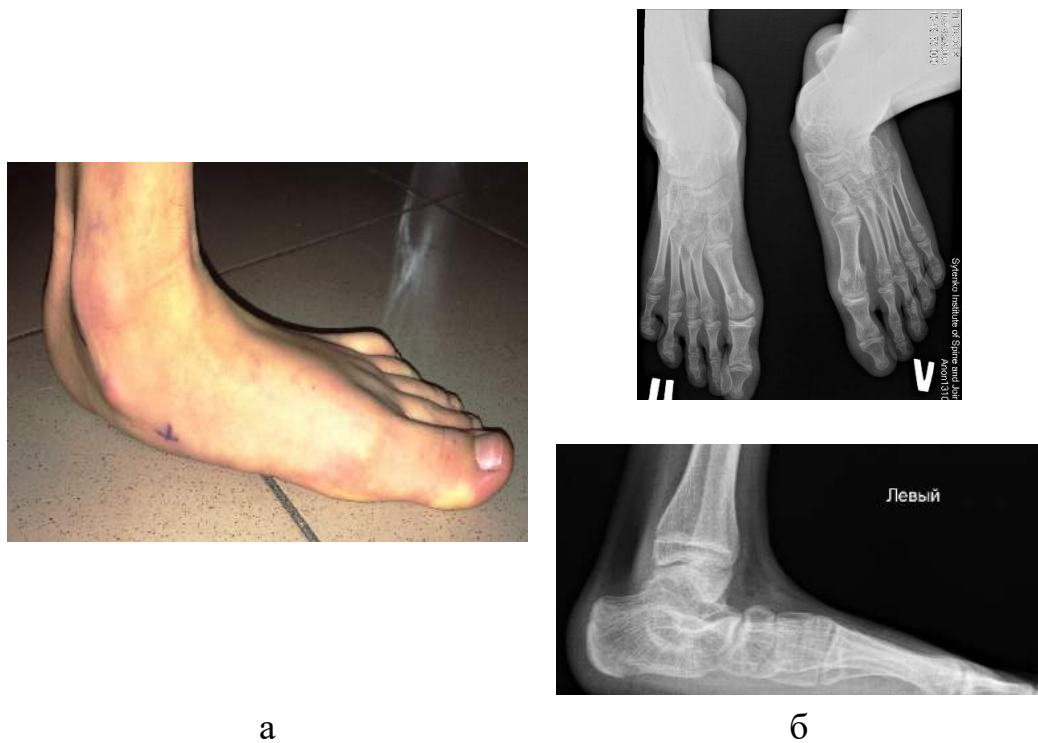


Рис. 5.10. Фотовідбитки рентгенограм пацієнта Ч., 15 років, іст. хв. № 90782, діагноз: ДЦП, спастична диплегія, плосковальгусна деформація стоп важкого ступеня, GMFCS III рівня: а, б) фото зовнішній вигляд лівої стопи та фотовідбитки рентгенограм пацієнта до лікування (фас і профіль).

Проведене комплексне клініко-рентгенологічне, плантографічне дослідження. За рентгенометричною оцінкою виявлено важку ступінь МПДВС: латеральний надп'яtkово-1-метатарзальний кут – 34°, кут

п'яткового нахилу – 4°. Відповідно до запропонованого алгоритму, виконане хірургічне втручання (рис. 5.11) – трисуглобовий артродез лівої стопи, металоостеосинтез канюльованими гвинтами.

У післяопераційному періоді виконана гіпсова іммобілізація кінцівок на період 6 тижнів. Осьове навантаження на стопи розпочато з 4 тижня (спочатку у гіпсовій пов'язці «чобіток», потім в індивідуально виготовленому ортезі та ортопедичному взутті).

Зазначене хірургічне лікування дозволило нормалізувати форму та медіальне поздовжнє склепіння стоп, покращити функцію опори та ходьби.

У подальшому проводились курси реабілітаційного лікування, тренування ходьби із використанням шарнірних ортезів. Під час контрольного огляду через 12 місяців після хірургічного лікування відзначено покращення форми та опорної функції стопи. Дитина самостійно стоїть, ходить, користуючись ортопедичним взуттям та ходунками.



Рис. 5.11 Фотовідбитки рентгенограм пацієнта Ч., 15 років, іст. хв. № 90782, діагноз: ДЦП, спастична диплегія, плосковальгусна деформація стоп важкого ступеня, GMFCS III рівня: фотовідбитки рентгенограм після хірургічного лікування (фас і профіль).

Проведене хірургічне лікування позитивно вплинуло на оцінку стану стоп за AOFAS, що була виконана через 12 та 24 місяці після проведеного хірургічного втручання та становить 75,5 балів (зі 100 можливих), що

свідчить про покращення форми та опорної функції стопи. Це супроводжувалось також покращенням функціональної мобільності на середніх дистанціях (50-100 м), у даного пацієнта.

Наведені дані свідчать про добрий результат проведеного хірургічного лікування, а отже про адекватність обраної хірургічної методики корекції тяжкого ступеня ПВДС, відповідно до запропонованого алгоритму.

## 5.5 Резюме

Проведене у даному розділі концептуальне моделювання патогенетичних змін, які є основними пусковими факторами у формуванні та подальшому прогресуванні МПВДС у хворих на ДЦП дітей, допомагає розкрити сутність процесів та націлює лікаря на проведення певних діагностичних заходів щодо виявлення структурно-функціональних порушень стоп у процесі лікування цієї патології.

Розроблена робоча клініко-рентгенологічна класифікація МПВДС у хворих на ДЦП дітей, яка полягає у виділенні 3 ступенів тяжкості деформації: легка, середня та важка, кожна з яких має свої градуйовані ознаки.

Розроблені нами алгоритми вибору методу хірургічного лікування МПВДС у дітей з ДЦП та класифікація лікувальних заходів, які мають використовуватися при даній патології дозволяють, з одного боку, уточнити та деталізувати діагноз, а з іншого – розкривається можливість використання певного набору консервативних і хірургічних методів, спрямованих на максимально повну корекцію складових деформації стоп. З'ясовано, що у процесі визначення показань до проведення того або іншого втручання у випадку МПВДС у хворих на ДЦП дітей, лікарю необхідно орієнтуватися на вік пацієнта, особливості неврологічної симптоматики (у першу чергу спастичність м'язів та форму ДЦП), можливості великих моторних функцій GMFCS та виявлені структурно-функціональні зміни в самій стопі та їх

динаміку.

Аналіз результатів лікування МПВДС на основі запропонованих алгоритмів показав, що ретельно та успішно виконане хірургічне втручання за умов правильних показань до неї і подальшого раціонального відновлювального лікування дозволяють досягти позитивних результатів та значно збільшити «світлий проміжок» у житті хворих на ДЦП.

**За матеріалами розділу опубліковано:**

[151] Корольков, А. И., Рахман, П. М., & Кикош, Г. В. (2017). *Имплантат для стабілізації піднадп'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп*. Патент України на корисну модель № 113131.

[180] Корольков, О. І., & Рахман, П. М. (2020). Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на дитячий церебральний параліч дітей. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (2), 80–88. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020280-88>

[181] Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & Рахман, П. М. (2015). Хирургическое лечение эквино-плоско-вальгусной деформации стоп у детей с ДЦП. *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми хірургії стопи»* (15-16 жовтня, pp. 45-46). Київ.

[182] Rakhman P.M., Korolkov O.I. Results of foot planovalgus deformity surgical treatment in children with cerebral paralyss // *Світ медицини та біології*. 2020. № 4 (74), с. 130-135 / DOI 10.26724/2079-8334-2020-4-74-130-135

## РОЗДІЛ 6

### АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Мобільна плоско-вальгусна деформація стоп є другою за частотою деформацією стоп, що зустрічається у 35 % дітей, хворих на ДЦП, а серед дітей із ди- або тетраплегічною формою ДЦП, МПВДС відзначається у 60–65 %. Зазначена деформація носить прогресуючий характер та призводить до порушень функції опори та ходьби у дітей. Питання лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей є актуальним та залишається невирішеним до сьогодні. Це пояснюється по-перше, значною гетерогенністю клінічних проявів та особливостями ураження центральної нервової системи, серед хворих на ДЦП дітей. По-друге, можна констатувати відсутність єдиного погляду на патогенез розвитку МПВДС у хворих на ДЦП дітей та чітких даних, щодо динаміки патологічних змін у стопах зазначеної категорії пацієнтів [19, 44, 48]. Запропоновано велику кількість хірургічних методик для лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, при цьому, немає консенсусу між різними дослідниками, щодо вікових параметрів, показань та протипоказань, до того чи іншого виду хірургічного втручання, відсутній алгоритмований диференційований підхід до вибору методики хірургічного лікування, в залежності від особливостей та ступеня деформації стопи [44].

Відповідно до сучасних уявлень, хірургічне лікування мобільної плосковальгусної деформації у дітей з ДЦП має на меті відновлення опорної її функції, через нормалізацію взаємовідносин у піднадп'ятковому та Шопаровому суглобах або через їх стабілізацію. Хірургічне лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей розпочинають, як правило, у віці старше 6–7 років і у такому віці використовують хірургічні втручання на м'яких тканинах для відновлення сухожилково-м'язового балансу стопи: транспозиції сухожилків, подовження скорочених сухожилково-м'язових структур або аугментацію тканин у зоні їх перерозтягнення – проте довгострокові результати вищезазначених втручань є незадовільними. У

більш старшому віці найбільш популярними є хірургічні втручання на кістках та суглобах стопи: коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яtkової кістки, коригувальні або стабілізуючі артродези (повний перелік таких втручань наведено у розділі 6). Зазначені хірургічні втручання дозволяють ефективно виправити деформацію стопи, проте мають вікові обмеження, є доволі травматичними і потребують тривалої іммобілізації та подальшого постійного реабілітаційно-відновного лікування. Альтернативним малоінвазивним втручанням, що спрямоване на обмеження патологічно збільшених пронаційних рухів у піднадп'яtkовому суглобі стопи є артрорез піднадп'яtkового суглобу. Відома велика кількість методик виконання АЕПНС та запропонована велика кількість імплантатів для його виконання. Проте роль АЕПНС у лікуванні МПВДС у хворих на ДЦП дітей до сьогоднішнього дня залишається невизначеною. Відсутні чіткі показання, а також порівняльні біомеханічні дослідження, щодо оптимального способу проведення АЕПНС та оптимальної будови імплантату.

В дисертаційній роботі проведено ретроспективне вивчення результатів хірургічного лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, вивчено динаміку структурно-функціональних змін у процесі формування мобільної плосковальгусної деформації стоп, проведено клініко-біомеханічне обґрунтування різноманітних хірургічних методик (у тому числі і малоінвазивної методики артролізу піднадп'яtkового суглобу), розроблена трьох ступенева робоча клініко-рентгенологічна класифікація деформацій стопи при даній патології та класифікація лікувальних заходів, які застосовуються у процесі корекції даної деформації, обґрунтовані алгоритми вибору методики хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей хворих на ДЦП, з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних навичок (GMFCS рівнем), ступеню клініко-рентгенологічних змін кістково-м'язового комплексу стопи та гомілки.

Першим етапом дослідження був проведений аналітичний огляд літератури, визначено сучасний стан проблеми та основні методики

діагностики та хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП.

Згідно аналізу літератури, патогенез формування МПВДС у хворих на ДЦП дітей є мультифакторним, доведено роль сухожилково-м'язового дисбалансу, вкорочення трьохголового м'яза гомілки та підвищення спастичності малогомілкових м'язів, що ведуть до вальгусної постави стопи із поступовим розвитком гіпермобільності на рівні піднадп'яtkового суглобу і вторинним порушеннями розвитку кісток та взаємовідносин у піднадп'яtkовому та Шопаровому суглобі стопи. Сучасною теорією, яка пояснює функціонування стопи та розвиток МПВДС є теорія «обертальної рівноваги» К. Кірбу, яка розглядає чільну роль піднадп'яtkового суглобу та орієнтації його осі у розподілі супінаційних та пронаційних моментів, що генеруються зовнішніми та внутрішніми чинниками і відповідно у формуванні постави стопи. Біомеханічною основою теорії «обертальної рівноваги» є дані, щодо рухів у піднадп'яtkовому суглобі та механізми пасивної стабілізації Шопарового суглобу при супінаційному положенні п'яtkової кістки.

Хірургічне лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей виконується із використанням втручань на м'яких тканинах стопи та гомілки, втручаннями на кістках (коригувальні остеотомії), та суглобах стопи (АЕПНС, артродези суглобів стопи). Виявлено відсутність класифікацій ступенів тяжкості МПВДС у дітей з ДЦП та відсутність чіткого алгоритму хірургічного лікування, заснованого на вікових параметрах, тяжкості деформації стопи, рівнях GMFCS.

Другим етапом дослідження проведено ретроспективне дослідження 34 пацієнтів (56 стоп), яким виконано хірургічне лікування МПВДС на базі клініки патології хребта та суглобів дитячого віку ДУ «ПІХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» у період із 2002 по 2018 роки.

На основі аналізу історій хвороб, проведено розподіл пацієнтів на дві групи відповідно до віку та варіанту хірургічного втручання, який був використаний для хірургічного лікування та визначено характерні клініко-

рентгенологічні зміни стоп і функціональні порушення, які мають місце у випадку МПВДС у хворих на ДЦП дітей. До Групи 1 віднесені 15 пацієнтів (29 стоп), у яких лікування МПВДС виконувалось із використанням хірургічних втручань на м'яких тканинах (подовжувальна Z-ахіллопластика або операція Страйера, аугментація сухожилка заднього великогомілкового м'яза та п'яtkово-човноподібної зв'язки). Додатково у 5 пацієнтів (9 стоп) цієї групи виконано артроерез піднадп'яtkового суглобу АЕПНС - малоінвазивне хірургічне втручання, спрямоване на обмеження патологічно збільшеної пронації у піднадп'яtkовому суглобі.

До Групи 2 увійшли 19 пацієнтів (27 стоп), хірургічне лікування яким було проведено із використанням коригувальної латеральної подовжувальної остеотомії п'яtkової кістки.

Дослідження структурно-функціональних особливостей розвитку стоп у разі їх мобільної плосковальгусної деформації у двох вікових групах хворих на ДЦП дітей показало, що тяжкість скарг, ступінь клінічних та рентгенологічних проявів МПВДС залежить від рівня порушень великих моторних навичок, віку дитини, вираженості спастичності м'язів нижніх кінцівок – у дітей старше 12 років, у випадку VI та V рівня за GMFCS за умов вираженої спастичності м'язів, відзначалася тяжчий ступінь ПВДС і тим більш вираженим було обмеження мобільності стоп.

На основі клініко-рентгенологічних досліджень обох груп виявлено, що у 96,4 % випадків МПВДС у хворих на ДЦП дітей супроводжується ригідною еквінусною деформацією стопи, відбувається збільшення латерального надп'яtkово-1-метатарзального кута (кута Meary) і зменшення кута п'яtkового нахилу, що свідчить про зниження медіального поздовжнього склепіння стопи, а збільшення кута надп'яtkово-човноподібного перекриття стопи (особливо у Групі 2) – про наявність патологічної абдукції переднього відділу стопи. Також у пацієнтів досліджуваних груп відзначено наявність вторинних та третинних деформацій стопи (за класифікацією Miller F ) - найбільш частою вторинною деформацією була ригідна супінаційна

деформація переднього відділу стопи, яка зустрічалася у 62,9% дітей другої вікової групи, а мобільна супінація переднього відділу стопи відзначена у 37,1% цієї ж вікової групи. Третинні деформації, як правило, відзначались лише у пацієнтів Групи 2: hallux valgus – у 25,9% та торсійні деформації кісток гомілки – у 14,8%. За даними інтегральної оцінки стану стоп за шкалою AOFAS hindfoot scale виявлено, що в обох групах дітей наявні схожі зміни показників даної шкали, які характеризують типові структурно-функціональні порушення, які супроводжують МПВДС у хворих на ДЦП дітей. Так, інтегральна оцінка (max - 100 баллів) AOFAS hindfoot scale стану стоп групи 1 становила до втручання  $52,8 \pm 7,9$ , а в групі 2 -  $44 \pm 8,2$ .

Ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування продемонстрував значний відсоток (66,7 %) рецидивів МПВДС у пацієнтів групи I у віці 7–11 років, яким виконувались втручання із застосуванням методик, що ізольовано спрямовані на корекцію контрактур та сухожилко-м'язового балансу гомілки та стопи. Також відзначено, що у дітей, яким виконано АЕПНС, корекція форми стопи зберігалась, проте 80 % зазначених пацієнтів скаржилися на хронічний больовий синдром в області проведеного хірургічного втручання. Причиною цього ускладнення, на наш погляд, є конічна форма імплантату, яка не відповідає анатомічній будові sinus tarsi стопи.

Для поглиблення уявлень, щодо характеру та динаміки розвитку МПВДС у хворих на ДЦП дітей, виконано клініко-експериментальне дослідження по визначенню проекції осі піднап'ятого суглобу на плантарну поверхню стопи у трьох груп дітей (здорових дітей, дітей із МПВДС та дітей із МПВДС, хворих на ДЦП) віком ( $6 \pm 1$ ) рік. Проведене дослідження показало наявність значущого медіального відхилення осі піднап'ятого суглобу в аксіальній площині у дітей, хворих на ДЦП (середній кут відхилення ( $34^\circ \pm 8^\circ$ )), порівняно із аналогічними даними для дітей із МПВДС (середній кут відхилення ( $28^\circ \pm 5^\circ$ )) та здоровими дітьми (середній кут відхилення ( $19^\circ \pm 9^\circ$ )). Отримані дані дозволяють дійти

висновку про наявність структурно-функціональних порушень стопи вже у ранньому віці у дітей з ДЦП та необхідність проведення раннього консервативного лікування для компенсації біомеханічних порушень і профілактики вторинних деформацій стопи у зазначеній категорії дітей.

Для подальшого теоретичного обґрунтування можливостей використання методу АЕПНС у лікуванні плосковальгусної деформації стопи, а також оцінки впливу різних методик хірургічного лікування на розподіл напружень у кісткових елементах стопи, виконано математичне дослідження та аналіз напружено-деформованого стану моделей стопи, за умов виконання різних методик хірургічної корекції та використання різних імплантатів для АЕПНС у т.ч. стандартного конічного імплантату та запропонованого порожнистого двоступеневого конусного імплантату. У процесі дослідження були побудовані кінцево-елементні моделі нормальної та плосковальгусної стопи, а також моделі плосковальгусної стопи після виконання хірургічної корекції деформації стопи різними імплантатами для АЕПНС (конусної та розробленої двоступеневої конусної форми, виконаними із різних матеріалів, коригувальних гвинтів) та латеральної остеотомії п'яткової кістки із застосуванням кісткових трансплантатів. В результаті проведених досліджень визначено, що плосковальгусна деформація стопи призводить до підвищення рівня напружень у всіх кісткових елементах стопи, особливо на опорній поверхні п'яткової кістки та на поверхнях піднадп'яtkового суглобу. Виявлено позитивний вплив імплантатів для АЕПНС на розподіл напружень в елементах скелету стопи при корекції її плосковальгусної деформації та визначено переваги запропонованого імплантату двоступеневої конусної форми над стандартним імплантатом конусної форми. Доведено, що вибір матеріалу для виготовлення імплантатів (титан, вуглець абл сапфір) не має принципового значення з точки зору розподілу напружень в кісткових елементах стопи.

Проведене концептуальне моделювання розвитку МПВДС у дітей з ДЦП, згідно з яким, наявність спастичності литкового м'яза, контрактури в

гомілковостопному суглобі та дія спазмованої латеральної групи м'язів, створюють умови для порушення рівноваги функціонування ПНС як основного стрижня-стабілізатора стопи, що у подальшому призводить до формування її плоско-вальгусної деформації. Тривале існування вищенаведеного стану призводить до перевантаження окремих ділянок кісток та суглобів стопи, що в свою чергу сприяє поступовому порушенню нормального росту і розвитку анатомічних структур стопи.

У подальшому запропонована трьох ступенева робоча клініко-рентгенологічна класифікація МПВДС у дітей з ДЦП, яка з одного боку дозволяє орієнтуватися в різноманітних клінічних проявах даної деформації стоп, а з іншого - забезпечує вибір оптимального для кожного конкретного клінічного випадку втручання або їх поєднання, які доповнюють один одного. Проведена систематизація великої кількості методів та способів, які застосовуються у процесі лікування МПВДС у дітей з ДЦП.

Розроблені алгоритми диференційованого вибору методики хірургічного лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей, в залежності від віку, рівня великих моторних функцій та клінічних характеристик МПВДС, що дозволяє провести вибір між малоінвазивними методиками (АЕПНС, втручання на м'яких тканинах) та хірургічними втручаннями на кістках та суглобах стопи (коригувальна латеральна остеотомія п'яtkової кістки, артродези великих суглобів заднього та середнього відділів стопи). Враховуючи результати аналізу літератури та власного клінічного матеріалу проведено теоретичне обґрунтування малоінвазивної хірургічної методики артроерезу піднадп'яtkового суглобу для хірургічного лікування МПВДС у дітей, хворих на ДЦП, уточнені показання та протипоказання до його виконання. Для покращення результатів хірургічного лікування МПВДС у дітей із застосуванням малоінвазивної методики АЕПНС розроблено оригінальний порожнистий двоступеневий конусний імплантат для АЕПНС (патент № 113131, Україна) [149], який містить конструктивні особливості спрямовані на попередження розвитку больового синдрому (за рахунок

більшої відповідності форми імплантату до анатомії тарзального синусу) та забезпечує більш стабільну фіксацію імплантата у каналі тарзального синуса, попереджуючи міграцію імплантату і знижує частоту повторних хірургічних втручань на 31,4%.

Проведено аналіз результатів клінічної апробації хірургічного лікування МПВДС у дітей хворих на ДЦП в залежності від ступеня тяжкості деформації, у тому числі і легкого ступеня методикою АЕПНС із використанням розробленого порожнистого двоступеневого конусного імплантату, що виконана у 5 дітей (10 стоп). Середній термін спостереження за дітьми склав 18 міс. Усім пацієнтам виконано хірургічне лікування в обсязі: реліз трьохголового м'яза гомілки по Страйєру та АЕПНС розробленим порожнистим двоступеневим конусним імплантатом. Проведена через 6 та 12 місяців оцінка показала значуще покращення форми стопи в усіх 5 пацієнтів (10 стоп), що підтверджено даними клініко-рентгенологічних та статоподографічних методів дослідження, а також результатами інтегральної оцінки за шкалою AOFAS. Втрати корекції за термін спостереження не відбулося, що свідчить про стійки ефект виконаного хірургічного втручання. Проведене лікування дозволило покращити форму та опорність стоп, а саме покращити показники шкали FMS на короткі та середні відстані (5 та 50 м), больового синдрому або інших ускладнень хірургічного лікування МПВДС у дітей досліджуваної групи не відзначено. Таким чином, проведене обґрунтування методики АЕПНС для хірургічного лікування МПВДС у дітей хворих на ДЦП, та результати клінічного випробування свідчать про ефективність та безпечність використання даної методики, яка дозволяє отримати нормалізацію рентгенометричних параметрів стопи, значуще скорочує період реабілітаційного лікування та покращує функціональну мобільність дітей у найкоротші терміни (вже через 3–6 місяців).

За допомогою проведеного аналізу результатів клінічної апробації алгоритму хірургічного лікування МПВДС у 6 дітей хворих на ДЦП у віці від

9 до 12,5 років із середнім ступенем деформації стоп показано наступне:

- усім пацієнтам даної групи, відповідно до розробленого алгоритму виконано хірургічне лікування в обсязі: реліз трьохголового м'яза гомілки по Страйєру та коригувальна латеральна подовжувальна остеотомія п'яtkової кістки з кістковою аллопластикою. Усі діти були вертикалізовані на 3-4 добу після втручання в гіпсових пов'язках. Статоподографічні, рентгенометричні показники МПДВС, а також показники функціональної мобільності та інтегральна оцінка за шкалою AOFAS шкалою через 6, 12 і 24 міс після хірургічного лікування МПВДС у дітей досліджуваної групи продемонстрували відносну їх стабільність на протязі термінів нагляду за пацієнтами. Суттєвої втрати корекції за термін спостереження не відбулося, що свідчить про стійки ефект виконаного хірургічного втручання, за виключанням незначного рецидиву патологічної абдукції переднього відділу стоп.

Проведений аналіз результатів клінічної апробації алгоритму хірургічного лікування МПВДС у 5 дітей хворих на ДЦП у віці від 12,5 до 18 років із тяжким ступенем деформації стоп показано наступне:

- усім пацієнтам даної групи, відповідно до розробленого алгоритму виконано хірургічне лікування в обсязі: трисуглобовий коригуючий артродез стоп з фіксацією гвинтами та реліз трьохголового м'яза гомілки по Страйєру. Проведене хірургічне лікування позитивно вплинуло на різні домени інтегральної оцінки стопи AOFAS, яка була проведена через 6 та 12 місяців після виконання хірургічного втручання, що свідчить про нормалізацію форми та функції стопи. Так, найбільш суттєво нормалізувався показник болю – з  $20 \pm 7,5$  до лікування від виріс до  $33 \pm 4$ ; функція стоп також покращилася - до  $27 \pm 8,7$  на відміну від початкових  $16,5 \pm 5,5$ ; показник положення стоп (їх форма) – найбільш суттєво покращився серед усіх показників – з  $4,3 \pm 2,0$  до лікування він зріс до  $7,5 \pm 1,5$ . Суттєвої втрати корекції за термін спостереження не відбулося, що свідчить про стійки ефект виконаного хірургічного втручання.

Наведені клінічні приклади практичного використання алгоритмів диференційованого вибору методики хірургічного лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей в залежності від ступеня тяжкості деформації та аналіз результатів їх лікування доводить ефективність розроблених підходів, що дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією.

Таким чином, вважаємо, що поставлена в нашій роботі мета досягнута, а задачі повністю виконані, що дозволяє нам зробити наступні висновки.

**За матеріалами розділу опубліковано:**

[180] Корольков, О. І., & Рахман, П. М. (2020). Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на дитячий церебральний параліч дітей. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (2), 80–88. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020280-88>

[182] Rakhman P.M., Korolkov O.I. Results of foot planovalgus deformity surgical treatment in children with cerebral paralysis // *Світ медицини та біології*. 2020. № 4 (74), с. 130-135 / DOI 10.26724/2079-8334-2020-4-74-130-135

## ВИСНОВКИ

1. Сучасна діагностика МПВДС у хворих на ДЦП дітей заснована на використанні клініко-рентгенологічних методів. Хірургічне лікування в таких пацієнтів, зазвичай, виконують у віці старше 7 років за умов прогресування деформації стопи та неефективності консервативної терапії. У дітей віком 7-11 років переважно використовують хірургічні методики, спрямовані на корекцію сухожилково-м'язового дисбалансу й усунення контрактур суглобів гомілки та стопи, шляхом виконання м'якотканинних втручань, які однак супроводжуються значним відсотком рецидивів деформації в процесі росту дитини; у віці понад 12 років використовують хірургічні втручання на кістках і суглобах стопи (коригувальні остеотомії кісток середнього та заднього її відділів, стабілізувальні операції – артрорези) у поєднанні з м'якотканинними втручаннями. Сучасною малоінвазивною методикою хірургічної корекції МПВДС у хворих на ДЦП дітей, є артрорез піднадп'яtkового суглоба, який дозволяє обмежити патологічно збільшені пронаційні рухи, стабілізуючи стопу та значно підвищуючи її опороспроможність, а також нормалізуючи її подальший розвиток.

2. На підставі ретроспективного аналізу результатів лікування двох груп хворих на ДЦП дітей встановлено, що тяжкість скарг, ступінь клінічних та рентгенологічних проявів МПВДС залежить насамперед від рівня порушень великих моторних навичок, віку дитини, вираженості спастичності м'язів нижніх кінцівок: чим старше дитина за віком, чим вищий рівень за GMFCS, чим більша спастичність, тим тяжча ПВДС і тим більш виражене обмеження мобільності стоп. Результати клініко-рентгенологічних досліджень обох груп показали, що у 96,4 % випадків (54 стопи) МПВДС у хворих на ДЦП дітей супроводжується ригідною еквінусною деформацією стопи.

Хірургічне лікування МПВДС у хворих на ДЦП дітей у віці 7-11 років із використанням методик, ізолювано спрямованих на усунення контрактур і сухожилково-м'язового дисбалансу, супроводжується значним відсотком рецидивів (66,7 %). Використання малоінвазивної хірургічної методики артроерезу піднадпяткового суглоба дає змогу покращити клініко-рентгенологічні результати лікування МПВДС, проте у 80 % супроводжується розвитком хронічного больового синдрому через застосування конусовидного імплантату. Для хворих на ДЦП дітей старше 12 років клінічно підтверджена ефективність хірургічного лікування МПВДС середнього та важкого ступенів із використанням коригувальних остеотомій кісток середнього та заднього відділів стопи, а також стабілізуючих артродезуючих операцій.

3. На підставі порівняльного дослідження трьох груп дітей віком 6 років визначено статистично значуще медіальне відхилення осі піднадп'яткового суглоба в аксіальній площині у хворих на ДЦП (середній кут відхилення  $34^{\circ} \pm 8^{\circ}$ ) порівняно з аналогічними даними для дітей із МПВДС (середній кут відхилення  $28^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ) і здоровими дітьми (середній кут відхилення  $19^{\circ} \pm 9^{\circ}$ ). Отримані результати свідчать про наявність структурно-функціональних порушень стопи вже у ранньому віці у хворих на ДЦП дітей із МПВДС, що є підставою для обґрунтування раннього хірургічного лікування, спрямованого на компенсацію біомеханічних порушень і профілактику вторинних деформацій стопи.

4. За допомогою біомеханічних досліджень шляхом математичного моделювання з використанням методу скінченних елементів доведено, що в умовах плосковальгусної деформації стопи підвищується рівень напружень в усіх елементах скелета стопи. Результати моделювання корекції плосковальгусної деформації стопи свідчать, що усі проаналізовані втручання приводять до різного ступеня нормалізації розподілу механічних напружень у кісткових елементах моделі. Використання коригувальних імплантатів для АЕПНС має позитивний вплив на розподіл напружень в

елементах скелета стопи в процесі корекції її плосковальгусної деформації. Застосування запропонованого двоступеневого конусного імплантата для піднадп'яtkового артроерезу має перевагу над стандартним конусним завдяки зменшенню напруження в надп'яtkовій кістці в середньому на 0,3-1,1 МПа, у п'яtkовій — на 0,2-0,8 МПа.

5. Удосконалено методику піднадп'яtkового артроерезу шляхом розроблення та впровадження в клінічну практику порожнистого двоступеневого конусного імплантата, використання якого, завдяки його конструктивним особливостям, забезпечує стабільну фіксацію імплантата у каналі тарзального синуса, зменшує вірогідність розвинення больового синдрому, попереджає міграцію імплантата та знижує частоту повторних хірургічних втручань на 30 %.

6. Розроблена робоча клініко-рентгенологічна класифікація МПВДС у хворих на ДЦП дітей і класифікація лікувальних заходів, які застосовують для корекції цієї деформації, обґрунтовані та клінічно апробовані алгоритми вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи, з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи. Проведена клінічна верифікація даних алгоритмів продемонструвала їх високу ефективність, що дало змогу отримати кращі анатомічні та функціональні результати лікування даної патології.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Для комплексної оцінки порушень в опорно-руховій системі хворих на ДЦП дітей з МПВДС необхідно проводити обстеження за допомогою певних загально визнаних шкал та діагностичних тестів. Зокрема таких як: тонус м'язів – за допомогою модифікованої шкали Ешворта, функціональну мобільність дитини з ДЦП - за шкалою FMS (англ. Functional Mobility Scale), класифікацію великих моторних функцій – за системою GMFCS (англ. *Gross Motor Function Classification System*), визначення оцінки порушень форми та функції стопи – за стандартною шкалою Американського Товариства стопи (AOFAS hindfoot scale), визначення проекції осі піднап'яtkового суглобу на плантарну поверхню стоп – за мануальною технікою К. Kirby.

2. Для визначення рентгенометричних кутових параметрів стоп у дітей з ДЦП необхідно виконувати рентгенологічні дослідження у положенні вертикального навантаження у двох стандартних проекціях: передньо-задній та боковій і визначати наступні рентгенометричні показники: надп'ятково-п'ятковий кут; надп'ятково-човноподібне перекриття (talonavicular coverage); латеральний надп'ятково-1-метатарзальний кут (Meary angle); кут п'яткового нахилу (calcaneal pitch).

3. Хірургічне лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей необхідно проводити згідно з розробленими нами лікувально-діагностичними алгоритмами. Дані алгоритми враховують вік дитини, рівень великих моторних функцій та клініко-рентгенологічний ступінь тяжкості деформації стопи, дають змогу провести вибір між малоінвазивними методиками та хірургічними втручаннями на кістках і суглобах стопи у поєднанні з м'якотканинними втручаннями.

4. У випадку легкого ступеню МПВДС у хворих на ДЦП дітей у віці від 7 років і старше, варіантом вибору можуть розглядатися втручання, спрямовані на корекцію сухожилково-м'язового дисбалансу й усунення контрактур суглобів гомілки та стопи у поєднанні із малоінвазивною

методикою АЕПНС за допомогою розробленого нами порожнистого двоступеневого конусного імплантату (патент № 113131, Україна), що містить конструктивні особливості, спрямовані на попередження розвитку больового синдрому.

5. У випадку важкого ступеню МПВДС у хворих на ДЦП дітей у віці понад 12 років мають використовуватися хірургічні втручання на кістках і суглобах стопи (коригувальні остеотомії кісток середнього та заднього її відділів, стабілізувальні операції – артродези) у поєднанні з м'якотканинними втручаннями.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Stavsky, M., Mor, O., Mastrolia, S. A., Greenbaum, S., Than, N. G., & Erez, O. (2017). Cerebral Palsy-Trends in Epidemiology and Recent Development in Prenatal Mechanisms of Disease, Treatment, and Prevention. *Frontiers in pediatrics*, 5, 21. <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00021>
2. Atik, A., & Ozyurek, S. (2014). Flexible flatfoot. *Northern clinics of Istanbul*, 1(1), 57–64. <https://doi.org/10.14744/nci.2014.29292>
3. Hadders-Algra M. (2014). Early diagnosis and early intervention in cerebral palsy. *Frontiers in neurology*, 5, 185. <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00185>
4. Spittle, A. J., Morgan, C., Olsen, J. E., Novak, I., & Cheong, J. (2018). Early Diagnosis and Treatment of Cerebral Palsy in Children with a History of Preterm Birth. *Clinics in perinatology*, 45(3), 409–420. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2018.05.011>
5. Novak, I., Morgan, C., Adde, L., Blackman, J., Boyd, R. N., Brunstrom-Hernandez, J., Cioni, G., Damiano, D., Darrah, J., Eliasson, A. C., de Vries, L. S., Einspieler, C., Fahey, M., Fehlings, D., Ferriero, D. M., Fetters, L., Fiori, S., Forssberg, H., Gordon, A. M., Greaves, S., ... Badawi, N. (2017). Early, Accurate Diagnosis and Early Intervention in Cerebral Palsy: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA pediatrics*, 171(9), 897–907. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1689>
6. Herskind, A., Greisen, G., & Nielsen, J. B. (2015). Early identification and intervention in cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 57(1), 29–36. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12531>
7. Корольков А.И., Люткевич Н.И., Хащук А.В. Концептуальные подходы к диагностике и профилактическому лечению подвывиха и вывиха бедра у детей, больных ДЦП // Ортопедия, травматология, протезирование, №2 (591) апрель-июнь 2013, С. 114-122.
8. Меженина, Е. П. (1966). *Церебральные спастические параличи и их лечение*. Киев: Здоров'я, 224 с.

9. Shamsoddini, A., Amirsalari, S., Hollisaz, M. T., Rahimnia, A., & Khatibi-Aghda, A. (2014). Management of spasticity in children with cerebral palsy. *Iranian journal of pediatrics*, *24*(4), 345–351.
10. Frances, J. M., & Feldman, D. S. (2015). Management of idiopathic and nonidiopathic flatfoot. *Instructional course lectures*, *64*, 429–440.
11. Kadhim, M., Holmes, L., Jr, Church, C., Henley, J., & Miller, F. (2012). Pes planovalgus deformity surgical correction in ambulatory children with cerebral palsy. *Journal of children's orthopaedics*, *6*(3), 217–227. <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0413-3>
12. Miller, F. (2005). Etiology, epidemiology, pathology, and diagnosis. In: Miller F. (Ed.) *Cerebral palsy* (pp. 27–50). New York: Springer.
13. Bell, K. J., Ounpuu, S., DeLuca, P. A., & Romness, M. J. (2002). Natural progression of gait in children with cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics*, *22*(5), 677–682.
14. Davids J. R. (2010). The foot and ankle in cerebral palsy. *The Orthopedic clinics of North America*, *41*(4), 579–593. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2010.06.002>
15. Kedem, P., & Scher, D. M. (2015). Foot deformities in children with cerebral palsy. *Current opinion in pediatrics*, *27*(1), 67–74. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000180>
16. Son, S. M., Park, I. S., & Yoo, J. S. (2015). Short-term effect of botulinum toxin a injection on spastic equinovarus foot in cerebral palsy patients: a study using the foot pressure measurement system. *Annals of rehabilitation medicine*, *39*(1), 1–9. <https://doi.org/10.5535/arm.2015.39.1.1>
17. Sung, K. H., Chung, C. Y., Lee, K. M., Lee, S. Y., & Park, M. S. (2013). Calcaneal lengthening for planovalgus foot deformity in patients with cerebral palsy. *Clinical orthopaedics and related research*, *471*(5), 1682–1690. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2709-5>
18. Sees, J. P., & Miller, F. (2013). Overview of foot deformity management in children with cerebral palsy. *Journal of children's*

*orthopaedics*, 7(5), 373–377. <https://doi.org/10.1007/s11832-013-0509-4>

19. Joo, S. Y., Knowtharapu, D. N., Rogers, K. J., Holmes, L., Jr, & Miller, F. (2011). Recurrence after surgery for equinus foot deformity in children with cerebral palsy: assessment of predisposing factors for recurrence in a long-term follow-up study. *Journal of children's orthopaedics*, 5(4), 289–296. <https://doi.org/10.1007/s11832-011-0352-4>

20. Koog, Y. H., & Min, B. I. (2010). Effects of botulinum toxin A on calf muscles in children with cerebral palsy: a systematic review. *Clinical rehabilitation*, 24(8), 685–700. <https://doi.org/10.1177/0269215510367557>

21. Kedem, P., & Scher, D. M. (2015). Foot deformities in children with cerebral palsy. *Current opinion in pediatrics*, 27(1), 67–74. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000180>

22. Kadhim, M., & Miller, F. (2014). Crouch gait changes after planovalgus foot deformity correction in ambulatory children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 39(2), 793–798. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.10.020>

23. Smith, P. A., Millar, E. A., & Sullivan, R. C. (2000). Sta-Peg arthroereisis for treatment of the planovalgus foot in cerebral palsy. *Clinics in podiatric medicine and surgery*, 17(3), 459–469.

24. Pisani, G. (1993). *Trattato di chirurgia del piede*. Torino: Edizione Minerva Medica.

25. Зазірний, І. М., Ковальчук, В. М., Лябах, А. П., & Гребенніков, К. О. (2013). Надп'яtkово-п'яtkовий артроерез (огляд літератури). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (2), 109–113.

26. Steffes, M. J (2020). Cerebral Palsy – Foot Conditions. Retrieved from <https://www.orthobullets.com/pediatrics/12120/cerebral-palsy--foot-conditions>

27. Duffy, C.M., & Cosgrove, A. P. (2002). The foot in cerebral palsy. *Current Orthopaedics*, 16(2), 104–113 <https://doi.org/10.1054/cuor.2002.0236>

28. Manter, J. T. (1941). Movements of the subtalar and transverse tarsal

joints. *The anatomical record*, 80(4), 397–410.

29. Root, M. L. (1977). *Normal and Abnormal Function of the foot*. Los Angeles: Clinical Biomechanics Corporation.

30. Kirby K. A. (2000). Biomechanics of the normal and abnormal foot. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 90(1), 30–34. <https://doi.org/10.7547/87507315-90-1-30>

31. Payne, C., Munteanu, S., & Miller, K. (2003). Position of the subtalar joint axis and resistance of the rearfoot to supination. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 93(2), 131–135. <https://doi.org/10.7547/87507315-93-2-131>

32. Kirby, K. A. (1999). Biomechanics and the treatment of flexible flatfoot deformity in children. *PBG Focus, Journal Podiatric Biomechanics Group*, 7, 10–11.

33. Kirby K. A. (2001). Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 91(9), 465–487. <https://doi.org/10.7547/87507315-91-9-465>

34. Kedem, P., & Scher, D. M. (2015). Foot deformities in children with cerebral palsy. *Current opinion in pediatrics*, 27(1), 67–74. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000180>

35. Sharan D. (2017). Orthopedic surgery in cerebral palsy: Instructional course lecture. *Indian journal of orthopaedics*, 51(3), 240–255. [https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho\\_197\\_16](https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_197_16)

36. Usuelli F.G, Montrasio U. The Calcaneo-Stop Procedure // Foot and Ankle Clinics. Vol. 17, Issue 2, June 2012, Pages 183-194

37. Giannini S, Cadossi M, Mazzotti A, Persiani V, Tedesco G, Romagnoli M, Faldini C.J (2017) Bioabsorbable Calcaneo-Stop Implant for the Treatment of Flexible Flatfoot: A Retrospective Cohort Study at a Minimum Follow-Up of 4 Years // Foot Ankle Surg. July; 56 (4): 776-782. doi.org: 10.1053 / j.jfas.2017.02.018.

38. Narayanan U. G. (2012). Management of children with ambulatory

cerebral palsy: an evidence-based review. *Journal of pediatric orthopedics*, 32 Suppl 2, S172–S181. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e31825eb2a6>

39. Benedetti, M. G., D'Apote, G., Faccioli, S., Costi, S., & Ferrari, A. (2011). Equinus foot classification in cerebral palsy: an agreement study between clinical and gait analysis assessment. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 47(2), 213–221.

40. Svehlík, M., Zwick, E. B., Steinwender, G., Kraus, T., & Linhart, W. E. (2010). Dynamic versus fixed equinus deformity in children with cerebral palsy: how does the triceps surae muscle work?. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(12), 1897–1903. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.09.005>

41. Karamitopoulos, M. S., & Nirenstein, L. (2015). Neuromuscular Foot: Spastic Cerebral Palsy. *Foot and ankle clinics*, 20(4), 657–668. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2015.07.008>

42. Gulati, S., & Sondhi, V. (2018). Cerebral Palsy: An Overview. *Indian journal of pediatrics*, 85(11), 1006–1016. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2475-1>

43. Wren, T. A., Rethlefsen, S., & Kay, R. M. (2005). Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy: influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery. *Journal of pediatric orthopedics*, 25(1), 79–83. <https://doi.org/10.1097/00004694-200501000-00018>

44. Gage, J. R. (1991). *Gait analysis in cerebral palsy (Clinics in Developmental Medicine)*. London: Cambridge University Press.

45. Kadhim, M., & Miller, F. (2014). Pes planovalgus deformity in children with cerebral palsy: review article. *Journal of pediatric orthopedics. Part B*, 23(5), 400–405. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000073>

46. Cavlak, U., & Kavlak, E. (2005). Analysing of ankle-foot deformities in cerebral palsied children: A retrospective study. *Journal of Medical Sciences*, 5, 55-60. <https://doi.org/10.3923/jms.2005>

47. Bennet, G. C., Rang, M., & Jones, D. (1982). Varus and valgus deformities of the foot in cerebral palsy. *Developmental medicine and child*

*neurology*, 24(4), 499–503. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1982.tb13656.x>

48. Medeiros, D. L., Conceição, J. S., Graciosa, M. D., Koch, D. B., Santos, M. J., & Ries, L. G. (2015). The influence of seat heights and foot placement positions on postural control in children with cerebral palsy during a sit-to-stand task. *Research in developmental disabilities*, 43-44, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.05.004>

49. Southerland, J. T., Boberg, J. S., Downey, M. S., Nakra, A., & Rabjohn, L. V. (2012). *McGlamry's comprehensive textbook of foot and ankle surgery*. Lippincott Williams & Wilkins, 2112 p

50. Young, S., Keenan, M. A., & Stone, L. R. (1990). The treatment of spastic planovalgus foot deformity in the neurologically impaired adult. *Foot & ankle*, 10(6), 317–324. <https://doi.org/10.1177/107110079001000606>

51. Boulay, C., Pomeroy, V., Viehweger, E., Glard, Y., Castanier, E., Authier, G., Halbert, C., Jouve, J. L., Chabrol, B., Bollini, G., & Jacquemier, M. (2012). Dynamic equinus with hindfoot valgus in children with hemiplegia. *Gait & posture*, 36(1), 108–112. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.01.015>

52. Perry, J. P. (Ed.) (1992). *Gait analysis: normal and pathological function*. New York: McGraw Hill.

53. Sussman, M. D., & Aiona, M. D. (2004). Treatment of spastic diplegia in patients with cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics. Part B*, 13(2), S1–S12. <https://doi.org/10.1097/00009957-200403000-00016>

54. Dennyson, W. G., & Fulford, G. E. (1976). Subtalar arthrodesis by cancellous grafts and metallic internal fixation. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 58-B(4), 507–510.

55. Wong, A. M., Chen, C. L., Chen, C. P., Chou, S. W., Chung, C. Y., & Chen, M. J. (2004). Clinical effects of botulinum toxin A and phenol block on gait in children with cerebral palsy. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 83(4), 284–291.

<https://doi.org/10.1097/01.phm.0000118038.02326.ca>

56. Kodithuwakku Arachchige, S., Chander, H., & Knight, A. (2019).

Flatfeet: Biomechanical implications, assessment and management. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 38, 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2019.02.004>

57. Stiehl, J. B. (1991). *Inmans's joints of the ankle*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

58. Kirby K. A. (1987). Methods for determination of positional variations in the subtalar joint axis. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 77(5), 228–234. <https://doi.org/10.7547/87507315-77-5-228>

59. Van Alsenoy, K. K., De Schepper, J., Santos, D., Vereecke, E. E., & D'Août, K. (2014). The subtalar joint axis palpation technique-part 1: validating a clinical mechanical model. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 104(3), 238–246. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-104.3.238>

60. De Schepper, J., Van Alsenoy, K., Rijckaert, J., De Mits, S., Lootens, T., & Roosen, P. (2012). Intratest reliability in determining the subtalar joint axis using the palpation technique described by K. Kirby. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 102(2), 122–129. <https://doi.org/10.7547/1020122>

61. Van Alsenoy, K. K., De Schepper, J., Santos, D., Vereecke, E. E., & D'Août, K. (2014). The subtalar joint axis palpation technique-part 1: validating a clinical mechanical model. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 104(3), 238–246. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-104.3.238>

62. Bill, M., McIntosh, R., & Myers, P. (2001). A series of case studies on the effect of a midfoot control ankle foot orthosis in the prevention of unresolved pressure areas in children with cerebral palsy. *Prosthetics and orthotics international*, 25(3), 246–250. <https://doi.org/10.1080/03093640108726609>

63. Maurer, J. D., Ward, V., Mayson, T. A., Davies, K. R., Alvarez, C. M., Beauchamp, R. D., & Black, A. H. (2014). Classification of midfoot break using multi-segment foot kinematics and pedobarography. *Gait & posture*, 39(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.08.015>

64. Davids, J. R., & Bagley, A. M. (2014). Identification of common gait disruption patterns in children with cerebral palsy. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 22(12), 782–790.

<https://doi.org/10.5435/JAAOS-22-12-782>

65. Brunner, R., & Rutz, E. (2013). Biomechanics and muscle function during gait. *Journal of children's orthopaedics*, 7(5), 367–371. <https://doi.org/10.1007/s11832-013-0508-5>

66. Gage, J. R., & Schwartz, M. H. (2009). Normal gait. In: J. R. Gage, M. H. Schwartz, S. E. Koop, T. F. Novacheck (Eds.). *The identification and treatment of gait problems in cerebral palsy* (pp. 31–64). London: Mac Keith Press and Wiley Blackwell.

67. Theologis T. (2013). Lever arm dysfunction in cerebral palsy gait. *Journal of children's orthopaedics*, 7(5), 379–382. <https://doi.org/10.1007/s11832-013-0510-y>

68. Davids, J. R., & Bagley, A. M. (2014). Identification of common gait disruption patterns in children with cerebral palsy. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 22(12), 782–790. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-22-12-782>

69. Healy, M., Kim, P., Novacheck, T., & Weber, L. Avoiding Pitfalls in the Management of Gait Dysfunction in Children with Cerebral Palsy Handout for IC 6. Retrieved from <https://www.aacpdm.org/UserFiles/file/IC6-Weber.pdf>

70. Ganjwala D. (2011). Multilevel orthopedic surgery for crouch gait in cerebral palsy: An evaluation using functional mobility and energy cost. *Indian journal of orthopaedics*, 45(4), 314–319. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.82334>

71. Alriksson-Schmidt, A., & Hägglund, G. (2016). Pain in children and adolescents with cerebral palsy: a population-based registry study. *Acta paediatrica (Oslo, Norway: 1992)*, 105(6), 665–670. <https://doi.org/10.1111/apa.13368>

72. Karamitopoulos, M. S., & Nirenstein, L. (2015). Neuromuscular Foot: Spastic Cerebral Palsy. *Foot and ankle clinics*, 20(4), 657–668. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2015.07.008>

73. Sees, J. P., Sitoula, P., Dabney, K., Holmes, L., Jr, Rogers, K. J., Kecskemethy, H. H., Bachrach, S., & Miller, F. (2016). Pamidronate Treatment to

Prevent Reoccurring Fractures in Children With Cerebral Palsy. *Journal of pediatric orthopedics*, 36(2), 193–197.

<https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000421>

74. Aversano, M. W., Sheikh Taha, A. M., Mundluru, S., & Otsuka, N. Y. (2017). What's New in the Orthopaedic Treatment of Cerebral Palsy. *Journal of pediatric orthopedics*, 37(3), 210–216.

<https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000675>

75. Westbom, L., Rimstedt, A., & Nordmark, E. (2017). Assessments of pain in children and adolescents with cerebral palsy: a retrospective population-based registry study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(8), 858–863. doi:10.1111/dmcn.13459

76. Heydemann, J. A., Abousamra, O., Franzone, J. M., Kaufman, B. E., & Sees, J. P. (2018). What's New in the Management of Foot Deformities in Children With Cerebral Palsy. *Journal of pediatric orthopedics*, 38(1), e20–e24.

<https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000901>

77. Azar, F. M., Canale, S. T., & Beaty, J. H. (2016). *Campbell's operative orthopaedics e-book* (pp. 1255–1260). Elsevier Health Sciences..

78. Корж, Н. А., & Радченко, В. А. (Eds.) (2011). *Справочник ортопеда*. Киев: ТОВ «Доктор Медиа», 378 с.

79. Pisani G. (2016). "Coxa pedis" today. *Foot and ankle surgery : official journal of the European Society of Foot and Ankle Surgeons*, 22(2), 78–84.

<https://doi.org/10.1016/j.fas.2015.05.004>

80. Pfeffer, G., Easley, M., & Hintermann, B. (2017). *Operative Techniques: Foot and Ankle Surgery* (2<sup>nd</sup> ed.) (pp. 704). Elsevier.

81. Kirby K. A. (1987). Methods for determination of positional variations in the subtalar joint axis. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 77(5), 228–234. <https://doi.org/10.7547/87507315-77-5-228>

82. Kirby, K. A., Arkin, D. B., & Laine, W. (1987). Digital systolic pressure determination in the foot. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 77(7), 340–342. <https://doi.org/10.7547/87507315-77-7-340>

83. Kirby K. A. (1989). Rotational equilibrium across the subtalar joint axis. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 79(1), 1–14. <https://doi.org/10.7547/87507315-79-1-1>
84. Maharaj, J. N., Cresswell, A. G., & Lichtwark, G. A. (2016). The mechanical function of the tibialis posterior muscle and its tendon during locomotion. *Journal of biomechanics*, 49(14), 3238–3243. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.08.006>
85. Hicks J. H. (1953). The mechanics of the foot. I. The joints. *Journal of anatomy*, 87(4), 345–357.
86. Root, M. L., Weed, J. H., Sgarlato, T. E., & Bluth, D. R. (1966). Axis of motion of the subtalar joint. *Journal American Podiatry Association*, 56(4), 149–155.
87. Isman, R. E., Inman, V. T., & Poor, P. M. (1969). Anthropometric studies of the human foot and ankle. *Bulletin of prosthetics research*, 11(97), 129.
88. van Langelaan E. J. (1983). A kinematical analysis of the tarsal joints. An X-ray photogrammetric study. *Acta orthopaedica Scandinavica. Supplementum*, 204, 1–269.
89. Benink R. J. (1985). The constraint-mechanism of the human tarsus. A roentgenological experimental study. *Acta orthopaedica Scandinavica. Supplementum*, 215, 1–135. <https://doi.org/10.3109/17453678509154158>
90. Lundberg, A., & Svensson, O. K. (1993). The axes of rotation of the talocalcaneal and talonavicular joints. *The Foot*, 3(2), 65–70.
91. Sarrafian, S. K. (1983). *Anatomy of the Foot and Ankle* (pp. 387). Philadelphia: JB Lippincott.
92. Halabchi, F., Mazaheri, R., Mirshahi, M., & Abbasian, L. (2013). Pediatric flexible flatfoot; clinical aspects and algorithmic approach. *Iranian journal of pediatrics*, 23(3), 247–260.
93. Armand, S., Decoulon, G., & Bonnefoy-Mazure, A. (2016). Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT open reviews*, 1(12), 448–460. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.000052>

94. Mosca V. S. (2010). Flexible flatfoot in children and adolescents. *Journal of children's orthopaedics*, 4(2), 107–121. <https://doi.org/10.1007/s11832-010-0239-9>
95. Lin, Y. C., Mhuirheartaigh, J. N., Lamb, J., Kung, J. W., Yablon, C. M., & Wu, J. S. (2015). Imaging of adult flatfoot: correlation of radiographic measurements with MRI. *AJR. American journal of roentgenology*, 204(2), 354–359. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.12645>
96. Pes Planus (2016). Retrieved from [http://uwmsk.org/footalignment/doku.php?id=pes\\_planus](http://uwmsk.org/footalignment/doku.php?id=pes_planus)
97. Riad, J., Coleman, S., Henley, J., & Miller, F. (2007). Reliability of pediobarographs for paediatric foot deformity. *Journal of children's orthopaedics*, 1(5), 307–312. <https://doi.org/10.1007/s11832-007-0053-1>
98. Kadhim, M., Holmes, L., Jr, & Miller, F. (2012). Correlation of radiographic and pedobarograph measurements in planovalgus foot deformity. *Gait & posture*, 36(2), 177–181. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.02.011>
99. Chang, C. H., Miller, F., & Schuyler, J. (2002). Dynamic pedobarograph in evaluation of varus and valgus foot deformities. *Journal of pediatric orthopedics*, 22(6), 813–818.
100. Renshaw, T. S., Green, N. E., Griffin, P. P., & Root, L. (1996). Cerebral palsy: orthopaedic management. *Instructional course lectures*, 45, 475–490.
101. Paterson M. (2008). Varus and valgus deformities of the foot in cerebral palsy (1982). *Developmental medicine and child neurology*, 50(3), 164. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.00164.x>
102. Ofluoğlu D. (2009). Beyin felcinde ortez uygulamaları [Orthotic management in cerebral palsy]. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*, 43(2), 165–172. <https://doi.org/10.3944/AOTT.2009.165>
103. Wingstrand, M., Hägglund, G., & Rodby-Bousquet, E. (2014). Ankle-foot orthoses in children with cerebral palsy: a cross sectional population based study of 2200 children. *BMC musculoskeletal disorders*, 15, 327.

<https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-327>

104. Bjornson, K., Zhou, C., Fatone, S., Orendurff, M., Stevenson, R., & Rashid, S. (2016). The Effect of Ankle-Foot Orthoses on Community-Based Walking in Cerebral Palsy: A Clinical Pilot Study. *Pediatric physical therapy, 28*(2), 179–186. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000242>

105. Zhang, B., Twycross-Lewis, R., Großmann, H., & Morrissey, D. (2017). Testing Gait with Ankle-Foot Orthoses in Children with Cerebral Palsy by Using Functional Mixed-Effects Analysis of Variance. *Scientific reports, 7*(1), 11081. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11282-1>

106. Feng, Y., & Song, Y. (2017). The categories of AFO and its effect on patients with foot impair: a systemic review. *Physical Activity and Health, 1*(1). 8–16, DOI: <https://doi.org/10.5334/paah.3>

107. Kerkum, Y. L., Harlaar, J., Buizer, A. I., van den Noort, J. C., Becher, J. G., & Brehm, M. A. (2013). Optimising Ankle Foot Orthoses for children with cerebral palsy walking with excessive knee flexion to improve their mobility and participation; protocol of the AFO-CP study. *BMC pediatrics, 13*, 17. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-17>

108. Aboutorabi, A., Arazpour, M., Ahmadi Bani, M., Saeedi, H., & Head, J. S. (2017). Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Annals of physical and rehabilitation medicine, 60*(6), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2017.05.004>

109. Boulay, C., Jacquemier, M., Castanier, E., Giorgi, H., Authier, G., Pomeroy, V., Chabrol, B., Jouve, J. L., Bollini, G., & Viehweger, E. (2015). Planovalgus foot deformity in cerebral palsy corrected by botulinum toxin injection in the peroneus longus: Clinical and radiological evaluations in young children. *Annals of physical and rehabilitation medicine, 58*(6), 316–321. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.09.001>

110. Cho, B. C., Lee, I. H., Chung, C. Y., Sung, K. H., Lee, K. M., Kwon, S. S., Moon, S. J., Kim, J., Lim, H., & Park, M. S. (2018). Undercorrection of planovalgus deformity after calcaneal lengthening in patients with cerebral

palsy. *Journal of pediatric orthopedics. Part B*, 27(3), 206–213.  
<https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000436>

111. Ettl, V., Wollmerstedt, N., Kirschner, S., Morrison, R., Pasold, E., & Raab, P. (2009). Calcaneal lengthening for planovalgus deformity in children with cerebral palsy. *Foot & ankle international*, 30(5), 398–404.

112. Kim, J. R., Shin, S. J., Vogler g, S. I., & Kang, S. M. (2013). Comparison of lateral opening wedge calcaneal osteotomy and medial calcaneal sliding-opening wedge cuboid-closing wedge cuneiform osteotomy for correction of planovalgus foot deformity in children. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 52(2), 162–166.

113. Mazis, G. A., Sakellariou, V. I., Kanellopoulos, A. D., Papagelopoulos, P. J., Lyras, D. N., & Soucacos, P. N. (2012). Results of extra-articular subtalar arthrodesis in children with cerebral palsy. *Foot & ankle international*, 33(6), 469–474. <https://doi.org/10.3113/FAI.2012.0469>

114. Senaran, H., Yilmaz, G., Nagai, M. K., Thacker, M., Dabney, K. W., & Miller, F. (2011). Subtalar fusion in cerebral palsy patients: results of a new technique using corticocancellous allograft. *Journal of pediatric orthopedics*, 31(2), 205–210. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3182092988>

115. Sanchez, A. A., Rathjen, K. E., & Mubarak, S. J. (1999). Subtalar staple arthroereisis for planovalgus foot deformity in children with neuromuscular disease. *Journal of pediatric orthopedics*, 19(1), 34–38.

116. Ragab, A. A., Stewart, S. L., & Cooperman, D. R. (2003). Implications of subtalar joint anatomic variation in calcaneal lengthening osteotomy. *Journal of pediatric orthopedics*, 23(1), 79–83.

117. Evans D. (1975). Calcaneo-valgus deformity. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 57(3), 270–278.

118. Jara M. E. (2017). Evans Osteotomy Complications. *Foot and ankle clinics*, 22(3), 573–585. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2017.04.006>

119. Bourelle, S., Cottalorda, J., Gautheron, V., & Chavrier, Y. (2004). Extra-articular subtalar arthrodesis. A long-term follow-up in patients with cerebral

palsy. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 86(5), 737–742.  
<https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b5.14170>

120. Vedantam, R., Capelli, A. M., & Schoenecker, P. L. (1998). Subtalar arthroereisis for the correction of planovalgus foot in children with neuromuscular disorders. *Journal of pediatric orthopedics*, 18(3), 294–298.

121. Schon L. C. (2007). Subtalar arthroereisis: a new exploration of an old concept. *Foot and ankle clinics*, 12(2), 329–vii.  
<https://doi.org/10.1016/j.fcl.2007.03.011>

122. Koning, P. M., Heesterbeek, P. J., & de Visser, E. (2009). Subtalar arthroereisis for pediatric flexible pes planovalgus: fifteen years experience with the cone-shaped implant. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 99(5), 447–453. <https://doi.org/10.7547/0990447>

123. Fernández de Retana, P., Alvarez, F., & Viladot, R. (2010). Subtalar arthroereisis in pediatric flatfoot reconstruction. *Foot and ankle clinics*, 15(2), 323–335. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2010.01.001>

124. Needleman R. L. (2005). Current topic review: subtalar arthroereisis for the correction of flexible flatfoot. *Foot & ankle international*, 26(4), 336–346.  
<https://doi.org/10.1177/107110070502600411>

125. Корольков, А. И., Рахман, П. М., & Кикош, Г. В. (2016). Подтаранный артроэрез в лечении плоско-вальгусной деформации стоп: аргументы за и против (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (1), 115–123. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720161115-123>

126. Лоскутов, О. А., & Фурманова, К. С. (2015). Использование метода подтаранного артроэреза у детей с плосковальгусной деформацией стопы. *Літопис травматології та ортопедії*, (1-2), 137–138.

127. Петровский, Б. В. (Ed.) (1984). *Энциклопедический словарь медицинских терминов* (Vol. 1, pp. 94). Москва: Советская медицина.

128. Тамоев, С. К. (2012). *Подтаранный артроэрез в лечении статической плоско-вальгусной деформации стопы у взрослых* (Кандидатская

диссертация). Москва, 123 p.

129. Chambers, E. F. (1946). An operation for the correction of flexible flat feet of adolescents. *Western journal of surgery, obstetrics, and gynecology*, 54, 77.

130. Grice D. S. (1952). An extra-articular arthrodesis of the subastragalar joint for correction of paralytic flat feet in children. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 34 A(4), .

131. Кенис, В. М. (2014). *Ортопедическое лечение деформаций стоп у детей с церебральным параличом* (Автореферат докторской диссертации). Санкт-Петербург, 48 p.

132. Roth, S., Sestan, B., Tudor, A., Ostojic, Z., Sasso, A., & Durbesic, A. (2007). Minimally invasive calcaneo-stop method for idiopathic, flexible pes planovalgus in children. *Foot & ankle international*, 28(9), 991–995. <https://doi.org/10.3113/FAI.2007.0991>

133. Crawford, A. H., Kucharzyk, D., Roy, D. R., & Bilbo, J. (1990). Subtalar stabilization of the planovalgus foot by staple arthroereisis in young children who have neuromuscular problems. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 72(6), 840–845.

134. Sanchez, A. A., Rathjen, K. E., & Mubarak, S. J. (1999). Subtalar staple arthroereisis for planovalgus foot deformity in children with neuromuscular disease. *Journal of pediatric orthopedics*, 19(1), 34–38.

135. Vogler, H. M. (1987). Subtalar joint blocking operations for pathological pronation syndromes. In: E. D. McGlamry (Ed.). *Comprehensive Textbook of Foot Surgery* (pp.447-465). Baltimore: Williams & Wilkins.

136. Yu, T., Yang, Y., & Yu, G. (2011). *Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi = Zhongguo xiufu chongjian waike zazhi = Chinese journal of reparative and reconstructive surgery*, 25(12), 1513–1516.

137. De Pellegrin M. (2005). Die subtalare Schrauben-Arthrorese beim kindlichen Plattfuss [Subtalar screw-arthroereisis for correction of flat foot in children]. *Der Orthopade*, 34(9), 941–954. [https://doi.org/10.1007/s00132-005-0835-](https://doi.org/10.1007/s00132-005-0835-4)

138. Silva, L. A. Â. D., & Fucs, P. M. M. D. B. (2010). Tratamento cirúrgico do pé plano valgo na paralisia cerebral com artrorrise de Pisani. *Acta Ortopédica Brasileira*, 18(3), 162–165. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-78522010000300009>

139. Умно́в, Д. В. (2010). *Ортопедо-хирургическое лечение мобильной эквино-плано-вальгусной деформации стоп у детей с детским церебральным параличом* (Автореферат кандидатской диссертации). Санкт-Петербург, 18 p.

140. Shah, N. S., Needleman, R. L., Bokhari, O., & Buzas, D. (2015). 2013 Subtalar Arthroereisis Survey: The Current Practice Patterns of Members of the AOFAS. *Foot & ankle specialist*, 8(3), 180–185. <https://doi.org/10.1177/1938640015578514>

141. Lui T. H. (2014). Spontaneous subtalar fusion: an irreversible complication of subtalar arthroereisis. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 53(5), 652–656. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.04.005>

142. Маркс, В. О. (2001). *Ортопедическая диагностика. Практическое руководство*. Таганрог: Прогресс, 512 p.

143. Miller, M. D. Thompson, S. R., & Hart, J. (2012). *Review of Orthopaedics*. Elsevier Health Sciences, 896 p

144. de Boer, A. S., Tjioe, R., Van der Sijde, F., Meuffels, D. E., den Hoed, P. T., Van der Vlies, C. H., Tuinebreijer, W. E., Verhofstad, M., Van Lieshout, E., & AOFAS Study Group (2017). The American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle-Hindfoot Scale; translation and validation of the Dutch language version for ankle fractures. *BMJ open*, 7(8), e017040. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-017040>

145. Harvey, A. R., Morris, M. E., Graham, H. K., Wolfe, R., & Baker, R. (2010). Reliability of the functional mobility scale for children with cerebral palsy. *Physical & occupational therapy in pediatrics*, 30(2), 139–149. <https://doi.org/10.3109/01942630903454930>

146. Herring, J. A. (2014). *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics: From the*

- Texas Scottish Rite Hospital for Children Expert Consult* (5<sup>th</sup> ed). Elsevier, 1696 p
147. Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., & Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Developmental medicine and child neurology*, 50(10), 744–750. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x>
148. Harvey, A., Graham, H. K., Morris, M. E., Baker, R., & Wolfe, R. (2007). The Functional Mobility Scale: ability to detect change following single event multilevel surgery. *Developmental medicine and child neurology*, 49(8), 603–607. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00603.x>
149. Van Alsenoy, K. K., D’Août, K., Vereecke, E. E., De Schepper, J., & Santos, D. (2014). The subtalar joint axis palpation technique part 2: reliability and validity results using cadaver feet. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 104(4), 365–374. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-104.4.365>
150. Korolkov, O. I., & Rakhman, P. M. (2018). Subtalar arthroereisis in the treatment of flat-foot deformity: the pros and the cons. *Moldavian Journal of pediatric surgery*, 1, 47–55.
151. Корольков, А. И., Рахман, П. М., & Кикош, Г. В. (2017). *Імплантат для стабілізації піднадп’яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп*. Патент України на корисну модель № 113131.
152. Агапов, В. П. (2004). *Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций*. Москва: АСВ, 152 p.
153. Березовский, В. А., & Колотилов, Н. Н. (1990). *Биофизические характеристики тканей человека: Справочник*. Київ: Наукова думка, 224 с.
154. Gere, J. M. (1984). *Mechanics of Materials*. Monterey: Brooks Cole, 912 p.
155. Зенкевич, О. К. (1978). *Метод конечных элементов в технике*. Москва: Мир, 519 p.
156. Алямовский, А. А. (2004). *SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов*. Москва: ДМК Пресс, 432 p.

157. Nazmi, N., Abdul Rahman, M. A., Yamamoto, S., Ahmad, S. A., Zamzuri, H., & Mazlan, S. A. (2016). A Review of Classification Techniques of EMG Signals during Isotonic and Isometric Contractions. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 16(8), 1304. <https://doi.org/10.3390/s16081304>

158. Kido M. Ikoma K. Hara Y. Imai K. Maki M. Ikeda T. Fujiwara H. Tokunaga D. Inoue N. Kubo T. Effect of therapeutic insoles on the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: a three-dimensional loading computed tomography study // *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2014; 29: 1095-1098

159. Гусев, Е. И., Коновалов, А. Н., Скворцова, В. И., Гехт, А. Б., Авакян, Г. Н., Алехин, А. В., ... & Власов, П. Н. (2009). Неврология: национальное руководство.

160. Николаев СГ. (2010). *Атлас по электромиографии*. Иваново. 462р.

161. Куренков, А. Л. (2005). *Оценка двигательных нарушений при детском церебральном параличе и других болезнях нервной системы детей* (Автореферат докторской диссертации). Москва, 46 р.

162. Скрипников, А. А., Колчанов, К. В., & Криворучко, Г. А. (2013). Особенности проявления ЭМГ-признаков сенсомоторного дефицита у больных с различными формами дегенеративно-дистрофических изменений в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. *Гений ортопедии*, (3), 52–56.

163. Корольков, А. И., & Рахман, П. М. (2018). Оценка эффективности применения технологии одномоментных многоуровневых хирургических вмешательств у детей с ДЦП. *Травма*, 19(6). 66–75. <http://dx.doi.org/10.22141/1608-1706.6.19.2018.152222>

164. Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & Рахман, П. М. (2015). *Способ комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп*. Патент на корисну модель № 100208.

165. Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & Рахман, П. М. (2016). *Способ комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп*. Нововведення. *Інформаційний бюлетень Додаток до «Журналу НАМН України»*, 41, 168–169.

166. Корольков, О. І., & Рахман, П. М. (2017). Результати застосування технології одномоментних багаторівневих втручань у дітей з ДЦП. *Соціальна педіатрія та реабілітологія*, 18(5), 101–106.

167. Рахман, П. М., Кикош, Г. В., & Корольков, О. І. (2016). Комплексне лікування деформацій стоп у дітей з ДЦП. *Збірник наукових праць 17 з'їзду ортопедів-травматологів України (5-7 жовтня, pp. 109–110)*. Київ.

168. Kykosh, G., Korolkov, O. I., & Rakhman, P. (2015). Surgical treatment of flatfoot in children with cerebral palsy (CP). *Abstracts XXV Symposium Sekcii Ortopedii Dzieciecei Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego (21-23 maja, pp. 29)*. Zakopane.

169. Корольков, О. І., Карпінський, М. Ю., Рахман, П. М., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2017). Піднадп'ятковий артроерез у лікуванні плосковальгусної деформації стоп (кінцево-елементне моделювання) // *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю (pp. 38–39)*. Приморськ.

170. Корольков, О. І., Рахман, П. М., Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2017). Дослідження напружено-деформованого стану моделі стопи в разі плоско-вальгусної деформації (повідомлення 1). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (4), 80–84. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017480-84>

171. Корольков, О. І., Рахман, П. М., Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2018). Порівняльна характеристика напружено-деформованого стану моделі стопи до та після лікування плоско-вальгусної деформації з використанням імплантатів для піднадп'яткового артроерезу (повідомлення друге). *Ортопедия, травматология, протезирование*, (1), 65–72. <https://doi.org/10.15674/0030-59872018165-71>

172. Корольков, О. І., Рахман, П. М., Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2018). Напружено-деформований стан моделі плоско-вальгусної деформації стопи за умов використання імплантатів для

піднадп'яtkового артритизу. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (3), 74–79. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872018374-79>

173. Rakhman, P., & Korolkov, O. (2019). Investigation of the stress-strain state of the foot model before and after surgical treatment by different methods. *Abstracts of 38th EPOS Annual Meeting European Paediatric Orthopaedic Society* (3-6 April, pp. 38). Tel-Aviv, Israel.

174. Murley, G. S., Buldt, A. K., Trump, P. J., & Wickham, J. B. (2009). Tibialis posterior EMG activity during barefoot walking in people with neutral foot posture. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 19(2), e69–e77. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.10.002>

175. Herrera, A., Ibarz, E., Cegoñino, J., Lobo-Escolar, A., Puértolas, S., López, E., Mateo, J., & Gracia, L. (2012). Applications of finite element simulation in orthopedic and trauma surgery. *World journal of orthopedics*, 3(4), 25–41. <https://doi.org/10.5312/wjo.v3.i4.25>

176. Roateși, I. (2016). Finite Elements Method in Implant Prosthetics. *Perusal of the Finite Element Method*, 231 p. <https://doi.org/10.5772/64969>

177. Ford, S. E., & Scannell, B. P. (2017). Pediatric Flatfoot: Pearls and Pitfalls. *Foot and ankle clinics*, 22(3), 643–656. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2017.04.008>

178. Murley, G. S., Menz, H. B., & Landorf, K. B. (2009). A protocol for classifying normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *Journal of foot and ankle research*, 2, 22. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-2-22>

179. Корольков, О. І. (2009). Алгоритмована система діагностики та лікування при уродженому вивиху і підвивиху стегна у дітей. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (4), 28-34.

180. Корольков, О. І., & Рахман, П. М. (2020). Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на дитячий

церебральний параліч дітей. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (2), 80–88. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020280-88>

181. Корольков, А. И., Кикош, Г. В, & Рахман, П. М. (2015). Хирургическое лечение эквино-плоско-вальгусной деформации стоп у детей с ДЦП. *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми хірургії стопи»* (15-16 жовтня, pp. 45-46). Київ.

182. Rakhman P.M., Korolkov O.I. Results of foot planovalgus deformity surgical treatment in children with cerebral paralysis // *Світ медицини та біології*. 2020. № 4 (74), с. 130-135 / DOI 10.26724/2079-8334-2020-4-74-130-135

## ДОДАТОК А

Таблиця А1

## Шкала AOFAS hindfoot scale

Параметри	Бали
<i>1</i>	<i>2</i>
<b>Біль (40 балів)</b>	
Немає болю	40
Слабкий біль	30
Помірний біль	20
Сильний біль	0
<b>Функція (50 балів) обмеження діяльності</b>	
Немає обмеження	10
Обмеження активної діяльності	7
Помірне обмеження повсякденної та активної діяльності	4
Стійке обмеження повсякденної та активної діяльності	0
<b>Максимальна тривалість прогулянки</b>	
600 метрів та більше	5
400-600 метрів	4
100-400 метрів	2
Менше 100 метрів	0
<b>Поверхня для прогулянки</b>	
Немає утруднення на будь-якій поверхні	5
Деякі утруднення на пересіченій місцевості, сходинках, ухилах	3
Значні утруднення або неможливість ходи на пересіченій місцевості, сходинках, ухилах	0
<b>Порушення ходи</b>	
Немає або легке	8
Помірне (хода можлива але порушення явне)	4
Помітне (хода ледве можлива і порушення явне)	0

Продовження табл. А1

<i>1</i>	<i>2</i>
<b>Сагітальні рухи (згинання та розгинання)</b>	
Нормальне або слабке обмеження (30° або більше)	8
Помірне обмеження (15–29°)	4
Значне обмеження (менше 15°)	0
<b>Об'єм рухів у задньому відділі стопи</b>	
Нормальне або слабке обмеження (75–100 %)	6
Помірне обмеження (25–74 %)	3
Значне обмеження (менше 25 %)	0
<b>Надп'яtkово-гомiлкова стабільність</b>	
Стабільна	8
Нестабільна	0
<b>Вісь стопи</b>	
Гарне склепіння, гарна вісь	10
Задовільна вісь, плосковальгусна форма стопи	5
Погана вісь, відсутнє склепіння	0

## ДОДАТОК Б

### СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

#### *Статті:*

– Корольков, А. И., **Рахман, П. М.**, & Кикош, Г. В. (2016). Подтаранный артрорез в лечении плоско-вальгусной деформации стоп: аргументы за и против (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (1), 115–123. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720161115-123>.

Особистий внесок автора полягає в аналізі літератури, оформленні статті.

– Корольков, О. І., **Рахман, П. М.**, Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Ярьсько, О. В. (2017). Дослідження напружено-деформованого стану моделі стопи в разі плоско-вальгусної деформації (повідомлення 1). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (4), 80–84. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017480-84>

Авторові належить ідея виконання дослідження, ним виконано інформаційний пошук, взято участь в аналізі результатів, оформлено статтю.

– Корольков, О. І., & **Рахман, П. М.** (2017). Результати застосування технології одномоментних багаторівневих втручань у дітей з ДЦП. *Соціальна педіатрія та реабілітологія*, 18(5), 101–106.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, проаналізовано результати.

– Korolkov, O. I., & **Rakhman, P. M.** (2018). Subtalar arthroereisis in the treatment of flat-foot deformity: the pros and the cons. *Moldavian Journal of pediatric surgery*, 1, 47–55.

Особистий внесок автора полягає у аналізі клінічного матеріалу, виконанні літературного пошуку, оформленні статті.

– Корольков, О. І., **Рахман, П. М.**, Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Ярьсько, О. В. (2018). Порівняльна характеристика напружено-деформованого стану моделі стопи до та після лікування плоско-вальгусної

деформації з використанням імплантатів для піднадп'яtkового артроерезу (повідомлення друге). *Ортопедия, травматология, протезирование*, (1), 65–72. <https://doi.org/10.15674/0030-59872018165-71>

Особистий внесок автора полягає у участі у створенні моделей плосковальгусної деформації стопи та моделюванні різних видів її лікування із застосуванням імплантатів для артроерезу піднадп'яtkового суглоба.

– Корольков, О. І., **Рахман, П. М.**, Карпінський, М. Ю., Шишка, І. В., & Ярьсько, О. В. (2018). Напружено-деформований стан моделі плосковальгусної деформації стопи за умов використання імплантатів для піднадп'яtkового артроерезу. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (3), 74–79. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872018374-79>

Особистий внесок автора полягає у участі у створенні моделей плосковальгусної деформації стопи та моделюванні різних видів її лікування із застосуванням імплантатів для артроерезу піднадп'яtkового суглоба.

– Корольков, А. И., & **Рахман, П. М.** (2018). Оценка эффективности применения технологии одномоментных многоуровневых хирургических вмешательств у детей с ДЦП. *Травма*, 19(6). 66–75. <http://dx.doi.org/10.22141/1608-1706.6.19.2018.152222>

Особистий внесок автора полягає у аналізі клінічних і рентгенологічних даних дітей, хворих на ДЦП до та після одномоментних багаторівневих хірургічних втручань та участі у лікуванні дітей, хворих на ДЦП.

– Корольков, О. І., & **Рахман, П. М.** (2020). Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на дитячий церебральний параліч дітей. *Ортопедия, травматология и протезирование*, (2), 80–88. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020280-88>

Автором взято участь у хірургічному лікуванні плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей, проаналізовано результати.

*I. Rakhman P.M., Korolkov O.I. Results of foot planovalgus deformity surgical treatment in children with cerebral paralysis // Світ медицини та*

біології. 2020. № 4 (74), с. 130-135 / DOI 10.26724/2079-8334-2020-4-74-130-135

Автором взято участь у хірургічному лікуванні плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей, проаналізовано результати.

*Патенти:*

– Корольков, А. И., **Рахман, П. М.**, & Кикош, Г. В. (2017). *Имплантат для стабілізації піднадп'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп*. Патент України на корисну модель № 113131.

Автором проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у хірургічному лікуванні хворих, аналізі результатів.

– Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & **Рахман, П. М.** (2015). *Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп*. Патент на корисну модель № 100208.

Автором проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у хірургічному лікуванні хворих, аналізі результатів.

– Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & **Рахман, П. М.** (2016). *Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп*. Нововведення. *Інформаційний бюлетень Додаток до «Журналу НАМН України»*, 41, 168–169.

Автором проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у хірургічному лікуванні хворих, аналізі результатів.

*Тези:*

– Корольков, А. И., Кикош, Г. В., & **Рахман, П. М.** (2015). Хирургическое лечение эквино-плоско-вальгусной деформации стоп у детей с ДЦП. *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми хірургії стопи»* (15-16 жовтня, pp. 45-46). Київ.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, аналізі результатів.

– Kykosh, G., Korolkov, O. I., & **Rakhman, P.** (2015). Surgical treatment of flatfoot in children with cerebral palsy (CP). *Abstracts XXV Symposium Sekcii*

*Ortopedii Dzieciecei Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego* (21-23 maja, pp. 29). Zakopane.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, аналізі результатів.

– **Рахман, П. М.**, Кикош, Г. В., & Корольков, О. І. (2016). Комплексне лікування деформацій стоп у дітей з ДЦП. *Збірник наукових праць 17 з'їзду ортопедів-травматологів України* (5-7 жовтня, pp. 109–110). Київ.

Автором взято участь у хірургічному лікуванні хворих, аналізі результатів.

– Корольков, О. І., Карпінський, М. Ю., **Рахман, П. М.**, Шишка, І. В., & Яресько, О. В. (2017). Піднадп'ятковий артроерез у лікуванні плосковальгусної деформації стоп (кінцево-елементне моделювання) // *Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю* (pp. 38–39). Приморськ.

Автором взято участь у виконанні дослідження, аналізі результатів.

– **Rakhman, P.**, & Korolkov, O. (2019). Investigation of the stress-strain state of the foot model before and after surgical treatment by different methods. *Abstracts of 38th EPOS Annual Meeting European Paediatric Orthopaedic Society* (3-6 April, pp. 38). Tel-Aviv, Israel.

Автором взято участь у виконанні дослідження, аналізі результатів).

## ДОДАТОК В

Таблиця В.1

## Список хворих №1

Список пацієнтів, які знаходились на стаціонарному лікуванні в відділенні дитячої ортопедії ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім.проф. М.І. Ситенка НАМН України».

№ з/п	П.І.Б.	№ історії хвороби
1.	Д.	92211
2.	И.	91474
3.	В.	86365
4.	З.	91899
5.	М.	90854
6.	В.	95224
7.	К.	92842
8.	Б.	92758
9.	С.	91373
10.	Б.	94545
11.	Б.	89973
12.	О.	90434
13.	И.	90436
14.	Б.	78039
15.	Н.	88157
16.	Б.	88105
17.	Х.	90075
18.	С.	80968
19.	К.	84803
20.	Г.	81848
21.	К.	84803
22.	Д.	88477
23.	Ю.	89114
24.	Б.	78039
25.	Л.	90987

Усі матеріали використані в дисертаційному дослідженні (історії хвороб, рентгенівські знімки) зберігаються в архіві ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім.проф. М.І. Ситенка НАМН України».

Головний лікар, д.мед.н.,  
професор



Вирва О.С.

Таблиця В.2

## Список хворих №2

Список пацієнтів, які знаходились на стаціонарному лікуванні в відділенні дитячої ортопедії Комунального некомерційного підприємства Харківської обласної ради «Обласна клінічна травматологічна лікарня».

№ з/п	П.І.Б.	№ історії хвороби
1.	В.	1259
2.	Д.	4315
3.	Г.	5767
4.	С.	5376
5.	Б.	0251
6.	С.	4538
7.	С.	7857
8.	Д.	3233

Усі матеріали використані в дисертаційному дослідженні (історії хвороб, рентгенівські знімки) зберігаються в архіві Комунального некомерційного підприємства Харківської обласної ради «Обласна клінічна травматологічна лікарня».

Директор КНП «ОКТЛ»



Гавриков О.Є.

## ДОДАТОК Г

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 ННМК «Університетська клініка» ХНМУ  
 Директор \_\_\_\_\_ Мальцев А.В.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 “12” *Мальцев* \_\_\_\_\_ 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Імплантат для стабілізації піднадп'яtkового суглоба у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков А.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Імплантат для стабілізації піднадп'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп // Патент України на корисну модель №113131, № заявки u 201607859, дата подання 15.07.2016, публ. 10.01.2017, Бюл. №1, патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ"; автори Корольков О.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
 дитяче ортопедичне відділення ННМК «Університетська клініка» ХНМУ

**5. Строки впровадження з 12.04. 2019 по 20.01.2021 р.**

**6. Загальна кількість спостережень – 5 пацієнтів**

**7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування імплантату для стабілізації піднадп'яtkового суглоба у процесі виконання піднадп'яtkового артролізу при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп, який завдяки анатомічній формі дозволяє попередити виникнення больового синдрому та за рахунок конструктивних особливостей знизити частоту міграції і необхідність повторних хірургічних втручань у пацієнтів, що дозволяє ранні рухи та вертикальне навантаження на 4-5 добу після втручання, а отже зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

**8. Зауваження, пропозиції:** даний імплантат необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп у дітей.

Зав. відділенням, д.мед. н. Петренко Д.Є.

Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

“12” *Мальцев* 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

ННМК «Університетська клініка» ХНМУ  
 Директор \_\_\_\_\_ Мальцев А.В.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 «12» листопада 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80**  
 Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп / Нововведення // Інформаційний бюлетень Додаток до "Журналу НАМН України", Київ-2016р.- Вип.41.- с.168-169.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
 дитяче ортопедичне відділення ННМК «Університетська клініка» ХНМУ

**5. Строки впровадження з 12.04. 2018 по 10.01.2021 р.**

**6. Загальна кількість спостережень – 8 пацієнтів**

**7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування «Способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп» дозволяє визначити стан стоп, ступінь їх деформації з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, що дає можливість прийняти обгрунтоване рішення щодо показів до того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.

**8. Зауваження, пропозиції:** спосіб необхідно активно впроваджувати та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, д.мед. н. Петренко Д.Є.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)«12» листопада 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 ННМК «Університетська клініка» ХНМУ  
 Директор \_\_\_\_\_ Мальцев А.В.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 «12» лютого 2021 р.



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков О.І., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедия, травматология, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження  
 дитяче ортопедичне відділення ННМК «Університетська клініка» ХНМУ

5. Строки впровадження з 12.01. 2020 по 10.01.2021 р.

6. Загальна кількість спостережень – 9 пацієнтів.

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією..

8. Зауваження, пропозиції: дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав відділенням, д.мед. н. Петренко Д.Є.

Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

«12» лютого 2021 р.




  
**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 Директор КНП ХОР «ОКТЛ» Гавриков О.С.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 «10» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.**  
(назва пропозиції для впровадження)
2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М.  
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)
3. **Джерело інформації:** Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп / Нововведення // Інформаційний бюлетень Додаток до "Журналу НАМН України", Київ-2016р.- Вип.41.- с.168-169.  
(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)
4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
дитяче ортопедичне відділення КНП ХОР «Харківська обласна клінічна травматологічна лікарня»
5. **Строки впровадження** з 12.04. 2018 по 10.01.2021 р.
6. **Загальна кількість спостережень** – 27 пацієнтів
7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування «Способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп» дозволяє визначити стан стоп, ступінь їх деформації з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, що дає можливість прийняти обгрунтоване рішення щодо показів до того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.
8. **Зауваження, пропозиції:** спосіб необхідно активно впроваджувати та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, д.м.н. Зеленецький І.Б.



«10» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор КНП ХОР «ОКТЛ»  
керівник установи, в якій проведено впровадження

«10» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Гавриков О.С.



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плоскостопної деформації стопи у дітей з ДЦП.  
(назва пропозиції для впровадження)
2. ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Рахман П.М.  
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)
3. **Джерело інформації:** Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плоскостопної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедія, травматологія, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88  
(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)
4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ».
5. **Строки впровадження** з 12.01. 2020 по 10.09.2020 р.
6. **Загальна кількість спостережень** – 9 пацієнтів.
7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плоскостопної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією.
8. **Зауваження, пропозиції:** дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, д.м.н. Зеленський І.Б.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

«10» \_\_\_\_\_ 2020 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ  
 КП «Дніпропетровський спеціалізований клінічний медичний центр  
 матері та дитини ім. М.Ф. Руднева» ДОР  
 Генеральний директор: к.мед.н., проф. Македонський І.О.  
 Керівник відділу: к.мед.н., проф. Руденко В.В. у якій проведено впровадження



2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Імплантат для стабілізації піднап'яtkового суглоба у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков А.И., Рахман П.М., Кикош Г.В.**

(установа-розробник; її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Імплантат для стабілізації піднап'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп // Патент України на корисну модель №113131, № заявки у 201607859, дата подання 15.07.2016, публ. 10.01.2017, Бюл. №1, патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ"; автори Корольков О.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
 дитяче ортопедичне відділення КЗ «Дніпропетровський спеціалізований медичний центр матері та дитини ім. М.Ф. Руднева» ДОР

**5. Строки впровадження з 12.04.2019 по 20.01.2021 р.**

**6. Загальна кількість спостережень – 5 пацієнтів**

**7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування імплантату для стабілізації піднап'яtkового суглоба у процесі виконання піднап'яtkового артролізу при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп, який завдяки анатомічній формі дозволяє попередити виникнення больового синдрому та за рахунок конструктивних особливостей знизити частоту міграції і необхідність повторних хірургічних втручань у пацієнтів, що дозволяє ранні рухи та вертикальне навантаження на 4-5 добу після втручання, а отже зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

**8. Зауваження, пропозиції:** даний імплантат необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп у дітей.

Зав. відділенням, к.мед.н. Єршов Д.В.



Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

“ 19 ” 02 2021 р.

ПІДТВЕРДЖУЮ  
 КП «Дніпропетровський спеціалізований клінічний медичний центр  
 ім. М.Ф. Руднева» ДОР  
 Генеральний директор проф. Македонський І.О.  
 Керівник відділення

« 19 » лютого 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

### 1. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.

(назва пропозиції для впровадження)

### 2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80 Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

### 3. Джерело інформації: Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп / Нововведення // Інформаційний бюлетень Додаток до "Журналу НАМН України", Київ-2016р.- Вип.41.- с.168-169.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

### 4. Найменування установи, яка здійснила впровадження дитяче ортопедичне відділення КЗ «Дніпропетровський спеціалізований медичний центр матері та дитини ім. М.Ф. Руднева» ДОР

### 5. Строки впровадження з 12.04.2018 по 10.01.2021 р.

### 6. Загальна кількість спостережень – 6 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування «Способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп» дозволяє визначити стан стоп, ступінь їх деформації з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, що дає можливість прийняти обгрунтоване рішення щодо показів до того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.

8. Зауваження, пропозиції: спосіб необхідно активно впроваджувати та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, к.мед.н. Єринов Д.В.



Відповідальна за впровадження особа  
 (прізвище, ім'я, по-батькові; прізвище, ініціали)

« 19 » лютого 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 КЗ «Дніпропетровський спеціалізований медичний центр матері та дитини ім. М.Ф. Руднева» ДОР  
 Генеральний директор \_\_\_\_\_ проф. Македонський І.О.  
 керівник установи \_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_ 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП.  
 (назва пропозицій для впровадження)
2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкіньська, 80  
 Корольков О.І., Рахман П.М.  
 (установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)
3. Джерело інформації: Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедія, травматологія, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88  
 (назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)
4. Найменування установи, яка здійснила впровадження  
 КЗ «Дніпропетровський спеціалізований медичний центр матері та дитини ім. М.Ф. Руднева» ДОР
5. Строки впровадження з 12.01. 2020 по 10.01.2021 р.
6. Загальна кількість спостережень – 9 пацієнтів.
7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією.
8. Зауваження, пропозиції: дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, к.мед.н. Єршов Д.В.

Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, прізвище, ініціали)



“ 19 ” 02 2021 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 УкрНДІ протезування, протезобудування  
 та відновлення працездатності  
 Директор \_\_\_\_\_ Салієва А.Д.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 "18" \_\_\_\_\_ 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

### 1. Імплантат для стабілізації піднад'яtkового суглоба у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков А.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Імплантат для стабілізації піднад'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп // Патент України на корисну модель №113131, № заявки u 201607859, дата подання 15.07.2016, публ. 10.01.2017, Бюл. №1, патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ"; автори Корольков О.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
 відділення комплексної реабілітації, первинного та складного протезування та ортезування дітей УкрНДІ протезування, протезобудування та відновлення працездатності

5. **Строки впровадження** з 12.04. 2019 по 20.01.2021 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 5 пацієнтів

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна)  
 застосування імплантату для стабілізації піднад'яtkового суглоба у процесі виконання піднад'яtkового артролізу при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп, який завдяки анатомічній формі дозволяє попередити виникнення болювого синдрому та за рахунок конструктивних особливостей знизити частоту міграцій і необхідність повторних хірургічних втручань у пацієнтів, що дозволяє ранні рухи та вертикальне навантаження на 4-5 добу після втручання, а отже зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. **Зауваження, пропозиції:** даний імплантат необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп у дітей.

Зав. відділенням, к.мед.н. Петров В.Г.



Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

"18" \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 УкрНДІ протезування, протезобудування  
 та відновлення працездатності  
 Директор *Салсєва А.Д.*  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 "18" *Салсєва А.Д.* 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

### 1. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп / Нововведення // Інформаційний бюлетень Додаток до "Журналу НАМН України", Київ-2016р.- Вип.41.- с.168-169.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження відділення комплексної реабілітації, первинного та складного протезування та ортезування дітей УкрНДІ протезування, протезобудування та відновлення працездатності

5. Строки впровадження з 12.04.2018 по 10.01.2021 р.

6. Загальна кількість спостережень – 6 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування «Способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп» дозволяє визначити стан стоп, ступінь їх деформації з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, що дає можливість прийняти обгрунтоване рішення щодо показів до того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.

8. Зауваження, пропозиції: спосіб необхідно активно впроваджувати та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, к.мед.н. Петров В.Г.



Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

"18" *02* 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
УкрНДІ протезування, протезобудування  
та відновлення працездатності  
Директор \_\_\_\_\_ Салісна А.Д.  
керівник установи, в якій проведено впровадження  
"8" \_\_\_\_\_ 2021 р.



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедія, травматологія, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження** відділення комплексної реабілітації, первинного та складного протезування та ортезування дітей УкрНДІ протезування, протезобудування та відновлення працездатності

5. **Строки впровадження** з 12.01. 2020 по 10.01.2021 р.

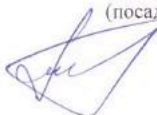
6. **Загальна кількість спостережень** – 9 пацієнтів.

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією..

8. **Зауваження, пропозиції:** дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням, к.мед.н Петров В.Г.



"18" 02 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор  
КНП ЛОР «ЛОДКЛ» ОХМАТДИТ»

к. мед. н. Бурда О.Й.  
керівник установи, в якій проведено впровадження

“25” 03 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

### 1. Імплантат для стабілізації піднад'яткового суглоба у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков А.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(установа-розробник, її поштова адреса, прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Імплантат для стабілізації піднад'яткового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп // Патент України на корисну модель №113131, № заявки у 201607859, дата подання 15.07.2016, публ. 10.01.2017, Бюл. №1, патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ"; автори Корольков О.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

### 4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

дитяче ортопедичне відділення КНП ЛОР ЛОДКЛ «ОХМАТДИТ».

### 5. Строки впровадження з 12.04. 2019 по 20.01.2021 р.

### 6. Загальна кількість спостережень – 5 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування імплантату для стабілізації піднад'яткового суглоба у процесі виконання піднад'яткового артролізу при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп, який завдяки анатомічній формі дозволяє попередити виникнення больового синдрому та за рахунок конструктивних особливостей знизити частоту міграцій і необхідність повторних хірургічних втручань у пацієнтів, що дозволяє ранні рухи та вертикальне навантаження на 4-5 добу після втручання, а отже зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний імплантат необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп у дітей.

Зав. відділенням Кузьо З.Т.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

“25” 03 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор  
КНП ЛОР «ЛОДКЛ» ОХМАТДИТ»К. мед. н. Бурда О.Й.  
керівник установи, в якій проведено впровадження

" 25 " 03 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80**  
Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп / Нововведення // Інформаційний бюлетень Додаток до "Журналу НАМН України", Київ-2016р.- Вип.41.- с.168-169.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження** дитяче ортопедичне відділення КНП ЛОР ЛОДКЛ «ОХМАТДИТ».**5. Строки впровадження з 12.04. 2018 по 10.01.2021 р.****6. Загальна кількість спостережень – 27 пацієнтів****7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування «Способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп» дозволяє визначити стан стоп, ступінь їх деформації з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, що дає можливість прийняти обгрунтоване рішення щодо показів до того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.**8. Зауваження, пропозиції:** спосіб необхідно активно впроваджувати та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням Кузьо З.Т.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

" 25 " 03 2021 р.


 ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Директор  
 КНП ЛОР «ЛОДКЛ» ОХМАТДИТ»  
 мед. н. Бурда О.Й.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 « 25 » 03 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Рахман П.М.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедия, травматология, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
дитяче ортопедичне відділення КНП ЛОР ЛОДКЛ «ОХМАТДИТ».

**5. Строки впровадження з 12.01.2020 по 10.09.2020 р.**

**6. Загальна кількість спостережень – 9 пацієнтів.**

**7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією..

**8. Зауваження, пропозиції:** дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, Кузьо З.Т.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

« 25 » 03 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 В.о. директора, заступник директора  
 з організаційно-методичної роботи  
 КП « ДМКД ПМР »  
 І. САВЧЕНКО  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 « 16 » 02 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

### 1. Імплантат для стабілізації піднадп'яtkового суглоба у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ « ПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ » Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков А.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Імплантат для стабілізації піднадп'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп // Патент України на корисну модель №113131, № заявки у 201607859, дата подання 15.07.2016, публ. 10.01.2017, Бюл. №1, патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ"; автори Корольков О.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження  
 дитяче ортопедо-травматологічне відділення КП «Дитяча міська клінічна лікарня Полтавської міської ради »

5. Строки впровадження з 12.04. 2019 по 10.01.2021 р.

6. Загальна кількість спостережень – 5 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)  
 застосування імплантату для стабілізації піднадп'яtkового суглоба у процесі виконання піднадп'яtkового артроерезу при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп, який завдяки анатомічній формі дозволяє попередити виникнення больового синдрому та за рахунок конструктивних особливостей знизити частоту міграцій і необхідність повторних хірургічних втручань у пацієнтів, що дозволяє ранні рухи та вертикальне навантаження на 4-5 добу після втручання, а отже зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний імплантат необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп у дітей.

Зав. відділенням, Боскін Г.Л.

« 16 » 02 2021 р.

Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. директора, заступник директора  
з організаційно-методичної роботи  
КП «ДМЖЛ ПМР»

**Л. САВЧЕНКО**  
керівник установи в якій проведено впровадження

2021 р.  
ПОЛТАВСЬКОЇ  
МІСЬКОЇ РАДИ  
ІДЕНТИФІКАЦІЙНИЙ  
КОД  
01999684

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ \*

**1. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80**  
Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп / Нововведення // Інформаційний бюлетень Додаток до "Журналу НАМН України", Київ-2016р.- Вип.41.- с.168-169.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження**

дитяче ортопедо-травматологічне відділення КП «Дитяча міська клінічна лікарня Полтавської міської ради»

**5. Строки впровадження з 12.04. 2018 по 10.01.2021 р.**

**6. Загальна кількість спостережень – 8 пацієнтів**

**7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування «Способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп» дозволяє визначити стан стоп, ступінь їх деформації з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, що дає можливість прийняти обгрунтоване рішення щодо показів до того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.

**8. Зауваження, пропозиції:** спосіб необхідно активно впроваджувати та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, Боскін Г.Л.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

“16” 02 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. директора, заступник директора  
з організаційно-методичної роботи  
КП «ДМКЛ ЦМР»

**Л. САВЧЕНКО**  
керівник установи, в якій проведено впровадження

\_\_\_\_\_ 2021 р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП.  
(назва пропозиції для впровадження)
2. ДУ «ПІХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Рахман П.М.  
(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)
3. **Джерело інформації:** Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедія, травматологія, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88  
(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)
4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
дитяче ортопедо-травматологічне відділення КП «Дитяча міська клінічна лікарня Полтавської міської ради»
5. **Строки впровадження** з 12.01. 2020 по 10.01.2021 р.
6. **Загальна кількість спостережень** – 9 пацієнтів.
7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією..
8. **Зауваження, пропозиції:** дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, Боскін Г.Л.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

“16” 02 2021 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 КНП «Чернігівська обласна дитяча лікарня» ЧОР  
 Директор Карета О.П.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження  
 «12 лютого» 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

### 1. Імплантат для стабілізації піднад'яtkового суглоба у процесі лікування плоско - вальгусної деформації стоп.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков А.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Імплантат для стабілізації піднад'яtkового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп // Патент України на корисну модель №113131, № заявки u 201607859, дата подання 15.07.2016, публ. 10.01.2017, Бюл. №1, патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ"; автори Корольков О.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.  
 (назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

### 4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

КНП «Чернігівська обласна дитяча лікарня» ЧОР ортопедо - травматологічне відділення

### 5. Строки впровадження з 12.04. 2019 по 20.01.2021 р.

6. Загальна кількість спостережень – 5 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування імплантату для стабілізації піднад'яtkового суглоба у процесі виконання піднад'яtkового артролізу при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп, який завдяки анатомічній формі дозволяє попередити виникнення больового синдрому та за рахунок конструктивних особливостей знизити частоту міграцій і необхідність повторних хірургічних втручань у пацієнтів, що дозволяє ранні рухи та вертикальне навантаження на 4-5 добу після втручання, а отже зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний імплантат необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях у процесі лікування плоско - вальгусної деформації стоп у дітей.

Зав. відділенням, к.мед.н. Люткевич М.І.

Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

«12» 02 2021 р.





ЗАТВЕРДЖУЮ

КНП «Чернігівська обласна дитяча лікарня» ЧОР  
 Директор Харченко Карета О.П.  
 керівник установи, в якій проведено впровадження

«12» листопада 2021 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плоско - вальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
 Корольков О.І., Рахман П.М.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедія, травматологія, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження**

КНП «Чернігівська обласна дитяча лікарня» ЧОР ортопедо - травматологічне відділення

**5. Строки впровадження з 12.01.2020 по 10.01.2021 р.**

**6. Загальна кількість спостережень – 9 пацієнтів.**

**7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією..

**8. Зауваження, пропозиції:** дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо - травматологічних відділеннях.

Зав відділенням, к.мед.н. Люткевич М.І.

Відповідальна за впровадження особа  
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

«12» 02 2021 р.



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

керівник установи, в якій проведено впровадження

“ ” 2021 р.



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**1. Імплантат для стабілізації піднадп'яткового суглоба у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп.**

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков А.И., Рахман П.М., Кикош Г.В.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

**3. Джерело інформації:** Імплантат для стабілізації піднадп'яткового суглоба при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп // Патент України на корисну модель №113131, № заявки у 201607859, дата подання 15.07.2016, публ. 10.01.2017, Бюл. №1, патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ"; автори Корольков О.І., Рахман П.М., Кикош Г.В.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

**4. Найменування установи, яка здійснила впровадження**

дитяче ортопедичне відділення ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМНУ».

**5. Строки впровадження з 12.04. 2016 по 20.01.2018 р.**

**6. Загальна кількість спостережень – 3 пацієнта**

**7. Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування імплантату для стабілізації піднадп'яткового суглоба у процесі виконання піднадп'яткового артролізу при лікуванні плоско-вальгусної деформації стоп, який завдяки анатомічній формі дозволяє попередити виникнення больового синдрому та за рахунок конструктивних особливостей знизити частоту міграцій і необхідність повторних хірургічних втручань у пацієнтів, що дозволяє ранні рухи та вертикальне навантаження на 4-5 добу після втручання, а отже зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

**8. Зауваження, пропозиції:** даний імплантат необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях у процесі лікування плоско-вальгусної деформації стоп у дітей.

Зав. відділенням, к.м.н. Басв В.В.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

“22” 04 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

керівник установи, в якій проведено впровадження

“ ” 2021 р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Алгоритм вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Корольков О.І., Рахман П.М. Результати лікування мобільної плосковальгусної деформації стоп у хворих на ДЦП дітей // Ортопедия, травматология, протезирование, №2 (619), - 2020, - С. 80-88 DOI: 10.15674/0030-59872020280-88

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження** дитяче ортопедичне відділення ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ».

5. **Строки впровадження** з 12.01. 2016 по 10.09.2019 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – 5 пацієнтів.

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування алгоритму вибору варіанту хірургічного лікування плосковальгусної деформації стопи у дітей з ДЦП, з урахуванням віку, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, дає можливість одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів з цією патологією..

8. **Зауваження, пропозиції:** дані алгоритми необхідно впровадити та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням, к.м.н. Басв В.В.

“22” 04 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

керівник установи, в якій проведено впровадження

“ ” 2021 р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Кінцево-елементна модель стопи при її плоско-вальгусній деформації.  
(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М., Карпінський М.Ю., Шишка І.В.,  
Яресько О.В.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Корольков О.І., Рахман П.М., Карпінський М.Ю.,  
Шишка І.В., Яресько О.В. Дослідження напружено-деформованого стану  
моделі стопи при плоско-вальгусній деформації (повідомлення перше) //  
Ортопедия, травматология, протезирование, №4 (609) - 2017, С. 80-84. DOI:  
<http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872017480-84>

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
дитяче ортопедичне відділення ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ».

5. **Строки впровадження** з 12.11. 2016 по 10.05.2018 р.

6. **Загальна кількість спостережень** – досліджено 12 моделей стоп у  
процесі виконання різних хірургічних втручань.

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна)  
застосування кінцево-елементної моделі стоп при її плоско-вальгусній  
деформації дозволяє визначити місця підвищення рівня напружень в  
елементах кісткового скелету стопи, а результати моделювання корекції  
плосковальгусної деформації стопи за допомогою різноманітних втручань  
показали, що усі варіанти, які аналізувалися, призводять до різного ступеню  
нормалізації розподілу механічних напружень в кісткових елементах моделі.  
Проведені дослідження дають змогу обґрунтоване рішення щодо показів до  
того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати  
кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** дану кінцево-елементну модель стоп  
необхідно впровадити та використовувати у процесі наукових досліджень у  
випадках різноманітної патології стоп та моделюванні різних варіантів  
хірургічних втручань.

Зав. відділенням, к.м.н. Басв В.В.

Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

“ 22 ” 04 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

керівник установи, в якій проведено впровадження

“ ” 2021 р.



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

### 1. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80  
Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. **Джерело інформації:** Корольков О.І., Кикош Г.В., Рахман П.М. Спосіб комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп / Нововведення // Інформаційний бюлетень Додаток до "Журналу НАМН України", Київ-2016р.- Вип.41.- с.168-169.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. **Найменування установи, яка здійснила впровадження**  
дитяче ортопедичне відділення ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ».

5. Строки впровадження з **12.04. 2017 по 10.05.2018 р.**

6. **Загальна кількість спостережень – 14 пацієнтів**

7. **Ефективність впровадження** (клінічна, наукова, соціальна, економічна) застосування «Способу комплексної оцінки анатомо-функціональних порушень стоп» дозволяє визначити стан стоп, ступінь їх деформації з урахуванням віку дитини, рівня розвитку великих моторних функцій, структурно-функціональних змін стопи, що дає можливість прийняти обґрунтоване рішення щодо показів до того чи іншого хірургічного втручання та у кінцевому рахунку - одержати кращі анатомічні та функціональні результати лікування пацієнтів.

8. **Зауваження, пропозиції:** спосіб необхідно активно впроваджувати та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, к.м.н. Баєв В.В.



Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

“ 22 ” 04 2021 р.