

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КАЦАЛАП ЄЛИЗАВЕТА СЕРГІЇВНА

УДК: 616.718.4-001.5-053.88/.9-089.12/.843

ДИСЕРТАЦІЯ

КОМПЛЕКСНЕ ХІРУРГІЧНЕ ЛІКУВАННЯ УРОДЖЕНОГО
ПСЕВДОАРТРОЗУ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ У ДІТЕЙ
(ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛІНІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Галузь знань 22 «Охорона здоров'я»
за спеціальністю 222 «Медицина»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

_____ Є.С. Кацалап
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник: Корж Микола Олексійович
доктор медичних наук, професор

Харків – 2024

АНОТАЦІЯ

Кацалан Є.С. Комплексне хірургічне лікування уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки у дітей (експериментально-клінічне дослідження). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 «Медицина» (галузь знань 22 «Охорона здоров'я»).– Харківський національний медичний університет, Харків, 2024.

Дисертація присвячена вивченню результатів хірургічного лікування уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки (УПВГК), біомеханічному моделюванню різних способів хірургічного лікування УПВГК, експериментальному обґрунтуванню оптимальної методики хірургічного лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки із використанням техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони псевдоартрозу та комбінованою інтрамедулярною і зовнішньою позавогнищевою фіксацією кісток гомілки для лікування УПВГК у дітей.

Аналіз сучасної літератури показав відсутність єдиного підходу, щодо питання хірургічного лікування УПВГК у дітей, це свідчить про те, що зазначена патологія є однією із найскладніших проблем сучасної дитячої ортопедії. Це обумовлено недостатньою ефективністю існуючих методів лікування цих пацієнтів, високим відсотком ускладнень (до 80 %) і необхідністю багаторазових повторних хірургічних втручань для досягнення зрощення у зоні втручання та корекції додаткових супутніх деформацій кінцівки.

В літературі описана велика кількість методик хірургічного лікування такої групи пацієнтів та їх різноманітних модифікацій, що використовуються для лікування УПВГК у дітей. Клінічні дослідження результатів хірургічного лікування УПВГК у дітей, описані в літературі, як правило, мають ретроспективний характер та є малочисельними. Порівняння ефективності зазначених досліджень є ускладненим, через відсутність уніфікованої

класифікації та методик хірургічного лікування УПВГК у дітей, а також внаслідок того, що автори використовують різні клініко-рентгенологічні критерії оцінки результатів лікування. Узагальнено, хірургічне лікування УПВГК у дітей передбачає ревізію зони незрощення з резекцією патологічно зміненої кісткової тканини та окістя, з наступною кістковою аутопластиком в зоні резекції та фіксацією кісткових фрагментів внутрішніми металофіксаторами різної модифікації (пластини, інтрамедулярні стрижні, чи їх комбінація), або позавогнищевою фіксацією у апаратах зовнішньої фіксації. До інших, більш складних модифікацій хірургічного лікування відносять мікрохірургічні методики, при яких виконують кісткову аутопластику зони резекції патологічно змінених кісток вільним аутотрансплантатом малогомілкової кістки на судинній ніжці. При цьому ефективність лікування, що визначається досягненням первинного зрощення значущо відрізняється, становлячи за даними різних авторів від 37 % до 100 %.

Проведений аналітичний огляд літератури дозволив визначити основні сучасні аспекти розвитку проблеми хірургічного лікування УПВГК у дітей. Серед головних питань, які продовжують активно досліджуватись та вдосконалюватись, залишаються розробка нових методик хірургічного лікування, розробка нових способів та засобів фіксації кісток при лікуванні УПВГК. Іншими пріоритетними напрямками світових досліджень є визначення чинників, що сприяють первинному зрощенню та факторів ризику повторних переломів та рецидивів після зрощення, а також розробка нових методик кісткової пластики при хірургічному лікуванні УПВГК.

Аналіз власного клінічного матеріалу із оцінкою результатів хірургічного лікування УПВГК у дітей проведеного на базі відділення дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф М.І.Ситенка НАМН України», показав, що для хірургічного лікування використовувались 3 методики, що принципово вирізнялись способом фіксації кісткових фрагментів кісток гомілки: 1) апаратами зовнішньої фіксації (АЗФ); 2) оригінальним

інтрамедулярним телескопічним фіксатором (ІТФ), розробленим у ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка; 3) комбінованою технікою інтрамедулярним телескопічним фіксатором та зовнішньою позавогнищевою фіксацією (тобто ІТФ та АЗФ).

Під час виконання ретроспективного аналізу історій хвороб 23 пацієнтів, яким проводилось хірургічне лікування УПВГК в клініці дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України», визначені епідеміологічні характеристики (вік, стать), найбільш характерні локалізації УПВГК та їх типи відповідно до класифікації Dr. Paley, також визначені характерні особливості розвитку та формування ураженої кінцівки та безпосередньо гомілки у дітей до та після хірургічного лікування УПВГК. Виявлено, що найбільш типовими диспластичними проявами розвитку кінцівки є вальгусна деформація колінного (відзначена у 93,3 % пацієнтів) та гомілковостопного суглобу (96,7 %), середнє вкорочення гомілки та стопи складало (5 ± 2) см.

Хірургічне лікування УПВГК у дітей передбачало ревізію зони псевдоартрозу великогомілкової кістки, із видаленням патологічних змінених м'яких тканин між фрагментами великогомілкової кістки і наступним виконанням фіксації кісткових фрагментів одним з 3х способів зазначених вище.

У всіх пацієнтів додатково виконувалась кісткова аутопластика у зоні патологічного процесу. Аналіз пацієнтів досліджуваної клінічної групи, показав їх значну гетерогенність, серед 15 пацієнтів 7 дітей були повторно прооперовані зі зміною методики, через відсутність первинної консолідації у зоні УПВГК після попередньо виконаного хірургічного втручання, зазначені випадки були включені клінічний аналіз.

Ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування УПВГК у досліджуваній групі дітей показав різну ефективність застосованих методик, так при використанні хірургічної методики із фіксацією у апараті зовнішньої фіксації (АЗФ), відсоток первинного зрощення сягає 50 %, при використанні

металокісткової аутопластики сегментарного дефекту, що продемонструвало позитивні зміни, які виражались у зниженні напружень на кінцях кісток проксимального та дистального фрагментів гомілки у зоні «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони ураження при використанні сітки в 2–3 рази.

В експерименті виконано комп'ютерно томографічну оцінку об'єму та щільності кортикально-губчатих трансплантатів при виконанні стандартної вільної кісткової аутопластики та запропонованої «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту з застосуванням комбінованої фіксації кісток гомілки (LCP-пластиною та інтрамедулярним фіксатором). Продемонстровано зменшену швидкість резорбції кісткових трансплантатів при використанні «обгорнутої» металокісткової аутопластики з використанням титанової сітки та комбінованої фіксації (інтрамедулярний фіксатор та пластина), у порівнянні до стандартної вільної кісткової аутопластики.

Розроблений алгоритм комплексного хірургічного лікування уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки, який враховує локалізацію псевдоартрозу, наявність та особливості супутнього ураження малогомілкової кістки, і передбачає диференційований підхід до вибору фіксації кісток гомілки, із використанням запропонованої методики "обгорнутої" металокісткової аутопластики із титановою сіткою.

Клінічна апробація розробленого комплексного лікування уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки підтвердила ефективність запропонованої методики у трьох пацієнтів, де було отримано первинну консолідацію із досягненням тібіофібулярного синостозу.

Таким чином, представлена автором дослідницька дисертаційна робота складалась з шести розділів: 1) аналітичного огляду сучасної літератури, присвяченої УПВГК у дітей; 2) опису матеріалів та методів використаних в процесі роботи; 3) розділу з аналізом власного клінічного матеріалу, що передбачало ретроспективну оцінку результатів хірургічного лікування

УПВГК у дітей з власної досліджуваної групи, із аналізом найчастіших ускладнень та їх причин, і оцінку анатомічних особливостей формування ураженої кінцівки; 4) розділу математичного модулювання та біомеханічних досліджень, що включав розробку математичної моделі УПВГК із дослідженням напружено-деформованого її стану при використанні різних металофіксаторів та методик лікування УПВГК; 5) експериментального розділу, що передбачав томографічну (КТ) оцінку щільності та об'єму кісткових трансплантатів при використанні різних методик кісткової пластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки в умовах комбінованого остеосинтезу; 6) розділу присвяченого обґрунтуванню оригінального ІТФ та методики «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони УПВГК для хірургічного лікування УПВГК у дітей та створення алгоритму хірургічного лікування УПВГК у дітей.

Ключові слова: уроджений псевдоартроз великогомілкової кістки, хірургічне лікування, кісткова аутопластика, інтрамедулярний телескопічний фіксатор, математичне моделювання.

ABSTRACT

Katsalap Ye.S. Complex surgical treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia in children (experimental and clinical study). – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 222 "Medicine" (22 "Health care"). – Kharkiv National Medical University, Kharkiv, 2024.

The dissertation is devoted to the study of the results of surgical treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia, biomechanical modeling of various methods of surgical treatment of tibial pseudarthrosis, experimental substantiation of the optimal method of surgical treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia using the technique of "wrapped" metal-bone autoplasty of the pseudarthrosis zone and combined intramedullary and external extrafocal bone fixation shins for the treatment of CPT in children.

The analysis of modern literature showed the lack of a single approach to the issue of surgical treatment of CPT in children, which indicates that this pathology is one of the most complex problems of modern pediatric orthopedics. This is due to the insufficient effectiveness of the existing methods of treatment of these patients, a high percentage of complications (up to 80 %) and the need for multiple repeated surgical interventions to achieve fusion in the area of intervention and correction of additional concomitant limb deformities.

The literature describes a large number of methods of surgical treatment of this group of patients and their various modifications, which are used for the treatment of CPT in children. Clinical studies of the results of surgical treatment of CPT in children, described in the literature, are usually retrospective in nature and are small in number. Comparison of the effectiveness of these studies is complicated due to the lack of a unified classification and methods of surgical treatment of CPT in children, as well as due to the fact that the authors use different clinical and radiological criteria for evaluating the results of treatment. In general, surgical treatment of CPT in children involves revision of the zone of

nonunion with resection of pathologically changed bone tissue and periosteum, followed by bone autoplasty in the resection zone and fixation of bone fragments with internal metal fixators of various modifications (plates, intramedullary rods, or their combination), or extrafocal fixation in external fixation devices. Other, more complex modifications of surgical treatment include microsurgical techniques, in which bone autoplasty of the resection zone of pathologically changed bones is performed with a free fibula autograft on a vascular pedicle. At the same time, the effectiveness of the treatment, which is determined by the achievement of primary fusion, differs significantly, ranging from 37 % to 100 % according to various authors.

The analytical review of the literature made it possible to determine the main modern aspects of the development of the problem of surgical treatment of CPT in children. Among the main issues that continue to be actively researched and improved are the development of new methods of surgical treatment, the development of new methods and means of bone fixation in the treatment of CPT. Other priority areas of global research are the determination of factors contributing to primary union and risk factors for repeated fractures and relapses after union, as well as the development of new methods of bone plastic surgery in the surgical treatment of CPT.

Analysis of own clinical material with evaluation of the results of surgical treatment of CPT in children conducted on the basis of the Department of Pediatric Orthopedics of the Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine showed that 3 methods were used for surgical treatment, which were fundamentally distinguished by the method of fixation of bone fragments of the bones of the lower leg: 1) external fixation devices; 2) the original intramedullary telescopic rod (ITR), developed at the Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine; 3) combined technique of intramedullary telescopic rod and external extrafocal fixation.

During the retrospective analysis of the medical histories of 23 patients who underwent surgical treatment of CPT in the the Department of Pediatric

Orthopedics of the Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, defined epidemiological characteristics (age, sex), the most characteristic localizations of CPT and their types according to the classification of Dr. Paley, characteristic features of the development and formation of the affected limb and directly the lower leg in children before and after surgical treatment of CPT were also determined. It was found that the most typical dysplastic manifestations of limb development are valgus deformity of the knee (noted in 93.3 % of patients) and ankle joint (96.7 %), the average shortening of the leg and foot was (5 ± 2) cm.

Surgical treatment of CPT in children involved revision of the area of pseudoarthrosis of the tibia, with the removal of pathologically altered soft tissues between the fragments of the tibia and subsequent fixation of the bone fragments by one of the 3 methods indicated above. All patients additionally underwent bone autoplasty in the area of the pathological process. The analysis of patients of the studied clinical group showed their significant heterogeneity, among 15 patients, 7 children were re-operated on with a change in the technique, due to the lack of primary consolidation in the CPT area after the previously performed surgical intervention, these cases were included in the clinical analysis.

A retrospective analysis of the results of surgical treatment of CPT in the studied group of children showed different effectiveness of the applied methods, for example, when using a surgical technique with fixation in an external fixation device, the percentage of primary fusion reaches 50 %, when using an intramedullary telescopic rod for fixation – 66.7 %, and in cases of using the technique of combined osteosynthesis, primary fusion was achieved in 85.7 % of cases. Complications arising from the use of the three indicated different methods of surgical treatment of surgical treatment of CPT in children were analyzed.

Among the most frequent complications were non-union – in 40 % of patients or delayed union, fractures of the tibia bones and violation of the integrity of the elements of metal fasteners – in 33 % of cases, the so-called "failure of the fixator". The direct causes of these complications that were found are the gradual

resorption of bone autografts with thinning of the area of the regenerated tibia at the level of intervention, which was noted in 36.4 % of patients, lack of sufficient contact of bone fragments of the tibia, which was determined in 41.6 % of patients. This became one of the factors justifying the need to create a surgical treatment algorithm, which would include an assessment of the localization of pseudarthrosis and the presence of a concomitant lesion of the fibula bone, as well as the need to improve the technique of bone autoplasty of the surgical intervention area, after resection of pathologically changed bones of the lower leg.

In order to analyze the biomechanical properties of various methods of fixing the bones of the lower leg, a mathematical model of CPT in children was created, and a comparative analysis of the stress-deformed state of the bones of the lower leg in the presence of pseudarthrosis and under the conditions of performing various methods of surgical treatment of this pathology was carried out.

The expediency of using ITR with rotational stability for surgical treatment of CPT in children is biomechanically substantiated. The optimal methods of fixation of the bones of the lower legs in case of CPT of different localization have been determined. A new ITR with rotational stability was developed for the surgical treatment of CPT in children, and its clinical approval was performed. A biomechanical simulation of the method of surgical treatment of CPT was carried out, using ITR and the technique of "wrapped" metal-bone autoplasty of the segmental defect, which demonstrated positive changes, which were expressed in the reduction of stresses at the ends of the bones of the proximal and distal fragments of the lower leg in the area of "wrapped" metal-bone autoplasty of the lesion area when using mesh 2–3 times.

In the experiment, a computed tomographic assessment of the volume and density of cortical cancellous grafts was performed during standard free bone autoplasty and the proposed "wrapped" metal-bone autoplasty of a segmental defect using combined fixation of the tibia bones (LCP plate and intramedullary fixator). A reduced rate of resorption of bone grafts has been demonstrated when

using "wrapped" metal-bone autoplasty using titanium mesh and combined fixation (intramedullary fixator and plate), compared to standard free bone autoplasty.

An algorithm for the complex surgical treatment of congenital pseudarthrosis of the tibial bone has been developed, which takes into account the localization of pseudarthrosis, the presence and features of concomitant damage to the fibula bone, and provides a differentiated approach to the selection of fixation of the bones of the tibia, using the proposed technique of "wrapped" metal-bone autoplasty with a titanium mesh.

The clinical approbation of the developed complex treatment of CPT confirmed the effectiveness of the proposed technique in three patients, where primary consolidation was obtained with the achievement of tibiofibular synostosis.

Thus, the research dissertation presented by the author consisted of six sections: 1) an analytical review of modern literature devoted to CPT in children; 2) description of materials and methods used in the work process; 3) a section with an analysis of own clinical material, which included a retrospective evaluation of the results of surgical treatment of CPT in children from the own study group, with an analysis of the most frequent complications and their causes, and an evaluation of the anatomical features of the formation of the affected limb; 4) the section of mathematical modulation and biomechanical research, which included the development of a mathematical model of CPT with the study of its stress-deformed state when using various metal fasteners and methods of treatment of CPT; 5) the experimental section, which involved a tomographic (CT) assessment of the density and volume of bone grafts when using different methods of bone plastic surgery of a segmental defect of the tibia in conditions of combined osteosynthesis; 6) of the section dedicated to the justification of the original ITR and the technique of "wrapped" metal-osseous autoplasty of the CPT zone for the surgical treatment of the CPT in children and the creation of an algorithm for the surgical treatment of the CPT in children.

Key words: congenital pseudarthrosis of the tibia, surgical treatment, bone autoplasty, intramedullary telescopic rod, mathematical modeling.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРАЦІЇ**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації**

1. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярецько ОВ. Математичне моделювання остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки при їх вродженому псевдоартрозі в нижній третині. Травма; 2021,22(4):23-29. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.4.22.2021.239706> *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації).*

2. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Сучасний стан проблеми діагностики та лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки. Ортопедія, травматологія та протезування; 2021,3:85-91. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872021385-91>. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації).*

3. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярецько ОВ. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в середній третині. Вісник проблем біології і медицини; 2022, 158(4): 239-246. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації).*

4. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярецько ОВ. Дослідження деформацій кісткового регенерату за різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки в разі їхнього уродженого псевдоартрозу. Ортопедія, травматологія та протезування; 2022, (1-2): 49-54. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-249-54>. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації).*

5. Khmyzov SO, Katsalap YS, Karpinsky MJ, Karpinska O. Experimental study of bone density in patients with congenital pseudoarthrosis of the tibia before and after surgery. Wiadomosci Lekarskie; 2022, Vol.75(9 pt 1):2112-2120. doi: 10.36740/WLek202209112. PMID: 36256938. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації).*

6. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярецько ОВ. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в нижній третині в умовах остеосинтезу інтрамедулярними ростучими стрижнями з блокуванням

подовжнього руху при стисканні та без нього. Травма; 2022,23(5):25-35. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.23.2022.913> *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.

7. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Експериментальне дослідження щільності кісткової тканини у хворих з уродженим псевдоартрозом кісток гомілки до та після операції за даними комп'ютерної томографії. Хірургія дитячого віку (Україна); 2022,3(76): 59-67. DOI: <https://doi.org/10.15574/PS.2022.76.59>. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.

8. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД, Яресько ОВ. Дослідження розподілу напружень під впливом згинаючого навантаження в моделях різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з переломами в середній третині при їх уродженому псевдоартрози в дітей з незавершеним ростом. Хірургія дитячого віку (Україна); 2023, 3(80): 71-77; doi: 10.15574/PS.2023.80.71. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*

9. . Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яресько ОВ. Дослідження напружено-деформованого стану моделей різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з діафізарними переломами в середній третині у дітей з недосконалим остеогенезом та незавершеним ростом. Частина 1. Стискання. Травма; 2023,24(4):9-14. doi: 10.22141/1608-1706.4.24.2023.959 *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Результати дослідження щільності кісткової тканини у хворих на уроджений псевдоартроз великогомілкової кістки до та після оперативного лікування. У: Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування: Матеріали п'ятої всеукраїнської науково-практичної конференції; 2-4 вересня 2021; Запоріжжя. Запоріжжя: 2021: с. 82. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних)*.

11. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Хірургічне лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки у дітей. У: Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування: Матеріали четвертої всеукраїнської науково-практичної конференції; 12-14 вересня 2019 р.; Запоріжжя. Запоріжжя: 2019: с. 86-87. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

12. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яресько ОВ. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в середній третині. У: Зб. наукових праць II міжнародної конференції «Передові методики лікування кульшового, колінного та плечового суглобів», присвяченої пам'яті академіка О.О. Коржа; 15-16 жовтня 2021; Харків. Харків: 2021: с. 73-75. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

13. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Пашенко АВ. Ротаційно стабільні інтрамедулярні телескопічні фіксатори при лікуванні патології довгих кісток у дітей. У: Зб. наукових праць X МІЖНАРОДНОГО МЕДИЧНОГО КОНГРЕСУ «Впровадження сучасних досягнень медичної науки у практику охорони здоров'я України»; 25-27 травня 2021; Київ. Київ: 2021: с. 87. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

14. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Пашенко АВ. Використання телескопічної ротаційної стабілізуючої системи при лікуванні патології, пов'язаної зі зниженням якості кісткової тканини. У: Зб. наукових праць IX МІЖНАРОДНОГО МЕДИЧНОГО КОНГРЕСУ «Впровадження сучасних досягнень медичної науки у практику охорони здоров'я України»; 16-18 вересня 2020; Київ. Київ: 2020: с. 56. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

15. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Хірургічне лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки. У: Зб. наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів України» 09-11 жовтня 2019; Івано-Франківськ. 2019: с.232. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

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

16. Патент на корисну модель №149929 UA. МПК (2006) А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ «ПІХС ім. М.І. Ситенка НАМНУ») – Заявка u202103957 від 07.07.2021 Опубл. 15.12.2021, бюл. № 50/2021. *(Дисертантом особисто проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у розробці конструктивного рішення, підготовлено матеріали заявки на патент)*

17. Патент на корисну модель №151605 UA, МПК А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України") - заявка u202200760 від 21.02.2022. Опубл. 17.08.2022, бюл. №33/2022 *(Дисертантом особисто проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у розробці конструктивного рішення, підготовлено матеріали заявки на патент)*

18. Патент на корисну модель №152743 UA МПК А61В17/00, А61В17/72. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України"). - заявка u202203461 від 19.09.2022. Опубл. 05.04.2023. бюл. № 14/2023 *(Дисертантом особисто проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у розробці конструктивного рішення, підготовлено матеріали заявки на патент)*

19. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Ковальов АМ, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор (ІТФ) для лікування переломів та дефектів довгих кісток (ДДК) у дітей з незавершеним ростом (НР). КПКВ - 6561040 / Інформаційний бюлетень. Додаток до «Журналу Національної академії медичних наук України». Випуск 53. Київ

2022: с.108-109. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

20. Кацалап ЄС, Хмизов СО, Ковальов АМ, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор (ІТФ) для лікування переломів та дефектів довгих кісток (ДДК) у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом. КПКВ - 6561040 / Інформаційний бюлетень. Додаток до «Журналу Національної академії медичних наук України». Випуск 55. Київ 2023: с.89-90. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	22
ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	31
1.1 Епідеміологія та етіологія УПВГК.....	31
1.2 Класифікаційні схеми УПВГК.....	32
1.3 Консервативне лікування УПВГК.....	33
1.4 Хірургічне лікування.....	34
1.4.1 Операція McFarland.....	35
1.4.2 Хірургічне лікування методом Ілізарова.....	36
1.4.3 Хірургічне лікування із застосуванням інтрамедулярних фіксаторів.....	39
1.4.4 Хірургічне лікування комбінованими методиками.....	41
1.4.5 Хірургічне лікування із використанням васкуляризованого аутотрансплантату малогомілкової кістки.....	42
1.4.6 Хірургічне лікування методикою «індукованої мембрани» (техніка Masquelet).....	42
1.4.7 Методики кісткової пластики при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей.....	44
1.4.8 Ампутація.....	46
1.4.9 Ускладнення хірургічного лікування УПВГК у дітей.....	49
Висновки до розділу 1.....	51
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
2.1 Матеріали та загальний дизайн дослідження.....	52
2.2 Методики клінічних досліджень.....	54
2.3 Променеві методи дослідження пацієнтів.....	56
2.4 Хірургічні методики лікування.....	56
2.4.1 Хірургічне лікування УПВГК із застосуванням АЗФ.....	56

2.4.2 Хірургічне лікування УПВГК з використанням інтрамедулярного телескопічного стрижня.....	58
2.4.3 Хірургічні техніки «обгорнутої» кісткової пластики кортикально-губчастим трансплантами із використанням титанової сітки.....	60
2.4.4 Хірургічні техніки «обгорнутої» кісткової пластики кортикально-губчастим трансплантами із використанням титанової сітки.....	62
2.4.5 Хірургічне лікування вторинних ортопедичних порушень ураженої кінцівки.....	64
2.5 Експериментальне КТ-дослідження щільності та об'єму кісткових трансплантатів при виконанні вільної та «обгорнутої» техніки кісткової пластики сегментарного дефекту кісток гомілки за умов різних видів їх остеосинтезу.....	65
2.6 Математичне моделювання із порівняльним аналізом напружено-деформованого стану моделей хибного суглобу кісток гомілки та варіантів їх остеосинтезу.....	70
2.7 Статистичні дослідження.....	75
Висновки до розділу 2.....	75
РОЗДІЛ 3 РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ АНАТОМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ КІНЦІВКИ У ДІТЕЙ ЗА НАЯВНОСТІ УПВГК ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ УПВГК У ДІТЕЙ.....	
3.1 Загальні дані.....	77
3.2 Клініко-рентгенологічна характеристика розвитку ураженої кінцівки у дітей із УПВГК.....	79
3.3 Аналіз результатів хірургічного лікування та ускладнень уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки у дітей.....	82
Висновки до розділу 3.....	85

РОЗДІЛ 4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАРІАНТІВ	
ОСТЕОСИНТЕЗУ КІСТОК ГОМІЛКИ ПРИ ЇХ	
УРОДЖЕНОМУ ПСЕВДОАРТРОЗІ.....	
	87
4.1 Дослідження напружено-деформованого стану моделей	
гомілки з зоною псевдоартрозу в середній третині.....	
	87
4.1.1	Дослідження моделей на стиск.....
	87
4.1.2	Дослідження моделей на кручення.....
	96
4.2 Дослідження напружено-деформованого стану моделей	
гомілки з зоною псевдоартрозу в нижній третині.....	
	105
4.2.1	Дослідження моделей на стиск.....
	105
4.2.2	Дослідження моделей на кручення.....
	114
Висновки до розділу 4.....	
	123
РОЗДІЛ 5 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО	
КТ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ТА ОБ'ЄМУ	
КІСТКОВИХ ТРАНСПЛАНТАТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ	
ВІЛЬНОЇ ТА «ОБГОРНУТОЇ» ТЕХНІКИ КІСТКОВОЇ	
ПЛАСТИКИ СЕГМЕНТАРНОГО ДЕФЕКТУ	
ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ В УМОВАХ	
КОМБІНОВАНОГО ОСТЕОСИНТЕЗУ.....	
	125
5.1 Томографічна (КТ) оцінка кісткових трансплантатів	
при виконанні вільної та «обгорнутої» металокісткової	
аутопластики сегментарного дефекту кісток гомілки	
в умовах комбінованого (інтрамедулярного	
та накісткового) остеосинтезу.....	
	125
5.2 КТ оцінка об'єму кісткових трансплантатів при виконанні	
вільної та «обгорнутої» кісткової аутопластики сегментарного	
дефекту великогомілкової кістки в умовах комбінованого	
остеосинтезу (інтрамедулярного та накісткового).....	
	130
Висновки до розділу 5.....	
	132

РОЗДІЛ 6 ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ УПВГК У ДІТЕЙ, ЗАСНОВАНОЇ НА ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОМУ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ ВИДІВ ОСТЕОСИНТЕЗУ ТА ВИКОНАННІ «ОБГОРНУТОЇ» ТЕХНІКИ МЕТАЛОКІСТКОВОЇ АУТОПЛАСТИКИ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛІНІЧНОГО ВИПРОБУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНІКИ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ.....	134
6.1 Розробка та обґрунтування інтрамедулярного телескопічного фіксатора для хірургічного лікування УПВГК у дітей.....	134
6.2 Розробка та обґрунтування методики «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони УПВГК при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей.....	139
6.3 Алгоритм вибору хірургічного лікування УПВГК у дітей з урахуванням локалізації та супутнього ураження маломілкової кістки.....	147
6.4 Аналіз результатів клінічного випробування удосконаленого ПФ та алгоритму вибору хірургічного лікування УПВГК у дітей.....	150
Висновки до розділу 6.....	151
ВИСНОВКИ.....	153
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	158
ДОДАТОК А Оцінка стану стопи та гомілковостопного суглобу» (FAOS).....	169
ДОДАТОК Б Список опублікованих праць за темою дисертації.....	172
ДОДАТОК В.....	177

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЗФ – апарат зовнішньої фіксації;

ВАМГК – васкуляризованого аутотрансплантату малогомілкової кістки;

ІТФ — інтрамедулярний телескопічний фіксатор;

КТ – комп'ютерна томографія;

МКЕ –метод кінцевих елементів

МРТ – магнітно-резонансна томографія;

РДНК – різниця деформації нижніх кінцівок;

ТФКкл – клінічний тибіофemorальний кут;

УПВГК — уроджений псевдоартроз великогомілкової кістки;

MAD-тест (із англ. Mechanical Axis Deviation - тест на визначення відхилення механічної осі нижньої кінцівки);

mLDFA (із англ. mechanical lateral distal femoral angle) – медіальний кут нахилу проксимальної суглобової поверхні великогомілкової кістки;

MPТА (із англ. medial proximal tibial angle) – медіальний кут нахилу проксимальної суглобової поверхні великогомілкової кістки

ЛСР-пластина – пластина з кутовою стабільністю гвинтів

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження

Уроджений псевдоартроз великогомілкової кістки (УПВГК) - відноситься до групи орфанних захворювань, із частотою 1 на 130-150 000 народжень. Зазначена патологія характеризується локальним біологічним структурно-функціональним порушенням на рівні діяфізу великогомілкової кістки. Порушення структурної цілісності великогомілкової кістки дитини найчастіше є уродженим, рідше формується у перші роки життя на фоні прогресуючої деформації великогомілкової кістки. Захворювання має поліетіологічний характер і у 40 % дітей асоціюється із нейрофіброматозом 1 типу.

Клінічне значення УПВГК полягає у стійкому порушенні функції опори та ходьби дитини, з формуванням деформації та вкорочення, ранній інвалідизації дитини. Лікування дітей із УПВГК хірургічне, спрямоване на досягнення консолідації ураженої ділянки великогомілкової кістки, та в подальшому, на відновлення осьових параметрів та довжини кінцівки. Запропоновано багато класифікаційних схем УПВГК у дітей, більшість з яких, має лише описовий характер.

Лікування таких пацієнтів в Україні та у більшості країн світу відбувається у вузькопрофільних ортопедичних центрах, що спеціалізуються на хірургічному лікуванні деформації довгих кісток кінцівок. У ДУ «ПІХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» накоплений досвід лікування 30 пацієнтів із УПВГК .

Аналіз літературних даних та власних результатів хірургічного лікування дітей із УПВГК свідчить про те, що зазначена патологія є однією із найскладніших проблем сучасної дитячої ортопедії. Це обумовлено недостатньою ефективністю існуючих методів лікування цих пацієнтів, високим відсотком ускладнень (до 80%) і необхідністю багаторазових повторних хірургічних корекцій.

Різноманіття методів консервативного та хірургічного лікування, що описані в літературі, вражають своєю кількістю. До них відносять: ревізію зони незрощення із виконанням кісткової пластики, інтрамедулярну фіксацію, трансплантацію малогомілкової кістки суміжної кінцівки, використання різноманітних методик із фіксацією у апаратах зовнішньої фіксації (типу Ілізарова), методику «індукованої мембрани» (або методика Masquelet) та ампутацію. Вище перераховані методики використовуються, як поодинці, так і в комбінації.

Наразі відомо про високий відсоток (від 35 % до 60 %) незрощення після виконання хірургічного лікування УПВГК, а також високий відсоток повторних переломів (на рівні 30 %) після досягнутої первинної консолідації. Все це свідчить про комплексні біологічні та біомеханічні порушення на рівні уродженого псевдоартрозу, лікування яких є невирішеною складною медичною проблемою, а враховуючи необхідність багатократних ревізійних хірургічних втручань, УПВГК є проблемою для сім'ї, лікарів та економіки країни.

Аналіз літератури, дозволяє відзначити наступні шляхи підвищення ефективності хірургічного лікування, що продовжують активно досліджуватись у провідних центрах світу: виконання масивної кісткової пластики із використанням техніки тібіофібулярного зрощення, так званої «cross-union» техніки (з англ. «cross-union» - зрощення суміжних частин), застосування біологічних стимуляторів регенерації (BMP (англ. bone morphogenetic protein) та інгібіторів активності остеобластів (біфосфонати, наприклад золедронова кислота), а також розробка нових способів та пристроїв для фіксації кісток гомілки, що загалом спрямовані на оптимізацію біомеханічних умов для досягнення зрощення кісток та профілактику рефрактури.

На даний момент можна констатувати відсутність чітких алгоритмів лікування УПВГК у дітей, не вирішеними залишаються питання вибору типу фіксації за тієї чи іншої форми УПВГК, а також мало дослідженими

залишаються питання перебудови кісткових трансплантатів після виконання кісткової пластики зони УПВГК, відсутні дослідження, щодо факторів ризику та способів профілактики рефрактур.

Існує потреба в розробці нових методик кісткової пластики та способів фіксації кісток гомілки на рівні УПВГК, які б покращували біологічні умови для досягнення первинної консолідації, та створювали умови для профілактики рефрактур в зоні УПВГК. Важливим і актуальним питанням залишається послідовність та час виконання корекції вторинних деформацій ураженої кінцівки. Таким чином, можна констатувати, що на теперішній час у світовій практиці використовуються різні підходи до хірургічного лікування УПВГК у дітей, при цьому результати залишаються часто незадовільними. У відділенні дитячої ортопедії ППХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ за останні 25 років накопичений багатий досвід хірургічного лікування дітей України, що потребує аналізу та систематизації. Шляхами підвищення ефективності хірургічного лікування таких дітей має стати диференційний підхід до виконання фіксації кісток гомілки в залежності від типу та локалізації УПВГК у тому числі із розробкою нових інтрамедулярних фіксаторів, що спроектовані для використання у кістках зі зниженою якістю кісткової тканини та покращення методики кісткової пластики зони УПВГК. Все це обґрунтовує необхідність продовження досліджень спрямованих на оптимізацію та вдосконалення хірургічного лікування УПВГК у дітей.

Мета роботи – покращити результати лікування уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки у дітей шляхом обґрунтування, розробки та клінічного застосування комбінованої методики фіксації кісток гомілки, а також розробки та обґрунтування «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони ураження.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз літератури, щодо сучасних принципів та результатів хірургічного лікування УПВГК у дітей, визначити основні причини ускладнень та рецидивів.

2. На власному клінічному матеріалі проаналізувати клініко-рентгенологічні особливості формування ураженої кінцівки у дітей з УПВГК, оцінити результати хірургічного лікування УПВГК у дітей, визначити основні причини ускладнень та рецидивів.
3. Із використанням математичного моделювання методом скінчених елементів створити модель УПВГК та вивчити напружено-деформований стан у системі «великогомілкова кістка - фіксатор» при використанні металофіксаторів різного дизайну, обґрунтувати та удосконалити інтрамедулярний телескопічний фіксатор для хірургічного лікування УПВГК у дітей.
4. Удосконалити хірургічну методику кісткової аутопластики зони УПВГК у дітей, шляхом розробки та експериментального обґрунтування використання аутологічного періоста разом із кістковими кортикально-губчатими аутотрансплантатами, та із додатковим використанням титанової сітки «обгорнутої» навколо кісток гомілки.
5. На основі результатів проведених досліджень розробити алгоритм комплексного хірургічного лікування УПВГК, з урахуванням типу та локалізації зони ураження, характеру супутнього ураження малогомілкової кістки, із диференційованим підходом до різних типів фіксації кісток гомілки та використанням запропонованої методики "обгорнутої" металокісткової аутопластики із титановою сіткою та провести його апробацію.

Об'єкт дослідження – уроджений псевдоартроз великогомілкової кістки (УПВГК) у дітей, методики та результати хірургічного лікування, інтрамедулярні фіксатори різних конструкцій.

Предмет дослідження – структурно функціональні характеристики тканин УПВГК у дітей, способи діагностики та хірургічного лікування УПВГК у дітей.

Методи дослідження – клінічні, променеві (рентгенологічні, МРТ), біомеханічні, статистичні та метод концептуально-логічного моделювання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідних робіт. Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України» («Розробити комплексний підхід до лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки у дітей», держреєстрація №0119U102343ЦФ2020.4.НАМНУ).

Наукова новизна отриманих результатів

На основі проведеного клініко-рентгенологічного дослідження доповнені дані, щодо типових особливостей розвитку ураженої кінцівки за наявності УПВКГ у дітей

Вперше в експерименті проведено КТ-оцінку зміни об'єму та рентген щільності кісткових трансплантатів після виконання вільної та «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони сегментарного дефекту великогомілкової кістки в умовах комбінованого (інтрамедулярного та накісткового) остеосинтезу фрагментів. Виявлено значуще сповільнення резорбції кісткових аутотрансплантатів за умов виконання «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони сегментарного дефекту великогомілкової кістки при комбінованій методиці фіксації кісткових фрагментів

Вперше були створені скінченно-елементні моделі псевдоартрозу кісток гомілки та математично моделювалися накісні та інтрамедулярні види остеосинтезу. Уперше проведено порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей остеосинтезу при УПВГК (використання зовнішнього фіксатора різних інтрамедулярних телескопічних стрижнів та комбінованої методики фіксації, з використанням зовнішнього фіксатора та інтрамедулярного телескопічного стрижня при лікуванні УПВГК різних локалізацій. Вперше обґрунтовано, розроблено та клінічно апробовано методику «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони УПВГК у дітей.

Практичне значення отриманих результатів

Були отримані нові знання, щодо характеру розподілу напружень у ділянці УПВГК при використанні різних методик хірургічного лікування та

різних металофіксаторів. Виявлено, що за умов створення синостозу великогомілової та малогомілкової кістки із фіксацією інтрамедулярним стрижнем відбувається значуще зменшення напруження у ділянці псевдоартрозу

Вперше розроблений та обґрунтований в експерименті покращений вітчизняний інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування УПВГК у дітей

Розроблена і обґрунтована в експерименті методика «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони УПВГК із використанням періоста, кісткових кортикально-губчатих аутотрансплантатів і додатковим використанням титанової сітки, що обгорнута навколо кісток гомілки, дозволяє зменшити та сповільнити резорбцію кісткових аутотрансплантатів, тим самим покращуючи умови консолідації кісток і збільшуючи зону кісткового блоку за рахунок створення тібіофібулярного синостозування при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей.

Розроблений та апробований діагностично-лікувальний алгоритм вибору хірургічного лікування УПВГК, з урахуванням типу та локалізації УПВГК із використанням розробленого інтрамедулярного телескопічного фіксатору та запропонованої методики кісткової аутопластики із титановою сіткою та використанням комбінованих варіантів фіксації кісткових фрагментів.

Особистий внесок здобувача

Дисертаційна робота є самостійним закінченим науковим дослідженням автора. Автор самостійно, на підставі вивчення та аналізу вітчизняних та іноземних наукових літературних джерел, визначив наукову ідею роботи та опрацював напрямок, мету та завдання. Автором розроблено дизайн дослідження, протокол обстеження хворих та їх спостереження.

Автором особисто здійснено розробку основних теоретичних і практичних положень роботи, проведено патентно-ліцензійний пошук, опрацьовано літературні джерела з даної проблеми, що дозволило доповнити

дані, щодо типових особливостей розвитку ураженої кінцівки за наявності уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки у дітей.

Автор взяв активну участь у виконанні експериментальних досліджень, проведено КТ-оцінку зміни об'єму та рентген щільності кісткових трансплантатів після виконання вільної та «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони сегментарного дефекту великогомілкової кістки при різних техніках остеосинтезу фрагментів, проаналізував результати та опублікував отримані дані в журналах, які входять до бази даних Scopus.

Автором вперше проведено порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей остеосинтезу при уродженому псевдоартрозі великогомілкової кістки.

Автором вперше обґрунтовано, розроблено та клінічно апробовано методику «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки у дітей.

Впровадження результатів дослідження в практику

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в практику відділення дитячої ортопедії ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України», Дніпропетровська обласна дитяча клінічна лікарня, Міська багатопрофільна клінічна лікарня матері та дитини ім. проф. М.Ф. Руднева, Харківська обласна клінічна травматологічна лікарня, Львівська обласна дитяча клінічна лікарня «Охматдит».

Апробація результатів дисертації

Результати дослідження були оприлюднені на таких закладах: вчена рада ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України» (Харків, 2023); всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування: (Запоріжжя, 2-4 вересня 2021 р.); Міжнародний медичний форум (Київ, 2021); 18 з'їзд ортопедів-травматологів України; вебінар Всеукраїнської громадської організації «Українська асоціація ортопедів-травматологів»

(Харків, 2020 р.); 8 Konferencja Ortopedyczna Polsko-Ukraińsko-Białoruska (Kraków, 2019).

Публікації

За матеріалами дисертації опубліковано 10 наукових праць, з них 5 статей у рекомендованих наукових фахових журналах, 4 статті в журналах, що індексуються в наукометричних базах Scopus, 1 патент на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації

Дисертацію викладено на 185 сторінках та складається з анотацій, вступу, огляду літератури, 5 розділів власних досліджень, висновків, списку використаних джерел, який налічує 100 посилань (16 кирилицею та 84 – латиницею), 3 Додатків. Роботу ілюстровано 29 таблицями та 77 рисунками.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Епідеміологія та етіологія УПВГК

УПВГК – є рідким захворюванням, що зустрічається, із частотою 1 на 140–250 000 новонароджених [77]. УПВГК характеризується широким спектром клініко-рентгенологічних проявів від прогресуючої антекурваційної деформації гомілки до незрощення із великим дефектом кісткової тканини. УПВГК і на сьогоднішній день залишається одним із найскладніших захворювань дитячої ортопедії, через велику кількість незадовільних результатів та ускладнень хірургічного лікування [16, 44, 57]. Аномалія розвитку малогомілкової кістки при УПВГК відзначається від 60 % до 90 % випадків [91]. УПВГК може бути сформованим вже при народженні, чи розвинутих у перші роки життя спонтанно, або внаслідок мінімальної травми. Самостійне зрощення УПВГК, без лікування не відбувається, хвороба супроводжується формуванням деформації та вкороченням гомілки, порушенням опорної функції кінцівки [82, 90]. Етіологія захворювання залишається неясною, однак визначено, що УПВГК у 40 % дітей асоціюється із нейрофіброматозом 1 типу, рідше із фіброзною дисплазією та остеофіброзною дисплазією Кампаначі [26]. Причина ураження кісток гомілки невідома, хоча запропоновані численні теорії, що пояснюють зміни внаслідок патологічної дії механічних, васкулярних чи генетичних чинників при УПВГК. Жодна з запропонованих теорій не дозволяє однозначно пояснити патогенез УПВГК та особливості біологічних змін в м'яких тканинах та кістці.

Згідно сучасних уявлень, основні патологічні зміни, що приводять до розвитку УПВГК локалізовані у періостальному шарі (окісті) кісток гомілки. Першим, хто відмітив патологічні зміни періосту був Codivilla [31]. Доведено, що у зоні УПВГК відзначається потовщення періосту зі

збільшенням кількості нейроноподібних клітин, що оточують капілярні судини, призводячи до їх звуження та облітерації. Зазначені зміни можуть призводити до локальної гіпоксії кісткової тканини у субперіостальній зоні із подальшою її резорбцією. За даними іншого дослідження, патологічні зміни у ділянці УПВГК обумовлені впливом патологічно зміненого періосту, ця тканина отримала спеціальну назву – фіброзна гамартома, клітини якої мають відносно збільшену остеокластичну на фоні пригніченої остеобластичної активності, порівняно з нормальним періостом [48].

1.2 Класифікаційні схеми УПВГК

Запропоновано багато класифікацій УПВГК: Crawford [32], El-Rosassy-Paley [36], Boyd [23], Andersen [18]. Наразі не існує чіткої визначеності та узгодження, щодо оптимальної класифікації, деякі з класифікацій, мають доведену прогностичну цінність, проте більшість не мають практичної направленості, і не дозволяють проводити вибір методики лікування [24].

Найбільш уживаними є рентгенологічна класифікація Crawford (рис. 1.1, а), згідно якої УПВГК поділяється на 4 типи, що описують характер ураження кісток від найлегшого ступеня – антеро-латеральної деформації гомілки (тип I) до псевдоартрозу із дефектом кісткової тканини (тип IV) [32].

Іншою популярною класифікаційною схемою є клініко-рентгенологічна класифікація El-Rosassy-Paley (рис. 1.1, б), що враховує геометрію кісткових фрагментів, мобільність на рівні псевдоартрозу та наявність виконаних втручань [36]. Класифікація Boyd (рис. 1.1, в) вважається прогностичною, УПВГК розподілено на шість типів і в залежності від типу УПВГК можливо спрогнозувати перебіг захворювання та результат лікування [23].

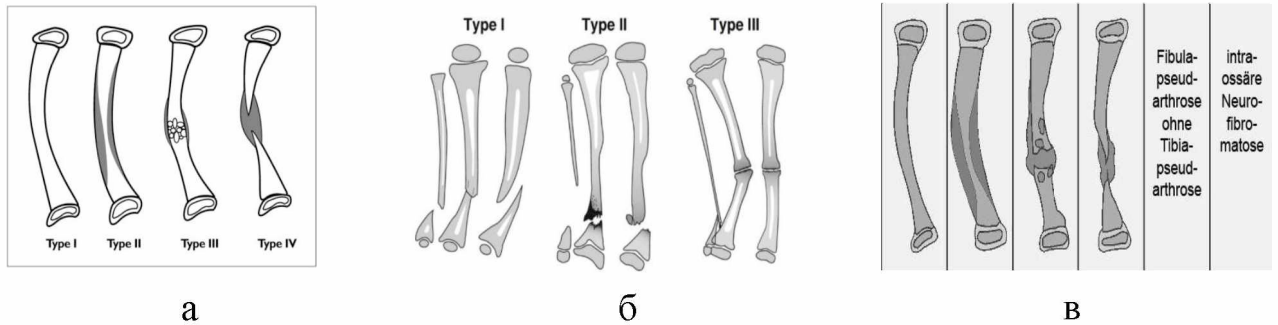


Рисунок 1.1 – Класифікаційні схеми УПВГК: а – Класифікація Crawford: тип 1 передньо-латеральна деформація, збережений медулярний канал. Тип II стоншений кістково-мозковий канал, потовщення кортикального шару III типу - кістозне ураження, можливо з переломом IV тип псевдо-артроз однієї (велико-гомількової) або обох кісток з дефектом кістки; б – Класифікація El-Rosassy-Paley: Тип 1 Атрофічні звужені кінці кісткових фрагментів. Мобільний псевдартроз. Без попередніх хірургічних втручань; Тип 2 Атрофічні звужені кінці кісткових фрагментів. Мобільний псевдартроз. Проведене втручання, що не призвело до консолідації; Тип 3 Гіпер-трофічні кінці кісткових фрагментів. Малорухомий (ригідний) псевдартроз; в – Класифікація Boyd: при I типі спостерігається антеро-латеральна деформація великогомілкової кістки з дефектом. Тип II та III – псевдартроз великогомілкової кістки зі звуженням у центрі по типу «пісочного годинника» та кістковою кістою. При IV типі є псевдартроз великогомілкової кістки зі склерозованими сегментами та маршовим переломом. Тип V характеризується комплементарною диспластичною

1.3 Консервативне лікування УПВГК

Консервативне лікування полягає у використанні гіпсових пов'язок та індивідуальних ортезів. Таке лікування, як самостійний метод має обмежені показання, через те, що потребує, довготривалого використання ортезів, до завершення росту скелету [88]. У літературі відомі лише окремі випадки ефективності такого підходу. Консервативне лікування часто застосовується, як частина комплексного підходу і розпочинається від моменту діагностики УПВГК на етапі пре-перелому. Зазначене лікування дозволяє відтермінувати виконання хірургічного етапу, що, як показано, має позитивний прогностичний вплив на результат лікування. [69]. Ще одним показанням для

консервативного лікування є післяопераційний період, коли ортезування використовується з метою профілактики рефрактури [61].

Ще один метод консервативного лікування – це лікувальна фізкультура, яка направлена на збільшення обсягу рухів у суміжних суглобах кінцівки [52].

Фізіотерапевтичне лікування використовують при мієлодисплазії для покращення нейротрофічної функції кінцівки [78].

1.4 Хірургічне лікування

Хірургічний метод є основним при лікуванні УПВГК у дітей. Аналіз літератури дозволяє відзначити, що ще наприкінці 90-х років ХХ сторіччя, результати хірургічного лікування УПВГК частіше були незадовільними, характеризувались низькою ефективністю (зрощення досягалося менше ніж у 20 %), значною кількістю хірургічних втручань, частими ускладненнями у вигляді рефрактур, і від 30 % до 35 % випадків таке лікування завершувалося ампутацією гомілки [81]. Основними труднощами, з якими стикається хірург при лікуванні УПВГК є знижений потенціал до зрощення у зоні псевдоартрозу, тенденція до рефрактури кісток гомілки та труднощі із фіксацією малих кісткових фрагментів у дітей на тлі порушення якості кісткової тканини. На сучасному етапі, внаслідок значного технічного прогресу та розвитку розуміння патогенезу і біомеханічних особливостей фіксації остеопоротичних кісток, результати лікування значно покращилися [97]. Наразі не існує загальноприйнятого протоколу хірургічного лікування і відзначається велике різноманіття методик, що демонструють різну ефективність [72].

У період латентної фази УПВГК, тобто до формування псевдоартрозу використовують операцію McFarland [67].

Для лікування УПВГК на стадії перелому використовуються три принципово різні хірургічні техніки та способи фіксації:

- а) інтрамедулярна фіксація перелому з кістковою пластиною;

- б) методика Ілізарова із використанням апарату зовнішньої фіксації (АЗФ);
- в) комбіновані методики інтрамедулярної та зовнішньої фіксації;
- г) методика заміщення васкуляризованого аутотрансплантату малогомілкової кістки;
- д) метод «індукованої мембрани» по Masquet.

1.4.1 Операція McFarland

У період латентної фази УПВГК, тобто до формування псевдоартрозу використовують операцію McFarland, що полягає у виконанні кісткової аутопластики за допомогою аутотрансплантату контралатеральної малогомілкової кістки з метою профілактики перелому великогомілкової кістки (рис. 1.2) [79]. Ofluoglu та співавт. продемонстрували позитивні результати використання операції McFarland на серії з 10 пацієнтів, у яких через 5-7 років після виконання профілактичної кісткової аутопластики не відзначено жодного випадку формування псевдоартрозу на оперованій кінцівці.

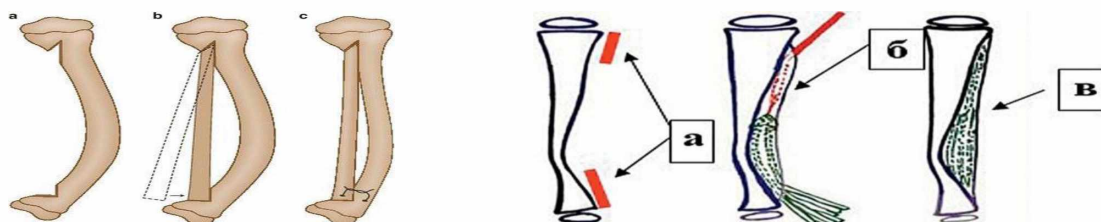


Рисунок 1.2 – Схема хірургічних втручань на етапі латентної фази УПВГК операції McFarland: а – формування жолобів у великогомілковій кістці; б і в – фіксація аутотрансплантату малогомілкової кістки.

Проте, автори також відзначили помірне вкорочення та вторинну вальгусну деформацію гомілково-ступневого суглобу у 40 % пацієнтів [71]. Інші хірургічні методики аутокісткової пластики, шляхом створення накладки з кортикально-губчастих аутотрансплантатів малогомілкової кістки

та крила клубової кістки, для попередження розвитку патологічного перелому, пропонували Boyd [23, 86].

1.4.2 Хірургічне лікування методом Ілізарова

Метод Ілізарова для хірургічного лікування УПВГК, передбачає використання основних принципів компресійно-дистракційного остеосинтезу та дистракційного остеогенезу у АЗФ (Рис.1.3) [73].

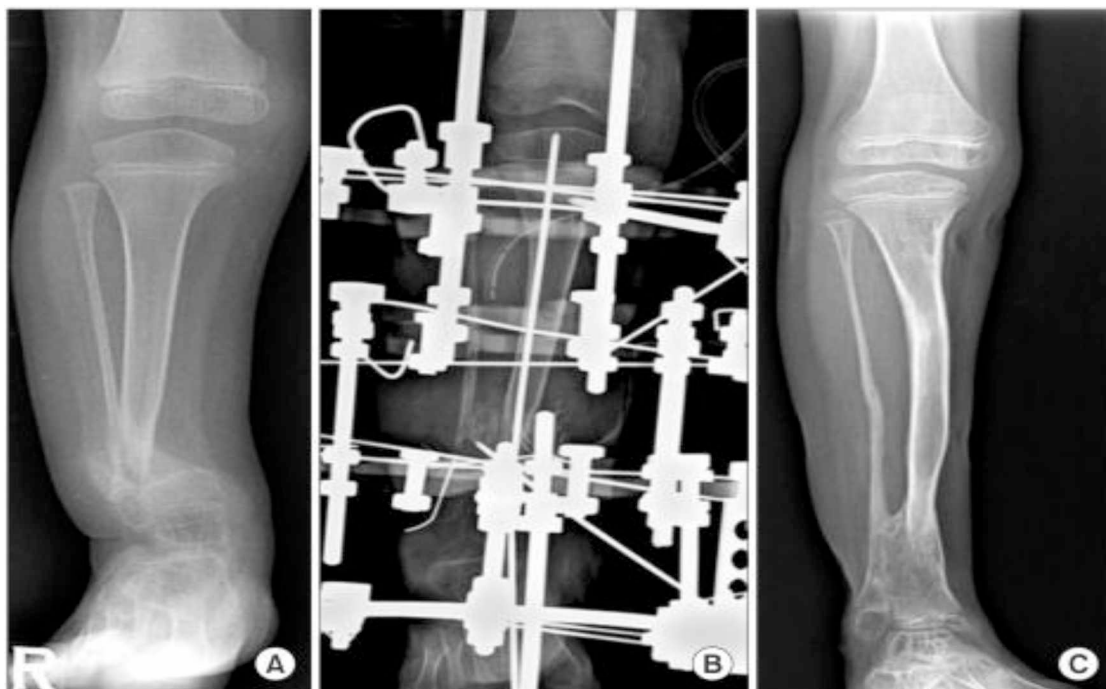


Рисунок 1.3 – Приклад використання апарату зовнішньої фіксації <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33093298/> [60].

Існує кілька методик хірургічного лікування УПВГК із використанням циркулярного АЗФ та принципів методу Ілізарова [21, 30], серед яких:

- закрыта компресія зони УПВГК;
- резекція із одномоментним вкороченням та компресією;
- резекція із сегментарним кістковим транспортом;
- резекція, аутокісткова пластика та дистракційно-компресійний

остеосинтез.

Метод Ілізарова має переваги, дозволяючи одночасне виконання компресійного остеосинтезу кісткових фрагментів та корекцію деформації і кісток гомілки [17].

За висновками одного з найбільших мультицентрових досліджень, що проведене Європейською асоціацією дитячих ортопедів (EPOS) у 2000 році, і включало аналіз результатів хірургічного лікування у 340 дітей з УПВГК (1287 хірургічних втручань), саме, методика Ілізарова рекомендована для хірургічного лікування УПВГК у дітей, бо має найбільший показник досягнення консолідації у зоні УПВГК. Так для лікування 108 гомілок із УПВГК, виконано 194 хірургічні втручання за методом Ілізарова. Консолідація УПВГК після першого хірургічного втручання досягнута у 65,4 % випадків (61 УПВГК). Ще на 46 гомілках із УПВГК виконали два та більше хірургічні втручання. Загальний підсумковий відсоток консолідації у зазначеній серії пацієнтів, після лікування УПВГК методикою Ілізарова склав 75,5 % [53].

Загалом, результати хірургічного лікування УПВГК із застосуванням методики Ілізарова дозволяють отримати консолідацію від 65 до 100 % випадків (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Частота первинної та загальної консолідації УПВГК після хірургічного лікування та частота рефрактур УПВГК після досягнення зрощення. При використанні 4-х різних методик хірургічного лікування

Метод	Пацієнти (N)	Первинне зрощення (%)	Рефрактура (%)	Зрощення (%)
1	2	3	4	5
Інтрамедулярний стрижень				
Birke et al 2010	8	75	0	75
Das et al 2014	20	90	25	68
Dobbs et al 2004	21	86	57	37
Johnston 2002	23	22	0	22
Joseph and Matthew 2000	14	21	5	20
Joseph et al 2003	26	73	15	62
Kim and Weinstein 2002	11	36	50	18
Liu et al 2018	45	95	26	67
Pannier et al 2013	5	60	40	100
Stephens Richards and Anderson 2018	21	76	31	24

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
Vigouroux et al 2017	10	40	30	12
Всього	201	61.2	25.3	42
Метод Ілізарова				
Boero et al 1997	21	81	19	66
Borzunov et al 2016	28	100	61	49
El-Rosasy et al 2001	17	100	68	32
Hissnauer et al 2017	7	86	50	43
Nabil et al 2018	9	100	0	100
Ohnishi et al 2005	26	100	15	85
Paley et al 1992	16	94	31	65
Всього	124	94.4	34.8	62.8
Метод Ілізарова+інтрамедулярний стрижень				
Agashe et al 2012	15	40	17	33
Mandar et al 2012	15	40	6.6	93
Shabtai et al 2015	10	80	0	80
Thabet et al 2008	20	100	40	60
Yan et al 2017	51	51	0	51
Zhu et al 2016	56	89	26	66
Всього	167	66.6	15.9	63.8
Васкуляризований аутогрансплантат малоомілкової кістки				
Grill et al 2000	31	61	16	51
Jane S Tan et al 2011	11	73	38	54
Kalra and Agarwal 2012	26	92.9	15	79
Sakamoto et al 2008	8	100	12.5	100
Vigouroux et al 2017	8	38	0	38
Weiland et al 1990	19	74	14	64
Всього	103	73	15.9	64.3
Середнє значення в усіх групах:		73.8	22.9	58.2

Основними недоліками даного хірургічного методу в процесі лікування є інфекційні ускладнення у місцях введення чрезикісткових елементів, а також рефрактури, після досягнення консолідації, що відбуваються, як правило, на рівні попереднього УПВГК та сягають 34,8 % (табл. 1.1). Для профілактики

зазначених ускладнень ряд авторів використовує введення інтрамедулярних фіксаторів, після досягнення консолідації [40].

Також метод Ілізарова є основним, що використовується для наступної хірургічної корекції залишкової деформації та вкорочення кісток гомілки та стопи у пацієнтів із УПВГК, що значущо впливають на косметичний стан (зовнішній вигляд) та опороспроможність кінцівки і є неодмінними характеристиками гомілки при УПВГК [39].

1.4.3. Хірургічне лікування із застосуванням інтрамедулярних фіксаторів

Оригінальна методика хірургічного лікування УПВГК у дітей була запропонована Charnley J. у 1956 році і передбачала виконання резекції зони УПВГК із наступною інтрамедулярною фіксацією фрагментів та кістковою пластикою [28]. Проблемним та недостатньо розробленим питанням на сьогоднішній день лишається лікування УПВГК, що локалізовані у н/3, через те що анатомічні особливості великогомілкової кістки утруднюють стабільну фіксацію при використанні інтрамедулярного пристрою [37, 39, 40]. Sebrían J.L. та ряд інших дослідників запропонували використання трансартикулярно введеного через піднадп'ятковий та гомілковоступневий суглоби стрижня [27, 50, 74].

Зазначена техніка стала стандартом хірургічного лікування на десятиріччя, демонструючи достатньо високу (від 50 до 85 %) ефективність зрощення зони УПВГК, що однак відрізнялась у різних авторів через наявність різноманітних модифікацій у технічному виконанні втручання та різних інтрамедулярних фіксаторах. Усі дослідники підтверджують необхідність довгострокового шинування великогомілкової кістки інтрамедулярним фіксатором, як методу профілактики рефрактур (рис. 1.4) [74].

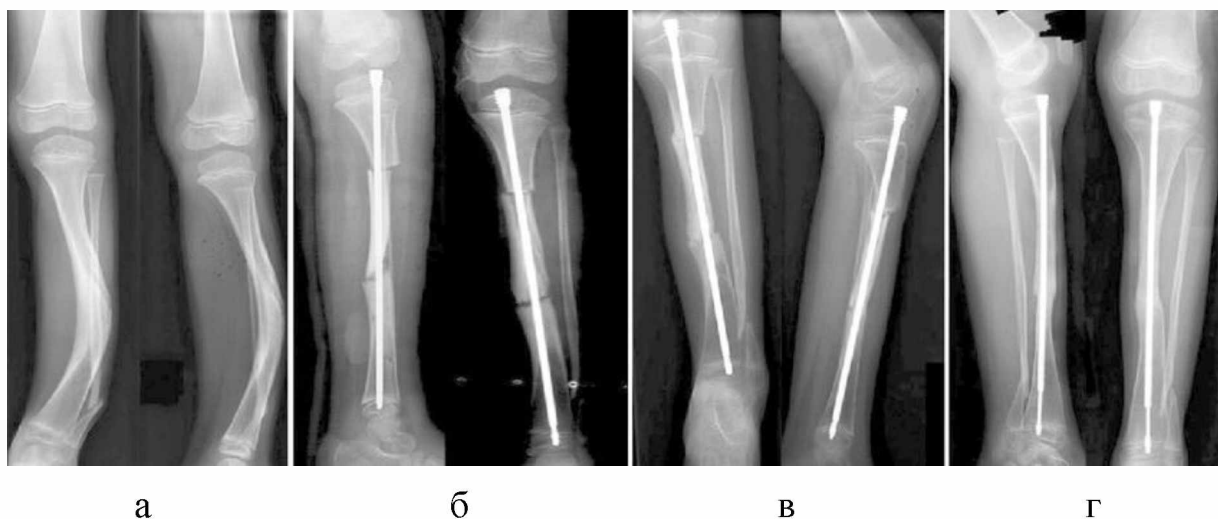


Рисунок 1.4 – Приклад використання інтрамедулярного фіксатора Fassier-Duval. (а – г: фотовідбитки рентгенограм УПВГК до та після хірургічного лікування УПВГК в динаміці Ілюстрація взята з (Limb Lengthening and Reconstruction Surgery Case Atlas. Switzerland: © Springer International Publishing; 2015. p. 197-202).

У 2002 та 2019 роках група авторів з університетської клініки Техасу (США), представила аналіз середньо- та довгострокових рентенологічних та функціональних результатів хірургічного лікування УПВГК у 34 пацієнтів, які досягли віку кісткової зрілості. Загалом, у аналізованій групі у 41 % (14 пацієнтів) консолідація зони УПВГК досягнута після одного хірургічного втручання, ще у 50 % (17 пацієнтів) операція Charnley-Williams виконувалась двічі і у 9 % (3 пацієнти). Проводилось три хірургічних втручання по ревізії та інтрамедулярній фіксації зони псевдоартрозу. За результатами аналізу, операція Charnley-Williams із використанням телескопічного інтрамедулярного фіксатору, у підсумку дозволила отримати консолідацію із добрими та задовільними функціональними результатами лікування у 82 % (28 пацієнтів), ще у 18% (6 пацієнтів) отримані незадовільні результати, а ампутація гомілки виконана у 11,7 % (4 пацієнти) [99].

Перевагами методу інтрамедулярної фіксації для лікування УПВГК є можливість ефективної корекції куткової деформації, що нормалізує розподіл сил при осьовому навантаженні гомілки, а також забезпечення фіксатором «шинуючого» ефекту що попереджає розвиток рефрактур [27].

Наразі не існує біомеханічних чи клінічних порівняльних досліджень, щодо вибору оптимального металофіксатору для виконання інтрамедулярного остеосинтезу при лікуванні УПВГК у дітей, також відсутні дослідження по оптимізації лікування УПВГК, що локалізується у н/3 гомілки.

Автори використовують різні інтрамедулярні металофіксатори (спиці Кіршнера, стрижні Штейнмана, телескопічні фіксатори Fassieur-Duval), що залежить від вибору хірурга та економічності (їх) доступності [100].

До недоліків цього способу хірургічного лікування можна віднести вкорочення кісток гомілки, що відбувається при виконанні резекції зони УПВГК, а також неможливість досягти корекції супутніх деформацій, що зазвичай присутні у надп'ятковому суглобі ураженої гомілки. Існуючі літературні дані з результатами оцінки ефективності хірургічного лікування УПВГК при використанні інтрамедулярної фіксації з кістковою пластикою, що доступні у спеціалізованих рецензованих виданнях з 2000 року наведені в таблиці 1.1.

1.4.4 Хірургічне лікування комбінованими методиками

Комбіноване використання апаратів зовнішньої фіксації та інтрамедулярних фіксаторів з кістковою аутопластиком дозволяє використовувати біомеханічні переваги обох фіксаторів. АЗФ дозволяє досягти корекцію положення кісткових фрагментів гомілки, забезпечуючи при цьому умови стабільності необхідні для консолідації, а інтрамедулярний фіксатор попереджує рефрактуру у зоні УПВГК [56]. Результати хірургічного лікування УПВГК за допомогою резекції, кісткової аутопластики та комбінованого використання інтрамедулярної та зовнішньої фіксації у АЗФ кісткових фрагментів, за даними досліджень, дозволяють отримати консолідацію від 40 до 100 % випадків, при цьому частота рефрактури не перебільшує 40 %. Відсутній єдиний підхід, щодо часу виконання профілактичної інтрамедулярної фіксації стрижнями кісток гомілки. Так

частина авторів виконує інтрамедулярну фіксацію під час основного етапу хірургічного лікування [28], а інші виконують превентивне шинування великогомілкової кістки після досягнення зрощення у зоні хірургічного втручання [89].

1.4.5 Хірургічне лікування із використанням васкуляризованого аутотрансплантату малоюмілкової кістки

Використання васкуляризованого аутотрансплантату малоюмілкової кістки (ВАМГК) вперше описано Taylor et al. 1975. Методика передбачає 3 етапи – резекцію патологічних тканин у зоні УПВГК, забір васкуляризованого аутотрансплантату малоюмілкової кістки з контралатеральної кінцівки із фіксацією його у зону пострезекційного дефекту УПВГК та виконання судинного анастомозу [87]. Описані хірургічні техніки трансферу ВАМГК з контра- та іпсилатеральної кінцівки [47, 95].

Хірургічна методика лікування УПВГК із використанням ВАМГК дозволяє отримати до 100 % консолідації і може виконуватись навіть у дітей віком від 1 року [34]. Проте її виконання потребує мультикомандного підходу із залученням судинного хірурга і, відповідно, мікрохірургічного інструментарію. Такі втручання є технічно складним тому наразі методика використовується у обмеженій кількості центрів світу [35]. До специфічних ускладнень методу відносять формування вальгусної деформації надп'яткового суглобу на стороні забору аутотрансплантату, що за різними оцінками можуть спостерігатись у 64 % випадків.

1.4.6 Хірургічне лікування методикою «індукованої мембрани» (техніка Masquelet)

Хірургічна методика «індукованої мембрани» запропонована Masquelet A.C. передбачає проведення двох хірургічних втручань: по-перше – це резекція патологічно змінених тканин у зоні УПВГК із встановленням цементного спейсеру у зоні пострезекційного дефекту, кістки

гомілки тимчасово стабілізуються за допомогою металоостеосинтезу [64]. Друге втручання, виконується через 6–8 тижнів – це час необхідний для формування біологічно активної мембрани, т.зв. «індукованої мембрани» (рис. 1.5).

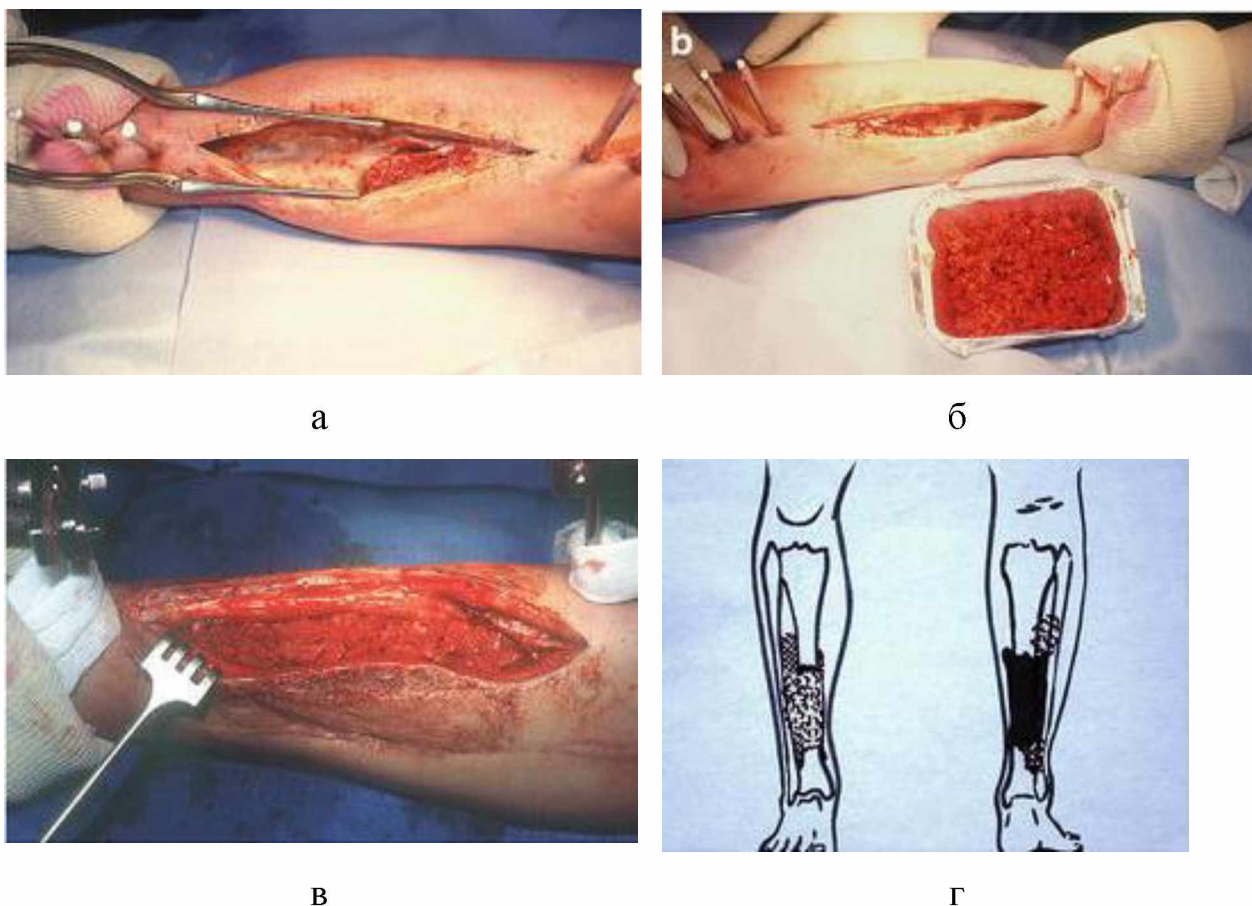


Рисунок 1.5 –передопераційний вигляд мембрани безпосередньо перед заповненням порожнини (а); морцелізований губчатий кістковий трансплантат, фрагменти якого мають бути якомога менші. Альвеолярна структура губчатої кістки забезпечує швидку реваскуляризацію (б); порожнину заповнено. Шовний блок мембрани та підшкірної клітковини призводить до утримання системи (в); принципи реконструкції гомілки із встановленням цементного спейсеру у зоні пострезекційного дефекту (г). Ілюстрація взята з (Orthopedic Clinics of North America, 41 (1), Masquelet AC, Begue T, The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects, 27–37) [64].

Втручання передбачає видалення спейсеру та пластику дефекту ауто- або алокісткою. В сучасній літературі описані результати лікування

18 пацієнтів. Перевагами хірургічної методики є можливість її використання навіть у пацієнтів, яким попередньо вже проводилось хірургічне лікування, що не було ефективним, та можливість заміщення достатньо великих дефектів (до 8 см). Недоліками є необхідність двічі проводити хірургічне втручання, тривалість лікування та достатньо висока частота рефрактур після досягнення консолідації у зоні УПВГК.

1.4.7 Методики кісткової пластики при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей

Однією з головних умов для досягнення консолідації кісток у випадку УПВГК є резекція патологічно змінених тканин у зоні УПВГК, з чим погоджується переважна більшість авторів [18, 33, 48, 82]. На сучасному етапі, чітких критеріїв визначення обсягу резекції патологічно зміненого окістя та кістки не існує. При цьому Ippolitto E. зі співавт. були одними з перших, хто детально дослідили та описали гістопатологічні зміни тканин у зоні псевдоартозу. Цілим рядом дослідників було доведено, що біологія м'яких тканин (гамартоми та періостального шару в зоні УПВГК є зміненою. Cho T. зі співавт., також виявили, що клітини окістя в зоні УПВГК [29], мають збільшену остеокластичну активність, та схильність до зменшення продукції BMP-2 [80]. Зміни кісткової тканин менш досліджені, і більшість авторів констатує склеротичні зміни кісткових фрагментів у зоні УПВГК та важливість їх економної резекції. Після виконання ретельної хірургічної обробки у зоні УПВГК формується дефект тканин, який підлягає виконанню кісткової пластики. Розроблено кілька способів кісткової пластики після виконання резекції зони УПВГК: вільна кісткова аутопластика, яка використовується переважною кількістю хірургів та невільна, з використанням васкуляризованих кісткових трансплантатів) [21, 28, 91]. Остання має ряд переваг, проте обмежено застосовується через технічні складнощі та необхідність виконання мікрохірургічних технологій [84].

Одним з сучасних підходів до виконання вільної кісткової пластики для заміщення сегментарних дефектів кісток, є використанням, так званої, «обгорнутої» кісткової пластики (перекл. з англ. «wrapped» bone grafting technique) [62]. Суть такої методики полягає у використанні губчастої кістки, що додатково обгортається у механічний пристрій: титанова сітка, чи (або) біологічний/синтетичний матеріал: періост, людський морфогенетичний протеїн BMP-2 [46]. Використання зазначеної методики показало свою ефективність при лікуванні сегментарних кісткових дефектів посттравматичної та іншої етіології [85].

Відомо, що на процес консолідації кістки при виконанні кісткової пластики впливають декілька факторів, серед яких: властивості трансплантованого матеріалу, біологічні умови у реципієнтному «ложі», механічні фактори, такі як стабільність положення фрагментів та їх рухливість у зоні пластики кісткового дефекту та інші особливості організму [61, 69]. Наразі губчаста кістка залишається «золотим стандартом» при виконанні кісткової пластики, хоча на сьогодні розроблена та доступна велика кількість синтетичних замінників та стимуляторів остеогенезу [52, 72, 78, 81, 97]. Вважається, що реципієнтне ложе та біомеханічні умови в зоні трансплантованої кістки є найважливішими факторами, що визначають реваскуляризацію, консолідацію та ремоделювання трансплантованої кістки [67, 79]. Hertel та ін. продемонстровано важливість ложа трансплантата, показуючи, що велика кількість губчастого кісткового ауто трансплантата, розміщеного в погано васкуляризованому місці [45].

Наразі відсутні роботи, які б досліджували фактори, що впливають на резорбцію кісткових трансплантатів при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей із наступним використанням кісткової пластики в зоні пострезекційного дефекту.

1.4.8 Ампутація

Ставлення до ампутації, як до методу хірургічного лікування УПВГК у дітей, значно відрізняється у різних частинах світу та навіть медичних центрах всередині розвинутих країн. Ампутація, як метод хірургічного лікування при УПВГК у дітей, рядом авторів сприймається як паліативна методика, що виконується у випадках неефективності реконструктивних втручань [96], а іншими, як один із дієвих способів первинного хірургічного лікування, що дозволяє уникнути багаторазових хірургічних втручань [94]. Кілька досліджень продемонстрували, гарні функціональні результати, швидку адаптацію та високу якість життя у дітей, яким ампутація виконана, з приводу різної патології (травми, онкологічні захворювання, тощо) [43]. Karol дослідив функцію ходи у дітей із УПВГК, після хірургічного лікування та дійшов висновку, що функціональні результати після ампутації стопи схожі із такими після проведення стандартного хірургічного лікування.

Сучасні погляди на покази до ампутації при УПВГК сформульовані McCarthy [66]: 1) неможливість досягти консолідації після мінімум 3-х хірургічних втручань; 2) наявність значного вкорочення (більше 5,0 см) і значна деформація стопи та гомілки із порушенням опорної функції кінцівки. Серед технік ампутацій стопи, що використовуються у пацієнтів із УПВГК можна відзначити методики Boyd [24] та Syme [41, 68]. Ці 2 хірургічні техніки вирізняються за рівнями виконання ампутації. Ампутація за Syme передбачає резекцію стопи та формування культі із використанням лоскута шкіри плантарної поверхні стопи зі збереженням дистальної наросткової зони великогомілкової кістки, у той час, як техніка Boyd – передбачає резекцію стопи, таранної кістки із формуванням артрорезу між п'ятковою та великогомілковою кістками (рис. 1.6). При цьому, лікування безпосередньо УПВГК у таких випадках проводиться із використанням стандартних підходів (резекція патологічних тканин зони псевдоартрозу, кісткова аутопластика матеріалом, отриманим з ампатованих кісток та

інтрамедулярна фіксація). Пацієнтам виготовляється протез та дозволяється раннє осьове навантаження. Як показано кількома дослідженнями, показники консолідації УПВГК після ампутації стопи сягають від 0 до 90%, при цьому функціональність та опорність оперованої кінцівки не залежить від рентгенологічної картини консолідації [49].



Рисунок 1.6 – Схематичне зображення ампутації стопи: а) по Syme; б) по Boyd

Відсоток ампутацій кісток гомілки при УПВГК у дітей значно знизився за останні 30 років, що в цілому свідчить про покращення результатів хірургічного лікування зазначеної патології.

1.4.9 Ускладнення хірургічного лікування УПВГК у дітей

Одним з найважливіших ускладнень хірургічного лікування УПГК у дітей є незрощення, частота цього ускладнення сягає від 15 % до 55 % за різними даними. Аналіз ефективності кожної з методик хірургічного лікування є ускладненим, через відсутність уніфікованого протоколу виконання хірургічного втручання, застосуванням різних металофіксаторів та типів стабільності (відносна/абсолютна), що досягаються з їх використанням [65].

Причинами незрощення, в першу чергу, є біологічні особливості тканин у зоні УПВГК [41]. Саме тому, історично, методики що передбачали закритий синтез кісток гомілки, чи виконання компресії фрагментів, без резекції патологічно зміненого окістя та м'яких тканин між фрагментами

кісток, т.зв. гамартоми, мали незадовільно низький відсоток консолидації УПГК [54].

Іншим, важливим ускладненням, є повторні переломи, після досягнутої первинної консолидації, частота рефрактур сягає до 60 %. Рефрактура УПГК може виникнути навіть у віддаленому періоді, тобто навіть через 2-3 роки, після успішно проведеного хірургічного лікування. Точний аналіз причини рефрактур у зоні УПГК у літературі відсутній [83]. Серед можливих чинників також розглядається порушення біології кісткової тканини м'яких тканин у зоні попереднього псевдоартрозу, наприклад, через зміни динамічної рівноваги між функцією остеобластів та остеокластів [29]. Іншим чинником є біомеханічні умови, що наприклад, має місце при використанні різних методик фіксації. Так, серед пацієнтів, у яких використано інтрамедулярний фіксатор і існує «профілактичне» шинування кістки частота рефрактур нижча. Ще одним прикладом рефрактур, є ті, що формуються після спроби корекції залишкових деформацій або після спроби подовження, для виправлення різниці у довжині кінцівки [53].

Більш рідкі ускладнення це інфекційні і, так звані, ускладнення пов'язані із металофіксатором («відмова металофіксатора»), їх частота сягає до 10 % та 15 % відповідно [70].

Ще одним специфічним видом ускладнень хірургічного лікування УПГК у дітей є ускладнення пов'язані із донорською зоною (з англ. «donor site morbidity») – це вальгусна деформація гомілково-ступневого суглобу на місці забору трансплантату, що відмічається при хірургічному лікуванні із використанням васкуляризованого ауто трансплантату малогомілкової кістки [59].

Наступне ускладнення, пов'язане із донорською зоною – це хронічний больовий синдром у ділянці забору кісткового ауто трансплантату з крила та надацетабулярної ділянки тазу [25].

Обмеження рухів у гомілково-ступневому суглобі зазвичай зникає після видалення інтрамедулярного фіксатору та демонтажу АЗФ, але з часом може з'являтися біль у гомілково-ступневому суглобі, причинами якого є дегенеративні зміни суглобу. Зазвичай лікується консервативними методами [51].

Висновки до розділу 1

УПВГК – захворювання, що досить рідко зустрічається та має широкий спектр проявів від прогресуючої антекурваційної деформації гомілки до незрощення із дефектом кісткової тканини. Патологічні біологічні зміни у ділянці УПВГК обумовлені впливом патологічно зміненого окістя, що формує фіброзну гамартому та відповідає за порушення біомеханічні властивостей кісткової тканини.

Основним методом лікування УПВГК є хірургічний. Аналіз літератури демонструє велику кількість хірургічних методик, що активно використовуються та продовжують вдосконалюватися у світі. Найбільш уживаними є метод Ілізарова, лікування із застосуванням інтрамедулярних фіксаторів, хірургічні методики із використанням васкуляризованого аутотрансплантату малогомілкової кістки, методика «індукованої мембрани».

Досліджень, які б порівнювали ефективність різних методик чи металофіксаторів наразі небагато, більшість досліджень представлені у форматі ретроспективного аналізу клінічної виборки. Це пояснюється рідкістю захворювання та відсутністю уніфікованих підходів до вибору методики хірургічного лікування. Основною метою хірургічного лікування УПВГК є досягнення консолідації у зоні псевдоартрозу, що має дозволити відновити опорність кінцівки. Недоліком всіх існуючих досліджень є фокусування на досягненні консолідації УПВГК і нехтування супутніми існуючими ортопедичними деформаціями кінцівки. Відсоток первинної консолідація УПВГК при застосуванні різних методик хірургічного лікування дуже варіює у різних дослідженнях становлячи від 60 % до 100 %.

Більшість методик має також значний відсоток ускладнень (незрошення та рефрактури), що вимагають проведення повторних хірургічних втручань.

Незважаючи на позитивні досягнення у питаннях досягнення первинної консолідації УПВГК, залишаються невирішеними питання обґрунтування оптимального методу фіксації УПВГК залежно від його локалізації (середня чи нижня третина гомілки) та типу і наявності супутнього ураження малогомілкової кістки. Потребують технічного вдосконалення існуючі інтрамедулярні фіксатори, що використовуються при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей.

Одним із цікавих і невирішених завдань є питання розробки та обґрунтування нових методик кісткової пластики зони УПВГК, які б дозволяли покращити умови для зрощення після виконання резекції патологічних тканин у зоні УПВГК та збільшити поперековий діаметр зони зрощення шляхом створення тібіофібулярного синостозу.

Зазначене питання може бути вирішено шляхом виконання біомеханічного моделювання УПВГК з первинною консолідацією після виконання різних хірургічних методик та в умовах наявності різних металофіксаторів

Потребує розробки алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей в залежності від локалізації великогомілкової кістки та характеру супутнього ураження малогомілкової кістки, а також аналіз та розробка алгоритму корекції супутніх деформацій кінцівки у дітей з УПВГК. Саме тому необхідно продовжувати дослідження у цій галузі медицини.

Дані розділу 1 висвітлено у наступній публікації:

1. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Сучасний стан проблеми діагностики та лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки. Ортопедія, травматологія та протезування; 2021,3:85-91.
DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872021385-91>.

РОЗДІЛ 2**МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ****2.1 Матеріали та загальний дизайн дослідження**

Дослідження проводились у клініці ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» (акредитаційний сертифікат (вища категорія) № 015211 від 19 квітня 2021 р., дійсне до 18 квітня 2024 р.).

В основу клінічної частини роботи покладений ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування 30 хворих із УПВГК, усім пацієнтам проведено хірургічне лікування у відділенні дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН» у період 1987–2021 рр. Під час аналізу матеріалів історій хвороб, виконано клініко-рентгенологічну оцінку ураженої кінцівки, функціональну оцінку за інтегральною шкалою AOFAS для стопи та гомілковоступневого суглобу. Зазначені параметри оцінювались до та після хірургічного лікування УПВГК у дітей. Також проведено аналіз ускладнень хірургічного лікування.

Другою частиною власних досліджень стали біомеханічні дослідження, які передбачали математичне моделювання різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки при вродженому псевдоартрозі кісток гомілки з використанням методу кінцевих елементів.

Наступною частиною досліджень стали експериментальне вивчення особливостей перебудови кісткових кортикально-губчастих трансплантатів при виконанні кісткової пластики сегментарного дефекту кісток гомілки при виконанні різних методик кісткової пластики (вільна та «обгорнута» методика кісткової пластики) та використанні різних способів їх остеосинтезу.

Заключна частина роботи складалась з розробки удосконаленого ІТФ, розробки та обґрунтування методики «обгорнутої» металокісткової аутопластики для хірургічного лікування УПВГК у дітей, а також розробки

алгоритму хірургічного лікування УПВГК у дітей з урахуванням локалізації та супутнього ураження малогомілкової кістки.

2.2 Методи клінічних досліджень

Обстеження пацієнтів проводили відповідно до загальноприйнятих методик клінічних досліджень [64]. Виконували опитування та визначення визначали скарги хворих та скарги зі сторони батьків, збирали анамнез життя та захворювання. Зазвичай хворі та їх батьки скаржилися на деформацію, відчуття невпевненості при навантаженні на кінцівку, її вкорочення та помірний больовий синдром, особливо після фізичної активності. Під час вивчення анамнестичних даних уточнювали час виникнення, динаміку розвитку деформації та вкорочення гомілки, отримували інформацію про вік у якому виявлено УПВГК та проведені діагностичні генетичні та променеві методики дослідження. При зборі інформації про сімейний анамнез відмічали наявність нейрофіброматозу у батьків та родичів першої і другої лінії.

Огляд хворого розпочинали з оцінювання статури пацієнта (пропорційна, різомелія, мезомелія), визначення зросту з оцінкою за центильними інтервалами відповідно до віку. Проводили оцінку наявності пігментних плям на шкірі тулуба та кінцівок (плям кольору «кави з молоком») [42]. Візуальне оцінювання осьових параметрів і форми нижніх кінцівок проводили під час огляду спереду та збоку для визначення фронтальних (варусна чи вальгусна) або сагітальних (антекурвація чи рекурвація) деформацій колінного суглоба. За допомогою гоніометра та ортопедичної рулетки визначали клінічний тібіофemorальний кут (рис. 2.1), міжвиросткову та міжкісточкову відстані.

Відповідно до сучасних стандартів у дітей за наявності фізіологічної варусної деформації колінних суглобів міжвиросткова відстань становить менш ніж 6,0 см, а у випадку наявності фізіологічної вальгусної деформації колінних суглобів міжкісточкова відстань становить менше ніж 8,0 см. Відхилення зазначених показників свідчить про патологічний характер

деформації колінних суглобів у дитини та потребує проведення подальшого диспансерного спостереження і виконання етапних рентгенологічних досліджень [20].

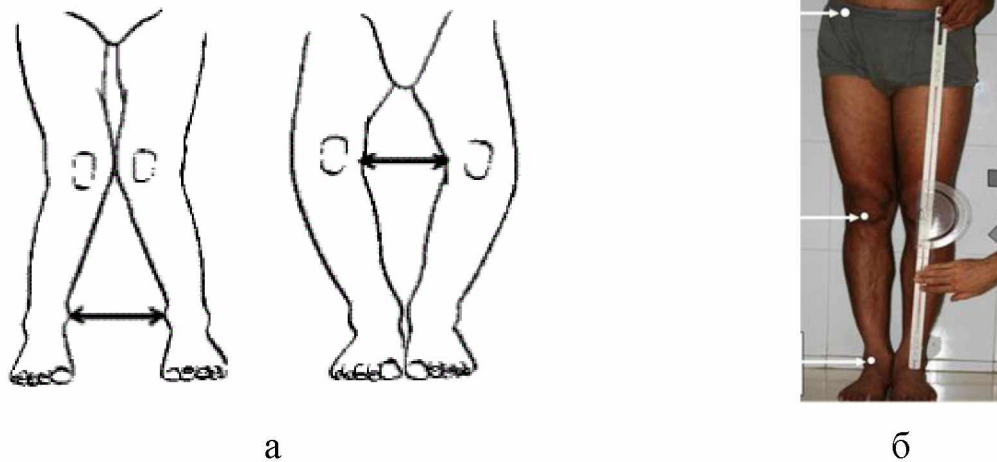


Рисунок 2.1 – Клінічне дослідження осьових параметрів нижніх кінцівок у дітей: а) схема визначення міжкісточної та міжвиросткової відстані; б) фотоілюстрація визначення $ТФК_{кл.}$

У всіх пацієнтів оцінювали ходьбу, використання додаткових засобів пересування та опори, наявність фіксуючого ортезу та компенсаторів вкорочення (устілки, спеціальне взуття). Додатково визначали стабільність зв'язкового апарату колінного суглоба (фронтальну, сагітальну), наявність патологічної рухливості на рівні ураженої гомілки, а також біль під час пальпації в ділянці УПВГК та колінного суглоба. Аналізували пасивний і активний обсяг рухів у суглобах нижньої кінцівки.

Різницю довжини нижніх кінцівок оцінювали шляхом визначення перекосу таза та посегментного визначення довжини нижніх кінцівок відповідно до загальноприйнятих методик.

Для оцінки функціонального стану стопи та гомілковостопного суглобу було обрано тестову систему – Foot and Ankle Outcome Score (FAOS). Зазначена шкала є одним з валідизованих інструментів оцінки у дітей з УПВГК [38] і дозволяє провести інтегральну оцінку больового синдрому (9 пунктів) та інших симптомів (7 пунктів), функцію кінцівки у повсякденному

житті (17 пунктів), функцію кінцівки під час підвищеної активності (5 пунктів), загальну якість життя, що пов'язана з патологією стопи /гомільковоступневим суглобом (4 пункти). Показники варіюються від 0 до 100, де оцінка 0 вказує на найгірші можливі симптоми, а 100 – на відсутність симптомів з боку нижньої кінцівки. Детально опитувальник FAOS наведений у Додатку А.

Клінічне обстеження дало змогу виявити патологічні зміни ураженої кінцівки у пацієнтів з УПВГК, а саме, супутніх деформацій та вкорочення сегментів кінцівки, асоційований нейрофіброматоз, а також оцінити анатомо-функціональний стан ураженої кінцівки, шляхом інтегральної оцінки за опитувальником FAOS.

2.3 Променеві методи дослідження пацієнтів

Променеві методи дослідження (рентгенографія, магнітно-резонансна та комп'ютерна томографія) відіграють провідну роль у діагностиці УПВГК у дітей, мають важливе значення для оцінки супутніх деформацій кінцівки та є визначальними для оцінки динаміки у зоні ураження, зокрема у післяопераційному періоді.

Протокол рентгенологічного та рентгенометричного дослідження в пацієнтів із УПВГК

Стандартний протокол рентгенологічного обстеження дітей із УПВГК передбачає рентгенографію обох нижніх кінцівок на всій довжині в положенні двохопного стояння з правильною орієнтацією надколінка (звернені вперед). Центральний рентгенівський промінь направляють на суглобову щілину на від 1,5 см до 2,0 см нижче верхівки надколінка. Фокусна відстань має дорівнювати від 1,4 м до 1,2 м. Рентгенометричний аналіз отриманих зображень з оцінюванням кутових параметрів колінного суглоба проводили відповідно до протоколу, запропонованому Dr. Paley (рис. 2.2) [75, 76].

Згідно із зазначеними протоколами визначали наступні показники:

- mL DFA (скор. з *англ.* mechanical lateral distal femoral angle) – латеральний кут нахилу суглобової поверхні дистального епіфіза стегнової кістки по відношенню до механічної осі нижньої кінцівки, в нормі становить $87^{\circ} \pm 3^{\circ}$;
- MPTA (скор. з *англ.* medial proximal tibial angle) – медіальний проксимальний кут великогомілкової кістки по відношенню до механічної осі, в нормі становить 87° ($87^{\circ} \pm 3^{\circ}$);
- LD TA (скор. з *англ.* lateral distal tibial angle) – латеральний дистальний кут великогомілкової кістки по відношенню до механічної осі.

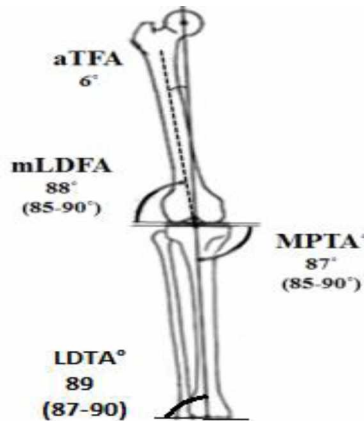


Рисунок 2.2 – Схема оцінювання деформації колінного суглоба: визначення кутових параметрів орієнтації суглобових поверхонь кісток по відношенню до механічної осі нижньої кінцівки з універсальною номенклатурою за Dr. Paley [75]

Ці показники найчастіше використовують у світовій ортопедичній практиці для опису результатів та динамічної зміни осьових деформацій нижніх кінцівок [25].

Також на рентгенограмі визначали тип УПВГК за Crawford та Paley, форму кісткових фрагментів, наявність супутнього псевдоартрозу маломілкової кістки. За показаннями, при індивідуальному плануванні телескопічного фіксатору виконували комп'ютерну томографію (КТ), або магнітно-резонансну томографію (МРТ) [63].

2.4. Хірургічні методики лікування

Основною метою хірургічного лікування дітей із УПВГК є досягнення консолідації із відновленням опороспроможності кінцівки. Однак для повноцінного відновлення функції кінцівки важливою є також корекція патологічних вторинних деформацій та вкорочення нижньої кінцівки.

Враховуючи сучасний розвиток малоінвазивних хірургічних технік корекції деформацій та довжини нижніх кінцівок ми використовували техніки, що впливають на наросткові зони кісток, тобто «керований ріст», як частину комплексного лікування пацієнтів із УПВГК.

Таким чином, хірургічні втручання, що виконувались пацієнтам із УПВГК були розділені на 3 категорії:

- хірургічні втручання спрямовані на консолідацію УПВГК;
- хірургічні втручання виконані через ускладнення (незрощення, порушення цілісності металофіксатору та ін.);
- реконструктивні хірургічні втручання спрямовані на корекцію вторинних ортопедичних порушень ураженої кінцівки (деформацій, вкорочення нижньої кінцівки).

2.4.1 Хірургічне лікування УПВГК із застосуванням АЗФ

Як було зазначено, обов'язковим аспектом лікування УПВГК на першому етапі є виконання диференціальної клініко-рентгенологічної діагностики, що дозволяє отримати характеристики кутової деформації кісток ураженої кінцівки (визначення вершини деформації) та є основою для подальшого передопераційного планування лікування.

Дотепер найвикористованішою методикою лікування УПВГК у дітей залишалась методика корекції заснована на виконанні резекції зони хибного суглобу великогомілкової кістки без, або з виконанням ауто- або алопластики цієї зони та із наступною фіксацією кісткових фрагментів апаратом зовнішньої фіксації.

Методика із використанням апаратів зовнішньої фіксації досить досконало розроблена та протягом багатьох років використовується в ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України».

Техніка хірургічного втручання УПВГК із використанням АЗФ

В асептичних умовах, під спінальною анестезією, після обробки шкіри розчинами антисептиків у положенні хворого на спині виконується лінійний розріз шкіри довжиною до 10 см по передньо-боковій поверхні гомілки в проекції зони псевдоартрозу великогомілкової кістки. Пошарово розсікаються м'які тканини. Патологічні тканини зони хибного суглобу видаляють, виконують резекцію склерозовано змінених кінців великогомілкової та малогомілкової кісток. Наступний етап — видалення патологічних тканин між фрагментами великогомілкової та (або) малогомілкової кістки з резекцією склерозованих ділянок фрагментів кісток. Далі використовують (або ні) алло- або аутопоастику зони псевдоартрозу.

Через додаткові розрізи у в/3, с/3, н/3 гомілки із проколів шкіри скальпелем (1,0 см) за допомогою свердла 3,5 мм і дрилі виконується формування каналів у великогомілковій кістці та введення різьбових конічних стрижнів у відповідності до передопераційного планування. Проводиться попередня фіксація Г-подібних кронштейнів. Глибина та коректність введення стрижнів контролюється при рентгенографічному дослідженні. Через додатковий розріз 1,5 см за допомогою свердла та дрилі виконується остеотомія кістки на вершині деформації. Гостра, одномоментна корекція положення кісткових фрагментів. Стабілізація АЗФ за допомогою різьбових штанг. Рентгенологічний контроль. Остаточна стабілізація АЗФ. Рани промиваються розчинами антисептиків. Шви на рани. Асептичні пов'язки (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Рентгенологічний приклад лікування пацієнта із використанням АЗФ

У післяопераційному періоді іммобілізація оперованої кінцівки не проводилася, осьове навантаження на кінцівку дозволялось через 1 місяць. Середній термін перебування пацієнтів у стаціонарі склав – 21 день. Додаткове лікування після виписки зі стаціонару – остеотропні препарати та реабілітаційне лікування. Контрольний огляд пацієнтів проводився 1 раз на 14-15 днів, для клінічної та рентгенологічної оцінки динаміки зрощення кісток гомілки. Надалі рентгенологічне обстеження виконувалося 1 раз в 3-6 місяців. При досягненні зрощення проводили демонтаж АЗФ.

2.4.2 Хірургічне лікування УПВГК з використанням інтрамедулярного телескопічного стрижня

Техніка хірургічного втручання

Хірургічне втручання проводиться під спінальною анестезією, у положенні пацієнта на спині з використанням джгута в асептичних умовах операційної виконується лінійний розріз шкіри довжиною до 8 см по передній поверхні гомілки в проекції зони псевдоартрозу великогомілкової кістки. Пошарово розсікаються м'які тканини. Розсікається окістя та тканини навколо великогомілкової кістки. По латеральній поверхні, виділяючи великогомілкову кістку, потрібно бути обережним, адже великогомілкова

артерія та глибокий малогомілковий нерв можуть бути огорнуті фіброзною гемартомою. Гемартому виділяють та, зазвичай, видаляють шматками. Наступний етап — видалення патологічних тканин між фрагментами великогомілкової та (або) малогомілкової кістки з резекцією склерозованих ділянок фрагментів кісток. Далі під рентген-контролем виконується формування та підготовка кістково-мозкового каналу великогомілкової та малогомілкової кістки. Через додатковий розріз шкіри 1,0 см по передній поверхні області колінного суглобу проводять артротомію та формують і готують кістково-мозковий канал великогомілкової кістки. Першою встановлюють дистальну частину інтрамедулярного телескопічного стрижня з фіксацією у дистальному епіфізі блокованим елементом. Антеградно у підготовлений кістково-мозковий канал вводять проксимальну частину з фіксацією проксимального епіфіза блокованим елементом. Установка елементів фіксатора проводиться під рентген-контролем (рис.2.4). Джгут знято. Далі виконують лінійний розріз шкіри довжиною до 5 см в проекції передньої верхньої клубової ості. Пошарово розсікаються м'які тканини. Виділяють крило клубової кістки. Першим етапом виконують забір трансплантата окістя (він має бути прямокутної форми). Виділене окістя розсікають по типу “сітки” та прошивають його передній край двома швами.

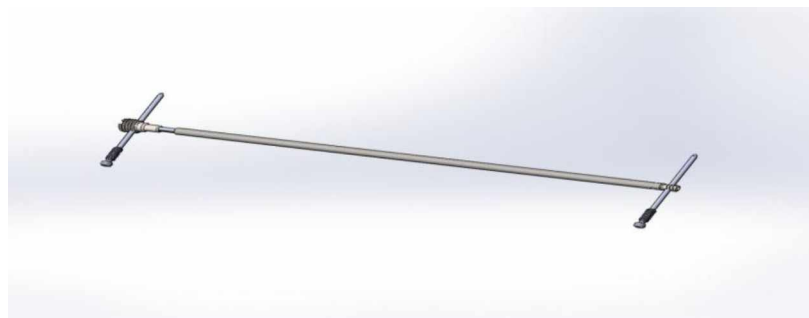


Рисунок 2.4 – Інтрамедулярний телескопічний фіксатор (оригінальна конструкція ІПХС) [7]

Прошитим окістям огортають кістки гомілки, шви, що зроблені заздалегідь закріплюють. Наступний крок – забір губчатої частини клубової кістки. Отриманий ауто трансплантат із крила клубової кістки потрібно розташувати у зоні псевдоартрозу кісток гомілки, дистально, проксимально

та по передній поверхні. За допомогою рентген-контролю перевірити правильне положення аутотрансплантату. За необхідності встановлюють дренаж. Рани пошарово ушивають.

У післяопераційному періоді проводиться іммобілізація оперованої кінцівки задньою гіпсовою шиною до в/3 стегна, осьове навантаження на кінцівку не дозволяється 3 місяці. Середній термін перебування пацієнтів у стаціонарі склав — 14 днів. Додаткове лікування після виписки зі стаціонару – остеотропні препарати та виготовлення індивідуальних ортезів для нижніх кінцівок, реабілітаційне лікування. Контрольний огляд пацієнтів проводиться 1 раз на місяць, для клінічної та рентгенологічної оцінки динаміки зрощення кісток гомілки. Надалі рентгенологічне обстеження виконувалося 1 раз в 3-6 місяців (рис.2.5).



Рисунок 2.5 – Рентгенологічний приклад лікування пацієнта із використанням інтрамедулярного телескопічного фіксатора (оригінальна конструкція ІПХС)

2.4.3 Хірургічні техніки «обгорнутої» кісткової пластики кортикально-губчастим трансплантами із використанням титанової сітки

Важливим елементом хірургічного лікування, спрямованим на досягнення первинного зрощення УПВГК у дітей є кісткова пластика. Виконанню кісткової пластики передують обширне видалення патологічно

зміненої сполучної тканини у міжвідламковому просторі, широке видалення зміненого окістя та міжкісткової мембрани, а також економна резекція змінених кісток відкриття кістково-мозкового каналу і максимально точна адаптація кісткових фрагментів

Місцем забору кортикально-губчастих кісткових аутотрансплантатів у дітей з УПВГК є крило клубової кістки. Враховуючи необхідність забору великої кількості кістки, забір трансплантатів виконували відповідно запропонованої техніки деканселізації тазу (з англ. «pelvic decancelization») що полягає на розщепленні двох кортикальних шарів клубової кістки, та забору губчастої кісткової тканин із надацетабулярної ділянки тазу та з сідничної кістки. Додатковою модифікацією методики, яку ми використовували була резекція кортикальної пластинки клубової кістки, яку виконували з внутрішньої поверхні тазу в порожнині малого тазу .

Для створення «обгорнутої» кісткової пластики, була використана перфорована титанова сітка із розміром «отворів» – 0,8 мм (рис 2.6, а). Сітка розміщувалась навкруги великогомілкової та малогомілкової кісток обгортаючи їх циркулярно в єдиний блок (рис 2.6, б).

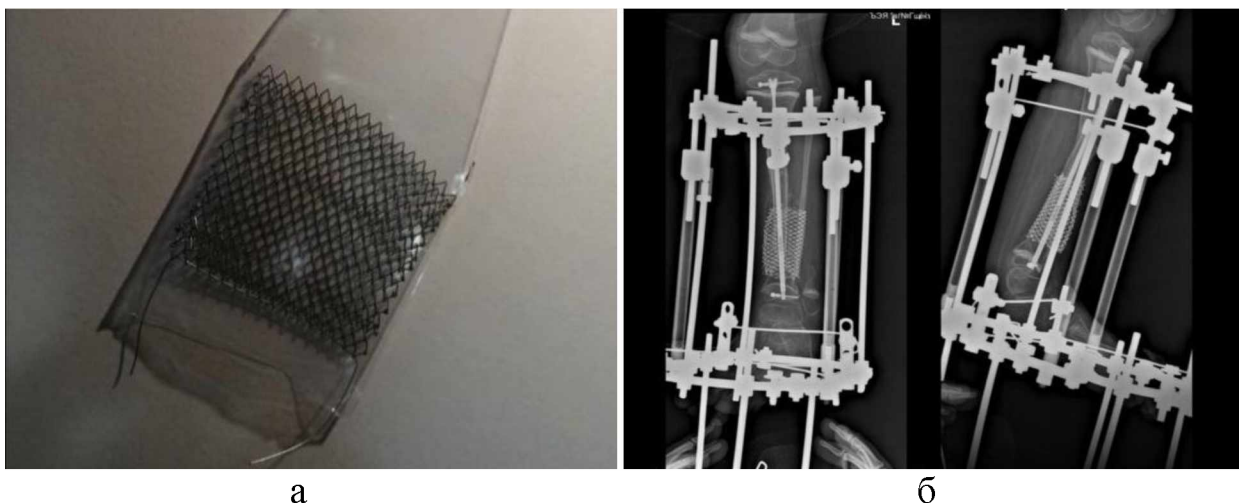


Рисунок 2.6 – фото зовнішнього вигляду титанової сітки (а) та фотовідбитки рентгенограми дитини, де використана «обгорнута» техніка кісткової аутопластики при хірургічному лікуванні УПВГК (б) у пацієнта К. (історія хвороби № 98378)

З огляду на виявлену під час аналізу рентгенологічних даних тенденцію до зменшення обсягу та щільності кісткового трансплантату після хірургічного лікування УПВГК у дітей, нами проведено оцінку змін обсягу та щільності кісткових ауто трансплантатів за умов вільної та «обгорнутої» техніки кісткової пластики сегментарного дефекту кісток гомілки за умов різних видів їх остеосинтезу за даними КТ дослідження у експериментальних тварин.

Дослідження проводилося на базі лабораторії ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України»: морфології сполучної тканини (Свідоцтво про відповідність системі вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 01-0018/2023 від 14 березня 2023 р., чинно до 14 березня 2026 р.).

2.4.4 Хірургічні техніки «обгорнутої» кісткової пластики кортикально-губчастим трансплантами із використанням титанової сітки

Техніка хірургічного втручання

Хірургічне втручання проводиться під спінальною анестезією, у положенні пацієнта на спині з використанням джгута в асептичних умовах операційної виконується лінійний розріз шкіри довжиною до 8 см по передній поверхні гомілки в проекції зони псевдоартрозу великогомілкової кістки. Пошарово розсікаються м'які тканини. Розсікається окістя та тканини навколо великогомілкової кістки. По латеральній поверхні, виділяючи великогомілкову кістку, потрібно бути обережним, адже великогомілкова артерія та глибокий малоомілковий нерв можуть бути огорнуті фіброзною гамартомою. Гамартому виділяють та, зазвичай, видаляють шматками. Наступний етап — видалення патологічних тканин між фрагментами великогомілкової та (або) малоомілкової кістки з резекцією склерозованих ділянок фрагментів кісток. Далі під рентген-контролем виконується формування та підготовка кістково-мозкового каналу великогомілкової та

малогомілкової кістки. Через додатковий розріз шкіри 1,0 см по передній поверхні області колінного суглобу проведено артротомію та формування і підготовка кістково-мозкового каналу великогомілкової кістки. Першою встановлюють дистальну частину інтрамедулярного телескопічного стрижня з фіксацією у дистальному епіфізі блокованим елементом. Антеградно у підготовлений кістково-мозковий канал вводять проксимальну частину з фіксацією проксимального епіфіза блокованим елементом. Установка елементів фіксатора проводиться під рентген-контролем. Джгут знято.

Далі проводиться забір кісткового кортикально-губчастого ауто трансплантату, відповідно описаній вище методиці. Вимірюється та вирізається металева титанова сітка необхідного розміру. Сітка заводиться та обгортається навколо кісток гомілки, трансплантат рясно викладається у ділянці міжкісткового простору на значному протязі вище та нижче зони УПВГК. Протяжність кісткової пластики, як і розміри сітки, визначаються розміром міжкісткового дефекту, та кількістю ауто трансплантатів. За необхідності виконується додаткова резекція малогомілкової кістки, що дозволяє максимально зменшити міжфрагментарний дістаз великогомілкової кістки. Рани пошарово ушивають.

Наступним етапом виконують накладення двокільцевого апарату Ілізарова. Спиці мають бути розташовані паралельно великогомілковій кістці в обох площинах. У верхній третині великогомілкової кістки проводять дві спиці та через п'яткову та таранну кістку зазвичай проводять три спиці. Кільця зв'язують між собою штангами, та проводять "стиснення". Під стопу встановлюють третє порожнє кільце для дефункціонування стопи, щоб крізь неї не виникало тягаря. Для підтримання підшви використовують пластикову шину. Виконують остаточний рентген-контроль (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Рентгенологічний приклад лікування пацієнта із використанням комбінованої методики

У післяопераційному періоді іммобілізація оперованої кінцівки не проводилася, осьове навантаження на кінцівку дозволялось через 1 місяць. Середній термін перебування пацієнтів у стаціонарі склав – 14 днів. Додаткове лікування після виписки зі стаціонару - остеотропні препарати та реабілітаційне лікування.

Контрольний огляд пацієнтів проводився 1 раз на 14–15 днів, для клінічної та рентгенологічної оцінки динаміки зрощення кісток гомілки. Надалі рентгенологічне обстеження виконувалося 1 раз в 3–6 місяців. При досягненні зрощення проводилося демонтаж апарату Ілізарова.

2.4.5 Хірургічне лікування вторинних ортопедичних порушень ураженої кінцівки

Хірургічна корекція вторинних ортопедичних порушень ураженої кінцівки передбачала лікування супутніх кутових епіметафізарних деформацій у ділянці колінного суглобу та гомілково-ступневого суглобу із використанням загальноприйнятої в Інституті техніки тимчасового однобічного блокування пластиною з гвинтами [1].

Корекцію вкорочення сегментів нижньої кінцівки виконували вже після досягнення первинної консолідації у зоні попереднього УПВГК.

Найбільш частим методом, що використовувався був дистракційний остеогенез у АЗФ [15].

Обидві зазначені методики є загальноприйнятими і детально висвітлені у відповідних наукових працях співробітників Інституту [8, 13, 15, 58].

2.5 Експериментальне КТ-дослідження щільності та об'єму кісткових трансплантатів при виконанні вільної та «обгорнутої» техніки кісткової пластики сегментарного дефекту кісток гомілки за умов різних видів їх остеосинтезу

З огляду на виявлену під час аналізу рентгенологічних даних тенденцію до зменшення обсягу та щільності кісткового трансплантату після хірургічного лікування УПВГК у дітей, нами проведено оцінку змін обсягу та щільності кісткових ауто трансплантатів за умов вільної та «обгорнутої» техніки кісткової пластики сегментарного дефекту кісток гомілки за умов різних видів їх остеосинтезу за даними КТ дослідження у експериментальних тварин.

Дослідження проводилося на базі лабораторії ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України»: морфології сполучної тканини (Свідоцтво про відповідність системі вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 01-0018/2023 від 14.03.2023 р., чинно до 14.03.2026 р.), у відділі транспланталогії та експериментального моделювання з експериментально-біологічною клінікою (Свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012-2005 № 01-0019-2023 від 14.03.2023 р., чинно до 14.03.2026 р.).

В експерименті проведено хірургічні втручання на 9 безпородних кролях-самцях віком 2 міс. з середньою масою тіла ($1,2 \pm 0,2$) кг. При роботі з тваринами дотримувалися вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей та закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження»

[2]. Протокол проведення експериментів на тваринах затверджений Комітетом з біоетики Харківського національного медичного університету на засіданні, яке проходило в дистанційному форматі на платформі Google Meet (протокол № 16 від 07.02.2024 р.).

Суть експерименту полягає в дослідженні впливу різних видів остеосинтезу (тобто різної стабільності) та різних способів кісткової пластики (вільна чи «обгорнута») на швидкість резорбції кортикально-губчастих кісткових аутотрансплантатів в зоні створеного сегментарного дефекту кісток гомілки кролів.

Валідність використання кролів, як експериментальної моделі для УПВГК підтверджена у попередніх експериментах J Wright та співавт. [98]. Експеримент передбачав моделювання сегментарного дефекту кісток гомілки, що виконувалось на 1 етапі, шляхом відкритої резекції фрагменту на рівні $c/3$ правої великогомілкової кістки довжиною до 1,5 см. (рис 2.8, а).

На другому етапі, через 2 тижні, виконувалась кісткова аутопластика сегментарного дефекту великогомілкової кістки кортикально-губчастим трансплантатом із крила клубової кістки. Отримані кортикально-губчасті трансплантати подрібнювались до однорідної фракції розміром 2–3,5 мм, використовуючи спеціальний подрібнювач. Для заповнення дефекту використовувалось (15 ± 5) г кісткових аутотрансплантатів, що вимірювалось за допомогою ваг.

Відповідно до методики виконання кісткової аутопластики сегментарного дефекту кісток гомілки виділено 2 групи тварин, кожна група налічувала по 3 тварини.

У Групі 1 виконано вільну кісткову пластику сегментарного дефекту кортикально-губчастими аутотрансплантатами із комбінованою фіксацією кісткових фрагментів гомілки спицею та LCP пластиною (рис 2.8, б).

У Групі 2 виконано методику «обгорнутої» металокісткової пластики кортикально-губчастими трансплантатами із додатковим використанням титанової сітки та аутологічного періоста «обгорнутих» навколо

сегментарного дефекту, із комбінованою фіксацією кісткових фрагментів гомілки спицею та LCP пластиною. (рис 2.8, в).

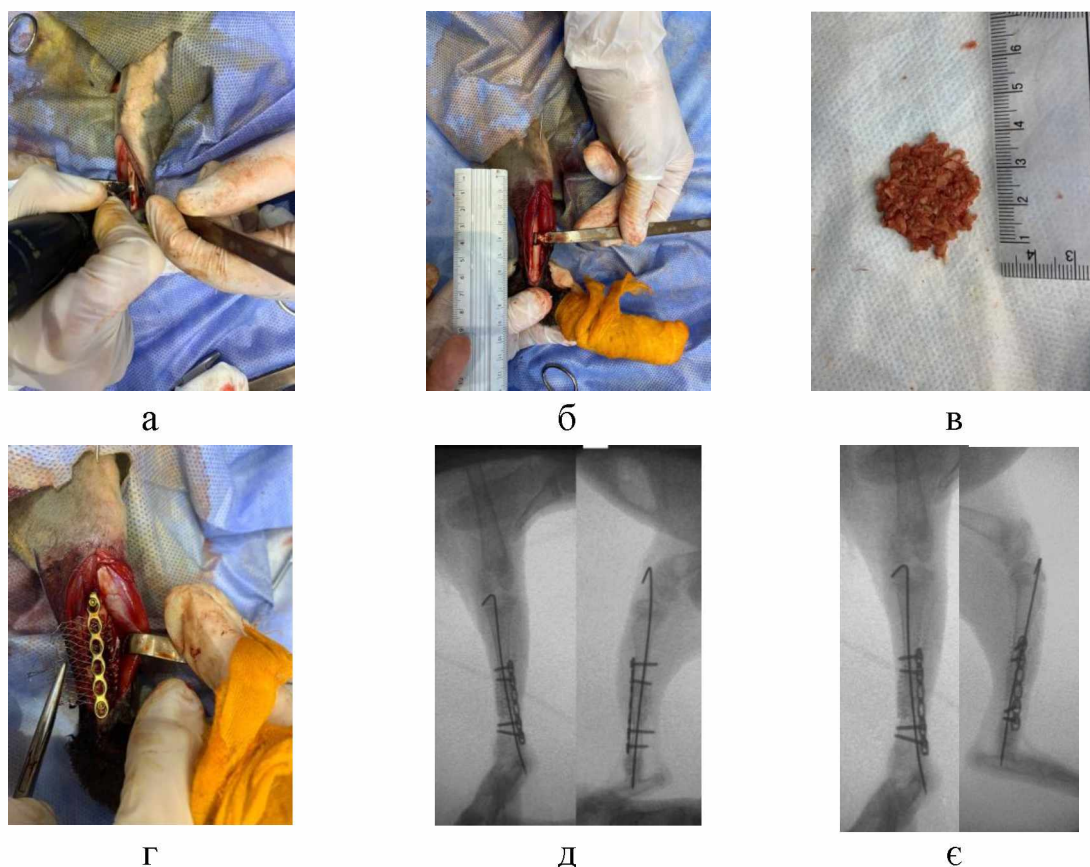


Рисунок 2.8 – Фотовідбитки етапів експерименту, зовнішній вигляд та фотовідбитки рентгенограм: а – етап резекції сегменту великогомілкової кістки; б – зовнішній вигляд – сегментарний дефект великогомілкової кістки кроля; в – змільчені кісткові ауто трансплантати з крила клубової кістки; г – етап виконання «обгорнутої» металокісткової аутопластики; д – рентгенограма кроля з Групи 1 – фотовідбиток рентгенограми комбінована фіксація кісток гомілки спицею та пластиною; е – фотовідбиток рентгенограми кроля із Групи 2 – комбінована фіксація кісток гомілки спицею, пластиною та техніка «обгорнутої» кісткової пластики.

Відповідно до протоколу експерименту, всім тваринам виконувалось КТ дослідження кісток гомілки через 4 та 7 тижнів після хірургічного втручання.

КТ дослідження виконувалось на апараті Phillips Medical Systems Brilliance CT 64-зрізової конфігурації під медикаментозною седациєю Кетаміном.

На серіях виконаних КТ досліджень кожній тварині виконано проведено оцінку об'єму кісткових трансплантатів (волюметричну оцінку) таблиця 2.1.

Таблиця 2.1

Волюметрична оцінка об'єму кісткових трансплантатів

Дані експерименту	Показники	
Кількість тварин	10	
Вік тварин	8 тижнів	
Вага тварин	1,5 + 0.4 кг	
Довжина дефекту, мм M+2SD	15 ± 2,5	12 ± 3
Спосіб аутопластики дефекту: - вільна - «обгорнута» металокісткова	Група 1	Група 2
	5	5
Кількість кісткових ауто трансплантатів (г) M+2SD	10 ± 2	10 ± 2
Метод фіксації кісток гомілки - комбінована фіксація спицею та LCP- пластиною	5	5

На серії виконаних КТ досліджень кожній тварині проведено волюметричну оцінку кількості/обсягу трансплантатів, а також проведено рентгенометричну оцінку щільності кісткових ауто трансплантатів в зоні виконаної кісткової пластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки експериментальних тварин в динаміці.

Волюметрична оцінка трансплантатів у зоні кісткової пластики в динаміці, а також оцінка кісткової щільності є стандартизованими дослідженнями, що використовується для оцінки параметрів їх резорбції [85].

Всі обчислення параметрів трансплантату на отриманих КТ-дослідженнях проводилось в програмі RadiAnt DICOM Viewer 2022.1 (64-bit), та в програмі Mimics (Materialise) що дозволяє роботу з 3D об'єктами.

Для обчислення кісткової щільності використовувався жорсткий Kernel режим (кісткове “вікно”) WW 1500, WL 800, показники отримані в одиницях Гаунсфілда (HU). Оцінка кісткової щільності виконувалась на оперованій та інтактній кінцівках у 7 зонах:

1) $ZD_{\text{ОПЕР}}$, $ZD_{\text{ІНТАКТ}}$ – кортикальний шар зони діафізу великогомілкової кістки на оперованій (на 1,0 см вище сегментарного дефекту) та інтактній кінцівці.

2) $ZKM_{\text{ОПЕР}}$, $ZKM_{\text{ІНТАКТ}}$ – ділянка кісткового мозку великогомілкової кістки на оперованій (на 1,0 см вище сегментарного дефекту) та інтактній кінцівці.

3) у 3х зонах в ділянці кісткової аутопластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки (ZKA_1 , ZKA_2 , ZKA_3) (рис. 2.9).

Виміри параметрів об'єму зони кісткової аутопластики експериментальних тварин виконувались незалежно 1 лікарем рентгенологом та 1 лікарем ортопедом-травматологом, які не були задіяні в експерименті. Для підвищення точності підрахунку об'єму кісткових трансплантів, виміри проводились повторно тричі, з інтервалом в 7 діб. Оцінка інтра- та міждослідницької похибки виконана для стандартизації вимірів об'єму по серійним КТ-дослідженням. Виконаний описовий статистичний аналіз епідеміологічних та морфологічних факторів у наявній експериментальній виборці.

Для оцінки непараметричних статистичних даних використаний критерій U Манна-Уїтні. Критерій $p < 0.05$ був обраний як статистично значущий. Для статистичної обробки даних використано програму Statistica 9.0.

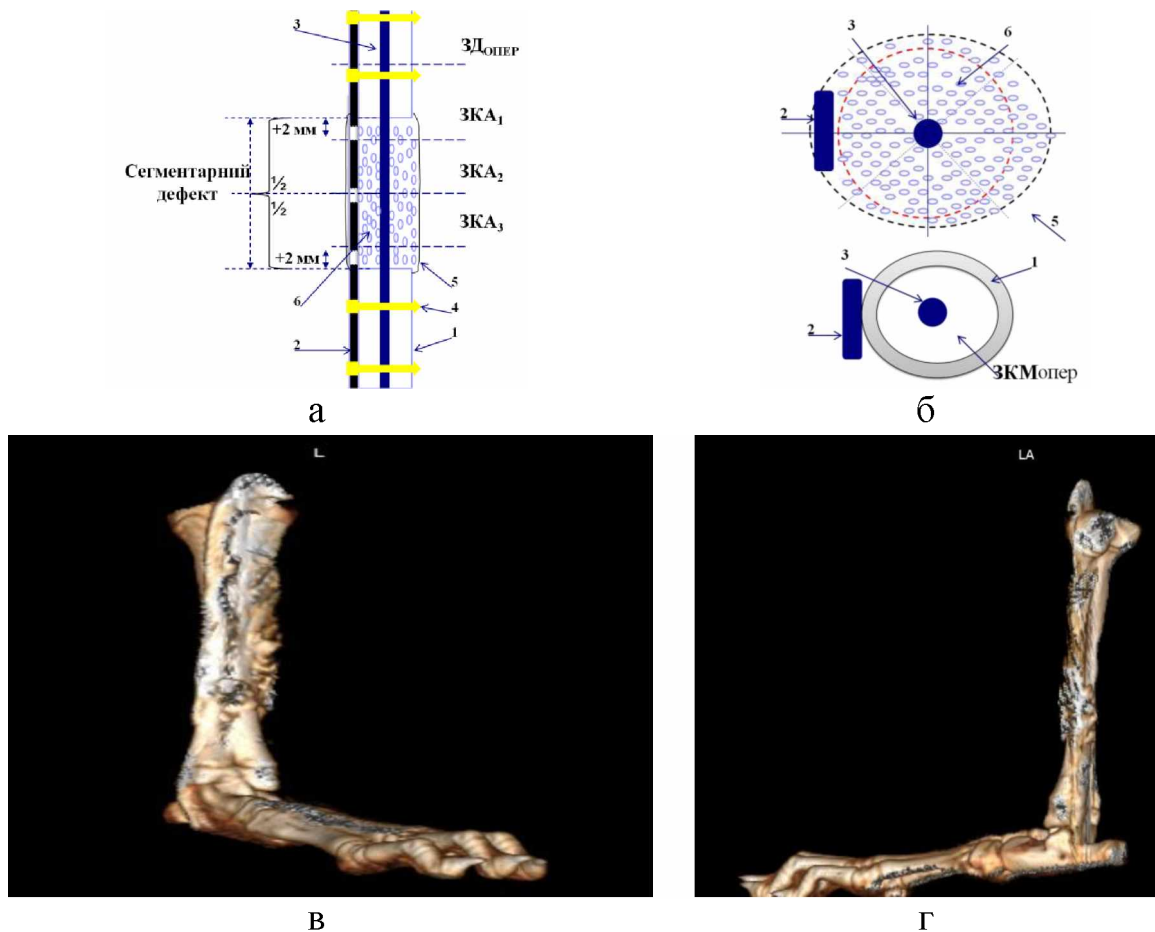


Рисунок 2.9 – Схематичне зображення зон великогомілкової кістки оперованої кінцівки тварини з Групи 2, з позначенням зон вимірювання щільності кісткових ауто трансплантатів та схема оцінки об'єму кісткових трансплантатів; а - схема у фронтальній проекції 1-великогомілкова кістка; 2 - LCP- пластина; 3 – спиця ; 4 - гвинт; 5 – титанова сітка; б - кісткові ауто трансплантати; б - схема у аксіальній проекції на рівні діяфізу оперованої великогомілкової кістки та на рівні кісткової аутопластики; в,г - схема оцінки об'єму ауто трансплантатів у зоні сегментарного дефекту великогомілкової кістки.

2.6 Математичне моделювання із порівняльним аналізом напружено-деформованого стану моделей хибного суглобу кісток гомілки та варіантів їх остеосинтезу

В лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» було виконане математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при УПВГК. Для вирішення поставленого завдання було побудовано модель дистального кінця нижньої кінцівки, яка містила великогомілкову та малоюмілкову

кістки, а також кісткові елементи стопи. Моделювали зону незрощення кісток гомілки в їх середній та нижній третинах та 3 варіанти остеосинтезу: інтрамедулярним стрижнем та шпинею; стрижнем, шпинею та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку; стрижнем, шпинею та блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки гомілки (рис. 2.10).

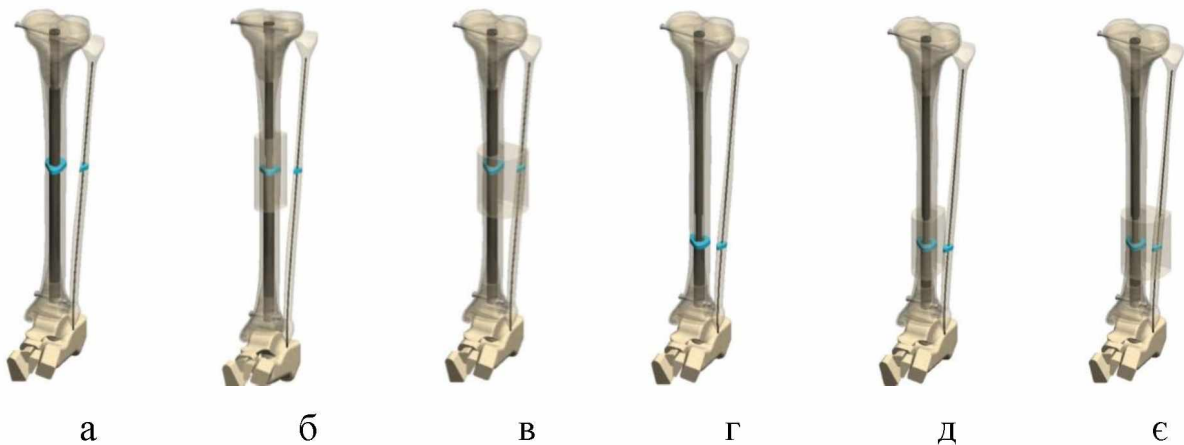


Рисунок 2.10 – Моделі гомілки з переломом обох кісток: а – в середній третині остеосинтез стрижнем та шпинею; б – в середній третині остеосинтез стрижнем та шпинею + блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку; в - в середній третині остеосинтез стрижнем та шпинею + блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки; г – в нижній третині остеосинтез стрижнем та шпинею; д – в нижній третині остеосинтез стрижнем та шпинею + блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку; е - в нижній третині остеосинтез стрижнем та шпинею + блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки.

Для остеосинтезу великогомілкової кістки моделювали 2 типи інтрамедулярних двохсегментних стрижнів з подовжньою рухомістю, яка надає можливість «росту» конструкції відповідно росту кісток гомілки: стрижень без ротаційної стабільності (типу Фасьє-Дюваль) та стрижень з ротаційною стабільністю конструкції ПХС.

В нашому дослідженні матеріал рахували однорідним та ізотропним. В якості скінченного елемента був обраний 10 вузловий тетраedr з квадратичною апроксимацією.

При обранні механічних властивостей біологічних тканин враховували той факт, що при вродженому псевдоартрозі кісткова тканина має низьку механічну міцність, а для блока кісткових трансплантатів обирають здорову кісткову тканину, що обумовлює різницю їх механічних показників. Властивості міжуламкового регенерату обирали, виходячи з того факту, що це новоутворена тканина, яка активно змінює власні властивості в процесі свого росту і формування від 0 до показників здорової кісткової тканини.

На якомусь початковому етапі свого формування він має модуль пружності 1,0 МПа. [9, 10]. Характеристики штучних матеріалів обирали за даними технічної літератури [19, 92, 93]. Використовували такі характеристики, як E – модуль пружності (модуль Юнга), ν - коефіцієнт Пуассона.

Механічні характеристики матеріалів, що використовували в розрахунках, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Механічні характеристики матеріалів, що використовували при моделюванні

Матеріал	Модуль Юнга (E), Мпа	Коефіцієнт Пуассона,
Кортикальна кістка	12240	0,30
Губчаста кістка	330	0,30
Хрящова тканина	5,58	0,45
Міжуламковий регенерат	1,00	0,45
Блок з кісткових трансплантатів	18350	0,29
Легована сталь	210000	0,30

При проведенні досліджень моделювали два види навантажень на стискання та кручення. Схеми навантаження моделей наведено на рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Схеми навантаження моделей: а – вертикальне осьове стискання; б – кручення.

Для порівняння різних варіантів остеосинтезу проводили реєстрацію величин напружень в моделях в певних контрольних точках. Схема розташування контрольних точок наведена на рисунку 2.12.



Рисунок 2.12 – Схема розташування контрольних точок на моделі із зоною псевдоартрозу в середній третині: а – на великогомілкової кістці; б – на стрижні; в – на спиці.

Контрольні точки, в яких проводили реєстрацію величин напружень в моделях: 1 – проксимальний метафіз великогомілкової кістки; 2 – дистальний метафіз великогомілкової кістки; 3 – дистальний кінець проксимального фрагменту великогомілкової кістки; 4 – проксимальний кінець дистального

фрагменту великогомілкової кістки; 5 – інтрамедулярний стрижень вище зони перелому; 6 – інтрамедулярний стрижень нижче зони перелому; 7 – дистальний кінець проксимального фрагменту малогомілкової кістки; 8 – проксимальний кінець дистального фрагменту малогомілкової кістки.

Схема розташування контрольних точок на моделі із зоною псевдоартрозу в нижній третині наведена на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13 – Схема розташування контрольних точок на моделі із зоною псевдоартрозу в нижній третині: а – на великогомілкової кістці; б – навколо ліній переломів;

Контрольні точки, в яких проводили реєстрацію величин напружень в моделях: 1 – проксимальний метафіз великогомілкової кістки; 2 – дистальний метафіз великогомілкової кістки; 3 – дистальний кінець проксимального фрагменту великогомілкової кістки; 4 – проксимальний кінець дистального фрагменту великогомілкової кістки; 5 – великогомілкова кістка вище зони перелому; 6 – великогомілкова кістка нижче зони перелому; 7 – дистальний кінець проксимального фрагменту малогомілкової кістки; 8 – проксимальний кінець дистального фрагменту малогомілкової кістки.

Дослідження напружено-деформованого стану моделей виконували за допомогою методу кінцевих елементів. В якості критерію оцінки напруженого стану моделей використовували напруження за Мізесом [22].

Моделювання виконували за допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks. Розрахунки напружено-деформованого стану моделей виконували за допомогою програмного комплексу CosmosM.

2.7 Статистичні дослідження

Для обробки даних клінічних досліджень використовували всі методи описової статистики (табличне, графічне, параметричне представлення даних). Для вивчення змін кутових параметрів колінного та гомілково-ступневого суглобу в умовах УПВГК, а також для вивчення змін зазначених кутових параметрів після хірургічного лікування УПВГК протягом періоду спостереження в досліджуваній і контрольній групах використаний критерій Стьюдента t для залежних вибірок. Для критерію Стьюдента t був обраний рівень значимості рівний 0.05.

Для дослідження кореляційної залежності використаний кореляційний тест Спірмана Для оцінки непараметричних статистичних даних використаний критерій U Манна-Уїтні. Критерій $p < 0.05$ був обраний як статистично значущий. Статистична обробка отриманих даних виконана за допомогою комп'ютерною програмою Statistica 7.0.

Висновки до розділу 2

Для виконання поставлених у дослідженні завдань був проведений ретроспективний аналіз даних історій хвороб пацієнтів, використані стандартні клініко-рентгенологічні методики.

Для отримання додаткової інформації, щодо розподілу навантажень на металофіксаторах, які використовуються для остеосинтезу при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей, використані методики біомеханічного моделювання методом скінчених елементів. Також проведено експериментальне моделювання кісткової аутопластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки на тваринах із дослідженням характеру

зміни об'єму та щільності кісткових аутотрансплантатів променевими методиками.

Отримані дані проаналізовані та оброблені із використанням стандартних статистичних методик.

Дані розділу 2 висвітлено у наступних публікаціях:

1. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в середній третині. Вісник проблем біології і медицини; 2022, 158(4): 239-246.

2. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в нижній третині в умовах остеосинтезу інтрамедулярними ростучими стрижнями з блокуванням подовжнього руху при стисканні та без нього. Травма; 2022,23(5):25-35. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.23.2022.913>

3. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Математичне моделювання остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки при їх вродженому псевдоартрозі в нижній третині. Травма; 2021,22(4):23-29. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.4.22.2021.239706>

РОЗДІЛ 3

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ АНАТОМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ КІНЦІВКИ У ДІТЕЙ ЗА НАЯВНОСТІ УПВГК ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ УПВГК У ДІТЕЙ

3.1 Загальні дані

Матеріалом для ретроспективного аналізу стали історії хвороби 30 дітей із УПВГК, яким проводилось хірургічне лікування у відділенні дитячої ортопедії ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» за період з 1987 по 2021 роки.

Дизайн дослідження результатів хірургічного лікування УПВГК у дітей передбачав аналіз типу, ефективності та ускладнень різних методик хірургічного лікування, а також виконання клініко-рентгенологічної оцінки ряду стандартних параметрів до та після проведеного лікування: (опороспроможність кінцівки, визначення різниці у довжині нижніх кінцівок (РДНК) та наявності деформацій великих суглобів).

Дослідження групи пролікованих дітей показало наявність значної гетерогенності, щодо використаних методик хірургічного лікування, а також значний відсоток дітей, яким виконувались повторні хірургічні втручання спрямовані на консолідацію УПВГК, у т.ч. поза межами Інституту.

Серед зазначених пацієнтів, у 8 (26,7 %) дітей хірургічне лікування стосовно УПВГК раніше не проводилось, та ще у 15 (50 %) пацієнтів попередньо виконувалось хірургічне лікування в інших медичних закладах України, що однак, не призвело до консолідації зони УПВГК.

Загалом первинне зрощення після виконаного хірургічного втручання і досягнуто у 19 пацієнтів, ще у 6 пацієнтів для консолідації виконано 2 хірургічних втручання, і 5 пацієнтів оперовано тричі. Повторні хірургічні

втручання виконувались, як правило, після відповідної підготовки пацієнта та м'яких тканин сегменту.

Відповідно до застосованого методу хірургічного лікування УПВГК у дітей, до Групи 1 увійшли 14 пацієнтів (14 сегментів), яким хірургічне лікування проводилось із використанням методу Ілізарова, до Групи 2 – 9 дітей (9 сегментів), хірургічне лікування передбачало резекцію зони псевдоартрозу із виконанням ауто- чи аллокісткової пластики та фіксацією кісткових фрагментів оригінальним інтрамедулярним телескопічним фіксатором (ІТФ). До Групи 3 віднесено 7 пацієнтів (7 сегментів), яким виконувалось комбіноване лікування, із резекцією патологічних тканин зони УПВГК та комбінованою фіксацією ІТФ і апаратом Ілізарова.

Демографічні дані, а також дані, що відображають топографію ураження у дітей обох груп представлені у таблиці 3.1.

Серед пацієнтів із УПВГК значущо переважали хлопчики (66,7%) ($p < 0.05$). Середній вік хворих у досліджуваних групах статистично значуще не вирізнявся, становлячи у Групі 1 – ($7 \pm 2,5$) роки, у Групі 2 – ($5 \pm 2,5$) роки, у Групі 3 – ($5 \pm 2,5$) роки ($p > 0.05$). Середній термін спостереження за пацієнтами склав 7,5 років.

Таблиця 3.1

Статевий розподіл, середній вік та топографія ураження у дітей із УПВГК

Параметри	Група 1	Група 2	Група 3
Пацієнтів	14	9	7
хлопчики	9	5	6
дівчатка	5	4	1
Вік (років)	$7 \pm 2,5$	$4 \pm 2,5$	$6 \pm 2,5$
Топографія ураження:			
Права гомілка	7	3	2
Ліва гомілка	7	6	5

Частина даних подана у вигляді: $M \pm SD$ (середнє \pm середньоквадратичне відхилення). Хірургічне лікування УПВГК у дітей проводилось трьома різними методиками. Зазначені методики лягли в основу розподілу пацієнтів на три групи.

3.2 Клініко-рентгенологічна характеристика розвитку ураженої кінцівки у пацієнтів із УПВГК

Клінічне обстеження та медико-генетична консультація підтвердили, що у всіх 30 досліджуваних пацієнтів (100 %) УПВГК асоціювався із нейрофіброматозом 1 типу, що супроводжувалось наявністю плям кольору «кави з молоком» та множинних нейрофібром у підшкірній клітковині кінцівок.

Характерною рисою для всіх пацієнтів була гіпотрофія м'язів кінцівки із зменшенням обсягу та довжини всіх сегментів ураженої нижньої кінцівки (рис 3.1). Показники вкорочення ураженої кінцівки значно відрізнялась у пацієнтів різного віку, становлячи у середньому $(5,0 \pm 3,0)$ см.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд кінцівки при УПВГК. Відзначаються типові клінічні прояви ураженої кінцівки гіпотрофія, вкорочення кінцівки за рахунок гомілки та стопи на 12,0 см (фото пацієнта В., 5 років, іст хвороби № 95298).

Порівняльна оцінка клінічного тифіобеморального кута показала наявність статистично значущо збільшення показника ТФК на стороні ураження, що свідчить про наявність диспластичної вальгусної деформації колінного суглобу ураженої кінцівки у пацієнтів із УПВГК.

Детальніше характеристики довжини та кутових параметрів кінцівки, визначених клінічно наведені у таблиці 3.2.

Різниця у довжині нижніх кінцівок та клінічний тібіофemorальний кут на здоровій та ураженій стороні у дітей із УПВГК до лікування

Сегмент	Різниця довжини нижніх кінцівок (клінічна оцінка), см		
	Група 1	Група 2	Група 3
Стегно	1,2	1,1	1,2
Гомілка	6,4	7,5	8,6
Стопа	2,5	2,3	2,1
<i>Клінічний тібіофemorальний кут</i>			
Уражена	15 ± 4	15 ± 4	15 ± 4
Здорова	10 ± 3*	10 ± 3*	10 ± 3*
* – p < 0.05			

Клінічна оцінка ходьби у дітей із УПВГК показала наявність часткової або повної втрати опороспроможності ураженої кінцівки, через нестабільність сегменту гомілки на рівні зони ураження. Це проявлялось наявністю кульгання на уражену кінцівку у всіх 30 (100 %) дітей, при цьому у 11 (36,7 %) дітей, кульгання супроводжувалось больовими відчуттями.

Переважає більшість 19 (63,3 %) дітей використовували ортези, ще 4 (13,3 %) дитини користувались додатковими ортопедичними пристроями для ходьби: ортопедична трость, рідше милиці.

Для визначення супутніх ортопедичних деформацій ураженої кінцівки у дітей із УПВГК ми провели оцінку рентгенограм, що виконанні до хірургічного втручання із визначенням референтних кутів (фронтальних та сагітальних) NSA, mL DFA, MPTA, MAD, LD TA, PD FA, AD TA) відповідно до протоколу Dr. Paley [90] (таблиця 3.3).

Проведена оцінка показала наявність значущої вальгусної деформацій проксимального відділу стегнової кістки, а також змін референтних кутів проксимального та дистального відділів великогомілкової кістки порівняно зі здоровою стороною у пацієнтів всіх груп. Це, наймовірніше, є

результатом вторинних змін гомілки, внаслідок некоректного її навантаження. І, безумовно, має підлягати корекції в процесі етапного лікування.

Таблиця 3.3

Різниця у довжині нижніх кінцівок та рентгенометричні кутові параметри нижніх колінного та гомілковоступневого суглобів у дітей із УПВГК до лікування

Кінцівка	Рентгенометричні кутові параметри суглобів нижньої кінцівки		
	Група 1	Група 2	Група 3
NSA, град (M ± 2 SD)			
Уражена	141 ± 5*	146 ± 7*	144 ± 6*
Здорова	134 ± 5	140 ± 5	135 ± 5
mLDFA, град (M ± 2 SD)			
Уражена	86 ± 5	84 ± 5	86 ± 3
Здорова	88 ± 3	87 ± 4	89 ± 4
MPGA, град (M ± 2 SD)			
Уражена	94 ± 3	98 ± 3*	96 ± 3*
Здорова	87 ± 3	88 ± 3	87 ± 3
LDTA, град (M ± 2 SD)			
Уражена	80 ± 3*	73 ± 5*	76 ± 5*
Здорова	87 ± 4	89 ± 2	88 ± 3
PDFA, град (M ± 2 SD)			
Уражена	89 ± 5	89 ± 5	90 ± 3
Здорова	84 ± 4	86 ± 3	85 ± 2
ADTA, град (M ± 2 SD)			
Уражена	73 ± 4	78 ± 5	75 ± 4
Здорова	75 ± 3	80 ± 4	78 ± 3
* – p < 0.05			

У пацієнтів Групи 2 та Групи 3 в діагностично-лікувальний протокол входила оцінка за шкалою FAOS. Дані, щодо показників різних доменів інтегральної FAOS шкали (симптоми, біль, повсякденна функціональна активність, підвищена спортивна активність, якість життя) представлені у таблиці 3.4. Зазначена оцінка у пацієнтів з Групи 1 не проводилась.

Оцінка за інтегральною шкалою у пацієнтів Групи 2 та Групи 3 із УПВГК до хірургічного лікування

Домени інтегральної шкали FAOS	Оцінка по інтегральній шкали FAOS	
	Група 2	Група 3
Симптоми	55	62
Повсякденна функціональна активність	68	78
Підвищена рекреаційна (спортивна) активність	58	69
Якість життя	72	84
- $p < 0.05$		

Слід відзначити, що до хірургічного лікування у пацієнтів обох груп відзначались знижені показники у доменах підвищеної рекреаційної активності та якості життя, що свідчить про негативний вплив УПВГК на фізичну активність та життя дитини в цілому.

3.3 Аналіз результатів хірургічного лікування та ускладнень уродженого псевдоартрозу великогомілкової кістки у дітей

Основною метою хірургічного лікування дітей із УПВГК є досягнення консолідації із відновленням опороспроможності кінцівки та корекція патологічних вторинних деформацій нижньої кінцівки.

Ефективність досягнення зрощення зони УПВГК становила від 50,0 % до 85,7 % і була найвищою у Групі 3 (табл. 3.5).

Аналіз даних показав, що методика комбінованого лікування (ІТФ + АЗФ) має найбільший відсоток первинного зрощення після хірургічного лікування УПВГК та відзначено велику кількість ускладнень (табл. 3.5). До найчастіших ускладнень можна віднести незрощення, рефрактури, а також порушення цілісності фіксатора, серед яких у Групі 2 та Групі 3 відмічено порушення блокуючих елементів ІТФ у 31,25 % випадків (5 пацієнтів).

Первинне зрощення, час досягнення консолідації та ускладнення хірургічного лікування УПВГК у дітей

Параметри	Група 1 14 пац (%)	Група 2 9 пац (%)	Група 3 7 пац(%)
Первинна консолідація зони УПВГК	7 (50)	6(66.7)	6(85.7)
Ускладнення:			
Незрощення	7 (50)	3 (33,3)	1 (14,2)
Інфекційні	4 (28,5)	2 (22,2)	1 (14,2)
Рефрактура	12 (85,7)	2 (22,2)	2 (28,5)
Вторинні деформації кісток	14 (100)	8 (8,88)	5 (71,4)
Порушення цілісності метало-конструкції (відмова фіксатору)	5 (35,7)	3 (3,33)	2 (28,5)

Приклад зазначених ускладнень наведений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Фотовідбитки рентгенограми пацієнта Г. (історія хвороби №84889), 5 років після хірургічного лікування УПВГК з використанням ІТФ (Група 2).

Одним з відмічених феноменів, виявленим при аналізі рентгенограм у 7 пацієнтів (23,3 %) після виконання хірургічного лікування була поступова резорбція кісткових аутотрансплантатів, що проявлялось у зменшенні поздовжнього та поперекового розміру зони кісткової пластики і зміні їх щільності (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Фотовідбитки рентгенограми пацієнта К., 9 років з групи 1 з прикладом лізісу кісткових трансплантатів у зоні пластики УПВГК в динаміці. а – стан через 1 міс. після хірургічного лікування УПВГК, відзначається наявність металофіксатору та кісткової аутопластики зони УПВГК; б – стан через 5 міс. після виконаного хірургічного лікування, відзначається лізис кісткових трансплантатів у зоні втручання.

Клінічні приклади лікування пацієнтів трьох досліджуваних груп представлені на рисунках 3.4–3.6.

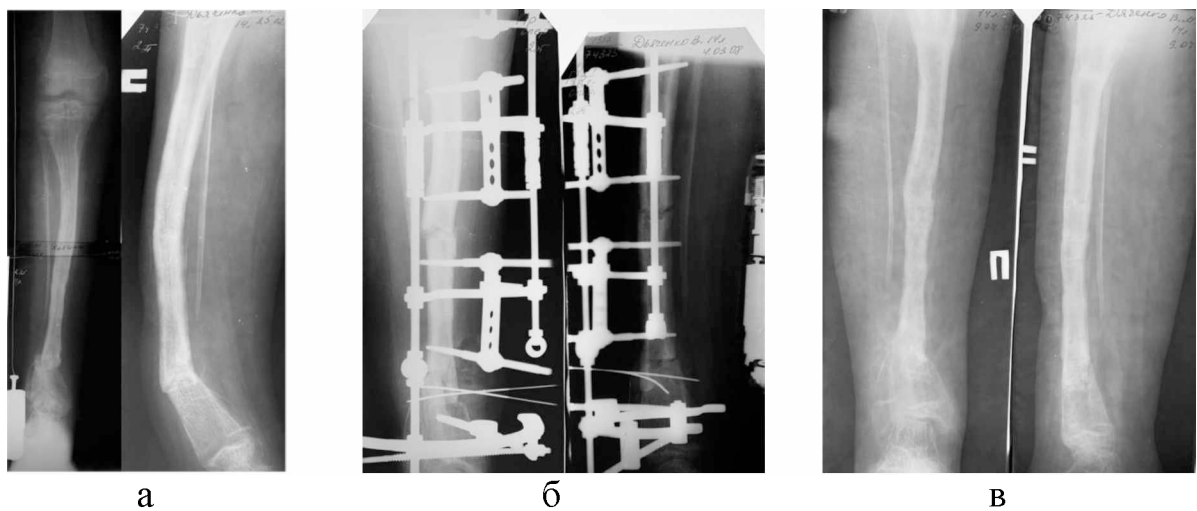


Рисунок 3.4 – Фотовідбитки рентгенограм пацієнта Д., 14 років (Група 1), історія хвороби №74325, діагноз: Уроджений псевдоартроз кісток правої гомілки: а - до лікування; б - після проведеного лікування у АЗФ; в - через 6 місяців після хірургічного лікування відзначається первинне зрощення кісток гомілки, помірна вальгусна деформація кісток гомілки та гомілковоступневого суглобу

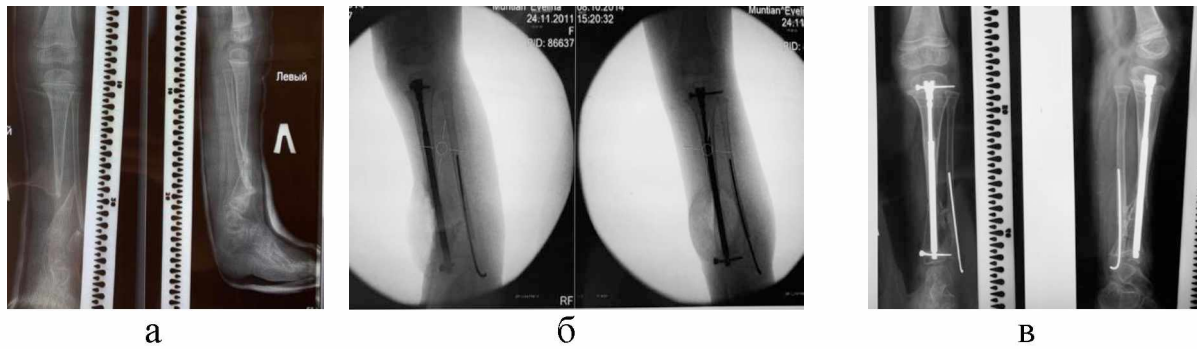


Рисунок 3.5 – Зовнішній вид та фотовідбитки рентгенограм пацієнтки М., 3 років (Група 2), історія хвороби №86637, діагноз: Уроджений псевдоартроз кісток правої гомілки: а - до лікування; б - після проведеного лікування; в - через 8 місяців після хірургічного лікування.

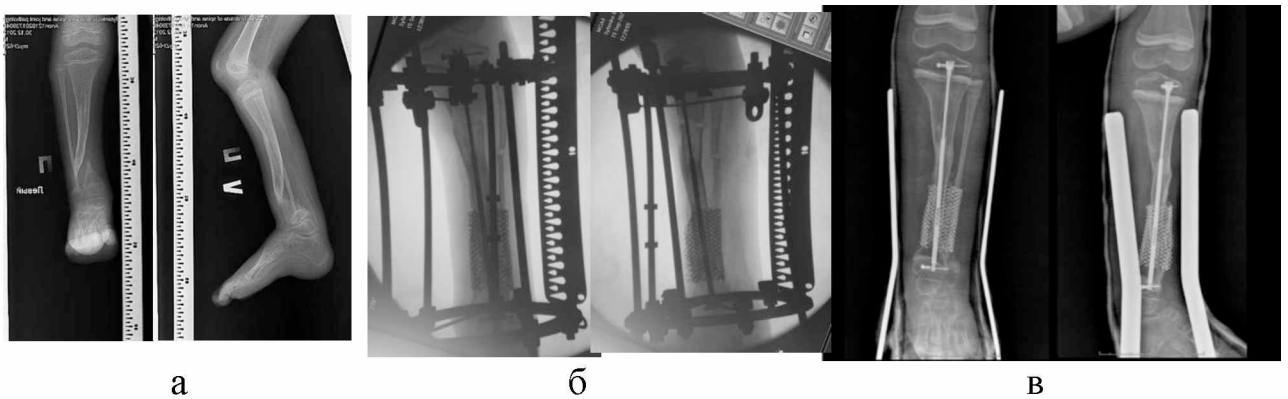


Рисунок 3.6 – Зовнішній вид та фотовідбитки рентгенограм пацієнтки К., 8 років (Група 3), історія хвороби № 98378, діагноз: Уроджений псевдоартроз кісток правої гомілки: а - до лікування; б - після проведеного лікування; в - через 8 місяців після хірургічного лікування.

Висновки до розділу 3

Ретроспективний клініко-рентгенологічний аналіз 30 пацієнтів із УПВГК показав наявність типових ортопедичних деформацій ураженої кінцівки (вальгусну деформацію проксимального та дистального відділів гомілки ($MPGA - 74^\circ \pm 6^\circ$; $LDTA - 74^\circ \pm 6^\circ$ ($p < 0.05$)). Середнє вкорочення ураженої кінцівки за рахунок сегментів гомілки та стопи склало (5 ± 2) см. Наявність УПВГК та вторинних деформацій кінцівки призводить до виражених функціональних порушень та зниження якості життя, що відзначено за результатами оцінки за шкалою FAOS.

Хірургічне лікування УПВГК у пацієнтів, які лікувались у відділенні, проводилось трьома методиками (із застосуванням АЗФ, ІТФ, комбінованим методом ІТФ+АЗФ). Проведене лікування дозволило отримати консолідацію у 19 (82,6 %) пацієнтів. Найбільший відсоток первинних зрощень досягнутий у групі 3, де застосована комбінована методика хірургічного лікування. Хірургічне лікування УПВГК у дітей супроводжувались значною кількістю ускладнень, що потребували повторних втручань. Найчастішими видами ускладнень хірургічного лікування були: незрощення, рефрактури, ушкодження елементів металофіксатору.

Аналіз рентгенограм дозволив виявити поступову резорбцію кісткових аутотрансплантатів (5 пацієнтів – 16,7 %), при цьому у 4 (36,3%) зазначений феномен асоціювався із сповільненим зрощенням, або незрощенням УПВГК. Ще однією помилкою хірургічного лікування, що призводила до ускладнень, була фіксація кісток гомілки з недостатньою адаптацією кісткових фрагментів, тобто відсутність чіткого контакту кісткових фрагментів великогомілкової кістки, після виконаної ревізії УПВГК. Найчастіше це відбувалось через часткову резекцію змінених склерозованих кінців великогомілкової кістки, що за наявності інтактної малогомілкової кістки призводили до появи діастазу великогомілкової кістки. Фіксація фрагментів великогомілкової кістки з недостатнім контактом між ними значно сповільнює консолідацію і супроводжується збільшенням ускладнень.

РОЗДІЛ 4**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАРІАНТІВ ОСТЕОСИНТЕЗУ
КІСТОК ГОМІЛКИ ПРИ ЇХ УРОДЖЕНОМУ ПСЕВДОАРТРОЗИ**

Математичне моделювання різних видів остеосинтезу методом скінчених елементів є одним з загальноприйнятих методів дослідження та порівняння напружень, що виникають у парі фіксатор-кістка при різних видах навантажень. Зазначені дослідження дають додаткову інформацію, щодо характеру розподілення напружень, яка додатково слугує для розробки та обґрунтування оптимального металофіксатора чи способу лікування.

Використання математичного та експериментального моделювання є обґрунтованим методом дослідження у випадках, коли захворювання є рідким, або експериментальне дослідження безпосередньо на пацієнтах є забороненим чи не етичним. Серед найчастіших ускладнень, за даними клініко-рентгенологічного аналізу результатів хірургічного лікування УПВГК власної групи пацієнтів, були порушення цілісності елементів металофіксаторів та незрощення після виконання хірургічного втручання.

Для визначення особливостей розподілення напружень при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей, ми провели математичне моделювання хірургічного лікування УПВГК у с/3 та н/3, тобто у найбільш типовій локалізації та у випадку найбільш складної для лікування локалізації псевдоартрозу [4, 5, 12, 13].

**4.1. Дослідження напружено-деформованого стану моделей гомілки
з зоною псевдоартрозу в середній третині****4.1.1. Дослідження моделей на стиск**

При дослідженні моделей на стиск першим етапом вивчали напружено-деформований стан моделі гомілки без ушкоджень [3]. Картину розподілу напружень в цій моделі під впливом вертикального осьового стискаючого навантаження можна спостерігати на рисунку 4.1.

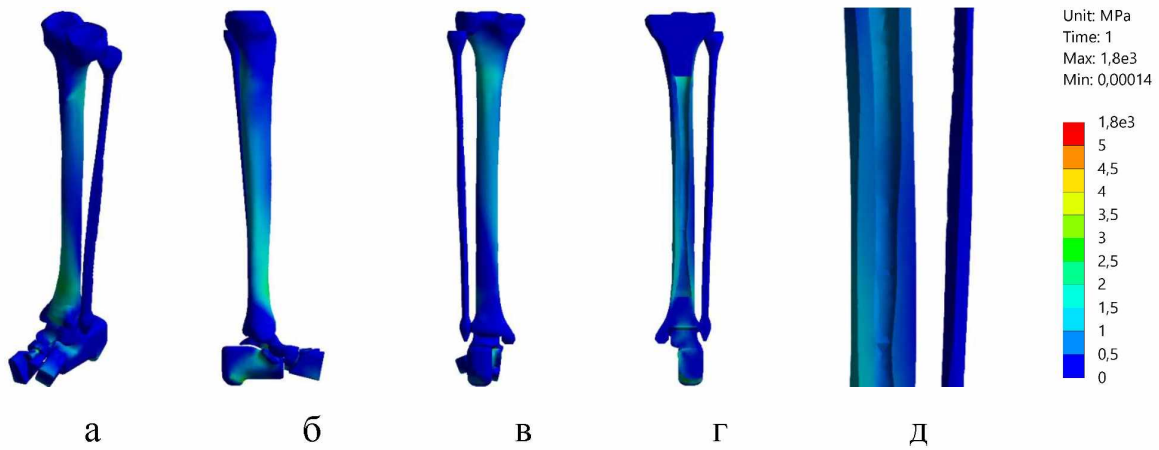


Рисунок 4.1 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки в нормі під впливом навантаження на стиск: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

За відсутністю ушкоджень кісток гомілки при осьовому стискаючому навантаженні найбільші напруження виникають у великогомілкової кістці, й сягають значення 4,9 МПа на її дистальному кінці. Декілька нижчі напруження 3,4 МПа спостерігаються на її проксимальному кінці. В діафізарній частині величини напружень визначаються в межах від 1,6 МПа до 2,0 МПа. Малою кістка залишається, практично, не навантаженою, про що свідчить низький рівень напружень в неї – 0,1 МПа. Дані про величини напружень в контрольних точках моделі гомілки в нормі під впливом навантаження на стиск наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1
Величини напружень в контрольних точках моделі гомілки в нормі під впливом навантаження на стиск

Контрольні точки	Напруження, МПа
1	3,4
2	4,9
3	2,0
4	1,6
5	1,6
6	2,0
7	0,1
8	0,1

На рисунку 4.2 наведена картина напружено-деформованого стану моделі з остеосинтезом великогомілкової кістки інтрамедулярним стрижнем без ротаційної стабільності та малогомілкової кістки шпичею.

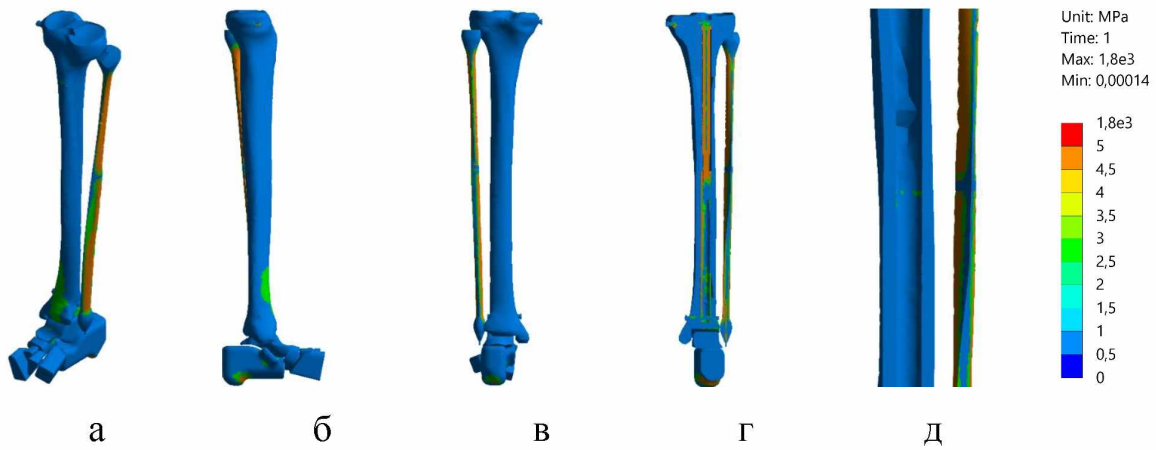


Рисунок 4.2 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Використання для остеосинтезу великогомілкової кістки ротаційно нестабільного стрижня, що "зростає", веде до зниження рівня напружень в її метафізарних зонах до 1,0 МПа на проксимальному кінці. В дистальному метафізі рівень напружень зберігається без змін на рівні 1,7 МПа в порівнянні з неушкодженою кісткою. Підвищення рівня напружень спостерігається в діяфізі великогомілкової кістки вище зони перелому – до 5,5 МПа, а також безпосередньо вздовж лінії перелому до 2,4 МПа у верхньому уламку та до 3,4 МПа – в нижньому. Найвищий рівень напружень спостерігається навколо зони перелому малогомілкової кістки, де він сягає позначки 7,8 МПа.

Розглянемо, як змінюється картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск при використанні для остеосинтезу стрижня з ротаційною стабільністю (рисунок 4.3).

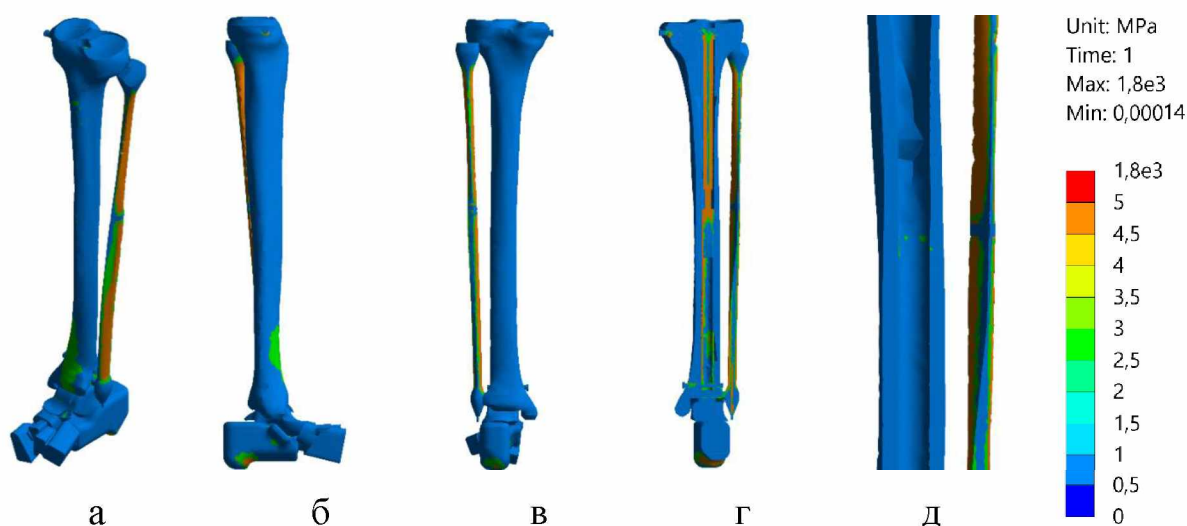


Рисунок 4.3 – Картина розподілу напружень в моделі. Остеосинтез стрижнем із ротаційною стабільністю: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Як показали результати моделювання, при навантаженнях на стиск, використання стрижня з ротаційною стабільністю не веде до будь-яких значних змін напружено-деформованого стану моделі в порівнянні з остеосинтезом великогомілкової кістки ротаційно нестабільним стрижнем. Це можна пояснити тим, що до навантажень, які діють вздовж повздовжній осі стрижнів, обидва стрижня є нестабільними, тому все навантаження несуть кісткові структури. Це є платою за можливість "зростання".

Значення величини напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу тільки стрижнями та шпичками, наведені в таблиці 4.2.

Як бачимо, наявність ротаційної стабільності інтрамедулярного стрижня ніяким чином не впливає на розподіл напружень в моделях при навантаженні на стискання.

Наступним етапом роботи був змодельований варіант остеосинтезу великогомілкової кістки інтрамедулярними стрижнями з додатковим блоком з кісткових трансплантатів.

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпичею

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	Стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	3,4	1,0	1,0
2	4,9	5,6	5,5
3	2,0	1,5	1,5
4	1,6	1,6	1,7
5	1,6	2,4	2,4
6	2,0	3,9	3,4
7	0,1	7,8	7,8
8	0,1	7,6	7,6

На рисунку 4.4 відображено напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу великогомілкової кістки стрижнем без ротаційної стабільності та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку.

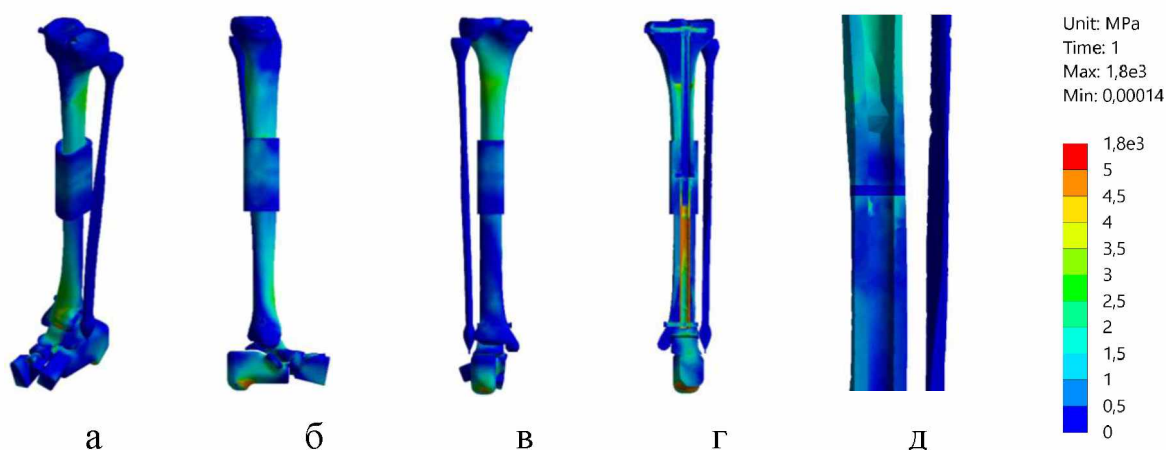


Рисунок 4.4 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вигляд; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Використання додаткового блоку з кісткових трансплантатів навколо зони перелому великогомілкової кістки викликає деякі зміни в напружено-деформованому стані моделі з остеосинтезом ротаційно нестабільним стрижнем. В першу чергу слід відмітити розвантаження малогомілкової кістки, де напруження знижуються до позначки 1,0 МПа вище зони перелому, та до 0,1 МПа – нижньому фрагменті. Також звертає увагу зниження рівня напружень в діафізарній частині великогомілкової кістки, де напруження визначаються на рівні 1,1 МПа нижче кісткового блоку та 1,2 МПа вздовж лінії перелому у верхньому фрагменті.

Рисунок 4.5 відображає напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу стрижнем з ротаційною стабільністю та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку.

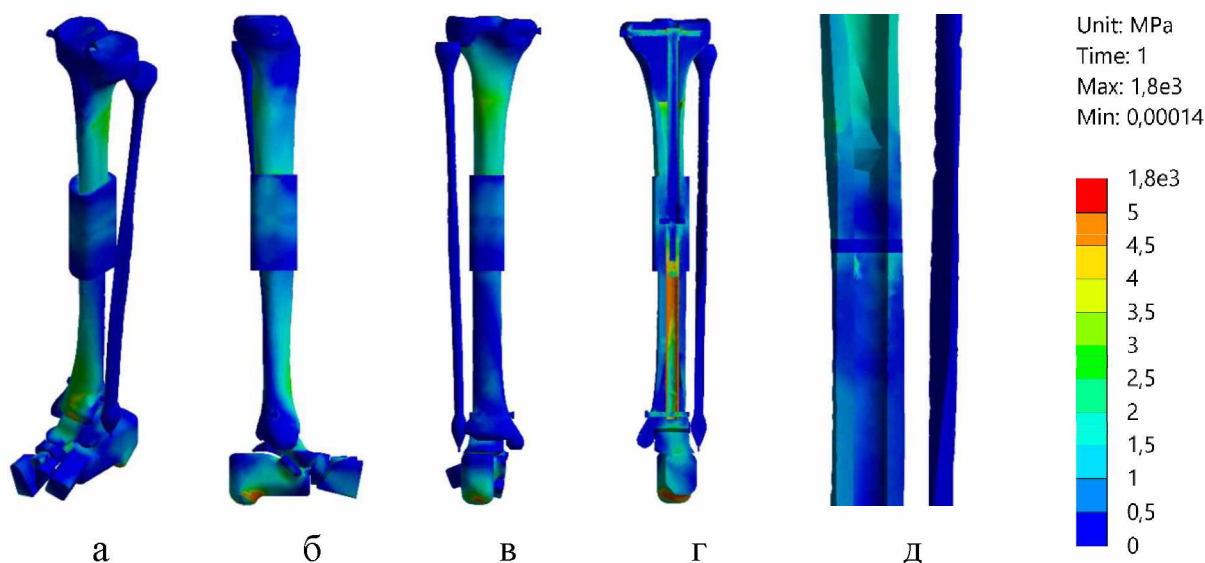


Рисунок 4.5 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Як і в попередньому дослідженні, при навантаженнях на стиск, використання ротаційно стабільного стрижня не надає будь-яких переваг, щодо розподілу навантажень в моделі, про що свідчать дані, наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та спицею, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	стрижня	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	3,4	3,1	3,1
2	4,9	5,0	4,9
3	2,0	2,5	2,5
4	1,6	0,9	1,1
5	1,6	1,1	1,2
6	2,0	2,7	2,4
7	0,1	1,0	1,0
8	0,1	0,1	0,1

Розглянемо, як впливає на розподіл напружень в моделях гомілки з переломами обох кісток в середній третині використання блоку з кісткових трансплантатів на обидві гомілкові кістки. Картина розподілу напружень в моделі з остеосинтезом стрижнем без ротаційної стабільності під впливом навантаження на стиск наведена на рисунку 4.6.

Як показали результати моделювання, в порівнянні з попередніми дослідженнями, кістковий блок на обидві гомілкові кістки дозволяє знизити рівень напружень в метафізарних зонах великогомілкової кістки до рівня 2,9 МПа в проксимальному відділі та до 3,7 МПа – в дистальному. Величини напружень в діафізарній частині великогомілкової кістки визначаються на тому ж рівні, що і в моделі з блоком тільки на великогомілкової кістці. Слід відмітити, що блок на обидві кістки вмикає до навантаження малоомілкову кістку напруження в якій визначаються на позначках 2,4 та 1,8 МПа у верхньому та нижньому фрагментах, відповідно.

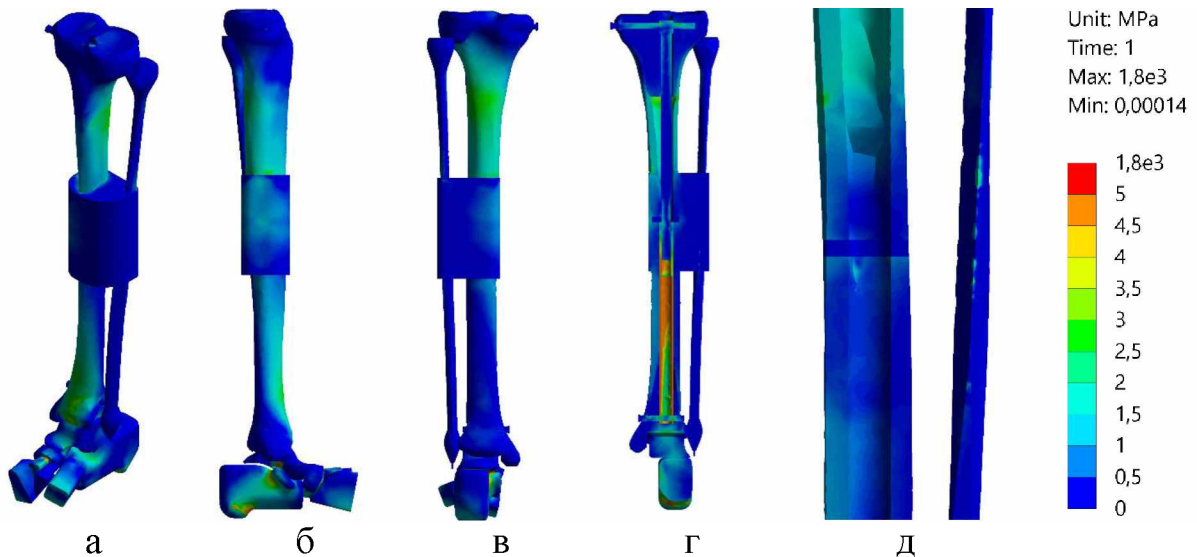


Рисунок 4.6 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

На рисунку 4.7 наведена картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю та блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки.

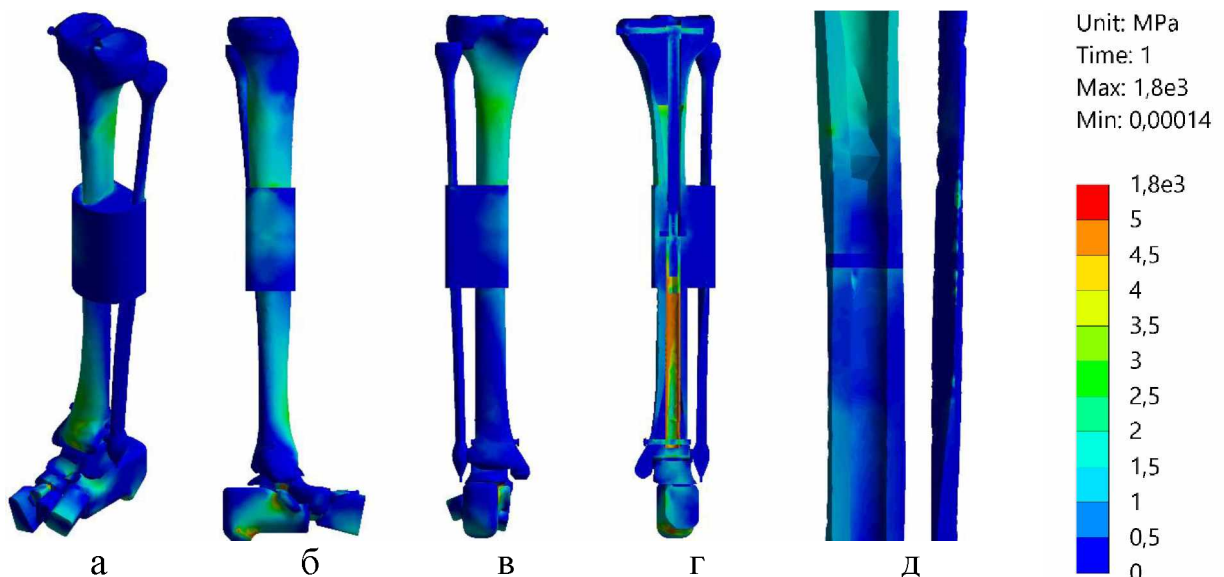


Рисунок 4.7 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Як і в попередніх дослідженнях, при навантаженнях моделей на стиск, використання ротаційно стабільного стрижня для остеосинтеза великогомілкової кістки не викликає будь-яких значних змін в напружено-деформованому стані моделі в порівнянні з остеосинтезом стрижнем без ротаційної стабільності. Про це свідчать дані про величини механічних напружень в контрольних точках обох моделей, які наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпичкою, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	3,4	2,9	2,9
2	4,9	3,9	3,7
3	2,0	2,9	2,5
4	1,6	1,1	1,1
5	1,6	0,9	1,2
6	2,0	1,1	1,6
7	0,1	2,3	2,4
8	0,1	1,8	1,8

Проведені дослідження показали, що при навантаженнях на стиск використання ротаційно стабільного стрижня не надає будь-яких переваг над ротаційно нестабільним стрижнем. Це пояснюється тим, що платою за можливість "зростання" є те, що до навантажень, які діють вздовж повздовжній осі стрижнів, обидва стрижня є нестабільними, тому все навантаження несуть кісткові структури. Використання блоків з кісткових трансплантатів, як на обидві кістки, так і тільки на великогомілкову, дозволяє знизити рівень напружень в кісткових фрагментах, особливо в зоні перелому.

4.1.2 Дослідження моделей на кручення

Наступний блок роботи присвячений дослідженню можливості всіх моделей опиратися навантаженням на кручення. Для початку визначимо, як реагує на скручуючи навантаження модель гомілки з неушкодженими кістками. Картину розподілу напружень в моделі гомілки в нормі під впливом навантаження на кручення можна побачити на рисунку 4.8.

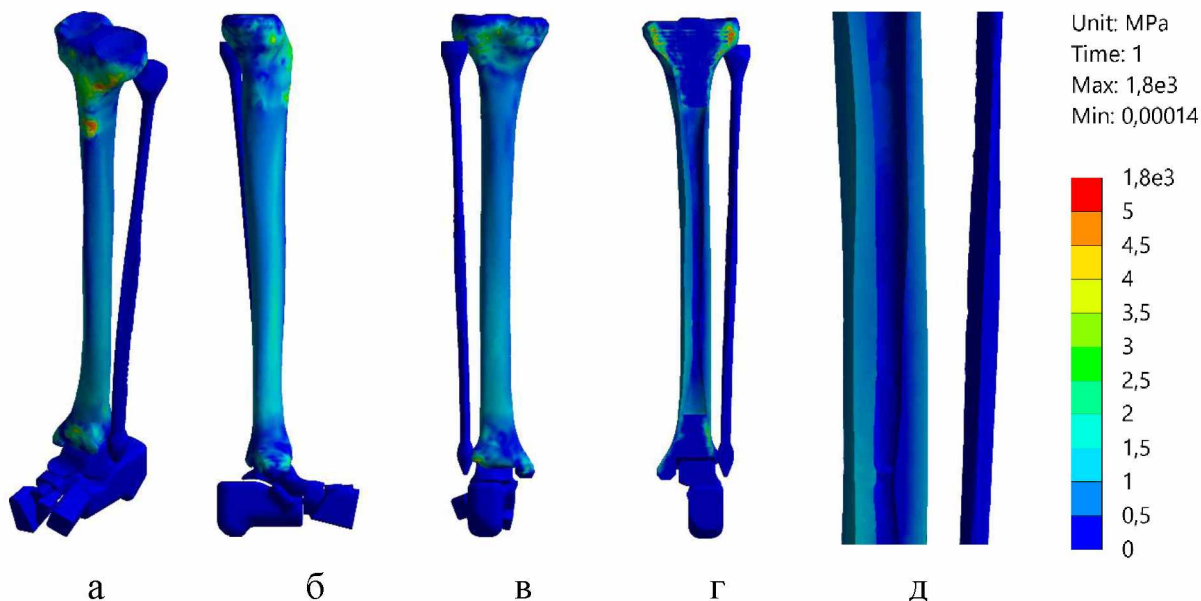


Рисунок 4.8 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки в нормі під впливом навантаження на кручення: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Дослідження моделі неушкодженої гомілки під впливом навантаження на кручення показало, що найбільші за величиною напруження виникають в метафізарних зонах великогомілкової кістки, де визначаються на позначках 6,5 та 3,9 МПа на проксимальному та дистальному кінцях, відповідно. В діафізарній частині рівень напружень спостерігається в межах від 1,1 до 1,6 МПа. Напруження в діафізі малогомілкової кістки незначні, й не перевищують значення 0,1 МПа. Дані про величини напружень в контрольних точках моделі неушкодженої гомілки під впливом навантаження на кручення наведені в таблиці 4.5.

Величини напружень в контрольних точках моделі гомілки в нормі під впливом навантаження на кручення

Контрольні точки	Напруження, МПа
1	6,5
2	3,9
3	1,3
4	1,6
5	1,1
6	1,1
7	0,1
8	0,1

Наступним етапом роботи вивчали напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем без ротаційної стабільності. Картина розподілу механічних напружень в моделі наведена на рисунку 4.9.

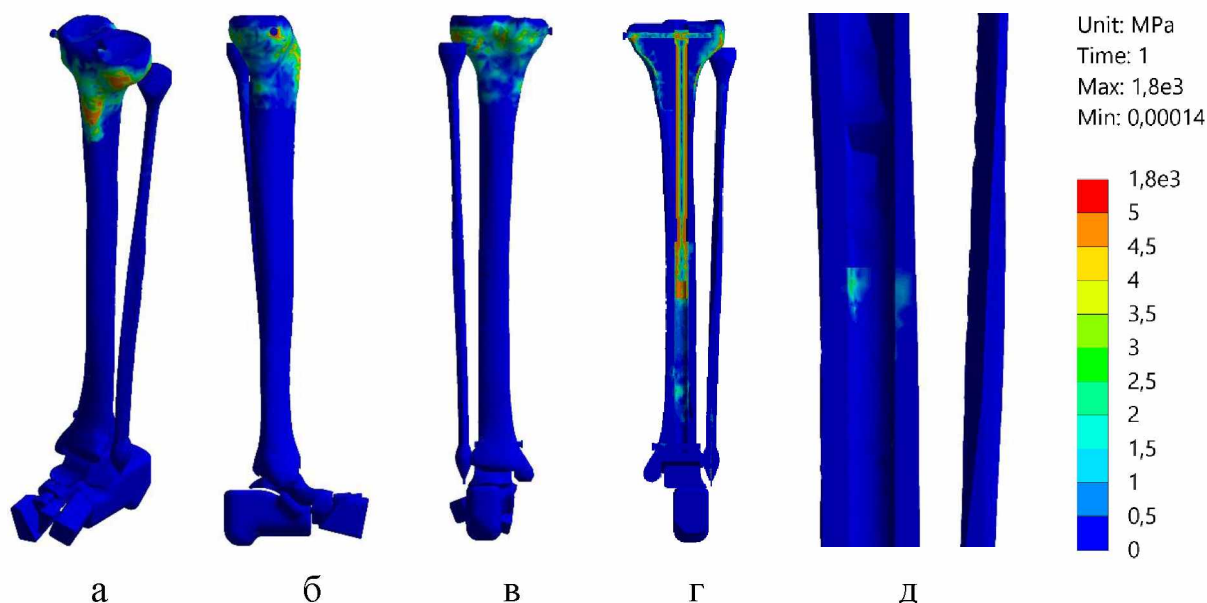


Рисунок 4.9 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Остеосинтез великогомілкової кістки стрижнем без ротаційної стабільності при навантаженнях на кручення призводить до підвищення рівня напружень в її проксимальному відділі до 9,3 МПа в порівнянні з нормою, водночас дозволяє знизити рівень напружень в її діафізарній частині, де вони визначаються в межах від 0,1 до 0,2 МПа. Особливу увагу слід приділити тому факту, що в здовж лінії перелому в дистальному фрагменті великогомілкової кістки рівень напруження зростає до 3,1 МПа. Остеосинтез малогомілкової кістки шпинею також призводить до підвищення напружень в її діафізі до 1,5 та 2,2 МПа в дистальному та проксимальному фрагментах, відповідно.

Розглянемо картину розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем із ротаційною стабільністю, яка наведена на рисунку 4.10.

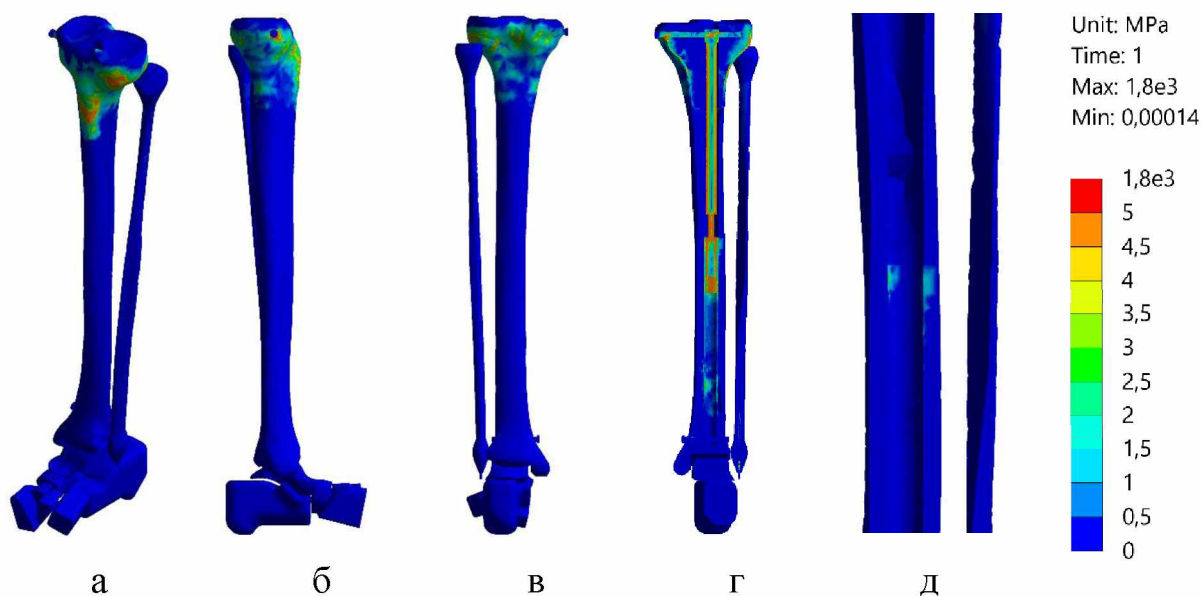


Рисунок 4.10 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем із ротаційною стабільністю: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Результати моделювання показали, що основна перевага, яку надає стрижень з ротаційною стабільністю при остеосинтезі великогомілкової кістки, є зниження рівня напружень вздовж лінії перелому до 0,3 МПа. В інших зонах рівень напружень зберігається на тому ж рівні, що й при використанні ротаційно нестабільного стрижня.

Дані про абсолютні величини напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем та шпичею, наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпичею

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	Стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	6,5	9,3	9,3
2	3,9	0,4	0,4
3	1,3	0,1	0,1
4	1,6	0,2	0,2
5	1,1	0,2	0,1
6	1,1	0,3	3,1
7	0,1	2,1	2,2
8	0,1	1,7	1,5

Наступним етапом роботи вивчали зміни, які відбуваються в напружено-деформованому стані моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем без ротаційної стабільності та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку (рис. 4.11).

Використання для остеосинтезу великогомілкової кістки ротаційно нестабільного стрижня в поєднанні з додатковою фіксацією за допомогою блоку з кісткових трансплантатів приводить до того, що частину навантаження бере на себе саме кістковий блок. Тому, спостерігаємо

зниження величини напружень в проксимальному кінці великогомілкової кістки до 2,7 МПа, за що змушені розраховуватись підвищенням рівня напружень в діафізарній частині до 4,6 МПа і, що більш важливе, вздовж лінії перелому – до 13,1 МПа. Малою кістка залишається, практично, не навантаженою, про що свідчать величини напружень, які не перевищують значення 0,5 МПа.

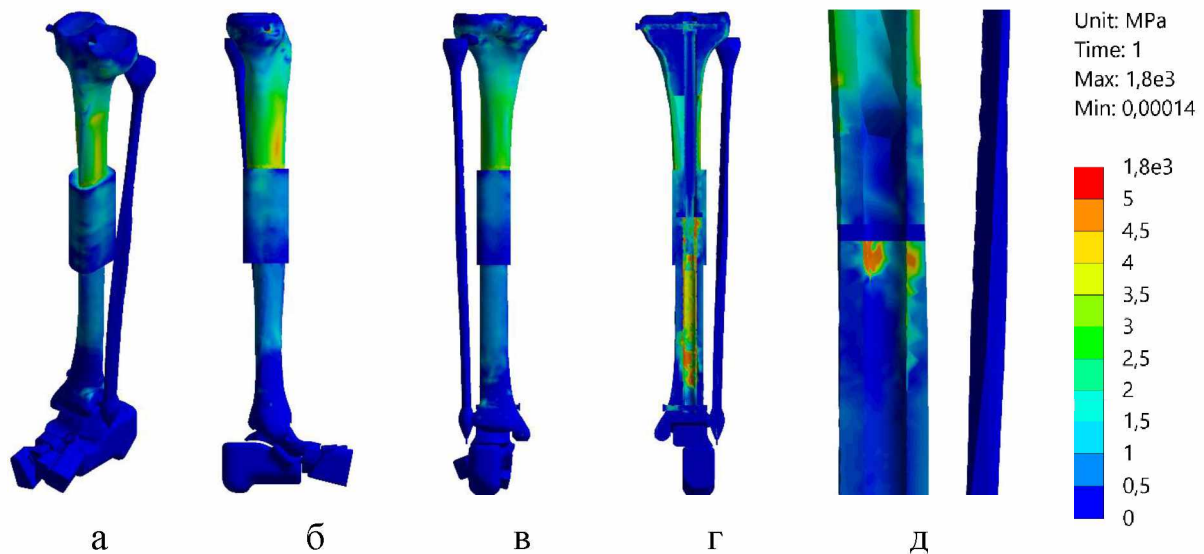


Рисунок 4.11 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Розглянемо вплив навантажень на кручення на модель гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем з ротаційною стабільністю та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку. Картину напружено-деформованого стану моделі можна спостерігати на рисунку 4.12.

Заміна інтрамедулярного стрижня на стрижень з ротаційною стабільністю зберігає загальний характер розподілу напружень в моделі під впливом стискаючого навантаження, як і в попередньому варіанті, але, практично в усіх контрольних точках величини напружень трохи менше.

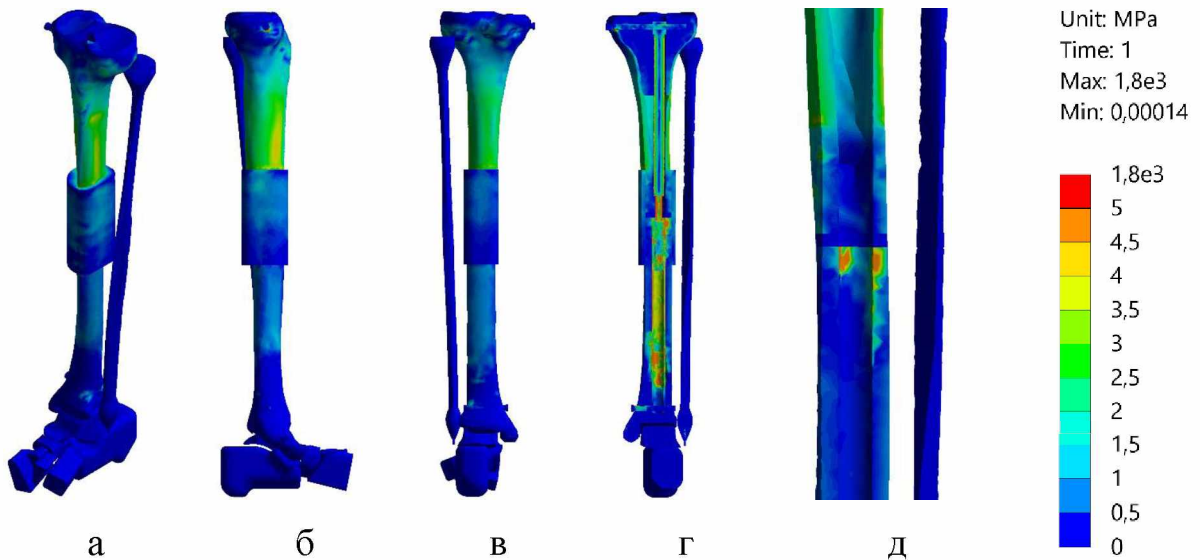


Рисунок 4.12 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Розглянути величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем та спицею в поєднанні з блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку можна в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	Норма	стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	6,5	1,4	2,7
2	3,9	1,2	1,2
3	1,3	4,4	4,6
4	1,6	1,0	0,9
5	1,1	1,8	2,1
6	1,1	10,7	13,1
7	0,1	0,8	0,5
8	0,1	0,1	0,1

Останнім етапом роботи визначали напружень в моделях гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнями та шпинею з додатковим блоком з кісткових трансплантатів на обидві гомілкові кістки. Картину напружено деформованого стану моделі з остеосинтезом великогомілкової кістки стрижнем без ротаційної стабільності наведено на рисунку 4.13.

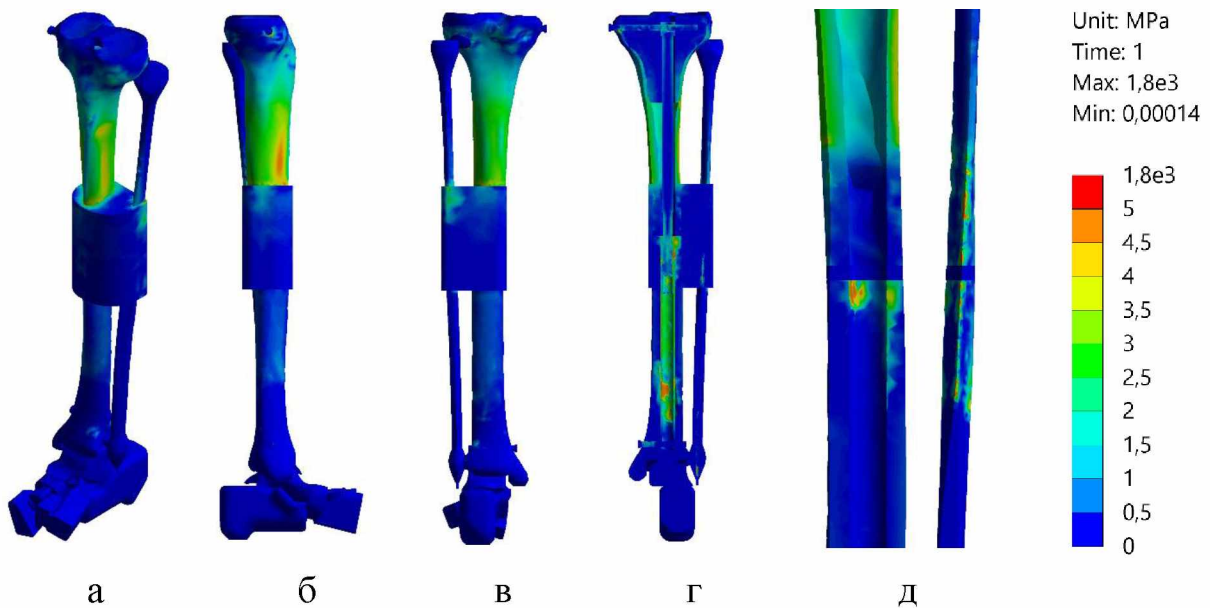


Рисунок 4.13 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Додаткове накладання блоку з кісткових трансплантатів на обидві гомілкові кістки призводить до залучення в скручуючи навантаження малогомілкової кістки, тому зона максимальних напружень зміщується саме до неї. Максимальні за величинами напруження спостерігаються вздовж лінії перелому малогомілкової кістки на рівні 7,6 та 6,7 МПа на проксимальному та медіальному фрагментах, відповідно. Це позитивно відбувається на великомілкової кістці, де максимальні напруження вздовж лінії перелому знижуються до 8,1 МПа, в порівнянні з моделлю, в якій кістковий блок

накладається тільки на великогомілкову кістку. Також, доцільно відмітити виникнення зони підвищених напружень в діяфізі великогомілкової кістки навколо верхньої межі блоку з кісткових трансплантатів.

Перевіримо, які зміни внесе в напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення заміна інтрамедулярного стрижня на стрижень з ротаційною стабільністю. Картину розподілу напружень в даній моделі наведено на рисунку 4.14.

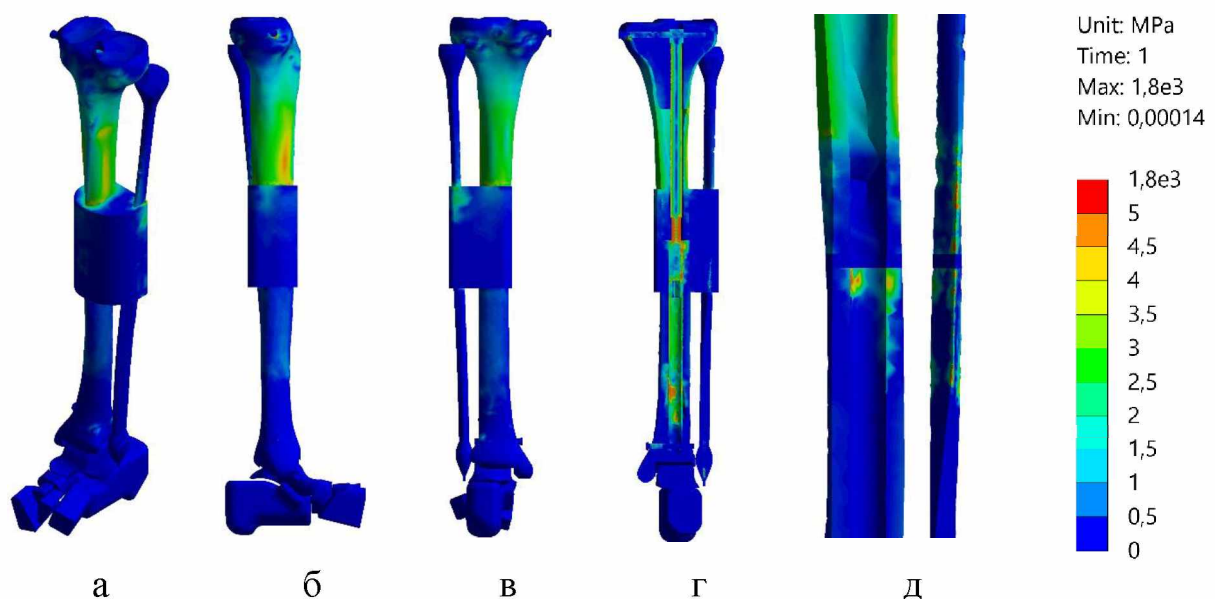


Рисунок 4.14 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Заміна інтрамедулярного стрижня на стрижень з ротаційною стабільністю при навантаженнях на кручення не змінює загального характеру розподілу напружень в моделі, але дозволяє знизити рівень напружень, практично, в усіх контрольних точках. Це відбувається завдяки тому, що за відсутності ротаційної рухомості стрижень сприймає на себе частину скручуючих навантажень, тим самим знижуючи їх рівень в кістковій тканині.

З абсолютними значеннями величин напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнями та шпинею з додатковим блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки можна ознайомитись за допомогою таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпинею, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	Стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	6,5	1,4	2,1
2	3,9	0,8	0,9
3	1,3	4,7	4,9
4	1,6	0,8	0,7
5	1,1	1,1	1,0
6	1,1	7,4	8,1
7	0,1	7,6	7,6
8	0,1	5,2	6,7

В результаті проведеного дослідження вдалося визначити, що при навантаженнях на стиск стрижень з ротаційною стабільністю веде себе так само, як і стрижень без неї при всіх досліджених способах остеосинтезу, про що свідчать однакові показники величин напружень в усіх контрольних точках моделей. Це пов'язано з тим, що обидва стрижня мають рухомість вздовж подовжньої осі для забезпечення "зростання" конструкції в процесі росту пацієнта. Тобто для стискаючих осьових навантажень обидва стрижня є нестабільними. Використання блоків з кісткових трансплантатів, як на обидві кістки, так і тільки на великогомілкової, під впливом осьових стискаючих навантажень дозволяє знизити рівень напружень в кісткових фрагментах, особливо в зоні перелому.

Основна перевага, яку надає стрижень з ротаційною стабільністю при остеосинтезі великогомілкової кістки під впливом навантажень на кручення,

є зниження рівня напружень вздовж лінії перелому до 0,3 МПа. В інших зонах рівень напружень зберігається на тому ж рівні, що й при використанні ротаційно нестабільного стрижня. При використанні для остеосинтезу блоків з кісткових трансплантатів стрижень з ротаційною стабільністю дозволяє знизити рівень напружень у всіх контрольних точках моделей в порівнянні з ротаційно нестабільним стрижнем. Блок на обидві кістки гомілки заволікає малогомілкову кістку до навантажень, чим значно підвищує рівень напружень в неї.

4.2 Дослідження напружено-деформованого стану моделей гомілки з зоною псевдоартрозу в нижній третині

4.2.1 Дослідження моделей на стиск

На рисунку 4.15 наведена картина напружено-деформованого стану моделі з остеосинтезом великогомілкової кістки інтрамедулярним стрижнем без ротаційної стабільності та малогомілкової кістки шпичею.

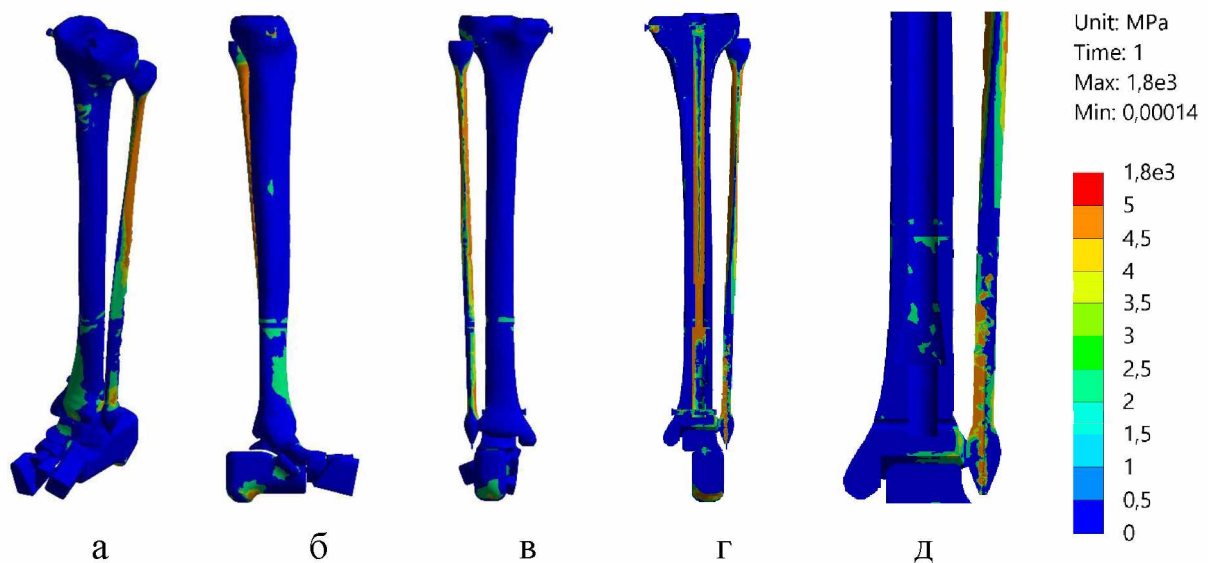


Рисунок 4.15 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Використання для остеосинтезу великогомілкової кістки ротаційно нестабільного стрижня, що "зростає", веде до зниження рівня напружень в її проксимальному метафізі до 1,2 МПа. В дистальному метафізі рівень напружень зберігається без змін на рівні 4,7 МПа в порівнянні з неушкодженою кісткою. Підвищення рівня напружень спостерігається в діяфізі великогомілкової кістки вище зони перелому – до 3,0 МПа, а також безпосередньо вздовж лінії перелому до 3,2 МПа у верхньому уламку та до 3,6 МПа – в нижньому. Найвищий рівень напружень спостерігається навколо зони перелому малогомілкової кістки, де він сягає позначки 13,5 МПа.

Розглянемо, картину розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск при використанні для остеосинтезу стрижня з ротаційною стабільністю (рис. 4.16).

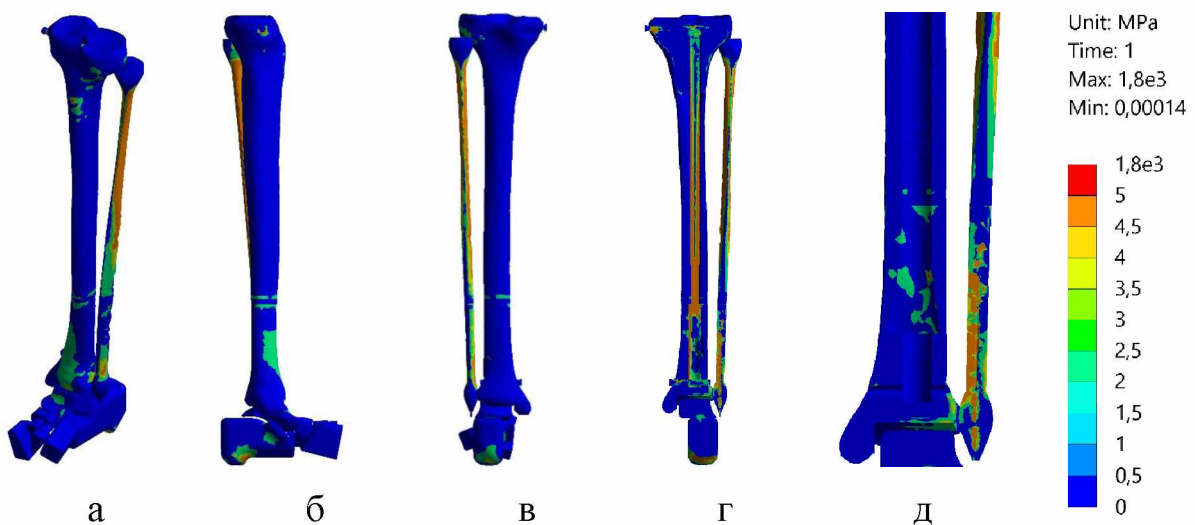


Рисунок 4.16 – Картина розподілу напружень в моделі. Остеосинтез стрижнем із ротаційною стабільністю: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

При навантаженнях на стиск, використання стрижня з ротаційною стабільністю не веде до будь-яких значних змін напружено-деформованого стану моделі в порівнянні з остеосинтезом великогомілкової кістки ротаційно

нестабільним стрижнем. Це пов'язане з відсутністю стабільності стрижнів обох типів у поздовжньому напрямку.

Значення величини напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу тільки стрижнями та шпицями, наведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпицею

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	Стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	3,4	1,2	1,2
2	4,9	4,8	4,7
3	2,0	3,0	3,0
4	1,6	2,8	2,9
5	1,6	3,2	3,2
6	2,0	3,8	3,6
7	0,1	13,5	13,5
8	0,1	13,0	13,0

Як показали проведені дослідження, наявність ротаційної стабільності інтрамедулярного стрижня ніяким чином не впливає на розподіл напружень в моделях при навантаженні на стискання. Більш наочно порівняти величини напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу тільки стрижнями та шпицями, можна за допомогою діаграми, яка наведена на рисунку 4.17.

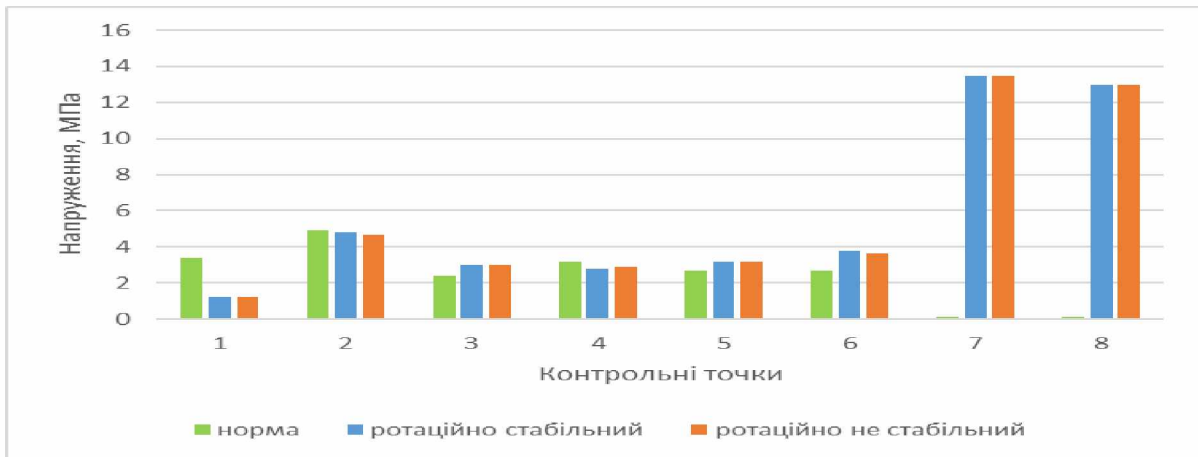


Рисунок 4.17 – Діаграма напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпинею.

Наступним етапом роботи був змодельований варіант остеосинтезу великогомілкової кістки інтрамедулярними стрижнями з додатковим блоком з кісткових трансплантатів. На рис. 4.18 відображено напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу великогомілкової кістки стрижнем без ротаційної стабільності та блоком з кісткових трансплантатів.

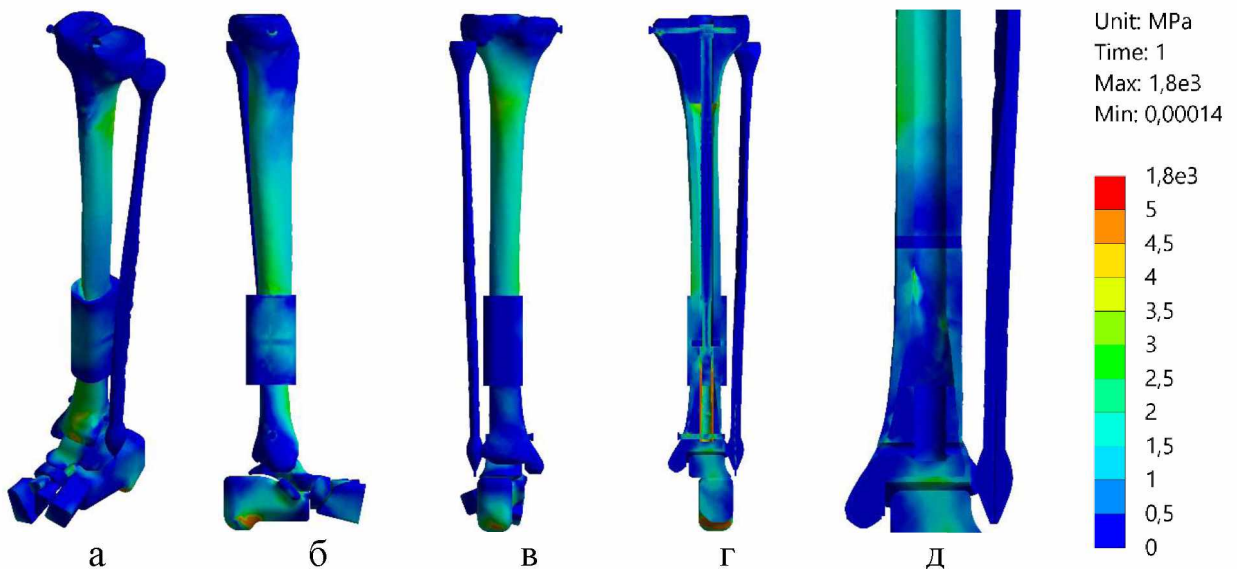


Рисунок 4.18 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

При використанні додаткового блоку з кісткових трансплантатів навколо зони перелому великогомілкової кістки зона максимальних напружень 5,0 МПа зберігається на її дистальному кінці, а також нижче лінії перелому – 3,5 МПа. Слід відмітити розвантаження малогомілкової кістки, де напруження знижуються до позначки 0,1 МПа вище зони перелому, та до 0,4 МПа – нижньому фрагменті. Рисунок 4.19 відображає напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу стрижнем з ротаційною стабільністю та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку [15].

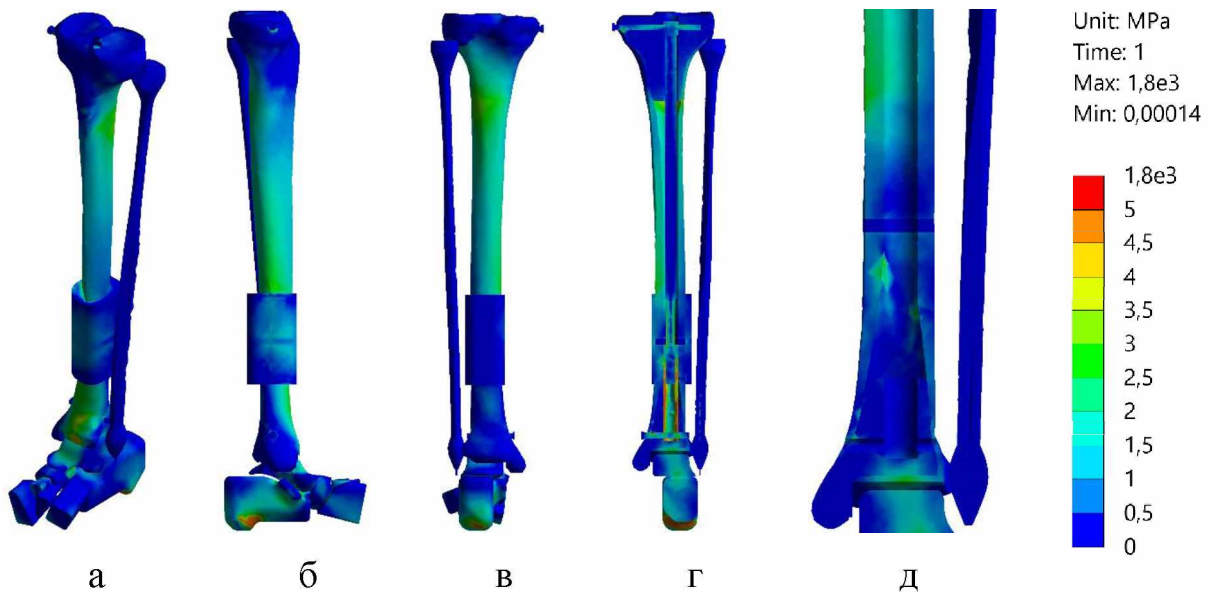


Рисунок 4.19 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Як і в попередньому дослідженні, при навантаженнях на стиск, використання ротаційно стабільного стрижня не надає переваг, щодо розподілу навантажень в моделі, про що свідчать дані, наведені в табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпигцею, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	3,4	3,0	3,0
2	4,9	5,0	5,0
3	2,0	3,0	2,9
4	1,6	2,8	3,0
5	1,6	0,9	0,9
6	2,0	3,5	3,0
7	0,1	0,1	0,1
8	0,1	0,4	0,1

Наочне уявлення про рівень напружень в моделях гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск в умовах остеосинтезу стрижнями та шпигцею, і блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку, можна отримати за допомогою діаграми, яка наведена на рисунку 4.20.

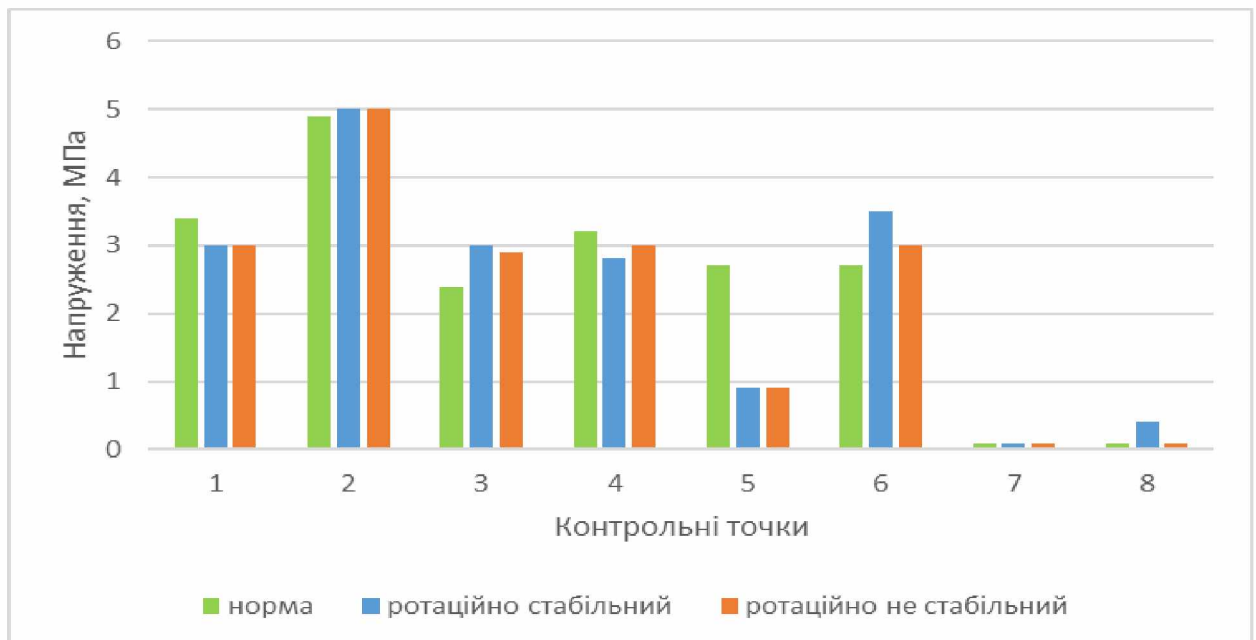


Рисунок 4.20 – Діаграма напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпигцею, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку.

Розглянемо, як впливає на розподіл напружень в моделях гомілки з переломами обох кісток в нижній третині використання блоку з кісткових трансплантатів на обидві гомілкові кістки. Картина розподілу напружень в моделі з остеосинтезом стрижнем без ротаційної стабільності під впливом навантаження на стиск наведена на рисунку 4.21.

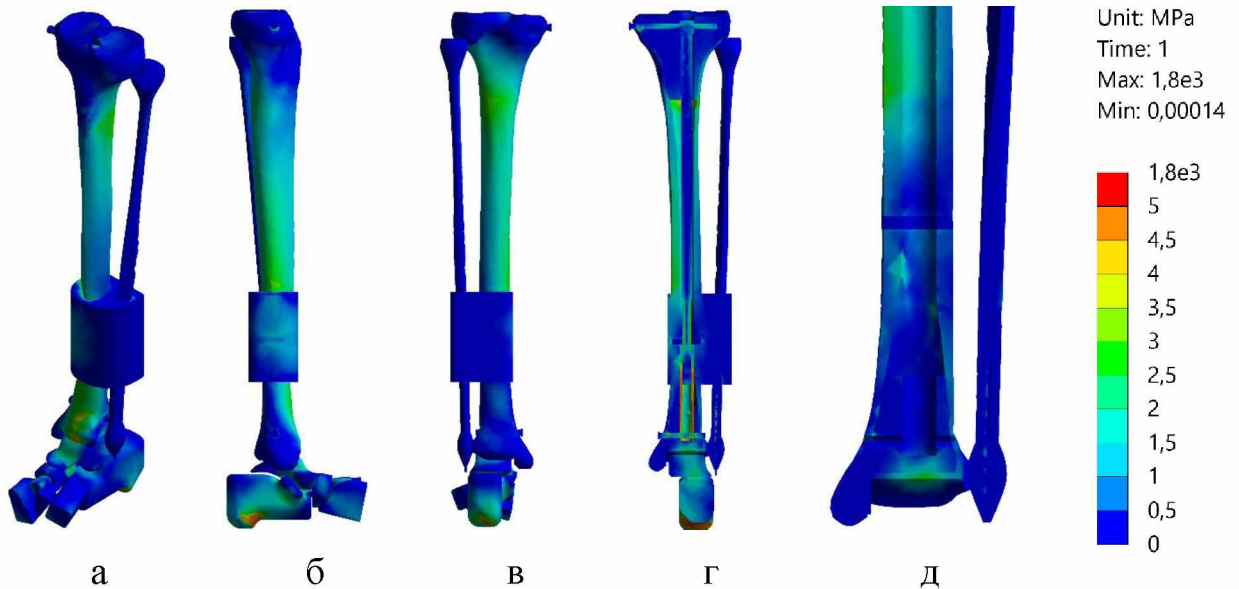


Рисунок 4.21 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Як показали результати моделювання, кістковий блок на обидві гомілкові кістки дозволяє знизити рівень напружень в зоні перелому великогомілкової кістки до рівня 21 МПа.

Величини напружень в інших контрольних точках моделі визначаються на тому ж рівні, що і в моделі з блоком тільки на великогомілкової кістці.

На рис. 4.22 наведена картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу стрижнем з ротаційною стабільністю та блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки.

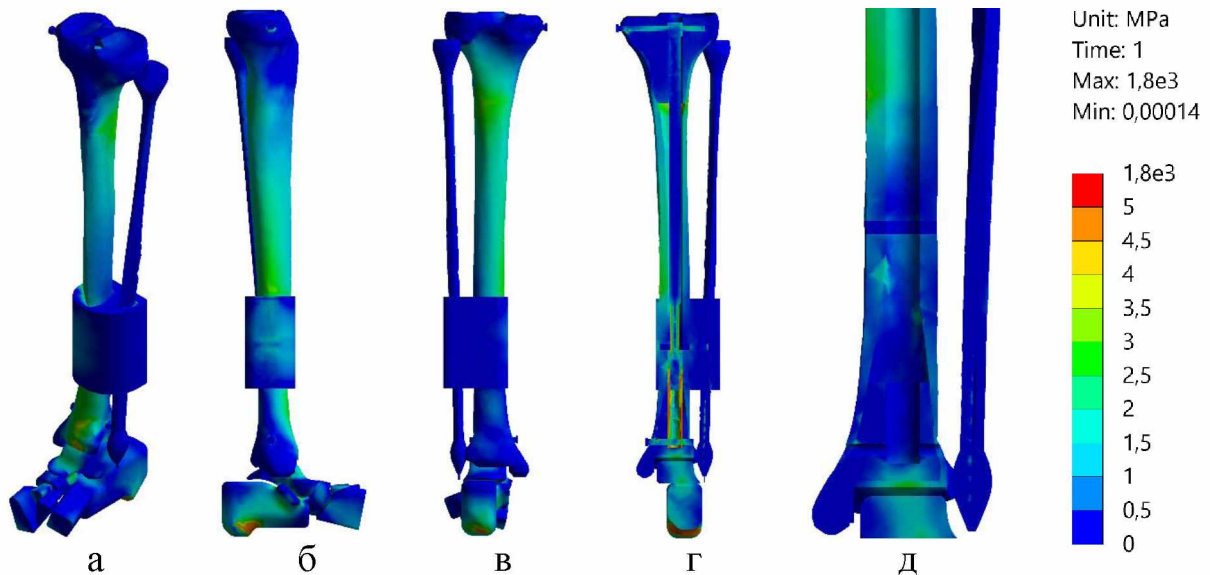


Рисунок 4.22 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Як і в попередніх дослідженнях, при навантаженнях моделей на стиск, використання ротаційно стабільного стрижня для остеосинтезу великогомілкової кістки не викликає будь-яких значних змін в напружено-деформованому стані моделі в порівнянні з остеосинтезом стрижнем без ротаційної стабільності. Про це свідчать дані про величини напружень в моделях, які наведені в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпинею, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	3,4	3,0	2,8
2	4,9	5,0	4,4
3	2,0	3,0	2,9
4	1,6	2,9	2,9
5	1,6	0,9	0,9
6	2,0	2,3	2,1
7	0,1	0,2	0,2
8	0,1	0,2	0,2

Для наочного уявлення про величини напружень в моделях гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск, в умовах остеосинтезу стрижнями та шпинею, і блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки, побудована діаграма, яка наведена на рисунку 4.23.

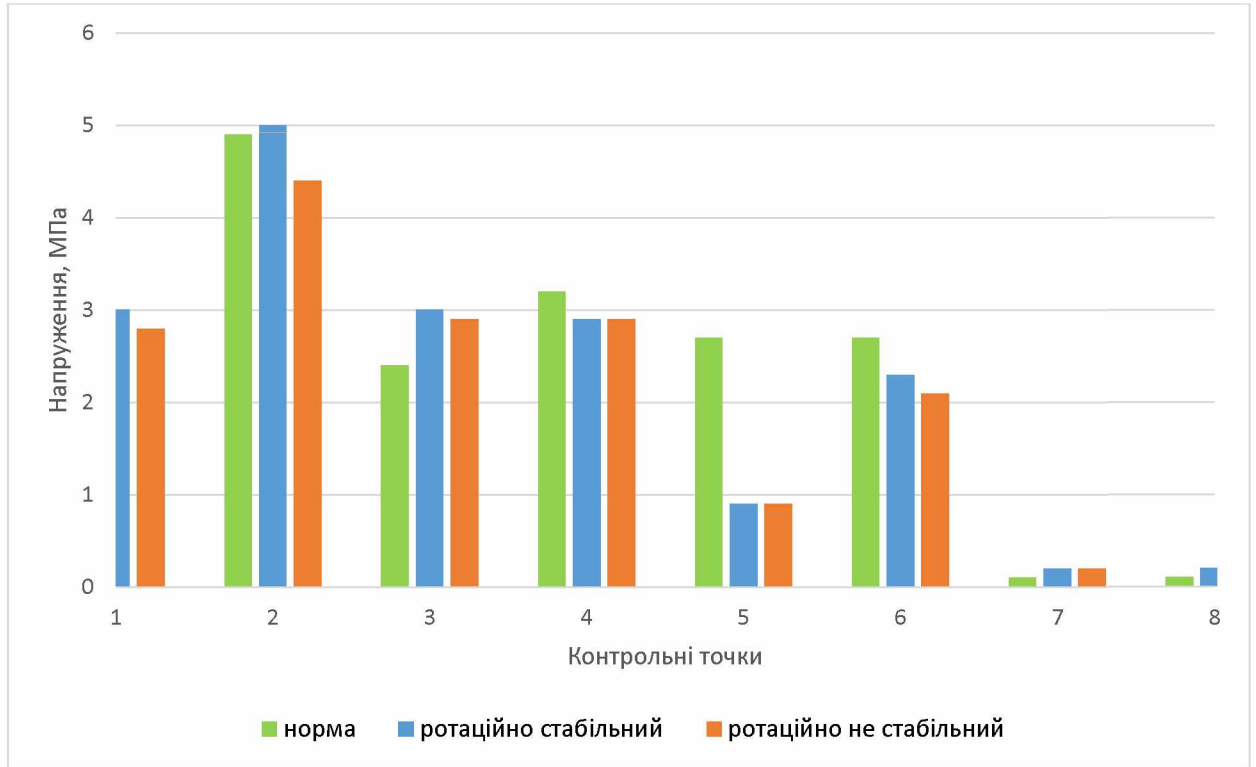


Рисунок 4.23 – Діаграма напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на стиск. Остеосинтез стрижнем та шпинею, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки.

Проведені дослідження показали, що при навантаженнях на стиск використання ротаційно стабільного стрижня не надає будь-яких переваг над ротаційно нестабільним стрижнем. Це пояснюється тим, що до навантажень, які діють вздовж повздовжній осі стрижнів, обидва стрижня є нестабільними, тому все навантаження несуть кісткові структури. Використання блоків з кісткових трансплантатів, як на обидві кістки, так і тільки на великогомілкову, дозволяє знизити рівень напружень в кісткових фрагментах, особливо в зоні перелому.

4.2.2 Дослідження моделей на кручення

Наступним етапом роботи вивчали напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем без ротаційної стабільності. Картина розподілу напружень в моделі наведена на рисунку 4.24.

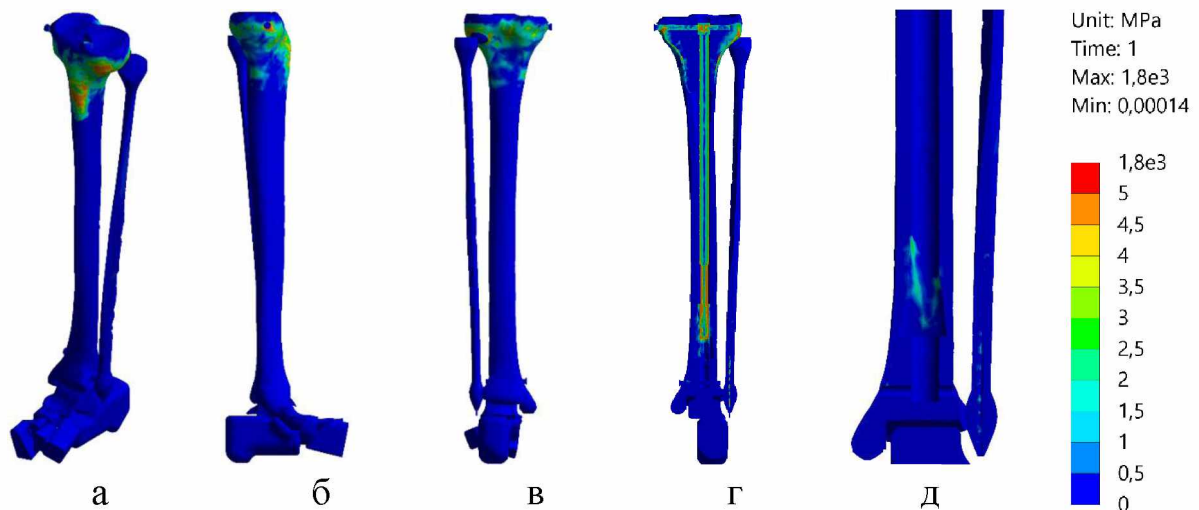


Рисунок 4.24 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Остеосинтез великогомілкової кістки стрижнем без ротаційної стабільності при навантаженнях на кручення призводить до підвищення рівня напружень в її проксимальному відділі до 7,8 МПа в порівнянні з нормою, водночас дозволяє знизити рівень напружень в її діафізарній частині до 0,4 МПа. Особливу відмітити, що в здовж лінії перелому в дистальному фрагменті великогомілкової кістки рівень напруження зростає до 2,5 МПа. Остеосинтез малогомілкової кістки шпинею також призводить до підвищення напружень в її діафізі до 1,7 та 2,2 МПа в дистальному та проксимальному фрагментах, відповідно.

Розглянемо картину розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем із ротаційною стабільністю, яка наведена на рисунку 4.31.

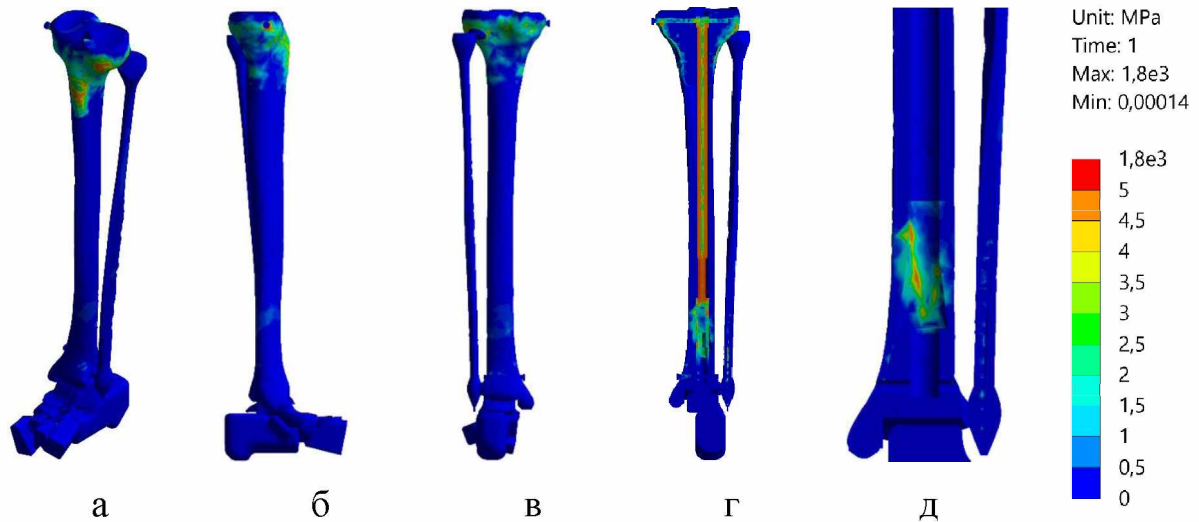


Рисунок 4.31 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем із ротаційною стабільністю: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Результати моделювання показали, що основна перевага, яку надає стрижень з ротаційною стабільністю при остеосинтезі великогомілкової кістки, є зниження рівня напружень вздовж лінії перелому до 0,6 МПа. В інших зонах рівень напружень зберігається на тому ж рівні, що й при використанні ротаційно нестабільного стрижня.

Дані про величини напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем та шпинею, наведені в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпинею

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	6,5	7,8	7,8
2	3,9	1,0	1,0
3	1,3	0,3	0,3
4	1,6	0,4	0,4
5	1,1	0,5	0,5
6	1,1	0,6	2,5
7	0,1	2,2	2,2
8	0,1	1,8	1,7

Для зручнішого порівняння величин напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтез стрижнем та шпинею побудована діаграма, яка наведена на рисунку 4.32.

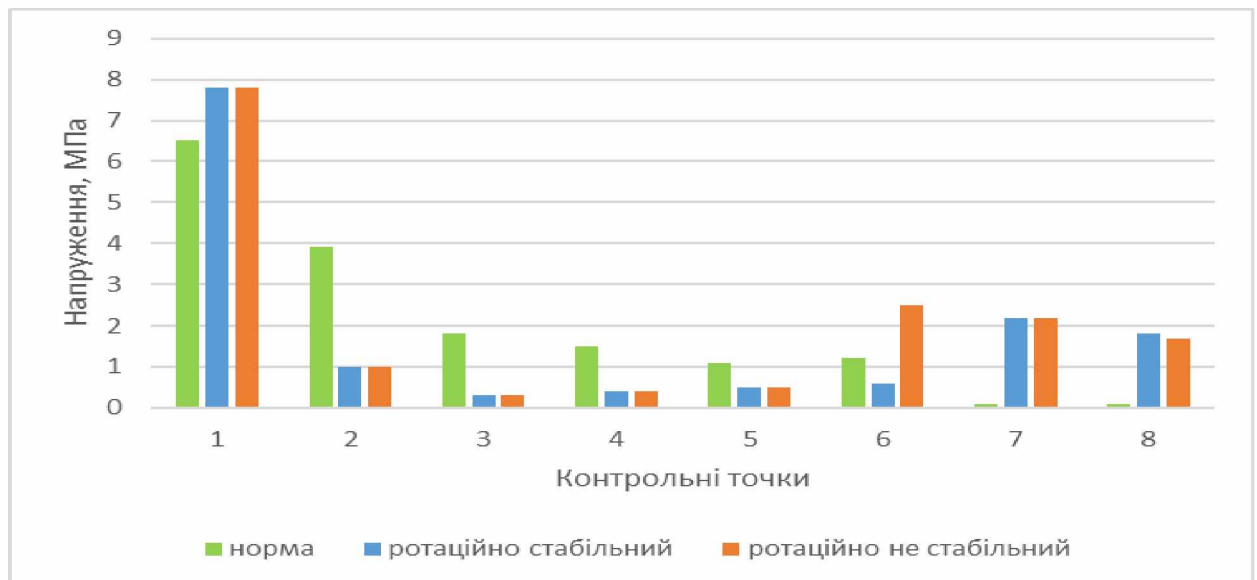


Рисунок 4.32 – Діаграма напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпинею.

Наступним етапом роботи вивчали зміни, які відбуваються в напружено-деформованому стані моделі гомілки з переломами обох кісток в

нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем без ротаційної стабільності та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку. Картина розподілу напружень в моделі наведена на рисунку 4.33.

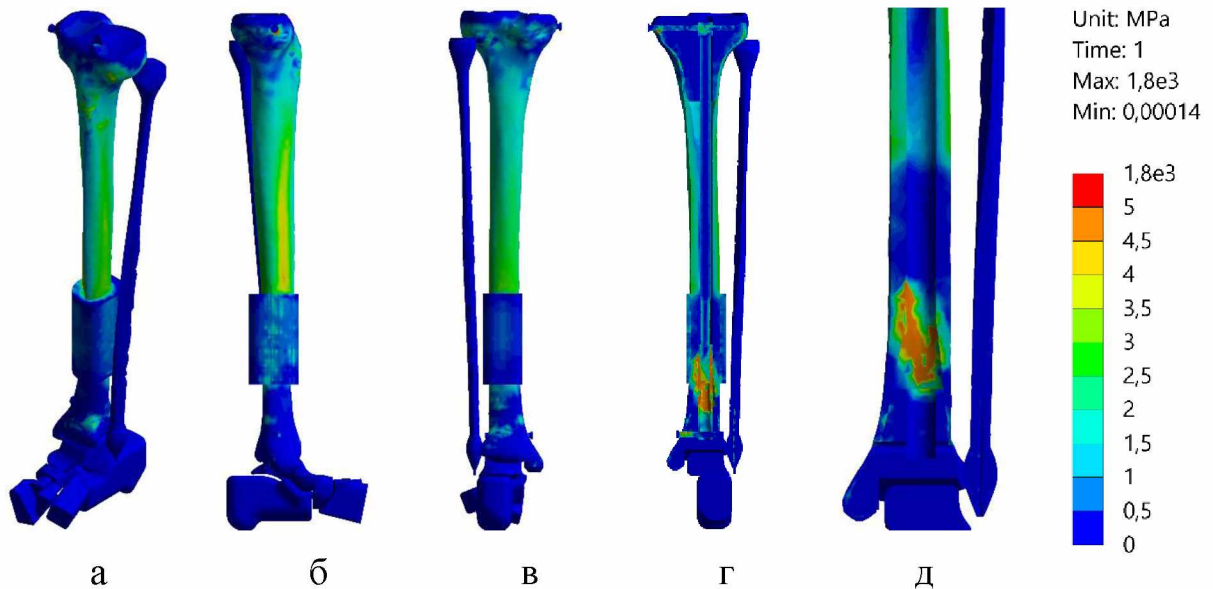


Рисунок 4.33 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Використання для остеосинтезу великогомілкової кістки ротаційно нестабільного стрижня в поєднанні з додатковою фіксацією за допомогою блоку з кісткових трансплантатів приводить до зниження величини напружень на її проксимальному кінці до 3,5 МПа, та підвищенням рівня напружень в діафізарній частині до 4,6 МПа і, що більш важливе, вздовж лінії перелому – до 16,0 МПа. Малоомілкова кістка залишається, практично, не навантаженою, про що свідчать величини напружень, які не перевищують значення 0,3 МПа.

Розглянемо вплив навантажень на кручення на модель гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на

кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем з ротаційною стабільністю та блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку. Картину напружено-деформованого стану моделі можна спостерігати на рисунку 4.34.

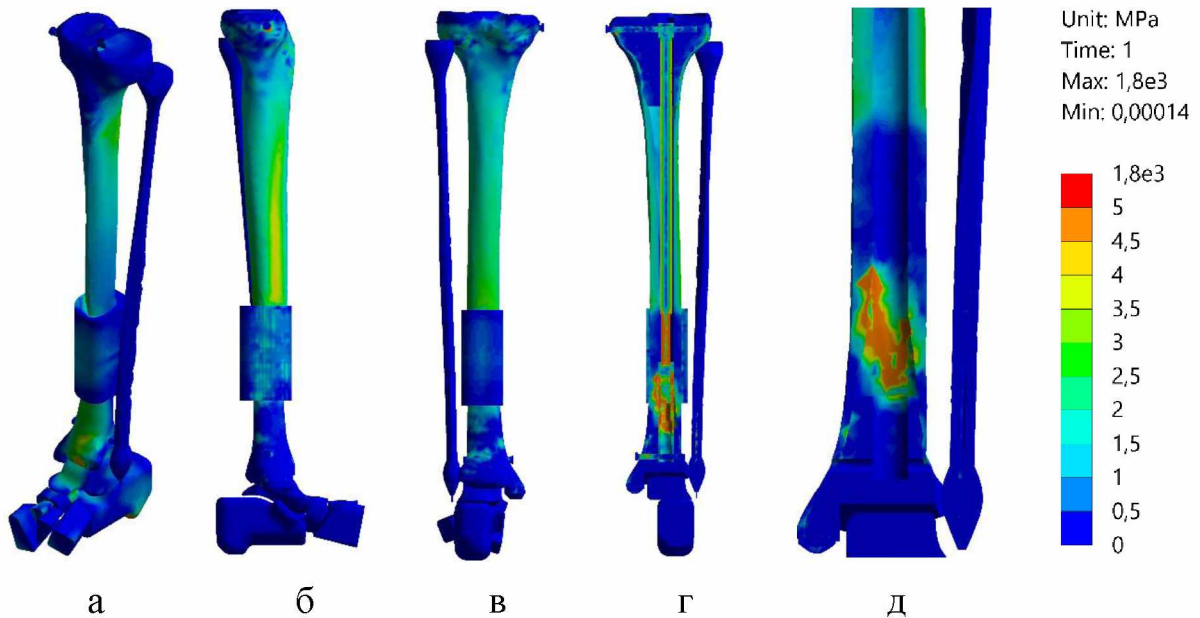


Рисунок 4.34 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Заміна інтрамедулярного стрижня на стрижень з ротаційною стабільністю зберігає загальний характер розподілу напружень в моделі під впливом стискаючого навантаження, як і в попередньому варіанті, але, практично во всіх контрольних точках величини напружень трохи менше.

Розглянути величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем та спицею в поєднанні з блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку можна в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпинею, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	6,5	3,6	3,5
2	3,9	2,5	2,5
3	1,3	4,4	4,6
4	1,6	1,1	1,1
5	1,1	0,9	0,8
6	1,1	16,0	17,1
7	0,1	0,1	0,3
8	0,1	0,1	0,2

Наочне порівняння величин напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в середній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнем та шпинею в поєднанні з блоком з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку можна зробити за допомогою діаграми, яка наведена на рисунку 4.35.

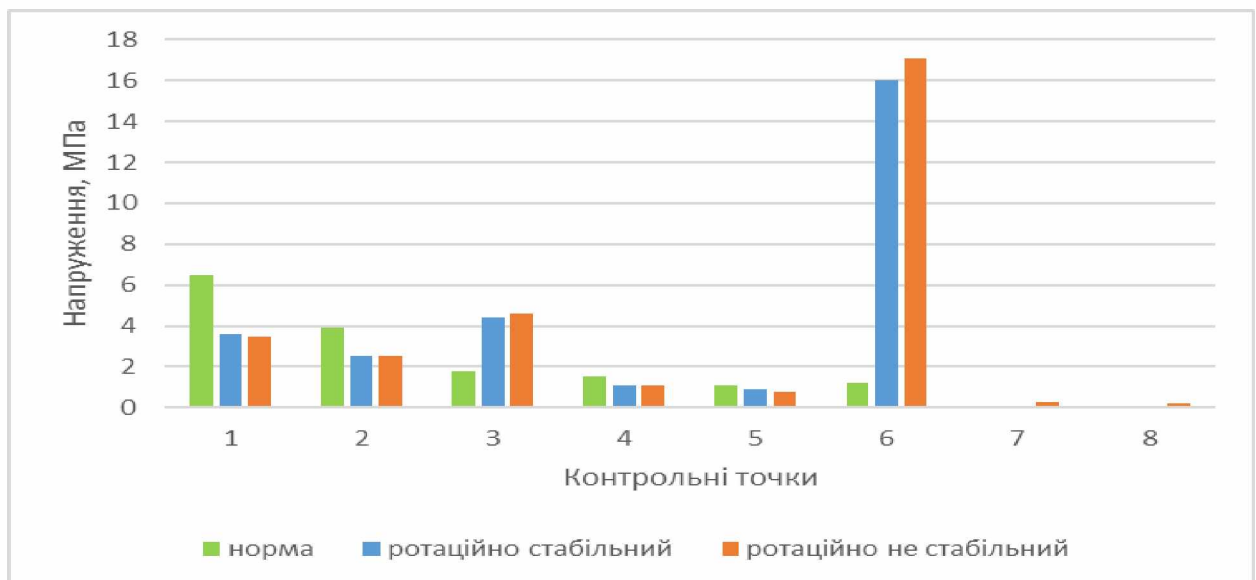


Рисунок 4.35 – Діаграма напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпинею, блок з кісткових трансплантатів на великогомілкову кістку.

Останнім етапом роботи визначали напружень в моделях гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнями та шпинею з додатковим блоком з кісткових трансплантатів на обидві гомілкові кістки. Картину напружено деформованого стану моделі з остеосинтезом великогомілкової кістки стрижнем без ротаційної стабільності наведено на рисунку 4.36.

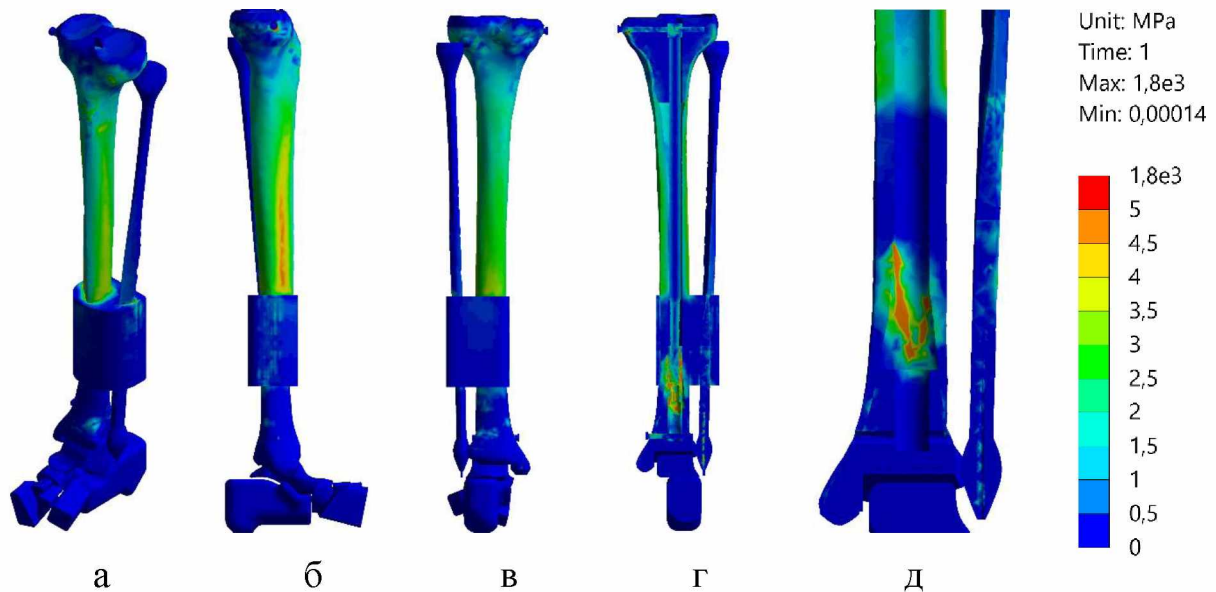


Рисунок 4.36 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем без ротаційної стабільності, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Додаткове накладання блоку з кісткових трансплантатів на обидві гомілкові кістки не призводить до значного зниження напружень вздовж лінії перелому великогомілкової кістки, де вони зберігаються на рівні 11,1 МПа нижче лінії перелому. В той же час напруження вище лінії перелому значно знижуються до 0,2 МПа. Така ситуація виникає за рахунок близькості дистального фіксуючого гвинта до зони перелому великогомілкової кістки. Також спостерігається високий рівень напружень у малогомілкової кістці, де їх максимум визначається на позначці 3,3 МПа.

Перевіримо, які зміни відбуваються в напружено-деформований стан моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення при заміні інтрамедулярного стрижня на стрижень з ротаційною стабільністю. Картину розподілу напружень в даній моделі наведено на рисунку 4.37.

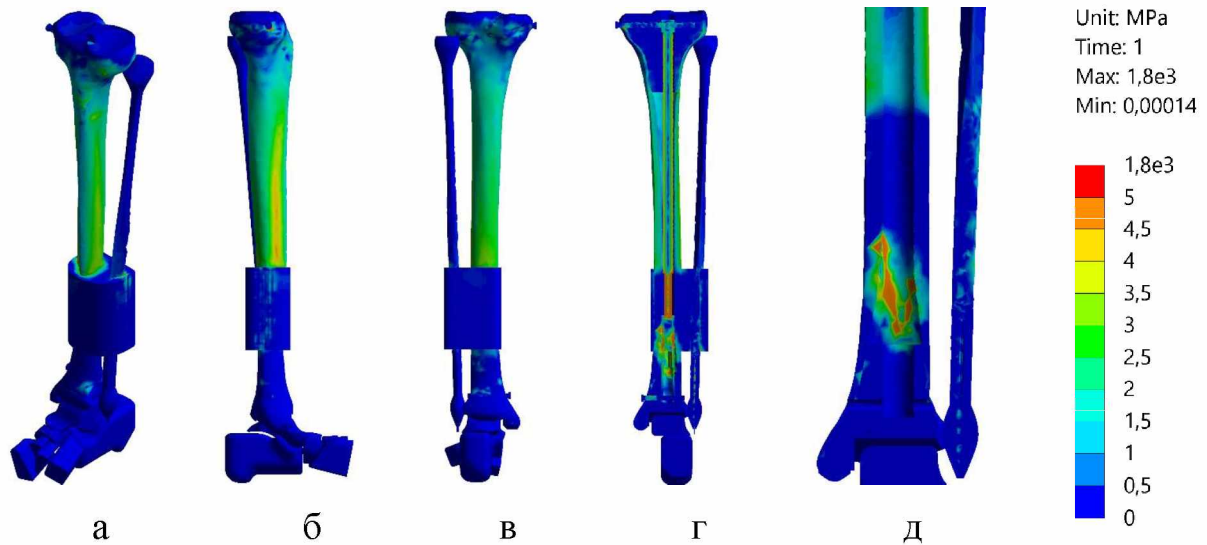


Рисунок 4.37 – Картина розподілу напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем з ротаційною стабільністю, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки: а – загальний вид; б – вид з медіального боку; в – вид ззаду; г – розтин великогомілкової кістки; д – зона перелому.

Заміна інтрамедулярного стрижня на стрижень з ротаційною стабільністю при навантаженнях на кручення не змінює загального характеру розподілу напружень в моделі, але дозволяє знизити рівень напружень, практично, во всіх контрольних точка. Це відбувається завдяки тому, що за відсутністю ротаційної рухомості стрижень сприймає на себе частину навантажень, тим самим знижуючи їх рівень в кістковій тканині.

З величинами напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнями та шпичею з блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки можна ознайомитись за допомогою таблиці 4.14.

Таблиця 4.14

Величини напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпинею, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	Стрижень	
		ротаційно стабільний	ротаційно нестабільний
1	6,5	3,0	3,0
2	3,9	1,5	1,4
3	1,3	4,8	5,1
4	1,6	1,0	1,0
5	1,1	0,3	0,2
6	1,1	9,5	11,1
7	0,1	1,5	3,3
8	0,1	1,4	2,2

Наочне порівняння величин напружень в контрольних точках моделей гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення, в умовах остеосинтезу стрижнями та шпинею з додатковим блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки можна отримати за допомогою діаграми, яка наведена на рисунку 4.38.

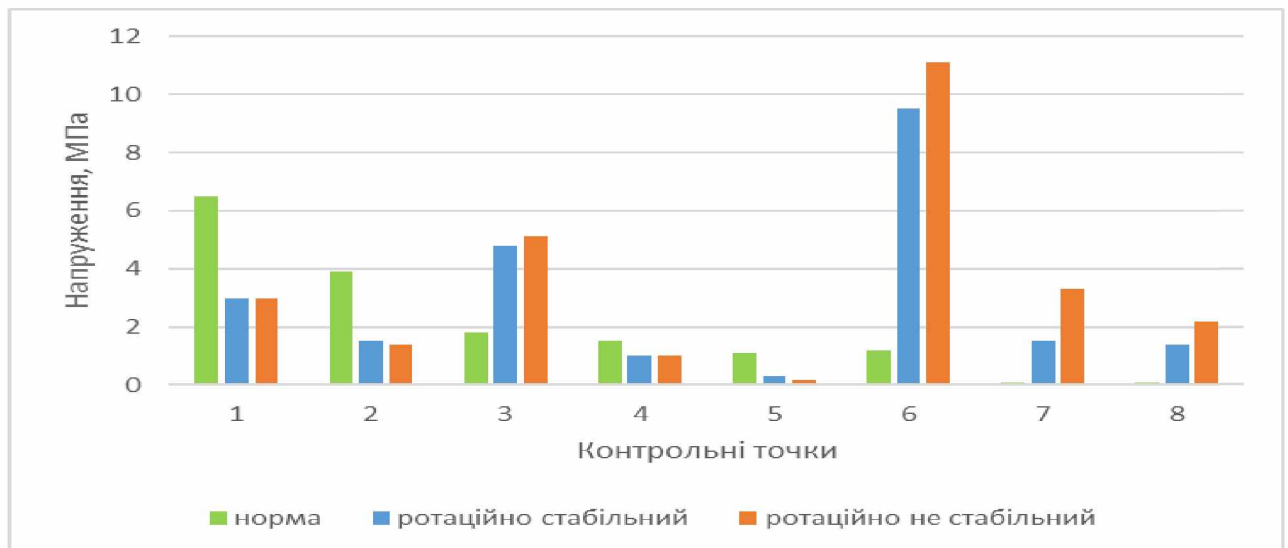


Рисунок 4.38 – Діаграма напружень в моделі гомілки з переломами обох кісток в нижній третині під впливом навантаження на кручення. Остеосинтез стрижнем та шпинею, блок з кісткових трансплантатів на обидві кістки.

В результаті проведеного дослідження вдалося визначити, що при навантаженнях на стиск стрижень з ротаційною стабільністю веде себе так саме, як і стрижень без неї при всіх досліджених способах остеосинтезу, про що свідчать однакові показники величин напружень во всіх контрольних точках моделей. Це пов'язано з тим, що обидва стрижня мають рухомість вздовж подовжньої осі для забезпечення "зростання" конструкції в процесі росту пацієнта. Тобто для стискаючих осьових навантажень обидва стрижня є нестабільними. Використання блоків з кісткових трансплантатів, як на обидві кістки, так і тільки на великогомілкову, під впливом осьових стискаючих навантажень дозволяє знизити рівень напружень в кісткових фрагментах, особливо в зоні перелому.

Основна перевага, яку надає стрижень з ротаційною стабільністю при остеосинтезі великогомілкової кістки під впливом навантажень на кручення, є зниження рівня напружень вздовж лінії перелому в проксимальному фрагменті. Нижче лінії перелому напруження залишаються досить високими. Додаткове накладання блоку з кісткових трансплантатів на обидві гомілкові кістки не призводить до значного зниження напружень вздовж лінії перелому великогомілкової кістки, де вони зберігаються на рівні 11,1 МПа нижче лінії перелому. В той же час напруження вище лінії перелому значно знижуються до 0,2 МПа. Така ситуація виникає за рахунок близькості дистального фіксуючого гвинта до зони перелому великогомілкової кістки, який тримає на себе основне навантаження. В інших зонах рівень напружень зберігається на тому ж рівні, що й при використанні ротаційно нестабільного стрижня

Висновки до розділу 4

При навантаженнях на стиск стрижень з ротаційною стабільністю веде себе так саме, як і стрижень без неї при всіх досліджених способах остеосинтезу, про що свідчать однакові показники величин напружень во всіх контрольних точках моделей. Використання блоків з кісткових трансплантатів, як на обидві кістки, так і тільки на великогомілкову, під впливом осьових стискаючих навантажень дозволяє знизити рівень напружень в кісткових фрагментах, особливо в зоні перелому.

Перевага, яку надає стрижень з ротаційною стабільністю при остеосинтезі великогомілкової кістки під впливом навантажень на кручення,

є зниження рівня напружень вздовж лінії перелому перелому до 0,3 МПа. При використанні для остеосинтезу блоків з кісткових трансплантатів стрижень з ротаційною стабільністю дозволяє знизити рівень напружень у всіх контрольних точках моделей в порівнянні з ротаційно нестабільним стрижнем. Кістковий блок на обидві кістки гомілки заволодіває малою кісткою до навантажень, чим значно підвищує рівень напружень в неї.

Дані розділу 4 висвітлено у наступних публікаціях:

1. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в середній третині. Вісник проблем біології і медицини; 2022, 158(4): 239-246.

2. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Дослідження деформацій кісткового регенерату за різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки в разі їхнього уродженого псевдоартрозу. Ортопедія, травматологія та протезування; 2022, (1-2): 49-54. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-249-54>.

3. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Дослідження напружено-деформованого стану моделей різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з діафізарними переломами в середній третині у дітей з недосконалим остеогенезом та незавершеним ростом. Частина 1. Стискання. Травма; 2023,24(4):9-14. doi: 10.22141/1608-1706.4.24.2023.959

4. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в нижній третині в умовах остеосинтезу інтрамедулярними ростучими стрижнями з блокуванням подовжнього руху при стисканні та без нього. Травма; 2022,23(5):25-35. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.23.2022.913>

5. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД, Ярьсько ОВ. (2023). Дослідження розподілу напружень під впливом згинаючого навантаження в моделях різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з переломами в середній третині при їх уродженому псевдоартрозі в дітей з незавершеним ростом. Хірургія дитячого віку (Україна). 3(80): 71-77; doi: 10.15574/PS.2023.80.71.

РОЗДІЛ 5**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КТ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЩІЛЬНОСТІ ТА ОБ'ЄМУ КІСТКОВИХ ТРАНСПЛАНТАТІВ
ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВІЛЬНОЇ ТА «ОБГОРНУТОЇ»
ТЕХНІКИ КІСТКОВОЇ ПЛАСТИКИ СЕГМЕНТАРНОГО
ДЕФЕКТУ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ В УМОВАХ
КОМБІНОВАНОГО ОСТЕОСИНТЕЗУ**

5.1 Томографічна (КТ) оцінка кісткових трансплантатів при виконанні вільної та «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту кісток гомілки в умовах комбінованого (інтрамедулярного та накісткового) остеосинтезу

Для оцінки характеру перебудови кортикально-губчастих трансплантатів за умов різних видів кісткової пластики проведено рентгенометричне дослідження щільності кістки за даними КТ досліджень [55].

Відповідно до протоколу дослідження, експериментальним тваринам виконано формування сегментарного дефекту правої великогомілкової кістки за допомогою резекції його фрагмента до 1,5 см осцилюючою пилкою на низьких обертах з наступною фіксацією фрагментів комбінованим синтезом: інтрамедулярною спицею, та LCP-пластиною. У подальшому виконано кісткову пластику одним з двох способів: 1) у Групі 1 виконано класичну вільну кісткову аутопластику кортикально-губчастими трансплантатами з крила клубової кістки (5 кролів); 2) Група 2 - виконана «обгорнута» металокісткова аутопластика кортикально-губчастими трансплантатами з крила клубової кістки, з додатковим використанням титанової сітки (5 кролів).

Відповідно до подальшого протоколу виконано КТ дослідження, із вимірюванням щільності кісткової тканини на оперованій та інтактній

(неоперованій) кінцівках експериментальних тварин одразу після виконання хірургічного втручання, а також через 4 та 7 тижнів у 7 визначених зонах.

Отримані в динаміці дані для Групи 1 та Групи 2 наведені у таблицях 5.1 та 5.2 відповідно.

Таблиця 5.1

Значення щільності кісткової тканини (Nu) у досліджуваних зонах великогомілкової кістки експериментальних тварин з Групи 1 через 0, 4 та 7 тижнів після хірургічного втручання

Зона	Показник	Терміни спостереження		
		0 тижнів	4 тижні	7 тижнів
ЗД _{ОПЕР}	M±SD	815±58,7	800±65,2	840±48,7
	min÷max	660÷825	610÷770	798÷910
				*p <0,05
ЗД _{ІНТАКТ}	M±SD	820±67,2	900±67,2	950±63,2
	min÷max	650÷835	650÷835	650÷835
			*p <0,001	*p <0,001
ЗКМ _{ОПЕР}	M±SD	20,4±4,5	20,6±4,8	22,2±4,2
	min÷max	15÷27	17÷27	18÷28
ЗКМ _{ІНТАКТ}	M±SD	20±4,63	21±3,83	20±4,63
	min÷max	15÷26	15÷26	15÷26
ЗКА ₁	M±SD	800±49,1	780±32,1	810±56,6
	min÷max	749÷856	637÷808	761÷895
			*p <0,05	
ЗКА ₂	M±SD	802±53,7	791±38,3	805±39,4
	min÷max	744÷857	716÷806	782 ÷884
			*p <0,05	
ЗКА ₃	M±SD	779±56,6	763±36,2	793±44,2
	min÷max	719÷841	683÷842	779÷900
			*p <0,05	

Аналіз показників кісткової щільності великогомілкової кістки експериментальних тварин у Групі 1

Після хірургічного втручання (0 тиждень), у ділянці виконаної кісткової аутопластики, у всіх трьох зонах (ЗКА₁, ЗКА₂, ЗКА₃), показники кісткової щільності були нижчими, порівняно з аналогічними показниками

кортикального шару прилеглої великогомілкової кістки оперованої та інтактної сторін. Це пояснюється тим, що кісткова аутопластика проводилась кортикально-губчастими трансплантатами з крила клубової кістки, щільність яких є близькою, проте нижчою за показники великогомілкової кістки.

Таблиця 5.2

Значення щільності кісткової тканини (Hu) у досліджуваних зонах великогомілкової кістки експериментальних тварин з Групи 2 через 0, 4 та 7 тижнів після хірургічного втручання

Зона	Показник	Терміни спостереження		
		0 тижнів	4 тижні	7 тижнів
ЗД _{ОПЕР}	M±SD	816±44,3	838±41,8	879±45,3
	min÷max	772÷836	780÷904	812÷937
ЗД _{ІНТАКТ}	M±SD	810±49,2	884±51,2	937±40,2
	min÷max	754÷902,3	847÷923,8	860÷1016
ЗКМ _{ОПЕР}	M±SD	22±3,5	23,6±5,8	26,9±9,2
	min÷max	17÷26	17÷27	18÷29
ЗКМ _{ІНТАКТ}	M±SD	24±4,63	26±3,83	27±4,9
	min÷max	17÷28	18÷29	22÷30
ЗКА ₁	M±SD	780±49,1	775±32,1	795±56,6
	min÷max	672÷812	643÷801	691÷895
ЗКА ₂	M±SD	785±53,7	780±38,3	804±39,4
	min÷max	674÷837	670÷820	693 ÷840
ЗКА ₃	M±SD	774±56,6	770±36,2	803±44,2
	min÷max	659÷815	653÷810	690÷857

Оцінка кісткової щільності у ділянці кісткової аутопластики великогомілкової кістки через 4 тижні після операції, показала статистично значуще ($p < 0,05$) зменшення зазначених показників у всіх трьох зонах ЗКА₁, ЗКА₂, ЗКА₃, що свідчить про поступову негативну зміну якості кісткової тканини у цих зонах, що є ознакою процесу резорбції кісткових трансплантатів.

Через 7 тижнів після операції у всіх трьох зонах в ділянці кісткової аутопластики відзначаються позитивні зміни зі збільшенням показників кісткової щільності, що наближаються до вихідних показників зафіксованих після операції, однак не досягають статистично значущого рівня ($p > 0,05$).

Наочно оцінити динаміку зміни кісткової щільності у ділянці кісткової аутопластики великогомілкової кістки тварин з Групи 1 можна за допомогою діаграми на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Діаграма кісткової щільності у ділянці аутокісткової пластики сегментарного дефекту: зони ЗКА₁, ЗКА₂, ЗКА₃, визначеної у тварин Групи 1, в динаміці після операції.

Показники кісткової щільності у ділянках кортикального шару діафізу та кістково-мозкового каналу великогомілкової кістки оперованої та інтактної сторони були порівняно схожі після виконаного хірургічного втручання, при цьому на інтактній стороні зазначені показники значущо збільшились через 4 та 7 тижнів після операції ($p < 0.05$).

На оперованій стороні також відзначено поступове збільшення кісткової щільності зони діалізу та зони кістково-мозкового каналу, яке однак досягло значущої різниці лише через 7 тижнів.

Зазначені зміни з інтактною та оперованою сторін, можуть бути пояснені подальшим ростом кісток, та тимчасовим обмеженням навантаження на оперовану кінцівку (таблиця 5.1).

Аналіз показників кісткової щільності великогомілкової кістки експериментальних тварин у Групі 2

Вихідні показники щільності кісткових аутотрансплантатів, розташованих в ділянці проведеної операції по створенню дефекту та виконання кісткової аутопластики у тварин Групи 2 також були нижчими порівняно з показниками кортикального шару великогомілкової кістки інтактною та оперованою кісток.

Аналіз показників кісткової щільності у трьох зонах ЗКА₁, ЗКА₂, ЗКА₃, отриманих в Групі 2 на 4-му тижні показав схожу динаміку, що полягала у зменшенні показників, які однак не сягнули статистично значущого рівня.

Зазначені особливості дотично свідчать про більш позитивні процеси перебудови кісткової тканини у випадку виконання «обгорнутої» металокісткової аутопластики, що полягають, вірогідно, у зменшенні резорбції кісткових трансплантатів .

Аналогічно, через 7 тижнів відзначено статистично значуще збільшення показників кісткової щільності у всіх досліджуваних зонах проведеної «обгорнутої» металокісткової аутопластики ($p < 0,001$) так і у інших досліджуваних зонах оперованою та інтактною великогомілкових кісток.

Наочно оцінити динаміку зміни кісткової щільності у ділянці кісткової аутопластики великогомілкової кістки тварин з Групи 2 можна за допомогою діаграми на рисунку 5.2.

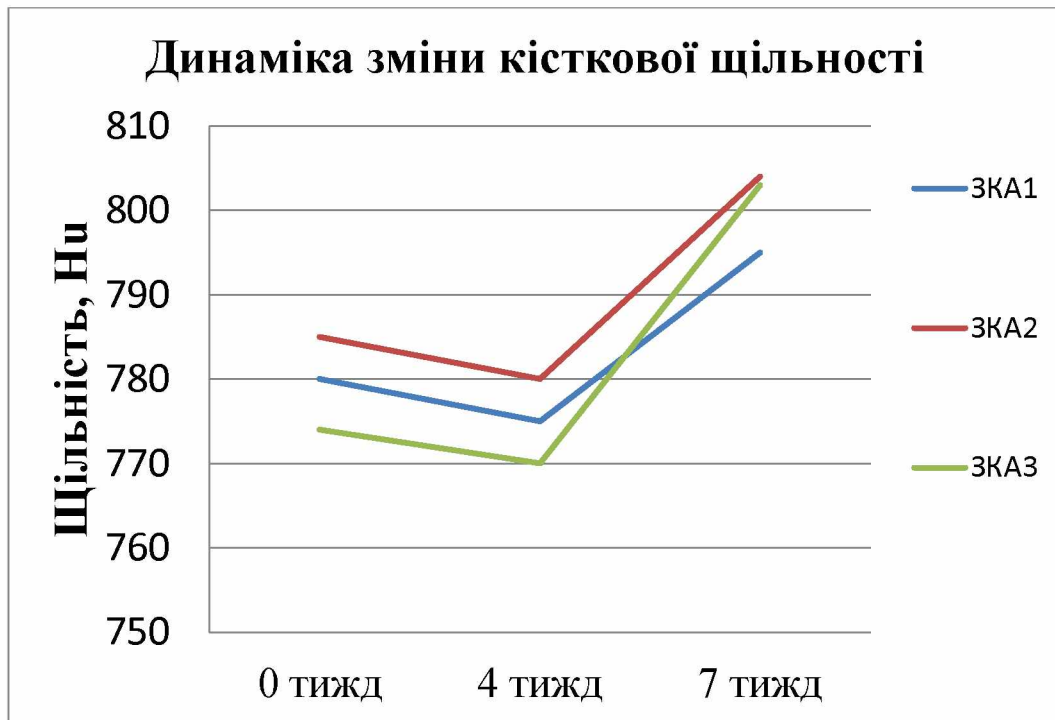


Рисунок 5.2 – Діаграма кісткової щільності у ділянці аутокісткової пластики сегментарного дефекту: зони ЗКА₁, ЗКА₂, ЗКА₃, визначеної у тварин Групи 2, в динаміці після операції.

У Групі 1, відзначено статистично значуще збільшення показників кісткової щільності у діяфізі та зоні кістково-мозкового каналу великогомілкової кістки на інтактній (неоперованій) стороні через 7 тижнів після операції, що може бути пояснено подальшим ростом тварини та зміцненням її кісток.

5.2 КТ оцінка об'єму кісткових трансплантатів при виконанні вільної та «обгорнутої» кісткової аутопластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки в умовах комбінованого остеосинтезу (інтрамедулярного та накісткового)

Виконання КТ оцінки кісткових трансплантатів проводилось за рахунок програмних можливостей програми 3D software MIS, розробника Materialise, що дає можливість виконувати виміри об'єму досліджуваних моделей.

Виконана КТ-оцінка, продемонструвала зміни, що відбуваються в зоні кісткової пластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки експериментальних тварин (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Середній об'єм кісткових трансплантатів у зоні кісткової пластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки експериментальних тварин за даними КТ дослідження, виконаних на 0, 4, 7 тижня

Групи	Об'єм, мм ³		
	0 тижд	4 тижд	7 тижд
Група 1	461,8±20,3 (від 428 до 480)	422,4±16,5 * (від 398 до 452)	398,7±21,5* (від 368 до 414)
1-й вимірювач	0.91 (від 0.82 до 0.96)*	0.93 (від 0.9 до 0.95)*	0.91 (від 0.81 до 0.95)*
2-й вимірювач	0.85 (від 0.75 до 0.95) *	0.91 (від 0.87 до 0.94) *	0.86 (від 0.77 до 0.95) *
міждослідницька похибка	0.88 (від 0.8 до 0.93) *	0.88 (від 0.86 до 0.92) *	0.88 (від 0.79 до 0.94) *
Коментар: аналіз у Групі 1, відзначається зменшення об'єму кісткових трансплантатів, статистично значуще на 4 та 7 тижнях.			
Група 2	543,5±28,2 (від 530 до 567)	501,8±18,5 * (від 485 до 520)	512,5±19,9 (від 497 до 546)
1-й вимірювач	0.90 (від 0.81 до 0.95)*	0.93 (від 0.91 до 0.94)*	0.91 (від 0.82 до 0.96)*
2-й вимірювач	0.88 (від 0.76 до 0.95) *	0.90 (від 0.87 до 0.92) *	0.88 (від 0.75 до 0.95) *
міждослідницька похибка	0.88 (від 0.79 до 0.93) *	0.87 (від 0.84 до 0.91) *	0.88 (від 0.79 до 0.93) *
Аналіз: Група 2 на 4 тижні відзначено значуще зменшення щільності аутогенних трансплантатів, на 7 тижні - незначуще підвищення щільності аутогенних трансплантатів			
*p < 0.001 Значення в таблиці наведені як середні, з діапазоном у дужках.			

Аналіз показників об'єму кісткових аутогенних трансплантатів у зоні сегментарного дефекту великогомілкової кістки експериментальних тварин Групи 1, показав що з часом відзначається поступове зменшення об'єму трансплантатів, яке сягає статистично значущого рівня на 4 та 7 тижнях. Таке зменшення в об'ємах може бути пояснено процесами резорбції кісткових трансплантатів

Аналіз відповідних даних для тварин Групи 2, демонструє дещо іншу динаміку зміни об'єму кісткових ауто трансплантатів у ділянці сегментарного дефекту, а саме на 4 тижні відзначено статистично значуще зменшення об'єму ауто трансплантатів (з $(543,5 \pm 28,2)$ до $(501,8 \pm 18,5)$ мм³), а вподальшому ця динаміка сповільнена і на більш пізніх сроках, а саме на 7 тижні – визначено статистично незначуще підвищення об'єму кісткових ауто трансплантатів до $(512,5 \pm 19,9)$ мм³. Зазначені зміни у тварин Групи 2 можуть бути пояснені переважанням процесів побудови нової кістки у ділянці сегментарного дефекту за умов виконання «обгорнутої» кісткової аутопластики. Зміни у об'ємах кісткових ауто трансплантатів подані у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Зміна об'єму кісткових трансплантатів у експериментальних тварин за даними КТ дослідження

Зміни об'єму трансплантатів між інтервалами	Відсоткові показники зміни об'єму, %		Абсолютні показники зміни об'єму, мм ³	
	Група 1	Група 2	Група 1	Група 2
Від 0 до 4 тижнів	-8.5% (-18,5% до -4.5%)	-6,6% (-13,1% до -3,3%)	-39,4мм ³ (-85,4мм ³ до -20,8мм ³)	-41,7 мм ³ (71,2мм ³ до 17,9 мм ³)
Від 4-7 тижнів	-5.61% (-12,5% до -5,1%)	+2,1 % (-3,15% до +11,3%)	-23.7мм ³ (-52,8мм ³ до -21,5мм ³)	+10,77 мм ³ (-16,2 мм ³ до +57,9 мм ³)
Загалом від 0 до 7 тижні	-13,7% (-20,3% до -3,7%)	-5.7% (-12.3% до -4.6%)	-63,1 мм ³ (-93,7 мм ³ до -17,08 мм ³)	-31,0 мм ³ (-65 мм ³ до -21,2 мм ³)
Від'ємне значення означає зменшення об'єму, тобто резорбцію кістки, а позитивне значення - означає збільшення обсягу.				

Висновки до розділу 5

Експериментальне КТ-дослідження особливостей перебудови кісткових ауто трансплантатів в ділянці сегментарного дефекту великогомілкової кістки в умовах комбінованого синтезу (накісткового та інтрамедулярного) після виконання класичної вільної та «обгорнутої» металокісткової аутопластики кортикально-губчастими трансплантатами,

дозволило виконати в динаміці аналіз двох параметрів: кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів.

Як показали дослідження, на початкових етапах після виконаної операції (через 4 тижні), в обох групах (Група 1 та Група 2) відзначалось зменшення показників кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів, що може бути пояснено процесами поступової резорбції кортикально-губчастих трансплантатів. В подальшому у тварин з Групи 1 (вільна кісткова аутопластика) зберігалась тенденція до статистично значущого зменшення показників кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів, у тварин Групи 2 («обгорнута» металокісткова пластика) – відзначено підвищення показників кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів, що однак не досягли статистично значущого рівня.

Обмеженнями роботи є мала чисельність експериментальних тварин, труднощі стандартизації об'єму кісткових трансплантатів, що імплантовані та короткі терміни спостереження за експериментальними тваринами.

Тим не менше, зазначені дані свідчать про певні переваги досліджуваної «обгорнутої» методики металокісткової аутопластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки у порівнянні з класичною методикою вільної пластики, що полягають у зменшенні швидкості резорбції кісткових ауто трансплантатів, що є важливим у випадках хірургічного лікування УПВГК у дітей.

Дані розділу 5 висвітлено у наступній публікації:

1. Khmyzov SO, Katsalap YS, Karpinsky MJ, Karpinska O. Experimental study of bone density in patients with congenital pseudoarthrosis of the tibia before and after surgery. *Wiadomosci Lekarskie*; 2022, Vol.75(9 pt 1):2112-2120. doi: 10.36740/WLek202209112. PMID: 36256938.

РОЗДІЛ 6**ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ХІРУРГІЧНОГО
ЛІКУВАННЯ УПВГК У ДІТЕЙ, ЗАСНОВАНОЇ
НА ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОМУ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ ВИДІВ
ОСТЕОСИНТЕЗУ ТА ВИКОНАННІ «ОБГОРНУТОЇ» ТЕХНІКИ
МЕТАЛОКІСТКОВОЇ АУТОПЛАСТИКИ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ
КЛІНІЧНОГО ВИПРОБУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНІКИ
ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ****6.1 Розробка та обґрунтування інтрамедулярного телескопічного
фіксатора для хірургічного лікування УПВГК у дітей**

Вивчення літературних даних та аналіз власних результатів хірургічного лікування УПВГК у дітей за даними архіву ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» показав, що т.зв. «відмова» металофіксатору, через порушення його цілісності є одним з найчастіших ускладнень, що, як правило, потребують повторних хірургічних втручань з метою ревізії, видалення та повторного встановлення металофіксатору. Частота зазначених ускладнень, а саме порушення цілісності блокуючих елементів ІТФ на власному клінічному матеріалі сягнула 31,25 %, що потребувало виконання повторних хірургічних втручань у 5 пацієнтів.

Існуючий ІТФ, що використовується в клініці складається з трубки і встановленого з можливістю аксіального переміщення в ній металевого стрижня з розташованими на них блокуючими і антиротаційними елементами (пат. UA №114597U, A61B17/72, 2017). Проксимальний кінець стрижня і дистальний кінець трубки виконані з різьбовими наконечниками, в яких виготовлені поперекові отвори для установки в них занурених штифтів за допомогою яких зазначені кінці трубки і стрижня з'єднуються з відповідними кістковими структурами кістки. Аналіз ускладнень хірургічного лікування УПВГК у дітей показав, що можливою причиною

порушення цілісності блокуючих елементів ІТФ можуть бути її конструктивні особливості. Антиротаційні елементи в існуючому ІТФ представлені у вигляді одного плоского виступу, виконаного усередині порожнини трубки, з яким контактує плоский скос, виготовлений на дистальному кінці стрижня. Це забезпечує ротаційну стабільність фіксатора в горизонтальній площині. Однак, таке однобічне виконання взаємодіючих між собою виступу на трубці і скосу на стрижня створює позаосьове силове навантаження на нарізні наконечники і блокуючі елементи фіксатора, що викликає пошкодження їх, і негативно позначається на надійності роботи фіксатора.

Тобто у пацієнтів із УПВГК, за наявності зони сповільненої консолидації у зоні хірургічного втручання, можливе поступове розхитування різьбових частин двокомпонентного фіксатора, що фіксовані в епіфізі і, як наслідок, це призводить до мікрорухливості та порушення цілісності блокуючих елементів ІТФ. Крім того, існуючий ІТФ не забезпечує осьову стабільність з'єднання між собою трубки і стрижня при його функціональному вертикальному навантаженні під час опори на оперовану кінцівку (при стоянні та ходьбі), що викликає динамічну дію на зону перелому кістки, і гальмує створення, розвиток і подальше ремоделювання кісткового регенерату в ній. Це примушує прооперовану кінцівку утримувати довготривалий час у нерухомому стані, що в значній мірі збільшує тривалість післяопераційного періоду. Це знижує функціональну надійність і ефективність ІТФ. Особливо це важливо при використанні ІТФ у пацієнтів з порушенням якості кісткової тканини, а саме при лікуванні УПВГК у дітей.

Для профілактики ускладнень пов'язаних з порушенням цілісності блокуючих елементів ІТФ, була розроблена його модифікація, що завдяки своїм конструктивним відмінностям дозволяє попередити зазначене ускладнення.

Поставлене завдання вирішується тим, що в ІТФ, що містить трубку і встановлений з можливістю аксіального переміщення в ній металевий

стрижня з розташованими на них блокуючими та антиротаційними елементами. Згідно з розробкою елементи на трубці виконані у вигляді двох, повернутих один до одного в діаметральному напрямку у середині її порожнини плоских, рівновіддалених від поздовжньої осі трубки виступів, а на стрижні – у вигляді двох плоских скосів, розташованих з можливістю взаємодії їх з виступами трубки, при цьому, на виступах трубки виготовлені в декілька рядів по її довжині пилоподібні гребінки, кожен зубець яких уявляє прямокутний трикутник в поперечному перетині, один із катетів якого розташований перпендикулярно поздовжній осі трубки, а гіпотенуза – під кутом у межах 60-75 до горизонтальної її осі, а стрижень постачений внутрішньою порожниною, розташованою в зоні виконання гребінок в порожнині трубки, а також двома, діаметрально виготовленими один до одного прямокутними пазами в зоні розташування порожнини стрижня, в яких встановлені рухливо заціпки трапецеїдальної форми, вільні кінці заціпок виступають за межі крізних пазів і виконані за профілем, що ідентичний профілям зубців гребінки і взаємодіють з гіпотенузою кожного зубця гребінки по черзі по мірі зростання кістки у дитини і горизонтально розташованим катетом суміжного зубця, а інші кінці заціпок виконані прямокутної форми і розташовані в крізних пазах стрижня з можливістю взаємодії з пружним матеріалом, розміщеним у внутрішній порожнині стрижня. Як пружний матеріал використовують силіконову гуму або каучук з пружністю їх у межах від 200 до 500 %.

Виконання антиротаційних елементів на трубці у вигляді двох, повернутих один до одного в діаметральному напрямку у середині її порожнини, плоских рівновіддалених від поздовжньої осі трубки виступів, а на стрижні – у вигляді двох плоских скосів, розташованих з можливістю взаємодії їх з виступами трубки, створює умови для рівноосного навантаження нарізних з'єднань трубки і стрижня фіксатора на відповідні кісткові структури переламаної кістки і сприяє урівноваженості аксіального переміщення між собою трубки і стрижня, що зменшує силову дію на них

при функціонуванні фіксатора в організмі дитини, а, отже, підвищує, таким чином, надійність роботи фіксатора і сприяє більш швидкому створенню, розвитку і ремоделюванню кісткового регенерату в зоні перелому кістки. Наявність на плоских виступах трубки в декілька рядів по її довжині пилоподібних гребінок, де кожен зубець уявляє собою прямокутний трикутник в поперечному перетині, один із катетів яких розташований перпендикулярно повздожній осі трубки, а гіпотенуза – під кутом у межах 60-75 до зазначеної осі, та постачання стрижня внутрішньою порожниною, в якій розташований пружний матеріал, а також двома діаметрально виготовленими один до одного прямокутними пазами в зоні розташування даної порожнини, в яких встановлені рухливо защіпки, що взаємодіють з гіпотенузою кожного зубця гребінки по черзі з розвитком росту довжини кістки дитини, і горизонтально розташованим катетом суміжного зубця, забезпечує осьову стабільність з'єднання між собою трубки і стрижня фіксатора при функціональному навантаженні оперованої кінцівки (стояння, ходьба), і попереджає динамічну дію останнього на зону перелому кістки, і сприяє прискореному створенню, розвитку і ремоделювання кісткового регенерату у зазначеній зоні перелому.

Наявність взаємодії защіпок з пружним матеріалом в порожнині стрижня надає можливість входження і виходження вільних кінців рухомих защіпок в простір між зубцями гребінок, сприяє блокуванню стрижня і трубки на певний час, достатній для зародження, розвитку і ремоделювання кісткового регенерату, що підвищує якість і надійність лікування даної патології за допомогою використовуваного фіксатора.

Виконання гіпотенузи кожного із зубців гребінки під кутом у межах 60-75 попереджає заклинювання вільних кінців защіпок із зубцями гребінки і сприяє, таким чином, переміщенню зазначених кінців защіпок в порожнині між суміжними зубцями без будь-яких перешкод і забезпечує нормальне функціонування фіксатора без силового навантаження на нього в період росту довжини реконструюваної кістки. Використання в якості

пружного матеріалу силіконової гуми або каучуку у межах її пружності від 200 до 500 % створює належні умови для взаємодії вільних кінців заціпок із зубцями гребінки з необхідним зусиллям тиску між собою, і забезпечує потрібну осьову стабільність фіксатора при функціональному його навантаженні (стояння, ходьба) в організмі дитини.

Запропонована корисна модель представлена схематично на рисунках 6.1-6.2.

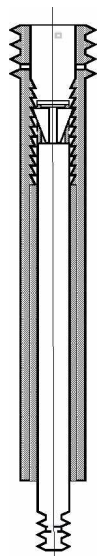


Рисунок 6.1 – Схематичне зображення запропонованого ІТФ в зборі для хірургічного лікування УПВГК у дітей

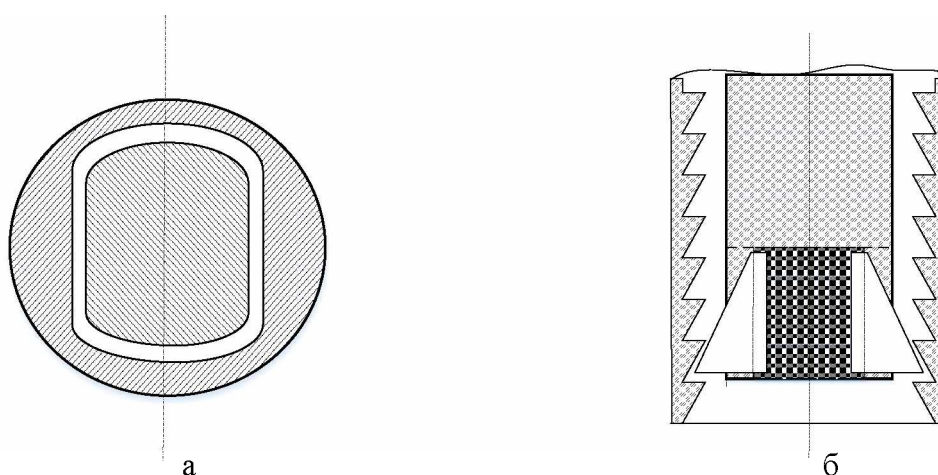


Рисунок 6.2 – Схематичне зображення запропонованого ІТФ для хірургічного лікування УПВГК у дітей: а) у поперечному перетині; б) дистальний кінець стрижня у поперечному перетині

6.2 Розробка та обґрунтування методики «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони УПВГК при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей

Аналіз літературних даних показав перспективність використання методики «обгорнутої» металокісткової аутопластики, яку з успіхом використовують при лікуванні сегментарних дефектів довгих кісток.

Експериментальне порівняльне дослідження «обгорнутої» металокісткової аутопластики для лікування сегментарного дефекту великогомілової кістки за умов різних способів фіксації показало косвенні (непрямі) ознаки зменшення швидкості резорбції кістки, а виконання біомеханічного моделювання також підтвердило додаткові переваги використання титанової сітки у вигляді часткового розподілення навантаження на неї.

З урахуванням особливостей патологічного процесу та анатомії сегмента, ми розробили протокол використання «обгорнутої» металокісткової аутопластики для лікування УПВГК.

Як вже зазначалось, основою успішного хірургічного лікування УПВГК є радикальне видалення окістя, склерозованих кісткових фрагментів та елементів гамартоми. Необхідна для видалення періосту та декортикації зона визначається індивідуально та складає, як правило, (5 ± 2) см. Додатково для створення тібіофібулярного синостозу виконується декортикація малогомілкової кістки на цьому ж рівні. Кістові кортикально-губчасті аутотрансплантати в необхідній кількості отримують з крила клубової кістки та з надацетабулярної ділянки іпсилатеральної сторони за допомогою ложки Фолькмана під обов'язковим рентген контролем. З внутрішньої та зовнішньої поверхні крила клубової кістки забирається також періостальний трансплантат. Після адаптації кісткових фрагментів та комбінованої фіксації ІТФ із апаратом зовнішньої фіксації виконується «обгорнута» металокістова аутопластика зони ураження відповідно до поданої схеми на рисунку 6.3 (патент України на корисну модель №151605).

З метою обґрунтування запропонованої методики хірургічного лікування УПВГК з локалізацією у н/3, в лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України» проведено математичне моделювання, що включало оцінку напружень у математичній моделі УПВГК у н/3, з використанням розробленого ІТФ та техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони ураження.

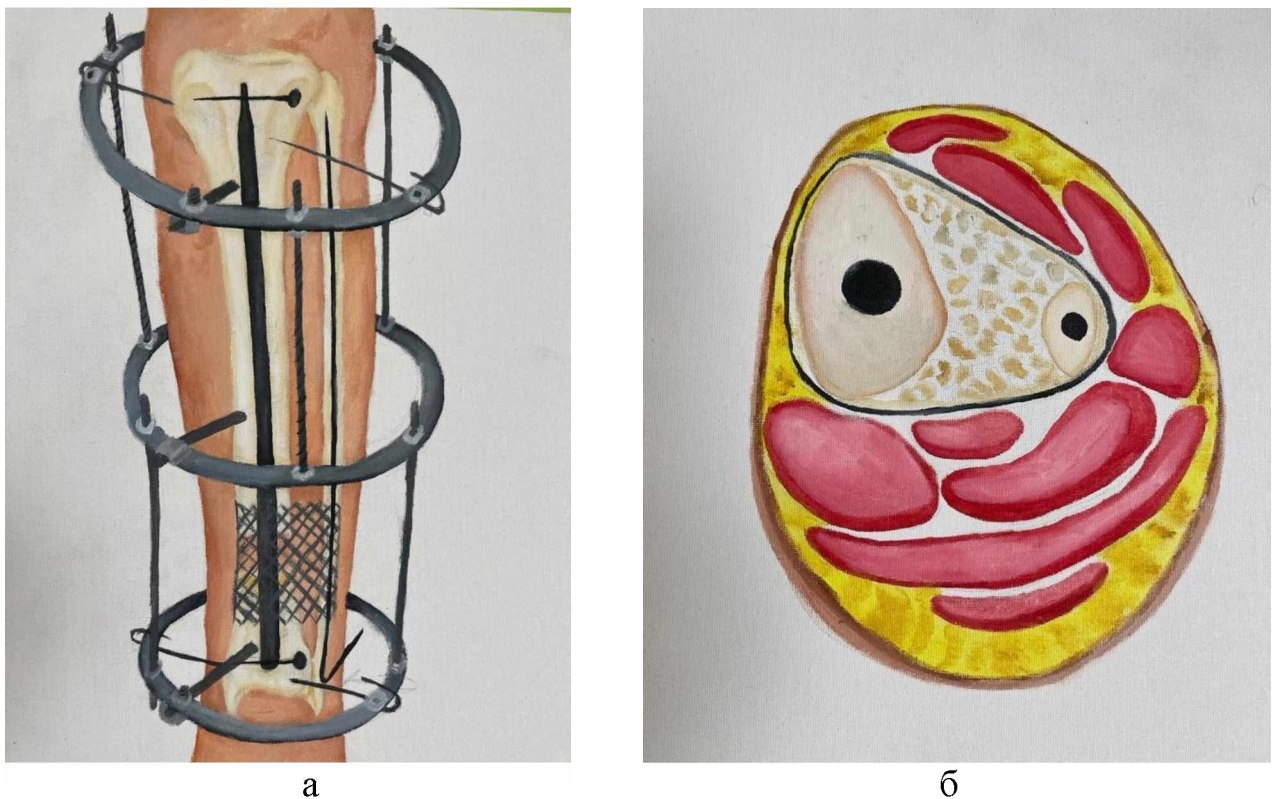


Рисунок 6.3 – Схематичне пояснення техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони УПВГК: а - схема кісток гомілки, фіксованих за допомогою ІТФ та АЗФ, де 1 і 2 - великогомілкова та малогомілкова кістки гомілки; 3 - титанова сітка та періостальний ауто трансплантат; 4 - кортикально-губчасті ауто трансплантати з крила клубової кістки; 5 - ІТФ; 6 - АЗФ спице-стрижньовий; б – аксіальний зріз гомілки на рівні виконаної «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони УПВГК.

Для вирішення поставленого завдання була використана вже розроблена модель, яка містила великогомілкову та малогомілкову кістки із зоною незрощення в їх нижній третині, а також кісткові елементи стопи.

Моделювали остеосинтез запропонованим інтрамедулярним двохсегментним стрижнем з подовжньою рухомістю та ротаційною стабільністю розробленої конструкції [7] та блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки гомілки з накладанням сітки з титану поверх трансплантатів (рисунок 6.4).

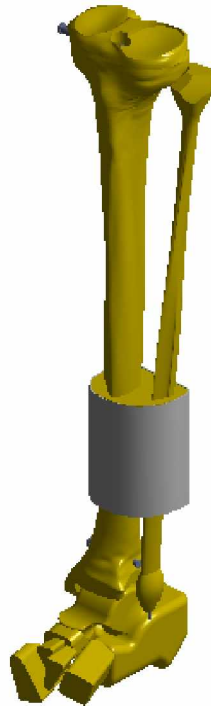


Рисунок 6.4 – Модель гомілки із зоною незрощення обох кісток в нижній третині та їх остеосинтезом інтрамедулярним стрижнем, шпницею та блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки гомілки з накладанням сітки з титану поверх трансплантатів.

Умови моделювання були аналогічні вже використаним раніше. Для кісткового блоку з ауто трансплантатів обирали властивості здорової кістки [11]. З урахуванням того, що титанова сітка проростає кістковою тканиною, її наявність моделювали, як шар товщиною 1 мм навколо блоку трансплантатів із змішаними механічними властивостями титану та кортикальної кістки [14]. Характеристики штучних матеріалів обирали за даними технічної літератури [88]. Механічні характеристики матеріалів, що використовували в розрахунках, наведені в таблиці 6.1.

Механічні характеристики матеріалів, що використовували при моделюванні

Матеріал	Модуль Юнга (E), МПа	Коефіцієнт Пуассона, ν
Кортикальна кістка	12240	0,30
Губчаста кістка	330	0,30
Хрящова тканина	5,58	0,45
Кістковий регенерат	1,00	0,45
Блок з кісткових трансплантатів	18350	0,29
Легована сталь	210000	0,30
Титан ВТ16	110000	0,20
Титанова сітка з кісткою	25520	0,30

При проведенні досліджень моделювали два види навантажень на стискання та кручення (рис. 6.5).

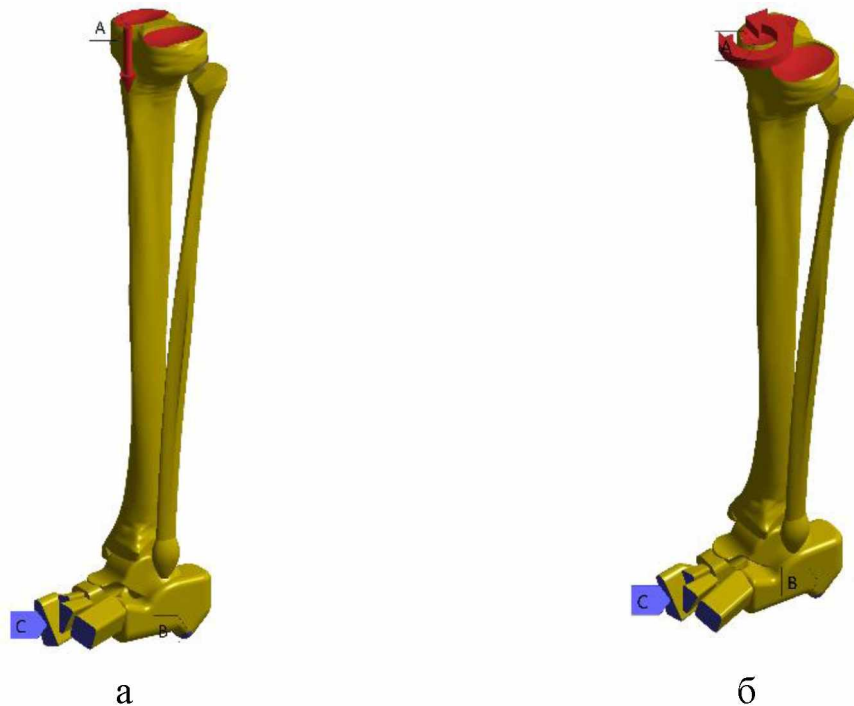


Рисунок 6.5 – Схеми навантаження моделей: а – вертикальне осьове стискання; б – кручення.

Для порівняння різних варіантів остеосинтезу проводили реєстрацію величин напружень в моделях в певних контрольних точках. Схема розташування контрольних точок детально наведена на рисунку 6.6.



Рисунок 6.6 – Схема розташування контрольних точок на моделі із зоною псевдоартрозу в нижній третині: а – на великогомілкової кістці; б – навколо ліній переломів

Отримані результати порівнювали з даними попередніх досліджень моделі в нормі та при остеосинтезі інтрамедулярним стрижнем, спицею та блоком з кісткових трансплантатів на обидві кістки гомілки без використання титанової сітки [6, 14].

Першим етапом роботи виконували дослідження моделі остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки під впливом стискаючого осьового навантаження. Картину напружено-деформованого стану моделі при навантаженні на стиск наведена на рисунку 6.7.

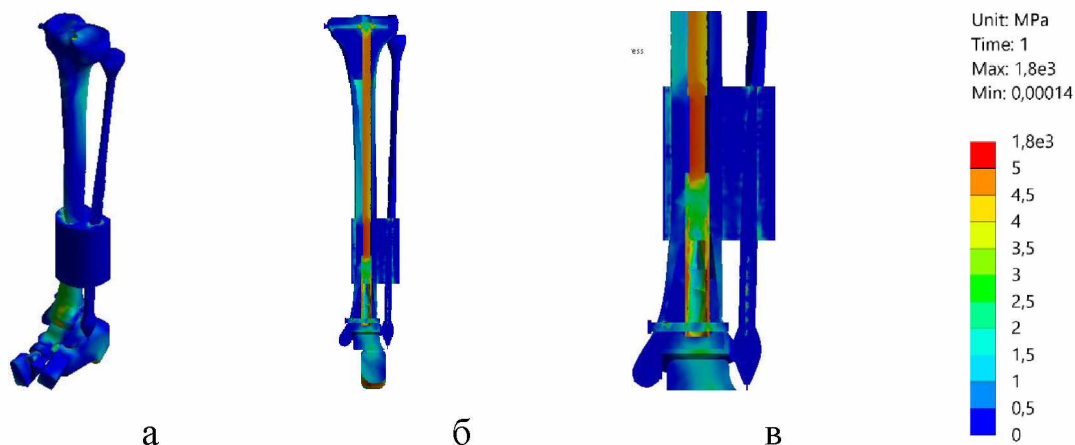


Рисунок 6.7 - Розподіл напружень в моделі остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки під навантаженням на стиск: а – загальний вид; б – розтин великогомілкової кістки; в – зона перелому

Проведені дослідження моделі на стискання показали, що в порівнянні з попередньою моделлю остеосинтезу кісток гомілки, використання титанової сітки веде до зниження величин напружень практично на всіх контрольних точках моделі.

Виняток складають зони навколо лінії перелому малогомілкової кістки, де напруження зростають від 0,2 МПа до 0,3 МПа та 0,4 МПа, відповідно вище та нижче лінії незрощення. На великогомілкової кістці підвищення рівня напружень від 2,9 МПа до 3,2 МПа спостерігається на нижній межі блоку кісткових трансплантатів.

Дані про величини напружень в контрольних точках моделей остеосинтезу кісток гомілки при їх вродженому псевдоартрозі під впливом стискаючого навантаження наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Величини напружень в контрольних точках моделей під навантаженням на стиск

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	без сітки	сітка
1.	3,4	3,0	2,2
2.	4,9	5,0	5,0
3.	2,4	3,0	2,2
4.	3,2	2,9	3,2
5.	2,7	0,9	0,5
6.	2,7	2,3	0,7
7.	0,1	0,2	0,4
8.	0,1	0,2	0,3

Як бачимо з таблиці, при використанні титанової сітки, найзначніші зниження величин напружень визначаються вздовж лінії незрощення великогомілкової кістки з 2,3 МПа до 0,7 МПа – нижче лінії незрощення, з 0,9 МПа до 0,5 МПа – над нею, в порівнянні з моделлю без використання сітки.

На рисунку 6.8 наведена картина розподілу напружень в моделі остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки під навантаженням на кручення.

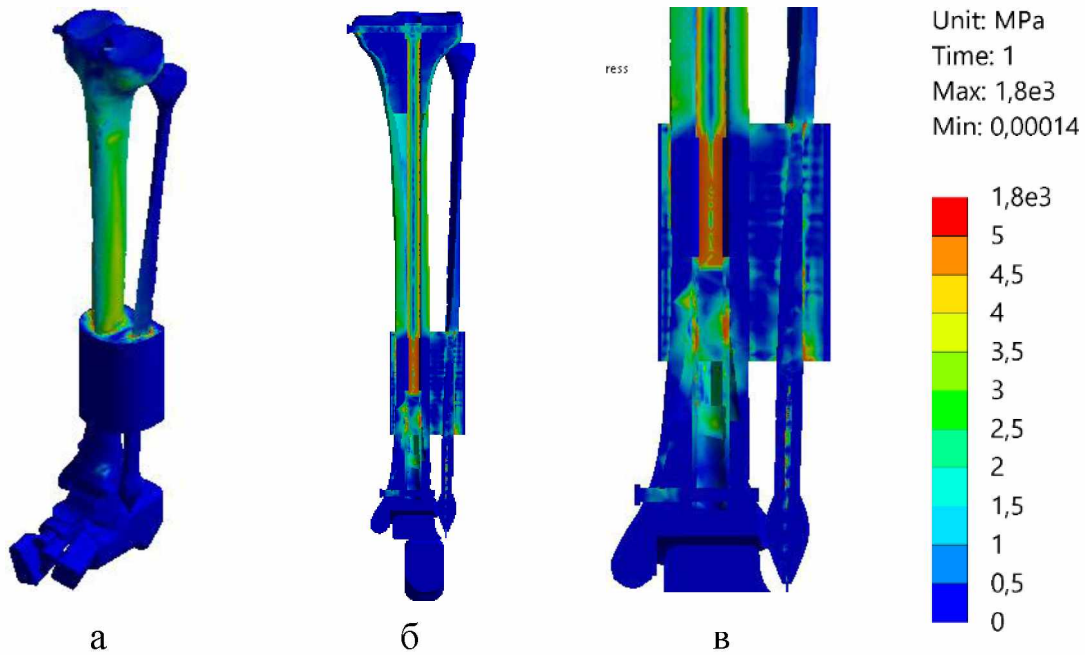


Рисунок 6.8 - Розподіл напружень в моделі остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки під навантаженням на кручення: а – загальний вид; б – розтин великогомілкової кістки; в – зона перелому

При навантаженнях на кручення моделі остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки спостерігається картина змін напружень, в порівнянні з моделлю остеосинтезу без використання титанової сітки, аналогічна той, що була отримана при навантаженні на стиск.

Найбільші позитивні зміни визначаються на великогомілковій кістці нижче лінії незрощення, де напруження знижуються втричі, від 9,5 МПа до 3,3 МПа. Підвищення рівня напружень визначаються вздовж лінії незрощення малогомілкової кістки та на нижні межі блоку трансплантатів на великогомілковій кістці.

Результати розрахунків величин напружень в контрольних точках моделей остеосинтезу кісток гомілки при їх вродженому псевдоартрозі при навантаженні на кручення, наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

Величини напружень в контрольних точках моделей під навантаженням на кручення

Контрольні точки	Напруження, МПа		
	норма	без сітки	Сітка
1.	6,5	3,0	2,7
2.	3,9	1,5	0,9
3.	1,8	4,8	4,8
4.	1,5	1,0	0,3
5.	1,1	0,3	0,6
6.	1,2	9,5	3,3
7.	0,1	1,5	1,7
8.	0,1	1,4	3,2

Проведені дослідження показали, що додаткова фіксація блоку кісткових трансплантатів титановою сіткою дозволяє знизити рівень напружень практично на всіх контрольних точках моделі остеосинтезу кісток гомілки при їх вродженому псевдоартрозі, як при навантаженні на стиск, так й на кручення. Як найбільш позитивні зміни можна відмітити зниження величин напружень на великогомілкової кістці навколо лінії незрощення.

Це можна пояснити тим, що блок кісткових трансплантатів зміцнений титановою сіткою бере на себе більше навантаження. Цим самим факт впливає на підвищення рівня напружень на нижній межі блоку трансплантатів та великогомілкової кістки. До негативних факторів слід віднести підвищення рівня напружень вздовж лінії незрощення малогомілкової кістки. Це також пояснюється підвищенням модулю пружності блоку кісткових трансплантатів, який ще більше навантажує малогомілкову кістку.

Використання титанової сітки для додаткової фіксації кісток гомілки при лікуванні їх вродженого псевдоартрозу робить позитивний вплив на напружено-деформований стан моделі, що підтверджується зниженням рівня напружень практично на всіх контрольних точках моделі, як при навантаженнях на стискання, так і при крученні. Найбільш позитивні зміни спостерігаються вздовж лінії незрощення великогомілкової кістки.

6.3 Алгоритм вибору хірургічного лікування УПВГК у дітей з урахуванням локалізації та супутнього ураження малогомілкової кістки

Аналіз літературних даних показав, відсутність чіткого алгоритму, хірургічного лікування УПВГК в залежності від локалізації ураження великогомілкової кістки та супутнього ураження малогомілкової кістки.

Проведений систематичний аналіз літератури, ретроспективний клініко-рентгенологічний аналіз власних результатів хірургічного лікування УПВГК та біомеханічне моделювання хірургічного лікування УПВГК із використанням різних методик фіксації, дозволив виявити та сформулювати декілька важливих технічних аспектів, виконання яких є важливим для досягнення первинного зрощення УПВГК, серед яких:

- обов'язкове видалення патологічно змінених тканин (періосту, міжфрагментарної гамартоми, склерозованої кістки змінених кісткових фрагментів великогомілкової кістки);
- максимальна адаптація та досягнення кісткового контакту фрагментів великогомілкової кістки;
- мають бути створені умови для формування тібіофібулярного синостозу, що значно збільшує діаметр зони консолидації кісток гомілки, що веде до збільшення опорності зони консолидації до навантажень;
- при наявності супутнього псевдоартрозу малогомілкової кістки, тактика хірургічного лікування має бути аналогічною, як і у випадку УПВГК, із виконанням резекція патологічно змінених тканин, інтрамедулярною його фіксацією та використанням «обгорнутої» металоаутокісткової пластики. При цьому резекція малогомілкової кістки у такому випадку проводиться в обсязі достатньому для радикального видалення патологічно зміненої частини кістки із урахуванням можливості виконання адаптації кісткових фрагментів великогомілкової кістки;
- у випадках локалізації УПВГК у н/3 можливі два варіанти виконання фіксації кісток гомілки: 1) класична трансартикулярна фіксація стрижнем із блокуванням гомілковоступневого та піднадп'яткового суглобів; 2) комбінована фіксація кісток гомілки із використанням ІТФ з ротаційною стабільністю та апарату зовнішньої фіксації.

З урахуванням зазначених аспектів нами запропонований та клінічно апробований алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей, що враховує локалізацію псевдоартрозу та наявність супутнього ураження малогомілкової кістки (рис. 6.9, 6.10).

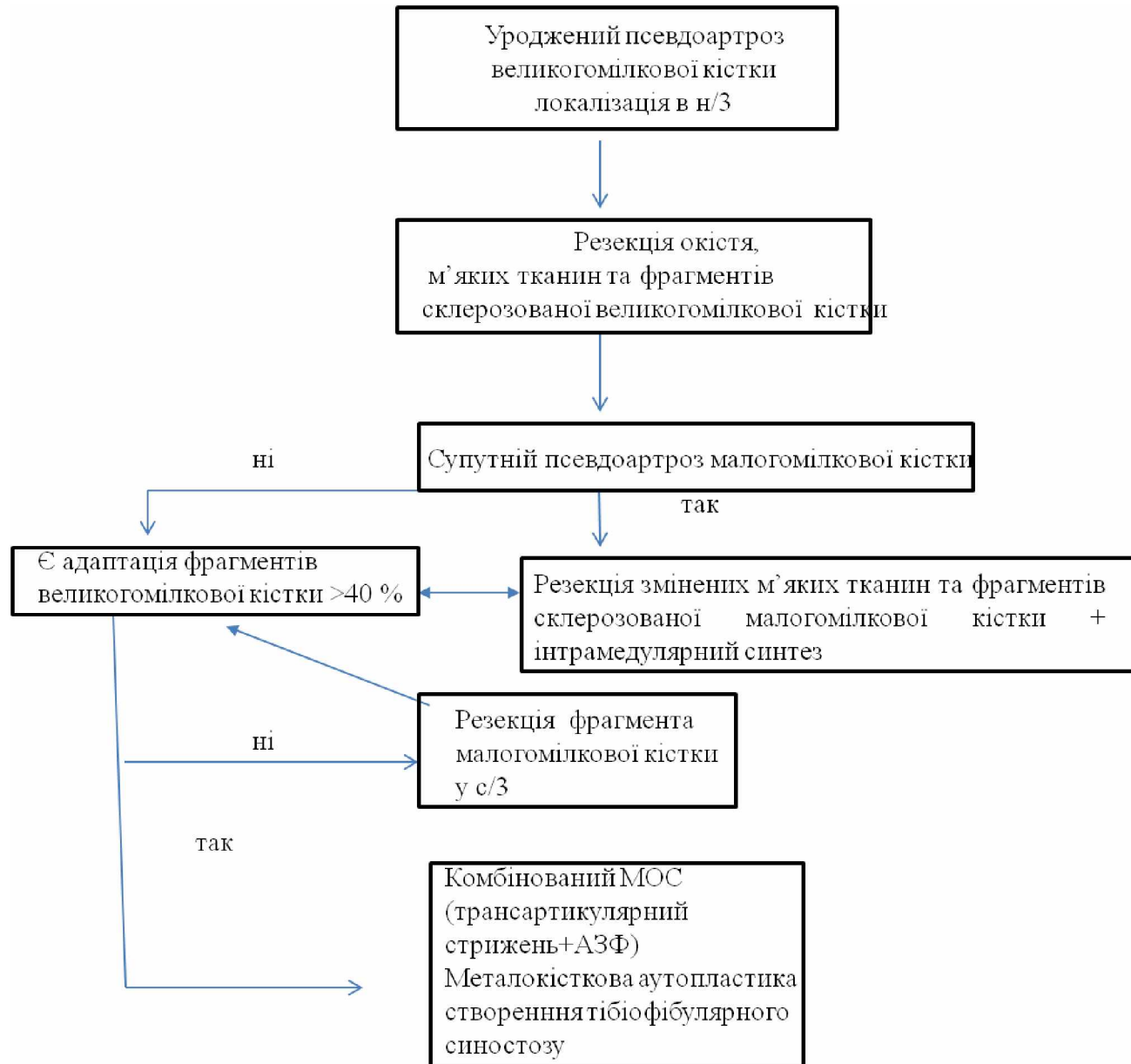


Рисунок 6.9 – Алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей з локалізацією в н/3

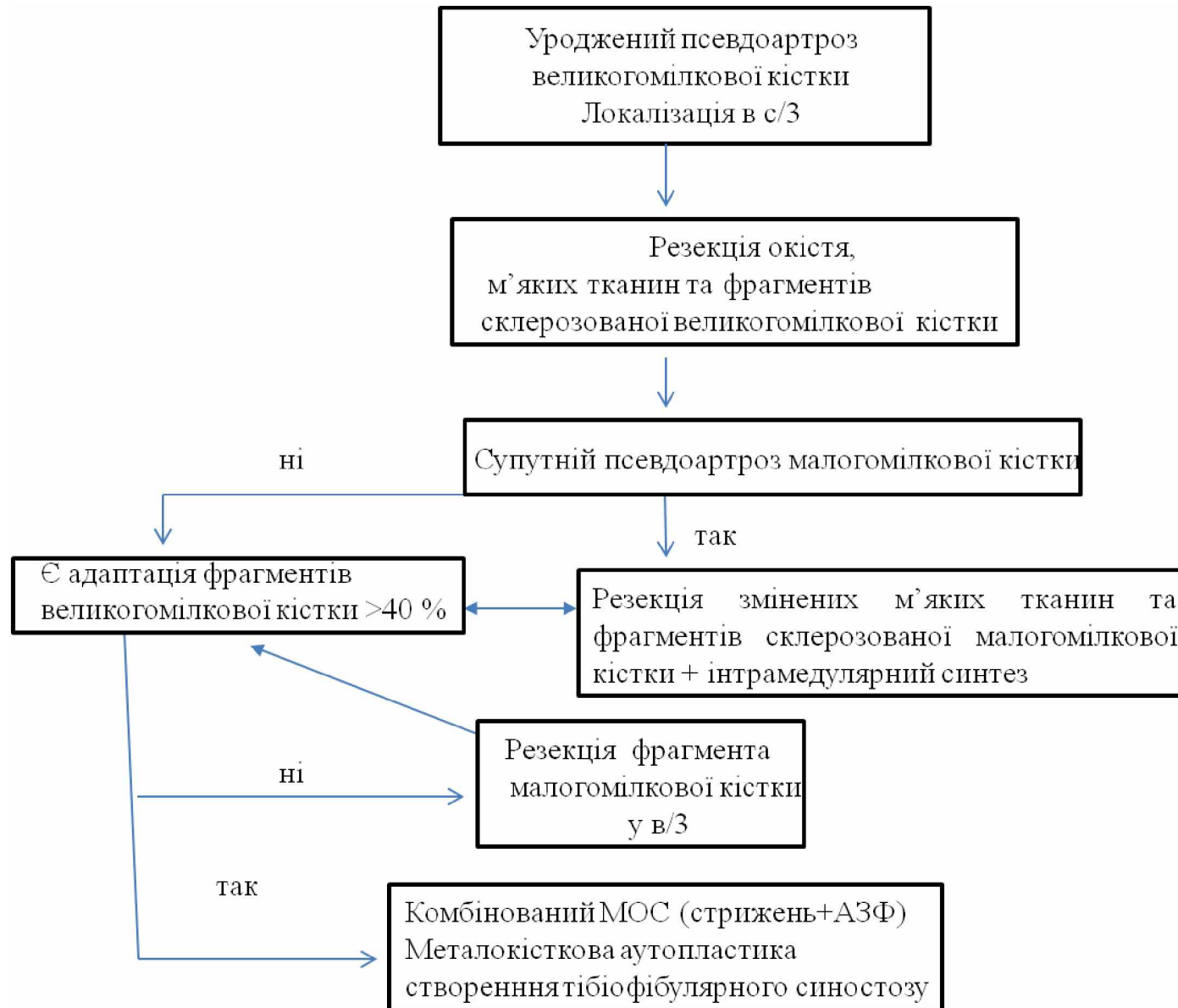


Рисунок 6.10 – Алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей з локалізацією в с/3

6.4 Аналіз результатів клінічного випробування удосконаленого ІТФ та алгоритму вибору хірургічного лікування УПВГК у дітей

Виконана робота дозволила проаналізувати ефективність використаних методик, визначити найважливіші помилки та ускладнення і удосконалити ІТФ та розробити алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей.

Розроблений алгоритм лікування та пристрої були використані при лікуванні УПВГК у 3 дітей. Клінічні приклади хірургічного лікування УВКГ у дітей представлені на рисунках 6.11 та 6.12.

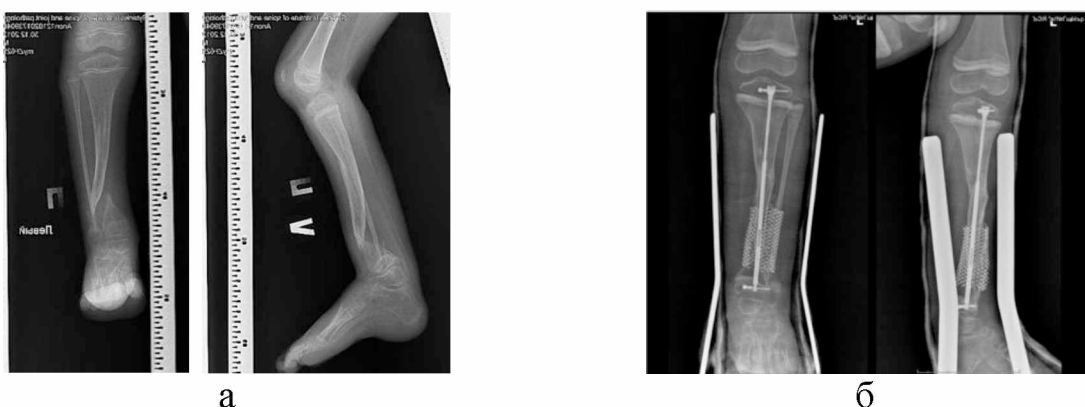


Рисунок 6.11 – Зовнішній вид та фотовідбитки рентгенограм пацієнтки К., 8 років історія хвороби №98378, діагноз: Уроджений псевдоартроз кісток правої гомілки: а - до лікування; б - через 8 місяців після хірургічного лікування

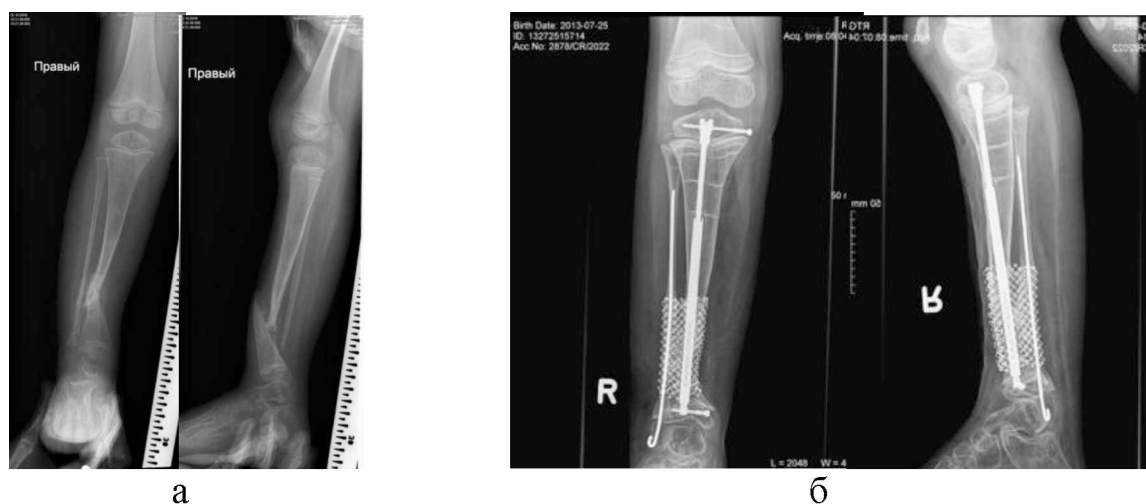


Рисунок 6.12 – Зовнішній вид та фотовідбитки рентгенограм пацієнта Т., 11 років, історія хвороби № 90987 діагноз: Уроджений псевдоартроз кісток правої гомілки: а - до лікування; б - через 8 місяців після хірургічного лікування

Висновки до розділу 6

Проведені клінічні та біомеханічні дослідження дозволили модифікувати інтрамедулярний телескопічний фіксатор для хірургічного лікування УПВГК у дітей. Виконане експериментальне КТ дослідження показало зменшення резорбції кісткових аутотрансплантатів при використанні техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки, у порівнянні з класичною вільною кістковою аутопластикою. Це, а також позитивний досвід використання схожих методик аутопластики сегментарних дефектів іншої етіології (посттравматичні, ятрогенні), дозволило обґрунтувати використання техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту при лікуванні УПВГК у дітей.

Біомеханічне моделювання способу хірургічного лікування УПВГК, при використанні запропонованого ІТФ та техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту показав позитивні зміни, що виражались у зниженні напружень на кінцях кісток проксимального та дистального фрагментів гомілки у зоні «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони ураження при використанні сітки у 2-3 рази.

Зазначені дослідження та їх результати стали основою для розробки методики лікування УПВГК у дітей в н/3, що заснована на комбінованій фіксації кісток гомілки ІТФ та АЗФ із використанням техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони ураження.

Запропонований алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей з урахуванням локалізації псевдоартрозу та наявності супутнього ураження малогомілкової кістки. Клінічне застосування зазначеного алгоритму та методики хірургічного лікування у 3х пацієнтів дозволило отримати первинну консолідацію із досягненням тібіофібулярного синостозу у всіх пролікованих пацієнтів у терміни 4-6 місяців і дозволило отримати гарні клінічні результати у найближчі (від 5 до 12 місяців) терміни спостереження.

Дані розділу 6 висвітлено у наступних публікаціях:

1. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Математичне моделювання остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки при їх вродженому псевдоартрозі в нижній третині. Травма; 2021,22(4):23-29. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.4.22.2021.239706>
2. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Експериментальне дослідження щільності кісткової тканини у хворих з уродженим псевдоартрозом кісток гомілки до та після операції за даними комп'ютерної томографії. Хірургія дитячого віку (Україна); 2022,3(76): 59-67. DOI: <https://doi.org/10.15574/PS.2022.76.59>.

ВИСНОВКИ

Уроджений псевдартроз великогомілкової кістки – захворювання, що досить рідко зустрічається та має широкий спектр проявів від прогресуючої антекурваційної деформації гомілки до незрощення із дефектом кісткової тканини. Патологічні біологічні зміни у ділянці УПВГК обумовлені впливом патологічно зміненого окістя, що формує фіброзну гамартому та відповідає за порушення біомеханічні властивостей кісткової тканини.

Основним методом лікування УПВГК є хірургічний. Аналіз літератури демонструє велику кількість хірургічних методик, що активно використовуються та продовжують вдосконалюватися у світі. Найбільш уживаними є метод Ілізарова, лікування із застосуванням інтрамедулярних фіксаторів, хірургічні методики із використанням васкуляризованого аутотрансплантату малогомілкової кістки, методика «індукованої мембрани».

Досліджень, які б порівнювали ефективність різних методик чи металофіксаторів наразі небагато, більшість досліджень представлені у форматі ретроспективного аналізу клінічної виборки. Це пояснюється рідкістю захворювання та відсутністю уніфікованих підходів до вибору методики хірургічного лікування. Основною метою хірургічного лікування УПВГК є досягнення консолідації у зоні псевдоартрозу, що має дозволити відновити опорність кінцівки. Недоліком всіх існуючих досліджень є фокусування на досягненні консолідації УПВГК і нехтування супутніми існуючими ортопедичними деформаціями кінцівки. Відсоток первинної консолідації УПВГК при застосуванні різних методик хірургічного лікування дуже варіює у різних дослідженнях становлячи від 60 % до 100 %. Більшість методик має також значний відсоток ускладнень (незрощення та рефрактури), що вимагають проведення повторних хірургічних втручань.

Незважаючи на позитивні досягнення у питаннях досягнення первинної консолідації УПВГК, залишаються невирішеними питання обґрунтування оптимального методу фіксації УПВГК залежно від його локалізації (середня чи нижня третина гомілки) та типу і наявності

супутнього ураження малогомілкової кістки. Потребують технічного вдосконалення існуючі інтрамедулярні фіксатори, що використовуються при хірургічному лікуванні УПВГК у дітей.

Одним із цікавих і невирішених завдань є питання розробки та обґрунтування нових методик кісткової пластики зони УПВГК, які б дозволяли покращити умови для зрощення після виконання резекції патологічних тканин у зоні УПВГК та збільшити поперековий діаметр зони зрощення шляхом створення тібіофібулярного синостозу.

Зазначене питання може бути вирішено шляхом виконання біомеханічного моделювання УПВГК з первинною консолидацією після виконання різних хірургічних методик та в умовах наявності різних металофіксаторів.

Потребує розробки алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей в залежності від локалізації великогомілкової кістки та характеру супутнього ураження малогомілкової кістки, а також аналіз та розробка алгоритму корекції супутніх деформацій кінцівки у дітей з УПВГК.

Саме тому необхідно продовжувати дослідження у цій галузі медицини.

Ретроспективний клініко-рентгенологічний аналіз 30 пацієнтів із УПВГК показав наявність типових ортопедичних деформацій ураженої кінцівки (вальгусну деформацію проксимального та дистального відділів гомілки ($MPTA - 74 \pm 6^\circ$; $LDTA - 74 \pm 6^\circ$ ($p < 0.05$)). Середнє вкорочення ураженої кінцівки за рахунок сегментів гомілки та стопи склало (5 ± 2) см.

Наявність УПВГК та вторинних деформацій кінцівки призводить до виражених функціональних порушень та зниження якості життя, що відзначено за результатами оцінки за шкалою FAOS.

Хірургічне лікування УПВГК у пацієнтів, які лікувались у відділенні проводилось трьома різними методиками (із застосуванням АЗФ, із застосуванням ІТФ, комбінованим методом ІТФ+АЗФ). Проведене лікування дозволило отримати консолидацію у 19 (82,6 %) пацієнтів.

Найбільший відсоток первинних зрощень досягнутий у групі 3, де застосована комбінована методика хірургічного лікування.

Хірургічне лікування УПВГК у дітей супроводжувались значною кількістю ускладнень, що часто потребували хірургічних втручань.

Найчастішими видами ускладнень хірургічного лікування були: незрощення, рефрактури, ушкодження елементів металофіксатору.

Аналіз рентгенограм дозволив виявити поступову резорбцію кісткових аутотрансплантатів, що визначалась у 5 пацієнтів (16,7 % випадків, при цьому у 4 (36,3)% зазначений феномен асоціювався із сповільненим зрощенням, або незрощенням УПВГК. Ще однією виявленою помилкою хірургічного лікування, що призводила до ускладнень була фіксація кісток гомілки з недостатньою адаптацією кісткових фрагментів, тобто відсутність чіткого контакту кісткових фрагментів великогомілкової кістки, після виконаної ревізії УПВГК. Найчастіше це відбувалось через виконану часткову резекцію змінених склерозованих кінців великогомілкової кістки, що, за наявності інтактної малогомілкової кістки призводили до появи діастазу (сегментарного дефекту) великогомілкової кістки. Фіксація фрагментів великогомілкової кістки з недостатнім контактом між ними значно сповільнює досягнення консолідації і супроводжується збільшенням ускладнень.

При навантаженнях на стиск стрижень з ротаційною стабільністю веде себе так само, як і стрижень без неї при всіх досліджених способах остеосинтезу, про що свідчать однакові показники величин напружень во всіх контрольних точках моделей. Використання блоків з кісткових трансплантатів, як на обидві кістки, так і тільки на великогомілкову, під впливом осьових стискаючих навантаженнях дозволяє знизити рівень напружень в кісткових фрагментах, особливо в зоні перелому.

Перевага, яку надає стрижень з ротаційною стабільністю при остеосинтезі великогомілкової кістки під впливом навантажень на кручення, є зниження рівня напружень вздовж лінії перелому перелому до 0,3 МПа.

При використанні для остеосинтезу блоків з кісткових трансплантатів стрижень з ротаційною стабільністю дозволяє знизити рівень напружень у всіх контрольних точках моделей в порівнянні з ротаційно нестабільним стрижнем. Кістковий блок на обидві кістки гомілки заволікає малогомілкову кістку до навантажень, чим значно підвищує рівень напружень в неї.

Експериментальне КТ-дослідження особливостей перебудови кісткових аутотрансплантатів в ділянці сегментарного дефекту великогомілкової кістки в умовах комбінованого синтезу (накісткового та інтрамедулярного) після виконання класичної вільної та «обгорнутої» металокісткової аутопластики кортикально-губчастими трансплантатами, дозволило виконати в динаміці аналіз двох параметрів: кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів.

Як показали дослідження, на початкових етапах після виконаної операції (через 4 тижні), в обох групах (Група 1 та Група 2) відзначалось зменшення показників кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів, що може бути пояснено процесами поступової резорбції кортикально-губчастих трансплантатів. В подальшому у тварин з Групи 1 (вільна кісткова аутопластика) зберігалась тенденція до статистично значущого зменшення показників кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів, у тварин Групи 2 («обгорнута» металокісткова пластика) – відзначено підвищення показників кісткової щільності та об'єму кісткових трансплантатів, що однак не досягли статистично значущого рівня.

Обмеженнями роботи є мала чисельність експериментальних тварин, труднощі стандартизації об'єму кісткових трансплантатів, що імплантовані та короткі терміни спостереження за експериментальними тваринами. Тим не менше, зазначені дані дотично свідчать про певні переваги досліджуваної «обгорнутої» методики металокісткової аутопластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки у порівнянні з класичною методикою вільної пластики, що полягають у зменшенні швидкості резорбції кісткових

аутотрансплантатів, що є важливим у випадках хірургічного лікування УПВГК у дітей.

Проведені клінічні та біомеханічні дослідження дозволили модифікувати інтрамедулярний телескопічний фіксатор для хірургічного лікування УПВГК у дітей. Виконане експериментальне КТ дослідження показало зменшення резорбції кісткових аутотрансплантатів при використанні техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту великогомілкової кістки, у порівнянні з класичною вільною кістковою аутопластикою. Це, а також позитивний досвід використання схожих методик аутопластики сегментарних дефектів іншої етіології (посттравматичні, ятрогенні), дозволило обґрунтувати використання техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту при лікуванні УПВГК у дітей.

Біомеханічне моделювання способу хірургічного лікування УПВГК, при використанні запропонованого ІТФ та техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики сегментарного дефекту показав позитивні зміни, що виражались у зниженні напружень на кінцях кісток проксимального та дистального фрагментів гомілки у зоні «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони ураження при використанні сітки у 2-3 рази.

Зазначені дослідження та їх результати стали основою для розробки методики лікування УПВГК у дітей в н/З, що заснована на комбінованій фіксації кісток гомілки ІТФ та АЗФ із використанням техніки «обгорнутої» металокісткової аутопластики зони ураження.

Запропонований алгоритм хірургічного лікування УПВГК у дітей з урахуванням локалізації псевдоартрозу та наявністю супутнього ураження малогомілкової кістки. Клінічне застосування зазначеного алгоритму та методики хірургічного лікування у 3х пацієнтів дозволило отримати первинну консолідацію із досягненням тібіофібулярного синостозу у всіх пролікованих пацієнтів у терміни 4-6 місяців і дозволило отримати гарні клінічні результати у найближчі (від 5 до 12 місяців) терміни спостереження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Єршов ДВ., Хмизов СО., Рокутов ВС. Діагностика передчасного закриття наросткової зони довгих кісток у дітей. Радіологічний вісник. 2017; 1-2: 65-66.
2. Закон України Про захист тварин від жорстокого поводження (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, № 27, ст.230).
3. Карпінський МЮ, Строев МЮ, Березка МІ, Григорук ВВ, Ярьсько ОВ. Ефективність протидії навантаженням на кручення різних варіантів остеосинтезу відламків гомілки (за результатами математичного моделювання). Ортопедія, травматологія та протезування. 2022; 1–2: 34-42 <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-234-42>
4. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД, Ярьсько ОВ. Дослідження розподілу напружень під впливом згинаючого навантаження в моделях різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з переломами в середній третині при їх уродженому псевдоартрозі в дітей з незавершеним ростом. Хірургія дитячого віку (Україна). 2023; 3(80): 71-77; doi: 10.15574/PS.2023.80.71.
5. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Дослідження напружено-деформованого стану моделей різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з діафізарними переломами в середній третині у дітей з недосконалим остеогенезом та незавершеним ростом. Частина 1. Стискання. Травма. 2023;24(4):9-14. doi: 10.22141/1608-1706.4.24.2023.959.
6. Патент на корисну модель № 152743 UA. МПК (2006.01) А61В17/00, 17/72. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (UA); ДУ «ПІХС ім. М.І. Ситенка НАМН України» – Заявка u202203461 від 19.09.2022 Опубл. 05.04.2023, Бюл. № 14/2023.
7. Патент на корисну модель №149929 UA. МПК (2006.01) А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та

- дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом/ Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д., Ковальов А.М. // Патентовласник ДУ «ІПХС ім. М.І. Ситенка НАМНУ»– Заявка u202103957 від 07.07.2021 Опубл. 15.12.2021, бюл. № 50/2021
8. Попсуйшاپка ОК, Литвишко ВО, Підгайська ОО, Ашукіна НО, Несвіт КВ, Мальцева ВЄ. Механічні та структурні особливості незрощення відламків великогомілкової кістки та їхнє значення для лікування. Ортопедія, травматологія та протезування. 2020; 4: 33–42. <https://doi.org/10.15674/0030-59872020433-42>
 9. Рогозинський ВО, Левицький АФ, Доляницький ММ, Ярьсько ОВ. Аналіз математичного моделювання біомеханічної моделі гало-гравітаційної тракції при деформаціях хребта в дітей. Хірургія дитячого віку (Україна). 2021; 4(73):66-71; doi 10.15574/PS.2021.73.66.
 10. Строев МЮ, Березка МІ, Григорук ВВ, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Математичне моделювання напружено-деформованого стану моделі гомілки з переломом у нижній третині великогомілкової кістки при різних варіантах остеосинтезу в умовах зростаючого стискаючого навантаження. Травма. 2022; 23(6): 56-66 <https://doi.org/10.22141/1608-1706.6.23.2022.924>
 11. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Експериментальне дослідження щільності кісткової тканини у хворих з уродженим псевдоартрозом кісток гомілки до та після операції за даними комп'ютерної томографії. Хірургія дитячого віку (Україна). 2022;3(76): 59-67. DOI: <https://doi.org/10.15574/PS.2022.76.59>.
 12. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Дослідження деформацій кісткового регенерату за різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки в разі їхнього уродженого псевдоартрозу. Ортопедія, травматологія та протезування. 2022; (1-2): 49-54. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-249-54>.
 13. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в середній третині. Вісник проблем біології і медицини. 2022; 158(4): 239-246.

14. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яресько ОВ. Математичне моделювання остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки при їх вродженому псевдоартрозі в нижній третині. *Травма*. 2021;22(4):23-29. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.4.22.2021.239706>.
15. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яресько ОВ. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в нижній третині в умовах остеосинтезу інтрамедулярними ростучими стрижнями з блокуванням подовжнього руху при стисканні та без нього. *Травма*. 2022; ,23(5):25-35. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.23.2022.913>.
16. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Сучасний стан проблеми діагностики та лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2021;3:85-91. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872021385-91>.
17. Agashe MV, Song SH, Refai MA, Park KW, Song HR. Congenital pseudarthrosis of the tibia treated with a combination of Ilizarov's technique and intramedullary rodding. *Acta Orthop*. 2012;83:515-522.
18. Andersen K. Congenital pseudarthrosis of the leg. Late results. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:657-62. Available at: <http://jbjs.org/article.aspx?articleID=14600>. Accessed December 1, 2013. [PubMed](#)
19. Bezsmertnyi Y, Branitsky O, Tyazhelov O, Karpinska O. Моделювання роботи м'язів нижньої кінцівки в умовах згинально-привідної контрактури кульшового суглоба та згинальної — колінного. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2023; 1: 55-60. <https://doi.org/10.15674/0030-59872023155-60>
20. Voccaccio A, Pappalettere C. *Mechanobiology of Fracture Healing: Basic Principles and Applications in Orthodontics and Orthopaedics*. Theoretical Biomechanics. Dr Vaclav Klika (Ed.). 2011.
21. Boero S, Catagni M, Donzelli O, Facchini R, Frediani PV. Congenital pseudarthrosis of the tibia associated with neurofibromatosis-1: treatment with Ilizarov's device. *J Pediatr Orthop*. 1997;17(5):675-84. [CrossRefPubMed](#)

22. Bone mechanics handbook. edited by Stephen C. Cowin. CRC Press Reference. 2001.
23. Boyd H, Sage F. Congenital pseudarthrosis of the tibia. *J Bone Joint Surg.* 1958;40(6):1245–379. Available at: <http://jbjs.org/article.aspx?articleID=13007>. Accessed November 25, 2013. [PubMed](#)
24. Boyd HB. Pathology and natural history of congenital pseudarthrosis of the tibia. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;166:5–13. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed7083685>. [PubMed](#)
25. Burghardt RD, Herzenberg JE. Temporary hemiepiphysiodesis with the eight-plate for angular deformities: mid-term results. *J Orthop Sci.* 2010;15(5):699-704. doi: 10.1007/s00776-010-1514-9.
26. Campanacci M, Nicoll EA, Pagella P. The differential diagnosis of congenital pseudarthrosis of the tibia. *Int Orthop.* 1981;4:283–8. [PubMed](#)
27. Cebrián JL, Gallego P, Francés A, Sánchez P, Manrique E, Marco F, et al. Comparative study of the use of electromagnetic fields in patients with pseudoarthrosis of tibia treated by intramedullary nailing. *Int Orthop.* 2010;34:437–40. doi: [10.1007/s00264-009-0806-1](https://doi.org/10.1007/s00264-009-0806-1). [CrossRefPubMedPubMedCentral](#)
28. Charnley J. Congenital pseudarthrosis of the tibia treated by intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am.* 1956;38-A:283-90.
29. Cho TJ, Seo JB, Lee HR, Yoo WJ, Chung CY, Choi IH. Biologic characteristics of fibrous hamartoma from congenital pseudarthrosis of the tibia associated with neurofibromatosis type 1. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:2735-44.
30. Choi IH, Cho TJ, Moon HJ. Ilizarov treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia: a multi-targeted approach using the Ilizarov technique. *Clin Orthop Surg.* 2011;3(1):1-8. doi: 10.4055/cios.2011.3.1.1.
31. Codivilla A. On the cure of the congenital pseudoarthrosis of the tibia by means of periosteal transplantation. *J Bone Joint Surg Am.* 1906;s2–4:163–169.
32. Crawford AH. Neurofibromatosis in children. *Acta Orthop Scand.* 1986;218:1-60.
33. Danino B, Rodl R, Herzenberg JE, Shabtai L, Grill F, Narayanan U, Segev E, Wientroub S. Guided growth: preliminary results of a multinational study of

- 967 physes in 537 patients. *J Child Orthop.* 2018;12(1):91-96. doi: 10.1302/1863-2548.12.170050.
34. Dormans J, Krajbich J, Zuker R, Demuyck M. Congenital pseudarthrosis of the tibia: treatment with free vascularized fibular grafts. *J Pediatr Orthop.* 1990;10:623
35. El-Gammal TA, El-Sayed A, Kotb MM. Telescoping vascularized fibular graft: a new method for treatment of congenital tibial pseudarthrosis with severe shortening. *J Pediatr Orthop B.* 2004;13:48-56.
36. El-Rosasy MA, Paley D, Herzenberg JE. Congenital pseudarthrosis of the tibia. In: Rozbruch SR, Ilizarov S, eds. *Limb Lengthening and Reconstruction Surgery.* New York: Informa Healthcare; 2007:485-493.
37. Enemudo RE, Edomwonyi EO, Obumse AT, Uyilawa O. Niger J Management of congenital pseudoarthrosis using Ilizarov Device-Delsuth, oghara experience. *Clin Pract.* 2023;26(3):352-357. doi: 10.4103/njcp.njcp_608_22.
38. Free Online Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) Calculator – OrthoToolKit - <https://orthotoolkit.com/faos/>.
39. Ghanem I, Damsin J, Carlouz H. Ilizarov technique in the treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. *J Pediatr Orthop.* 1997;17(5):685–90. [CrossRefPubMed](#)
40. Grill F, Bollini G, Dunzl P, Fixsen J, Hefti F, Ippolito E, et al. Treatment approaches for congenital pseudarthrosis of tibia: results of the EPOS multicenter study. European Paediatric Orthopaedic Society (EPOS). *J Pediatr Orthop.* 2000; 9: 75-89.
41. Guille JT, Kumar SJ, Shah A. Spontaneous union of a congenital pseudarthrosis of the tibia after Syme amputation. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;351:180-185.
42. Gutmann DH, Aylsworth A, Carey JC, Korf B, Marks J, Pyeritz RE, Rubenstein A, Viskochil D. The diagnostic evaluation and multidisciplinary management of neurofibromatosis 1 and neurofibromatosis 2. *JAMA.* 1997;278:51-7.
43. Harris R. Symes amputation. *J. Bone Joint Surg.* 1956; 38B:614.
44. Hefti F, Bollini G, Dunzl P, Fixsen J, Grill F, Ippolito E, Romanus B, Tudisco C, Wientroub S. Congenital pseudarthrosis of the tibia: history, etiology, classification, and epidemiologic data. *J Pediatr Orthop B.* 2000;9(1):11–5. [CrossRefPubMed](#)

45. Hertel R, Gerber A, Schlegel U, Cordey J, Rügsegger P, Rahn BA. Cancellous bone graft for skeletal reconstruction. Muscular versus periosteal bed--preliminary report. *Injury*. 1994;25 Suppl 1: A59-70. doi: 10.1016/0020-1383(94)90263-1. PMID: 7927661.
46. Hissnauer TN, Stiel N, Babin K, Rupprecht M, Hoffmann M, Rueger JM, Stuecker R, Spiro AS. Bone morphogenetic protein-2 for the treatment of congenital pseudoarthrosis of the tibia or persistent tibial nonunion in children and adolescents: A retrospective study with a minimum 2-year follow-up. *J Mater Sci Mater Med*. 2017;28(4):60. doi: 10.1007/s10856-017-5868-9. Epub 2017 Feb 17. PMID: 28213747.
47. Iamaguchi RB, Fucs PMMB, Carlos DCA, Chakkour I, Gomes MD. Congenital pseudoarthrosis of the tibia – results of treatment by free fibular transfer and associated procedures – preliminary study. *J Pediatr Orthop B*. 2011;20(5):323–9. doi:[10.1097/BPB.0b013e328347a361](https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e328347a361). [CrossRefPubMed](#)
48. Ippolito E, Corsi A, Grill F, Wientroub S, Bianco P. Pathology of bone lesions associated with congenital pseudoarthrosis of the leg. *J Pediatr Orthop B*. 2000;9:3–10. [CrossRefPubMed](#)
49. Jacobsen ST, Crawford AH, Millar EA, Steel HH. The Syme amputation in patients with congenital pseudoarthrosis of the tibia. *JBJS*. 1983; 65(4): 533-537
50. Johnston CE. Congenital pseudoarthrosis of the tibia: Results of technical variations in the Charnley-Williams procedure. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84-A:1799-810.
51. Kanaya K, Wada T, Kura H, Yamashita T, Usui M, Ishii S. Valgus deformity of the ankle following harvesting of a vascularized fibular graft in children. *J Reconstr Microsurg*. 2002;18:91-6.
52. Karol LA, Haideri NF, Halliday SE, Smitherman TB, Johnston CE. Gait analysis and muscle strength in children with congenital pseudoarthrosis of the tibia: The effect of treatment. *J Pediatr Orthop*. 1998;18:381-6. †
53. Keret D, Bollini G, Dungal P, Fixsen J, Grill F, Hefti F, Ippolito E, Romanus B, Tudisco C, Wientroub S. The fibula in congenital pseudoarthrosis of the tibia: The EPOS multicenter study. *J Pediatr Orthop B*. 2000;9:69-74

54. Kesireddy N, Kheireldin RK, Lu A, Cooper J, Liu J, Ebraheim NA. Current treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia: a systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Orthop B*. 2018;27(6):541–50.
55. Khmyzov SO, Katsalap YS, Karpinsky MJ, Karpinska O. Experimental study of bone density in patients with congenital pseudoarthrosis of the tibia before and after surgery. *Wiadomosci Lekarskie*. 2022; 75(9):2112-2120. doi: 10.36740/WLek202209112. PMID: 36256938.
56. Kim HW, Weinstein SL. Intramedullary fixation and bone grafting for congenital pseudarthrosis of the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;405:250-7.
57. Kolesnichenko V, Golka G, Khanyk T, Veklych V. Епідеміологія остеоартрозу колінного суглоба. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Медицина». 2021; (43). <https://doi.org/10.26565/2313-6693-2021-43-12>
58. Korolkov O, Rakhman P, Karpinsky M, Shishka I, Yaresko O. Assessment of stress-strain distribution in flatfoot deformity (part 1). *Orthopaedics, Traumatology and Prosthetics*. 2017; 4: 80-84. DOI: 10.15674/0030-59872017480-84
59. Kristiansen LP, Steen H, Terjesen T. Residual challenges after healing of congenital pseudarthrosis in the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;414:228-37
60. Laine JC, Novotny SA, Weber EW, Georgiadis AG, Dahl MT. Distal Tibial Guided Growth for Anterolateral Bowing of the Tibia: Fracture May Be Prevented. *J Bone Joint Surg Am*. 2020;102(23):2077-2086. doi: 10.2106/JBJS.20.00657
61. Lehman WB, Atar D, Feldman DS, Gordon JC, Grant AD. Congenital pseudoarthrosis of the tibia. *J Pediatr Orthop B*. 2000;9:103-7.
62. Ma Y, Gu S, Yin Q, Li H, Wu Y, Zhou Z, Rui Y. Application of multiple wrapped cancellous bone graft methods for treatment of segmental bone defects. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2019; 20(1): 1-10.
63. Mahnken AH, Staatz G, Hermanns B, Gunther RW, Weber M. Congenital pseudarthrosis of the tibia in pediatric patients: MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;177:1025–9. [CrossRefPubMed](#)

64. Masquelet AC, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am.* 2010;41(1):27–37. table of contents. doi:[10.1016/j.ocl.2009.07.011](https://doi.org/10.1016/j.ocl.2009.07.011). [CrossRefPubMed](#)
65. Masserman RL, Peterson HA, Bianco AJ Jr. Congenital pseudarthrosis of the tibia: a review of the literature and 52 cases from the Mayo Clinic. *Clin Orthop Relat Res.* 1974;99:140–145.
66. McCarthy RE. Amputation for congenital pseudarthrosis of the tibia. Indications and techniques. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;4:58-61.
67. McFarland B. Birth fracture of the tibia. *Br J Surg.* 1939;27:706–712. doi: [10.1002/bjs.18002710809](https://doi.org/10.1002/bjs.18002710809).
68. Morrison SG, Thomson P, Lenze U, Donnan LT. Syme Amputation: Function, Satisfaction, and Prostheses. *J Pediatr Orthop.* 2020;40(6):e532-e536. doi: [10.1097/BPO.0000000000001430](https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001430).
69. Morrissy R, Riseborough E, Hall J. Congenital pseudarthrosis of the tibia. *J Bone Joint Surg Br.* 1981;63(3):367–75. Available at: <http://jbjs.org/article.aspx?articleID=13007>. Accessed December 1, 2013. [PubMed](#)
70. O'Donnell, Courtney MD; Foster, James MD; Mooney, Ryan PA-C; Beebe, Corey MS; Donaldson, Nathan DO; Heare, Travis MD. Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. *JBJS Reviews.* 2017; 5(4):e3/doi:10.2106/JBJS.RVW.16.00068.
71. Ofluoglu O, Davidson RS, Dormans JP. Prophylactic bypass grafting and long-term bracing in the management of anterolateral bowing of the tibia and neurofibromatosis-1. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(10):2126–34. doi: [10.2106/JBJS.G.00272](https://doi.org/10.2106/JBJS.G.00272). [CrossRefPubMed](#)
72. Ohnishi I, Sato W, Matsuyama J, Yajima H, Haga N, Kamegaya M, Minami A, Sato M, Yoshino S, Oki T, Nakamura K. Treatment of congenital pseudarthrosis of the Tibia. *J Pediatr Orthop.* 2005;25(2):219–24. doi: [10.1097/01.bpo.0000151054.54732.0b](https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000151054.54732.0b). [CrossRefPubMed](#)
73. Paley D, Catagni M, Argnani F, Prevot J. Treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia using the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;280:81–93.

74. Paley D. Congenital pseudarthrosis of the tibia: combined pharmacologic and surgical treatment using bisphosphonate intravenous infusion and bone morphogenic protein with periosteal and cancellous autogenous bone grafting, tibio-fibular cross union, intramedullary. In: Zorzi A, editor. Bone grafting. Vienna, Austria: InTech; 2012. doi:[10.5772/31149](https://doi.org/10.5772/31149).
75. Paley D. Principles of deformity correction. Exercise Workbook. New York: Springer-Verlag; 2002. Normal lower limb alignment and joint orientation. Ed by D. Paley. Principles of Deformity Correction. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2005: 1-18.
76. Paley D. Radiographic assessment of lower limb deformities. In: Paley D, Principles of deformity correction. Berlin Heidelberg: Springer, 2002:31–60.
77. Pannier S. Congenital pseudarthrosis of the tibia. Orthop Traumatol Surg Res. 2011;97(7):750–61. doi:[10.1016/j.otsr.2011.09.001](https://doi.org/10.1016/j.otsr.2011.09.001). [CrossRefPubMed](#)
78. Paterson DC, Simonis RB. Electrical stimulation in the treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. J Bone Joint Surg Br. 1985;67:454–62. [PubMed](#)
79. Pho RWH, Levack B, Satku K, Patradul A. Free vascularized fibular graft in the treatment of congenital pseudoarthrosis of the tibia. J Bone Joint Surg Br. 1985;67(1):64–70
80. Schindeler A, Ramachandran M, Godfrey C, Morse A, McDonald M, Mikulec K, Little DG. Modeling bone morphogenetic protein and bisphosphonate combination therapy in wild-type and Nf1 haploinsufficient mice. J Orthop Res. 2008;26:65-74.
81. Shabtai L, Ezra E, Wientroub S, Segev E. Congenital tibial pseudarthrosis, changes in treatment protocol. J Pediatr Orthop B. 2015;24(5):444-9.
82. Shah H, Joseph B, Bvs N, Kotian DB, Choi IH, Richards BS, Johnston C, Madhuri V, Dobbs MB, Dahl M. What factors influence union and Refracture of congenital Pseudarthrosis of the tibia? A multicenter long-term study [J]. J Pediatr Orthop. 2018;38(6):e332–7.
83. Shah H, Joseph B, Siddesh ND. Congenital pseudarthrosis of the tibia treated by intramedullary rodding and cortical bone grafting-A followup study at skeletal maturity. J Pediatr Orthop. 2011;31:79-88.
84. Soldado F, Fontecha CG, Haddad S, Hernandez-Fernandez A, Corona P, Guerra-Farfan E. Treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia with

- vascularized fibular periosteal transplant. *Microsurgery*. 2012; 32: 397-400. <https://doi.org/10.1002/micr.21985>.
85. Spiro AS, Babin K, Lipovac S, Stenger P, Mladenov K, Rupprecht M, Rueger JM, Stuecker R. Combined treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia, including recombinant human bone morphogenetic protein-2. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. 2011;93-B(5):695-699.
86. Strong ML, Wong-Chung J. Prophylactic bypass grafting of the prepseudarthrotic tibia in neurofibromatosis. *J. Pediatr Orthop*. 1991; 11 (6): 757-64.
87. Taylor GI, Miller GD, Ham FJ. The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques. *Plast Reconstr Surg*. 1975;55(5):533-44. doi: 10.1097/00006534-197505000-00002.
88. Tudisco C, Bollini G, Dungal P, Fixen J, Grill F, Hefti F, Romanus B, Wientroub S. Functional results at the end of skeletal growth in 30 patients affected by congenital pseudoarthrosis of the tibia. *J Pediatr Orthop B*. 2000;9:94–102. [CrossRefPubMed](#)
89. Umber JS, Moss SW, Coleman SS. Surgical treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. *Clin Orthop Relat Res*. 1982;166:28-33.
90. Van Ness CP. Congenital pseudarthrosis of the leg. *J. Bone Joint Surg*. 1966; 48A:1467.
91. Vander Have KL, Hensinger RN, Caird M, Johnston C, Farley FA. Congenital pseudarthrosis of the tibia. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008; 16:228–36. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19507638>. [CrossRefPubMed](#)
92. Vasyuk VL, Koval OA, Karpinsky MYu, Yaresko OV. Mathematical modeling of options for osteosynthesis of distal tibial metaphyseal fractures type C1. *Trauma*. 2019; 20 (1): 37-46. DOI: 10.22141/1608-1706.1.20.2019.158666
93. Vidal-Lesso A, Ledesma-Orozco E, Daza-Benítez L, Lesso-Arroyo R. Mechanical Characterization of Femoral Cartilage Under Unicompartimental Osteoarthritis. *Ingeniería Mecánica Tecnología Y Desarrollo*. 2014; 4 (6): 239 – 246.
94. Wagner FW Jr. Amputations of the foot and ankle. Current status. *Clin Orthop Relat Res*. 1977;122:62-69.

95. Weiland AJ, Weiss A, Moore J, Tolo V. Vascularized fibular grafts in the treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(5):654–662. [PubMed](#)
96. Westberry DE, Carpenter AM, Tisch J, Wack LI. Amputation outcomes in congenital pseudarthrosis of the tibia. *J Pediatr Orthop.* 2018;38:e475-e481.
97. Wientroub S, Grill F. Congenital pseudarthrosis of the tibia: Part 1. European Pediatric Orthopaedic Society multicenter study of congenital pseudoarthrosis. *J Pediatr Orthop B.* 2000;9:1-2. †
98. Wright J, Hill RA, Eastwood DM, Hashemi-Nejad A, Calder P, Tennant S. Posteromedial bowing of the tibia: a benign condition or a case for limb reconstruction? *Journal of Children's Orthopaedics.* 2018; 12 (2): 187-196.
99. Zhu GH, Mei HB, He RG, Liu Y-X, Liu K, Tang J, Wu J-Y. Combination of intramedullary rod, wrapping bone grafting and Ilizarov's fixator for the treatment of Crawford type IV congenital pseudarthrosis of the tibia: mid-term follow up of 56 cases. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17:443.
100. Zhu GH, Mei HB, He RG, Liu K, Tang J, Wu J-Y. Effect of distraction osteogenesis in patient with tibial shortening after initial union of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia (CPT): a preliminary study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:216. doi: 10.1186/s12891-015-0680-5.

ДОДАТОК А**Оцінка стану стопи та гомілковостопного суглобу» (FAOS)****I. Симптоми**

Відповідайте на ці запитання, думаючи про симптоми коліна протягом останнього тижня.

- S1. У вас є набряк стопи / гомілковостопного суглобу?
- S2. Чи чуєте ви клацання або будь-який інший тип шуму при русі стопою / гомілковостопним суглобом?
- S3. Ваша стопа / гомілковостопний суглоб турбує під час руху?
- S4. Чи можете ви випрямити стопу / гомілковостопний суглоб повністю?
- S5. Чи можете ви повністю зігнути стопу / гомілковостопний суглоб?
- S6. Наскільки вираженим є обмеження рухів у стопі / гомілковостопному суглобі після пробудження вранці?
- S7. Наскільки вираженим є обмеження рухів у стопі / гомілковостопному суглобі після сидіння, лежання або відпочинку на протязі дня

Оцінка за шкалою симптомів:

II. Біль

- P1. Як часто ви відчуваєте біль у стопі / гомілковостопному суглобі?
Який рівень болю в стопі / гомілковостопному суглобі ви відчували за останній тиждень під час наступних рухів?
- P2. Скручування / поворот стопи / гомілковостопного суглобу
- P3. Випрямлення стопи / гомілковостопного суглобу повністю
- P4. Згинання стопи / гомілковостопного суглобу повністю
- P5. Ходьба по рівній поверхні
- P6. Підйом або спуск сходами
- P7. Вночі, перебуваючи в ліжку
- P8. Сидячи або лежачи
- P9. Стоячи

III. Функція, повсякденне життя

У цьому розділі описується здатність пересуватися і доглядати за собою. Для кожного з наступних видів діяльності:

потрібно вказати ступінь труднощів, які виникли за останній тиждень через стопу / гомілковостопний суглоб

A1. Спуск по сходах

A2. Підйом по сходах

A3. Піднявшись після сидіння

A4. Стоячи

A5. Нахилившись до підлоги / підняти предмет

A6. Ходьба по рівній поверхні

A7. Сідання / вихід з машини

A8. Похід за покупками

A9. Надягаючи шкарпетки / панчохи

A10. Піднімаючись з ліжка

A11. Знімаючи шкарпетки / панчохи

A12. Лежачи в ліжку (перевертаючись, зберігаючи положення стопи / гомілковостопного суглоба

A13. Вхід / вихід з ванни

A14. Сидячи

A15. Сідаєте / встаєте з унітазу

A16. Важкі домашні обов'язки (переміщення важких предметів, миття підлоги тощо)

A17. Легкі домашні обов'язки (приготування їжі, витирання пилу тощо)

Оцінка за шкалою щоденного життя:

IV. Функціональні, спортивно-оздоровчі заходи

У цьому розділі описується активність високого рівня.

Необхідно вказати ступінь труднощів, які ви відчуваєте на протязі останнього тижня через стопу / гомілковостопний суглоб.

SP1. Присідання

SP2. Біг

SP3. Стрибки

SP4. Скручування / обертання на пошкодженій стопі / щиколотці

SP5. На колінах

Підрахунок балів для спорту та відпочинку:

V. Якість життя

Q1. Як часто ви згадуєте про проблему зі стопою / гомілковостопним суглобом?

Q2. Чи не змінили ви свій спосіб життя, щоб уникати діяльність, яка може завдати шкоди вашій стопі / гомілковостопному суглобу?

Q3. Наскільки вас турбує відсутність стійкості в стопі / гомілковостопному суглобі?

Q4. Взагалі, скільки виникає труднощів у вас зі стопою / гомілковостопним суглобом?

ДОДАТОК Б

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яренько ОВ. Математичне моделювання остеосинтезу кісток гомілки з використанням титанової сітки при їх вродженому псевдоартрози в нижній третині. Травма; 2021,22(4):23-29. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.4.22.2021.239706> *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.
2. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Сучасний стан проблеми діагностики та лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки. Ортопедія, травматологія та протезування; 2021,3:85-91. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-59872021385-91>. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.
3. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яренько ОВ. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрози в середній третині. Вісник проблем біології і медицини; 2022, 158(4): 239-246. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.
4. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яренько ОВ. Дослідження деформацій кісткового регенерату за різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки в разі їхнього уродженого псевдоартрозу. Ортопедія, травматологія та протезування; 2022, (1-2): 49-54. DOI: <https://doi.org/10.15674/0030-598720221-249-54>. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.
5. Khmyzov SO, Katsalap YS, Karpinsky MJ, Karpinska O. Experimental study of bone density in patients with congenital pseudoarthrosis of the tibia before and after surgery. Wiadomosci Lekarskie; 2022, Vol.75(9 pt 1):2112-2120. doi: 10.36740/WLek202209112. PMID: 36256938. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.
6. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яренько ОВ. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану моделей кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрози в нижній третині в умовах

остеосинтезу інтрамедулярними ростучими стрижнями з блокуванням подовжнього руху при стисканні та без нього. Травма; 2022,23(5):25-35. DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.23.2022.913> *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.

7. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Експериментальне дослідження щільності кісткової тканини у хворих з уродженим псевдоартрозом кісток гомілки до та після операції за даними комп'ютерної томографії. Хірургія дитячого віку (Україна); 2022,3(76): 59-67. DOI: <https://doi.org/10.15574/PS.2022.76.59>. *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.

8. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД, Яресько ОВ. Дослідження розподілу напружень під впливом згинаючого навантаження в моделях різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з переломами в середній третині при їх уродженому псевдоартрозі в дітей з незавершеним ростом. Хірургія дитячого віку (Україна); 2023, 3(80): 71-77; doi: [10.15574/PS.2023.80.71](https://doi.org/10.15574/PS.2023.80.71). *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*

9. . Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Яресько ОВ. Дослідження напружено-деформованого стану моделей різних варіантів остеосинтезу кісток гомілки з діафізарними переломами в середній третині у дітей з недосконалим остеогенезом та незавершеним ростом. Частина 1. Стискання. Травма; 2023,24(4):9-14. doi: [10.22141/1608-1706.4.24.2023.959](https://doi.org/10.22141/1608-1706.4.24.2023.959) *(Дисертантові належить збір, обробка та аналіз матеріалу, підготовка статті до публікації)*.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Результати дослідження щільності кісткової тканини у хворих на уроджений псевдоартроз великогомілкової кістки до та після оперативного лікування. У: Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування: Матеріали п'ятої всеукраїнської науково-практичної конференції; 2-4 вересня 2021; Запоріжжя. Запоріжжя: 2021: с. 82. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних)*.

11. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Хірургічне лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки у дітей. У: Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування: Матеріали четвертої всеукраїнської науково-практичної конференції; 12-14 вересня 2019 р.; Запоріжжя. Запоріжжя: 2019: с. 86-87. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

12. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Математичне моделювання варіантів остеосинтезу кісток гомілки при їх уродженому псевдоартрозі в середній третині. У: Зб. наукових праць II міжнародної конференції «Передові методики лікування кульшового, колінного та плечового суглобів», присвяченої пам'яті академіка О.О. Коржа; 15-16 жовтня 2021; Харків. Харків: 2021: с. 73-75. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

13. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Пашенко АВ. Ротаційно стабільні інтрамедулярні телескопічні фіксатори при лікуванні патології довгих кісток у дітей. У: Зб. наукових праць X МІЖНАРОДНОГО МЕДИЧНОГО КОНГРЕСУ «Впровадження сучасних досягнень медичної науки у практику охорони здоров'я України»; 25-27 травня 2021; Київ. Київ: 2021: с. 87. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

14. Корж МО, Хмизов СО, Кацалап ЄС, Пашенко АВ. Використання телескопічної ротаційної стабілізуючої системи при лікуванні патології, пов'язаної зі зниженням якості кісткової тканини. У: Зб. наукових праць IX МІЖНАРОДНОГО МЕДИЧНОГО КОНГРЕСУ «Впровадження сучасних досягнень медичної науки у практику охорони здоров'я України»; 16-18 вересня 2020; Київ. Київ: 2020: с. 56. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

15. Хмизов СО, Кацалап ЄС. Хірургічне лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки. У: Зб. наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів України» 09-11 жовтня 2019; Івано-Франківськ. 2019: с.232. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

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

16. Патент на корисну модель №149929 UA. МПК (2006) А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ «ПІХС ім. М.І. Ситенка НАМНУ») – Заявка u202103957 від 07.07.2021 Опубл. 15.12.2021, бюл. № 50/2021. *(Дисертантом особисто проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у розробці конструктивного рішення, підготовлено матеріали заявки на патент)*

17. Патент на корисну модель №151605 UA, МПК А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України") - заявка u202200760 від 21.02.2022. Опубл. 17.08.2022, бюл. №33/2022 *(Дисертантом особисто проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у розробці конструктивного рішення, підготовлено матеріали заявки на патент)*

18. Патент на корисну модель №152743 UA МПК А61В17/00, А61В17/72. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України"). - заявка u202203461 від 19.09.2022. Опубл. 05.04.2023. бюл. № 14/2023 *(Дисертантом особисто проведено патентно-інформаційний пошук, взято участь у розробці конструктивного рішення, підготовлено матеріали заявки на патент)*

19. Хмизов СО, Кацалап ЄС, Ковальов АМ, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор (ІТФ) для лікування переломів та дефектів довгих кісток (ДДК) у дітей з незавершеним ростом (НР). КПКВ - 6561040 / Інформаційний бюлетень. Додаток до «Журналу Національної академії медичних наук України». Випуск 53. Київ

2022: с.108-109. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

20. Кацалап ЄС, Хмизов СО, Ковальов АМ, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор (ІТФ) для лікування переломів та дефектів довгих кісток (ДДК) у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом. КПКВ - 6561040 / Інформаційний бюлетень. Додаток до «Журналу Національної академії медичних наук України». Випуск 55. Київ 2023: с.89-90. *(Дисертантові належить набір клінічного матеріалу, статистична обробка та інтерпретування отриманих даних).*

ДОДАТОК В



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80
Хмизов С.О., Кацалап Є.С., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №149929 UA. МПК (2006) А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ «ІПХС ім. М.І. Ситенка АМНУ») – Заявка u202103957 від 07.07.2021 Опубл. 15.12.2021, бюл. № 50/2021.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Ортопедо-травматологічне відділення з КНП «Миколаївська обласна дитяча клінічна лікарня» МОР

5. Строки впровадження з 07.02.2022 р. по 30.01.2024 р.**6. Загальна кількість спостережень – 4 пацієнти****7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)**

Використання запропонованого інтрамедулярного телескопічного фіксатора дозволяє покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний фіксатор необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням Шестопапов Є.О.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

"05" 02 2024 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом.

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80
Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №152743 UA МПК А61В17/00, А61В17/72. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України"). - заявка u202203461 від 19.09.2022. Опубл. 05.04.2023. бюл. № 14/2023.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Ортопедо-травматологічне відділення з КНП «Миколаївська обласна дитяча клінічна лікарня» МОР

5. Строки впровадження з 15.05.2023 по 26.02.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 3 пацієнти

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Використання запропонованого пристрою дозволяє зменшити тривалість та травматичність хірургічного втручання, покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний фіксатор необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням Шестопапов Є.О.

«27» 02 2024 р.

Відповідальна за впровадження особа
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

ЗАТВЕРДЖУЮ

КНП «Миколаївська обласна дитяча клінічна лікарня» МОР
 В.о. директора Пліткін О.Ю.
 керівника установи, яка провела впровадження

-16- _____ 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом.

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80
 Хмизов С.О., Кацалап Є.С., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №151605 UA, МПК А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патенто власник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України") - заявка u202200760 від 21.02.2022. Опубл. 17.08.2022, бюл. №33/2022.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № в.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Ортопедо-травматологічне відділення з КНП «Миколаївська обласна дитяча клінічна лікарня» МОР

5. Строки впровадження з 19.09.2022 р. по 16.02.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 6 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Використання запропонованого інтрамедулярного телескопічного фіксатора дозволяє покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний фіксатор необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням Шестопапов С.О.

«16» 02 2024 р.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)



ЗАТВЕРДЖУЮ

КНП «Тернопільська обласна дитяча клінічна лікарня» ТОР
 Генеральний директор _____ д.мед. н. Корицький Г.І.
 керівник установи, в якій проведено впровадження

"19"

02

2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом.

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80
 Хмизов С.О., Кацалап Є.С., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №151605 UA, МПК А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України") - заявка u202200760 від 21.02.2022. Опубл. 17.08.2022, бюл. №33/2022.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Ортопедо-травматологічне дитяче відділення з травматологічним пунктом КНП «Тернопільська обласна дитяча клінічна лікарня» ТОР

5. Строки впровадження з 05.09.2022 р. по 19.02.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 5 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Використання запропонованого інтрамедулярного телескопічного фіксатора дозволяє покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний фіксатор необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.


Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням, Ph.D. Корицький А.І.

"19" 02 2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Комуніальне підприємство «Регіональний медичний центр родинного здоров'я» Дніпропетровської обласної ради»
 Генеральний директор  Власов О.О.
 керівник установи, в якій проведено впровадження

«06» 02 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80 Хмизов С.О., Кацалап Є.С., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №151605 UA, МПК А61В17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з вродженим псевдоартрозом та незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України") - заявка u202200760 від 21.02.2022. Опубл. 17.08.2022, бюл. №33/2022.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Відділення травматології та ортопедії КП «Регіональний медичний центр родинного здоров'я» Дніпропетровської обласної ради»

5. Строки впровадження з 22.08.2022 р. по 05.02.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 7 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Використання запропонованого інтрамедулярного телескопічного фіксатора дозволяє покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний фіксатор необхідно довести до його промислового виробництва 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. Рокутов В.С.

«06» 02 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 КНП «Тернопільська обласна дитяча клінічна лікарня» ТОР
 Генеральний директор _____ З. мед. К. Корицький Г.І.
 керівник установи, який проведено впровадження
 «19» _____ 02 _____ 2024 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом.

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80
 Хмизов С.О., Кацалап Є.С., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська
 О.Д.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №149929 UA. МПК (2006) A61B17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ «ІПХС ім. М.І. Ситенка АМНУ») – Заявка u202103957 від 07.07.2021 Опубл. 15.12.2021, бюл. № 50/2021.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Ортопедо-травматологічне дитяче відділення з травматологічним пунктом КНП «Тернопільська обласна дитяча клінічна лікарня» ТОР

5. Строки впровадження з 20.01.2022 р. по 12.02.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 6 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Використання запропонованого інтрамедулярного телескопічного фіксатора дозволяє покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний фіксатор необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)

Зав. відділенням, Ph.D. Корицький А.Г.

«19» _____ 02 _____ 2024 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом.

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80
 Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №152743 UA МПК А61В17/00, А61В17/72. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України"). - заявка u202203461 від 19.09.2022. Опубл. 05.04.2023. бюл. № 14/2023.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані starti, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Ортопедо-травматологічне дитяче відділення з травматологічним пунктом КНП «Тернопільська обласна дитяча клінічна лікарня» ТОР

5. Строки впровадження з 17.04.2023 по 12.02.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 3 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)
 Використання запропонованого пристрою дозволяє зменшити тривалість та травматичність хірургічного втручання, покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний пристрій необхідно довести до його промислового виробництва та широко використовувати у показаних випадках у профільних дитячих ортопедо-травматологічних відділеннях.

Зав. відділенням, Ph.D. Корницький А.І.

“ 19 ” 02 2024 р.

Відповідальна за впровадження особа
 (посада, підпис, прізвище, ініціали)



ЗАТВЕРДЖУЮ

Головний лікар комунального підприємства «Регіональний медичний центр родинного здоров'я» Дніпропетровської обласної ради
 Генеральний директор _____ Власов О.О.
 Керівник установи, в якій проведено впровадження

« 16 » 01 _____ 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом.

(назва пропозиції для впровадження)

**2. ДУ « ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ » Харків, вул. Пушкінська, 80
 Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.**

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №152743 UA МПК А61В17/00, А61В17/72. Пристрій для доставки і розташування титанової сітки в зоні перелому довгих кісток при інтрамедулярному їх остеосинтезі у дітей з незавершеним ростом і недосконалим остеогенезом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ "Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка НАМН України"). - заявка u202203461 від 19.09.2022. Опубл. 05.04.2023. бюл. № 14/2023.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Відділення травматології та ортопедії КП «Регіональний медичний центр родинного здоров'я» Дніпропетровської обласної ради»

5. Строки впровадження з 24.04.2023 по 15.01.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 4 пацієнти

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Використання запропонованого пристрою дозволяє зменшити тривалість та травматичність хірургічного втручання, покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.


8. Зауваження, пропозиції: даний пристрій необхідно довести до його промислового виробництва 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. Рокутов В.С.

« 16 » 01 _____ 2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
 Комуніальне підприємство «Регіональний медичний центр родинного здоров'я» Дніпропетровської обласної ради
 Генеральний директор  Власов О.О.
 керівник установи, в якій проведено впровадження

« 30 » 01 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом.

(назва пропозиції для впровадження)

2. ДУ «ІПХС ім. проф. М.І.Ситенка АМНУ» Харків, вул. Пушкінська, 80
 Хмизов С.О., Кацалап Є.С., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д.

(установа-розробник, її поштова адреса; прізвище, ініціали авторів)

3. Джерело інформації: Патент на корисну модель №149929 UA. МПК (2006) A61B17/72. Інтрамедулярний телескопічний фіксатор для лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом / Кацалап Є.С., Хмизов С.О., Ковальов А.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. (Патентовласник ДУ «ІПХС ім. М.І. Ситенка АМНУ») – Заявка u202103957 від 07.07.2021 Опубл. 15.12.2021, бюл. № 50/2021.

(назва, рік видання методичних рекомендацій, інформаційного листа, вихідні дані статті, № а.с. і т.д.)

4. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Відділення травматології та ортопедії КП «Регіональний медичний центр родинного здоров'я» Дніпропетровської обласної ради»

5. Строки впровадження з 03.02.2022 р. по 29.01.2024 р.

6. Загальна кількість спостережень – 8 пацієнтів

7. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Використання запропонованого інтрамедулярного телескопічного фіксатора дозволяє покращити результати лікування переломів та дефектів довгих кісток у дітей з незавершеним ростом, зменшує реабілітаційний період, підвищує надійність і ефективність лікування.

8. Зауваження, пропозиції: даний фіксатор необхідно довести до його промислового виробництва 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. Рокутов В.С.

« 30 » 01 2024 р.

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ

створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:09:05 26.04.2024

Назва файлу з підписом: Дисертація_здобувача_Кацалап_Єлизавети_Сергіївни_pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 5.1 МБ

Назва файлу без підпису: Дисертація_здобувача_Кацалап_Єлизавети_Сергіївни_pdf.zip
Розмір файлу без підпису: 5.6 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: КАЦАЛАП ЄЛИЗАВЕТА СЕРГІЇВНА

П.І.Б.: КАЦАЛАП ЄЛИЗАВЕТА СЕРГІЇВНА

Країна: Україна

РНОКПП: 3344514806

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 11:51:46
18.04.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000006F405D01F84B0805

Тип носія особистого ключа: Незахищений

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Підписані файли: Дисертація здобувача Кацалап Єлизавети Сергіївни.pdf

Версія від: 2024.03.27 13:00