

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

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**СКОРИК ІВАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 616-089.28-728.38:616.718.5-006.34]:612:76:591.4(611.8-092.6)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ВІДНОВЛЕННЯ РОЗГИНАЛЬНОГО АПАРАТА КОЛІННОГО  
СУГЛОБА ЗА УМОВ МОДУЛЬНОГО ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ  
ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ  
(експериментально-клінічне дослідження)**

14.01.21 – травматологія та ортопедія

222 – медицина

Подається

на здобуття наукового ступеня

доктора філософії (PhD)

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають  
посилання на відповідне джерело

І.О. Скорик

Науковий керівник

Вирва Олег Євгенович

доктор медичних наук, професор

Харків – 2020

## АНОТАЦІЯ

*Скорик І.О.* Відновлення розгинального апарата колінного суглоба за умов модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки (експериментально-клінічне дослідження). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 14.01.21 «Травматологія та ортопедія» (222 – Медицина) – Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України», Харків, 2020.

Злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки (ПВВК) достатньо часто зустрічаються у практиці онкоортопедів, онкологів, травматологів. Із кінця 1970-х років, після введення у практику хіміотерапії, лікування злоякісних новоутворень кісток стало значно успішнішим, проте залишилися проблеми з відновленням функції кінцівки, особливо в ділянці колінного суглоба, зокрема у ПВВК, що пов'язано з відновленням розгинального апарата стегна.

Сьогодні найефективнішим методом лікування пацієнтів із пухлинами ПВВК є видалення пухлини «en block» зі заміщенням післярезекційного дефекту модульним пухлинним ендопротезом. Це хірургічне втручання дозволяє в короткі терміни відновити функцію кінцівки та зберегти естетичний вигляд ураженої ділянки. Тому онкоортопеди широко використовують системи ендопротезів, які дозволяють максимально відновити анатомію кінцівки та біомеханіку рухів.

Не зважаючи на багатий світовий досвід у лікуванні злоякісних пухлин ПВВК з використанням модульного ендопротезування, кількість ускладнень залишається достатньо великою — від 40 % до 70 % у терміни від 5 до 15 років після операції. Зокрема, неспроможність розгинального апарата колінного суглоба становить близько 5,8-12 %, що є достатньо великою часткою незадовільних результатів.

На сьогодні існують дві принципово різні методики фіксації зв'язки наколінка до модульного ендопротеза ПБВК, які залежать від його конструкції: кріплення безпосередньо на ендопротезі за допомогою міцного нерозасмоктувального шовного матеріалу або з використанням фіксованої на модульному ендопротезі поліетилентерефталатної трубки, до якої підшивають і зв'язку наколінка, і м'які тканини в ділянці резекції пухлини. Потребують уточнення показання до вибору методу фіксації, а разом із цим і конструкції модульного ендопротеза, що дозволить знизити кількість ускладнень і покращити функціональний результат лікування хворих на злоякісні пухлини ПБВК. На нашу думку, для розуміння причин ушкодження зв'язки наколінка після її реінсерції на різні поверхні імплантатів, необхідне проведення експериментальних досліджень з вивченням біомеханічних і структурних особливостей зв'язки за цих умов.

Робота складається з експериментальних і клінічних досліджень. Першим етапом експериментальної частини роботи проведено біомеханічне дослідження на фізичних моделях. Випробування на міцність швів зв'язки наколінка виконано на 10 свіжих препаратах колінних суглобів свиней, на яких у двох серіях експерименту (по п'ять суглобів у кожній) моделювали реконструкцію розгинального апарата, застосовуючи для кріплення зв'язки наколінка до горбистості великогомілкової кістки пластику за допомогою нейлонової стрічки (перша серія) та пластику до поліетилентерефталату «Attachment tube», попередньо зафіксованому на ПБВК (друга серія). Встановлено, що фіксація розгинального апарата з використанням «Attachment tube» значно міцніша та дає можливість витримувати суттєво більші навантаження безпосередньо після виконання хірургічного втручання. Зокрема, різниця у здатності витримувати навантаження на розрив до руйнування у випадку використання «Attachment tube» виявилася в середньому в 1,4 раза більшою порівняно з нейлоновою стрічкою.

Наступним етапом проведено експериментальне дослідження *in-vivo* для вивчення на колінних суглобах 45 щурів структури зв'язки наколінка

після її кріплення до імплантатів: з іржостійкої сталі, вкритої мікропористим поліетилентерефталатом «Attachment tube»; титану з покриттям із корундової кераміки; титану.

На підставі гістологічного аналізу підтверджено біологічну сумісність усіх досліджених матеріалів. Проте у разі використання «Attachment tube» в зоні травмованої зв'язки наколінка через 15 діб після операції виявлено утворення грануляційної та сполучної тканин із підвищеним вмістом клітин, які синтезують компоненти клітинного матриксу, переважно колагену III типу. У процесі реорганізації регенерату утворювалася сухожилкоподібна тканина, побудована через 3 міс. після травми з пучків колагенових волокон (переважно з колагеном I типу) і фібробластів. За умов фіксації розсіченої зв'язки наколінка до титану з покриттям із корундової кераміки або титану в зоні травми формувалися сполучна різного ступеня зрілості та хрящова тканини в різних співвідношеннях. Найменший прояв деструктивних змін на всіх термінах спостереження у травмованій зв'язці наколінка виявлено в разі її фіксації на мікропористому поліетилентерефталаті порівняно з двома іншими групами ( $p < 0,001$ ).

У клінічній частині роботи проведено оцінювання результатів хірургічних втручань (модульного ендопротезування ПВВК), виконаних 48 хворим (вік від 12 до 74 років, 20 чоловіків, 28 жінок) на злоякісні пухлинні ураження ПВВК, за період з 2001 по 2020 рр. Серед пацієнтів було 28 осіб з первинними злоякісними пухлинними новоутвореннями: хондробластома (7), десмопластична фіброма (1), гістіоцитома (6), лімфома (1), остеосаркома (12), синовіальна саркома (1). Також серед пацієнтів виявлено 2 особи з метастатичним ураженням і 18 з гігантоклітинною пухлиною ПВВК з агресивним перебігом (III стадія за Enneking). Пацієнтів розподілено на дві групи: I (36 осіб) — первинне модульне ендопротезування після видалення пухлини, II (12 хворих) — ревізійне оперативне втручання з приводу ускладнень пухлинного ендопротезування (первинне хірургічне втручання виконано в інших лікувальних закладах). Функціональні результати у

віддаленому періоді оцінювали за допомогою шкал MSTS (Musculoskeletal Tumor Society Score) і TESS (Toronto Extremity Salvage Score).

На підставі ретроспективного дослідження визначено, що найскладнішим і найпоширенішим ускладненням модульного ендопротезування ПБВК є рання та пізня перипротезна інфекція – 12 пацієнтів (25 %). Ушкодження розгинального апарата колінного суглоба виявлено після первинного ендопротезування виявлено в 1 випадку (2,08 %), після ревізійного – у 2 (4,17 %). Місцеві рецидиви пухлини спостерігали у 2 пацієнтів (4,17 %); асептичну нестабільність – у 1 (2,08 %).

Виходячи з власного клінічного досвіду та результатів експериментальних досліджень, нами запропоновано методику кріплення розгинального апарата колінного суглоба за допомогою «Attachment tube». Важливо, що поліетилентерефталат має адгезивні властивості, завдяки цьому м'які тканини проростають у сітчастий матеріал, формуючи міцний блок навколо ендопротеза. Методика реконструкції розгинального апарата з використанням «Attachment tube» дозволяє знизити травматичність хірургічного втручання, максимально зберегти анатомічні структури проксимального відділу гомілки, знизити негативний вплив на прилеглі м'які тканини, зменшити дегенеративні зміни у зв'язці наколінка, та дає можливість раннього відновлення функції та навантаження прооперованої кінцівки. Під час виконання ревізійних втручань на ділянці ПБВК достатньо лише розрізати «Attachment tube», для отримання доступу до ендопротеза та після заміни останнього, найменш травматично закрити м'якотканинний дефект. «Attachment tube» на пізніх строках після ендопротезування створює бар'єр між металевим імплантатом і м'якими тканинами.

Адекватна рефіксація розгинального апарата колінного суглоба пацієнтам дала можливість отримати добрий функціональний результат за шкалою MSTS ( $72 \pm 12$ ) %, за шкалою TESS – ( $74 \pm 16$ ) % випадків. Проте, як показало наше дослідження, використання поліетилентерефталату для рефіксації розгинального апарата колінного суглоба дає можливість

отримати кращі результати за шкалами MSTS та TESS на 12%, порівняно з використанням нейлонової стрічки.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Уперше на фізичній біомеханічній моделі досліджено величини навантаження на розгинальний апарат колінного суглоба свині та встановлено, що кріплення зв'язки наколінка до великогомілкової кістки з використанням мікропористого поліетилентерефталату є в 1,4 раза ( $p < 0,01$ ) міцнішим, ніж фіксація нейлоновою стрічкою.

Уперше на підставі вивчення в експерименті *in-vivo* морфологічних особливостей регенерації зв'язки наколінка мікропористий поліетилентерефталат визначено як оптимальний матеріал покриття модульного ендопротеза для фіксації розгинального апарату колінного суглоба. Доведено утворення сухожилкоподібної тканини в зоні травми зв'язки наколінка та найменший прояв деструктивних змін у ній на всіх термінах спостереження в разі фіксації на мікропористому поліетилентерефталаті порівняно з титаном з або без покриття з корундової кераміки ( $p < 0,001$ ).

На підставі ретроспективного аналізу клінічного матеріалу та даних літератури визначено, що неспроможність розгинального апарата колінного суглоба займає друге місце за частотою (від 5,8 до 12 %) серед ускладнень модульного пухлинного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки після перипротезної інфекції (від 11 до 36 %). Використання розробленої методики реконструкції розгинального апарата колінного суглоба дало змогу уникнути його неспроможності в ранньому та пізньому післяопераційному періоді після первинного модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки за умов повного навантаження на прооперовану кінцівку та без використання зовнішніх фіксаторів кінцівки.

**Практичне значення одержаних результатів.** Уточнені показання та протипоказання до виконання модульного пухлинного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки, запропоновано

удосконалений метод хірургічного втручання, що дає змогу покращити функціональний результат і мінімізувати кількість ускладнень хірургічного лікування у системі комплексної терапії хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

Запропоновано методику рефіксації розгинального апарата колінного суглоба на модуль ендопротеза, що дозволяє реалізовувати ранню функцію колінного суглоба та відновлювати осьове навантаження на кінцівку.

Оптимізовано та впроваджено в клінічну практику варіанти відновлення розгинального апарата колінного суглоба та м'якотканинного дефекту залежно від обсягу видалення пухлин великогомілкової кістки.

**Ключові слова:** модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки; розгинальний апарат колінного суглоба; зв'язка наколінка; пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки; морфологічне дослідження; біомеханічне дослідження, поліетилентеррефталат; нейлонова стрічка.

### Список публікацій здобувача

1. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (614), 72-77. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019172-77>

2. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Шевченко, І. В., Малик, Р. В., Головіна, Я. О., & Міхановський Д. О. (2019). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 2 (615), 67-73. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019267-73>

3. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Карпінський, М. Ю., & Карпінська, О. Д. (2019). Експериментальне дослідження міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 4 (617), 64-69. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720194>

4. Вирва, О. Є., Ашукіна, Н. О., Скорик, І. О., & Данищук, З. М. (2020). Структура зв'язки наколінка щурів за умов її фіксації на різні поверхні імплантатів. *Ортопедия, травматология и протезирование, 1* (618), 78-87. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020178-87>
5. Vyrva, O. Ye., Skoryk, I. O., & Tovazhnianska, V. D. (2021). Modular endoprosthetic replacement for proximal tibia tumor patients. *Запорожский медицинский журнал, 23* (2), 242-249. doi: <http://dx.doi.org/10.14739/2310-1210.2021.2.224920>
6. Скорик, І. О., & Малик, Р. В. (2018). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, присвячена 25-річчю Національної академії медичних наук України (Київ, 23 березня 2018)
7. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Реконструкція розгинального апарату стегна при модульному пухлинному ендопротезуванні колінного суглоба. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів України* (Івано-Франківськ, 2019, с. 326).

## SUMMARY

*Skoryk I. O.* Restoration of knee joint extensor apparatus under conditions of proximal tibia modular endoprosthesis (experimental-clinical study). – The qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of medical sciences in specialty 14.01.21 – Traumatology and Orthopedics (222 – Medicine). – SI «Sytenko Institute of Spine and Joints Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, 2020.

Malignant tumors of proximal tibia are common in oncoorthopaedic practice, oncologists, traumatologists. From the late 1970th after starting of chemotherapy usage in medical practice the treatment of malignant bone tumors became more successful; however there are still problems with restoration of limb function, especially in the region of knee joint and especially with malignant tumors of proximal tibia. This is connected to a restoration of femur extensor apparatus.

Today the most effective treatment method of proximal tibia malignant tumors is considered a tumor resection “en block” with bone defect replacement with a modular tumor endoprosthesis. This surgical procedure allows restoring a limb function shortly and saving aesthetical appearance of the affected area. Thus oncoorthopaedics use systems of endoprosthesis widely; this approach allows restoring limb anatomy and movement biomechanics for a maximum rate.

Despite of rich world heritage for proximal tibia malignant tumors with modular endoprosthesis numbers of complications are still really high (40 to 70 % in 5–15 years after surgery). In particular, failure of knee joint extensor apparatus is about 5.8–12 %, which is a fairly large proportion of unsatisfactory results.

Nowadays there are two fundamentally different methods of fixing patellar ligaments to the proximal tibia modular endoprosthesis, which are relying on its construction. One is fastening directly to the endoprosthesis with a strong non-

resorbable suture material or using a polyethylene terephthalate tube fixed to modular endoprosthesis, to which patellar ligament and soft tissues are sewed in the tumor resection area. There is a need to clarify indications for fixation method choice and with it design of a modular endoprosthesis. This approach will reduce the number of complications and improve the functional outcome of proximal tibia malignant tumors treatment. We suppose, that to understand the causes of patellar ligament damage after its re-insertion on different surfaces of implants, it is necessary to conduct experimental study, which would allow understanding biomechanical and structural features of the ligament under these conditions.

This study includes of experimental and clinical experiments. As a first stage of experimental part of the study was biomechanical research at physical models. For testing of reliability of patellar ligaments seams we have used 10 fresh examples of pig knee joints, at which in two series of experiment (five joints each) we modeled reconstruction of the extensor apparatus, using plastic for attachment patellar ligament to tibia hump. We used nylon tape (first series) and polyethylene terephthalate “Attachment tube” pre-fixed on proximal tibia (second series).

It was founded fixation of the extensor apparatus using the “Attachment tube” is much stronger and makes it possible to withstand significantly higher loads immediately after surgery. In particular, the difference in the ability to withstand the rupture load before failure with “Attachment tube” was averagely 1.4 times better than nylon tape.

Next step was an murine experimental study in-vivo to search structure of patellar ligament after its fixation to implants at knee joints (3 groups of totally number 45 with the rats). Implants were made of stainless steel coated with microporous polyethylene terephthalate “Attachment tube”; titanium coated with corundum ceramics; and titanium.

After histological study we confirmed biological compatibility of all studied materials. However, we observed formation of granulation and connective tissues with increased number of cell matrix cells, mainly type III collagen in zone of affected patellar ligament after 15 days after surgery using the “Attachment tube”.

During reorganization of regenerate we observed the formation of tendon-like tissue, that was built after 3 months after trauma from bundles of collagen fibers (mainly with type I collagen) and fibroblasts. Different degrees a connective tissue of maturity and cartilaginous tissue were formed in different proportions in the affected area under conditions of dissected patellar ligament fixation to titanium with corundum ceramics coating or titanium. The lowest manifestation of destructive changes in all observation periods in the injured knee ligament was found in case of its fixation on microporous polyethylene terephthalate compared to the other two groups ( $p < 0.001$ ).

In clinical part of our work we observed results of surgical interventions (proximal tibia modular endoprosthesis) performed on 48 patients (aged 12 to 74 years, 20 men, 28 women) for malignant tumor lesions of proximal tibia from 2001 to 2020. Among the patients there were 28 patients with primary malignant neoplasms: chondroblastoma (7), desmoplastic fibroma (1), histiocytoma (6), lymphoma (1), osteosarcoma (12), synovial sarcoma (1). Also, we observed 2 patients with metastatic lesions and 18 with giant cell tumor of proximal tibia with an aggressive course (stage III by Enneking). Patients were divided into two groups: I (36 patients) - primary modular arthroplasty after tumor removal, II (12 patients) - revision surgery for tumor arthroplasty complications (primary surgery was performed in other hospitals). Functional outcomes in remote period were assessed using the MSTS (Musculoskeletal Tumor Society Score) and TESS (Toronto Extremity Salvage Score) scores.

Based on a retrospective study, it was determined that the most complex and most common complication of modular proximal tibia endoprosthesis is early and late periprosthetic infection – 12 patients (25 %). Damage of the extensor apparatus of knee joint after the primary endoprosthesis was detected at 1 case (2.08 %) and after the revision – at 2 (4.17 %). Local tumor recurrence was observed at 2 patients (4.17 %); aseptic instability – at 1 (2.08 %).

Based on our own clinical experience and the results of experimental study, we have proposed reattaching method for extensor apparatus of knee joint using

the “Attachment tube”. Importantly, polyethylene terephthalate has adhesive properties, allowing soft tissues to germinate into a mesh material, forming a strong block around the endoprosthesis. The technique of reconstruction of extensor apparatus using the “Attachment tube” reduces a surgery traumatizing effect, preserves a limb anatomical structures in a maximum way, reduces negative impact on adjacent soft tissues, reduces degenerative changes in patellar ligament, and allows early recovery of limb’s function. When performing revision surgery at proximal tibia area, it is enough to cut the “Attachment tube” to gain access to endoprosthesis and after its replacement, to close soft tissue defect the least traumatic way. The “Attachment tube” creates barrier between metal implant and soft tissues at last terms of endoprosthetic process.

Good fixation of knee extensor apparatus gave patients an opportunity to obtain a good functional result by MSTS scale ( $72 \pm 12$ ) %, and by TESS scale - ( $74 \pm 16$ ) %. However, as our study has shown, the use of polyethylene terephthalate to fix the extensor apparatus of knee joint allows to obtain better results by MSTS and TESS scales by 12% compared to using of nylon tape.

**Scientific novelty of the obtained results.** For the first time, we researched load on the extensor apparatus of pig knee at physical biomechanical model and found that the attachment of patellar ligament to tibia using microporous polyethylene terephthalate is 1.4 times ( $p < 0.01$ ) stronger than fixation with nylon tape.

For the first time, microporous polyethylene terephthalate was identified as optimal coating material for a modular endoprosthesis for knee extensor apparatus fixation, based on study of morphological features of patellar ligament regeneration using in-vivo experiment. The formation of tendon-like tissue in the area of patellar ligament injury and slightest manifestation of destructive changes in it at all observation in the case of microporous polyethylene terephthalate fixation compared to titanium with or without corundum ceramics coating ( $p < 0.001$ ).

Based on the retrospective analysis of clinical material and literature data, it

was determined that failure of the extensor apparatus of knee joint ranks second in frequency (5.8 to 12 %) among the complications of proximal tibia modular tumor endoprosthesis after periprosthetic infection (11 to 36 %). The use of developed method of reconstruction of the knee extensor apparatus made it possible to avoid its failure in early and late postsurgery period after primary proximal tibia modular endoprosthesis under full weight bearing and without usage of external fixators.

**The practical significance of obtained results.** The indications and contraindications for proximal tibia modular tumor endoprosthesis are specified, an improved method of surgery is proposed, which allows better functional results and minimize a surgical complications rate in the complex therapy system of patients with proximal tibia malignant tumors.

A method of fixation of knee extensor apparatus to endoprosthesis module is proposed, which allows to realize early knee joint function and to restore full limb weight bearing.

Options for restoration of the extensor apparatus of knee joint and soft tissue defect depending on volume of tibia bone tumor mass removal have been optimized and implemented in clinical practice.

**Key words:** proximal tibia modular endoprosthesis; extensor apparatus of knee joint; pattelar ligament; proximal tibia malignant tumors; morphological examination; biomechanical study; polyethylene terrephthalate; nylon tape.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць вимірювання, скорочень .....	16
<b>Вступ</b> .....	<b>17</b>
<b>Розділ 1 Сучасний стан питання хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки (огляд літератури)</b> .....	<b>27</b>
1.1 Анатомічні та біомеханічні особливості ділянки колінного суглоба .....	27
1.2 Методи хірургічного лікування хворих на пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки .....	33
1.3 Ускладнення модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки .....	37
1.4 Методи реконструкції розгинального апарата колінного суглоба у випадку модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки .....	41
1.5 Резюме .....	43
<b>Розділ 2 Матеріал і методи</b> .....	<b>45</b>
2.1 Експериментальні дослідження .....	45
2.1.1 Біомеханічне натурне дослідження міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції .....	45
2.1.2 Моделювання на тваринах рефіксації зв'язки наколінка на різні матеріали .....	47
2.1.3 Гістологічний аналіз .....	50
2.2 Клінічні дослідження .....	52
2.2.1 Характеристика хворих .....	52
2.2.2 Обстеження хворих .....	55
2.2.3 Оцінювання результатів .....	56
<b>Розділ 3 Результати експериментальних досліджень</b> .....	<b>58</b>
3.1 Результати біомеханічного дослідження якості кріплення	

зв'язки наколінка на прикладі колінного суглоба свині.....	58
3.2 Особливості регенерації зв'язки наколінка щурів за умов фіксації на різні поверхні .....	62
3.2.1 Структура зв'язки наколінка за умов її фіксації до мікропористого поліетилентерефталату.....	64
3.2.2 Морфологія зв'язки наколінка після фіксації до імплантата з титану з корундовим покриттям .....	72
3.2.3 Морфологія зв'язки наколінка після фіксації до титанового імплантата .....	79
3.3 Резюме.....	86
<b>Розділ 4 Методика модульного ендопротезування після видалення пухлин проксимального відділу великогомілкової кістки.....</b>	<b>89</b>
4.1 Конструктивні особливості модульних ендопротезів проксимального відділу великогомілкової кістки.....	89
4.2 Техніка хірургічного втручання у випадку пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки з використанням модульного ендопротеза .....	92
4.3 Реконструкція розгинального апарата колінного суглоба та м'яких тканин у випадку пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки після заміщення кісткового дефекту індивідуальним модульним ендопротезом.....	94
4.4 Резюме.....	107
<b>Розділ 5 Аналіз ускладнень та оцінка результатів модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки.....</b>	<b>109</b>
<b>Висновки.....</b>	<b>121</b>
<b>Список використаних джерел .....</b>	<b>123</b>
<b>Додаток А.....</b>	<b>136</b>
<b>Додаток Б.....</b>	<b>138</b>
<b>Додаток В.....</b>	<b>140</b>

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

ПВБК	–	проксимальний відділ великогомілкової кістки
СІМЕКС	–	система індивідуальних модульних ендопротезів кісток і суглобів
СКТ	–	спіральна комп'ютерна томографія
GMRS	–	Global Modular Replacement System (Глобальна модульна система для ендопротезування)
ISOLS	–	Міжнародне товариство збереження кінцівок
MSTS	–	Musculoskeletal Tumor Society Score
MUTARS	–	Modular Universal Tumor And Revision System (Модульна універсальна пухлинна та ревізійна система)
TESS	–	Toronto Extremity Salvage Score

## ВСТУП

### Обґрунтування вибору теми дослідження

Захворюваність на пухлини кісток у різних регіонах світу становить від 0,5 до 2 випадків на 100 000 населення. Згідно з даними ВООЗ кількість первинних злоякісних пухлин кісток за останні 20 років збільшилась у два рази. Серед загальної кількості пухлин – пухлини опорно-рухової системи на сьогодні складають близько 4-6 % [13, 98].

Пухлинні ураження кісток, які утворюють колінний суглоб, у структурі кісткової онкології займають перше місце і зустрічаються, за даними різних авторів, від 40 до 60 % [2, 7]. Проксимальний відділ великогомілкової кістки (ПВВК) вважають другим за частотою місцем виникнення первинних злоякісних пухлин кістки і доброякісних зі злоякісним перебігом, які характеризуються швидким ростом, наявністю патологічних переломів і м'якотканинного компонента (III стадія за класифікацією Eneking). На пухлини ПВВК припадає до 15 % усіх остеосарком, 11 % сарком Юїнга і 6 % хондросарком [49, 57]. Лікування злоякісних пухлин кісток і пухлин кісток зі злоякісним перебігом передбачає комплексний підхід і використання загальних принципів онкології, тісну взаємодію онколога й ортопеда.

Важливе місце в комплексному лікуванні злоякісних пухлин кісток належить хірургічним втручанням. До кінця 1970-х років стандартним лікуванням злоякісних пухлин ПВВК була ампутація вище коліна [2, 49]. Але сьогодні найважливішим завданням лікаря, крім видалення пухлини, є збереження прилеглого суглоба. Із метою оптимізації результатів хірургічного лікування в 1996 році Р.Н. Sugarbaker та М.М. Malawer [87] запропонували класифікацію хірургічних втручань у разі пухлинного ураження, яка передбачає виконання: операції в межах патологічного осередку, за якої в зоні резекції залишається тканина пухлини, що розрізняється макроскопічно; крайової резекції, лінія якої проходить через псевдокапсулу і на місці пухлини залишаються її мікроскопічні елементи;

широкої резекції в межах анатомічної ділянки, коли блок видалених тканин містить усю пухлину, реактивну зону та частину прилеглих тканин, при цьому залишається загроза збереження сателітних метастазів; радикальної резекції з видаленням всієї анатомічної структури, при цьому лінія резекції проходить поза фасціальними або кістковими межами цієї анатомічної ділянки. Широка резекція або резекція «en bloc» дає змогу видалити новоутворення в межах здорової тканини без його ушкодження та дисемінації клітинами, а ризик рецидиву наблизити до нуля [87]. Проте після резекції залишається достатньо великий дефект, а в разі локалізації пухлини близько до суглобової поверхні виникає необхідність відновлення суглоба [2, 72].

Сьогодні, після кардинальних змін у загальних принципах лікування новоутворень і досягнень у галузі променевої діагностики, вдосконалення хірургічних методів лікування і модернізації конструкцій ендопротезів, органозбережна хірургія стала стандартним методом лікування злоякісних пухлин, розташованих у зоні ПБВК [2, 24, 36, 70, 72]. Існує декілька методів збереження кінцівки, а саме: заміщення дефекту модульним ендопротезом, встановлення кісткового алотрансплантата або алокомпозитного ендопротеза, резекція з артрорезуванням колінного суглоба, резекція пухлини з подальшою ротаційною пластикою [4, 12, 28, 36, 44, 48, 49, 63, 72, 74, 75].

Модульне ендопротезування є перспективним варіантом реконструкції кісткових дефектів після резекції пухлини завдяки своїй універсальності, відносній простоті використання та відновленню функції кінцівки в короткі терміни [8, 32, 101]. Натепер для заміщення дефектів проксимального відділу великогомілкової кістки використовують модульні системи різних виробників, проте через складну анатомію цієї ділянки скелета існує безпосередній ризик травматизації малогомілкового нерва, а також підколінних судин. А разом зі складним хірургічним розтином виникають подальші проблеми з можливістю закриття дефекту м'якими тканинами. Крім того, зазвичай необхідна реконструкція розгинального апарата стегна

[24, 70, 79]. Через зазначене реконструкції ПБВК пов'язані з великою кількістю ускладнень порівняно з іншими варіантами органозбережної хірургії (від 40 до 70 %) протягом 5-15 років після операції [6, 55, 72, 78, 95]. До них належать інфекції, структурні ураження, асептична нестабільність, місцевий рецидив і велика кількість уражень м'яких тканин, що обумовлює розроблення хірургічних методик і створення нових конструкції ендопротезів [19, 37, 46, 50, 55, 59, 65, 69, 73, 77, 86].

В ІІХС ім. проф. М.І.Ситенка впродовж багатьох років розробляють і вдосконалюють методики органозбережних хірургічних втручань з акцентом на творення та застосування індивідуальних модульних систем для ендопротезування дефектів кісток, оскільки ці системи надають можливість компонувати будь-яку довжину імплантата на етапі планування втручання та безпосередньо під час операції та забезпечувати функцію суглоба, що дає змогу в подальшому швидко й адекватно відновлювати функцію кінцівки і повертати хворого до нормальної життєдіяльності [2, 4, 12]. Проте нездатність м'яких тканин приростати до металевих компонентів створює труднощі для реконструкції розгинального апарата колінного суглоба під час виконання великих хірургічних втручань у хворих на злоякісні пухлини ПБВК [22, 24, 31, 41, 47, 54, 61, 93, 94, 99, 101]. Сьогодні з цією метою використовують нейлонову стрічку, серкляжний металевий шов, різноманітні синтетичні м'якотканинні трубки, штучні зв'язки, поєднання з ротаційною пластикою литкового м'язового клаптя тощо. Крім того, створено різноманітні моделі ендопротезів із пористим і керамічним покриттям компонентів, наявністю посадкового місця для кріплення елементів розгинального апарата колінного суглоба або застосування синтетичної трубки, яку фіксують на тіло ендопротеза. Але зв'язка наколінка здатна розтягуватися після реконструкції розгинального апарата колінного суглоба навіть за використання медіального литкового клаптя, що призводить до порушення функції розгинального апарата стегна [31, 93, 94]. Тому важливим і актуальним напрямом досліджень є створення методик

реконструкції розгинального апарата колінного суглоба в пацієнтів з пухлинними ураженнями ПБВК для зменшення ускладнень після їхньої резекції та покращення функції суглоба.

### **Мета дослідження**

Підвищити функціональні результати хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки шляхом удосконалення методики заміщення післярезекційних дефектів модульними ендопротезами та реконструкції розгинального апарата стегна.

### **Завдання дослідження:**

1. На підставі вивчення спеціальної літератури проаналізувати сучасний стан хірургічного заміщення післярезекційних дефектів у системі комплексного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

2. Провести біомеханічне дослідження міцності фіксації розгинального апарата на прикладі колінного суглоба свині для оптимізації вибору конструкції ендопротеза.

3. Дослідити в експерименті *in-vivo* на щурах морфологічні особливості якості рефіксації розгинального апарата колінного суглоба.

4. Проаналізувати ускладнення модульного пухлинного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки на підставі ретроспективного дослідження результатів лікування пацієнтів із пухлинними дефектами.

5. Удосконалити методику реконструкції розгинального апарата колінного суглоба в разі модульного пухлинного ендопротезування у хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

6. Проаналізувати результати використання модульних ендопротезів для заміщення дефектів проксимального відділу великогомілкової кістки з відновленням розгинального апарата стегна в пацієнтів зі злоякісними пухлинами.

*Об'єкт дослідження* – хірургічне лікування хворих із пухлинами проксимального відділу великогомілкової кістки за допомогою модульних ендопротезів.

*Предмет дослідження* – дефекти кісток проксимального відділу великогомілкової кістки після видалення злоякісних і доброякісних пухлин зі злоякісним перебігом; біомеханічні параметри навантажень на розгинальний апарат колінного суглоба; конструктивні особливості модульних ендопротезів проксимального відділу великогомілкової кістки; функціональний стан розгинального апарата колінного суглоба після рефіксації; морфологічні зміни у зв'язці наколінка у випадку його фіксації на різні матеріали; стан м'яких тканин проксимального відділу великогомілкової кістки після хірургічного втручання.

*Методи дослідження:* клінічні – для оцінювання стану пацієнтів, функції нижньої кінцівки та колінного суглоба до та після хірургічного лікування; променеві (рентгенографія, спіральна комп'ютерна та магнітно-резонансна томографія) – для вивчення змін кісткової тканини, прилеглих м'яких тканин та судин у випадках злоякісних пухлин проксимального відділу великогомілкової кістки; ретроспективний аналіз – для встановлення характеру та кількості ускладнень хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки; біомеханічний – для визначення міцності фіксації за умов моделювання на колінному суглобі свині реконструкції розгинального апарата з використанням для кріплення зв'язки наколінка до горбистості великогомілкової кістки нейлонової стрічки або «Attachment tube»; експериментального моделювання та гістологічний – для вивчення морфологічних особливостей відновлення зв'язки наколінка за умов її кріплення на імплантати з різними поверхнями; статистичний – для визначення значущості різниці отриманих числових показників.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Уперше на фізичній біомеханічній моделі досліджено величини

навантаження на розгинальний апарат колінного суглоба свині та встановлено, що кріплення зв'язки наколінка до великогомілкової кістки з використанням мікропористого поліетилентерефталату є в 1,4 раза ( $p < 0,01$ ) міцнішим, ніж фіксація нейловою стрічкою.

Уперше на підставі вивчення в експерименті *in-vivo* морфологічних особливостей регенерації зв'язки наколінка мікропористий поліетилентерефталат визначено як оптимальний матеріал покриття модульного ендопротеза для фіксації розгинального апарату колінного суглоба. Доведено утворення сухожилкоподібної тканини в зоні травми зв'язки наколінка та найменший прояв деструктивних змін у ній на всіх термінах спостереження в разі фіксації на мікропористому поліетилентерефталаті порівняно з титаном з або без покриття з корундової кераміки ( $p < 0,001$ ).

На підставі ретроспективного аналізу клінічного матеріалу та даних літератури визначено, що неспроможність розгинального апарату колінного суглоба займає друге місце за частотою (від 5,8 до 12 %) серед ускладнень модульного пухлинного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки після перипротезної інфекції (від 11 до 36 %). Використання розробленої методики реконструкції розгинального апарату колінного суглоба дало змогу уникнути його неспроможності в ранньому та пізньому післяопераційному періоді після первинного модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки за умов повного навантаження на прооперовану кінцівку та без використання зовнішніх фіксаторів кінцівки.

### **Практичне значення одержаних результатів**

Уточнені показання та протипоказання до виконання модульного пухлинного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки, запропоновано удосконалений метод хірургічного втручання, що дає змогу покращити функціональний результат і мінімізувати кількість

ускладнень хірургічного лікування у системі комплексної терапії хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

Запропоновано методику рефіксації розгинального апарата колінного суглоба на модуль ендопротеза, що дозволяє реалізовувати ранню функцію колінного суглоба та відновлювати осьове навантаження на кінцівку.

Оптимізовано та впроваджено в клінічну практику варіанти відновлення розгинального апарата колінного суглоба та м'якотканинного дефекту залежно від обсягу видалення пухлин великогомілкової кістки.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в наукову та клінічну роботу Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України», клінічну практику КНП Харківської обласної ради «Обласна клінічна лікарня», КНП Харківської обласної ради «Обласна клінічна травматологічна лікарня», КНП «Міська клінічна лікарня швидкої та невідкладної медичної допомоги ім. проф. О. І. Мещанінова» Харківської міської ради, Національного інституту раку МОЗ України.

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

Дисертаційну роботу виконано згідно з планом науково-дослідної роботи Державного закладу «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України» («Розробити методики біорекострукції дефектів довгих кісток та суглобів при хірургічному лікуванні хворих з кістковими пухлинами», шифр теми ЦФ.2018.4.НАМНУ, держреєстрація № 0118U003215. Автор проаналізував тенденції розвитку цього напрямку експериментальної ортопедії, взяв участь у розробці імплантатів для проведення експериментального дослідження, виконав хірургічні втручання на тваринах із моделюванням реінсерції розгинального апарата колінного суглоба на різні імплантати, провів біомеханічне дослідження міцності фіксації розгинального апарата на колінному суглобі свині, узагальнив отримані результати).

## Особистий внесок здобувача

Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею. Автор вивчив стан наукової проблеми, провів інформаційно-патентний пошук з аналізом тенденцій розвитку досліджуваного напрямку ортопедії. Ним особисто визначено методи дослідження, розроблено дизайн експериментальних моделей, самостійно виконано операції на піддослідних тваринах і змодельовано фіксацію зв'язки наколінка на препараті колінного суглоба свині. Автор був лікуючим лікарем та брав участь у хірургічних у хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки, проаналізував результати лікування.

Наукові дослідження виконані в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України»: морфологічні з дослідження морфології зв'язки наколінка в ділянці фіксації розгинального апарата колінного суглоба на різні матеріали — на базі лабораторії морфології сполучної тканини за консультативної допомоги завідучої к.б.н. Ашукіної Н.О., наукового співробітника Данищук З.М.; біомеханічні з вивчення міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції — на базі лабораторії біомеханіки за консультативної допомоги завідуючого д.мед.н., проф. Тяжелова О.А., наукових співробітників Карпінського М.Ю., Карпінської О.Д. Автор самостійно проаналізував і інтерпретував отримані результати і сформулював висновки дисертації. Участь співавторів відображено в спільних наукових публікаціях:

1. Вирва, О.Є., & Скорик, І.О. (2019). Модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (614), 72-77. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019172-77> (Автором вивчено стан проблеми щодо модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини, відібрано групу пацієнтів для ретроспективного аналізу, оцінено результати їхнього

лікування);

2. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Шевченко, І. В., Малик, Р. В., Головіна, Я. О., & Міхановський Д. О. (2019). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 2 (615), 67-73. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019267-73> (Автором відібрано групу пацієнтів для аналізу, визначено основні ускладнення модульного ендопротезування, підготовлено публікацію до друку);

3. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Карпінський, М. Ю., & Карпінська, О. Д. (2019). Експериментальне дослідження міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 4 (617), 64-69. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720194> (Авторові належить ідея виконання експерименту, ним створено натурні моделі з фіксації зв'язки наколінка свині за допомогою нейлонової стрічки та «Attachment tube», взято участь в аналізі результатів, сформульовано висновки);

4. Вирва, О. Є., Ашукіна, Н. О., Скорик, І. О., & Данищук, З. М. (2020). Структура зв'язки наколінка щурів за умов її фіксації на різні поверхні імплантатів. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (618), 78-87. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020178-87> (Автором розроблено дизайн експерименту на тваринах, виконані хірургічні втручання, взято участь в обговоренні результатів, формулюванні висновків);

5. Vyrva, O. Ye., Skoryk, I. O., & Tovazhnianska, V. D. (2021). Modular endoprosthesis replacement for proximal tibia tumor patients. *Запорожский медицинский журнал*, 23 (2), 242-249. doi: <http://dx.doi.org/10.14739/2310-1210.2021.2.224920> (Автором проаналізовано стан проблеми, відібрано пацієнтів для аналізу, взято участь в їхньому лікуванні, аналізі отриманих результатів, підготовлено статтю до друку);

6. Скорик, І. О., & Малик, Р. В. (2018). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки.

Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, присвячена 25-річчю Національної академії медичних наук України (Київ, 23 березня 2018) (Автором за історіями хвороби проведено ретроспективний аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки, зроблено доповідь);

7. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Реконструкція розгинального апарату стегна при модульному пухлинному ендопротезуванні колінного суглоба. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів України* (Івано-Франківськ, 2019, с. 326) (Автором відібрано групу хворих, проаналізовано історії хвороб, підготовлено матеріали до друку, зроблено доповідь).

### **Апробація результатів дисертації**

Матеріали дисертаційної роботи подано та обговорено на міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, присвяченій 25-річчю Національної академії медичних наук України (Київ, 2018), третій та четвертій науково-практичних конференціях «Актуальні питання лікування патології суглобів та ендопротезування» (Запоріжжя – Приморськ, 2018, 2019), XVIII з'їзді ортопедів-травматологів України (Івано-Франківськ, 2019).

### **Структура та обсяг дисертації**

Дисертація викладена українською мовою на 144 сторінках. Робота містить вступ, аналітичний огляд наукової літератури, розділ «Матеріал і методи», два розділи результатів власних досліджень, аналіз ускладнень і результатів лікування, висновки, список із 102 використаних джерел літератури (18 викладені кирилицею, 84 – латиницею), додатки. Робота проілюстрована 7 таблицями, 49 рисунками.

**РОЗДІЛ 1**

**СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ**  
**ХВОРИХ НА ЗЛОЯКІСНІ ПУХЛИНИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ**  
**ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ**  
**(аналітичний огляд літератури)**

**1.1 Анатомічні та біомеханічні особливості ділянки колінного суглоба**

Проксимальний відділ великогомілкової кістки посідає друге місце з найпоширеніших локалізацій первинних злоякісних новоутворень кісток. Колінний суглоб за анатомічною будовою та функціональними властивостями є досить складним, у зв'язку з чим під час планування та виконання реконструктивного втручання виникають певні складнощі для хірурга, а також для пацієнта в період проведення післяопераційної реабілітації [22, 24, 31, 41, 47, 54, 61, 93, 94, 99, 101]. Головним завданням хірурга під час хірургічного втручання є безпечна резекція враженої кісткової тканини, відновлення анатомічних структур і збереження стабільності колінного суглоба, що, у свою чергу, сприяє відновленню функції в найкоротші строки [24, 36, 70,79]. Проте виникає велика кількість питань, які потребують розв'язання, тому ураження кісткової тканини вказаної локалізації потребує комплексного оцінювання з урахуванням особливостей анатомії колінного суглоба та проксимального відділу гомілки, яку пропонується розглянути надалі.

Описувати анатомію суглоба найпростіше пошарово, починаючи з поверхневого підшкірного шару, переходячи до капсули, розташованої глибше. Підшкірний шар містить відносно мало жирової тканини. Шкіра над наколінком дуже еластична і дозволяє рухи з максимальною амплітудою. З бокових поверхонь у шкіру під прямим кутом вплітаються, поступово збільшуючись кількісно, невеликі фасціальні пучки, які обмежують передній

відділ парapatеллярної синовіальної сумки. Нижче та спереду від зв'язки наколінка також розташована підшкірна сумка. Форма і локалізація сумок можуть бути різні. Наступний шар – поверхневий фасціальний або дугоподібний (тому що формує поперечну дугу) – є продовженням широкої фасції стегна. Цей поверхневий фасціальний шар латерально переходить у клубово-великогомілковий тракт, медіально – на дистальну частину чотириголового м'яза, внизу – на зв'язку наколінка і закінчується на рівні горбистості великогомілкової кістки. Фасціальні волокна не вплітаються до зв'язки наколінка, але їх часто перетинають, що потребує подальшого відновлення під час підготовки трансплантата з останньої для реконструктивного втручання. Проміжний косий сухожильний шар розташовується спереду від наколінка та складається з передньої частини сухожилка прямого м'яза стегна, сухожилків медіальної та латеральної головок чотириголового м'яза стегна. Волокна цього шару вплітаються в глибші шари з боків від наколінка, але не в його зв'язку. Простір між проміжним і дугоподібним шарами містить підсухожильну парapatеллярну сумку. Глибокий поздовжній шар є продовженням сухожилка прямого м'яза стегна, та волокна глибокого шару перетинають зверху вниз наколінок, і зливаються з його зв'язкою, прикріплюючись потім до горбистості великогомілкової кістки [17, 21, 38, 40, 43, 76].

Складна побудова зв'язки наколінка забезпечує розподіл значних розтягувальних навантажень від її початку на верхівці наколінка до місця прикріплення до горбистості великогомілкової кістки. Волокна зв'язки починаються далеко один від одного на задній і нижній поверхнях надколінка, за мірою наближення до місця прикріплення до них спереду приєднуються волокна сухожилку прямого м'яза стегна. Глибокий шар щільно прилягає до наколінка і обмежується знизу глибокою наколінковою сумкою. Наступний по глибині шар складається з товстих волокон поперечного напрямку, з яких утворюються зв'язки, що підтримують наколінок. Ці волокна надають стегново-наколінковому з'єднанню стійкість

до статичних навантажень. Медіальна зв'язка, підтримуюча наколінок, починається від його медіальної поверхні, і прикріплюється до медіального виростка стегнової кістки, латеральна йде від зовнішньої поверхні наколінка, проходить під клубово-великогомільковим трактом і прикріплюється до останнього внизу. Найглибший шар представлено капсулою суглоба, що фіксовано з боків до наколінка, а потім до менісків [17, 40, 43, 45, 85].

Рухи в колінному суглобі забезпечуються чотириголовим м'язом і задньою групою м'язів стегна. Проте чотириголовий м'яз є не лише важливим структурним, а й стабілізуючим елементом стегново-наколінкового з'єднання, оскільки стабілізація відбувається за рахунок ексцентричних скорочень останнього. На стегні чотириголовий м'яз представлений чотирма головками: медіальною, латеральною, проміжною та прямою. На рівні колінного суглоба медіальна та латеральна головки мають косий напрямок, прямий м'яз починається від нижньої передньої клубової ості, та у дистальному відділі його сухожилок охоплює наколінок, і потім його волокна влітають у зв'язку наколінка. Проміжна головка чотириголового м'яза починається від передньої поверхні верхньої половини стегнової кістки, проходить під прямим м'язом і прикріплюється до основи наколінка. За рахунок ширини прикріплення навантаження рівномірно розподіляється на більшу частину сухожилку чотириголового м'яза. Під проміжною голівкою чотириголового м'язу стегна знаходиться суглобовий м'яз коліна, що бере початок на передній поверхні дистальної частини стегнової кістки і прикріплюється до капсули колінного суглоба в ділянці наколінкової сумки, під час рухів м'яз відтягує сумку і часто бере участь в утворенні медіальної і наколінкової складок. Передня група м'язів стегна та зв'язка наколінка утворюють розгинальний апарат колінного суглоба [17, 85, 97].

Згинання у колінному суглобі забезпечує задня група м'язів стегна, а саме м'язи, які знаходяться в задньому фаціальному футлярі стегна – це прямий м'яз стегна, напівсухожилковий, напівперепончастий, та три м'язи, які кріпляться до медіального відділу проксимального відділу

великогомілкової кістки – це тонкий, кравецький, напівсухожилковий і підколінний м'яз, який бере свій початок на верхній третині задньої поверхні гомілки та кріпиться до капсули колінного суглоба в латеральному відділі. Литковий м'яз не бере активну участь у згинанні колінного суглоба, проте є сильним його стабілізатором під час ходьби та антагоністом-синергістом чотириголового м'яза [17].

Ми розглянули анатомічні особливості, які треба враховувати під час розтину на ділянці колінного суглоба, проте під час видалення пухлин ділянки проксимального відділу великогомілкової кістки оголюється зона підколінної ямки. Це складна ділянка для хірурга, насамперед завдяки розташуванню судинно-нервового пучка [16, 24, 36, 70, 79].

Розглянемо топографічну анатомію даної ділянки після видалення ПВВК. На задній поверхні ділянки колінного суглоба існує порожнина тригранної форми, а саме нижня половина підколінної ямки, тому що виростки стегна перекривають верхню половину останньої, межами якої є знизу та латерально подошвовий м'яз і латеральна голівка литкового м'яза, знизу та медіально – медіальна голівка литкового м'яза. Нижній кут підколінної ямки може перекривати підколінний м'яз. Основний судинно-нервовий пучок відображено підколінними артерією та веною, і великогомілковим нервом. У латеральному відділі верхньої третини гомілки проходить загальний малоомілковий нерв [16].

Зрозуміло, що знання анатомії ділянки колінного суглоба дає можливість виконати досконале хірургічне втручання, проте слід ураховувати біомеханічні властивості колінного суглоба, а саме: навантаження, яке припадає на цю ділянку, його розподіл, рухи в колінному суглобі.

Розглянемо колінний суглоб з огляду на біомеханіку рухів. Загальна стабільність колінного суглоба забезпечується балансом між капсульно-зв'язковим, м'язовим апаратами та геометрією колінного суглоба. Ці складові взаємозалежні та забезпечують ефективну моторику й стабільність

колінного суглоба під час руху. Колінний суглоб є модифікованим шарнірним суглобом, в якому доступно 6 різновидів руху, а саме: три поступальні (передньо-задні, медіальнолатеральні, верхньонижні) та три ротаційні (згинання-розгинання, внутрішньо-зовнішнє обертання, приведення-відведення). Ці рухи виникають у результаті ротації суглобових поверхонь та орієнтації зв'язок, які стабілізують суглоб. Основний обсяг рухів у колінному суглобі відбувається внаслідок згинання гомілки та складає  $120^{\circ}$ – $140^{\circ}$ , при цьому пасивно досягаючи  $160^{\circ}$ . Контакт суглобових поверхонь у медіальному відділі колінного суглоба у 1,6 разу більший за рухи в колінному суглобі та реалізується шляхом поєднання обертання та «відкату» назад виростків стегнової кістки. Зауважимо, що латеральний виросток стегнової кістки обертається на  $15^{\circ}$ – $20^{\circ}$  більше через менший розмір, унаслідок цього відмічається внутрішня ротація гомілки на  $20^{\circ}$ . Цей рух гомілки називають «рухом гвинта», він являє собою пасивний рух, який залежить лише від геометричних параметрів суглоба [23, 64, 67, 71, 97].

Значну роль в артикуляції колінного суглоба відіграє стегново-наколінкове з'єднання. Наколінок має тригранну форму, ширший верхній частині та вужчий у нижній, суглобова поверхня наколінка не ідеально конгруентна та має 7 граней, які розподілено на 3 рівні частини за вертикаллю латерально та медіально. Стегново-наколінковий суглоб виконує чотири важливі функції: збільшує плече чотириголового м'яза; забезпечує стабільність коліна під час навантаження; передає силу чотириголового м'яза на гомілку; забезпечує захист міжвиросткового простору та виростків стегнової кістки в положенні згинання. Під час згинання наколінок рухається дистально та обертається навколо своєї поперечної вісі. Контакт у стегново-наколінковому суглобі залежить від активності чотириголового м'яза, відповідно, контакт починається у положенні згинання колінного суглоба під кутом  $10^{\circ}$ – $20^{\circ}$  і збільшується зі збільшенням згинання, вже під кутом згинання  $90^{\circ}$  наколінок контактує з міжвиростковим простором, а після  $120^{\circ}$  – із виростками стегнової кістки [43, 97].

Стабільність стегново-наколінкового суглоба забезпечується за допомогою анатомічних структур і біомеханічних факторів, а саме завдяки зв'язковому апарату та чотириголовому м'язу. Чотириголовий м'яз не діє за прямою лінією за віссю нижньої кінцівки, тому кут між лініями, які проходять від передньо-верхньої ості клубової кістки до центру наколінка, між центром наколінка та горбистістю великогомілкової кістки, називають кутом «Q» (рис. 1.1, а).

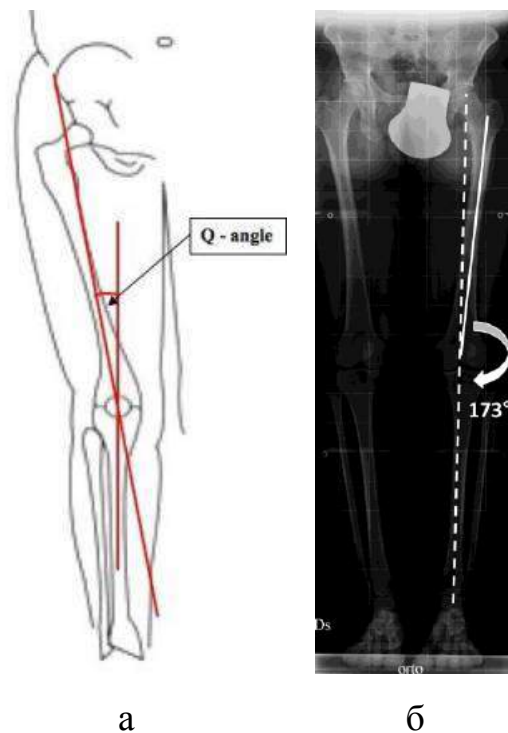


Рис. 1.1. Схематичне зображення кута «Q» (а) та на рентгенограмі – механічної й анатомічної осей (б).

Під час рухів у колінному суглобі, а саме під час згинання в колінному суглобі в діапазоні від  $0^\circ$  до  $30^\circ$ , водночас стабільність наколінка частково забезпечує медіальна головка чотириголового м'яза та зі збільшенням згинання збільшується величина кута «Q», гомілка ротується назовні, а наколінок зміщується латерально. На колінний суглоб діють сили під час статичного навантаження та під час руху, навантаження на суглобові поверхні розповсюджується рівномірно тільки під час наявності однієї

умови, коли механічна та анатомічна вісі знаходяться у межах норми. Механічна вісь – це лінія проведена від центра голівки стегна до центру гомілко-ступеневого суглоба, а анатомічна – це лінія від центра суглобової щілини колінного суглоба та продовжується уздовж стегнам(рис. 1. 2, б). Ці лінії формують тупий кут, який вимірюють зовні, у нормі діапазон величини кута дорівнює  $172^{\circ}$ – $177^{\circ}$  і представляє собою фізіологічний вальгус колінного суглоба [38, 76, 97].

## **1.2 Методи хірургічного лікування хворих на пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки**

Як вже було сказано, ділянка колінного суглоба, а саме ПБВК є однією з найчастіших за поширеністю ділянкою локалізації первинних злоякісних пухлин кісток [6, 57, 72]. У цьому сегменті скелета визначають до 15 % остеосарком, 11 % сарком Юїнга і 6 % хондросарком [6, 49, 57,] та при цьому спостерігають зростання кількості первинних пухлин цієї локалізації роками. Крім того, слід пам'ятати про доброякісні пухлини зі злоякісним перебігом, які характеризуються агресивним ростом, наявністю м'якотканинного компоненту, призводять до патологічних переломів, крім того, схильні до рецидивів та, у деяких випадках, можуть метастазувати до інших органів. До них відносять гігантоклітинні пухлини, хондробластоми [8, 80, 102].

До кінця 1970-х років стандартним методом лікуванням пухлин ПБВК була ампутація кінцівки вище колінного суглоба [2, 6, 49, 70]. Сьогодні, завдяки досягненням у променевій діагностиці, імуногістохімії, створенню хіміотерапевтичних засобів, кардинальним змінам у загальних принципах ставлення до первинних злоякісних новоутворень кісток і вдосконаленню хірургічних методів лікування органозбережна хірургія стала загально визнаним методом лікування пухлин, розташованих у зоні ПБВК. Але видалити пухлину опорно-рухової системи, замістивши дефект, замало, слід завжди враховувати різновид і ступінь злоякісності пухлини, тому у

1996 році P.H. Sugarbaker та M.M. Malawer [87] запропонована класифікація хірургічних втручань за умов пухлинного ураження (рис. 1.2), яка розглядає:

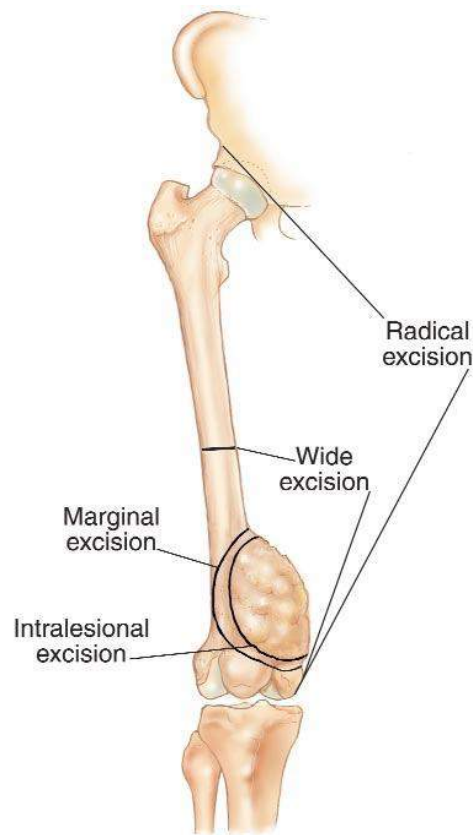


Рис. 1.2. Класифікація хірургічних втручань у разі пухлинного ураження P.H. Sugarbaker та M.M. Malawer [87].

– операцію в межах патологічного осередку, за якої у зоні резекції залишається тканина пухлини, що розрізняється макроскопічно (Intralesional excision). Цей тип резекції використовують лише в разі виділення доброякісних пухлин, таких як хондрома, остеохондрома, кісткова кіста тощо;

– крайова резекція, за якої лінія розрізу проходить через псевдокапсулу і на місці пухлини залишаються мікроскопічні її елементи (Marginal excision). Цей тип резекції використовують у випадку доброякісних пухлин без агресивного перебігу, таких як фіброзна дисплазія, аневрізмальна кісткова кіста;

– широке видалення в межах анатомічної ділянки, коли блок видалених тканин містить усю пухлину, реактивну зону та частину прилеглих тканин, при цьому залишається загроза збереження сателітних метастазів (Wide excision або видалення «en block»). Такий тип резекції виконують у випадку злоякісного пухлинного ураження або ураження пухлинами зі злоякісним перебігом за умови збереження магістральних судин і нервових стволів; у разі діагностування злоякісних пухлин (остеосаркома, саркома Юїнга, хондросаркома) та доброякісних новоутворені зі злоякісним перебігом (гігантоклітинна пухлина, хондробластома);

– радикальна резекція з видаленням усієї анатомічної структури, при цьому лінія резекції проходить поза фасціальними або кістковими межами цієї анатомічної ділянки (Radical excision). Цей тип хірургічного втручання виконують у випадку злоякісних пухлин із масивним ураженням м'яких тканин та судинно-нервових стволів, коли неможливе реконструктивне втручання.

Протягом десятиліть в інституті ім. проф. М. І. Ситенка тривають дослідження щодо заміщення значних дефектів кісток. Існує чимало досягнень у цьому напрямку. Величезний внесок у розв'язанні проблеми відновлення кістки зробив академік Корж О. О., який розробив методику пересадки великих кісткових алотрансплантатів, тим самим давши надію на збереження кінцівки хворим на пухлини опорно-рухової системи. Сьогодні не втратила актуальності й активно використовується методика видалення пухлин, яка забезпечує максимальну абластичність, а саме: видалення пухлини в межах незмінених тканин, «en block»; відокремлення — виділення та видалення пухлини від проксимального до дистального кінця (якщо це технічно можливо); під час операції не розкривати і не ушкоджувати пухлину; одночасне заміщення видаленої ділянки кістковим трансплантатом [2].

Натепер для збереження кінцівки в разі пухлин ПБВК існує декілька методів хірургічного лікування, які мають певні переваги та недоліки, та

неможливо сказати, що конкретна методика заміщення післярезекційних дефектів найкраща. Використовують модульне [3–6, 12, 20, 32, 78, 90, 101] або алокомполітне ендопротезування ендопротезування [3, 12, 72], імплантацію кісткових алотрансплантатів [3, 6, 12, 28], резекцію ураженого сегмента з подальшим артрорезуванням суглоба [3, 6, 63], ротаційну пластику [6, 48, 63].

Ротаційна пластика — технічно складний метод хірургічного лікування. Її застосовують лише за наявності масивних кістково-м'язових дефектів після резекції пухлини. Виконують резекцію кісток і м'яких тканин у такий спосіб, щоб над'ятково-гомільковий суглоб залишався на рівні з колінним з протилежної сторони, а гомілку ротують на 180°. Таким чином, після ендопротезування над'ятково-гомільковий суглоб виконує функцію колінного. Описаний спосіб лікування травматичний, потребує довгого реабілітаційного лікування, призводячи до інвалідизації пацієнта, також залишає косметичний дефект оперованої кінцівки [3, 6, 48].

Резекція пухлини із подальшим артрорезуванням за допомогою відповідних конструкцій дозволяє в короткі строки відновити опороспроможність кінцівки. Проте назавжди блокується колінний суглоб, що погіршує якість життя та призводить до інвалідизації [3, 63].

Використання алотрансплантатів та алокомполітне ендопротезування — надзвичай привабливі для онкоортопеда методи хірургічного лікування, які дають можливість повною мірою відновити анатомію ділянки скелета після резекції пухлини. Проте з використанням алокістки виникають ускладнення, пов'язані з лізисом останньої, що спричиняють необхідність ревізійних хірургічних втручань, іноді неодноразових. Слід пам'ятати про довготривалу реорганізацію кісткової тканини, що обумовлює розвантаження оперованої кінцівки на невідомий термін. Рішенням цієї проблеми стало використання алокомполітних ендопротезів, але у зв'язку з реінсерцією зв'язкового апарата колінного

суглоба, необхідна фіксація останнього на термін від 4 тижнів і реабілітаційний період близько 3 міс. [3, 12, 28, 36, 44, 72].

На початку 1980-х років модульні ендопротези почали використовувати для відновлювання дефектів кісток після резекції пухлини завдяки їхній доступності, відносній простоті використання, надійній фіксації, що дозволяє ранню активізацію та швидке відновлювання функції кінцівки, позитивний косметичний результат. Пацієнт на наступний день після операції може повністю навантажувати кінцівку, що значно зменшує період реабілітації та має позитивний психологічний ефект, що теж дуже важливо. Натепер онкологічні модульні системи доступні та зазвичай використовують для реконструкції дефектів кісток. Зокрема, для заміщення дефектів ПБВК застосовують різноманітні системи, наприклад: Global Modular Reconstruction System (GMRS, США), Howmedica Modular Resection System (HMRS, Австрія), Modular Universal Tumor And Revision System (MUTARS, Німеччина), СІМЕКС (Україна), Stanmoor (Великобританія), W.Link (Німеччина). Не зважаючи на велику кількість різноманітних за конструкцією моделей ендопротезів, кількість ускладнень залишається значною [3, 4, 20, 24, 32, 77, 78, 90, 101].

### **1.3 Ускладнення модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки**

Модульне ендопротезування ПБВК є складним для виконання через особливості анатомічної будови — існує ризик травматизації малогомілкового нерва та підколінних судин. А через складний і широкий хірургічний розтин виникають проблеми з можливістю закриття дефекту м'якими тканинами [24, 36, 51, 87,], тому реконструкція ПБВК після видалення пухлин пов'язана з великою кількістю ускладнень порівняно з іншими ділянками скелета — за даними різних авторів, від 40 до 70 % [6, 55, 78, 72, 95]. До них належать інфекції, структурні порушення, асептична

нестабільність, місцевий рецидив і велика кількість ураження м'яких тканин [19, 20, 26, 46, 50, 55, 59, 65, 69, 73, 78, 86]. Для стандартизації ускладнень E. R. Henderson і співавт. [51] запропонували класифікацію, яка була прийнята у 2014 році Міжнародним товариством збереження кінцівки (International Society of Limb Salvage (ISOLS)) [51]. Відповідно до неї було виділено 5 типів ускладнень:

I – пов'язані з неспроможністю м'яких тканин (розрив зв'язки наколінка, розходження країв рани та інші дефекти покривних тканин);

II — асептична нестабільність;

III — порушення конструкції і перипротезні переломи;

IV — інфекційні;

V — локальний рецидив пухлини.

Модульний пухлинний ендопротез є системою без здатності до саморегуляції з обмеженим ресурсом користування. Якою б технічно досконалою не була імплантована конструкція, для організму людини вона завжди відіграватиме роль чужорідного тіла, яке він спробує відокремити (сформувати міцну сполучнотканинну капсулу) або відторгнути, у разі імуноконфліктної реакції. У зв'язку з цим, виділити одну головну причину, яка могла призвести до розвитку певного ускладнення, дуже складно. Можливо лише назвати чинники виникнення конфлікту між імплантатом і організмом хворого, що спричинили розвиток ускладнень.

*I тип ускладнення.* Неспроможність розгинального апарата колінного суглоба, за даними літератури, спостерігають у близько 5,8-12 % випадків від усіх ускладнень ділянки ПБВК [20, 26, 51, 78, 86]. Проблема є актуальною, оскільки колінний суглоб є важливою складовою процесу руху, а навантаження на нього в середньому в 4 рази вище за масу тіла людини. Основною проблемою хірургічних втручань у зоні ПБВК є те, що під час видалення пухлини відсікається розгинальний апарат колінного суглоба та прилеглі м'які тканини. Унаслідок цього після встановлення ендопротеза м'які тканини мають бути фіксовані до металевого імплантата, приростати до

якого вони нездатні, за допомогою шовного матеріалу, подекуди з використанням міопластики та в деяких випадках — разом із кістковим трансплантатом [6, 22, 24, 31, 41, 47, 54, 61, 66, 86, 93, 94, 99, 101]. Такі маніпуляції значно ослаблюють зону кріплення зв'язки наколінка, що може призводити до відриву останнього під час навантаження. Також слід зауважити, що інколи необхідно виконувати іммобілізацію колінного суглоба для загоєння рани та розгинального апарата, що призводить до зниження м'язової активності, порушення міогенних і десмогенних контрактур.

*II тип ускладнення.* Про асептичну нестабільність великогомілкової ніжки модульного ендопротеза А. Ф. Mavrogenis і співавт. [72] повідомили приблизно у 6 % випадків модульного ендопротезування ПБВК. При цьому ускладненні виникає больовий синдром на рівні гомілки, єдиним методом його усунення є ревізійне хірургічне втручання зі заміною ніжки ендопротеза. Цей обсяг хірургічного втручання є стандартом у разі асептичної нестабільності. Точної причини розвитку цього ускладнення вказати неможливо. Скоріше за все, його можна пов'язати з систематичними надмірними навантаженнями на прооперовану кінцівку.

*III тип ускладнення.* Механічні ускладнення, за опублікованими даними, трапляються достатньо часто — від 2 % до 12 % [6, 26, 72, 78]. Навантаження, які перепадають на вузол тертя колінного ендопротеза, зазвичай вищі за показники здорового колінного суглоба у 20-40 разів, залежно від конструкції шарніра. Зазвичай це зношення пари тертя ендопротеза. Будь-яка поломка у цій частині ендопротеза потребує ревізійного втручання.

*IV тип ускладнення.* Перипротезна інфекція — найпоширеніше ускладнення ендопротезування, яке, за даними різних авторів, становить від 11 % до 36 % [20, 26, 59, 65, 78]. Основною причиною інфікування є недостатня кількість м'яких тканин. У стандартах реконструкції ПБВК за наявності дефіциту покривних тканин рекомендовано первинно використовувати м'язовий клапоть *m. gastrocnemius* з метою закриття

ендопротеза як захист від можливого травмування шкіри та зниження ризику трофічних розладів у цій ділянці. Проте ми не знайшли будь-якого зв'язку прогресування інфекції залежно від застосування м'язового клаптя.

Гострий (рання) і хронічний (пізня) інфекційні процеси обумовлюють різний підхід до лікування. До гострих інфекційних ускладнень відносять нагноєння, які розвилися упродовж перших 3 тижнів після первинного ендопротезування, хронічні включають усі глибші та руйнівні запальні процеси, які діагностовано після цього терміну.

У разі гострого інфекційного ускладнення можуть бути використані такі методи лікування, як відкритий дебридмент, лаваж рани, тривале промивання порожнини суглоба антисептиками, масивна антибактеріальна терапія, ВАК-терапія, тощо. Деякі автори навіть рекомендують одноетапне реендопротезування, хоча позитивні результати відзначають лише у 27-30 % хворих [20, 26, 72, 78]. У разі лікування гнійних ускладнень, які розвивались у пізні терміни, зазначені методи не призводять до позитивних результатів, тому оптимальним є поєднання антимікробної терапії, радикальної хірургічної обробки гнійного вогнища з обов'язковим видаленням імплантатів і кісткового цементу, встановлення тимчасових металоцементних спейсерів із комбінацією антибіотиків у поєднанні з адекватним дрениванням і дезінтоксикаційною терапією.

*V тип ускладнення.* Місцеві рецидиви пухлини визначається в середньому у 4 % пацієнтів, що зумовлено первинним видом пухлини, пізнім зверненням хворого до спеціалізованого стаціонару та складною клінічною ситуацією. Зазвичай, таким пацієнтам виконують ампутацію ураженої кінцівки з подальшим протезуванням. У таких випадках існують дуже великі ризики повторного рецидиву злоякісного новоутворення після ревізійного хірургічного втручання, та ризики метастазування до інших органів та систем, тому його вважають недоцільними. За сучасними стандартами лікування та конструкціями нових екзопротезів гомілки, ампутація на рівні стегна є методом вибору [20, 26, 72, 78].

#### **1.4 Методи реконструкції розгинального апарату колінного суглоба у випадку модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки**

Як вже було сказано, достатньо велика кількість ускладнень спостерігається при 1 типі за класифікацією E. R. Henderson [51]. Розглянемо цю проблему детальніше. Враховуючи той факт, що сухожилки не можуть зростатись із металом, залишається відкритим питання про відновлення розгинального апарату колінного суглоба [20, 24, 22, 31, 41, 47, 54, 61, 66, 78, 86, 93, 94, 99, 101]. Реконструкція його є складним і важливим етапом хірургічного втручання, оскільки від цього залежить подальша функція суглоба та нижньої кінцівки загалом [20, 24, 53, 66, 86, 93, 99]. Надійне кріплення розгинального апарату колінного суглоба під час модульного ендопротезування — одна з важливих складових, які забезпечують ранню функцію оперованої кінцівки, що дозволяє знизити кількість ускладнень у післяопераційному періоді та покращити функціональні результати в найкоротші терміни [20, 24, 26, 53, 66, 86, 90, 93, 99]. Методів відновлення функції нижньої кінцівки багато, але вибір залежить від конструктивних особливостей обраного ендопротеза. Найчастіше для фіксації зв'язки наколінка використовують нейлонову стрічку або нерозчинний шовний матеріал, «Attachmen tube», фіксацію на кістковий трансплантат тощо [24, 36, 70, 79, 90]. Деякі фахівці авторів наполягають на використанні міопластики для укріття тіла ендопротеза, що призводить до збільшення обсягу оперативного втручання та більшої «хірургічної травми», унаслідок чого збільшується час хірургічного втручання та ризик інфекційних ускладнень. Треба відмітити, доволі часто після реінсерції розгинального апарату необхідна фіксація колінного суглоба на строк 3-4 тижні в положенні розгинання, подовжений період реабілітаційного лікування. Раннє реабілітаційне лікування значно покращує функціональний результат, але може супроводжуватися рядом ускладнень, а саме розтягненням і відривами

зв'язки наколінка. Це, імовірно, пов'язано з недостатньою міцністю шва до моменту формування сполучної тканини навколо імплантата у ранньому післяопераційному періоді, оскільки зв'язки не приростають до металу, а під час різкого згинання колінного суглоба в поєднанні з навантаженням можливі відриви зв'язки надколінка [6, 20, 26, 51, 78, 86].

*Методики реконструкції.* Під час реконструкції розгинального апарата з використанням нейлонової стрічки фіксують лише зв'язка наколінка до тіла ендопротеза, а відсічені м'язи та зв'язки підшивають до прилеглих тканин. Крім того, необхідне виконання ротаційної пластики медіальною головкою литкового м'язу. Звісно, із плином часу навколо ендопротеза формується міцна система з рубцевої тканини та м'язово-зв'язкового комплексу. Головним недоліком цієї методики є велика травматичність хірургічного втручання в поєднанні з достатньо довгим терміном реабілітаційного лікування [20, 78, 86, 90].

Альтернативою є використання трубки з мікропористого поліетилентерефталату («Attachment tube», Implantcast, Німеччина), до якої фіксується розгинальний апарат колінного суглоба, а також, що дуже важливо, і відсічені під час видалення пухлини капсула суглоба та м'які тканини гомілки. Таким чином, відновлюється анатомія проксимального відділу гомілки [25, 27, 47, 66]. Також важливим є те, що «Attachment tube» є біологічно сумісним покривним захисним матеріалом з вираженими адгезивними властивостями, за умов використання якого у хворих зі злоякісними пухлинами кісток кінцівок не виникає реакцій імунного відторгнення і запальних проявів у м'яких тканинах. Новоутворена при цьому щільна капсула навколо ендопротеза надійно захищає останній і перешкоджає процесу металозу навколишніх тканин. Також важливо, що цей матеріал надзвичайно міцний і витримує навантаження у 4000 Н [47] та в деяких випадках дає можливість не виконувати міопластику [47, 52].

Після видаленні пухлини кістки «en bloc» з прилеглими м'якими тканинами зазвичай виникає значний м'якотканинний дефект і, відповідно,

можуть утворюватися порожнини з подальшим накопиченням післяопераційної гематоми. Цю проблему також пропонують вирішувати шляхом застосування трубки «Attachment tube», яку фіксують на всій довжині навколо ендопротеза і до якої щільно підшивають залишені або переміщені м'які тканини, що ліквідує при цьому можливість утворення вільних порожнин у зоні резекції кістки та створює умови для рефіксації капсули суглоба та необмежену кількість точок фіксації зв'язки наколінка. Цей факт дозволяє припустити, що первинна фіксація вказаних структур може витримувати великі навантаження. Таким чином, можливо припустити, що застосування «Attachment tube» для реконструкції ПБВК дасть можливість повноцінно проводити реабілітацію хворого з раннім відновленням рухів оперованого сегмента та кінцівки загалом. Завдяки біосумісності матеріалу поліетилентерефталату можливо припустити, що дегенеративні зміни в зв'язці наколінка будуть не значними, тим самим значні навантаження на розгинальний апарат колінного суглоба, в пізньому післяопераційному періоді, не вплинуть на функціональність зв'язки наколінка та не призведуть до ушкодження останньої.

## 1.5 Резюме

На підставі аналізу спеціальної літератури визначено, що сьогодні найефективнішим підходом у хірургії пацієнтів із пухлинами ПБВК є видалення пухлини «en bloc» зі заміщенням післярезекційного дефекту модульним пухлинним ендопротезом. Це хірургічне втручання дозволяє в короткі терміни відновити функцію кінцівки й естетичний вигляд ураженої ділянки. Тому онкоортопеди широко використовують системи, які дозволяють максимально відновити анатомію та біомеханіку рухів.

Не зважаючи на великий світовий досвід у лікуванні хворих на пухлини ПБВК, а саме використання модульного ендопротезування колінного суглоба у комплексі заходів, залишається велика кількість

невирішених питань. Проаналізувавши типові ускладнення після резекції пухлин ПБВК зі заміщенням дефекту модульним ендопротезом, потрібно звернути увагу на достатньо велику частку процент ускладнень з боку розгинального апарата колінного суглоба, яка дорівнює близько 5,8-12 %. На сьогодні існують дві принципово різні методики фіксації зв'язки наколінка до ендопротеза ПБВК, які методики залежать від його конструкції [90]. Перший метод — це використання міцного нерозчинного матеріалу, такого як нейлонова стрічка, для створення стабілізації зв'язки наколінка на термін формування фіброзної капсули навколо ендопротеза. Другий метод — використання біологічно сумісного матеріалу поліетилентерефталату, фіксованого навколо ендопротеза ПБВК, для інтеграції зв'язки наколінка, капсули колінного суглоба та прилеглих м'яких тканин. Потребують уточнення показання до вибору методу фіксації, а разом із цим і конструкції модульного ендопротеза, що дозволить знизити кількість ускладнень та покращити функціональний результат лікування пацієнтів на злоякісні пухлини ПБВК. На нашу думку, для розуміння причин ушкодження зв'язки наколінка після її реінсерції на різні поверхні імплантатів необхідне проведення експериментальних досліджень з вивчення її біомеханічних і структурних особливостей за цих умов. Тобто, окреслені в огляді невіршені питання потребують вирішення. Тому продовження роботи в цьому напрямку є актуальним та має важливе практичне і наукове значення.

**За матеріалами розділу опубліковано:**

[99] Vyrva, O. Ye., Skoryk, I. O., & Tovazhnianska, V. D. (2021). Modular endoprosthesis replacement for proximal tibia tumor patients. *Запорожский медицинский журнал*, 23 (2), 242-249. doi: <http://dx.doi.org/10.14739/2310-1210.2021.2.224920>

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

План дисертаційного дослідження та відповідність його виконання сучасним біоетичним вимогам схвалені комітетом з біоетики при ДУ «ПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН» (протоколи № 174 від 29.01.2018 р., № 201 від 02.03.2020 р.).

#### 2.1 Експериментальні дослідження

*2.1.1 Біомеханічне натурне дослідження міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції*

Нині існує декілька методик відновлення розгинального апарата колінного суглоба після видалення пухлини кістки і встановлення ендопротеза. Проте, зважаючи на ускладнення у вигляді відриву зв'язки наколінка та через те, що м'які тканини не зростаються з металевим імплантатом, залишається відкритим питання визначення найефективнішої методики реконструкції розгинального апарата колінного суглоба для можливості ранньої його функції та покращення результату лікування. Тому ми вирішили відновити в експериментальних умовах два основні варіанти відновлення зв'язки наколінка – пластику за допомогою нейлонової стрічки та з використанням «Attachment tube» – та визначити міцність первинного її кріплення, яке ми маємо безпосередньо після операції.

У лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України» виконано експериментальні випробування на міцність швів зв'язки наколінка.

Для роботи використано 10 анатомічних препаратів колінних суглобів тварин (свині), на яких у двох серіях експерименту (по п'ять суглобів у кожній) моделювали реконструкцію розгинального апарату, застосовуючи для кріплення зв'язки наколінка до горбистості великогомілкової кістки:

I серія — пластику за допомогою нейлонової стрічки (рис. 2.1, а);

II серія — пластику зв'язки наколінка до «Attachment tube», попередньо зафіксованої на проксимальному відділі великогомілкової кістки (рис. 2.1, б).

В експериментальних умовах на анатомічних препаратах колінного суглоба свині виконано парapatеллярний розтин його капсули, відсічено зв'язку наколінка та капсулу колінного суглоба. У проксимальному відділі великогомілкової кістки сформовано 4 отвори.

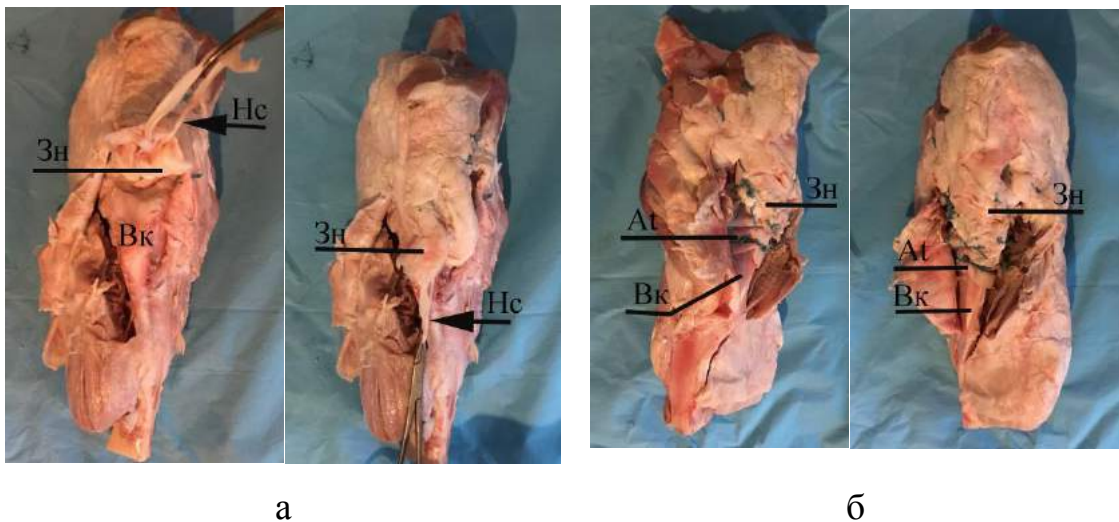


Рис. 2.1. Варіанти кріплення зв'язки наколінка (Зн): а) пластика нейлоною стрічкою (Нс); б) пластика з використанням «Attachment tube» (At). Вк — проксимальний відділ великогомілкової кістки

На препаратах I серії зв'язку наколінка прошито нейлоною стрічкою, кінці якої проведено через сформовані отвори великогомілкової кістки та зв'язано, капсулу колінного суглоба ушито вузловими швами ниткою Ethibond № 5.

На препаратах II серії «Attachment tube» підшито до проксимального відділу великогомілкової кістки за допомогою ниткою Ethibond № 5, зв'язка наколінка прошита ниткою Ethibond № 5 та підшита до «Attachment tube», капсула суглоба підшита до «Attachment tube» та ушита вузловими швами ниткою Ethibond № 5.

Під час експерименту здійснювали випробування зразків на міцність під впливом навантаження на розтягнення, схему якого наведено на рис.

2.2, а. Препарат колінного суглоба свині жорстко закріплювали на стенді для біомеханічних досліджень (рис. 2.2, б). До наколінка прикладали навантаження на розтягнення, величину якого поступово збільшували до моменту відриву зв'язки надколінка від великогомілкової кістки.

Силу розтягнення вимірювали за допомогою тензометричного датчика SBA-100L. Максимальне значення навантаження в момент відриву зв'язки фіксували пристроєм реєстрації CAS типу CI-2001A.

Дані експериментальних біомеханічних випробувань були оброблені *статистично*: розраховували середнє (M) та стандартне відхилення (SD), максимальне та мінімальне значення у групах експерименту. Порівняння виконували за допомогою Т-тесту для незалежних вибірок. Статистичні розрахунки проводили в пакеті прикладних програм IBM Statistic SPSS 20.0.

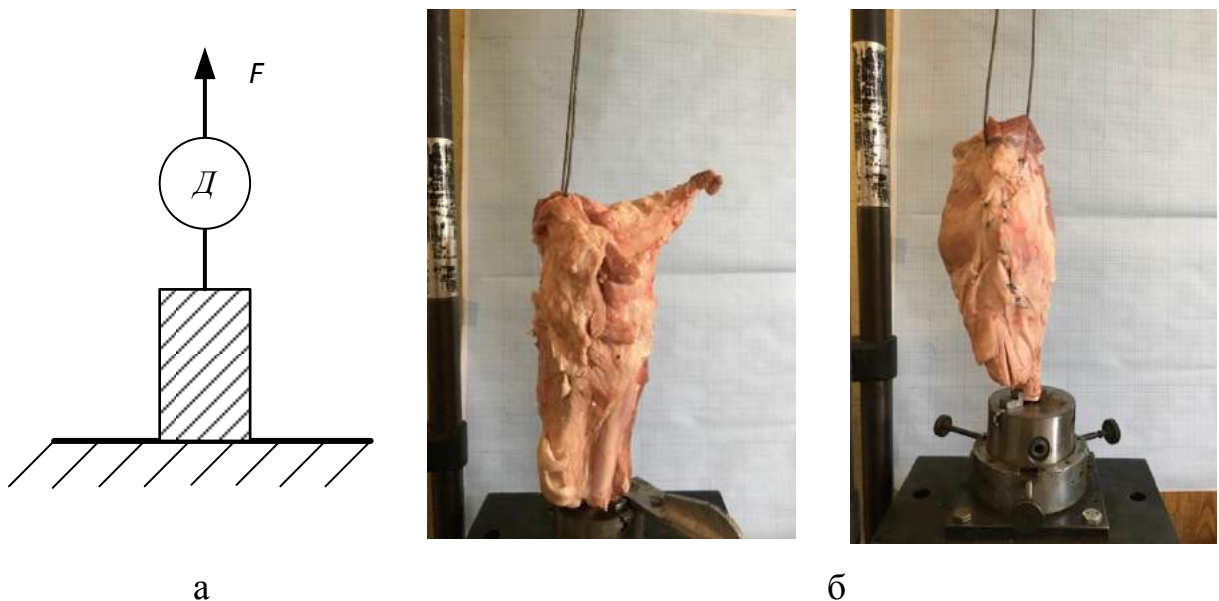


Рис. 2.2. Схема навантаження експериментальних зразків (а), препарат на стенді для біомеханічних досліджень під час проведення експерименту (б).

### 2.1.2 Моделювання на тваринах рефіксації зв'язки наколінка на різні матеріали

У попередньому розділі ми розглянули експериментальне дослідження

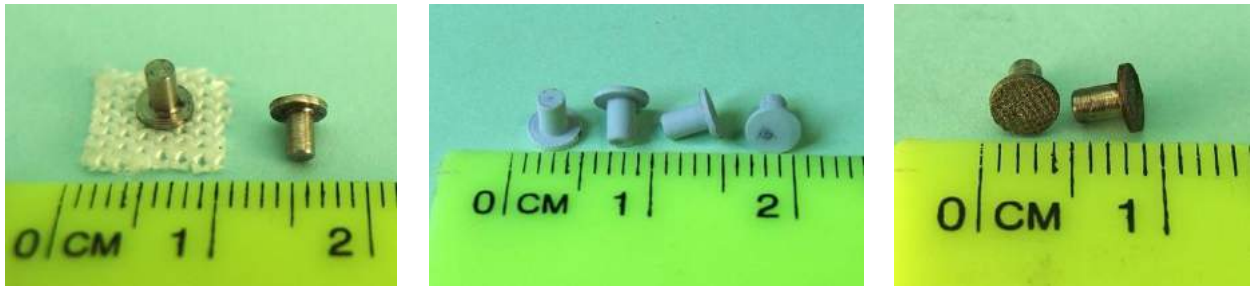
якості первинного кріплення зв'язки наколінка. Проте виникло питання щодо характеристики морфологічних змін, які відбуваються в місці контакту зв'язки наколінка з різними матеріалами, які використовують для створення модульних ендопротезів. Таким чином, наступним етапом роботи стало морфологічне дослідження *in-vivo* на лабораторних щурах.

Дослідження проведено на 45 білих щурах-самцях (вік 6-7 міс., маса тіла 290-380 г) популяції експериментально-біологічної клініки ДУ «ПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН».

Під час роботи з тваринами дотримувалися вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для дослідних та інших наукових цілей [33], і закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» [1] та наказу МОН України № 249 від 01.03.2012 р. «Порядок проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах».

*Хірургічні втручання* виконано під загальним знеболюванням – кетамін, 50 мг/кг, внутрішньом'язово. Тварин фіксували в положенні на спині, готували операційне поле — вистригали шерсть на лівому колінному суглобі, обробляли місцево антисептиком Бетадин® (ЗАТ Фармацевтичний завод ЕГІС, Угорщина). Після цього виконували передній поздовжній доступ до лівого колінного суглоба, через розріз шкіри та фасції гомілки, після чого виділяли та відсікали зв'язку наколінка. За допомогою стоматологічного бора моделювали дірчастий дефект (діаметр 2 мм, глибина 3 мм) у ділянці кріплення зв'язки наколінка, в який імпантували зазлегіть підготовлені зразки відповідно до серії експерименту (рис. 2.3). Зв'язку наколінка прошивали (шовний матеріал Prolene™ 3-0, Ethicon, США) та виконували її рефіксацію — зведення до рівня імпантата, трансосальну фіксацію до проксимального відділу великогомілкової кістки на 1 мм дистальніше від імпантата. Після місцевої обробки операційного поля антибіотиком зашивали шкірну рану.

На рис. 2.4 показано етапи хірургічного втручання.



а

б

в

Рис. 2.3. Зовнішній вигляд імплантатів із різним покриттям: I група, «Attachment tube» як покриття для іржостійкої сталі (а), II група, титан із покриттям із корундової кераміки (б), III група, титан (в).



а

б

в

г

Рис. 2.4. Етапи хірургічного втручання на проксимальному епіметафізі великогомілкової кістки щура: а) відсічена зв'язка наколінка (у пінцеті); б) встановлений імплантат; в) зведена зв'язка наколінка до рівня імплантата; г) підшита зв'язка наколінка.

Щурів розподілили на три групи залежно від використаного імплантата:

I (n = 15) — іржостійка сталь, вкрита мікропористим поліетилентерефталатом (Anbindungsschlauch «Attachment tube», Implantcast, MUTARS®, Німеччина);

II (n = 15) — титан із покриттям із корундової кераміки;

III (n = 15) — титан.

По 5 щурів із кожної групи виводили з експерименту шляхом введення летальної дози анестетику (кетамін, 120 мг/кг, внутрішньом'язово) через 15,

30 і 90 діб після операції для проведення гістологічного дослідження щодо вивчення структури зв'язки наколінка в динаміці після її рефіксації на різні поверхні.

### *2.1.3 Гістологічний аналіз*

Для гістологічного дослідження відокремлювали імплантат разом із прилеглою до нього зв'язкою наколінка та м'якими тканинами, фіксували в 10 % нейтральному формаліні. Після фіксації імплантат обережно видаляли, матеріал зневоднювали у спиртах збільшеної концентрації та суміші парафіну і ксилолу (1 : 1), заливали в парафін. Виготовлені на санному мікроскопі Riechert поздовжні гістологічні зрізи забарвлювали гематоксиліном і еозином, пікрофуксином за Ван-Гізоном [15].

Структуру клітин і міжклітинної речовини в ділянці травмованої зв'язки наколінка та навколо імплантаційного матеріалу аналізували під світловим мікроскопом Olympus BX63. Для фотографування використано цифрову камеру DP73 (Olympus) і програмне забезпечення «Cell Sens Dimension 1.8.1» (Olympus, 2013).

Для аналізу типів колагену в колагенових волокнах сполучної тканини отримані зрізи забарвлювали пікосиріусом червоним і аналізували в поляризованому світлі [60, 68] під мікроскопом BX53 (Olympus). Товстіші зрілі колагенові волокна, зокрема й колаген I типу, мали червоне-оранжеве світіння, тонші, у тому числі й колаген III типу, світилися блідо-зеленим кольором. Фотографували препарати за допомогою цифрової фотокамери Canon EOS-300D.

Додатково структуру зв'язки наколінка залежно від терміну дослідження після розсічення та рефіксації до різних типів імплантатів оцінювали за напівкількісною шкалою. Кожну з обраних гістологічних ознак оцінювали в балах від 0 до 3, де за 0 прийнято нормальний параметр, 1 — незначне відхилення від норми, 2 — середнє, 3 — максимальне. Відповідно

до цього, мінімальну кількість балів (0) матиме зв'язка з нормальною будовою, а максимальну (21) — із найбільш порушеною (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Шкала для гістологічного оцінювання структури зв'язки наколінка

Об'єкт дослідження	Градація гістологічної ознаки (бали)			
	0	1	2	3
Тип колагену I		Переважає колаген I типу, до 30 % колагену III типу	30-50 % колагену III типу	$\geq 30$ % колагену III типу
Упорядкованість колагенових волокон	Щільно упаковані, паралельні пучки	Незначне розшарування, одиничні тріщини	Помітне розшарування, хвилястість, хаотичне розташування $\leq 50$ %	Хаотичне розташування $> 50$ %
Щільність клітин	Нормальна, рівномірний розподіл	Підвищена в зоні травми	Нерівномірна на території $\leq 50$ %	Нерівномірна на території $> 50$ %
Васкуляризація	Нормальна	10-20 %	20-30 %	$\geq 30$ %
Пухка сполучна тканина	Відсутня	10-20 %	20-50 %	$\geq 50$ %
Жирова тканина	Відсутня	$<30$ %	30-50 %	$\geq 50$ %
Хрящова тканина	Відсутня	$<30$ %	30-50 %	$\geq 50$ %

*Статистичний аналіз* отриманих показників виконували з використанням програмного пакету IBM SPSS Statistics 20.0.0.2, для деяких допоміжних обчислень і підготування даних застосовували табличний процесор Microsoft Office Excel 2010. Нормальність розподілу отриманих числових показників аналізували із застосуванням тесту Колмогорова-Смірнова. Результати надавали у вигляді медіани (Me) і процентилів (25 % – нижнього (LQ) та 75 % – верхнього (UQ) квантилів). Порівняння значень кількісних показників у групах проводили за критерієм Краскала-Уолліса, який є непараметричним аналогом дисперсійного аналізу. Рівень достовірності прийнятий  $p < 0,05$ .

## **2.2 Клінічні дослідження**

### *2.2.1 Характеристика пацієнтів*

Проведено оцінювання результатів хірургічних втручань (модульного ендопротезування ПБВК), виконаних 48 хворим на пухлинні ураження проксимального відділу гомілки у відділі кісткової онкології ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН» за період з 2001 до 2020 рр. У всіх пацієнтів діагностовано злоякісні пухлини кісток або новоутворення з агресивним перебігом патологічного процесу та вторинним ураженням кістки. Вік пацієнтів становив від 12 до 74 років, серед них було 20 чоловіків (41,7 %) і 28 жінок (58,3 %) (табл. 2.2).

Серед пацієнтів було 28 осіб з первинними злоякісними пухлинними новоутвореннями, а саме: хондробластома (7), десмопластична фіброма (1), гістіоцитома (недіференційована плеоморфна саркома) (6), лімфома (1), остеосаркома (12), синовіальна саркома (1). Також серед пацієнтів виявлено 2 з метастатичним ураженням та 18 пацієнтів з ураженнями гігантоклітинною пухлиною ПБВК з агресивною течією та III стадією за класифікацією Enneking [42] (табл. 2.2).

Пацієнтів розділили на дві групи: I (36 осіб) — первинне модульне ендопротезування після видалення пухлини, II (12 хворих) — ревізійне оперативне втручання з приводу ускладнень пухлинного ендопротезування (пацієнти з ускладненнями, яким первинне хірургічне втручання виконано в інших лікувальних закладах), а саме видалення метало-цементного спейсера із заміщення дефекту модульним ендопротезом.

*Таблиця 2.2*

Розподіл пацієнтів по віковим групам

Вік, роки	Кількість пацієнтів
10–19	13
20–29	9
30–39	9
40–49	8
50–59	7
60–69	1
70–79	1
Усього	48

Усім пацієнтам, що увійшли в дослідження, виконано загалом 48 хірургічних втручань. Серед них операції із видалення пухлини «en block» із заміщенням післярезекційного дефекту кістки модульним ендопротезом – 36 осіб, ревізійне оперативне втручання з приводу ускладнень пухлинного ендопротезування (пацієнти з ускладненнями, яким первинне хірургічне втручання виконано в інших лікувальних закладах), а саме видалення метало-цементного спейсера із заміщення дефекту модульним ендопротезом – 12 пацієнтів (табл. 2.3).

Для заміщення післярезекційних дефектів кісток використовували такі моделі ендопротезів: 24 пацієнтам встановлена система СІМЕКС (система індивідуальних модульних ендопротезів кісток і суглобів) виробництва ТОВ «Інмайстерс» (Харків, Україна), 19 пацієнтам

встановлена система MUTARS (модульна універсальна пухлинна та ревізійна система) виробництва Implantcast (Букстехуде, Німеччина), 5 пацієнтам встановлена система GMRS (Глобальна Модульна Система для Ендопротезування) виробництва Stryker (Маува, США). Усім пацієнтам було виконано реінсерцію м'яких тканин на тіло ендопротеза та пластику розгинального апарата колінного суглоба; дренажування та закриття шкірної рани; шкірну пластику за необхідністю.

Таблиця 2.3

Розподіл пацієнтів за нозологією та виконаним хірургічним втручанням

Нозологія	Група хворих	
	I (первинне модульне ендопротезування)	II (ревізійне втручання)
Хондробластома (n = 7)	5	2
Десмопластична фіброма (n = 1)	1	–
Гістіоцитوما (недиференційована плеоморфна саркома) (n = 6)	4	2
Гігантоклітинна пухлина (n = 18)	16	2
Лімфома (n = 1)	1	–
Остеосаркома (n = 12)	7	5
Синовіальна саркома (n = 1)	–	1
Метастатичне ураження (n = 2)	2	–
Загалом (n = 48)	36	12

43 пацієнтам, яким встановлено модульні ендопротези ПБВК СІМЕКС, MUTARS, виконано пластику розгинального апарата колінного суглоба з використанням пористого поліетилентерефталату («Attachment tube»), 5 пацієнтам, в яких використано модульний ендопротез ПБВК GMRS Stryker, рефіксацію розгинального апарата колінного суглоба виконано за допомогою нейлонової стрічки.

### 2.2.2 Обстеження хворих

Як відомо, для успішного лікування пацієнтів з онкопатологією необхідно визначити, з якою пухлиною ми маємо справу, оскільки кожне пухлинне ураження потребує комплексного підходу як під час обстеження, так і в процесі лікування.

Дослідження пацієнта починають із детального збору анамнезу захворювання, визначення локального статусу та ретельного оцінювання функції колінного суглоба. Останнє є дуже важливим, оскільки буде впливати на прогнозування функціонального результату. Обстеження хворих здійснюють за загальноприйнятими методиками. Під час нього з'ясовували обсяг пухлинного ураження, наявність м'якотканинного компонента і метастатичного ураження, втягнення до процесу магістральних судин, функціональний стан м'язового апарату ушкодженої ділянки.

Усім пацієнтам виконували рентгенологічне, КТ- та за необхідності КТ-дослідження в ангіо-режимі. Окрім клінічних та інструментальних даних, надзвичай важливим є виконання біопсії ураженої ділянки та проведення гістологічного дослідження, оскільки без знання морфологічної характеристики пухлини неможливе встановлення діагнозу, та як наслідок, неможливість успішного лікування. Проте й після хірургічного втручання проводять повторне морфологічне дослідження видаленого сегмента для верифікації клінічного діагнозу.

Після стандартного обстеження вимірювали зону резекції великогомілкової кістки та розміри майбутнього модульного ендопротеза. Необхідно пам'ятати особливості анатомії ділянки ПВВК, та планування шкірної або м'язової пластики, якщо є ризик виникнення м'якотканинного дефекту після видалення пухлини. Необхідність функціональності нижньої кінцівки та, в особливості, колінного суглоба з ціллю відновлення адекватної життєдіяльності обумовлює ретельний підбір методики відновлення розгинального апарата. Лише комплексне обстеження, чітке планування та

вибір методу реконструкції ПБВК дає можливість відновити функцію колінного суглоба в достатньому обсязі.

### *2.2.3 Оцінювання результатів*

Критеріями включення пацієнтів у дослідження з оцінювання функціональних результатів модульного ендопротезування ПБВК були:

- виконання органозбережного хірургічного втручання в обсязі модульного ендопротезування після видалення пухлини;
- термін спостереження після проведення хірургічного втручання не менше ніж 6 міс.

З метою оцінювання віддалених результатів лікування проведено оцінювання функціонального результату. Для цього використано шкалу асоціації скелетно-м'язових пухлин (Musculoskeletal Tumor Society Score, MSTS [42]) та шкалу Торонто (Toronto Extremity Salvage Score, TESS [34]).

За допомогою шкали MSTS [42] функціональний стан пацієнта з пухлиною кістки після комплексного лікування оцінює лікар. Існують окремі варіанти шкали для оцінювання функціонального результату верхньої та нижньої кінцівок. Оцінювання проводять на основі використання 6 критеріїв, кожен з яких може дорівнювати від 0 до 5 балів. Суму всіх балів по кожному критерію ділять на максимально можливу кількість балів (30) і розраховують результат у відсотках. Результати кваліфікують відповідно до градацій: відмінний – від 75 % до 100 %, добрий – від 70 % до 74 %, середній – від 60 % до 69 %, задовільний – від 50 % до 59 %, незадовільний – менше ніж 50 %.

Шкалу TESS [34] створено у вигляді анкети для оцінювання функціонального стану хворого у побутових умовах. Пацієнт, відповідаючи на запитання, самостійно заповнює анкету. Також використовують варіанти анкети для верхньої та нижньої кінцівок. Анкета для оцінювання функціонального результату лікування хворих із пухлинами кісток

нижньої кінцівки містить 32 запитання з варіантами відповідей. Суму балів по усім запитанням за виключенням тих, на які пацієнт відповів, що це завдання непридатне для нього, ділять на максимальну можливу кількість балів і розраховують результат у відсотках.

Аналізуючи ускладнення, які виникли після модульного пухлинного ендопротезування, їх розподілили на онкологічні, механічні та немеханічні за класифікацією E. R. Henderson і співавт. [51]. Відповідно до неї виділено 5 типів:

I — пов'язані з неспроможністю м'яких тканин (розрив зв'язки наколінка, розходження країв рани й інші дефекти покривних тканин);

II — асептична нестабільність;

III — порушення конструкції та перипротезні переломи;

IV — інфекційні;

V — локальний рецидив пухлини.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Результати біомеханічного дослідження якості кріплення зв'язки наколінка на прикладі колінного суглоба свині

Нині після резекції пухлин кісток кінцівок найчастіше для реконструкції дефектів використовують модульне ендопротезування завдяки простоті використання порівняно з іншими методами. Потенціальними перевагами модульного ендопротезування є відносна простота, надійна фіксація, можливість раннього навантаження та відновлення функції та, що важливо, можливість корекції довжини кінцівки [20, 32, 78, 90, 101]. Підкреслимо, що ПВВК є однією з найскладніших для реконструкції ділянок через малий обсяг м'яких тканин для закриття післяопераційної рани та необхідність реконструкції розгинального апарата колінного суглоба [22, 24, 31, 41, 36, 54, 66, 70, 79, 86, 93, 94, 99, 101]. Це призводить до виникнення ускладнень у післяопераційному періоді на різних строках і, незважаючи на розвиток онкоортопедії та створення нових конструкцій ендопротезів, частота виконання ревізійних втручань залишається достатньо високою. Однією з причин цього є ушкодження розгинального апарата колінного суглоба після модульного ендопротезування ПВВК, кількість ревізійних втручань із цього приводу сягає 5,8-12 % [2, 20, 26, 51, 78].

«Ідеального» методу фіксації розгинального апарата колінного суглоба на тіло ендопротеза поки що не існує, як і «ідеальної конструкції» власне ендопротеза. Виконання певної методики реконструкції розгинального апарата колінного суглоба частково залежить від конструкції обраної модульної системи. Наприклад, у разі використання модульного ендопротеза GMRS (Глобальна Модульна Система для Ендопротезування), виробництва Stryker (Маува, США), зв'язку наколінка фіксують за допомогою нейлонової стрічки, а у випадку використання ендопротезів

СІМЕКС (система індивідуальних модульних ендопротезів кісток і суглобів), виробництва ТОВ «Інмайстерс» (Харків, Україна), та MUTARS (модульна універсальна пухлинна та ревізійна система) виробництва Implantcast (Букстехуде, Німеччина) фіксацію виконують за допомогою шовного матеріалу на «Attachment tube» (сітка з поліетилентерефталату, виробництва Implantcast, Букстехуде, Німеччина), яку міцно кріплять до ендопротеза [20, 47, 52, 78, 90].

Тим не менш, враховуючи той факт, що сухожилки не можуть зростатись із металом, залишається відкритим питання щодо відновлення розгинального апарата колінного суглоба [6, 22, 41, 31, 54, 66, 86, 93, 94, 99]. Відомо, що наслідком таких маніпуляцій можуть бути розтягнення та розриви зв'язки наколінка. Це, імовірно, пов'язано з недостатньою міцністю шва до моменту формування рубцевої тканини навколо імплантата й, відповідно, можливістю відривів зв'язки надколінка під час різкого згинання колінного суглоба в поєднанні з навантаженням [6, 20, 26, 51, 78, 86].

Основним завданням модульного ендопротезування є відновлення функції кінцівки в короткі терміни та запобігання контрактур у післяопераційному періоді. З урахуванням того факту, що розгинання в колінному суглобі забезпечує достатньо міцна передня група м'язів стегна, яка має досить великий важіль з малою площиною кріплення на великогомілковій кістці, необхідне міцне кріплення зв'язки наколінка на тілі ендопротеза. Тому для оптимізації вибору методу відновлення розгинального апарату колінного суглоба з ціллю зменшення ускладнень і покращення функції колінного суглоба після резекції пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки зі заміщенням дефекту модульним ендопротезом ми вирішили провести експериментальне біомеханічне дослідження.

Для експериментальної моделі вибрано препарат колінного суглоба свині. В експериментальних умовах модельоване відновлення розгинального апарату колінного суглоба за допомогою нейлонової стрічки та пластика з використанням «Attachment tube». Міцність кріплення зв'язки наколінника

перевіряли на стенді, виконано навантаження на розгинальний апарат до відриву зв'язки.

Протокол дослідження наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Протокол експериментальних досліджень

№ зразка	Тип кріплення	Навантаження розриву, Н
1	I	501
2		480
3		404
4		485
5		464
6	II	606
7		634
8		696
9		691
10		533

Результати експериментальних досліджень препаратів колінних суглобів свиней із різними типами швів зв'язки наколінка наведено в табл. 3.2. Встановлено, що зразки з I типом кріплення витримували навантаження до руйнування в середньому в 1,4 раза менші, ніж у випадку використання II типу кріплення з «Attachment tube» ( $t = -4,820$ ,  $p = 0,001$ ). Як показали вимірювання, середні значення величини навантаження, що призвели до відриву зв'язки наколінка, помітно відрізнялися між собою.

Необхідно відмітити, що відрив зв'язки наколінка відбувався через прорізування шовного матеріалу, а не руйнування останнього. А велика різниця в навантаженні, що спричинює руйнування, пов'язана з розміром колінного суглоба та товщиною зв'язки наколінка. Слід розуміти, що неможливо виконати однакові шви і це теж слід пам'ятати під час

оцінювання результатів проведеного експерименту, та можливо віднести до похибки вимірювання.

Таблиця 3.2

Результати порівняння видів швів на витривалість на розрив

Тип кріплення	Навантаження розриву, Н		значущість різниці
	$M \pm SD$	Min ÷ max	
I	$466 \pm 37$	404 ÷ 501	$t = -4,820$
II	$633 \pm 67$	534 ÷ 670	$p = 0,001$

Більше інформації надано на діаграмі, яка наведена на рис. 3.1, де дані експериментального дослідження представлені у вигляді шухлядок, нижня та верхня межі яких обмежені 25 та 75 % довірчого інтервалу, а в якості центральної тенденції прийнята медіана ряду.

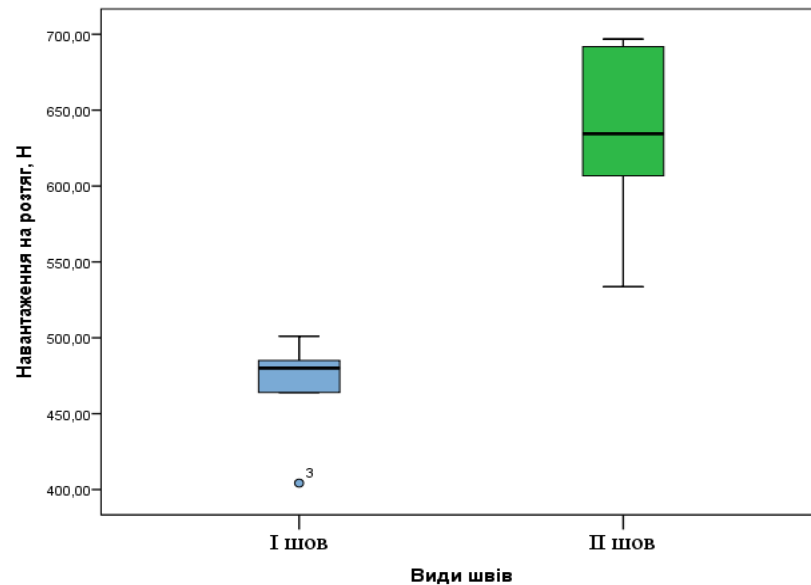


Рис. 3.1. Діаграма розподілу навантаження руйнування експериментальних зразків

Нижня та верхня межа шухлядок дорівнюють 25 та 75 % довірчому інтервалу рядів експериментальних даних, їхній значне розходження на діаграмі свідчить про статистично значущу різницю між порівняними рядами

даних. Зауважимо, що медіана (лінія у середині шухлядок) для I шва зміщена у бік більших значень (правобічний розподіл), у той же бік зміщується максимальне значення ряду, а мінімальне дорівнює межі 25 % довірчого інтервалу. Значення 404 Н для I серії статистично вважається викидом, тобто більше, ніж на 3 довжини шухлядки.

Для II серії експерименту дані мають більший розкид, що показано на діаграмі, медіана ряду зміщується в бік менших значень, спостерігається нерівномірність розподілу тих показників, які мають напрямок у бік менших значень (лівобічний розподіл). Максимальне значення для II серії наближено до верхньої (75 %) межі довірчого інтервалу.

Слід зауважити, що максимальне значення ряду величини руйнівного навантаження I серії не має перехрещення з мінімальним значенням ряду даних II серії.

За результатами проведеного експериментального дослідження міцності кріплення зв'язки надколінка до великогомілкової кістки доведено, що пластика розгинального апарату колінного суглоба з використанням «Attachment tube» є в 1,4 раза ( $p < 0,01$ ) міцнішою, ніж з використанням нейлонової стрічки. Завдяки отриманим результатам дослідження розроблення рухів у колінному суглобі та навантаження на прооперовану кінцівку можливо виконувати в ранньому післяопераційному періоді, завдяки чому можливе зменшення кількості ускладнень і покращення функціонального результату хірургічного втручання пацієнтам із пухлинами проксимального відділу великогомілкової кістки.

### **3.2 Особливості регенерації зв'язки наколінка щурів за умов фіксації на різні поверхні**

Оскільки від того, наскільки відбудеться відновлення цілісності розгинального апарату колінного суглоба залежить подальше його функціонування та кінцівки загалом, пластика зв'язок в ділянці

проксимального відділу великогомілкової кістки є одним із важливіших етапів модульного ендопротезування в пацієнтів із новоутвореннями кісток цього відділу скелета [20, 66, 86, 93, 99]. Надійне кріплення та подальше формування комплексу між розгинальним апаратом колінного суглоба та тілом ендопротеза дуже важливе не лише в ранньому післяопераційному періоді, а й протягом життя, оскільки слабкий вузол може не витримати напруження, які виникають у на колінному суглобі під час ходьби, фізичного навантаження, що може призвести до важких ускладнень.

Виходячи з цих міркувань, ми на першому етапі досліджень провели випробування на фізичних моделях – препаратах колінного суглоба свині – та з'ясували, що пластика розгинального апарата колінного суглоба (а саме кріплення зв'язки наколінка) із використанням «Attachment tube» є в 1,4 раза ( $p < 0,01$ ) міцнішою, ніж у разі застосування нейлонової стрічки. Це дало змогу передбачити, що використання «Attachment tube» для пластики розгинального апарата під час модульного пухлинного ендопротезування в пацієнтів зі злоякісними новоутвореннями в ділянці ПБВК дасть змогу здійснювати розроблення рухів у колінному суглобі в ранньому післяопераційному періоді, до формування фіброзної капсули, що, у свою чергу, покращить функціональний результат лікування.

Проте у результаті виконаного експерименту ми оцінили міцність кріплення зв'язки наколінка лише відразу після «операції», без розуміння змін у тканинах у ділянці контакту з ендопротезом із плином часу. Тому ми вважали за доцільне провести дослідження *in-vivo*, моделюючи на тваринах рефіксацію зв'язки наколінка (з подальшим гістологічним аналізом залежно від часу) до різних типів покриття ендопротеза.

На сьогодні їх існує декілька видів. Основними є використання титанових імплантатів без або з покриттям із корундової кераміки та пористого поліетилентерефталату («Attachment tube»), що має адгезивні властивості та застосовується як проміжний шар ланка між металевим імплантатом і м'якими тканинами. Розуміння процесів перебудови тканин,

які перебігають у ділянці контакту з імплантатами після хірургічного втручання, важливо для вдосконалення методик реконструкції розгинального апарата колінного суглоба під час великих ортопедичних втручань, прогнозування очікуваного результату.

Для оптимізації вибору конструкції ендопротеза (покриття імплантата) з ціллю зменшення ускладнень і покращення функції колінного суглоба після резекції пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки з заміщенням дефекту модульним ендопротезом, ми вирішили змоделювати в експерименті на щурах реконструкцію розгинального апарата колінного суглоба з кріпленням зв'язки наколінка на різні поверхні (мікропористий поліетилентерефталат, корундове покриття, титан).

### *3.2.1 Структура зв'язки наколінка за умов її фіксації до мікропористого поліетилентерефталату*

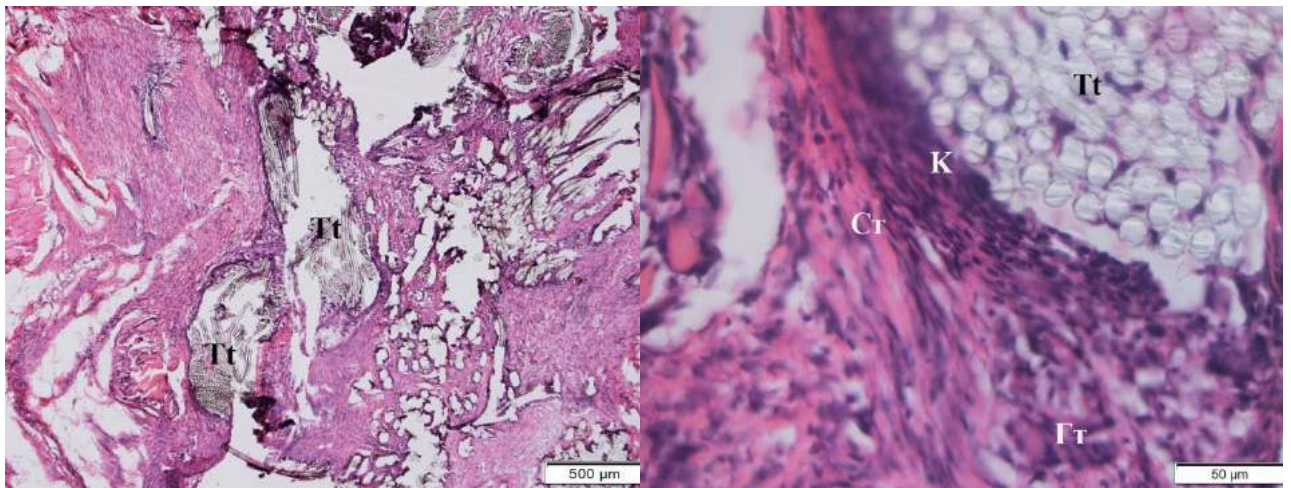
#### *15 діб після операції*

Під час гістологічного дослідження матеріал «Attachment tube» чітко виявляли на зрізах (у вигляді прозорих трубочок, зрізаних поздовжньо та поперечно) серед пухкої сполучної та грануляційної тканин, які сформувалися в ділянці травматичного ушкодження зв'язки наколінка (рис. 3.2, а).

У цих тканинах виявлено значну щільність кровоносних капілярів і клітин, переважно фібробластичного диферону. Останні характеризувалися наявністю великих гіперхромних ядер з ядерцями й розвиненою цитоплазмою, в інших невеликі ядра були оточені вузькою смужкою цитоплазми.

Клітини також відрізнялися формою та розмірами, що відображує неоднаковий ступінь їхньої функціональної активності.

Пучки колагенових волокон різної товщини, між якими містилися клітини, були спрямовані під різними кутами.



а

б

Рис. 3.2. Мікрофото. Ділянка травматичного ушкодження зв'язки наколінка: а) матеріал «Attachment tube» (Tt) серед тканин регенерату; б) сполучна (Ст) та грануляційна (Гт) тканини, сполучнотканинна капсула на поверхні матеріалу. 15-та доба після операції. Гематоксилін та еозин.

На ділянках, де трубочки імплантаційного матеріалу тісно прилягали одна до одної, між ними просочувалася тканинна рідина, а також проникали поодинокі клітини (малодиференційовані, фібробласти, макрофаги). Навколо матеріалу подекуди виявлено утворення сполучнотканинної капсули з високою щільністю фібробластів із гіпохромними ядрами та вузькою цитоплазмою, довга вісь яких була розташована вздовж його поверхні (рис. 3.2, б). Коли між трубочками матеріалу «Attachment tube» не було тісного контакту, між ними відмічено формування пухкої сполучної тканини зі значною кількістю кровоносних капілярів (рис. 3.3). Загалом описана реакція є типовою відповіддю на біоінертний імплантаційний матеріал.

Запальної реакції не визначено в жодній тварини.

У результаті визначення типів колагену після реакції з пікросиріусом червоним в поляризованому світлі в ділянці регенерату зв'язки наколінка, у новоутворених грануляційній і пухкій сполучній тканинах, виявлено значні території з зеленим світінням, що свідчить про наявність тонких колагенових волокон і колагену III типу, що є цілком характерним для цього терміну

регенерації. Волокна колагену III типу утворювали структуру, подібну мережеву, й розташовувалися між товстіших волокон колагену I типу, території яких були значно меншими (рис. 3.4).

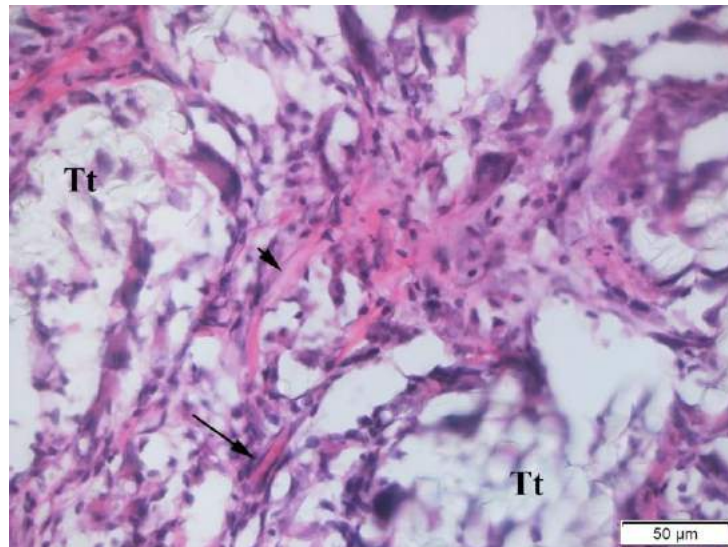


Рис. 3.3. Мікрофото. Ділянка травматичного ушкодження зв'язки наколінка: формування між трубочками матеріалу «Attachment tube» (Tt) пухкої сполучної тканини зі значною кількістю кровоносних капілярів (стрілка). 15-та доба після операції. Гематоксилін та еозин.

Колаген I типу є найбільш поширеною молекулою в екстрацелюлярному матриксі сухожилля. На його частку припадає близько 60–80 % сухої маси цієї тканини та майже 95 % від загальної кількості колагенів усіх типів.

Також до складу матриксу сухожилля входять протеоглікани з великим вмістом лейцину, які регулюють збирання колагенових фібрил, за упорядкованість котрих відповідають клітини. До високо упорядкованого колагенового каркасу основної частини здорового сухожилля прикріплюються теноцити, які підтримують його цілісність, але можливість синтезувати матрикс у них якими обмежена [82, 91]. Другим за поширеністю в матриксі сухожилля є колаген III типу [35]. Саме він є першим з усіх типів колагену, які синтезуються фібробластами в значному обсязі на ранніх етапах під час загоєння сухожилля [82, 91].

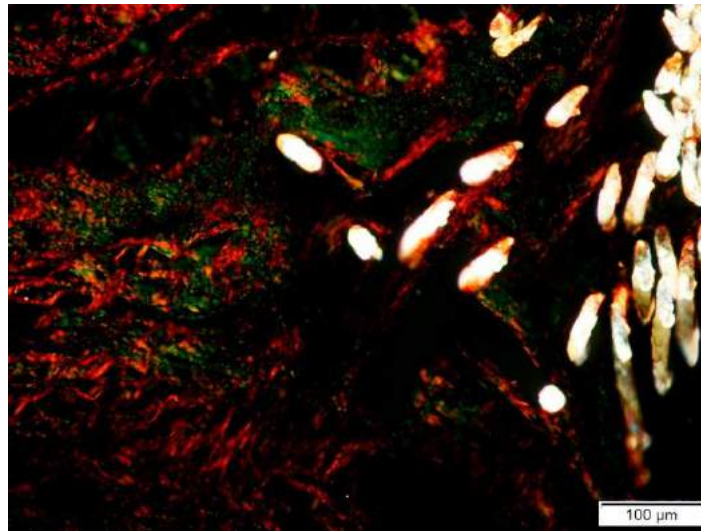


Рис. 3.4. Мікрофото. Ділянка травматичного ушкодження зв'язки наколінка щура на межі з матеріалом «Attachment tube». Пухка сполучна тканина. Пучки колагенових волокон I типу (червоне світіння) утворюють комірчасту структуру, III типу (зелене світіння) мають вигляд мережива. 15-та доба після операції. Пікросиріус червоний. Поляризоване світло.

Описана гістологічна картина відображує перебіг регенерації сухожилля на стадії реорганізації грануляційної тканини і утворення сполучної з високою функціональною активністю фіброblastів, спрямованою на біосинтез колагену. У спеціальній літературі цю стадію вважають другою (після стадії запалення), коли проліферація клітин поєднується із синтезом фіброblastами надлишкової кількості компонентів екстрацелюлярного матриксу — протеоглікани та, переважно, колаген III типу, які розташовуються хаотично. Особливістю цього періоду є велике поглинання води [35, 100].

#### *1 міс. після операції*

На гістологічних препаратах чітко визначали матеріал «Attachment tube» у вигляді волокон, зрізаних під різними кутами. Безпосередньо на поверхні матеріалу та між його волокнами утворювалася сполучна тканина різного ступеня зрілості. У зв'язці наколінка поблизу з матеріалом виявлено осередки пухкої сполучної тканини, які не перевищували 10 % від її

загальної площі. Пучки колагенових волокон на решті території зв'язки були спрямовані паралельно та переважно щільно контактували одне з одним, але між деякими з них відмічено формування тріщин, біля яких щільність клітин була підвищеною (рис. 3.5).

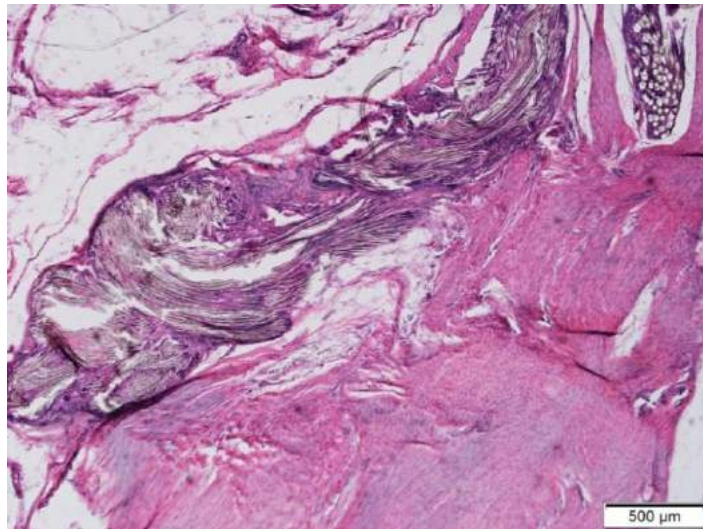
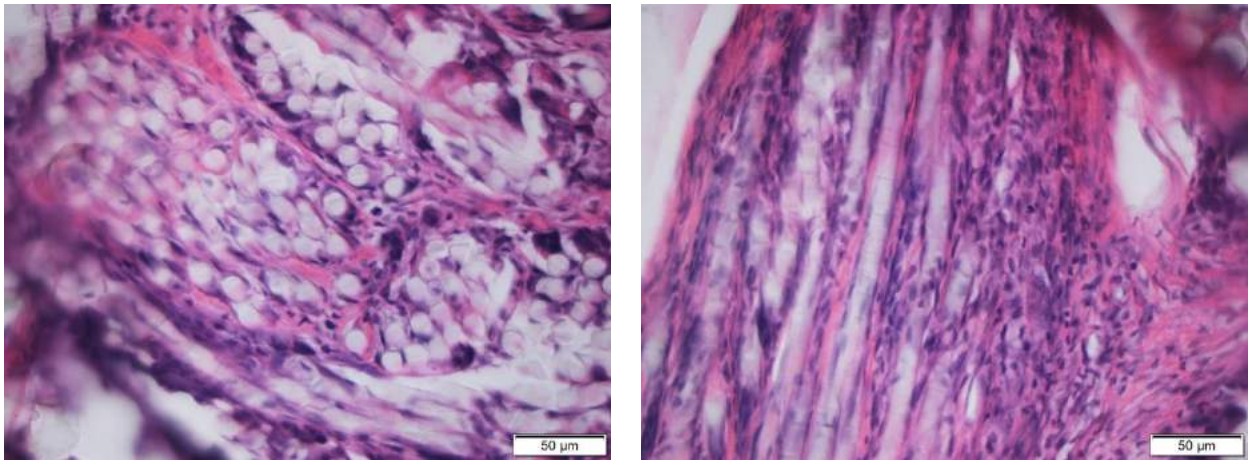


Рис. 3.5. Мікрофото. Сполучна тканина різного ступеня зрілості на поверхні та між волокнами матеріалу «Attachment tube». 1 міс. після травми. Гематоксилін та еозин.

Крім того, пучки колагенових волокон, між якими розташовувалися фібробласти, проростали у глибокі відділи матеріалу, з одного боку, розширюючи відстань між трубочками, з іншого, — створюючи додаткову міцність з'єднання. Фібробласти мали витягнуту форму і великі гіперхромні ядра, щільність їх була високою. Місцями поблизу матеріалу виявляли клітини макрофагального диферону (рис. 3.6).

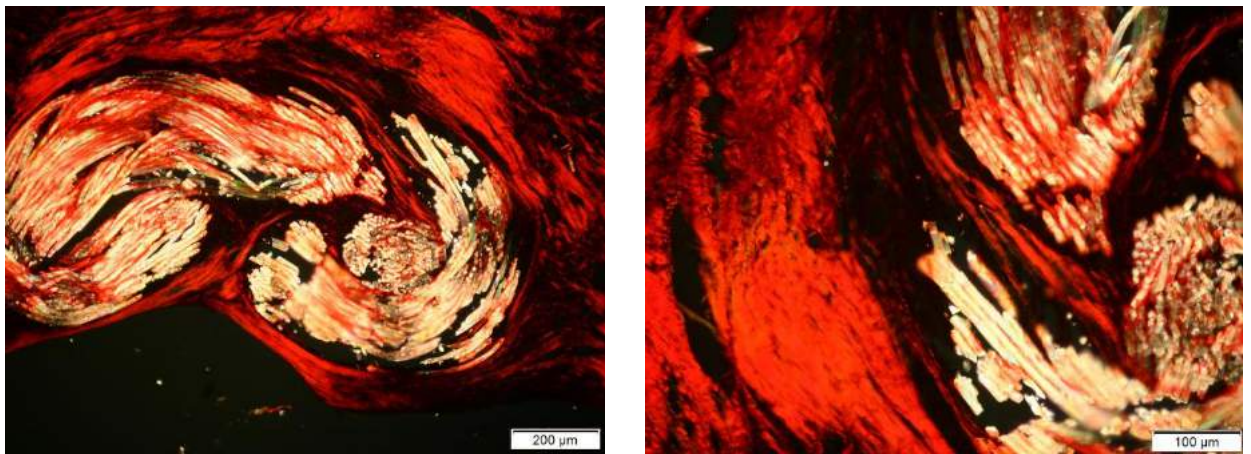
Колагенові волокна, які проростали в матеріал «Attachment tube» склалися переважно з колагену I типу із невеличкими прошарками колагену III типу (рис. 3.7). Запальної клітинної інфільтрації не виявлено в жодному випадку. У зоні травми зв'язки наколінка визначено утворення щільної сполучної тканини, яка містила потовщені пучки колагенових волокон, спрямовані здебільшого паралельно осі сухожилля, або під різними кутами до неї та один до одного.



а

б

Рис. 3.6. Мікрофото. Проростання стрічкоподібних тяжів сполучної тканини з великою кількістю фіброblastів між волокнами «Attachment tube». Клітини макрофагального диферону. 1 міс після травми. Гематоксилін та еозин.



а

б

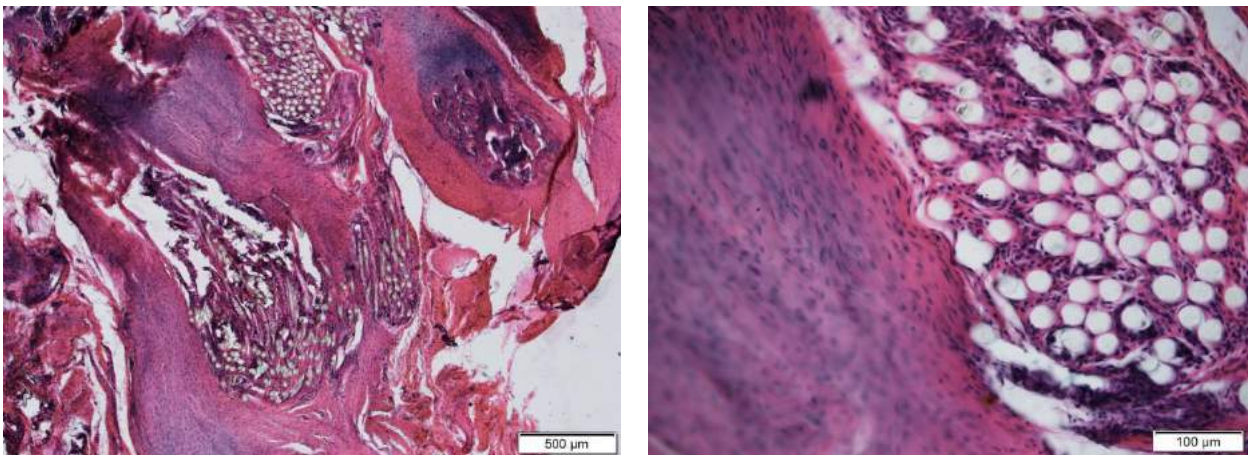
Рис. 3.7. Мікрофото. Ділянка травматичного ушкодження зв'язки наколінка щура на межі з матеріалом «Attachment tube». Сухожилкоподібна тканина. Пучки колагенових волокон I типу різної товщини орієнтовані вздовж та під різними кутами. Проростання колагенових волокон із колагену I та III типів у матеріал. 1 міс після травми. Пікросиріус червоний. Поляризоване світло.

Колагенові волокна, які були паралельними осі сухожилля, склалися переважно з колагену I типу, а також незначної кількості тонких волокон із

колагену III типу. Між ними розташовувалися клітини фібробластичного диферону, щільність яких була нерівномірною по території регенерату. Сформовані тканини можна класифікувати як щільну сполучну та сухожилкоподібну.

### *3 міс. після операції*

У процесі гістологічного дослідження виявлено, що навколо матеріалу «Attachment tube» в зоні травми зв'язки наколінка утворилася переважно сухожилкоподібна тканина, яка характеризувалася наявністю значної кількості видовжених фіброblastів, спрямованих довгою віссю паралельно один одному й осі зв'язки наколінка. Більшість клітин містили гіперхромні ядра та вузьку цитоплазму, тобто мали фенотип, характерний для тендиноblastів. Між пучками колагенових волокон виявляли судини різного діаметру (рис. 3.8).



а

б

Рис. 3.8. Мікрофото. Сухожилкоподібна тканина в ділянці травми зв'язки наколінка, сполучна тканина різного ступеня зрілості між волокнами «Attachment tube». 3.8, б – фрагмент рис. 3.8, а. 3 міс. після травми. Гематоксилін та еозин.

Проте залишалися ділянки із нерегулярною орієнтацією пучків колагенових волокон, які, крім того, були різної товщини. Між ними місцями

спостерігали осередки проліферації клітин фібробластичного диферону з яскраво забарвленими ядрами, що загалом свідчить про пролонгацію процесів регенерації.

Між трубочками матеріалу «Attachment tube» виявлено сполучну тканину різного ступеня зрілості (рис. 3.8, б).

Під час аналізу пучків колагенових волокон у поляризованому світлі зафіксовано їхню яскраву, проте нерівномірну рефракцію. На ділянках, де сухожилкоподібна тканина містила ущільнені, паралельно упаковані пучки колагенових волокон, вони склалися з колагену I типу і мали яскраве червоне світіння. Територіям, займаним проліфератами клітин, відповідала комірчаста структура пучків колагенових волокон з колагену I типу і осередками колагену II типу (рис. 3.9).

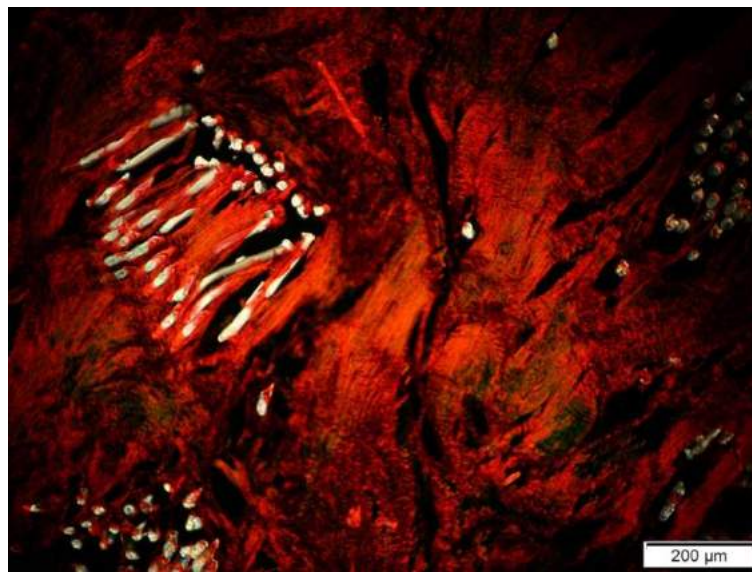


Рис. 3.9. Мікрофото. Ділянка травматичного ушкодження зв'язки наколінка щура на межі з матеріалом «Attachment tube». Сухожилкоподібна тканина. Пучки колагенових волокон переважно з колагену I типу орієнтовані вздовж осі сухожилля. У ділянках нерегулярної орієнтації волокна містять колаген I типу. Пікросиріус червоний. Поляризоване світло.

Виявлені гістологічні особливості відображують перебіг процесу ремоделювання регенерату з ущільненням і організацією матриксу, в якому

колаген III типу поступово заміщується колагеном I типу, зменшенням кількості клітинних проліфератів.

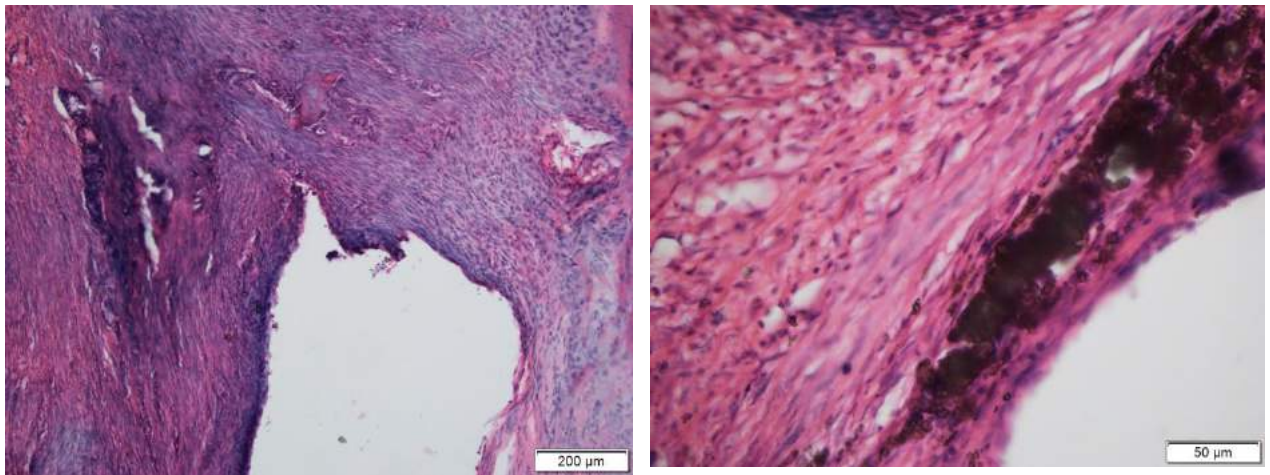
Таким чином, отримані результати підтверджують біологічну сумісність матеріалу «Attachment tube» та свідчать про формування тісного контакту між ним та прилеглими тканинами, які утворюються в ділянці травми. У матеріал проростає сполучна тканина різного ступеня зрілості. У зоні травми зв'язки наколінка через 15 діб після травми виявлено утворення грануляційної та сполучної тканин із підвищеним вмістом клітин, які синтезують компоненти клітинного матриксу, переважно колаген III типу. З перебігом часу відмічено реорганізацію тканин регенерату з утворенням через 3 міс. після травми сухожилкоподібної тканини, яка побудована з пучків колагенових волокон (переважно з колагеном I типу) і фібробластів. Виявлені деструктивні зміни у зв'язці наколінка були незначними та пов'язані з утворенням пухкої сполучної тканини (на більше ніж 20 %), виникненням одиничних тріщин.

### *3.2.2 Морфологія зв'язки наколінка після фіксації до імплантата з титану з корундовим покриттям*

#### *15 діб після операції*

На гістологічних препаратах чітко визначали місце від імплантата, з яким тісно контактувала тканина зв'язки без будь-яких ознак запальної реакції. На ділянках витягнуті фібробласти з гіперхромними ядрами розташовувалися щільно на поверхні імплантата вздовж неї та пучків колагенових волокон. Поміж ними містилися фрагменти керамічного матеріалу. На решті частини поверхні виявляли імплантата проліферати клітин з округлими гіперхромними ядрами. Їхня щільність була високою. Щільність клітин, переважно фібробластичного диферону, у зв'язці поблизу з ділянкою травматичного ушкодження була нерівномірною. Клітини відрізнялися формою, розмірами, станом ядер (гіпо- або гіперхромні, видовжені чи овальні), що відображує неоднаковий ступінь їхньої

функціональної зрілості. Пучки колагенових волокон різної товщини, між якими містилися клітини, були спрямовані переважно вздовж зв'язки наколінка. Проте між ними визначали осередки деструкції – розшарування, набряк, утворення щілин, пучки волокон із нерегулярною орієнтацією. Щільність кровоносних капілярів також була нерівномірною – від значної в осередках проліферації до звичайної (рис. 3.10).



а

б

Рис. 3.10. Мікрофото. Ділянка зв'язки наколінка навколо імплантата з іржостійкої сталі з корундовим покриттям: а) нерівномірна щільність клітин, тріщини між пучками колагенових волокон; б) пучки колагенових волокон спрямовані вздовж поверхні імплантата, поміж ними – фрагменти кераміки (стрілка). Титан із корундовим покриттям, 15-та доба після операції. Гематоксилін та еозин.

У результаті визначення типів колагену після реакції з піросиріусом червоним у поляризованому світлі в ділянках зв'язки наколінка, де в разі заправлення гематоксиліном та еозином виявляли пучки щільно упакованих колагенових волокон, зокрема й на територіях на поверхні імплантата, спостерігали яскраве червоне світіння. Це відображує наявність характерного для сухожилків колагену I типу.

Але, разом із цим, спостерігали значні осередки зі зменшеною інтенсивністю червоного світіння та наявністю зеленого, що свідчить про

потоншення колагенових волокон, появу колагену III типу (рис. 3.11).

Тобто, за гістологічною картиною у зв'язці наколінка виявлено перебіг двох процесів: 1) регенерації на стадії реорганізації грануляційної тканини й утворення сполучної з високою функціональною активністю фібробластів, спрямованою на біосинтез колагену, 2) деструкції з розшаруванням і розтріскуванням пучків колагенових волокон.

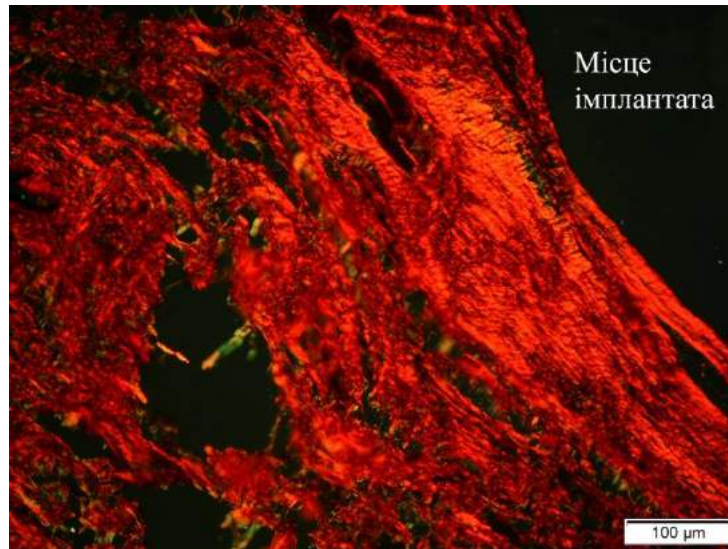


Рис. 3.11. Мікрофото. Ділянка травматичного ушкодження зв'язки наколінка щура на межі з матеріалом з іржостійкої сталі з корундовим покриттям. Різна інтенсивність світіння (червоний колір) пучків колагенових волокон I типу, підвищена кількість волокон III типу (зелене світіння). 15-та доба після операції. Пікросиріус червоний. Поляризоване світло.

#### *1 міс. після операції*

На гістологічних препаратах чітко визначали порожнину від видаленого імплантата із залишками по її периметру часточок корундової кераміки. Їх також спостерігали на віддаленні поміж пучків колагенових волокон. Безпосередньо на поверхні матеріалу відмічено утворення хрящової тканини із слабо базофільно забарвленим матриксом і рідко розташованими круглястими клітинами з великими гіпохромними ядрами та розвинутою цитоплазмою. Деякі з них утворювали ізогенні групи по у клітини, деякі формували лакуни. У сухожилкоподібній сполучній тканині, розташованій

поблизу зони імплантації, відмічено набряк, розшарування пучків колагенових волокон, розширені кровоносні судини, у деяких із них – гіперплазія ендотелію. Частина зв'язки (близько 40-50 %) була представлена пухкою сполучною тканиною, на решті території спостерігали нерівномірність розташування клітин, розшарування пучків колагенових волокон, тріщини (рис. 3.12). Запальної клітинної інфільтрації не виявлено в жодному випадку.

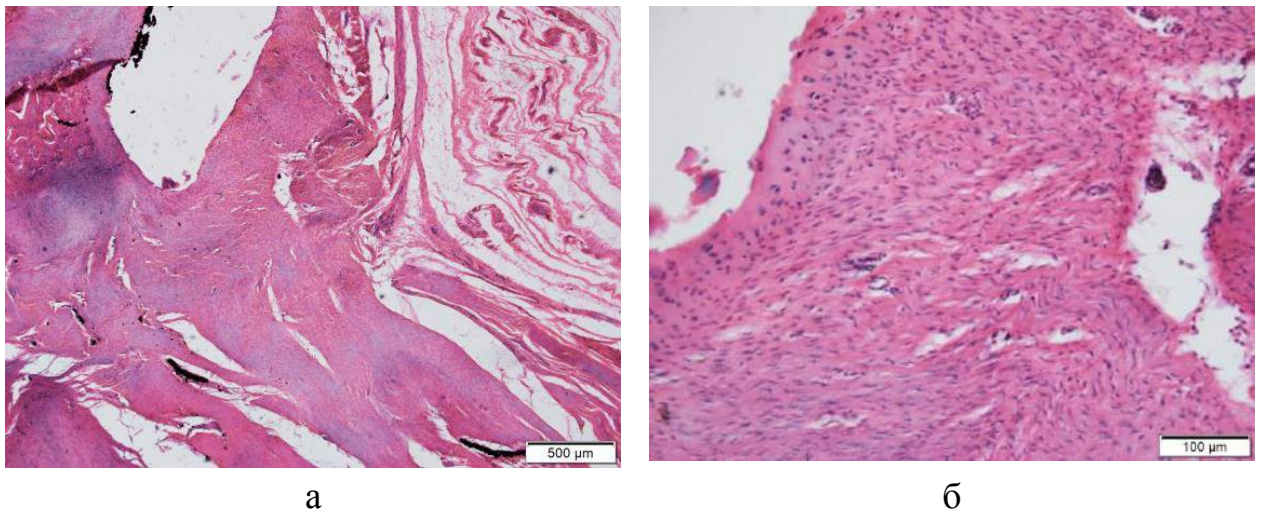
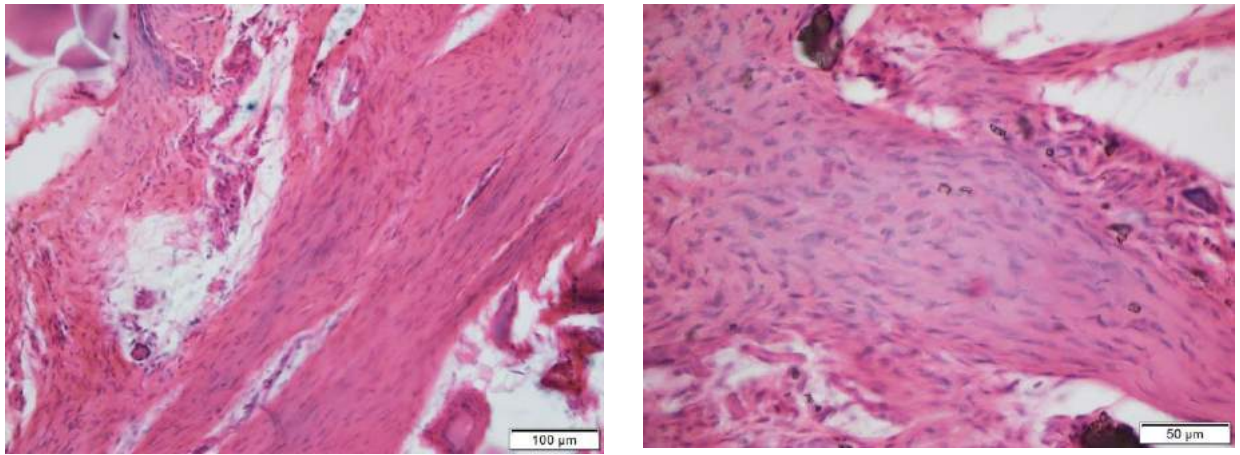


Рис. 3.12. Мікрофото. Деструктивні зміни в тканині зв'язки наколінка: а) розшарування та нерівномірна щільність пучків колагенових волокон, пухка сполучна тканина, жирова дистрофія, нерівномірна щільність клітин; б) фрагмент рис. 11а – хрящова тканина на поверхні імплантата, набряк. Титан із корундовим покриттям, 1 міс. після операції. Гематоксилін та еозин.

Подекуди між паралельними пучками колагенових волокон виявляли осередки жирової тканини. У ній містилися кровоносні судини, біля яких відмічали проліферати з клітин фібробластичного диферону (рис. 3.13, а), що можна розглядати як ознаку репаративного процесу. Підвищену щільність клітин із великими гіпохромними ядрами та розвинутою базофільною цитоплазмою (біосинтез компонентів білка) спостерігали в товщі збереженої тканини зв'язки, що також відображує перебіг процесу регенерації (рис. 3.13, б), проте, зважаючи на описані структурні особливості зв'язки наколінка, вони були недостатніми для її відновлення.



а

б

Рис. 3.13. Мікрофото: а) заміщення колагенових волокон жировою тканиною, проліферація фібробластів навколо кровоносних судин; б) вогнище підвищеної щільності клітин із великими гіпохромними ядрами та розвинутою базофільною цитоплазмою. Титан із корундовим покриттям, 1 міс після травми. Гематоксилін та еозин.

Під час аналізу типів колагену в поляризованому світлі визначено збільшення територій із колагеном III типу (зеленим світінням) і хаотично розташованими волокнами, що є характерним для пухкої сполучної тканини (рис. 3.14).

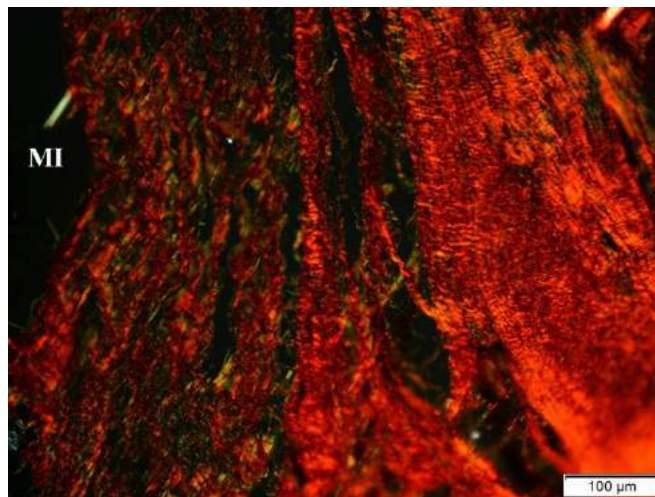
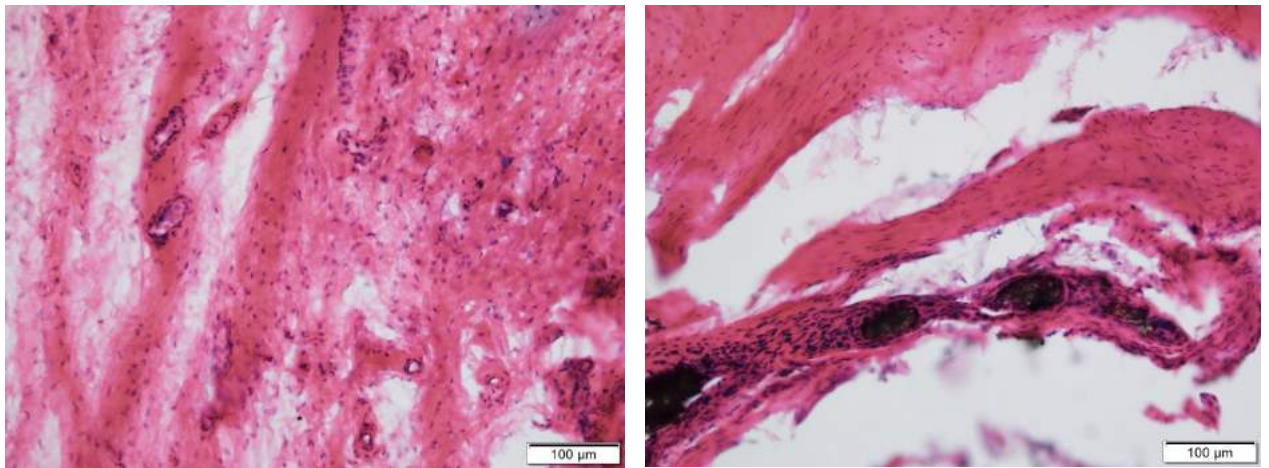


Рис. 3.14. Мікрофото. Фрагмент зв'язки наколінка поблизу зі зоною імплантації. Хаотично розташовані колагенові волокна III типу у пухкій сполучній тканині, щільно упаковані I типу — в сухожилкоподібній. Титан із корундовим покриттям, 1 міс після травми. Пікросиріус червоний. Поляризоване світло.

Підвищення вмісту колагену III типу в тканині сухожилля є ознакою дегенеративних змін у ній, які у функціональному плані відображуються в порушенні роботи тканини та зниженні її механічних властивостей і можуть спричинити в подальшому спонтанні розриви сухожилля під час звичайної активності. Відомо, що порушення процесів регенерації сухожилля супроводжується різноманітними та складними негативними змінами у високо упорядкованому екстрацелюлярному матриксі, механізми яких на сьогодні залишаються не з'ясованими і потребують багатопланових досліджень [91].

### *3 міс. після операції*

У процесі гістологічного дослідження виявлено, що близько 70 % зв'язки наколінка було представлено пухкою сполучною тканиною з явищами набряку. Окремі ділянки щільної сполучної тканини спостерігали навколо кровоносних судин (рис. 3.15, а).



а

б

Рис. 3.15. Мікрофото. Фрагмент зв'язки наколінка поблизу з ділянкою імплантації: а) пухка сполучна тканина з вогнищами щільної навколо кровоносних судин; б) підвищена щільність клітин навколо часточок корундової кераміки, тріщини у щільній сухожилкоподібній тканині. Титан із корундовим покриттям, 3 міс. після травми. Гематоксилін та еозин.

Тяжі щільної сухожилкоподібної тканини виявляли поблизу ділянки імплантації. Щільність клітин у ній була нерівномірною – підвищеною поблизу часточок корундової кераміки та кровоносних капілярів. Пучки колагенових волокон характеризувалися наявністю ділянок як із щільною їхньою упаковкою, так і з розшаруванням, наявністю тріщин, вогнищ жирової та пухкої сполучної тканини (рис. 3.15., б).

Під час аналізу пучків колагенових волокон у поляризованому світлі зафіксовано зменшення інтенсивності їхньої рефракції. Вони розташовувалися під різними кутами один до одного та містили переважно колаген III типу (рис. 3.16).

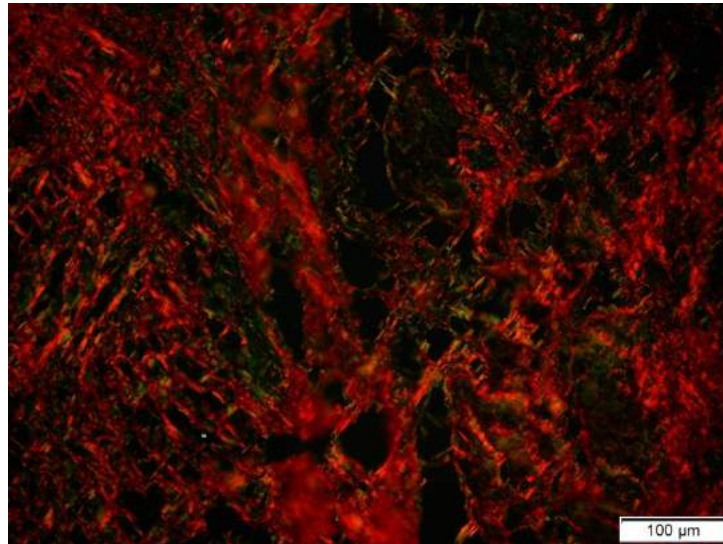


Рис. 3.16. Мікрофото. Фрагмент зв'язки наколінка поблизу зі зоною травми. Пучки колагенових волокон переважно з колагену III типу зі зниженою рефракцією розташовані під різними кутами. Титан із корундовим покриттям, 3 міс. після операції. Пікосиріус червоний. Поляризоване світло.

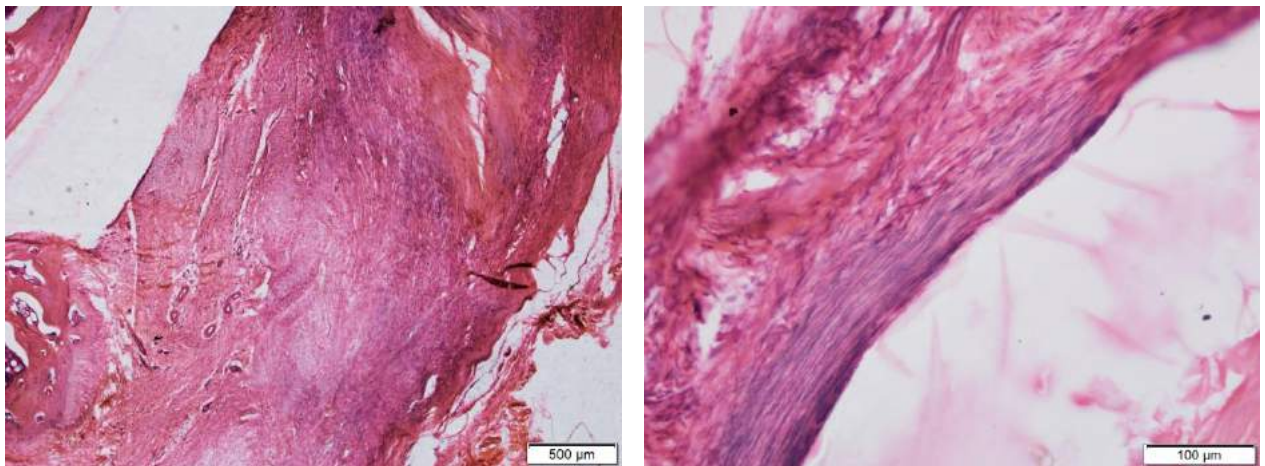
Таким чином, у результаті гістологічного аналізу встановлено, що використаний матеріал ( із корундовим покриттям) є біологічно сумісним. Проте за умов його використання у зв'язці наколінка з перебігом часу відбуваються деструктивні зміни, внаслідок яких вона на 70 % заміщується пухкою сполучною тканиною. Репаративні прояви пов'язані з проліферацією

клітин фібробластичного диферону виявилися недостатніми для формування сухожилкоподібної тканини.

### *3.2.3 Морфологія зв'язки наколінка після фіксації до титанового імплантата*

#### *15 діб після операції*

На гістологічних препаратах чітко визначали місце від імплантата, з яким тісно контактували утворені навколо нього тканин — хрящова та сполучна — без будь-яких ознак запальної реакції (рис. 3.17, а). На більшій частині периметру імплантата навколо нього відмічено формування сполучнотканинної капсули із витягнутими вздовж його поверхні щільно розташованими фібробластами (рис. 3.17, б). На решті території периметру порожнини від імплантати, як і в II групі тварин, сформувалася хрящова тканина.



а

б

Рис. 3.17. Мікрофото. Фрагмент зв'язки наколінка навколо імплантата з титану: а) нерівномірність щільності клітин, тріщини між пучками колагенових волокон, розширені кровоносні судини, осередки хондроїду; б) сполучнотканинна капсула. 15-та доба після операції. Гематоксилін та еозин.

Власне у зв'язці наколінка спостерігали ознаки тканинного набряку, розтріскування вздовж пучків колагенових волокон, кровоносні судини із

розширеними просторами та потовщеними стінками, нерівномірну щільність клітин. При цьому клітини відрізнялися за фенотипом: серед них були видовжені клітини фібробластичного диферону, розташовані довгою віссю вздовж пучків колагенових волокон, і клітини круглястої форми з гіпохромними овальними ядрами, які утворювали навколо базофільний матрикс.

У результаті визначення типів колагену після реакції з піросиріусом червоним у поляризованому світлі в ділянках зв'язки наколінка, де розташовувалися пучки щільно упакованих колагенових волокон, зокрема й на територіях на поверхні імплантата, спостерігали яскраве червоне світіння характерне для колагену I типу (рис. 3.18). Проте на значній території інтенсивність рефракції була зниженою, між пучків червоного кольору містилися різноспрямовані волокна III типу з зеленим світінням.



Рис. 3.18. Мікрофото. Ділянка травматичного ушкодження зв'язки наколінка щура на межі з імплантатом із титану. Різна інтенсивність світіння (червоний колір) різноспрямованих пучків колагенових волокон I типу, незначні території колагену III типу (зелений колір). 15-та доба після операції. Піросиріус червоний. Поляризоване світло.

Тобто, як і у щурів II групи, у зв'язці наколінка перебігали одночасно процес регенерації на стадії реорганізації грануляційної тканини й утворення

сполучної з високою функціональною активністю фібробластів (у зоні травми) і деструкції з розшаруванням і розтріскуванням пучків колагенових волокон.

*1 міс. після операції*

На гістологічних препаратах чітко визначали порожнину від видаленого імплантата, по периметру якої розташовувалися щільна сполучна та хрящова тканини. Вогнища хрящової тканини утворювалися по всій території зв'язки, займаючи близько 50 % її території (рис. 3.19).

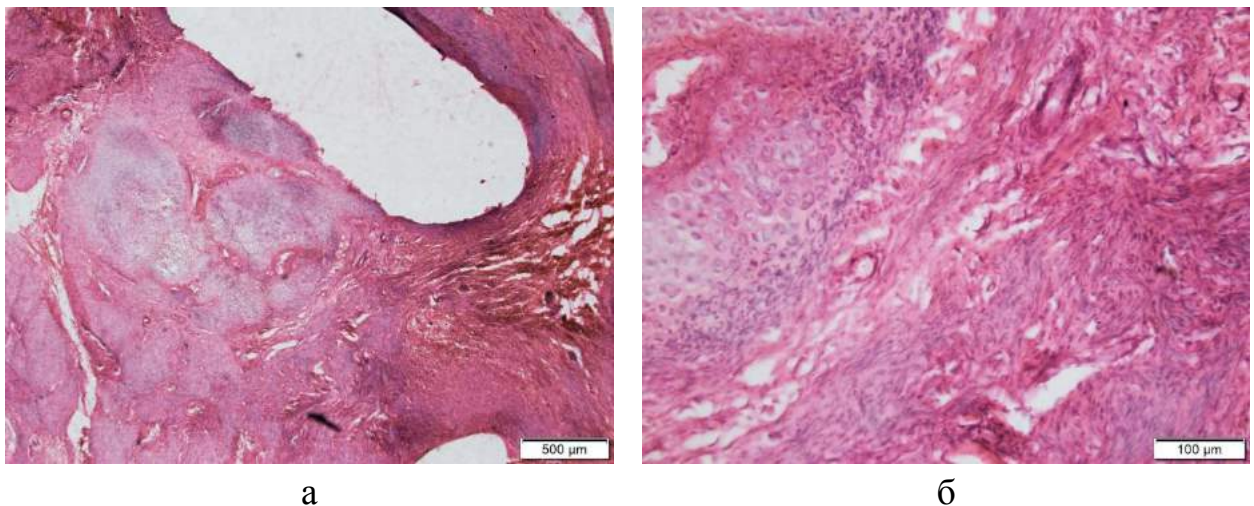


Рис. 3.19. Мікрофото. Деструктивні зміни в тканині зв'язки наколінка: а) щільна сполучна та хрящова тканини; б) фрагмент рис. 3.18а, утворення кісткової тканини в товщі хрящової, хаотичне розташування пучків колагенових волокон, підвищена кількість судин. Титан, 1 міс. після операції. Гематоксилін та еозин.

У ній хондроцити утворювали капсули (деякі — з різко базофільними контурами), матрикс був забарвлений неоднаково — від майже прозорих слабо базофільних ділянок до еозинофільних по периферії. У неї проростали кровоносні капіляри, навколо яких відмічено формування кісткових трабекул (рис. 3.19, б). Пучки колагенових волокон, що залишилися від власне зв'язки наколінка, були з вираженими деструктивними змінами: не щільно прилягали один до одного, розташовувалися хаотично, містили значну кількість

кровоносних капілярів різного діаметру. Запальної клітинної інфільтрації не виявлено в жодному випадку.

Під час аналізу типів колагену в поляризованому світлі визначено збільшення територій із колагеном III типу (зеленим світінням), який визначали в стінках лакун хондроцитів, а також у хаотично розташованих волокнах пухкої сполучної тканини. Колаген III типу відмічений у щільно упакованих пучках щільної сполучної тканини та новоутворених кісткових трабекулах. Інтенсивність його рефракції на таких ділянках була високою. У разі розшарування пучків колагенових волокон рефракція колагену III типу знижувалася (рис. 3.20).

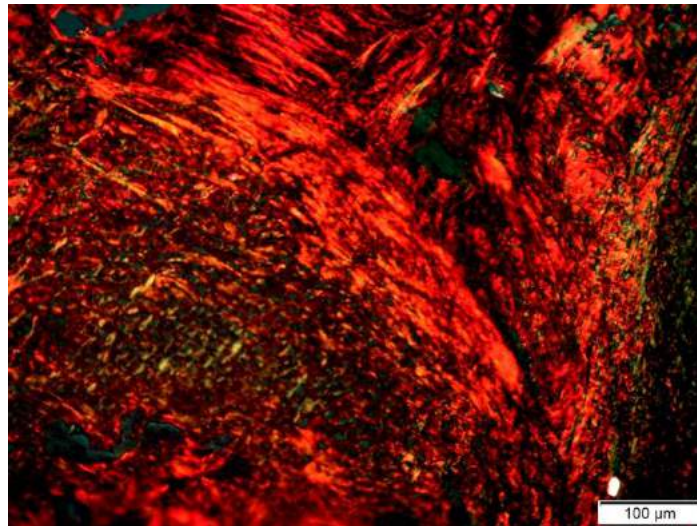


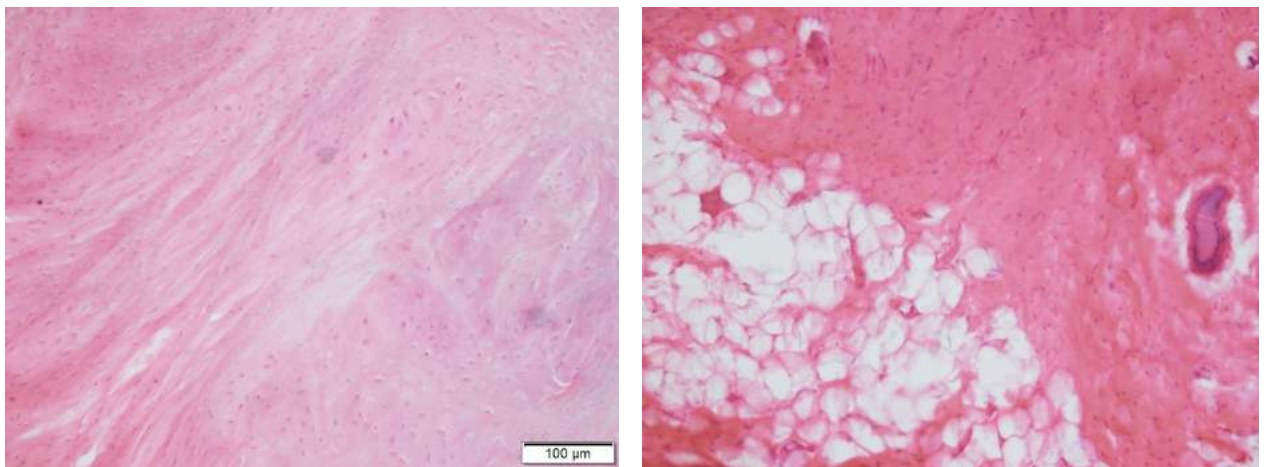
Рис. 3.20. Мікрофото. Фрагмент зв'язки наколінка поблизу зони імплантації. Волокна з колагеном III типу в стінках капсул хондроцитів та пухкій сполучній тканині. Колаген I типу в щільно упакованих волокнах щільної сполучної та кісткової тканин. Титан, 1 міс після травми. Пікросиріус червоний. Поляризоване світло.

### *3 міс. після операції*

У процесі гістологічного дослідження виявлено, що близько 70 % зв'язки наколінка було заміщено різними типами тканин – волокнистим хрящем, пухкою сполучною та жировою. При чому переважною виявилася хрящова тканина, в якій матрикс був забарвлений слабо базифільно, клітини

розташовувалися рідко. Серед них були округлі клітини, які утворювали лакуни, та витягнуті — без лакун (рис. 3.21, а). У сполучній сухожилкоподібній тканині спостерігали явища набряку, нерівномірне розташування клітин і нерегулярне — колагенових волокон. Виявлено ділянки жирової тканини (рис. 3.21, б).

Пучки колагенових волокон характеризувалися наявністю ділянок як із щільною їхньою упаковкою, так і з розшаруванням, наявністю тріщин, вогнищ жирової та пухкої сполучної тканини. Під час їхнього аналізу в поляризованому світлі після реакції з піросиріусом червоним зафіксовано зменшення інтенсивності рефракції по всій території зв'язки наколінка. На ділянках розташування пухкої сполучної та жирової тканин виявлено лише тонкі волокна з колагеном III типу, які розташовувалися під різними кутами один до одного (рис. 3.22, а).



а

б

Рис. 3.21. Мікрофото. Фрагмент зв'язки наколінка поблизу зі зоною імплантації: а) хрящова тканина з різною щільністю клітин на ділянках; б) сполучна та жирова тканини. Титан, 3 міс. після травми. Гематоксилін та еозин.

На територіях, де розташовувалися щільні пучки колагенових волокон, спрямованих вздовж осі зв'язки, їхня рефракція була також зниженою, проте вони містили колаген I типу, характерний для сухожиль. Між ними

розміщувалися тонкі волокна з колагеном III типу, розташовані під різними кутами (рис. 3.22, б).

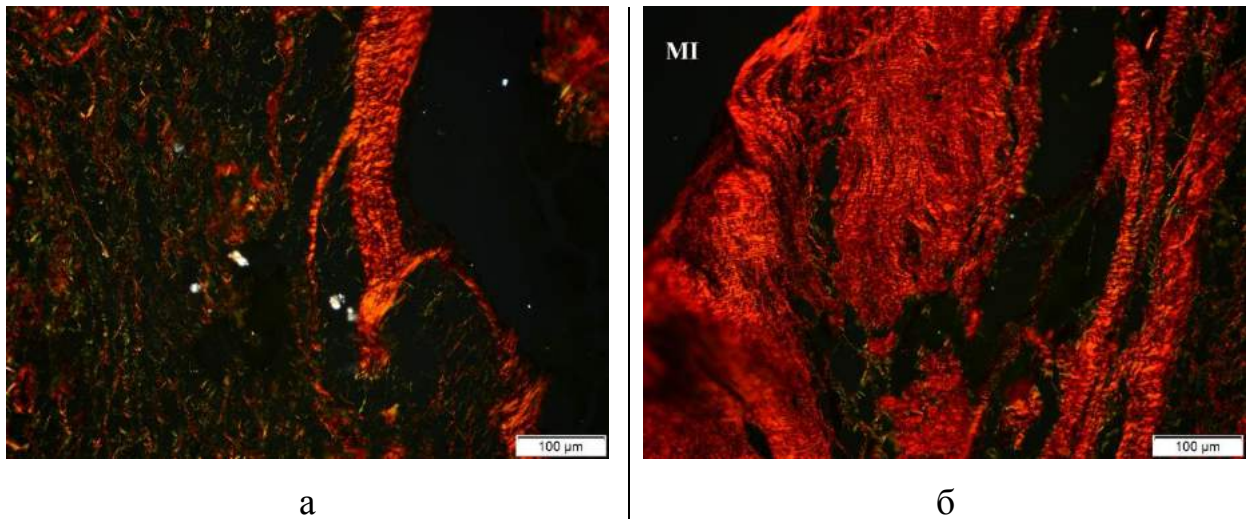


Рис. 3.22. Мікрофото. Фрагмент зв'язки наколінка поблизу зі зоною травми: а) колагенові волокна з колагеном III типу; б) знижена рефракція пучків колагенових волокон з колагеном I типу, між ними — волокна з колагеном III типу, розташовані під різними кутами. Титан, 3 міс. після операції. Пікросиріус червоний. Поляризоване світло.

Таким чином, у результаті гістологічного аналізу встановлено, що використаний матеріал (титан) не спричинює розвитку запальної реакції та є біологічно сумісним. Проте за умов його використання у зв'язці наколінка з перебігом часу відбуваються деструктивні зміни, внаслідок яких вона через 3 міс. після операції понад 70 % її території хрящовою, пухкою сполучною та жировою тканинами з переважанням хрящової. Репаративні прояви пов'язані з проліферацією клітин фібробластичного диферону, як і у випадку використання імплантатів з іржостійкої сталі з керамічним покриттям, виявилися недостатніми для формування сухожилкоподібної тканини.

Напівкількісно гістологічні особливості зв'язок наколінка після їхнього розсічення та реінсерції до різних типів поверхонь оцінено за бальною, яка передбачала аналіз 7 параметрів (табл. 1). Максимальне відхилення від структури нормального сухожилля на термінах спостереження за сумарною

кількістю балів визначено в II (титан із корундовим покриттям) і III (титан) групах тварин (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Результати оцінювання тканин регенерату за бальною напівкількісною шкалою (Me; 25-75%)

Термін спостереження	Групи тварин		
	I	II	III
15 діб	4; 3–4*	9; 8–9	9; 8–9
1 міс.	8; 8–10*	15; 14–15	15; 15–16
3 міс.	9; 8–11*	15; 15–16	16; 16–17

Примітка. \* —  $p < 0,001$  за Краскалом-Уоллісом порівняно з II та III групами на однаковий термін дослідження.

На підставі гістологічного дослідження підтверджено біологічну сумісність матеріалів: мікропористого поліетилентерефталату («Attachment tube»), титану з покриттям із корундової кераміки, титану. Доведено формування тісного контакту між ними та прилеглими тканинами, які утворюються в ділянці травми, без ознак запальної реакції.

Установлено формування тісного контакту між матеріалом Attachment tube та прилеглими тканинами, які утворюються в ділянці травми. У матеріал вросла сполучна тканина різного ступеня зрілості. У в зоні травмованої зв'язки наколінка через 15 діб після травми виявлено утворення грануляційної та сполучної тканин із підвищеним вмістом клітин, які синтезують компоненти клітинного матриксу, переважно колаген III типу. У процесі реорганізації регенерату утворюється сухожилкоподібна тканина, яка через 3 міс. після травми побудована з пучків колагенових волокон (переважно з колагеном I типу) і фібробластів. За умов фіксації розсіченої зв'язки наколінка до титану з покриттям із корундової кераміки або титану в зоні травми формувалися сполучна різного ступеня зрілості та хрящова тканини в різних співвідношеннях.

Найменший прояв деструктивних змін на всіх термінах спостереження у травмованій зв'язці наколінка виявлено в разі її фіксації на мікропористому поліетилентерефталаті порівняно з двома іншими групами ( $p < 0,001$ ).

### 3.3 Резюме

Реконструкція розгинального апарата колінного суглоба є складним і важливим етапом хірургічного втручання, оскільки від цього залежить подальша функція суглоба та нижньої кінцівки загалом. Надійне кріплення розгинального апарата колінного суглоба під час модульного ендопротезування — одна з важливих складових, які забезпечують ранню функцію оперованої кінцівки, що дозволяє знизити кількість ускладнень у післяопераційному періоді та покращити функціональні результати в коротші терміни.

У дослідженні ми використали два основні варіанти пластики розгинального апарата колінного суглоба, а саме: за допомогою нейлонової стрічки та використання «Attachment tube», до якої здійснювали реінсерцію капсули колінного суглоба та зв'язки наколінка. Під час експерименту ротаційну міопластику не виконували, оскільки це не впливає на результати дослідження. Зауважимо, що під час пластики за допомогою «Attachment tube» виконують фіксацію не лише зв'язки наколінка, а й капсули колінного суглоба та відсічених навколо нього м'язів, у такий спосіб максимально відновлюючи анатомію ділянки колінного суглоба. На відміну від цього в разі застосування нейлонової стрічки капсулу та відсічені м'язи колінного суглоба підшивають до прилеглих тканин, що збільшує час до початку активних рухів у колінному суглобі через необхідність формування фіброзної капсули навколо ендопротеза.

Як визначено в результаті нашого дослідження, фіксація розгинального апарата з використанням «Attachment tube» значно міцніша та дає можливість витримувати суттєво більші навантаження безпосередньо після її виконання.

Зокрема, різниця у здатності витримувати навантаження на розрив до руйнування у випадку використання «Attachment tube» в середньому в 1,4 раза більша порівняно з нейловою стрічкою. Завдяки отриманим результатам розроблення рухів у колінному суглобі та навантаження на прооперовану кінцівку можливо виконувати в ранньому післяопераційному періоді, зменшуючи тим самим кількість ускладнень і покращити функціональний результат хірургічного втручання пацієнтам із пухлинами проксимального відділу великогомілкової кістки.

На підставі гістологічного дослідження підтверджено біологічну сумісність мікропористого поліетилентерефталату («Attachment tube»), титану з покриттям із корундової кераміки, титану. Це доводить доцільність використання імплантатів з вищевказаним покриттям та не призводить до відторгнення останніх з формуванням сполучнотканинної капсули навколо титанового та титану із покриттям та корундової кераміки, та формування єдиного блоку між поліетилентерефталатом та м'якими тканинами.

У разі використання «Attachment tube» в зоні травмованої зв'язки наколінка через 15 діб після травми виявлено утворення грануляційної та сполучної тканин із підвищеним вмістом клітин, які синтезують компоненти клітинного матриксу, переважно колагену III типу. У процесі реорганізації регенерату утворюється сухожилкоподібна тканина, яка через 3 міс. після травми побудована з пучків колагенових волокон (переважно з колагеном I типу) і фібробластів. За цих умов відбувається міцний контакт між імплантатом та зв'язкою наколінка з інтеграцією до поліетилентерефталата, а вважаючи на мінімальні прояви дегенеративних змін, утворений вузол здатен витримувати суттєві навантаження.

За умов фіксації розсіченої зв'язки наколінка до титану з покриттям із корундової кераміки або титану в зоні травми формувалися сполучна різного ступеня зрілості та хрящова тканини в різних співвідношеннях. Утворена сполучнотканинна капсула слабкіша ніж у випадку реконструкції з використанням «Attachment tube», крім того наявність дегенеративних у

зв'язці наколінка підвищує ризик до розриву останньої під час значних навантажень.

Використання Attachment tube дає можливість відновляти анатомію колінного суглоба та ділянки проксимальної гомілки з найменшими проявами дегенеративних змін та формуванням міцного блоку між м'якими тканинами та ендопротезом. Таким чином можливе зменшення кількості ускладнень та покращення функціонального результату модульного ендопротезування.

**За матеріалами розділу опубліковано:**

[5] Вирва, О. Є., Ашукіна, Н. О., Скорик, І. О., & Данищук, З. М. (2020). Структура зв'язки наколінка щурів за умов її фіксації на різні поверхні імплантатів. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (618), 78-87. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020178-87>

[11] Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Карпінський, М. Ю., & Карпінська, О. Д. (2019). Експериментальне дослідження міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 4 (617), 64-69. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720194>

## РОЗДІЛ 4

### МЕТОДИКА МОДУЛЬНОГО ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ В РАЗІ ПУХЛИН ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ

#### 4.1 Конструктивні особливості модульних ендопротезів проксимального відділу великогомілкової кістки

Протягом десятиліть хірургічне лікування пухлин скелета проходило певні ступені еволюції, починаючи від ампутації кінцівок аж до великих реконструктивних втручань із використанням складних інженерних систем, які не лише виконують функцію заміщення дефекту, а й дають можливість виконувати функцію кінцівки в повному обсязі та за необхідності подовжуватись, імітуючи ріст певного сегмента кінцівки. Саме модульне ендопротезування дає можливість виконувати вказані вище завдання, а розвиток науки у сфері техніки максимально спрощує виготовлення модульних систем. Проте замінити дефект сталевим імплантатом не саме складне завдання, набагато важче відновити анатомію м'яких тканин, особливо на ділянках, які несуть на собі надмірні навантаження. Однією з таких ділянок є колінний суглоб, а саме проксимальний відділ великогомілкової кістки. Як відомо, для виконання функції ходьби необхідне згинання колінного суглоба, що забезпечує задня група м'язів стегна, блокування та активне розгинання, які забезпечує чотириголовий м'яз, що разом із наколінком і його зв'язкою формують розгинальний апарат, кріплення якого знаходиться в проксимальному відділі гомілки. Тому для адекватної функції колінного суглоба необхідне жорстке кріплення останнього.

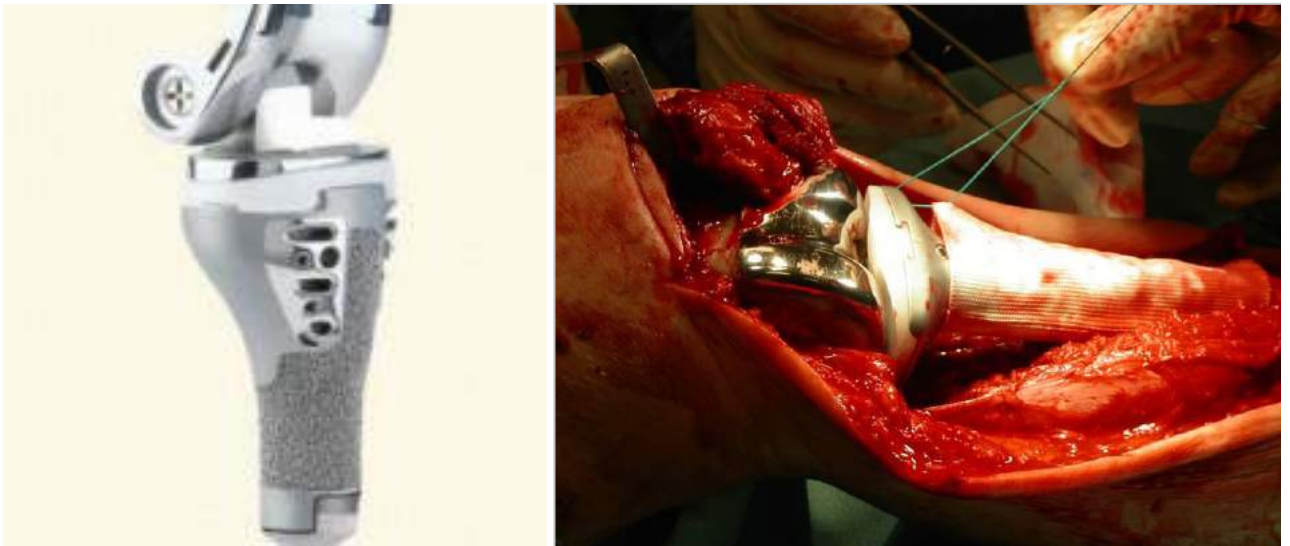
Натепер існує багато різноманітних за дизайном модульних ендопротезів. Перші конструкції модульних ендопротезів ПВВК виготовляли з фіксованими шарнірними вузлами колінного суглоба, які давали

можливість виконувати рухи лише в одній площині, а саме згинання – розгинання. Відсутність ротаційних рухів на рівні суглобової поверхні призводило до збільшення сили навантаження на сам ендопротез, що могло призводити до асептичної нестабільності, та, звісно, збільшення на розгинальний апарат колінного суглоба, що спричинювало розтягнення та відривів зв'язки наколінка [26, 89, 90]. Крім того, велике навантаження припадало на пару тертя, що призводило до швидкого зношування та формування поліетиленової гранульоми. Наступним кроком в історії стало врахування фізіологічних ротаційних рухів у колінному суглобі, які складають  $9^{\circ}$ - $13^{\circ}$ . Ці системи дозволяли зменшити навантаження в ділянці контакту ендопротеза з кісткою, проте зношення пари тертя та кількість ускладнень у вигляді асептичної нестабільності залишалась достатньо високою [20, 26, 81]. На зміну цих систем прийшли шарніри третього покоління, які стали основою для сучасних шарнірних систем модульних ендопротезів колінного суглоба.

Сьогодні система ротаційного механізму модульного ендопротеза ПВВК дозволяє хірургу відновити повністю анатомічні відношення з урахуванням орієнтації стегна та гомілки одне до одного. Анатомічний дизайн артикулюючих компонентів ендопротеза колінного суглоба, а особливо в наколінково-стегновому компоненті направлений супротив латеральному зміщенню наколінка та дозволяє плавне ковзання наколінка, що зменшує навантаження на розгинальний апарат, а центральне положення шарніру дозволяє контакт із наколінком на весь діапазон рухів. Окрім цього, у колінному суглобі під час розгинання медіальний виросток стегна впирається в плато великогомілкової кістки, за рахунок чого виникає зовнішня ротація гомілки, а під час згинання – внутрішня. Та коли коліно продовжує згинатись, увігнута поверхня плато великогомілкової кістки дає змогу ковзання задньої поверхні виростків стегна («відкат») зі зовнішньою ротацією стегна, а під час розгинання виникає зворотній процес, який називається «screw home», що дозволяє фіксувати коліно у стоячому

положенні тіла. Таким чином, шарнір модульного ендопротеза було розроблено, щоб повністю відтворити фізіологічні рухи під час згинання та розгинання коліна [84].

Під час видалення пухлини навколосуглобової ділянки формується кістковий дефект значних розмірів, суглобові поверхні заміщуються зв'язаною системою артикулюючих поверхонь ендопротеза, проте залишається метадіафізарна ділянка кістки, яка заміщується подовжуваними модулями ендопротеза для відновлення довжини кінцівки. Кількість встановлених модулів залежить від розміру (довжини) дефекту. У зв'язку з тим, що під час видалення пухлини кістки відсікаються всі м'якотканинні структури, виникає проблема реінсерції цих анатомічних структур на металевий імплантат [24, 36, 70, 79, 90]. Такі відомі системи, як KMFTR (Великобританія) та GMRS Stryker (США), на модулі ендопротеза містять конструктивні отвори для фіксації розгинального апарата за допомогою нейлонової стрічки (рис. 4.1, а).



а

б

Рис. 4.1. а) тибіальний модуль ендопротеза GMRS Stryker (США) з отворами для фіксації розгинального апарату. б) Attachment tube Implantcast (Німеччина), яка фіксована на тибіальному модулі ендопротеза MUTARS Implantcast (Німеччина).

Інша концепція використана в таких системах, як СІМЕКС ТОВ «Інмайстерс» (Харків, Україна) та MUTARS Implantcast (Німеччина), де використовується «Attachment tube», Implantcast (Німеччина), яку фіксують до тіла ендопротеза, а м'які тканини підшивають до неї (рис. 4.1, б).

Таким чином, основні принципові конструктивні особливості модульних ендопротезів проксимального відділу великогомілкової кістки пов'язані з методами рефіксації м'яких тканин, що важливо для подальшого відновлення функції кінцівки [3, 5, 6, 10, 20, 24, 32, 77, 78, 90, 101].

#### **4.2 Техніка хірургічного втручання у випадку пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки з використанням модульного ендопротеза**

Основним завданням у лікуванні пухлин проксимального відділу великогомілкової кістки за допомогою модульного ендопротезування є максимально абластичне видалення пухлини зі збереженням функції суглоба. Тому хірургічне втручання на цій ділянці можна розділити на 4 основні етапи:

- Видалення пухлини «en block»;
- Заміщення післярезекційного дефекту модульним ендопротезом;
- Відновлення розгинального апарата колінного суглоба;
- Закриття м'якотканинного дефекту гомілки.

На першому етапі хірургічного лікування, а саме під час видалення пухлини, дуже важливо планувати розтин із урахуванням анатомічної особливості ділянки та обсягу оперативного втручання. Під час планування розмічають ділянку з місцем проведеної раніше біопсії, яку на етапі розтину видаляють на всю глибину разом із пухлиною. Це важлива умова дотримання абластичності втручання (рис. 4.2, а). Розтин проводять по передній поверхні гомілки та колінного суглоба. Оскільки м'яких тканин по передньо-

медіальній поверхні замало, важливо ретельно та бережливо виділяти проксимальний відділ великогомілкової кістки, не ушкоджуючи прилеглі тканини. Після відсічення розгинального апарата та відкриття колінного суглоба вимірюють довжину резекції (рис. 4.2, б). Пухлину видаляють в межах здорових тканин, у напрямку від діяфіза до суглобової поверхні, не ушкоджуючи оболонку останньої. За необхідності, у випадку пухлинного ураження, видаляють і м'які тканини гомілки. Важливо мати на увазі, що по задній поверхні ділянки колінного суглоба розташовано судинно-нервовий пучок, ушкодження якого може призвести до ішемії або до порушення іннервації гомілки та ступні (рис. 4.2, в).



Рис. 4.2. Зовнішній вигляд ділянки колінного суглоба пацієнтки М., 32 роки, історія хвороби № 92747, під час хірургічного втручання: а) розмітка розрізу; б) визначення довжини резекції; в) видалення пухлини.

Після видалення пухлини залишається значний дефект кісткової тканини, який заміщують модульною системою. Модульний ендопротез встановлюють згідно з розрахунками на передопераційному плануванні. А саме, розмір шарніру колінного суглоба та діфізарний модуль ендопротеза розраховують заздалегідь до операції, проте можливе подовження діяфізарного модулю інтраопераційно за рахунок встановлення проміжної подовжувальної частини. Наприклад, якщо під час хірургічного втручання

виявлено тканини пухлини інтраконтально, у зв'язку з чим резекція кістки збільшується (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Зовнішній вигляд ділянки колінного суглоба пацієнтки М., 32 роки, історія хвороби № 92747, зі встановленим модульним ендопротезом MUTARS.

На наступному етапі відновлюють розгинальний апарат колінного суглоба, а саме підшивають зв'язку наколінка до тіла ендопротеза. Варіант рефіксації зв'язки наколінка залежить від конструкції ендопротеза. Після фіксації зв'язки наколінка виконують закриття м'якотканинного дефекту (рис. 4.4, а). Зазвичай прилеглих м'яких тканин достатньо для закриття дефекту, проте в деяких випадках, коли їх обмаль закриття ендопротеза або колінного суглоба, виконують міопластику *m. gastrocnemius medialis* (рис. 4.4, б). А дефект шкіри закривають за допомогою розчіпленого шкірного клаптя.

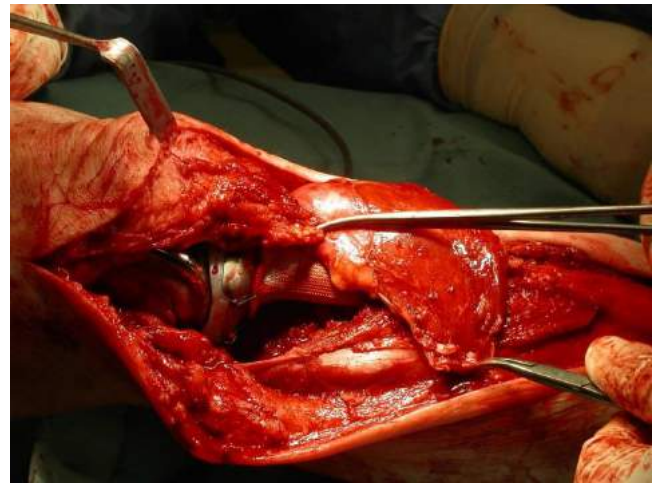
### **4.3 Реконструкція розгинального апарата колінного суглоба та м'яких тканин у випадку пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки після заміщення кісткового дефекту індивідуальним модульним ендопротезом**

Під час видалення пухлини «en bloc» формується кістково-

суглобовий дефект, а разом із ним відсікаються м'які тканини від ураженої ділянки, таким чином утворюється дефект м'яких тканин, зокрема капсульно-зв'язкового апарата.



а



б

Рис. 4.4. Закриття м'якотканинного дефекту: а) без виконання міопластики; б) міопластика *m. gastrocnemius medialis*.

Це може призводити до погіршення функції ураженої ділянки, а в деяких випадках виникає необхідність в іммобілізації ураженого суглоба на період формування міцної капсули навколо імплантата з прикріпленими до останньої сухожилків.

Складнощі виконання модульного ендопротезування на ділянці у проксимальному відділі великогомілкової кістки пов'язані із анатомічними особливостями: під час оперативного доступу необхідно відсікати сухожилок наколінка з розгинальним апаратом стегна для можливості абластичної резекції пухлини, а передня поверхня гомілки лишена м'язів, що звісно, зменшує можливості до виконання реконструкції м'яких тканин. Головною проблемою після реконструкції м'яких тканин, зокрема розгинального апарату колінного суглоба є те, що м'які тканини не здатні зростатись з металевими імплантатами, а на розгинальний апарат, завдяки якому розгинається коліно, приходить основне навантаження під час ходи. Тому

необхідність жорсткого кріплення зв'язки наколінка в ранньому післяопераційному періоді та жорсткої фіксації протягом життя є першочерговою.

У ранньому післяопераційному періоді основне навантаження припадає на шви, якими фіксують зв'язку наколінка, і частіше за все розриви в ранньому післяопераційному періоді виникають, тому що нитка не витримує навантаження та розривається, або виникає прорізування зв'язки наколінка шовним матеріалом, що доказало наше біомеханічне дослідження на прикладі колінного суглоба свині. У пізньому післяопераційному періоді розриви можуть виникати за наявності дегенеративних змін у випадку контакту зв'язки наколінка з металевим або керамічним імплантатом, що доведено наше експериментальне дослідження на щурах.

Отже, головним завданням під час реконструкції розгинального апарата і м'яких тканин ділянки колінного суглоба та проксимального відділу гомілки є надійне кріплення зв'язки наколінка та створення умов для формування міцної капсули або корсету з м'яких тканин навколо ендопротезу, який здатен витримувати великі навантаження, що виникають під час життєдіяльності людини. Використання нейлонової стрічки для фіксації розгинального апарату на тіло ендопротезу в поєднанні з ротаційною пластикою *m. gastrocnemius medialis* за даними наших досліджень не достатньо міцне, крім того призводить до виникнення дегенеративних змін у зв'язці наколінка з плином часу, що є частою причиною ушкодження розгинального апарату колінного суглоба, а саме розривів зв'язки наколінка.

#### *Клінічний приклад 1*

Пацієнт З., 41 рік, історія хвороби № 91053 звернувся до клініки інституту зі скаргами на біль у лівому колінному суглобі. Після обстеження та проведення біопсії вогнища деструкції проксимального відділу великогомілкової кістки встановлено діагноз: Гігантоклітинна пухлина проксимального відділу великогомілкової кістки, III стадія за класифікацією

Enneking. Пацієнту проведене хірургічне втручання в обсязі: видалення пухлини ПБВК «en bloc», заміщення післярезекційного дефекту модульним ендопротезом GMRS (Stryker, США) (рис. 4.5). Під час хірургічного втручання фіксацію зв'язки наколінка виконували за допомогою нейлонової стрічки безпосередньо на тіло ендопротеза. У післяопераційному періоді виконували фіксацію напівжорстким ортезом протягом 3 тижнів до загоєння рани. Рана загоїлась первинним натягом. Навантаження на кінцівку та ходьбу в ортезі, за допомогою ходунків, дозволяли на наступну добу після хірургічного втручання.



Рис. 4.5. Рентгенограми пацієнта З., 41 рік, історія хвороби № 91053, до (а) та після (б) хірургічного втручання.

Проте через 5 міс. у результаті різкого згинання в колінному суглобі внаслідок падіння пацієнт відчув різкий біль і відсутність активного розгинання гомілки. Після проведеного обстеження встановлено відрив зв'язки наколінка (рис. 4.6, а). У зв'язку з чим виконане ревізійне хірургічне втручання, проведено повторну пластику розгинального апарата колінного суглоба нейлоновою стрічкою. Під час ревізійного втручання виявлено виражені дегенеративні зміни зв'язки наколінка, що скоріше за все, стало причиною ушкодження.

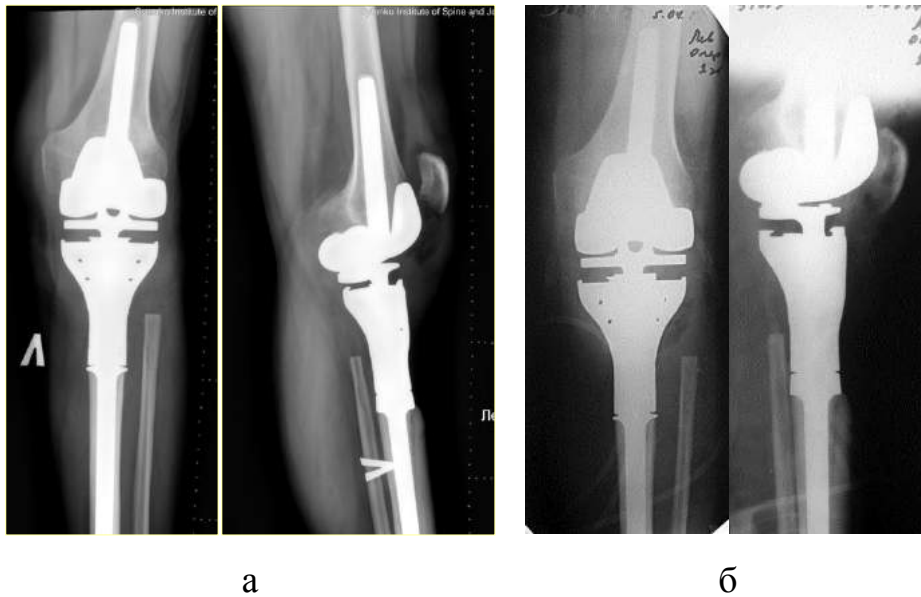


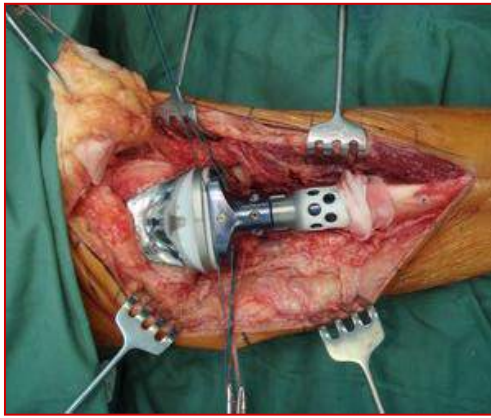
Рис. 4.6. Рентгенограми пацієнта З., 41 рік, історія хвороби №91053; а) відрив зв'язки наколінка через 6 міс. після первинного ендопротезування з використанням системи GMRS (Stryker, США); б) рентгенограм після операції.

У післяопераційному періоді пацієнту виконували фіксацію колінного суглоба напівжорстким ортезом протягом 1,5 міс.

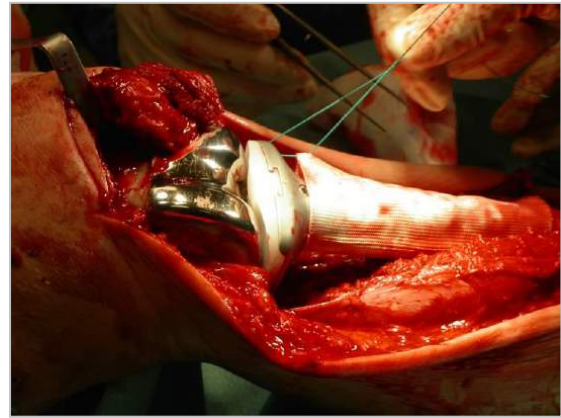
Таким чином, використання титанових ендопротезів із фіксацією розгинального апарата на металевий імплантат може призводити до дегенеративних розривів зв'язки наколінка, за нашим дослідженням, те саме відмічають деякі вчені у своїх роботах, де це ушкодження виявлено близько у 5 % випадків [36, 51, 72, 78]

Іншим можливим варіантом модульної систем є поєднання адгезивного пористого матеріалу зі сталевим імплантатом. Вже достатньо багато років у клінічній практиці використовують синтетичну трубку з поліетилентерефталату («Attachment tube»), виробництва Implantcast, Німеччина. Широке використання матеріал отримав у модульному ендопротезуванні завдяки своїм міцнісним характеристикам, а саме здатності витримувати навантаження у 4000 Н, також важливо, що цей матеріал має пористу структуру, яка складає 200 мкм, завдяки чому в матеріал проростає

сполучна тканина. «Attachment tube» фіксують на тілі ендопротеза як панчіх і закріплюють за допомогою нерозсмоктуючих шовних матеріалів (рис. 4.7).



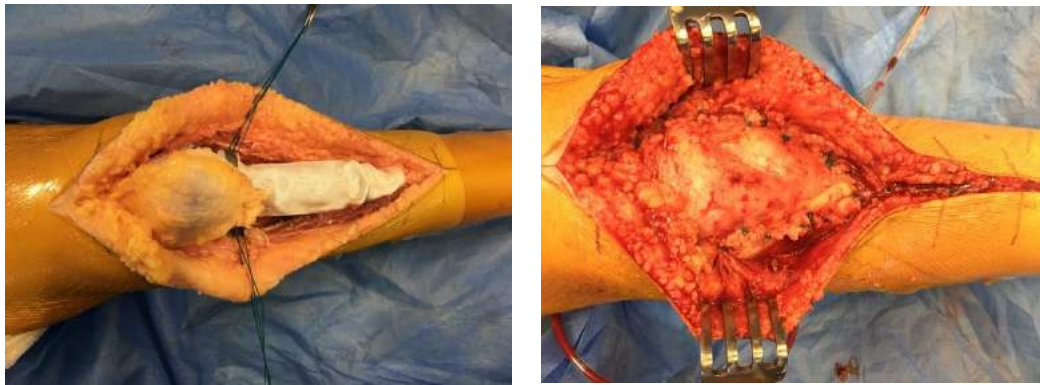
а



б

Рис. 4.7. Процес фіксації «Attachment tube» на тіло ендопротезу а) модульний ендопротез СІМЕКС, виробництва ТОВ «Інмайстерс» (Харків, Україна); б) MUTARS, виробництва Implantcast (Букстехуде, Німеччина)

Таким чином, як приведено на рис. 4.7, після фіксації «Attachment tube» на тіло ендопротеза ми маємо «чистий аркуш» з безліччю точок кріплення анатомічних структур. По-перше, зв'язка наколінка прошивається міцною нерозсмоктуючою ниттю (в нашому дослідженні використовували «Ethibond № 5») на «Attachment tube», наступним етапом фіксується капсула суглоба та «гусина лапка» на «Attachment tube». Таким чином відновлюється капсула колінного суглоба та розгинальний апарат, ці структури міцно фіксовані, завдяки чому навантаження під час рухів приходиться не лише на зв'язку наколінка, а й на прилеглі структури. Крім того, виконується реінсерція м'язів гомілки та фасції до синтетичної трубки, завдяки цьому відновлюється анатомія ділянки проксимального відділу великогомілкової кістки (рис. 4.8). Обов'язково виконують контроль рухів у колінному суглобі та перевіряють міцність внутрішніх швів. Рану дреновують. Підшкірну жирову клітковину та шкіру ушивають пошарово.



а

б

Рис. 4.8. Відновлення анатомії проксимального відділу гомілки: а) реінсерція зв'язки наколінка; б) проксимальний відділ гомілки після відновлення розгинального апарата, капсули суглоба та закриття дефекту м'яких тканин.

#### *Клінічний приклад 2*

Пацієнтка М., 49 років, історія хвороби № 97077, звернулась до ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМН» зі скаргами на біль у проксимальному відділі гомілки. Із анамнезу відомо, що біль у лівому колінному суглобі турбує близько 2 років. За місцем проживання отримала лікування з приводу лівобічного гонартрозу з тимчасовою позитивною динамікою: одержувала протизапальну терапію, хондропротектори,.

14.11.2019 отримала травму в результаті падіння, тоді саме виявлено патологічний перелом ПБВК. Після комплексного обстеження в клініці ПХС, хворій було встановлено діагноз: Хондробластома проксимального відділу лівої великогомілкової кістки, III стадія за класифікацією Enneking. Патологічний перелом проксимального відділу лівої великогомілкової кістки (рис. 4.9). Виконане хірургічне втручання: видалення пухлини ПБВК «en block» (сегментарна резекція), заміщення післярезекційного дефекту ПБВК модульним ендопротезом (рис. 4.11). Під час хірургічного втручання виконана реінсерція м'язово-фасціального комплексу гомілки до «Attachment tube» (рис. 4.10, а), наступним етапом виконано мобілізацію розгинального апарата колінного суглоба (рис. 4.10, б) та фіксацію зв'язки наколінка до

«Attachment tube» (рис. 4.10, в). Наступним етапом фіксовано та ушито капсулу колінного суглоба (рис. 4.10, г).



Рис. 4.9. Фотовідбитки рентгенограм (а) і СКТ (б) ПВВК пацієнтки М., 49 років, історія хвороби № 97077.

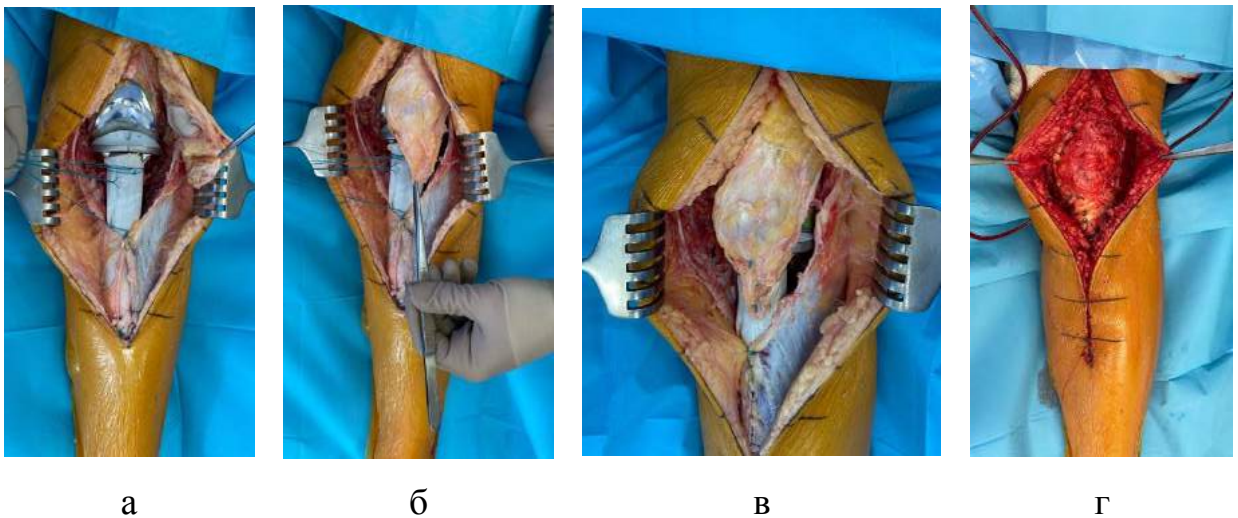


Рис. 4.10. Інтраопераційні фотовідбитки пластики розгинального апарату колінного суглоба та м'яких тканин пацієнтки М., 49 років, історія хвороби № 97077: а) фіксація фасціально-м'язового комплексу гомілки до модульного ендопротеза ПВВК; б) мобілізація розгинального апарату колінного суглоба; в) фіксація зв'язки наколінка до «Attachment tube»; г) вигляд рани після відновлення м'якотканинного дефекту проксимального відділу гомілки.

У післяопераційному періоді на 2-у добу розпочато ізотонічне

скорочення м'язів, на 3-ю добу – розроблення рухів у колінному суглобі, навантаження на прооперовану кінцівку. Дренажі видалено на 4-ту добу після операції. Фіксацію кінцівки в післяопераційному періоді не проводили. Через 9 діб після операції пацієнтка почала ходити без допоміжної опори (ходунків) та відновлено одноопорність нижньої кінцівки (рис. 4.12).



Рис. 4.11. Фотовідбитки рентгенограм ПВВК пацієнтки М., 49 років, історія хвороби № 97077, після операції (а) та препарату видаленої пухлини ПВВК (б).



Рис. 4.12. Функція колінного суглоба на 9 добу після модульного ендопротезування ПВВК пацієнтки М, 49 років. Історія хвороби №97077.

Під час реконструкції м'яких тканин ділянки проксимального відділу гомілки, за умов модульного ендопротезування ПВВК, одним із

стандартизованих етапів, за даними різних авторів, є виконання міопластики в обсязі: ротаційна пластика *m. gastrocnemius medialis* для закриття модульного ендопротеза м'язовою тканиною. Проте, на нашу думку та за результатами дослідження з використанням «Attachment tube», виконання ротаційної пластики *m. gastrocnemius medialis* є доцільним у випадку значного м'якотканинного дефекту після видалення злоякісних пухлин. По перше, це збільшує обсяг хірургічного втручання та операційну травму м'яких тканин гомілки. По друге, – збільшується час хірургічного втручання, що підвищує ризик інфекційних ускладнень у післяопераційному періоді. По третє, – «Attachment tube» має пористу структуру, щільністю 200 мкм, сприяє адгезії м'яких тканин та з плином часу формуванню міцного корсету навколо ендопротеза. У проведеному експерименті на щурах доведено, що в зоні кріплення сухожилків у разі використання імплантата з іржостійкої сталі з покриттям «Attachment tube» формується сухожилкоподібна тканина, міцна за своїми якостями. Усе це дає переваги застосування «Attachment tube» порівняно з іншими варіантами реконструкцій ділянки проксимального відділу великогомілкової кістки у разі ураження злоякісними пухлинами.

### *Клінічний приклад 3*

Пацієнтка М., 32 роки, історія хвороби № 92747, звернулась до ДУ «ПХС ім. проф. М.І.Ситенка НАМН» через неефективне лікування за місцем проживання, де їй встановлено попередній діагноз «правобічний гонартроз» і проведено курс протизапальної терапії, блокади правого колінного суглоба з бетаметазоном. Пацієнтка скаржилася на біль у правому колінному суглобі, який посилювався після фізичного навантаження. На початку біль був помірним, із часом посилювався, що змусило пацієнтку використовувати милиці під час ходьби. Під час клінічного обстеження визначено набряк правого колінного суглоба та верхньої третини гомілки, який із часом прогресував. Крім того, відмічено гіпоторофію м'язів стегна та гомілки, обмеження рухів у колінному суглобі протягом декількох останніх місяців,

посилення болю в крайніх положеннях суглоба. Із анамнезу відомо, що біль у суглобі з'явився 9 міс. потому. Після обстеження та проведення біопсії вогнища деструкції проксимального відділу великогомілкової кістки встановлено діагноз: Гігантоклітинна пухлина проксимального відділу великогомілкової кістки, III стадія за класифікацією Enneking.

Методом лікування обрано резекцію пухлини «en block» і заміщення післярезекційного дефекту модульним ендопротезом MUTARS (Implantcast, Німеччина). Реконструкцію розгинального апарата колінного суглоба виконано з використанням «Attachment tube». У післяопераційному періоді до видалення дренажів (3-я доба) проводили фіксацію напівжорстким ортезом, потім – лише профілактику тромбозу вен нижніх кінцівок і набряку м'яких тканин за допомогою лікувальної фізичної культури та еластичного бинта. Пацієнтку активізовано на 2-у добу після хірургічного втручання, дозволено ходити за допомогою ходунків і виконувати вправи для зміцнення м'язів, рухи в колінному суглобі дозволено на 3-ю добу. На 10-у добу після хірургічного втручання у пацієнтки згинання в колінному суглобі становило до 70°, через 3 тижні – 90°. Набряк м'яких тканин спостерігали протягом 2 тижнів. На рис. 4.13 наведено функцію колінного суглоба пацієнтки М. через 2 міс. після ендопротезування колінного суглоба модульним ендопротезом MUTARS.

Таким чином, використання «Attachment tube» дозволяє отримати дійсно добрі результати у випадку модульного ендопротезування завдяки анатомічному відновленню м'яких тканин. Проте, незважаючи на ретельне передопераційне планування, досконале виконане хірургічне втручання, відповідну антибактеріальну терапію та дотримання пацієнтом ортопедичного режиму, на жаль, виникають ускладнення, через що виникає необхідність проведення ревізійних втручань. Слід відмітити, що синтетична трубка з поліетилентерафталату виконує роль своєрідної капсули навколо ендопротеза, з якою зростається фіброзна тканина, тобто покриття «Attachment tube» є не лише рубцевої тканини, яка є не лише з'єднувальним

елементом між м'якими тканинами та сталевим імплантатом, а й виконує бар'єрну функцію.



Рис. 4.13. Хвора М. 32 р. Історія хвороби № 92747. Функція колінного суглоба через 2 міс. після ендопротезування колінного суглоба модульним ендопротезом MUTARS (Implantcast, Німеччина).

Таким чином, формування поліетиленової гранулеми під час зносу пари тертя, або металозу, який виникає у випадку нестабільності імплантата, не буде виходити за межі створеної навколо ендопротеза капсули. А під час ревізійних хірургічних втручань необхідність повторних м'якотканинних реконструкцій відсутня. Достатньо лише ушити «корсет» з рубцевої тканини та «Attachment tube». Цього достатньо для закриття сталевого імплантата, та що не важливо, у післяопераційному періоді немає необхідності в реабілітаційному лікуванні.

#### *Клінічний приклад 4*

Пацієнтка В., 56 років, історія хвороби № 81643, звернулась зі скаргами на наявність болю в правій гомілці під час ходьби. Із анамнезу відомо, що 6 років тому з приводу остеосаркоми верхньої третини лівої великогомілкової кістки виконано модульне ендопротезування ПВВК ендопротезом СІМЕКС («Інмайстерс», Харків, Україна). Після проведеного обстеження виявлено нестабільність та перелом кортикальної пластинки ендопротеза ПВВК, яка забезпечує додаткову стабілізацію великогомілкового компоненті

ендопротеза, через що виконано ревізійне хірургічне втручання зі заміною ніжки ендопротеза (рис. 4.14).

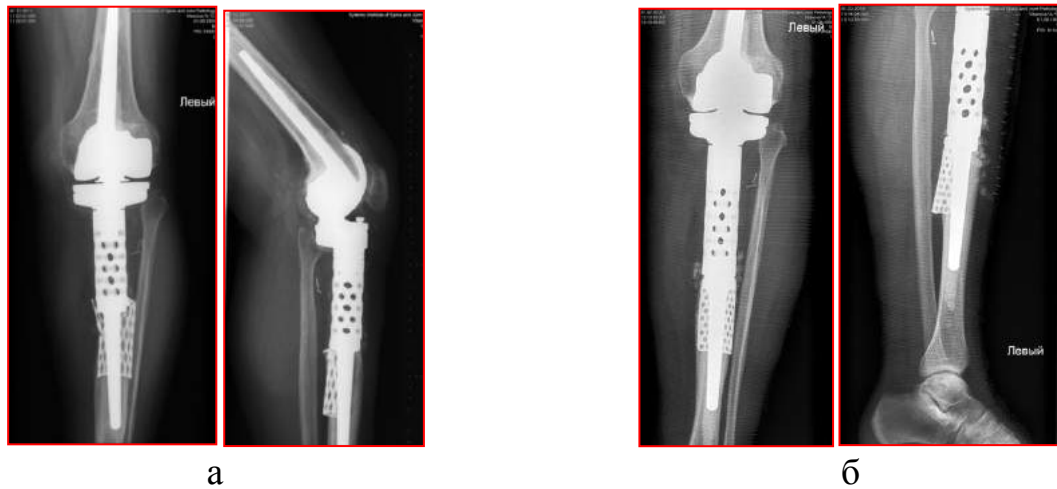


Рис. 4.14. Рентгенограми пацієнтки В., 56 років, Історія хвороби № 81643, асептична нестабільність ендопротеза СІМЕКС: до (а) та після (б) хірургічного втручання.

Під час проведення хірургічного втручання була розсічена капсула навколо ендопротеза, яка створена з «Attachment tube» та інтегрованих до неї м'яких тканин. Виявлено ознаки металозу, проте він був чітко відмежований капсулою ендопротеза (рис. 4.15).

Пацієнтці було замінено ніжку та кортикальної пластинку ендопротеза. Після видалення уражених металозом м'яких тканин та ушивання «корсету ендопротеза» із рубцевої тканини та «Attachment tube» рана була повністю закрита. У післяопераційному періоді обмежень рухів і навантаження не було.

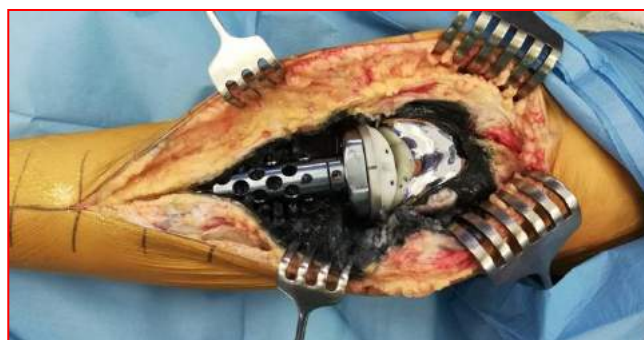


Рис. 4.15. Зовнішній вигляд операційної рани пацієнтки В., 56 років, Історія хвороби № 81643: металоз.

#### 4.4 Резюме

Ера модульного ендопротезування бере початок із 1980-х років. За цей проміжок часу хірургічні втручання та системи, які використовують, зазнали значної еволюції. Та на сьогодні модульний ендопротез задовольняє цілком своїм дизайном та біомеханічними властивостями. Проте хірургічне втручання на ділянці ПБВК достатньо важке через складну анатомічну будову. Із розвитком технічного устаткування та інструментальної підтримки виконання резекції пухлини ділянки ПБВК значно спростилося. Але залишилися складності пов'язані з реконструкцією м'яких тканин ділянки гомілки після встановлення імплантата.

Не менш важливим є необхідність відновлення розгинального апарата колінного суглоба, що суттєво впливає на функцію кінцівки в подальшому реабілітаційному лікуванні. Використання різноманітних систем призводить до застосування різних підходів реконструктивного хірургічного втручання на розгинальному апараті. Наш досвід використання модульного ендопротезування дозволяє зробити висновок, що фіксація розгинального апарата колінного суглоба на «Attachment tube» призводить до формування міцного зв'язку між м'якими тканинами та поліетилентерефталатом, завдяки чому якість фіксації значно вища за фіксацію нейловою стрічкою, де зв'язка наколінка фіксується до сталевого імплантата й оточуючих м'яких тканин із подальшим формуванням сполучнотканинного корсету. Важливим фактом є те, що до «Attachment tube» фіксується не лише розгинальний апарат колінного суглоба, а й капсула та прилеглі м'які тканини, значно підсилюючи фіксацію в ранньому післяопераційному періоді та формуючи, з плином часу, єдину муфту, яка оточує ендопротез.

Превагою поліетилентерефталату є його адгезивні властивості, завдяки чому м'які тканини інтегруються до сітчастого матеріалу. А обережне поводження з м'якими тканинами з максимальним збереженням шкірно-підшкірно-фасціального клаптя, дає можливість повноцінного накрити

сітчастий матеріал без виконання міопластики *m. gastrocnemius medialis*, на відміну від ендопротезів зі сталевим покриттям. А під час виконання ревізійних втручань на ділянці ПБВК достатньо лише розрізати «Attachment tube» для отримання доступу до ендопротеза та після заміни останнього найменш травматично закрити м'якотканинний дефект. Таким чином, «Attachment tube» має не лише адгезивні властивості, а й на пізніх строках після ендопротезування створює бар'єр між сталевим імплантатом і м'якими тканинами.

Порівнявши два методи реконструкції м'яких тканин після заміщення дефекту модульним ендопротезом, безперечною перевагою має використання сітчастого матеріалу з поліетилентерефталату («Attachment tube»), як завдяки своїм міцністним, так і адгезивним властивостям. Впровадження методики реконструкції розгинального апарата колінного суглоба з використанням поліетилентерефталату дає змогу знизити травматичність хірургічного втручання, негативний вплив на прилеглі м'які тканини, знижуючи дегенеративні зміни у зв'язці наколінка, дозволяє ранню функцію та навантаження прооперованої кінцівки. Тим самим дає можливість покращити функціональні результати хірургічного втручання на ділянці ПБВК.

**За матеріалами розділу опубліковано:**

[8] Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (614), 72-77. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019172-77>

## РОЗДІЛ 5

### АНАЛІЗ УСКЛАДНЕНЬ ТА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ МОДУЛЬНОГО ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ

Модульний пухлинний ендопротез є системою без здатності до саморегуляції з обмеженим ресурсом користування. Якою б досконалою не була імплантована конструкція, для організму людини вона завжди відіграватиме роль чужорідного тіла, яке він спробує відокремити (сформувати міцну сполучнотканинну капсулу) або відторгнути, у разі імуноконфліктної реакції. У зв'язку з цим, виділити одну головну причину, яка могла призвести до розвитку певного ускладнення, дуже складно. Можливо лише назвати чинники виникнення конфлікту між імплантатом і організмом хворого, що спричинили розвиток ускладнень.

Проксимальний відділ великогомілкової кістки є однією з найскладніших для реконструкцій ділянок тіла з використанням модульного ендопротезування, мала кількість м'яких тканин, анатомічне оточення проксимального відділу гомілки збільшує ризик ускладнень різних типів [24, 36, 50, 51, 70, 78, 72]. Існує безліч різноманітних класифікацій ускладнень модульного ендопротезування, проте у 2014 році Міжнародним Товариством Збереження Кінцівки (International Society of Limb Salvage — ISOLS) була прийнята класифікація, яку запропонував E. R. Henderson і співавт. [51]. Відповідно до неї ускладнення, пов'язані з неспроможністю м'яких тканин, класифікують як тип 1, асептичну нестабільність — тип 2, перелом ендопротеза та перипротезні переломи — тип 3, інфекції ускладнення — тип 4 та локальні рецидиви — тип 5.

Ми оцінили результат хірургічних втручань (модульного ендопротезування ПВВК), виконаних у відділі кісткової онкології ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН» 48 хворим на пухлинні ураження проксимального відділу гомілки. Пацієнтів розділили на дві групи: I (36

осіб) — первинне модульне ендопротезування після видалення пухлини, II (12 хворих) — ревізійне модульне ендопротезування з приводу наслідків пухлинного ендопротезування (пацієнти з ускладненнями, яким первинне хірургічне втручання виконано в інших лікувальних закладах).

Ускладнення, що виникли після модульного ендопротезування, розподілили на онкологічні, механічні та немеханічні (за класифікацією E. R. Hendeson і співавт. [51]). Відповідно до даної класифікації, було виділено 5 типів ускладнень:

I – пов’язані з неспроможністю м’яких тканин (розрив зв’язки наколінка, розходження країв рани та інші дефекти покривних тканин);

II — асептична нестабільність;

III — порушення конструкції і перипротезні переломи;

IV — інфекційні;

V — локальний рецидив пухлини (табл. 5.1).

*Таблиця 5.1*

Розподіл виявлених ускладнень за типами

Тип ускладнення	Група пацієнтів		Загалом
	I	II	
I	1 (2,78%)	2 (16,6 %)	3 (6,25%)
II	1 (2,78%)	0	1 (2,08%)
III	0	0	0
IV	9 (25%)	3 (25%)	12 (25%)
V	2 (5,55%)	0	2 (4,17%)
Загалом	13 (36,1 %)	5 (41,6 %)	18 (37,5%)

У 18 (37,5 %) спостереженнях у терміни від 3 тижнів до 13 років після встановлення модульного ендопротеза через виникнення ускладнень виконано ревізійні хірургічні втручання. Причому в 12 випадках (25 %) це спричинило видалення первинно імплантованого ендопротеза з заміщенням кістково-суглобового дефекту металоцементним спейсером: у I групі — 9

(25 %), у II — 3 (25 %). Із приводу рецидиву пухлини виконано 2 (4,17 %) міофасціопластичні ампутації.

*I тип ускладнень*, що пов'язані з неспроможністю м'яких тканин, зареєстровано в 3 (6,25 %) пацієнтів: у I групі — 1 через 5 міс. після ендопротезування, у II — 2 через 2 тижні та через 1 рік відповідно. В усіх спостереженнях ендопротез було збережено. Цей тип ускладнень визначено в I групі після використання конструкції GMRS Stryker (США), де фіксація виконана за допомогою нейлонової стрічки (рис. 5.1). На нашу думку, це обумовлено порушенням ортопедичного режиму, а саме ранньою функцією колінного суглоба з наступним наднормовим навантаженням, яке спричинене падінням.



Рис. 5.1. Рентгенограми пацієнта З., 41 рік. Історія хвороби № 91053. Відрив зв'язки наколінка через 5 міс. після первинного ендопротезування з використанням системи GMRS Stryker (США) та фіксацією розгинального апарату нейлоновою стрічкою.

У II групі пацієнтів на етапі ревізійного втручання, через 2 тижні після реконструкції розгинального апарату колінного суглоба, у одного пацієнта відмічались некротичні зміни у ділянці кріплення зв'язки наколінка. Такий варіант розвитку можливий, оскільки виконувалась рефіксація вже рубцеве зміненої зв'язки. У іншого пацієнта розрив розгинального апарату виник

через 1 рік після хірургічного втручання, у зв'язку з наявністю рубцевих змін розгинального апарату. В одного пацієнта II групи відмічено формування стійкої розгинальної контрактури колінного суглоба, причиною якого можна вважати фібротизацію м'яких тканин. Адже кожне хірургічне втручання — це значна травма для сегмента і кінцівки, а враховуючи наявність інфекції цієї ділянки в анамнезі, утворення масивних рубців у подібних випадках є неминучим.

*II тип ускладнень.* Асептична нестабільність ендопротеза за нашими даними було виявлено лише в 1 пацієнта (2,08 % від усіх ускладнень) через 6 років після первинного ендопротезування. У хворого була первинно встановлено ніжка ендопротеза безцементної фіксації з керамічним покриттям. Цікавим фактом є використання в дизайні великогомілкового компонента екстремедулярної пластини з керамічним покриттям, яка міцно зрослась із великогомілковою кісткою та м'якими тканинами навколо неї. В наслідок активної функціональної кінцівки після операції, метал пластини не витримав навантаження, що призвело до перелому екстремедулярної пластини та асептичної нестабільності великогомілкової ніжки ендопротеза (рис. 5.2, а).

У цьому випадку ми виконали ревізійне втручання, під час якого замінили великогомілковий компонент ендопротеза, не видаляючи «Attachment tube», оскільки до неї під час первинного втручання було рефіксовано розгинальний апарат та капсулу колінного суглоба. Виконувалось лише розсічення «Attachment tube» разом із рубцевою тканиною по старому післяопераційному рубцю (рис. 5.2, б).

Після видалення уражених металозом тканин і заміни ніжки ендопротеза, виконано ушивання корсету, який сформовано з «Attachment tube» та прилеглих м'яких тканин. Проведені маніпуляції дали змогу навантажувати прооперовану кінцівку та виконувати рухи в колінному суглобі в найкоротший термін (на 3-тю добу) після хірургічного втручання.

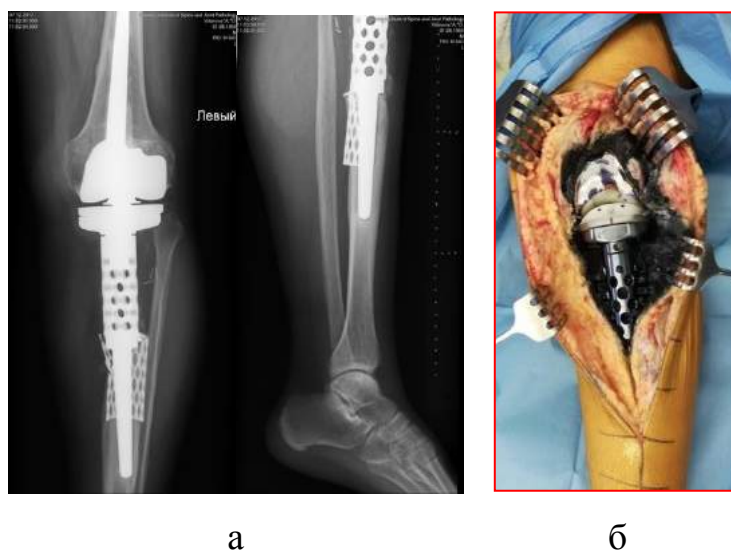


Рис. 5.2. Рентгенограми (а) та зовнішній вигляд операційної рани під час проведення ревізійного втручання (б) пацієнта В, 63 роки. Історія хвороби № 81643, асептична нестабільність великогомілкової ніжки ендопротеза.

*III типу ускладнень* – механічні. Механічних ускладнень, таких як перипротезні переломи, переломи компонентів ендопротеза в нашому дослідженні не виявлено.

*Ускладнення IV типу* – перипротезна інфекція. Найпоширеніше ускладнення після реконструкції проксимального відділу гомілки з використанням модульного ендопротезування. Крім того, лікування перипротезної інфекції складно піддається лікуванню, тому є найчастішою причиною видалення встановленого імплантату, а в деяких випадках до ампутації кінцівки. В нашому дослідженні даний тип ускладнення виявлено у 12 (25%) хворих із 48 (рис. 5.3). Терміни розвитку інфекції навколо імплантату становили від 12 діб до 4 років. У I групі пацієнтів зареєстровано 9, у II — 3.

Інфекційні ускладнення поділяли на ранні (до 3 тижнів після операції) та пізні ускладнення (понад 3 тижнів після операції). У випадку ранньої перипротезної інфекції виконували ревізійне хірургічне втручання, під час якого виконували некректомію, активний “pulse lavage” дебридмент рани. На

пізньому етапу формування інфекційного ускладнення усім пацієнтам першим етапом ревізійної операції видалено імплантат і виконано радикальну хірургічну обробку рани з висіченням патологічно змінених тканин, активний “pulse lavage” дебридмент рани та встановлення металоцементного спейсера насиченого двома антибіотиками (ванкоміцин і гентаміцин). В деяких випадках виконувались неодноразові ревізійні втручання у зв’язку з наявністю важкої антибіотико-резистентної інфекції, а іноді з видалення спесера та фіксацією в АЗФ. Крім того проводилась супресивна антибактеріальна терапія на протязі 3 місяців. Через 6-8 міс. після останнього ревізійного втручання, у випадку наявності стійкої ремісії інфекційного процесу (клінічні дані та лабораторні показники), другим етапом виконувалось реендопротезування ПБВК. Усі випадки в післяопераційному періоді супроводжувались розгинальною контрактурою колінного суглоба, у зв’язку з рубцевими змінами м’яких тканин гомілки та колінного суглоба.



Рис. 5.3. Зовнішній вигляд колінного суглоба з перипротезною інфекцією після модульного пухлинного ендопротезування

У 8 (16,7 %) пацієнтів виконано міофасціопластичну ампутацію на рівні середньої третини стегна через тяжку генералізовану інфекцією з складними дефектами покривних тканин і вистоянням імплантата в рану, що не можливо було лікувати зі збереженням кінцівки.

*V тип ускладнень.* Лікування пухлин кісткової системи достатньо складне не тільки з точки зору ортопеда, а і лікаря онколога. Проведення

комбінованого лікування, на теперішній час, є залогом успіху в лікуванні злоякісних пухлин, проте, на жаль, існує місце місцевим рецидивам пухлинного ураження. У нашому дослідженні місцевий рецидив пухлинного ураження виявлено у 2 (4,17 %) пацієнтів I групи: через 6 міс. після хірургічного втручання в пацієнтки з низькодиференційованою саркомою верхньої третини правої великогомілкової кістки, через 3 роки – у хворого на остеосаркому верхньої третини лівої великогомілкової кістки. Ці пухлини мають високу ступінь злоякісності та достатньо високий відсоток рецидування після комбінованого лікування. Обом пацієнтам виконано міофасціопластичну ампутацію на рівні середньої третини стегна (рис. 5.4).



Рис. 5.4. КТ-скан пацієнта М., 49 років. Історія хвороби № 71724. Локальний рецидив низькодиференційованої саркоми верхньої третини правої великогомілкової кістки. Ураження малоюмілкової кістки.

Звісно, що кількість ускладнень модульного ендопротезування ПВВК достатньо висока, на це є низка причин, які ми вже називали. Проте, все за що ми боремось, не дивлячись на кількість складнощів, це відновлення функції кінцівки та добрий функціональний результат. Адже відновлення функції кінцівки дозволяє адаптуватись пацієнту в суспільстві повною мірою, а саме працювати та жити повноцінним життям.

Ми аналізували результати органозберігального хірургічного лікування 48 пацієнтів з пухлинами ПВВК в терміни від 1,5 року до 13 років після

видалення пухлини із заміщенням післяректційного дефекту модульним ендопротезом. У процесі лікування 10 (20,83 %) пацієнтам виконано міофасціопластичну ампутацію на рівні середньої третини стегна: у зв'язку з перипротезною інфекцією — 8 осіб (16,7 %), рецидивом пухлини — 2 (4,17 %).

Критеріями включення пацієнтів у дослідження з оцінки функціонального результату були:

- виконання органозберігального хірургічного втручання в об'ємі: резекція пухлини ПБВК «en block» із заміщенням дефекту модульним ендопротезом;

- строк після проведення хірургічного втручання не менше 6 місяців.

- Функціональний результат оцінювали за шкалами MSTS і TESS. Результати обох шкал оцінюються у відсотках за наступними градаціями: відмінний результат – від 75 % до 100 %, хороший – від 70 % до 74 %, середній – від 60 % до 69 %, задовільний – від 50 % до 59 %, незадовільний – менше 50 %.

Проведено аналіз функціональних результатів хірургічного лікування 38 пацієнтів на пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки із використанням модульного ендопротезування: за шкалою MSTS –  $(73 \pm 16)$  %, при цьому мінімальний показник становив 35 %, максимальний – 98 %, та за шкалою TESS –  $(74 \pm 16)$  %, при цьому мінімальний показник становив 23 %, максимальний – 100 %. 10 пацієнтам не було аналізовано у зв'язку з виконанням міофасціопластичної ампутації, які було виконано у зв'язку з локальним рецидивом злоякісної пухлини (2 пацієнти) та з важкою хронічно перипротезною інфекцією, яка не піддавалась лікуванню.

5 пацієнтам виконано відновлення розгинального апарату колінного суглоба з використанням нейлонової стрічки. Функціональні результати за шкалою MSTS –  $(64 \pm 18)$  %, та за шкалою TESS –  $(68 \pm 17)$  %.

33 пацієнтам виконано відновлення розгинального апарату колінного суглоба з використанням «Attachment tube». Функціональні результати за

шкалою MSTS –  $(74 \pm 16) \%$ , та за шкалою TESS –  $(76 \pm 14) \%$ , серед них функціональні результати у випадку первинного модульного ендопротезування ПБВК після видалення злоякісної пухлини (25 пацієнтів) MSTS –  $(78 \pm 16) \%$ , та за шкалою TESS –  $(79 \pm 14) \%$ , та 8 пацієнтів у випадку ревізійного модульного ендопротезування з приводу наслідків пухлинного ендопротезування (пацієнти з ускладненнями, яким первинне хірургічне втручання виконано в інших лікувальних закладах): MSTS –  $(60 \pm 16) \%$ , та за шкалою TESS –  $(64 \pm 14) \%$ .

### *Клінічний приклад 1*

Пацієнтка П., 74 роки, історія хвороби № 65793, звернувся до клініки інституту зі скаргами на біль у правому колінному суглобі. Із анамнезу відомо, що 12 років тому в пацієнтки виявлено хондросаркому проксимального відділу правої великогомілкової кістки, тоді ж виконано видалення пухлини підколінної ділянки. Після обстеження та проведення біопсії вогнища деструкції ПБВК встановлено діагноз: Рецидив хондросаркоми задньої поверхні правої великогомілкової кістки.

Пацієнтці проведене хірургічне втручання в обсязі: видалення пухлини ПБВК «en block», заміщення післярезекційного дефекту модульним ендопротезом СІМЕКС, виробництва ТОВ «Інмайстерс» (Харків, Україна). Реконструкцію розгинального апарата колінного суглоба виконано з використанням «Attachment tube» (рис. 5.5).

У післяопераційному періоді фіксацію не виконували. Розробку рухів у колінному суглобі розпочали на 3-ю добу після операції, після видалення дренажів. Пацієнтка отримувала відновлювальне лікування. Термін спостереження складає 4 роки. Місцевих рецидивів не спостерігається. Функція правого колінного суглоба повна. Пацієнтка ходить без додаткової опори та повернулася на попередню роботу. Оцінка функціонального результату по шкалі MSTS складає 93,3 %, TESS — 94,5 % (рис. 5.6).



Рис. 5.5. Фотовідбитки рентгенограм пацієнтки П., 74 роки, історія хвороби № 65793.



Рис. 5.6. Пацієнтка П., 74 роки, 4 роки після ендопротезування ПВВК модульним ендопротезом СІМЕКС.

Модульне ендопротезування – прогресивний метод хірургічного лікування пухлин завдяки своїй простоті використання, можливості швидкого відновлення функції кінцівки в ранні строки після хірургічного втручання. Але немає жодного хірургічно втручання, яке б не мало ускладнень, тим паче велике реконструктивне втручання. Порівняно з іншими ділянками опорно-рухової системи, після модульного ендопротезування ПВВК найчастіше виникають ускладнення різного роду.

Для оптимізації розподілу ускладнень різного роду ми використовували класифікацію E. R. Hendeson і співавт., за даними якої усі

ускладнення було розподілено на 5 груп.

За нашим дослідженням найчастіше виникали інфекційні ускладнення, які склали 25 %. Ми вважаємо, що основною причиною для виникнення ускладнення даного роду є мала кількість м'яких тканин для закриття рани. Проте проведення своєчасної ревізії з виконанням дебридменту м'яких тканин дозволяє досягти ремісії інфекційного процесу. Але не зважаючи на це у 8 (16,7 %) пацієнтів виконано міофасціопластичну ампутацію на рівні середньої третини стегна через тяжку генералізовану інфекцією з складними дефектами покривних тканин і вистоянням імплантат в рану, що не можливо було лікувати зі збереженням кінцівки.

Неспроможність м'яких виявлено у 3 (6,3 %) випадках. Серед них 1 випадок після первинного хірургічного втручання з використанням пластики розгинального апарату за допомогою нейлонової стрічки, ми пов'язуємо це з наявністю дегенеративних змін у зв'язці наколінка. 2 випадки у пацієнтів після ревізійного хірургічного втручання, зокрема у зв'язку з некрозом зв'язки наколінка у ранньому післяопераційному періоді у 1 пацієнта та з наявністю дегенеративних змін у зв'язці наколінка у іншого, у зв'язку з, перенесеною раніше, переімплантною інфекцією.

Один випадок нестабільності великогомілкової ніжки ендопротеза ми пов'язуємо з надмірними навантаженнями в процесі життєдіяльності пацієнтки.

На превеликий жаль виявлено 2 (4,17 %) випадки місцевого рецидиву пухлини, у зв'язку з чим виконано міофасціопластичні ампутації на рівні середньої третини стегнової кістки.

Адекватна рефіксація розгинального апарату колінного суглоба пацієнтам дала можливість отримати добрий функціональний результат за шкалою MSTS ( $72 \pm 12$ ) %, за шкалою TESS – ( $74 \pm 16$ ) % випадків. Проте, як показало наше дослідження, використання поліетинтерэфталату для рефіксації розгинального апарату колінного суглоба дає можливість

отримати кращі результати за шкалами MSTS та TESS на 12 %, порівняно з використанням нейлонової стрічки.

Не зважаючи на кількість ускладнень і складність хірургічних втручань у пацієнтів на злоякісні пухлини ділянки ПБВК, методика заміщення післярезекційних дефектів модульними ендопротезами є виправданою, оскільки дає можливість отримати 62,5 % результатів без ускладнень, що доведено поданим клінічним дослідженням.

**За матеріалами розділу опубліковано:**

[6] Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Шевченко, І. В., Малик, Р. В., Головіна, Я. О., & Міхановський Д. О. (2019). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 2 (615), 67-73. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019267-73>

[18] Скорик, І. О., & Малик, Р. В. (2018). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. *Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, присвячена 25-річчю Національної академії медичних наук України (23 березня 2018)*. Київ

## ВИСНОВКИ

1. Найбільш ефективним методом хірургічного лікування злоякісних пухлин ПБВК є їхнє видалення «en block» зі заміщенням дефекту модульним пухлинним ендопротезом. Завдяки своїм конструктивним особливостям, індивідуальній анатомічній відповідності розмірів компонентів і модулів, надійній фіксації використання модульних ендопротезів дозволяє отримати ранню післяопераційну активізацію пацієнта, швидке відновлення функції кінцівки та задовільний косметичний результат. Проте кількість ушкоджень розгинального апарата колінного суглоба досягає 5,8-12 %, а використання ротаційної пластики *m. gastrocnemius medialis* значно збільшує травматичність хірургічного втручання, що обумовлює розроблення нових і вдосконалення наявних методів реконструкції розгинального апарата колінного суглоба.

2. У результаті експериментального біомеханічного дослідження на моделях колінного суглоба свині доведено, що кріплення зв'язки наколінка до великогомілкової кістки з використанням мікропористого поліетилентерефталату («Attachment tube») є в 1,4 раза ( $p < 0,01$ ) міцнішим, ніж фіксація нейлоновою стрічкою.

3. На підставі експерименту *in-vivo* гістологічно підтверджено біологічну сумісність мікропористого поліетилентерефталату («Attachment tube»), титану з покриттям із корундової кераміки, титану. Доведено формування тісного контакту між ними та прилеглими тканинами, які утворюються в ділянці травми, без ознак запальної реакції. У разі використання «Attachment tube» в зоні травми зв'язки наколінка утворюється сухожилкоподібна тканина, на відміну від титану з та без покриття з корундової кераміки, де формувалася сполучна різного ступеня зрілості та хрящова тканини в різних співвідношеннях. Найменший прояв деструктивних змін на всіх термінах спостереження у травмованій зв'язці наколінка виявлено в разі її фіксації на мікропористому

поліетилентерефталаті порівняно з двома іншими групами ( $p < 0,001$ ).

4. На підставі ретроспективного дослідження 48 пацієнтів визначено, що найскладнішим і найпоширенішим ускладненням модульного ендопротезування ПБВК є рання та пізня перипротезна інфекція – 12 пацієнтів (25 %). Ушкодження розгинального апарата колінного суглоба виявлено після первинного ендопротезування виявлено в 1 випадку (2,08 %), після ревізійного – у 2 (4,17 %). Місцеві рецидиви пухлини спостерігали у 2 пацієнтів (4,17 %); асептичну нестабільність – у 1 (2,08 %).

5. Запропонована методика реконструкції розгинального апарата колінного суглоба в пацієнтів зі зляжисними пухлинами ПБВК, особливостями якої є використання вдосконаленої хірургічної техніки операції з фіксацією зв'язки наколінка на «Attachment tube», що дало змогу підвищити ефективність хірургічного лікування, покращити функціональні результати за шкалою MSTS на 10 % та за шкалою TESS на 12%, порівняно з використанням нейлонової стрічки.

6. Використання модульного пухлинного ендопротезування в пацієнтів зі зляжисними пухлинами ПБВК з відновленням розгинального апарата стегна загалом дало змогу отримати функціональний результат за шкалою MSTS –  $(73 \pm 12)$  %, за шкалою TESS –  $(74 \pm 16)$  %, що класифіковано як добрі. А використання саме запропонованої методики реконструкції розгинального апарата колінного суглоба дозволило покращити функціональні результати лікування та збільшити відсоток позитивних даних за шкалою MSTS –  $(74 \pm 16)$  %, за шкалою TESS –  $(76 \pm 14)$  %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Верховна Рада України. (2006). *Закон України № 3447-IV Про захист тварин від жорстокого поводження*. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3447-15>.
2. Вирва, О. Є. (2013). *Модульне індивідуальне ендопротезування в лікуванні злоякісних пухлин довгих кісток* (pp. 25-34). (Докторська дисертація). Київ.
3. Вирва, О. Є. (2014). Сучасний підхід до лікування злоякісних кісткових пухлин (огляд літератури)(Ч. 2). *Ортопедия, травматология и протезирование*, (1), 117–126. <https://doi.org/10.15674/0030-598720141117-126>.
4. Вирва, О. Є., & Баєв, В. В.(2011). Модульне ендопротезування в хірургічному лікуванні дітей із пухлинами колінного суглоба (експериментально-клінічне дослідження). *Вісник ортопедії, травматології та протезування*, (1), 40–44.
5. Вирва, О. Є., Ашукіна, Н. О., Скорик, І. О., & Данищук, З. М. (2020). Структура зв'язки наколінка щурів за умов її фіксації на різні поверхні імплантатів. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (618), 78-87. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020178-87>.
6. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Шевченко, І. В., Малик, Р. В., Головіна, Я. О., & Міхановський Д. О. (2019). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 2 (615), 67-73. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019267-73>.
7. Вирва, О. Є. (2013). *Модульне індивідуальне ендопротезування в лікуванні злоякісних пухлин довгих кісток модульне індивідуальне* (Автореферат докторської дисертації). Харків, 46 р.
8. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної

пухлини. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (614), 72-77. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019172-77>.

9. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Реконструкція розгинального апарату стегна при модульному пухлинному ендопротезуванні колінного суглоба. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів України* (рр. 326). Івано-Франківськ.

10. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Хірургічне лікування злоякісних пухлин проксимального відділу великогомілкової кістки з використанням модульного ендопротезування. *Актуальні проблеми клінічної та профілактичної медицини*, 3 (3-4), 58–67. [https://doi.org/10.33247/2312-1025.3\(3-4\).2019.08](https://doi.org/10.33247/2312-1025.3(3-4).2019.08).

11. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Карпінський, М. Ю., & Карпінська, О. Д. (2019). Експериментальне дослідження міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 4 (617), 64–69. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720194>.

12. Вирва, О. Е., Головина, Я. А., & Малык, Р. В. (2015). Аллокомпозитное эндопротезирование при хирургическом лечении пациентов со злокачественными опухолями длинных костей (обзор литературы). *Ортопедия, травматология и протезирование*. (2), 120–126. <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720152120-125>.

13. Заридзе, Д. Г. (2002). Эпидемиология, механизмы канцерогенеза и профилактика рака. *Архив патологии*, 64(2), 53–61.

14. Коноваленко, В.Ф., Толстоп'ятов Б.А., & Дедков А.Г. (1996). Хірургічне лікування злоякісних новоутворень кісток колінного суглоба. *Тези доповідей 12-го з'їзду травматологів-ортопедів України* (18–20 вересня, рр. 126–127). Київ.

15. Саркисов, Д. С. (1970). *Регенерация и ее клиническое значение*. Москва: Медицина, 284 р.

16. Синельников Р.Д. *Атлас анатомии человека*. (Vol. 3, 2<sup>nd</sup> ed.) (рр. 120–129). Москва: Медицина.

17. Синельников, Р. Д. (1996). *Атлас анатомии человека* (Vol. 1, 2<sup>nd</sup> ed.) (pp. 167–173; 289–312). Москва: Медицина.
18. Скорик, І. О., & Малик, Р. В. (2018). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. *Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, присвячена 25-річчю Національної академії медичних наук України* (23 березня 2018). Київ.
19. Ahlmann, E. R., Menendez, L. R., Kermani, C., & Gotha, H. (2006). Survivorship and clinical outcome of modular endoprosthetic reconstruction for neoplastic disease of the lower limb. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 88-B (6), 790–795. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.88b6.17519>
20. Albergo, J. I., Gaston, C. L., Aponte-Tinao, L. A., Ayerza, M. A., Muscolo, L., ... Grimer, R. J. (2017). Proximal Tibia Reconstruction After Bone Tumor Resection: Are Survivorship and Outcomes of Endoprosthetic Replacement and Osteoarticular Allograft Similar? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 475(3), 676–682. <https://doi.org/10.1007/s11999-016-4843-y>.
21. Amis, A. A., Firer, P., Mountney, J., Senavongse, W., & Thomas, N. P. (2003). Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *The Knee*, 10(3), 215–220. [https://doi.org/10.1016/s0968-0160\(03\)00006-1](https://doi.org/10.1016/s0968-0160(03)00006-1).
22. Ayerza, M. A., Aponte-Tinao, L. A., Abalo, E., & Muscolo, D. L. (2006). Continuity and function of patellar tendon host-donor suture in tibial allograft. *Clinical orthopaedics and related research*, 450, 33–38. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000229291.21722.b5>.
23. Bates, N. A., Myer, G. D., Shearn, J. T., & Hewett, T. E. (2015). Anterior cruciate ligament biomechanics during robotic and mechanical simulations of physiologic and clinical motion tasks: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Biomechanics*, 30(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.12.006>.
24. Bickels, J., Wittig, J. C., Kollender, Y., Neff, R. S., Kellar-Graney, K., Meller, I., & Malawer, M. M. (2001). Reconstruction of the extensor mechanism after proximal tibia endoprosthetic replacement. *The Journal of Arthroplasty*,

16(7), 856–862. <https://doi.org/10.1054/arth.2001.25502>.

25. Browne, J. A., & Hanssen, A. D. (2011). Reconstruction of patellar tendon disruption after total knee arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 93(12), 1137–1143. <https://doi.org/10.2106/jbjs.j.01036>.

26. Bus, M. P., Van de Sande, M. A., Fiocco, M., Schaap, G. R., Bramer, J. A., & Dijkstra, P. D. (2015). What are the long-term results of MUTARS® modular Endoprotheses for reconstruction of tumor resection of the distal femur and proximal tibia? *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 475(3), 708–718. <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4644-8>.

27. Calori, G. M., Mazza, E. L., Vaianti, L., Mazzola, S., Colombo, A., Gala, L., & Colombo, M. (2016). Reconstruction of patellar tendon following implantation of proximal tibia megaprosthesis for the treatment of post-traumatic septic bone defects. *Injury*, 47, S77–S82. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(16\)30843-9](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(16)30843-9).

28. Campanacci, M., & Costa, P. (1979). Total resection of distal femur or proximal tibia for bone tumours. Autogenous bone grafts and arthrodesis in twenty-six cases. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 61-B (4), 455–463. doi: 10.1302/0301-620x.61b4.227909

29. Chandrasekar, C. R., Grimer, R. J., Carter, S. R., Tillman, R. M., Abudu, A., & Buckley, L. (2009). Modular endoprosthetic replacement for tumours of the proximal femur. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 91-B(1), 108–112. doi:10.1302/0301-620x.91b1.20448.

30. Chen, L., Liu, J. P., Tang, K. L., Wang, Q., Wang, G. D., Cai, X. H., & Liu, X. M. (2014). Tendon derived stem cells promote platelet-rich plasma healing in collagenase-induced rat achilles tendinopathy. *Cellular physiology and biochemistry*, 34(6), 2153–2168. <https://doi.org/10.1159/000369659>.

31. Chim, H., Tan, B. K., Tan, M. H., Tan, K. C., & Song, C. (2007). Optimizing the use of local muscle flaps for knee megaprosthesis coverage. *Annals of plastic surgery*, 59(4), 398–403. <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000258955.27987.17>.

32. Colangeli, M., Donati, D., Benedetti, M. G., Catani, F., Gozzi, E., Montanari, E., & Giannini, S. (2007). Total knee replacement versus osteochondral allograft in proximal tibia bone tumours. *International orthopaedics*, 31(6), 823–829. <https://doi.org/10.1007/s00264-006-0256-y>.
33. Council of Europe. (1986, Mar 18). *European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes* Retrieved from <http://www.worldlii.org/int/other/treaties/COETSER/1986/1.html>.
34. Davis, A. M., Wright, J. G., Williams, J. I., Bombardier, C., Griffin, A., & Bell, R. S. (1996). Development of a measure of physical function for patients with bone and soft tissue sarcoma. *Quality of Life Research*, 5 (5), 508–516. <https://doi.org/10.1007/bf00540024>.
35. Docheva, D., Müller, S. A., Majewski, M., & Evans C. H. (2015). Biologics for tendon repair. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 84, 222–239. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2014.11.015>.
36. Donati, D., Colangeli, M., Colangeli, S., Di Bella, C., & Mercuri, M. (2008). Allograft-prosthetic composite in the proximal tibia after bone tumor resection. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 466 (2), 459–465. <https://doi.org/10.1007/s11999-007-0055-9>.
37. Donati, D., Giacomini, S., Gozzi, E., & Mercuri, M. (2002). Proximal femur reconstruction by an allograft prosthesis composite. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 394, 192–200. <https://doi.org/10.1097/00003086-200201000-00023>.
38. Drez, D., Edwards, T., & Williams, C. S. (2001). Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 17(3), 298–306. <https://doi.org/10.1053/jars.2001.21490>.
39. Eckerd, J. J., & Grogan, T. J. (1986). Giant cell tumor of bone. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 204, 45–58.
40. Elias, J. J., & Cosgarea, A. J. (2006). Technical errors during medial

patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: a computational analysis. *The American journal of sports medicine*, 34(9), 1478–1485. <https://doi.org/10.1177/0363546506287486>.

41. El-Sherbiny M. (2008). Pedicled gastrocnemius flap: clinical application in limb sparing surgical resection of sarcoma around the knee region and popliteal fossa. *Journal of the Egyptian National Cancer Institute*, 20(2), 196–207.

42. Enneking, W. F., Dunham, W., Gebhardt, M. C., Malawar, M., & Pritchard, D. J. (1993). A System for the Functional Evaluation of Reconstructive Procedures After Surgical Treatment of Tumors of the Musculoskeletal System. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (286), 241–246. <https://doi.org/10.1097/00003086-199301000-00035>.

43. Flandry, F., & Hommel, G. (2011). Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports medicine and arthroscopy review*, 19(2), 82–92. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e318210c0aa>.

44. Gebhardt, M. C., Flugstad, D. I., Springfield, D. S., & Mankin, H. J. (1991). The use of bone allografts for limb salvage in high-grade extremity osteosarcoma. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (270), 181–196. <https://doi.org/10.1097/00003086-199109000-00025>.

45. Giuliani, J., Kilcoyne, K., & Rue, J. (2009). Anterior cruciate ligament anatomy –A review of the Anteromedial and Posterolateral bundles. *Journal of Knee Surgery*, 22(02), 148-154. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247742>.

46. Gosheger, G., Gebert, C., Ahrens, H., Streitbuerger, A., Winkelmann, W., & Harges, J. (2006). Endoprosthetic reconstruction in 250 patients with sarcoma. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 450, 164–171. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000223978.36831.39>.

47. Gosheger, G., Hillmann, A., Lindner, N., Rudl, R., Hoffmann, C., Burger, H., & Winkelmann, W. (2001). Soft tissue reconstruction of Megaprotheses using a Trevira tube. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 393, 264-271. <https://doi.org/10.1097/00003086-200112000-00030>.

48. Gottsauner-Wolf, F., Kotz, R., Knahr, K., Kristen, H., Ritschl, P., &

Salzer, M. (1991). Rotationplasty for limb salvage in the treatment of malignant tumors at the knee. A follow-up study of seventy patients. *The Journal of Bone & Joint Surgery, American volume*, 73 (9), 1365–1375. <https://doi.org/10.2106/00004623-199173090-00012>.

49. Grimer, R. J., Carter, S. R., Tillman, R. M., Sneath, R. S., Walker, P. S., Unwin, P. S., & Shewell, P. C. (1999). Endoprosthetic replacement of the proximal tibia. *The Journal of bone and joint surgery, British volume*, 81(3), 488–494. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.81b3.9234>.

50. Henderson, E. R., Groundland, J. S., Pala, E., Dennis, J. A., Wooten, R., Cheong, D., & Letson, G. D. (2011). Failure mode classification for tumor endoprostheses. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 93 (5), 418–429. <https://doi.org/10.2106/jbjs.j.00834>.

51. Henderson, E. R., O'Connor, M. I., Ruggieri, P., Windhager, R., Funovics, P. T., Gibbons, C. L., & Letson, G. D. (2014). Classification of failure of limb salvage after reconstructive surgery for bone tumours. *The Bone & Joint Journal*, 96-B (11), 1436–1440. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.96b11.34747>.

52. Hillmann, A. (1995). Prevention of tumor prosthesis dislocation by joint capsule reconstruction with artificial grafts. In *Abstract of the International Symposium on Limb Salvage*, 8, 43.

53. Hobusch, G. M., Funovics, P. T., Hourscht, C., Domayer, S. E., Puchner, S. E., Dominkus, M., & Windhager, R. (2016). LARS® band and tube for extensor mechanism reconstructions in proximal tibial modular endoprostheses after bone tumors. *The Knee*, 23(5), 905–910. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2016.04.002>.

54. Holzapfel, B. M., Pilge, H., Toepfer, A., Jakubietz, R. G., Gollwitzer, H., Rechl, H., von Eisenhart-Rothe, R., & Rudert, M. (2012). Proximaler Tibiaersatz und alloplastische Rekonstruktion des Streckapparats nach Resektion kniegelenksnaher Tumoren [Proximal tibial replacement and alloplastic reconstruction of the extensor mechanism after bone tumor resection]. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 24(3), 247–262. <https://doi.org/10.1007/s00064->

012-0187-2.

55. Horowitz, S. M., Lane, J. M., Otis, J. C., & Healey, J. H. (1991). Prosthetic arthroplasty of the knee after resection of a sarcoma in the proximal end of the tibia. A report of sixteen cases. *The Journal of Bone & Joint Surgery. American volume*, 73 (2), 286–293. <https://doi.org/10.2106/00004623-199173020-00017>.

56. Hu, Y., & Lun, D. (2012). Application of artificial prosthesis reconstruction techniques in malignant tumors around the knee joint. *Orthopaedic Surgery*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1757-7861.2011.00161.x>.

57. Huvos, A. G. (1991). *Bone tumors: diagnosis, treatment, and prognosis*. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Company.

58. Ichikawa, J., Matsumoto, S., Shimoji, T., Ae, K., Tanizawa, T., & Gokita, T. (2015). A new technique using mesh for extensor reconstruction after proximal tibial resection. *The Knee*, 22(6), 659–663. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2015.01.001>.

59. Jeys, L., Grimer, R., Carter, S., & Tillman, R. (2005). Periprosthetic infection in patients treated for an orthopaedic oncological condition. *The Journal of Bone & Joint Surgery. American volume*, 87 (4), 842–849. <https://doi.org/10.2106/jbjs.c.01222>.

60. Junqueira, L. C., Cossermelli, W., & Brentani, R. (1978). Differential staining of collagens type I, II and III by sirius red and polarization microscopy. *Archivum histologicum japonicum*, 41(3), 267-274. <https://doi.org/10.1679/aohc1950.41.267>.

61. Kendall, S., Singer, G., Briggs, T., & Cannon, S. (2000). A functional analysis of massive knee replacement after extra-articular resections of primary bone tumors. *The Journal of Arthroplasty*, 15(6), 754-760. <https://doi.org/10.1054/arth.2000.8104>.

62. Kontogeorgakos, V. A. (2015). Clinical outcome of total knee Megaprosthesis replacement for bone tumors. *Total Knee Arthroplasty*, 193-203. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6660-3\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6660-3_20).

63. Kotz R. (1997). Rotationplasty. *Seminars in surgical oncology*, 13(1), 34–

40. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2388\(199701/02\)13:1<34::aid-ssu6>3.0.co;2-5](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2388(199701/02)13:1<34::aid-ssu6>3.0.co;2-5)
64. Kozanek, M., Hosseini, A., Liu, F., Van de Velde, S. K., Gill, T. J., Rubash, H. E., & Li, G. (2009). Tibiofemoral kinematics and condylar motion during the stance phase of gait. *Journal of Biomechanics*, 42(12), 1877-1884. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.05.003>.
65. Lee, S. H., Oh, J. H., Lee, K. S., Yoo, K. H., & Kim, H. S. (2002). Infection after prosthetic reconstruction in limb salvage surgery. *International Orthopaedics*, 26 (3), 179–184. <https://doi.org/10.1007/s00264-001-0328-y>.
66. Liu, B., Tan, J. C., Wang, H. L., Wu, Z., Yuan, Z. C., & Wei, C. Y. (2019). The role of mesh technology with tumor prosthesis reconstruction to reconstruct the extensor mechanism of knee joint after resection of proximal tibial tumors. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 14(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1105-1>.
67. Loudon J. K. (2016). Biomechanics and pathomechanics of the patellofemoral joint. *International journal of sports physical therapy*, 11(6), 820–830.
68. Majewski, M., Porter, R., Betz, O., Betz, V., Clahsen, H., & Evans, C. (2012). Improvement of tendon repair using muscle grafts transduced with TGF- $\beta$ 1 cDNA. *European Cells and Materials*, 23, 94–102. <https://doi.org/10.22203/ecm.v023a07>.
69. Malawer, M. M., & Chou, L. B. (1995). Prosthetic survival and clinical results with use of large-segment replacements in the treatment of high-grade bone sarcomas. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 77(8), 1154–1165. <https://doi.org/10.2106/00004623-199508000-00003>.
70. Malawer, M. M., & McHale, K. A. (1989). Limb-sparing surgery for high-grade malignant tumors of the proximal tibia. Surgical technique and a method of extensor mechanism reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 239, 231–248. <https://doi.org/10.1097/00003086-198902000-00027>.
71. Manjunath, K. S., Gopalakrishna, K. G., & Vineeth, G. (2015). Evaluation of alignment in total knee arthroplasty: A prospective study. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 25(5), 895–903.

<https://doi.org/10.1007/s00590-015-1638-x>.

72. Mavrogenis, A. F., Pala, E., Angelini, A., Ferraro, A., & Ruggieri, P. (2012). Proximal tibial resections and reconstructions: Clinical outcome of 225 patients. *Journal of Surgical Oncology*, *107* (4), 335–342. <https://doi.org/10.1002/jso.23216>.

73. Mittermayer, F., Windhager, R., Dominkus, M., Krepler, P., Schwameis, E., Sluga, M., & Strasser, G. (2002). Revision of the Kotz type of tumour endoprosthesis for the lower limb. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, *84-B* (3), 401–406. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.84b3.0840401>.

74. Myers, G. J., Abudu, A. T., Carter, S. R., Tillman, R. M., & Grimer, R. J. (2007). The long-term results of endoprosthetic replacement of the proximal tibia for bone tumours. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, *89-B* (12), 1632–1637. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.89b12.19481>.

75. Myers, G. J., Abudu, A. T., Carter, S. R., Tillman, R. M., & Grimer, R. J. (2007). Endoprosthetic replacement of the distal femur for bone tumours. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, *89-B*(4), 521–526. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.89b4.18631>.

76. Nomura, E., Horiuchi, Y., & Kihara, M. (2000). Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *The Knee*, *7*(2), 121–127. [https://doi.org/10.1016/s0968-0160\(00\)00038-7](https://doi.org/10.1016/s0968-0160(00)00038-7).

77. Orlic, D., Smerdelj, M., Kolundzic, R., & Bergovec, M. (2006). Lower limb salvage surgery: modular endoprosthesis in bone tumour treatment. *International Orthopaedics*, *30* (6), 458–464. <https://doi.org/10.1007/s00264-006-0193-9>.

78. Pala, E., Trovarelli, G., Calabrò, T., Angelini, A., Abati, C. N., & Ruggieri, P. (2014). Survival of modern knee tumor megaprotheses: failures, functional results, and a comparative statistical analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *473* (3), 891–899. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3699-2>.

79. Pendegrass, C. J., Oddy, M. J., Sundar, S., Cannon, S. R., Goodship, A. E., & Blunn, G. W. (2006). The novel use of resorbable Vicryl mesh for in vivo tendon reconstruction to a metal prosthesis. *The Journal of Bone and Joint*

*Surgery. British volume*, 88-B (9), 1245–1251. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.88b9.17748>.

80. Picci, P., Manfrini, M., Fabbri, N., Gambarotti, M., & Vanel, D. (Eds.). (2014). *Atlas of Musculoskeletal Tumors and Tumorlike Lesions: The Rizzoli Case Archive*. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-01748-8>.

81. Puchner, S. E., Kutscha-Lissberg, P., Kaider, A., Panotopoulos, J., Puchner, R., Böhler, C., ... Funovics, P. T. (2015). Outcome after reconstruction of the proximal tibia – Complications and competing risk analysis. *PLOS ONE*, 10(8), e0135736. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135736>.

82. Riley G. (2004). The pathogenesis of tendinopathy. A molecular perspective. *Rheumatology (Oxford, England)*, 43(2), 131–142. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keg448>.

83. Seiler III, J. G. (2001). Flexor tendon repair. *Journal of the American Society for Surgery of the Hand*, 1(3), 177–191.

84. Sharma, A.K.R. (2018). Contact mechanics of the human knee. In: W. N. Scott, D. R. Diduch, A. D. Hanssen, R. Iorio, W. J. Long (Eds.). *Insall & Scott Surgery of the Knee* (6<sup>th</sup> ed.) (pp. 329–337). Philadelphia, PA: Elsevier.

85. Sherman, S. L., Plackis, A. C., & Nuelle, C. W. (2014). Patellofemoral anatomy and biomechanics. *Clinics in Sports Medicine*, 33(3), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2014.03.008>.

86. Shimose, S., Sugita, T., Kubo, T., Matsuo, T., & Ochi, M. (2005). Reconstructed patellar tendon length after proximal tibia prosthetic replacement. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (439), 176–180. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000176150.16509.33>.

87. Shmookler, B., Bickels, J., Jelinek, J., Sugarbaker, P., & Malawer, M. (2004). *Bone and soft-tissue sarcomas: epidemiology, radiology, pathology and fundamentals of surgical treatment*. In *Musculoskeletal cancer surgery* (pp. 1–18). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/0-306-48407-2\\_1](https://doi.org/10.1007/0-306-48407-2_1).

88. Sigal, I. R., Grande, D. A., Dines, D. M., Dines, J., & Drakos, M.

(2016). Biologic and tissue engineering strategies for tendon repair. *Regenerative Engineering and Translational Medicine*, 2(3-4), 107–125. <https://doi.org/10.1007/s40883-016-0019-2>.

89. Smith, T. H., Gad, B. V., Klika, A. K., Styron, J. F., Joyce, T. A., & Barsoum, W. K. (2013). Comparison of mechanical and Nonmechanical failure rates associated with rotating hinged total knee arthroplasty in Nontumor patients. *The Journal of Arthroplasty*, 28(1), 62-67. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2012.05.008>.

90. Smolle, M. A., Andreou, D., Tunn, P., & Leithner, A. (2019). Advances in tumour endoprostheses: A systematic review. *EFORT Open Reviews*, 4(7), 445-459. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.4.180081>.

91. Snedeker, J. G., & Foolen, J. (2017). Tendon injury and repair—A perspective on the basic mechanisms of tendon disease and future clinical therapy. *Acta biomaterialia*, 63, 18–36. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2017.08.032>.

92. Summers, S. H., Zachwieja, E. C., Butler, A. J., Mohile, N. V., & Pretell-Mazzini, J. (2019). Proximal Tibial Reconstruction After Tumor Resection: A Systematic Review of the Literature. *The Journal of Bone & Joint Surgery reviews*, 7(7), e1. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.18.00146>.

93. Tan, P. X., Yong, B. C., Wang, J., Huang, G., Yin, J. Q., Zou, C. Y., Xie, X. B., Tang, Q. L., & Shen, J. N. (2012). Analysis of the efficacy and prognosis of limb-salvage surgery for osteosarcoma around the knee. *European journal of surgical oncology*, 38(12), 1171–1177. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2012.07.003>

94. Titus, V., & Clayer, M. (2008). Protecting a patellar ligament reconstruction after proximal tibial resection: A simplified approach. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 466(7), 1749–1754. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0239-y>.

95. Unwin, P. S., Cannon, S. R., Grimer, R. J., Kemp, H. B., Sneath, R. S., & Walker, P. S. (1996). Aseptic loosening in cemented custom-made prosthetic replacements for bone tumours of the lower limb. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 78-B (1), 5–13. <https://doi.org/10.1302/0301->

620x.78b1.0780005.

96. Urakawa, H., Yonemoto, T., Matsumoto, S., Takagi, T., Asanuma, K., Watanuki, M., & Ozaki, T. (2018). Clinical outcome of primary giant cell tumor of bone after curettage with or without perioperative denosumab in Japan: from a questionnaire for JCOG 1610 study. *World Journal of Surgical Oncology*, *16* (1). <https://doi.org/10.1186/s12957-018-1459-6>.

97. Vaienti, E., Scita, G., Ceccarelli, F., & Pogliacomi, F. (2017). Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, *88*(2S), 6–16. <https://doi.org/10.23750/abm.v88i2-S.6507>.

98. Vineis, P., Alavanja, M., Buffler, P., Fontham, E., Franceschi, S., Gao, Y. T., Gupta, P. C., Hackshaw, A., Matos, E., Samet, J., Sitas, F., Smith, J., Stayner, L., Straif, K., Thun, M. J., Wichmann, H. E., Wu, A. H., Zaridze, D., Peto, R., & Doll, R. (2004). Tobacco and cancer: recent epidemiological evidence. *Journal of the National Cancer Institute*, *96*(2), 99–106. <https://doi.org/10.1093/jnci/djh014>.

99. Vyrva, O. Ye., Skoryk, I. O., & Tovazhnianska, V. D. (2021). Modular endoprosthetic replacement for proximal tibia tumor patients. *Запорожський медичинський журнал*, *23* (2), 242-249. doi: <http://dx.doi.org/10.14739/2310-1210.2021.2.224920>

100. Wu, F., Nerlich, M., & Docheva, D. (2017). Tendon injuries. *EFORT Open Reviews*, *2*(7), 332–342. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.2.160075>.

101. Wunder, J. S., Leitch, K., Griffin, A. M., Davis, A. M., & Bell, R. S. (2001). Comparison of two methods of reconstruction for primary malignant tumors at the knee: A sequential cohort study. *Journal of Surgical Oncology*, *77*(2), 89–99. <https://doi.org/10.1002/jso.1076>.

102. Xing, R., Yang, J., Kong, Q., Tu, C., Zhou, Y., & Duan, H. (2013). Giant cell tumour of bone in the appendicular skeleton: an analysis of 276 cases. *Acta Orthopaedica Belgica*, *79* (6), 731–737.

## ДОДАТОК А

Список пацієнтів, які пройшли обстеження в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України» та були включені в дисертаційне дослідження за темою «Відновлення розгинального апарата колінного суглоба з умов модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки».

№ з/п	ПІБ, вік, стать	№ історії хвороби	№ з/п	ПІБ, вік, стать	№ історії хвороби
1	2	3	4	5	6
1	Г., 12, ч	80553	21	Р., 55, ч	73306
2	К., 16, ч	69410	22	Р., 56, ч	71792
3	Д., 11, ч	78154	23	С., 41, ж	70831
4	П., 74, ж	65793	24	С., 31, ч	86775
5	С., 38, ч	80516	25	С., 23, ч	73396
6	М., 53, ч	67031	26	С., 25, ч	74480
7	М., 16, ч	81921	27	Х., 23, ч	86277
8	М., 45, ч	78758	28	Ш., 22, ж	86417
9	Г., 28, ж	84932	29	Д., 16, ж	66647
10	К., 56, ч	73285	30	М., 68, ж	67107
11	К., 37, ж	69234	31	П., 52, ж	75068
12	Ш., 40, ж	72347	32	В., 31, ж	82967
13	Б., 32, ж	86314	33	В., 50, ж	81643
14	В., 23, ж	76863	34	Г., 12, ж	76526
15	Г., 23, ж	67280	35	Г., 17, ч	78753
16	Г., 18, ч	72409	36	Д., 44, ч	85272
17	Ж., 45, ж	77920	37	Е., 24, ч	84751
18	К., 54, ж	86048	38	К., 18, ч	65657
19	К., 17, ж	78508	39	М., 24, ч	82432
20	М., 33, ж	79920	40	Х., 34, ж	85399

## Продовження Додатку А

1	2	3	4	5	6
41	П., 17, ч	78130	45	М., 32, ж	92747
42	М., 49, ж	71724	46	З., 31, ч	91053
43	Г., 16, ч	76379	47	М., 49, ж	97077
44	Т., 19, ч	87447	48	В., 59, ч	96892

Усі матеріали, використані в дослідженні (історії хвороби, амбулаторні карти, рентгенограми), зберігаються в архіві Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України».

Заступник директора інституту  
з наукової роботи Державної установи  
«Інститут патології хребта та суглобів  
імені проф. М.І. Ситенка Національної  
академії медичних наук України»  
доктор медичних наук, професор



Радченко В.О.

## ДОДАТОК Б

## СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті:*

1. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 1 (614), 72-77. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019172-77>.

Автором вивчено стан проблеми щодо модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини, відібрано групу пацієнтів для ретроспективного аналізу, оцінено результати їхнього лікування.

2. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Шевченко, І. В., Малик, Р. В., Головіна, Я. О., & Міхановський Д. О. (2019). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 2 (615), 67-73. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019267-73>.

Автором відібрано групу пацієнтів для аналізу, визначено основні ускладнення модульного ендопротезування, підготовлено публікацію до друку.

3. Вирва, О. Є., Скорик, І. О., Карпінський, М. Ю., & Карпінська, О. Д. (2019). Експериментальне дослідження міцності фіксації зв'язки наколінка після її реконструкції. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 4 (617), 64-69. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720194>.

Авторові належить ідея виконання експерименту, ним створено натурні моделі з фіксації зв'язки наколінка свині за допомогою нейлонової стрічки та «Attachment tube», взято участь в аналізі результатів, сформульовано висновки.

4. Вирва, О. Є., Ашукіна, Н. О., Скорик, І. О., & Данищук, З. М. (2020). Структура зв'язки наколінка щурів за умов її фіксації на різні

поверхні імплантатів. *Ортопедия, травматология и протезирование, 1* (618), 78-87. doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872020178-87>.

Автором розроблено дизайн експерименту на тваринах, виконані хірургічні втручання, взято участь в обговоренні результатів, формулюванні висновків.

5. Vyrva, O. Ye., Skoryk, I. O., & Tovazhnianska, V. D. (2021). Modular endoprosthesis replacement for proximal tibia tumor patients. *Запорожский медицинский журнал, 23* (2), 242-249. doi: <http://dx.doi.org/10.14739/2310-1210.2021.2.224920>

Автором проаналізовано стан проблеми, відібрано пацієнтів для аналізу, взято участь в їхньому лікуванні, аналізі отриманих результатів, підготовлено статтю до друку.

*Тези:*

6. Скорик, І. О., & Малик, Р. В. (2018). Аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки. Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, присвячена 25-річчю Національної академії медичних наук України (Київ, 23 березня 2018).

Автором за історіями хвороби проведено ретроспективний аналіз ускладнень модульного ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки, зроблено доповідь.

7. Вирва, О. Є., & Скорик, І. О. (2019). Реконструкція розгинального апарату стегна при модульному пухлинному ендопротезуванні колінного суглоба. *Збірник наукових праць XVIII з'їзду ортопедів-травматологів України* (Івано-Франківськ, 2019, с. 326).

Автором відібрано групу хворих, проаналізовано історії хвороб, підготовлено матеріали до друку, зроблено доповідь).

## ДОДАТОК В

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
 Директор ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України»  
 І. мед.п., проф. Корж М.О.  
 «09» лютого 2020 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Спосіб реконструкції розгинального апарата колінного суглоба за умов модульного ендопротезування у хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

*(назва пропозиції для впровадження)*

2. Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», вул. Пушкінська, 80, Харків, 61024, Україна; І.О. Скорик

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

3. Джерело інформації: стаття  
Вирва, О. С., Скорик, І. О. (2019). Хірургічне лікування злоякісних пухлин проксимального відділу великогомілкової кістки з використанням модульного ендопротезування. Актуальні проблеми клінічної та профілактичної медицини, 3 (3-4), 58-67.

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

4. Впроваджено за реєстром нововведень року, випуск № \_\_\_\_, реєстраційний №  
 5. Найменування установи, яка здійснила впровадження  
 ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України»

6. Строки впровадження з: 20.12.2018 до 20.01.2020

7. Загальна кількість спостережень 11

8. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)  
 Дозволяє знизити кількість ускладнень та підвищити функціональні результати хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

9. Зауваження, пропозиції  
 Рекомендується до впровадження у спеціалізованих травматологічних стаціонарах.

Зав. відділенням невідкладної травматології та відновної хірургії

к.мед.п. Шевченко І.В.

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

«09» лютого 2020 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ»

Г.о. Генерального директора КНП ХОР

"Обласна клінічна лікарня»

Сергій ГРИГОРОВ

» серпень 2020р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Хірургічний етап в системі комплексного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

(назва пропозиції для впровадження)

2. Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», вул. Пушкінська, 80, Харків, 61024, Україна; І.О. Скорик

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

3. Джерело інформації: стаття

Вирва, О.Є., Скорик, І.О. (2019). Модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини. Ортопедия, травматология и протезирование, 1 (614), 72-77.

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

4. Впроваджено за реєстром нововведень року, випуск № \_\_\_\_, реєстраційний №

5. Найменування установи, яка здійснила впровадження  
КНП ХОР «Обласна клінічна лікарня»

6. Строки впровадження: 14.03.2019 до 29.03.2019

7. Загальна кількість спостережень 4

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

Дозволяє знизити кількість ускладнень та підвищити функціональні результати хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

9. Зауваження, пропозиції

Рекомендується до впровадження у спеціалізованих травматологічних стаціонарах.

Завідувач відділенням травматології  
та ортопедії. к.мед.н. Спесивий І.І.

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

«11» серпня 2020р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Головний лікар КНП "МКЛШНМД ім.

ПРОФ.О.І.МЕЦАНІНОВА" ХМР

Козальова О.О.

02

2020 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Модульне ендопротезування при пухлинах проксимального відділу великогомілкової кістки.

(назва пропозиції для впровадження)

2. Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», вул. Пушкінська, 80, Харків, 61024, Україна; І.О. Скорик

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

3. Джерело інформації: стаття  
Вирва, О. С., Скорик, І. О. (2019). Хірургічне лікування злоякісних пухлин проксимального відділу великогомілкової кістки з використанням модульного ендопротезування. Актуальні проблеми клінічної та профілактичної медицини, 3 (3-4), 58-67.

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

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

4. Впроваджено за реєстром нововведень    року, випуск №   , реєстраційний №

5. Найменування установи, яка здійснила впровадження  
КНП "МКЛШНМД ім. ПРОФ.О.І.МЕЦАНІНОВА" ХМР

6. Строки впровадження з:   20.12.2019   до   20.01.2020  

7. Загальна кількість спостережень   2  

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

Дозволяє знизити кількість ускладнень та підвищити функціональні результати хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

9. Зауваження, пропозиції

Рекомендується до впровадження у спеціалізованих травматологічних стаціонарах.

Завідуючий відділення травматології №1    Перхун М.В.

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

« 05 »   02   2020 р.



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Хірургічний етап в системі комплексного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

(назва пропозиції для впровадження)

2. Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», вул. Пушкінська, 80, Харків, 61024, Україна; І.О. Скорик

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

3. Джерело інформації: стаття  
Вирва, О. Є., Скорик, І. О. (2019). Модульне ендопротезування проксимального відділу великогомілкової кістки в разі гігантоклітинної пухлини. Ортопедия, травматология и протезирование, 1 (614), 72-77.

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

4. Впроваджено за реєстром нововведень року, випуск №    , реєстраційний №    

5. Найменування установи, яка здійснила впровадження  
КНП ХОР «Обласна клінічна травматологічна лікарня»

6. Строки впровадження з: 14.03.2019 до 29.03.2019

7. Загальна кількість спостережень 3

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

Дозволяє знизити кількість ускладнень та підвищити функціональні результати хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

9. Зауваження, пропозиції

Рекомендується до впровадження у спеціалізованих травматологічних стаціонарах.

Завідувач ортопедо-травматологічним відділенням \_\_\_\_\_  
 В.І.

З. Кернєв Купін

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

«11» 06 2020 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. директора Національного інституту раку  
д.мед.н. Яцина О.І.

« 09 » \_\_\_\_\_ 20 20 р.

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

1. Спосіб реконструкції розгинального апарата колінного суглоба за умов модульного ендопротезування у хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

(назва пропозиції для впровадження)

2. Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», вул. Пушкінська, 80, Харків, 61024, Україна; І.О. Скорик

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

3. Джерело інформації: стаття  
Вирва, О. Є., Скорик, І. О. (2019). Хірургічне лікування злоякісних пухлин проксимального відділу великогомілкової кістки з використанням модульного ендопротезування. Актуальні проблеми клінічної та профілактичної медицини, 3 (3-4), 58-67.

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

4. Впроваджено за реєстром нововведень року, випуск № \_\_\_\_\_, реєстраційний № \_\_\_\_\_5. Найменування установи, яка здійснила впровадження

Національний інститут раку МОЗ України

6. Строки впровадження з: \_\_\_\_\_ 20.12.2019 до \_\_\_\_\_ 09.07.20207. Загальна кількість спостережень \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_8. Ефективність впровадження (клінічна, наукова, соціальна, економічна)

Дозволяє знизити кількість ускладнень та підвищити функціональні результати хірургічного лікування хворих на злоякісні пухлини проксимального відділу великогомілкової кістки.

9. Зауваження, пропозиції

Рекомендується до впровадження у спеціалізованих травматологічних стаціонарах.

завідувач науково-дослідним відділеннямонкологічної ортопедії, д.мед.н., проф.Відповідальна за впровадження особа  
(посада, підпис, прізвище, ініціали)

Дедков А.Г.

« 09 » \_\_\_\_\_ 07 \_\_\_\_\_ 20 20 р.