

### ОПЕРАТИВНЕ ВІДНОВЛЕННЯ УШКОДЖЕНИХ МЕНІСКІВ ТА ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ПАЦІЄНТІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

©Ю. О. Грубар<sup>1</sup>, А. Я. Нестерович<sup>1</sup>, М. Ю. Грубар<sup>2</sup>, І. Я. Грубар<sup>3</sup>

*Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського<sup>1</sup>*

*КНП «Тернопільська обласна клінічна лікарня» ТОР<sup>2</sup>*

*Тернопільський національний педагогічний університет імені В. Гнатюка<sup>3</sup>*

**РЕЗЮМЕ.** Меніски відіграють ключову роль в амортизації, змащуванні, пропріоцепції та розподілі навантажень у колінному суглобі. Протидіючи різним видам багатоосьових навантажень вони часто ушкоджуються. Частота пошкоджень менісків становить понад 30 % від загальної кількості гострих травм коліна. У минулому столітті меніскектомія була золотим стандартом лікування розривів менісків. Негативними наслідками таких оперативних втручань стали стресорні зміни в хрящах і прогресуючий розвиток остеоартрозу. Для лікування розривів менісків було впроваджено наступні методики їх зшивання, а саме «outside-in», «inside-out», «all-inside». Впровадження сучасних методів їх відновлення ставить нові завдання в реабілітації пацієнтів, що перенесли таке оперативне втручання.

**Мета** – аналіз сучасних даних літератури щодо оперативного лікування розривів менісків та програм їх реабілітації.

**Матеріал і методи.** Пошук наукової інформації проведений в електронних базах Article, CAS, PubMed, Google Scholar.

**Результати.** Представлені хірургічні методи лікування розривів менісків, які базуються на застосуванні сучасних малоінвазивних технологій під артроскопічним контролем. Тісний зв'язок між хірургічною бригадою, реабілітаційною командою та пацієнтом, пояснення цілей реабілітації, моніторинг прогресування та належне лікування можливих ускладнень є ключовими факторами для успішного одужання та реабілітації.

**Висновки.** Хірургічна процедура відновлення менісків вимагає чіткого визначення показань, правильно обраної методики з врахуванням її переваг в кожному конкретному випадку. Кінцевою метою кожного процесу реабілітації має бути повне індивідуальне функціональне відновлення з мінімізацією ризику повторної травми меніска.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** аналіз літературних джерел; пошкодження меніска; шов меніска; колінний суглоб; реабілітація.

**Вступ.** Колінний суглоб зазнає значних статичних і динамічних навантажень та відрізняється від інших суглобів тим, що м'які тканини, а не форма суглоба, є його основними стабілізаторами. До таких стабілізаторів належать меніски колінного суглоба. Вони також відіграють ключову роль в амортизації, змащуванні, пропріоцепції та розподілі навантажень [6]. Протидіючи різним видам багатоосьових навантажень меніски часто ушкоджуються [2]. Частота пошкоджень менісків становить понад 30 % від загальної кількості гострих травм коліна і зростає з віком пацієнтів [27]. Розриви менісків викликають у колінному суглобі аномальну кінематику та перерозподіл навантажень, що викликає стресові зміни в суглобовому хрящі та запускає механізм розвитку раннього остеоартриту (ОА) [7].

У минулому столітті часткова або повна меніскектомія була золотим стандартом лікування розривів менісків. Віддаленими наслідками таких оперативних втручань стали погіршення біомеханіки колінних суглобів і прогресуючий розвиток остеоартрозу [29]. Виявлені негативні наслідки тотальної меніскектомії сформували нову концепцію – «збереження менісків». Було розроблено та

впроваджено новітні методи лікування, такі як зшивання менісків, їх алотрансплантація, використання біоматеріалів, які спрямовані на пом'якшення впливу травми менісків на пошкодження хряща та прогресування остеоартрозу [1]. Для лікування розривів менісків було впроваджено багато методів їх зшивання, а саме «outside-in», «inside-out», «all-inside» та їх комбінацій [44, 3].

Однак результати лікування розривів менісків усе ще залежать від багатьох факторів, таких як тип та локалізація розриву, вік пацієнтів, наявність супутніх захворювань. Упровадження сучасних методів їх відновлення ставить нові завдання в реабілітації пацієнтів, що перенесли таке оперативне втручання.

**Вплив кровопостачання на вибір тактики оперативного втручання.** Меніск є відносно безсудинною структурою з обмеженим периферичним кровопостачанням [14]. Відповідно до васкуляризації в структурі меніска присутні дві основні зони: «червоно-червона» і «біла-біла» зони. Між ними розташована «червоно-біла» зона, яка має властивості як однієї, так і іншої [25].

Червона зона: зовнішня третина меніска отримує живлення від периферичного меніскового

сплетення, яке, у свою чергу, формується з медіальної, латеральної та середньої колінних артерій. Хороші та відмінні клінічні результати зшивання розривів менісків у червоній зоні в середніх термінах спостереження становлять від 64 до 91 % [3]. Хороші результати зшивання менісків в «червоно-білій» зоні становлять від 59 до 79 % [9].

Біла зона – це внутрішні дві третини тіла меніска, кровопостачання тут відсутнє, трофіка залежить від дифузії речовин. Через таку особливість, результати зшивання пошкоджених менісків у цій зоні є менш обнадійливими [34]. Однак деякі автори повідомляють про хороші клінічні результати їх відновлення від 75 до 87 % у окремих пацієнтів із розривами, розташованими в цій зоні [28]. Останні дослідження, проведені в цьому напрямку, свідчать, що впровадження сучасних методів зшивання та використання біологічних матеріалів покращують прогноз при ушкодженнях вказаної ділянки меніска [21].

**Види ушкоджень менісків.** У 2006 році Міжнародне товариство артроскопії, хірургії колінного суглоба ISAKOS розробило артроскопічно оцінену класифікацію розривів меніска на основі глибини розриву, розташування, лінії розриву, довжини, якості тканини, що забезпечило прийнятну надійність застосування класифікації між лікарями. Були описані «класичні» варіанти розривів менісків, які включають: радіальний розрив, поздовжній вертикальний/горизонтальний розрив, розрив за типом «дзьоба папуги», пошкодження за типом «ручки лійки» та комбіновані розриви [35].

Окрім вище згаданих «класичних», нещодавно були описані нові типи пошкоджень менісків, які можуть бути причиною залишкового болю, механічних симптомів і залишкової передньо-задньої нестабільності колінного суглоба. Ці ушкодження трапляються при меніскосиновіальному розриві заднього рогу медіального меніска, частковому або повному розриві заднього кореня медіального або латерального меніска та гіпермобільному латеральному меніску [15, 4].

**Показання до артроскопічного зшивання розривів менісків.** Вертикальні поздовжні розриви менісків у «червоно-червоній» та «червоно-білій» зонах найбільше за інші типи пошкоджень підлягають зшиванню. Вони часто бувають повношаровими і можуть бути нестабільними, за типом «ручки лійки». Вони можуть бути ізольованими або поєднуватися з розривами передньої хрестоподібної зв'язки. Показанням для зшивання меніска є також нестабільний поздовжній розрив меніска в червоній та червоно-білій зонах з інтактним центральним фрагментом [33].

**Поздовжні периферичні пошкодження заднього рогу медіального та латерального меніс-**

**ків, так звані «рампові пошкодження».** До них належать меніскокапсулярний або меніскотибіальний розрив, котрі збільшують зміщення до переду великогомілкової кістки, посилюють внутрішню та зовнішню ротацію та функціональну недостатність передньої хрестоподібної зв'язки. Описані як «тиха епідемія», розриви кореня меніска нещодавно привернули увагу через діагностичні труднощі, суперечливу клінічну картину, а при відсутності адекватного лікування – прогресуючий розвиток остеоартриту [20]. Поширеність повного розриву кореня меніска у пацієнтів із документально підтвердженим діагнозом становить 9,1 % серед пацієнтів, які перенесли артроскопічну операцію на колінному суглобі [21].

Пошкодження заднього кореня латерального меніска виникають у 10,3 раза частіше при розриві передньої хрестоподібної зв'язки, ніж розриви заднього кореня медіального меніска. Такі ураження викликають зміну в розподілі навантажень у колінному суглобі та сприяють збільшенню переднього підвивиху латерального відділу великогомілкової кістки [31]. Розриви заднього кореня медіального меніска зазвичай є дегенеративними і трапляються у жінок середнього віку та можуть становити до 21,5 % розривів медіального меніска [26]. Ізольована реконструкція передньої хрестоподібної зв'язки при рампових пошкодженнях не може належним чином відновити нормальну тібіофemorальну біомеханіку і вимагає супутнього меніскокапсулярного та меніскотибіального відновлення [11]. Радіальні розриви менісків складають підтип, який історично асоціюється з відносно поганим прогнозом. Часто вони призводять до раннього прискореного остеоартриту колінного суглоба [19]. Вони є унікальними, оскільки лінія розриву орієнтована перпендикулярно осі меніска і розриває колагенові волокна його периферичного кінця. Пошкодження циркулярних волокон призводить до значної втрати функції, що посилює контактний тиск на суглобовий хрящ та збільшує швидкість і тяжкість екструзії меніска [43]. Пізніші дослідження відзначили покращення результатів зшивання радіальних розривів менісків унаслідок застосування широкого діапазону технічних підходів до вирішення даної проблеми [30, 32].

Клаптеві розриви менісків колінного суглоба після травми діагностують у близько 6,4 % випадків [22]. Характерною МРТ-картиною клаптевого розриву меніска є ознака «коми», яка найкраще визначається на сагітальному розрізі T2-зваженого зображення [40]. У пацієнтів з підозрою на клаптеподібне пошкодження меніска під час артроскопії необхідно ретельно оглянути ділянку дефіциту тканини меніска з обов'язковою пальпацією зон-

дом та ревізією менісково-капсулярного заглиблення [37]. В техніці артоскопічного відновлення клаптеподібного розриву меніска рекомендується застосовувати шви «бік у бік» перпендикулярно до лінії розриву, щоб зблизити краї розірваного меніска. Щоб уникнути повторного зміщення клаптя додатково накладаються два горизонтальні шви «ripstop» [40].

**Вибір техніки зшивання менісків.** Сьогодні розроблено та впроваджено різні типи техніки швів меніска; найширше використовують техніку «outside-in», «inside-out» та «all-inside», а також гібридну техніку, яка поєднує декілька технік.

У систематичному огляді Nantes et. al. показали, що техніка накладання швів «inside-out» давала кращі результати, ніж інші методи [17]. Ця техніка досі вважається золотим стандартом, оскільки вона дозволяє виконати стабільний шов, поєднуючи вертикальні та поздовжні шви як на верхній, так і на нижній поверхнях меніска. Одним із недоліків цього методу відновлення менісків є необхідність додаткового розрізу для захоплення голки, який потрібно контролювати після кожного шва, та ризик пошкодження судинно-невральних структур, особливо при розривах латерального меніска [16].

**Техніка «outside-in».** В 1985 році Warren R. F. представив техніку відновлення меніска «outside-in», щоб зменшити ризик пошкодження малогомілкового нерва під час процедури відновлення латерального меніска [41]. При такому способі зшивання меніска перонеальний нерв може бути захищений, оскільки початкова точка для входу голки контролюється хірургом. Техніка «outside-in» може бути використана для більшості локалізацій розривів меніска, особливо розривів, розташованих у передньому розі.

З моменту появи пристроїв для відновлення менісків з використанням техніки «all-inside» в артоскопічній техніці відновлення менісків з'явилися нові можливості. Переваги техніки «all-inside» включають простоту використання, уникнення додаткового розрізу, скорочення часу оперативного втручання, менший ризик пошкодження нервово-судинних структур [24]. Найновішими апаратами є саморегулюючі шовні апарати Rapid-Loc; FastFix; BioStinger. Вони засновані на тому ж принципі, що й інші пристрої: позакапсулярно вводиться анкер, а шовний матеріал стискає і утримує центральну частину меніска за допомогою ковзного вузла. Під час оперативного втручання важливо захопити достатню кількість тканини меніска з обох сторін розірваної ділянки,

щоб забезпечити надійну фіксацію [42]. Ці імпланти мають потенційну здатність деформуватися та рухатися разом із меніском під час навантаження та несуть менший ризик їх прорізування при забезпеченні більшої жорсткості фіксації порівняно з технікою «inside-out» [12].

**Базові критерії реабілітації.** У доступних літературних джерелах немає консенсусу щодо оптимального протоколу реабілітації після зшивання меніска [18]. Вибір протоколу реабілітаційної програми в більшості випадків залежить від виду розриву меніска [36]. Запроваджено щадний та прискорений протоколи реабілітації. Протокол прискореної реабілітації передбачає раннє часткове навантаження та необмежений діапазон рухів після зшивання меніска [13]. Щадна програма рекомендує обмеження в застосуванні активного обсягу рухів і більш консервативний післяопераційний курс відновлення без навантаження [38]. Раннє навантаження може бути дозволено при більш стабільних варіантах розривів менісків (вертикальний поздовжній розрив) [8]. У випадках нестабільних розривів (радіальних, комбінованих та задніх розривів кореня меніска) раннє навантаження викликає дистракційні зусилля по лінії розриву, що приводить до зміщення ділянок зшитого меніска. Тому в таких випадках рекомендується відмовитися від навантажень в ранньому післяопераційному періоді [39].

Головною метою реабілітації після зшивання меніска є відновлення працездатності пацієнта з урахуванням його індивідуальних потреб [10]. Дослідження показали, що час повернення до фізичної діяльності сильно варіюється залежно від специфічних для пацієнта та професійних факторів та коливається від 7–9 тижнів до 5–6 місяців з часу його зшивання [23].

Тісний зв'язок між хірургічною бригадою, реабілітаційною командою та пацієнтом, пояснення цілей реабілітації, моніторинг прогресування та належне лікування можливих ускладнень є ключовими факторами для успішного одужання та реабілітації.

**Висновки.** Зшивання менісків на сьогодні є важливою хірургічною процедурою, що спрямована на збереження тканини меніска і запобігання ранньому розвитку артрозу колінного суглоба.

На сьогодні відсутній консенсус щодо оптимального післяопераційного протоколу реабілітації після зшивання менісків. Необхідні додаткові дослідження, щоб краще з'ясувати взаємозв'язок між типом розриву, методом відновлення та оптимальним протоколом реабілітації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Circumferential-Surrounding ("Sandwich") Meniscal Repair: A Salvage Technique to Save the Meniscus / Eduard Alentorn-Geli, Xavier Cuscó, Roberto Seijas [et al.] // *Arthrosc Tech.* – 2020. – Vol. 9 (10). – P. e1467–e1473. DOI: 10.1016/j.eats.2020.06.008.
2. Importance of the medial / Allen C. R., Wong E. K., Livesay G. A. [et al.] // *J. Orthop. Res.* – 2000. – Vol. 18 (1). – P. 109–115. DOI: 10.1002/jor.1100180116.
3. Arthroscopic meniscus repair using an all-inside, all-suture, knotless device / Avila A., Rao N., Buzin S. [et al.] // *Arthroscopy Tech.* – 2023. – Vol. 12, Iss. 5. – P. 615–619.
4. Balazs G. C. Ramp Lesions of the Medial Meniscus in Patients Undergoing Primary and Revision ACL Reconstruction: Prevalence and Risk Factors / G. C. Balazs, H. G. Gredtizer, D. Wang // *Orthop. J. Sports. Med.* – 2019. – Vol. 7 (5). – P. 2325967119843509.
5. Meniscal repair: the current state and recent advances in augmentation / S. Bansal, E. R. Floyd, M. Kowalski [et al.] // *J. Orthop. Res.* – 2021. – Vol. 39. – P. 1368–1382.
6. The effects of partial meniscectomy and meniscal repair on the knee proprioception and function / B. Başar, G. Başar, B. B. A. Aybar [et al.] // *J. of Orthop. Sur.* – 2020. – Vol. 28 (1). DOI: 10.1177/2309499019894915.
7. Degenerative Joint Disease After Meniscectomy / M. D. Bedrin, K. Kartalias, B. G. Yow [et al.] // *Sports Med. Arthrosc. Rev.* – 2021. – Vol. 29 (3). – P. e 44–50.
8. Cavanaugh J. T. Rehabilitation of Meniscal Injury and Surgery / Cavanaugh J. T. // *J. Knee Surg.* – 2014. – Vol. 27. – P. 459–478.
9. Meniscal Radial Tears: A Classification System Based on Tear Morphology / J. Chahla, D. M. Knapik, H. J. Janda [et al.] // *Arthroscopy Techniques.* – 2024. – Vol. 13, No. 3. – P. 102888.
10. Rehabilitation and Return to Sport / Della Villa S., Della Villa F., Ricci M. [et al.] // *Surgery of the Meniscus.* Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2016. – P. 279–285.
11. Effect of Meniscocapsular and Meniscotibial Lesions in ACL-Deficient and ACL-Reconstructed Knees: A Biomechanical Study / N. N. DePhillipo, G. Moatshe, A. Brady [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2018. – Vol. 46. – P. 2422–2431.
12. The all-inside all-suture technique demonstrated better biomechanical behaviors in meniscus radial tear repair / T. Doig, P. Fagan, T. Frush [et al.] // *KNEE.Pub.* – 2020. – Vol. 28. – P. 3606–3612.
13. Rehabilitation protocol after suturing the medial meniscus of a stable knee, a retrospective series of the Francophone Arthroscopy Society / H. Favreau, G. Maroteau, C. Praz [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2023. – Vol. 109 (8S). – P. 103651.
14. Fox A. J. S. The Basic Science of Human Knee Menisci / A. J. S. Fox, A. Bedi, S. A. Rodeo // *Sports Health.* – 2012. – Vol. 4 (4). – P. 340–351.
15. Goto K. An isolated Posterolateral corner injury with rotational instability and hypermobile lateral meniscus: a novel entity / K. Goto, V. Duthon, J. Menetrey // *J. Exp. Orthop.* – 2020. – Vol. 7 (1). – P. 95.
16. Popliteal neurovascular bundle is safe during inside-out repair of medial meniscus without a safety incision / H. Gupta, R. G. Ghazi, H. Kataria [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2019. – Vol. 27 (1). – P. 153–165.
17. Arthroscopic meniscal repair: A comparative study between three different surgical techniques / M. E. Hantes, V. C. Zachos, S. E. Varitimidis [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2006. – Vol. 14. – P. 1232–1237.
18. Postoperative rehabilitation and outcomes following arthroscopic isolated meniscus repairs: a systematic review / G. Harput, H. Guney-Deniz, J. Nyland, Y. Kocabey // *Phys. Ther. Sport.* – 2020. – Vol. 45. – P. 76–85.
19. Meniscus morphology: does tear type matter? A narrative review with focus on relevance for osteoarthritis research / M. Jarraya, F.W. Roemer, M. Englund [et al.] // *Semin Arthritis Rheum.* – 2017. – Vol. 46 (5). – P. 552–561.
20. Meniscal root tears.: Solving the silent epidemic / R. F. LaPrade, E. R. Floyd, G. B. Carlson [et al.] // *Journal of Arthroscopic Surgery and Sports Medicine.* – 2021. – Vol. 2 (1). – P. 47–57.
21. Diagnostic accuracy of 30 T magnetic resonance imaging for the detection of meniscus posterior root pathology / R. F. LaPrade, C. P. Ho, E. James [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2015. – Vol. 23 (1). – P. 152–157.
22. Inferiorly displaced flap tears of the medial meniscus: MR appearance and clinical significance / L. K. Lecas, C. A. Helms, F. J. Kosarek, W. E. Garret // *Am J. Roentgenol.* – 2000. – Vol. 174. – P. 161–164.
23. Lee Y. S. Return to Sports After Athletes Undergo Meniscal Surgery: A Systematic Review / Y. S. Lee, O. S. Lee, S. H. Lee // *Clin. J. Sport. Med.* – 2019. – Vol. 29. – P. 29–36.
24. Lozano J. All-inside meniscus repair: a systematic review / J. Lozano, C. B. Ma, W. D. Cannon // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2007. – Vol. 455. – P. 134–141.
25. Makris E. A. The knee meniscus: structure-function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration / E. A. Makris, P. Hadidi, K. A. Athanasiou // *Biomaterials.* – 2011. – Vol. 32. – P. 7411–7431.
26. Posterior meniscus root tears: associated pathologies to assist as diagnostic tools / L. M. Matheny, A. C. Ockuly, J. R. Steadman, R. F. LaPrade // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2015. – Vol. 23 (10). – P. 3127–3131.
27. Platelet-rich plasma (PRP) augmentation does not result in more favourable outcomes in arthroscopic meniscal repair: a meta-analysis / F. Migliorini, F. Cuozzo, L. Cipolario [et al.] // *J. Orthop. Traumatol.* – 2022. – Vol. 23 (1). – P. 8. DOI: 10.1186/s10195-022-00630-1.
28. Outside-in repair technique is effective in traumatic tears of the meniscus in active adults: a systematic review / F. Migliorini, M. Pilone, A. Bell [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* – 2023. – Vol. 31 (10). – P. 4257–4264.
29. Meniscectomy is associated with a higher rate of osteoarthritis compared to meniscal repair following acute tears: a meta-analysis / F. Migliorini, L. Schäfer, A. Bell [et al.] // *Knee Surg., Sports Traum. Arthroscopy.* – 2023. – Vol. 31. – P. 5485–5495.
30. Repair of radial meniscus tears results in improved patient-reported outcome scores: A systematic review / E. M. Milliron, R. A. Magnussen, A. P. Cavendish [et al.] // *Arthrosc Sports Med Rehabil.* – 2021. – Vol. 3. – P. 967–980.
31. Different effects of the lateral meniscus complete radial tear on the load distribution and transmission functions depending on the tear site / T. Otori, T. Mae, K. Shino [et al.] // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2021. – Vol. 29. – P. 342–351.



32. Several techniques exist with favorable biomechanical outcomes in radial meniscus tear repair – A systematic review / J. Oosten, R. Yoder, A. DiBartola [et al.] // *Arthroscopy*. – 2022. – Vol. 38. – P. 2557–2578.

33. Petersen W. Arthroscopic meniscal suture / W. Petersen, T. Zantop // *Oper. Orthop. Traumatol.* – 2006. – Vol. 18 (5–6). – P. 393–410.

34. Rai M.F., Brophy R.H., Rosen V. Molecular biology of meniscus pathology: lessons learned from translational studies and mouse models / M. F. Rai, R. H. Brophy, V. Rosen // *J. Orthop. Res.* – 2020. – Vol. 38. – P. 1895–1904.

35. Sayegh E. T., Matzkin E. Classifications in Brief: The International Society of Arthroscopy, Knee Surgery, and Orthopaedic Sports Medicine Classification of Meniscal Tears / E. T. Sayegh, E. Matzkin // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2022. – Vol. 480(1). – P. 39–44.

36. Meniscus Injuries: A Review of Rehabilitation and Return to Play / S. L. Sherman, Z. J. DiPaolo, T. E. Ray [et al.] // *Clin. Sports. Med.* – 2020. – Vol. 39. – P. 165–183.

37. Meniscus tears treatment: The good, the bad and the ugly-patterns classification and practical guide / R. Simonetta, A. Russo, M. Palco [et al.] // *World J. Orthop.* – 2023. – Vol. 14 (4). – P. 171–185.

38. Loosening of transtibial pullout meniscal root re-

pairs due to simulated rehabilitation is unrecoverable: a biomechanical study / B. D. Steineman, R. F. LaPrade, T. L. Haut Donahue // *Arthroscopy*. – 2019. – Vol. 35 (4). – P. 1232–1239.

39. Sukopp M. Radial and longitudinal meniscus tears show different gapping patterns under stance phase conditions / M. Sukopp, J. Frey, J. Schwer // *J. Orthop. Res.* – 2023. – P. 1–11. DOI: 10.1002/jor.25743.

40. Wang M. Repair Technique for Displaced Meniscal Flap Tears Indicated by MRI Comma Sign / M. Wang, Y. H. D. Lee // *Arthrosc. Tech.* – 2022. – Vol. 11(1). – P. e79–87.

41. Warren R. F. Arthroscopic meniscus repair / R. F. Warren // *Arthroscopy*. – 1985. – Vol. 1. – P. 170–172.

42. Wright R. W. Ten-Year Outcomes of Second-Generation, All-Inside Meniscal Repair in the Setting of ACL Reconstruction / R. W. Wright, L. J. Huston, A. K. Haas // *J. Bone Joint Surg Am.* – 2023. – Vol. 105(12). – P. 908–914.

43. Risk factors comparison for radial and horizontal tears / Wu J., Huang J.M., Zhao B. [et al.] // *J. Knee Surg.* – 2016. – Vol. 29 (8). – P. 679–683.

44. Placement of sutures for inside-out meniscal repair: both sutures through meniscal tissue reduces displacement on cyclical loading / S. Yamakawa, T. Mae, I. Ogasawara [et al.] // *J. Exp. Orthop.* – 2021. – Vol. 8 (1). – P. 94. DOI: 10.1186/s40634-021-00417-z.

## REFERENCES

1. Alentorn-Geli, E., Cuscó, X., Navarro, J., Seijas, R., Barastegui, D., Samitier, G., ... & Cugat, R. (2020). Circumferential-surrounding (“sandwich”) meniscal repair: a salvage technique to save the meniscus. *Arthroscopy Techniques*, 9(10), e1467-e1473. DOI: 10.1016/j.eats.2020.06.008.

2. Allen, C. R., Wong, E. K., Livesay, G. A., Sakane, M., Fu, F. H., & Woo, S. L. Y. (2000). Importance of the medial meniscus in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Journal of Orthopaedic Research*, 18(1), 109-115.

3. Avila, A., Rao, N., Buzin, S., Shankar, D. S., Davidson, P., & Strauss, E. J. (2023). Arthroscopic meniscus repair using an all-inside, all-suture, knotless device. *Arthroscopy Techniques*, 12(5), e615-e619.

4. Balazs, G. C., Gredtzer IV, H. G., Wang, D., Marom, N., Potter, H. G., Marx, R. G., ... & Williams III, R. J. (2019). Ramp lesions of the medial meniscus in patients undergoing primary and revision ACL reconstruction: prevalence and risk factors. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 7(5), 2325967119843509.

5. Bansal, S., Floyd, E. R., A Kowalski, M., Aikman, E., Elrod, P., Burkey, K., ... & Patel, J. M. (2021). Meniscal repair: the current state and recent advances in augmentation. *Journal of Orthopaedic Research*, 39(7), 1368-1382.

6. Başar, B., Başar, G., Aybar, A., Kurtan, A., & Başar, H. (2020). The effects of partial meniscectomy and meniscal repair on the knee proprioception and function. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 28(1), 2309499019894915.

7. Bedrin, M. D., Kartalias, K., Yow, B. G., & Dickens, J.F. (2021). Degenerative joint disease after meniscectomy. *Sports medicine and arthroscopy review*, 29(3), e44-e50.

8. Cavanaugh, J. T. (2014). Rehabilitation of meniscal injury and surgery. *The journal of knee surgery*, 27(06), 459-478.

9. Chahla, J., Knapik, D. M., Jawanda, H., Allende, F., Rivarola, H., McCormick, J. R., ... & Jackson, G. R. (2024).

Meniscal radial tears: a classification system based on tear morphology. *Arthroscopy Techniques*, 102888.

10. Della Villa, S., Della Villa, F., Ricci, M., & Tsapralis, K. (2016). Rehabilitation and return to sport. In *Surgery of the Meniscus* (pp. 279-285). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

11. DePhillipo, N. N., Moatshe, G., Brady, A., Chahla, J., Aman, Z. S., Dornan, G. J., ... & LaPrade, R. F. (2018). Effect of meniscocapsular and meniscotibial lesions in ACL-deficient and ACL-reconstructed knees: a biomechanical study. *The American journal of sports medicine*, 46(10), 2422-2431.

12. Doig, T., Fagan, P., Frush, T., Lovse, L., Chen, C., & Lemos, S. (2020). The all-inside all-suture technique demonstrated better biomechanical behaviors in meniscus radial tear repair. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28, 3606-3612.

13. Favreau, H., Maroteau, G., Praz, C., Ehlinger, M., Carneseccchi, O., Benad, K., ... & SFA, F. A. S. (2023). Rehabilitation protocol after suturing the medial meniscus of a stable knee, a retrospective series of the Francophone Arthroscopy Society. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 109(8), 103651.

14. Fox, A. J., Bedi, A., & Rodeo, S. A. (2012). The basic science of human knee menisci: structure, composition, and function. *Sports health*, 4(4), 340-351.

15. Goto, K., Duthon, V., & Menetrey, J. (2020). An isolated Posterolateral corner injury with rotational instability and hypermobile lateral meniscus: a novel entity. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 7, 1-6.

16. Gupta, H., Ghasi, R. G., Kataria, H., Jain, V., Shankar, V., Daripa, R. K., & Upadhyay, A. D. (2019). Popliteal neurovascular bundle is safe during inside-out repair of medial meniscus without a safety incision. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(1), 153-165.

17. Hantes, M.E., Zachos, V. C., Varitimidis, S.E., Dailiana, Z.H., Karachalios, T., & Malizos, K.N. (2006). Arthroscopic meniscal repair: a comparative study between three different surgical techniques. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 14, 1232-1237.
18. Harput, G., Guney-Deniz, H., Nyland, J., & Kocabey, Y. (2020). Postoperative rehabilitation and outcomes following arthroscopic isolated meniscus repairs: a systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 45, 76-85.
19. Jarraya, M., Roemer, F.W., Englund, M., Crema, M. D., Gale, H.I., Hayashi, D., ... & Guermazi, A. (2017). Meniscus morphology: does tear type matter? A narrative review with focus on relevance for osteoarthritis research. In *Seminars in arthritis and rheumatism* (Vol. 46, No. 5, pp. 552-561).
20. LaPrade, R.F., Floyd, E.R., Carlson, G.B., Moatshe, G., Chahla, J., & Monson, J. K. (2021). Meniscal root tears: Solving the silent epidemic. *Journal of Arthroscopic Surgery and Sports Medicine*, 2(1), 47-57.
21. LaPrade, R. F., Ho, C. P., James, E., Crespo, B., LaPrade, C.M., & Matheny, L.M. (2015). Diagnostic accuracy of 3.0 T magnetic resonance imaging for the detection of meniscus posterior root pathology. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23, 152-157.
22. Lecas, L.K., Helms, C.A., Kosarek, F.J., & Garret, W.E. (2000). Inferiorly displaced flap tears of the medial meniscus: MR appearance and clinical significance. *American Journal of Roentgenology*, 174(1), 161-164.
23. Lee, Y.S., Lee, O.S., & Lee, S.H. (2019). Return to sports after athletes undergo meniscal surgery: a systematic review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 29(1), 29-36.
24. Lozano, J., Ma, C.B., & Cannon, W.D. (2007). All-inside meniscus repair: a systematic review. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007), 455, 134-141.
25. Makris, E.A., Hadidi, P., & Athanasiou, K.A. (2011). The knee meniscus: structure–function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration. *Biomaterials*, 32(30), 7411-7431.
26. Matheny, L.M., Ockuly, A.C., Steadman, J.R., & LaPrade, R. F. (2015). Posterior meniscus root tears: associated pathologies to assist as diagnostic tools. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23, 3127-3131.
27. Migliorini, F., Cuzzo, F., Cipollaro, L., Oliva, F., Hildebrand, F., & Maffulli, N. (2022). Platelet-rich plasma (PRP) augmentation does not result in more favourable outcomes in arthroscopic meniscal repair: a meta-analysis. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 23(1), 8. DOI: 10.1186/s10195-022-00630-1.
28. Migliorini, F., Pilone, M., Bell, A., Celik, M., Konrads, C., & Maffulli, N. (2023). Outside-in repair technique is effective in traumatic tears of the meniscus in active adults: a systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(10), 4257-4264.
29. Migliorini, F., Schäfer, L., Bell, A., Weber, C. D., Vecchio, G., & Maffulli, N. (2023). Meniscectomy is associated with a higher rate of osteoarthritis compared to meniscal repair following acute tears: a meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(12), 5485-5495.
30. Milliron, E.M., Magnussen, R.A., Cavendish, P.A., Quinn, J.P., DiBartola, A.C., & Flanigan, D.C. (2021). Repair of radial meniscus tears results in improved patient-reported outcome scores: A systematic review. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 3(3), e967-e980.
31. Otori, T., Mae, T., Shino, K., Fujie, H., Hirose, T., Tachibana, Y., ... & Nakata, K. (2021). Different effects of the lateral meniscus complete radial tear on the load distribution and transmission functions depending on the tear site. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29, 342-351.
32. Oosten, J., Yoder, R., DiBartola, A., Bowler, J., Sparks, A., Duerr, R., ... & Flanigan, D. (2022). Several techniques exist with favorable biomechanical outcomes in radial meniscus tear repair – A systematic review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 38(8), 2557-2578.
33. Petersen, W., & Zantop, T. (2006). Arthroscopic meniscal suture. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 18, 393-410.
34. Rai, M.F., Brophy, R.H., & Rosen, V. (2020). Molecular biology of meniscus pathology: lessons learned from translational studies and mouse models. *Journal of Orthopaedic Research*, 38(9), 1895-1904.
35. Sayegh, E.T., & Matzkin, E. (2022). Classifications in brief: the international society of arthroscopy, knee surgery, and orthopaedic sports medicine classification of meniscal tears. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 480(1), 39-44.
36. Sherman, S.L., DiPaolo, Z.J., Ray, T.E., Sachs, B.M., & Oladeji, L.O. (2020). Meniscus injuries: a review of rehabilitation and return to play. *Clinics in sports medicine*, 39(1), 165-183.
37. Simonetta, R., Russo, A., Palco, M., Costa, G.G., & Mariani, P.P. (2023). Meniscus tears treatment: The good, the bad and the ugly-patterns classification and practical guide. *World Journal of Orthopedics*, 14(4), 171.
38. Steineman, B.D., LaPrade, R.F., & Donahue, T.L.H. (2019). Loosening of transtibial pullout meniscal root repairs due to simulated rehabilitation is unrecoverable: A biomechanical study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 35(4), 1232-1239.
39. Sukopp, M., Frey, J., Schwer, J., Kalbitz, M., Ignatius, A., & Seitz, A.M. (2024). Radial and longitudinal meniscus tears show different gapping patterns under stance phase conditions. *Journal of Orthopaedic Research*, 42(5), 1134-1144.
40. Wang, M., & Lee, Y.H.D. (2022). Repair Technique for Displaced Meniscal Flap Tears Indicated by MRI Comma Sign. *Arthroscopy Techniques*, 11(1), e79-e87.
41. Miller JR, D.B. (1988). Arthroscopic meniscus repair. *The American journal of sports medicine*, 16(4), 315-320.
42. Wright, R.W., Huston, L.J., & Haas, A.K. (2023). Ten-Year Outcomes of Second-Generation, All-Inside Meniscal Repair in the Setting of ACL Reconstruction. *JBJS*, 105(12), 908-914.
43. Wu, J., Huang, J.M., Zhao, B., Cao, J.G., & Chen, X. (2016). Risk factors comparison for radial and horizontal tears. *The journal of knee surgery*, 679-683.
44. Yamakawa, S., Mae, T., Ogasawara, I., Hirose, T., Konda, S., & Nakata, K. (2021). Placement of sutures for inside-out meniscal repair: both sutures through meniscal tissue reduces displacement on cyclical loading. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 8, 1-6.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

## OPERATIVE RECOVERY OF MENISCAL INJURIES AND POSTOPERATIVE REHABILITATION OF PATIENTS (LITERATURE REVIEW)

©Yu. O. Hrubar<sup>1</sup>, A. Ya. Nestorovych<sup>1</sup>, M. Yu. Grubar<sup>2</sup>, I. Ya. Hrubar<sup>3</sup>

*I. Horbachevsky Ternopil National Medical University<sup>1</sup>*

*Municipal nonprofit enterprise «Ternopil regional clinical hospital», Ternopil regional Rada<sup>2</sup>*

*V. Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University<sup>3</sup>*

**SUMMARY.** The menisci play a key role in cushioning, lubrication, proprioception and load distribution in the knee joint. Under various types of multiaxial loads, they are often damaged. The frequency of meniscal injuries is more than 30 % of the total number of acute knee injuries. In the last century, meniscectomy was the gold standard for the treatment of meniscal tears. The negative consequences of such surgical interventions were stressful changes in the cartilage and the progressive development of osteoarthritis. For the treatment of meniscal tears, the following methods of suturing them were implemented, namely "outside-in", "inside-out", "all-inside". The implementation of modern methods of their restoration poses new challenges in the rehabilitation of patients who have undergone such an operation.

**The aim** – to analyze current literature data on operative treatment of meniscal tears and their rehabilitation programs.

**Material and Methods.** The search for scientific information was carried out in electronic databases Article, CAS, PubMed, Google Scholar.

**Results.** This literature review presents surgical methods for the treatment of meniscal tears, which are based on the use of modern minimally invasive technologies under arthroscopic control. Close communication between the surgical team, the rehabilitation team and the patient, explaining the goals of rehabilitation, monitoring progress, and treating potential complications appropriately is the key to successful recovery and rehabilitation.

**Conclusions.** The surgical procedure of menisci restoration requires a clear definition of indications, a correctly chosen technique, taking into account its advantages in each specific case. The ultimate goal of any rehabilitation process should be complete individual functional recovery while minimizing the risk of re-injury to the meniscus.

**KEY WORDS:** analysis of literary sources; damage to the meniscus; meniscus suture; knee joint; rehabilitation.

The authors declare no conflict of interest.

Отримано 04.04.2024

Електронна адреса для листування: Yuhrubar@gmail.com