

## ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ТРАВМ НА СТРУКТУРУ КОЛІННОГО СУГЛОБА: ОГЛЯД СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова (м. Вінниця, Україна)

**Анотація.** У статті наведено огляд сучасних досліджень щодо впливу фізичних навантажень і травм на структурний та функціональний стан колінного суглоба. Описано ключові зміни в хрящовій тканині, менісках, зв'язках та субхондральній кістці. Узагальнено сучасні дані щодо ризиків розвитку дегенеративних процесів, зокрема остеоартриту, у спортсменів та осіб з інтенсивною руховою активністю. Представлено порівняльний аналіз експериментальних і клінічних результатів щодо механізмів ушкодження та адаптації тканин. Розглянуто важливість врахування типу та інтенсивності навантажень у профілактиці травматизму та збереженні функціональної цілісності колінного суглоба.

**Ключові слова:** колінний суглоб, травма, фізичне навантаження, дегенерація, остеоартрит.

**Abstract.** This article provides an overview of current studies concerning the impact of physical exertion and injuries on the structural and functional state of the knee joint. Key changes in cartilage tissue, menisci, ligaments, and subchondral bone are highlighted. The review summarizes modern data concerning the risks of developing degenerative processes, such as osteoarthritis, in athletes and physically active individuals. A comparative analysis of experimental and clinical findings related to mechanisms of tissue injury and adaptation is presented. The importance of considering the type and intensity of loads in the prevention of injuries and preservation of the functional integrity of the knee joint is discussed.

**Key words:** knee joint, trauma, physical load, degeneration, osteoarthritis.

### Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом науково-дослідницької роботи «Комплексна діагностика змін структурно-функціонального стану опорно-рухового апарату у хворих з травмами та дегенеративно-дистрофічними захворюваннями», номер державної реєстрації 0109U001775.

### Вступ.

Колінний суглоб є одним із найскладніших за будовою та функціональним навантаженням в організмі людини. Він забезпечує опорну здатність, амортизацію та участь у важливих рухах, зокрема ходьбі, бігу, присіданні та стрибках. Завдяки поєднанню кісткових, хрящових структур, а також зв'язок та м'язів суглоб повинен витримувати значні навантаження, які можуть змінюватися в залежності від фізичної активності людини. Особливої уваги потребують люди молодого віку, військові, працівники фізичної праці та спортсмени, тому що саме вони отримують різні типи навантаження, як статичні так і динамічні. Висока частота травм і дегенеративних уражень колінного суглоба обумовлює значний науковий інтерес до вивчення його структурних змін під впливом різних за інтенсивністю фізичних навантажень [1-3].

### Мета дослідження.

Узагальнити сучасні наукові дані про вплив фізичних навантажень та травм на морфофункціональний стан колінного суглоба, описати механізми розвитку дегенеративних змін і визначити фактори ризику для різних груп населення. Врахувати тип та інтенсивність навантаження у профілактиці травматизму та збереженні функції колінного суглоба.

### Об'єкт і методи дослідження.

Об'єктом дослідження є колінний суглоб та його анатомічні структури. У роботі застосовано метод систематичного огляду літератури з використанням наукових баз Scopus, PubMed, Google Scholar та від-

критих українських фахових джерел. Проаналізовано 68 публікацій за період 2005-2025 рр., що стосуються біомеханіки колінного суглоба, спортивної медицини, ортопедії та морфології. До аналізу включено результати клінічних спостережень, магнітно-резонансної томографії, гістологічних досліджень і експериментальних моделей ушкоджень.

### Основна частина.

Структурні зміни в колінному суглобі під впливом фізичних навантажень мають як адаптивний, так і патологічний характер. Регулярні помірні навантаження сприяють зміцненню навколосуглобових м'язів, поліпшенню трофіки хрящової тканини та стимуляції метаболічної активності хондроцитів. Однак інтенсивні або повторювані надмірні навантаження можуть викликати мікротравматизацію хряща, субхондральної кістки та менісків [4].

Травми передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) колінного суглоба є одними з найбільш поширених ушкоджень серед спортсменів, особливо в спортивних секціях, що становлять суттєвий фактор ризику розвитку посттравматичного остеоартриту [5]. Їх наслідком часто стають вторинні дегенеративні зміни, що прогресують навіть після реконструктивних операцій. Дослідження показують, що у 60-80% випадків через 10-15 років після травми виникають ознаки остеоартриту [6].

Особливу увагу привертають зміни у структурі суглобового хряща. Під дією надмірних навантажень знижується вміст протеогліканів, порушується архітектоніка колагенових волокон, виникають поверхневі фісури. У субхондральній кістці спостерігається склероз та підвищення щільності, що свідчить про хронічну компенсаторну перебудову.

Морфологічні зміни менісків включають розриви, дегенеративне розшарування та зниження еластичності. Біомеханічні дослідження показують, що навіть незначні пошкодження меніска збільшують на-

вантаження на хрящ у 2-3 рази, що суттєво пришвидшує прогресування дегенерації [7]. Отримані спостереження підтверджують, що навіть помірні фізичні навантаження здатні викликати адаптивні зміни в структурах колінного суглоба, тоді як надмірні навантаження або навантаження, що повторюються часто призводять до структурних змін важливих додаткових елементів колінного суглоба. Результати українських клінічних спостережень збігаються з міжнародними даними: травми ПХЗ та менісків є ключовими чинниками розвитку посттравматичного остеоартриту. Важливим залишається питання ранньої діагностики структурних порушень та оптимізації програм реабілітації. В нижче наведеній таблиці можна відслідкувати, які відбуваються структурні зміни в колінному суглобі в залежності від типу навантаження та які будуть клінічні наслідки (табл.). Отже, помірне навантаження має позитивний ефект, а саме стимулює метаболізм хрящової тканини, покращуючи кровопостачання. Тоді, як інтенсивне навантаження перевищує фізіологічні можливості суглоба, викликаючи мікропошкодження і призводить до генеративних процесів [8]. Найважчі наслідки має травматичне навантаження, яке супроводжується пошкодженням структур формуючи хронічну нестабільність та значний ризик посттравматичного артрозу [9].

Аналізуючи результати стає зрозумілим, що помірне дозоване навантаження є корисним для колінного суглоба, оскільки запускає важливі процеси та підтримує стан хряща.

Згідно з даними українських клінічних досліджень, травми колінного суглоба становлять до 27% усіх ушкоджень опорно-рухового апарату, особливо серед осіб молодого віку. Літературні джерела від-

**Таблиця – Структурні зміни залежно від типу навантаження**

Тип навантаження	Структурні зміни	Клінічні наслідки
Помірне	Активізація хондроцитів, покращення трофіки	Адаптаційні та захисні зміни без пошкодження структур
Інтенсивне	Мікрофісури, склероз субхондральної кістки	Ризик дегенерації
Травматичне	Розриви зв'язок, менісків	Остеоартрит, нестабільність

значають чітку тенденцію до зростання частоти повторних травм у спортивних секціях, що пов'язують із недостатньою реабілітацією та раннім поверненням до навантажень [10].

Комплексний аналіз підтверджує, що основними факторами ризику структурних змін у колінному суглобі є: інтенсивність та тривалість навантажень, частота травм у анамнезі, недостатній розвиток стабілізуючих м'язів та індивідуальні особливості біомеханіки.

### Висновки.

1. Структура колінного суглоба демонструє широкий спектр адаптивних і патологічних реакцій на фізичне навантаження в залежності від його типу.

2. Травми колінного суглоба, а особливо ушкодження зв'язкового апарату та менісків, є ключовим фактором ризику розвитку посттравматичного остеоартриту.

3. Для профілактики уражень колінного суглоба слід уникати різких та надмірних навантажень, а також своєчасно проводити лікування травм зв'язок суглоба та менісків.

4. Дані підтверджують, що доза навантаження є ключовим фактором: від корисного ефекту при помірній активності, до пошкоджувального при інтенсивній або травматичній.

5. Необхідні подальші дослідження щодо удосконалення методів профілактики, спортивної реабілітації та ранньої діагностики структурних порушень за допомогою сучасних візуалізаційних технологій.

### Література

- Felson DT. Osteoarthritis as a disease of mechanics. *Osteoarthritis Cartilage*. 2013;21(1):10-15. DOI: [10.1016/j.joca.2012.09.012](https://doi.org/10.1016/j.joca.2012.09.012).
- Griffin TM, Guilak F. The role of mechanical loading in the onset and progression of osteoarthritis. *Exerc Sport Sci Rev*. 2005;33(4):195-200.
- Andriacchi TP, Mündermann A. Biomechanics and osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*. 2006;18(5):514-518.
- Buckwalter JA. Mechanical injury to articular cartilage. *Iowa Orthop J*. 2010;30:72-77.
- Kvasha OM. Peculiarities of knee joint injuries in athletes of different ages. *Sports Medicine of Ukraine*. 2019;4:33-39.
- Lohmander LS. Long-term outcomes after ACL injury. *Am J Sports Med*. 2007;35(10):1756-1769.
- Kolesnyk IV. Modern methods of rehabilitation after ACL injuries. *Medical Perspectives*. 2021;3:44-51.
- Babenko OV. Biomechanical aspects of knee joint injuries in athletes. *Sports Medicine of Ukraine*. 2018;2:45-52.
- Goncharuk TO, Miroshnychenko VP. Morphological changes in cartilage tissue during physical overload. *Ukrainian Journal of Orthopedics*. 2020;1:12-21.
- Boskina MG. Assessment of the features of the course of traumatic injuries of the knee joint in patients with comorbid pathology. *Bulletin of the Ukrainian Medical Academy*. 2025;25(2):9-14.