УДК 616.728.3-001.5:796.926]:616-073.763.5](048.8)

DOI: http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872026369-74

МРТ ознаки ушкоджень колінного суглоба в гострому періоді внаслідок гірськолижної травми (ретроспективний аналіз)

О. О. Коструб [1], Р. І. Блонський [1], О. В. Волос [2]

[1] ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ
[2] КНП «Надвірнянська ЦРЛ». Україна

Objective. To study the structure and frequency of intra-articular knee injuries based on MRI performed in the acute phase after alpine skiing trauma. Materials and methods. A retrospective analysis of 879 knee MRI studies performed within several hours after injury during skiing or snowboarding in the 2025–2026 winter season was conducted. Only patients with soft-tissue intra-articular injuries were included. Injury distribution was evaluated by sex, age, and nosology. Statistical analysis included Student's t-test and χ^2 test ($p < 0.05$). Results. The study included 553 males (62.9 %) and 326 females (37.1 %), with mean ages of 44 and 36 years, respectively ($p < 0.05$). The most common injury was combined anterior cruciate ligament (ACL) rupture with medial collateral ligament (MCL), medial patellar retinaculum, and bone contusion/compression fracture of the posterior lateral tibial plateau — 549 cases (62.5 %). Isolated MCL injury was recorded in 91 patients (10.3%), medial meniscus tears in 83 (9.4 %), lateral meniscus tears in 56 (6.4 %), multiligamentous injuries in 44 (5.0 %), posterior cruciate ligament (PCL) with posterolateral corner injury in 24 (2.7 %), and tibial spine avulsion fractures in 32 (3.6 %, predominantly in children). Conclusions. Acute-phase MRI performed immediately after alpine skiing trauma allows precise verification of the nature and combinations of intra-articular injuries and significantly influences treatment strategy. The predominance of combined ACL injuries (62.5 %) determines surgical resource planning priorities at ski resorts. Keywords. Knee MRI, alpine skiing injury, anterior cruciate ligament, acute phase, intra-articular injuries, pivot-shift.

Мета. Вивчити структуру та частоту внутрішньосуглобових ушкоджень колінного суглоба за даними магнітно-резонансної терапії (МРТ), виконаної в гострому періоді після гірськолижної травми. Методи. Ретроспективно проаналізовано 879 МРТ-досліджень колінного суглоба, виконаних упродовж кількох годин після отримання травми під час катання на лижах або сноуборді в зимовому сезоні 2025–2026 р. Розглянуто лише пацієнтів із м'якотканинними внутрішньосуглобовими ушкодженнями. Розподіл травм здійснювали за статтю, віком та нозологічними групами. Статистична обробка проводилася за допомогою t-критерію Стьюдента та χ^2-критерію ($p < 0,05$). Результати. Обстежено 553 чоловіки (62,9 %) та 326 жінок (37,1 %), середній вік — 44 та 36 років відповідно ($p < 0,05$). Найчастішою травмою виявився комбінований розрив передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) у поєднанні з медіальною колатеральною зв'язкою (МКЗ), медіальним утримувачем надколінка та контузією / компресійним переломом заднього краю зовнішнього виростка великогомілкової кістки — 549 випадків (62,5 %). Ізольоване ушкодження МКЗ зафіксовано в 91 пацієнта (10,3 %), медіального меніска — у 83 (9,4 %), латерального — у 56 (6,4 %), багатоструктурні травми — у 44 (5,0 %), ушкодження задньої схрещеної зв'язки (ЗСЗ) із постеролатеральним кутом — у 24 (2,7 %), авульсивні переломи міжвиросткового підвищення — у 32 (3,6 %, переважно у дітей). Висновки. МРТ-дослідження, виконане в гострому періоді безпосередньо після гірськолижної травми, дозволяє точно верифікувати характер і поєднаність внутрішньосуглобових ушкоджень і суттєво впливає на вибір тактики лікування. Домінування комбінованих ПСЗ-травм (62,5 %) визначає пріоритети хірургічної підготовки на гірськолижному курорті.

Ключові слова. МРТ колінного суглоба, гірськолижна травма, передня схрещена зв'язка, гострий період, внутрішньосуглобові ушкодження, pivot-shift

© Коструб О. О., Блонський Р. І., Волос О. В., 2026

PREVIEW

Вступ

Травми колінного суглоба в гірськолижних видах спорту належать до найпоширеніших і клінічно значущих. Вони часто супроводжуються вираженим болем, обмеженням рухів і тривалим терміном реабілітації. У гострому періоді, коли клінічне обстеження утруднене через біль, набряк і гемартроз, магнітно-резонансна томографія (МРТ) є надзвичайно цінним методом візуалізації внутрішньосуглобових структур. Висока контрастність МРТ дозволяє точно оцінювати стан зв'язок, менісків, хряща та кісткового мозку, що має вирішальне значення для своєчасної діагностики та вибору оптимальної лікувальної тактики.

Гірськолижні курорти формують особливий «потік» гострих травм колінного суглоба. Висока швидкість, ротаційні зриви, падіння з фіксованою в черевику стопою створюють типові механізми ушкоджень. Колінний суглоб залишається найчастіше ураженою ділянкою — на нього припадає приблизно третина всіх ушкоджень на схилі. Здебільшого страждає передня схрещена зв'язка (ПСЗ), нерідко в поєднанні з медіальною колатеральною зв'язкою (МКЗ), меніском, структурами передньобокового комплексу (включаючи Segond-перелом) та постеролатеральним кутом (ПЛК).

В Україні, особливо в Карпатському регіоні, системних досліджень структури МРТ-діагнозів гострої гірськолижної травми колінного суглоба в літературі практично немає. У більшості міжнародних серій МРТ виконувалося у відстроченому періоді (24–72 години і більше) в умовах стаціонару. Досвід рутинного проведення МРТ безпосередньо на курорті в перші години після травми висвітлений обмежено.

За даними літератури, розрив ПСЗ стабільно домінує серед серйозних травм, які потребують госпіталізації. M. Posch і співавт. показали вищу частоту ПСЗ-травм у жінок серед рекреаційних лижників [1]. T. Bere та G. Ruedl і співавт. описали ключові механізми: slip-catch, landing back-weighted, dynamic snowplow та phantom-foot mechanism [2, 3]. T. G. Sanders і співавт. детально проаналізували патерни кісткових контузій (bone bruise), зокрема pivot-shift pattern як маркер ПСЗ-розриву [4]. A. Fuchs і співавт. підкреслили клінічне значення posterolateral tibial plateau impaction fractures, які часто супроводжують такі травми [5].

Таким чином, із метою об'єктивізації структури внутрішньосуглобових ушкоджень та оптимізації діагностичного процесу в умовах гірськолижного курорту було проведено ретроспективний аналіз МРТ-досліджень, виконаних у гострому періоді.

Мета: вивчити структуру та частоту внутрішньосуглобових ушкоджень колінного суглоба за даними МРТ, виконаної в гострому періоді після гірськолижної травми, та обґрунтувати оптимальний діагностичний алгоритм для умов гірськолижного курорту.

Матеріал і методи

Проведено одноцентрове ретроспективне когортне дослідження. Роботу виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2013) та чинного законодавства України. Усі пацієнти надали інформовану згоду. Через ретроспективний дизайн дослідження отримання інформованої згоди від пацієнтів не вимагалося.

Критерії включення: передбачувана наявність гострої гірськолижної або сноубордичної травми колінного суглоба з верифікованими м'якотканинними внутрішньосуглобовими ушкодженнями за даними МРТ, виконаної безпосередньо на курорті.

Критерії виключення: відсутність МРТ-дослідження, хронічні або підгострі ушкодження, травми, не пов'язані з катанням на лижах/сноуборді, а також випадки ізольованих кісткових уражень без м'якотканинного компонента.

МРТ-дослідження проводили на томографах із напругою магнітного поля 1,5 Т і 3 Т. Стандартний протокол складався зі сагітальних, корональних та аксіальних зображень у режимах PD FS/T2 FS та сагітальних T1-зважених зображень відповідно до рекомендацій ESSR [6]. За необхідності застосовували GRE/T2* та 3D-ізотропні послідовності. Контрастне підсилення не використовувалося.

Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою програми IBM SPSS Statistics 26.0. Розраховували абсолютні та відносні показники частоти ушкоджень. Порівняння кількісних даних між групами проводили з використанням t-критерію Стьюдента, для якісних ознак — критерію χ^2 Пірсона. Рівень статистичної значущості приймали за $p < 0,05$.

Результати

У дослідження включено 879 пацієнтів із гострою гірськолижною травмою колінного суглоба, яким протягом кількох годин після травми було виконано МРТ-дослідження безпосередньо на курорті. Серед них переважали чоловіки — 553 особи

PREPRINT

(62,9 %), жінок було 326 (37,1 %). Середній вік чоловіків становив 44 роки, жінок — 36 років (різниця статистично значуща, $p < 0,05$). Вік пацієнтів коливався від 14 до 62 років.

Структуру внутрішньосуглобових ушкоджень за даними МРТ наведено в таблиці 1.

Домінуючою нозологією виявився комбінований розрив ПСЗ у поєднанні з ушкодженням МКЗ, медіального утримувача надколінка та кістковою контузією або компресійним переломом заднього краю зовнішнього виростка великогомілкової кістки — 549 випадків (62,5 %). У цих пацієнтів на МРТ типово візуалізувався pivot-shift bone bruise pattern (контузія постеролатерального відділу плато великогомілкової кістки та латерального виростка стегнової кістки), що відповідає класичному ротаційно-вальгусному механізму травми.

Ізольоване ушкодження МКЗ зареєстровано в 91 пацієнта (10,3 %). Травму медіального меніска виявлено в 83 випадках (9,4 %), латерального — у 56 (6,4 %). Багатоструктурні (полілігаментарні) травми спостерігалися в 44 хворих (5,0 %).

Авульсивні переломи міжвиросткового підвищення великогомілкової кістки зафіксовано у 32 пацієнтів (3,6 %), переважно в осіб дитячого та підліткового віку (14–18 років). Ушкодження ЗСЗ у поєднанні з ПЛК виявлено у 24 випадках (2,7 %), здебільшого в разі високоенергетичних механізмів травм.

Характерні МРТ-картини основних типів ушкоджень наведено на рисунках 1–8.

Обговорення

Отримані результати підтверджують домінування комбінованих травм ПСЗ у структурі гострої гірськолижної травми колінного суглоба. Комбіноване ушкодження ПСЗ із МКЗ, медіальним утримувачем надколінка та кістковою контузією / компресійним переломом заднього краю зовнішнього виростка великогомілкової кістки зареєстровано в 62,5 % випадків. Цей показник є одним із найвищих серед опублікованих серій і відображає специфіку механізмів травми на гірськолижному курорті — переважання ротаційно-вальгусних навантажень і механізму «фантомної стопи» (phantom-foot mechanism).

Дані M. Posch та G. Ruedl і співавт. також вказують на лідерство ПСЗ-травм серед рекреаційних лижників, що потребують госпіталізації, з вищою частотою у жінок [1, 3]. T. Bere та співавт. у відеоаналізі професійних спортсменів виділили три ключові механізми: slip-catch (різке ковзання з ловлею), landing back-weighted (приземлення з перенесенням ваги назад) та dynamic snowplow (динамічний «плуг») [2], які повністю відповідають МРТ-патернам, виявленим у нашому дослідженні, зокрема шаблону кісткового набряку за типом pivot-shift (контузія постеролатерального відділу плато великогомілкової кістки та латерального виростка стегнової кістки).

A. Fuchs і співавт. підкреслили клінічну значущість імпакційних переломів постеролатерального плато великогомілкової кістки, які в нашій серії були невід'ємною частиною домінуючого комбінованого патерну [5].

Висока частка ізольованих ушкоджень МКЗ (10,3 %) та менісків (медіальний — 9,4 %, латеральний — 6,4 %) узгоджується з даними T. G. Sanders та співавт., які детально описали зв'язок патернів кісткового набряку з конкретними механізмами травми [4]. Водночас частка меніскових ушкоджень у нашій серії дещо нижча, ніж у відстрочених дослідженнях. Це пояснюється тим, що МРТ виконувалося в ультрагострому періоді, коли деякі менш симптомні меніскові травми (зокрема ramp lesions) ще можуть бути лише вираженими.

Таблиця 1

Структура внутрішньосуглобових ушкоджень колінного суглоба за даними МРТ, виконаних у гострому періоді гірськолижної травми (n = 879)

Тип	n	%
Комбінований розрив ПСЗ + МКЗ + медіальний утримувач надколінка + контузія/компресійний перелом заднього краю зовнішнього виростка великогомілкової кістки	549	62,5
Ізольована травма МКЗ	91	10,3
Травма медіального меніска	83	9,4
Травма латерального меніска	56	6,4
Багатоструктурні (полілігаментарні) травми	44	5,0
Авульсивний перелом міжвиросткового підвищення великогомілкової кістки	32	3,6
Ушкодження ЗСЗ + ПЛК	24	2,7
Усього	879	100

PREVIEW

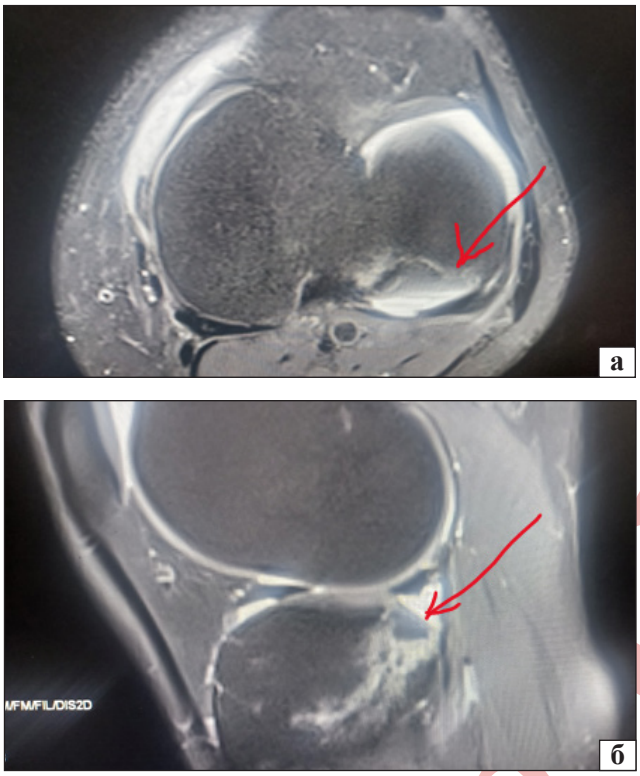


Рис. 1. МРТ-зображення вдавленого перелому заднього краю зовнішнього виростка великогомілкової кістки: а) сагітальна проєкція; б) аксіальна проєкція

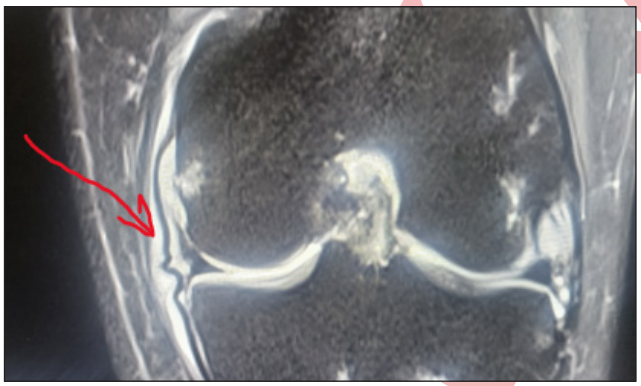


Рис. 2. МРТ-скан ушкодження медіальної колатеральної зв'язки

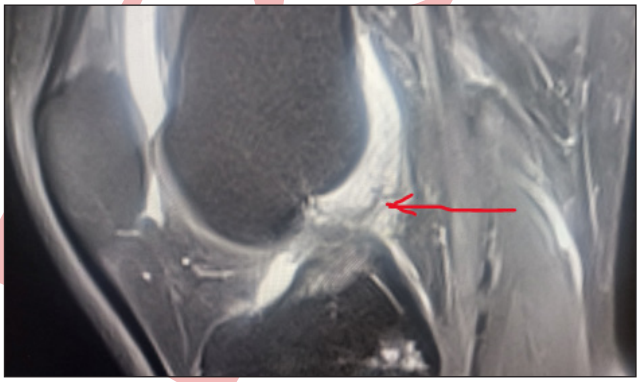


Рис. 3. МРТ-зображення ушкодження ПСЗ

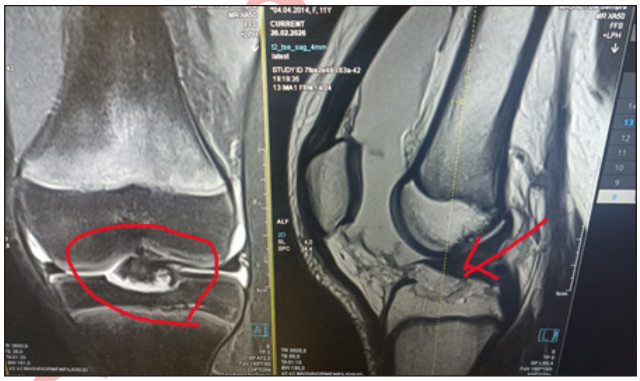


Рис. 4. МРТ-скан авульсивного перелому міжвиросткового підвищення

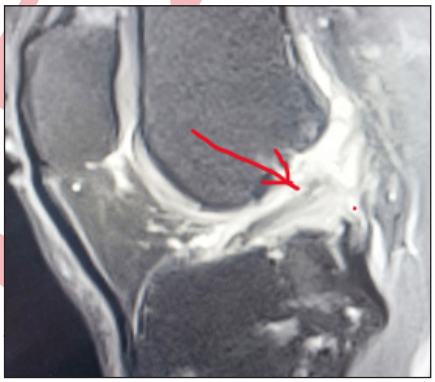


Рис. 5. Фото-вібиток МРТ ушкодження ЗСЗ

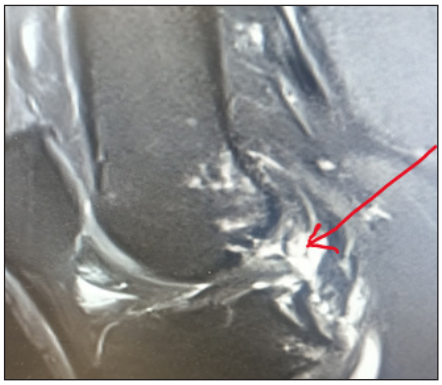


Рис. 6. МРТ-зображення ушкодження ЗСЗ

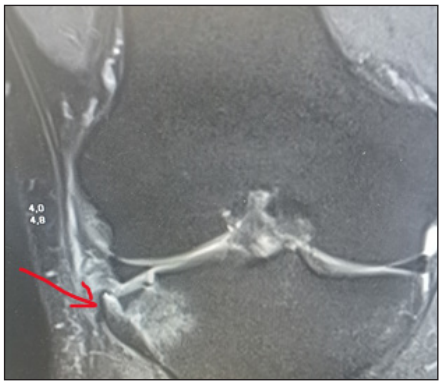


Рис. 7. МРТ-скан перелому «Segonda»

Авульсивні переломи міжвиросткового підвищення (3,6 %), переважно в дітей та підлітків, відповідають відомостям R. Kijowski та M. S. Taljanovic і співавт. щодо особливостей травм у цій віковій групі через відносну слабкість кісткової тканини порівняно зі зв'язковою системою [7, 8]. Ушкодження ЗСЗ + ПЛК (2,7 %) та багатоструктурні травми (5,0 %) реєструвалися в разі високоенергетичних механізмів, що узгоджується з даними [9, 10].

Переваги цього дослідження полягають у великій вибірці (879 випадків за один сезон), виконанні МРТ у максимально гострому періоді безпосередньо на курорті, що дозволило уникнути динамічних змін (резорбція гематоми, часткове загоєння) і отримати найбільш точну картину первинних ушкоджень. Це відрізняє нашу роботу від більшості серій, де МРТ проводили через 24–72 години та пізніше [11, 12].

Обмеження дослідження — ретроспективний дизайн, одноцентровий характер, відсутність групи порівняння (неспортивна травма) та відсутність детальних даних щодо рівня підготовки лижників, типу спорядження та точного механізму травми. Крім того, аналіз охоплює лише один зимовий сезон.

Висновки

МРТ-дослідження, виконане в гострому періоді безпосередньо після гірськолижної травми колінного суглоба, дозволяє точно верифікувати характер і поєднаність внутрішньосуглобових ушкоджень та суттєво впливає на вибір лікувальної тактики. У структурі травм домінує комбіноване ушкодження передньої схрещеної зв'язки в поєднанні з медіальною колатеральною зв'язкою, медіальним утримувачем надколінка та кістковою контузією або компресійним переломом заднього краю зовнішнього виростка великогомілкової кістки (62,5 % випадків). Цей патерн відображає характерні для гірськолижного спорту ротаційно-вальгусні механізми травми.

Авульсивні переломи міжвиросткового підвищення великогомілкової кістки реєструються переважно в дітей та підлітків (3,6 %), що потребує особливої уваги під час інтерпретації МРТ у цій віковій групі. Отримані дані щодо структури гострої гірськолижної травми колінного суглоба дозволяють прогнозувати операційне навантаження, оптимізувати планування хірургічних ресурсів на гірськолижних курортах і вдосконалювати діагностичний алгоритм пріоритизації пацієнтів у гострому періоді.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Доцільним є проведення проспективного багатоцентрового дослідження з включенням детальної інформації про механізм травми, рівень катання та тип обладнання. Це дозволить розробити прогностичну модель ризику ПСЗ-ушкоджень та оптимізувати алгоритми сортування пацієнтів на гірськолижних курортах. Також актуальним є порівняльний аналіз МРТ-даних гострого та підгострого періодів для виявлення частки «пізно виявлених» ушкоджень (ramp lesions, кореневі травми менісків).

Інформація про фінансування. Дослідження виконувалося в межах інституційного науково-дослідного проєкту та не отримувало зовнішнього фінансування.

Внесок авторів. Усі автори зробили однаковий внесок у цю роботу

Список літератури

1. Posch, M., Schranz, A., Lener, M., Tecklenburg, K., Burtscher, M., & Ruedl, G. (2020). In recreational Alpine skiing, the ACL is predominantly injured in all knee injuries needing hospitalisation. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy, 29*(6), 1790–1796. https://doi:10.1007/s00167-020-06221-z
2. Bere, T., Flørenes, T. W., Krosshaug, T., Koga, H., Nordsletten, L., Irving, C., … Bahr, R. (2011). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in World Cup Alpine skiing. *The American journal of sports medicine, 39*(7), 1421–1429. https://doi:10.1177/0363546511405147
3. Ruedl, G., Helle, K., Tecklenburg, K., Schranz, A., Fink, C., & Burtscher, M. (2015). Factors associated with self-reported failure of binding release among ACL injured male and female recreational skiers: A catalyst to change ISO binding standards? *British journal of sports medicine, 50*(1), 37–40. https://doi:10.1136/bjsports-2015-095482
4. Sanders, T. G., Medynski, M. A., Feller, J. F., & Lawhorn, K. W. (2000). Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: Footprint of the mechanism of injury. *RadioGraphics, 20*(suppl_1), S135–S151. https://doi.org/10.1148/radiographics.20.suppl_1.g00oc19s135.
5. Fuchs, A., Ovsepyan, S., Frodl, A., Yilmaz, T., Siegel, M., Krause, M., Stein, T., Schmal, H., & Izadpanah, K. (2025). Posterolateral tibial plateau impaction fractures in patients undergoing primary anterior cruciate ligament reconstruction — An MRI analysis of 556 cases. *Journal of experimental orthopaedics, 12*(2). https://doi.org/10.1002/jeo2.70284
6. Parkar, A. P., & Adriaensen, M. E. (2024). ESR essentials: MRI of the knee—practice recommendations by ESSR. *European radiology, 34*(10), 6590–6599. https://doi.org/10.1007/s00330-024-10706-7
7. Kijowski, R., Roemer, F., Englund, M., Tiderius, C., Swärd, P., & Frobell, R. (2014). Imaging following acute knee trauma. *Osteoarthritis and cartilage, 22*(10), 1429–1443. https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.06.024
8. Taljanovic, M. S., Chang, E. Y., Ha, A. S., Bartolotta, R. J., Bucknor, M., Chen, K. C., Gorbachova, T., Khurana, B., Klitzke, A. K., Lee, K. S., Mooar, P. A., Nguyen, J. C., Ross, A. B., Shih, R. D., Singer, A. D., Smith, S. E., Thomas, J. M., Yost, W. J., & Kransdorf, M. J. (2020). ACR appropriateness criteria® acute trauma to the knee. *Journal of the American college of radiology, 17*(5), S12–S25. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2020.01.041
9. Risitano, S., Giustra, F., Bosco, F., Rea, A., Cacciola, G., Rizzolo, R., Sabatini, L., Capella, M., & Massè, A. (2024). Tibial plateau fractures are associated with ligamentous and meniscal injuries. Preoperative evaluation of magnetic resonance imaging influences surgical treatment. *European*

РЕЦЕНЗІЯ

journal of trauma and emergency surgery, 50(5), 2367–2374. https://doi.org/10.1007/s00068-024-02581-0
10. Song, G., Zhang, H., Wu, G., Zhang, J., Liu, X., Xue, Z., Qian, Y., & Feng, H. (2017). Patients with high-grade pivot-shift phenomenon are associated with higher prevalence of antero-lateral ligament injury after acute anterior cruciate ligament injuries. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy, 25*(4), 1111–1116. https://doi.org/10.1007/s00167-017-4492-z
11. Clifford, C., Ayre, C., Edwards, L., Guy, S., & Jones, A. (2021). Acute knee clinics are effective in reducing delay to diagnosis following anterior cruciate ligament injury. *The knee*, 30, 267–274. https://doi.org/10.1016/j.knee.2021.04.007
12. Fritz, B., & Fritz, J. (2023). MR imaging of acute knee injuries. *Radiologic clinics of North America, 61*(2), 261–280. https://doi.org/10.1016/j.rcl.2022.10.005

Стаття надійшла до редакції	Отримано після рецензування	Прийнято до друку
02.04.2026	20.07.2026	26.07.2026

MRI DIAGNOSIS PATTERNS OF ACUTE ALPINE SKIING KNEE INJURIES: RETROSPECTIVE ANALYSIS OF 879 STUDIES

O. O. Kostrub [1], R. I. Blonskyi [1], O. V. Volos [2]

[1] SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv
[2] Communal Non-Profit Enterprise «Nadvirna Central District Hospital». Ukraine

✉ Oleksandr Kostrub, MD, DMSc, Prof.: akostrub@ukr.net; https://orcid.org/0000-0001-7925-9362
✉ Roman Blonskyi, MD, DMSc: drblonskiy@ukr.net; https://orcid.org/0000-0003-2310-6345
✉ Oleksandr Volos, MD: Sasha_n999@yahoo.com; https://orcid.org/0009-0000-6191-7777

PREVIEW