

## МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНА ТОМОГРАФІЯ В ДІАГНОСТИЦІ РЕЦИДИВУ ПЕРЕДНЬОМЕДІАЛЬНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ КОЛІННОГО СУГЛОБА

С. С. Страфун, Р. О. Сергієнко, О. С. Страфун, С. В. Богдан, О. М. Витриховська, Н. М. Негря  
ДУ “Інститут травматології та ортопедії АМН України”, м. Київ

### MRI IN DIAGNOSIS OF RECURRENCE OF ANTERO-MEDIAL KNEE INSTABILITY

S. S. Strafun, R. O. Sergienko, O. S. Strafun,  
S. V. Bobdan, O. M. Vytrykbovska, N. M. Nebria

MRI findings of 23 patients with antero-medial knee instability are reported. The main reasons of the knee instability which may be detected by MRI are named, direct and indirect signs of injury of ACL graft are shown. The significance of MRI in planning of revision reconstruction of ACL has been proved. The indexes of sensitivity, specificity and accuracy of MRI which are about 90 % are calculated.

Key words: ACL, MRI, recurrence of antero-medial knee instability.

### МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНА ТОМОГРАФІЯ В ДІАГНОСТИЦІ РЕЦИДИВА ПЕРЕДНЬОМЕДІАЛЬНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ КОЛІННОГО СУСТАВА

С. С. Страфун, Р. А. Сергієнко, А. С. Страфун,  
С. В. Богдан, Е. Н. Витриховська, Н. Н. Негря

Приводяться результати МРТ-обстежень 23 хворих з рецидивом передньомедіальної нестабільності колінного суглоба. Указуються основні причини нестабільності колінного суглоба, які можна виявити з допомогою МРТ-обстеження, прямі та непрямі ознаки пошкодження трансплантата передньої хрестовидної зв'язки. Доказана важливість МРТ-обстежень при плануванні ревизионної пластики передньої хрестовидної зв'язки. Розраховані показники чутливості, специфічності та точності проведених МРТ-обстежень, які становлять близько 90 %.

Ключевые слова: передняя крестовидная связка, магнитно-резонансная томография, рецидив передньомедіальної нестабільності.

## Вступ

Більшістю дослідників визнається провідна роль магнітно-резонансної томографії (МРТ) у діагностиці пошкоджень капсульно-зв'язкового апарату колінного суглоба та менісків [1, 2, 7].

Рецидиви передньомедіальної нестабільності становлять 6–8 % після первинних пластик передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) [2, 6]. Їх причинами є неадекватна хірургічна техніка, ігнорування пошкоджень навколо суглобових стабілізаційних структур до операції, травматичні пошкодження трансплантата.

У сучасній літературі ми не знайшли стандартизованих даних щодо МР-ознак рецидиву передньомедіальної нестабільності. МРТ-діагностика не знайшла широкого використання в передопераційному плануванні ревизионних пластик ПХЗ. За даними різних авторів, діагностична точність МРТ становить близько 90 % [2, 6].

**Мета** роботи — за даними МРТ-досліджень визначити ознаки та можливі причини рецидиву передньомедіальної нестабільності колінного суглоба. Визначити можливість магнітно-резонансної томографії у візуалізації пошкоджень м'якотканинних структур та суглобового хряща при рецидиві передньомедіальної нестабільності колінного суглоба.

## Матеріали і методи

Спостерігали результати оперативного лікування 589 хворих з ушкодженням ПХЗ, у тому числі 31 хворого, яким виконано ревизионну пластику ПХЗ. Середній вік хворих становив  $40,4 \pm 4,32$  років. З моменту виникнення рецидиву передньомедіальної нестабільності колінного суглоба, за суб'єктивними відчуттями хворого, і до моменту звернення в клініку минало в середньому  $18,2 \pm 4,1$  місяців. Хворих розподілили на 2 групи:

- у I групі увійшло 23 хворих (15 (65,21 %) чоловіків і 8 (34,79 %) жінок), яким у період з 01.10 2005 по 01.10 2010 р. виконано МРТ-обстеження та хірургічне лікування з приводу рецидиву передньомедіальної нестабільності;
- у II групі увійшло 8 хворих, яким через наявність металевих фіксаторів МРТ-обстеження не проводилось, застосували ультрасонографічне обстеження.

Стандартна магнітно-резонансна томографія виконувалась на апараті “Toshiba Vantage” з силою магнітного поля 1,5 Тесла в сагітальній, коронарній та фронтальній проєкціях з використанням спеціальної колінної “котушки”. Оцінювали анатомічні структури колінного суглоба на основі різної інтенсивності сигналу нормальних та патологічно змінених тканин, особливу увагу приділяли трансплантату ПХЗ. Кількість зрізів вибиралась

залежно від розмірів колінного суглоба. Загальноприйнята товщина зрізу — 4 мм, однак при МРТ-обстеженні хворих з рецидивом передньомедіальної нестабільності обстеження проводили при товщині зрізу 2 мм. У середньому число зрізів в одній площині становило 18–20.

Дослідження анатомічних структур колінного суглоба, у тому числі й центральних стабілізаторів, проводили в режимах T1, T2, Pd та Pdfatsat, ураховували прямі та непрямі ознаки розриву трансплантата передньої хрестоподібної зв'язки.

До *прямих ознак розриву трансплантата* ПХЗ відносили:

- 1) підвищення магнітно-резонансного сигналу від волокон зв'язки, що свідчить про втрату волокнами зв'язки своєї структури;
- 2) нерівність або нечіткість контуру зв'язки;
- 3) зміна її траєкторії.

До *непрямих ознак розриву трансплантата* ПХЗ відносили:

- 1) деформацію траєкторії задньої хрестоподібної зв'язки (ЗХЗ) (ангуляцію);
- 2) передню дислокацію великогомілкової кістки (симптом пасивної “передньої висувної шухляди”);
- 3) наявність контузізних змін та субхондріальних переломів (якщо розрив трансплантата ПХЗ стався внаслідок повторної травми).

Відсутність непрямих ознак розриву трансплантата ПХЗ не виключало його пошкодження [6, 7].

Оцінювали кут нахилу трансплантата ПХЗ у *фронтальній* та *сагітальній* площинах та його відношення до лінії Blumensaatt. Вважали, що нормальним кутом розміщення трансплантата ПХЗ у *сагітальній* площині є кут у 45–55°, а у *фронтальній* площині — 63–71°. При вищевказаних кутах розміщення трансплантата ПХЗ та його проходженні вздовж лінії Blumensaatt ізометричність трансплантата не порушується [4]. Цілісність задньої хрестоподібної зв'язки вважали не порушеною за відсутності підвищення сигналів у речовині зв'язки, нерівність або нечіткість контуру, які вказують на розрив волокон. Позасуглобові стабілізатори колінного суглоба (медіальна та латеральна колатеральні зв'язки) вважались не пошкодженими за відсутності таких ознак як:

- 1) підвищеного магнітно-резонансного сигналу;
- 2) втрата волокнами своєї структури;
- 3) нечіткість, хвилястість контуру зв'язки [6, 7].

Відсутність МРТ-ознак розриву трансплантата розглядалась у контексті клінічного обстеження.

Дослідження стану кісткової тканини та суглобового хряща проводили в режимах T1, Pd, T2 та Pdfatsat.

Визначали ступінь остеолізу навколо трансплантата та фіксатора, величину міжвиросткової ямки, порівнюючи отримані результати з результатами при рентгенографічному дослідженні, просторову орієнтацію великогомілкового та стегового тунелів.

Величину індексу відносної висоти та індексу відносної ширини визначали так, як і при рентгенографічному дослідженні [3].

Пошкодження хряща оцінювали за зміною інтенсивності магнітно-резонансного сигналу, товщини та контуру хряща.

На основі отриманих даних проводили *передопераційне планування* та визначали оптимальний для цього виду пошкодження вид хірургічного лікування.

*Інтраопераційну діагностику* виконували за допомогою артроскопа діаметром 4,5 мм з нахилом оптики 30°.

Після інтраопераційного підтвердження рецидиву пошкодження передньої хрестоподібної зв'язки проводився ретроспективний аналіз даних МРТ-обстеження та ревізійна пластика зв'язки.

Для оцінки можливостей магнітно-резонансної томографії аналізували протоколи МРТ та співставляли їх з отриманими при артроскопії даними.

Спочатку визначили:

- 1) *дійсно позитивні* результати — ДП (патологія, яка виявлена при обстеженні, співпала з такою при артроскопії);
- 2) *дійсно негативні* — ДН (патологія не виявлена при обстеженні і не виявлена при артроскопії);
- 3) *хибно позитивні* — ХП (патологія виявлена при обстеженні, але не виявлена при артроскопії);
- 4) *хибно негативні* — ХН (патологія не виявлена при обстеженні, але виявлена при артроскопії) [2].

Потім розраховували найчастіше використовувані величини для оцінки діагностичних показників: чутливість, специфічність, точність.

**Чутливість** — відсоткове співвідношення дійсно позитивних результатів до суми дійсно позитивних та хибно негативних результатів. Розрахунок проводили за формулою:

$$\frac{\text{ДП}}{\text{ДП}+\text{ХН}} \times 100 \%$$

**Специфічність** — відсоткове відношення дійсно негативних результатів у людей, що не мають цієї патології, до суми дійсно негативних та хибно позитивних результатів (ймовірність негативного за відсутності патології, тобто частота негативного результату у здорових людей).

$$\frac{\text{ДН}}{\text{ДН}+\text{ХП}} \times 100 \%$$

**Точність** — відсоткове відношення всіх дійсних результатів до суми всіх результатів (частка точних результатів у загальному числі обстежень).

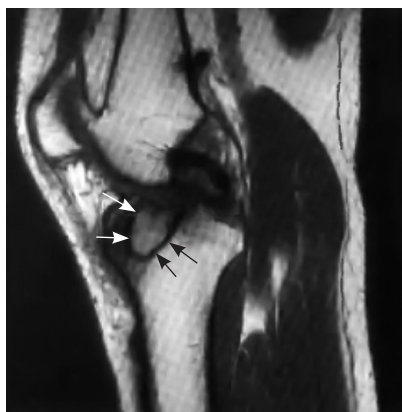
$$\frac{\text{ДН}+\text{ДП}}{\text{ДП}+\text{ДН}+\text{ХП}+\text{ХН}} \times 100 \%$$

## Результати та їх обговорення

При МРТ-обстеженні пошкодження трансплантата ПХЗ було виявлено у 18 (78,2 %) хворих, у 5 хворих — не виявлено.

*Прямі ознаки* розриву трансплантата ПХЗ виявлено у усіх хворих цієї групи.

*Непрямі ознаки* виявлені у 10 (43,5%) хворих, що ще раз підтверджує, що відсутність непрямих ознак розриву трансплантата ПХЗ не виключає його пошкодження. У 1 (4,5 %) хворого виявлено остеоліз навколо великогомілкового кінця трансплантата за типом “синдрому двірника”, при збереженій цілісності трансплантата ПХЗ (рис. 1) [9].



**Рис. 1.** МРТ колінного суглоба — стрілками показано зону остеолізу навколо великогомілкового кінця трансплантата ПХЗ

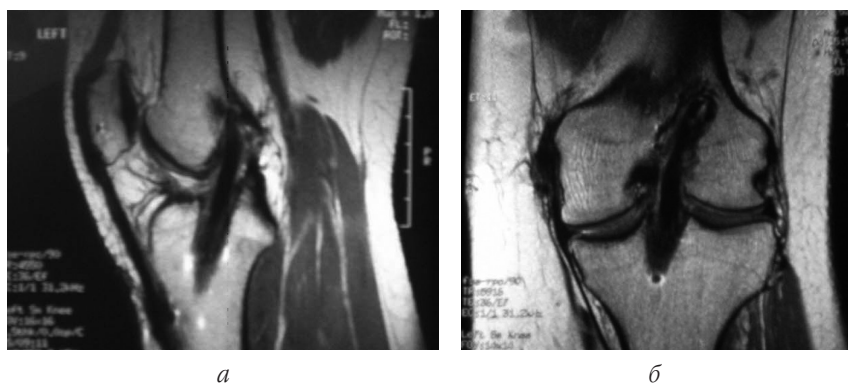
Вивчаючи кут нахилу трансплантата ПХЗ у *сагітальній* та *фронтальній* площині, можна зробити висновок, що у 90 % хворих трансплантат розміщувався вертикально. Кут нахилу трансплантата в *сагітальній* площині коливався в межах 55–65°, у *фронтальній* площині — 70–80° (рис. 2). Це передусім пов'язано з не ізометричним

розміщенням стегнового тунелю, що підтверджувалось під час артроскопії [8].

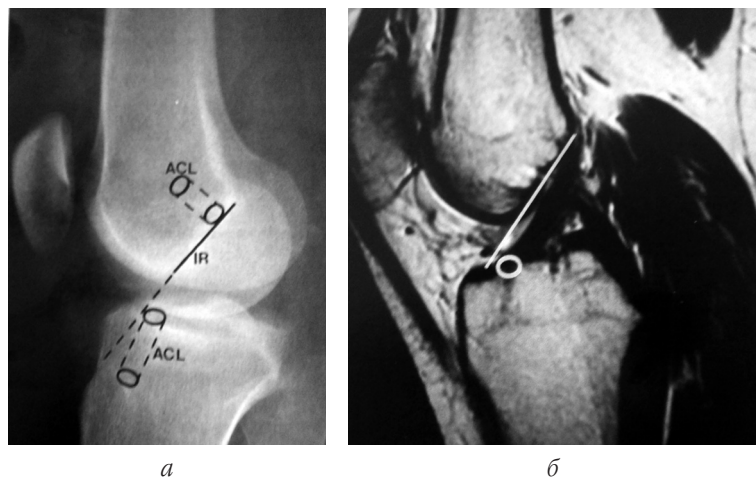
Зображення лінії Blumensaatt, яка є орієнтиром для оцінки розміщення трансплантата ПХЗ при рентгенографічному та МРТ-обстеженні, представлені на рис. 3 [9].

Порушення цілісності задньої хрестоподібної зв'язки не було виявлено в жодному випадку. У 4 (17,3 %) хворих виявлено часткове пошкодження трансплантата ПХЗ при розриві медіальної колатеральної зв'язки. У цієї групи хворих часткове пошкодження трансплантата ПХЗ проявлялось у зміні інтенсивності магнітно-резонансного сигналу як у T1, Pd, так і в T2 режимі, у зміні траєкторії зв'язки в центральних відділах та/або нерівномірне потовщення, зміна її структури. При цьому на перший план виходили ознаки пошкодження медіальної колатеральної зв'язки, які проявлялись неоднорідним магнітно-резонансним сигналом, деформацією траєкторії зв'язки з втратою волокнами своєї структури; нерівність або нечіткість контуру зв'язки [6, 7].

Нами виявлений взаємозв'язок між кутом проходження ЗХЗ, оціненим при МРТ-дослідженні, та функціональним станом трансплантата, оціненим під час артроскопії, згідно з класифікацією Лазішвілі. Чим ближче кут ЗХЗ до 90°, тим ступінь пошкодження трансплантата ПХЗ



**Рис. 2.** Вертикальне розміщення трансплантата ПХЗ у сагітальній (а) та фронтальній (б) площинах з резорбцією кісткової тканини навколо трансплантата



**Рис. 3.** Зображення лінії Blumensaatt при рентгенографічному (а) та МРТ-обстеженні (б)

більше. Це пов'язано з вентральним зміщенням гомілки, при цьому ангуляція ЗХЗ збільшується. Однак невелика кількість спостережень не дає нам можливості чітко прослідкувати цю залежність.

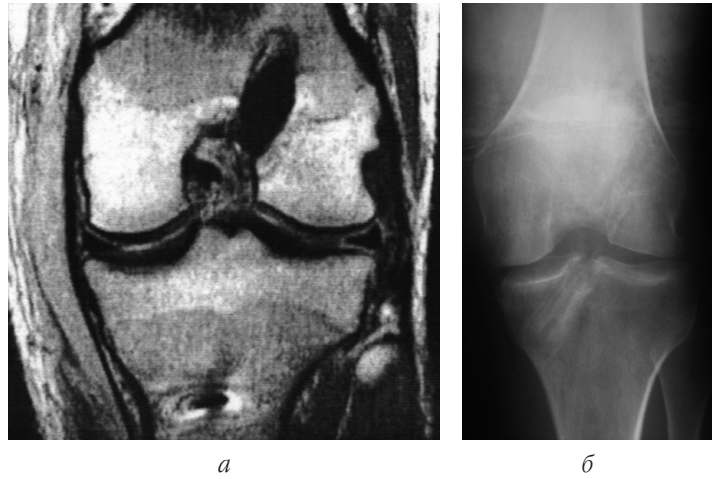
Цікавими, на наш погляд, виявилися результати дослідження міжвиросткової ямки (МВЯ) та порівняння їх з результатами рентгенологічного дослідження. У 14 (60,9 %) хворих при МРТ-обстеженні та при виконанні тунельних знімків виявлено стеноз МВЯ, що проявлялось у зменшенні індексу відносної ширини менше 0,21 (рис. 4).

Зважаючи на відсутність первинних рентгенограм та МРТ-обстежень хворих, ми не знаємо, чи був у них стеноз МВЯ до первинної пластики. Тобто ми не можемо сказати, що у хворих не був урахований індекс відносної ширини, перед первинною операцією, але ще раз наголосимо на необхідності його вираховування як на тунельних рентгенологічних знімках, так і при МРТ.

У групі спостереження ми виявили остеоліз навколо стегнового кінця трансплантата у 1 (4,5 %) хворого, що клінічно проявлялося ознаками передньомедіальної нестабільності, при цьому стегновий кінець трансплантата був фіксований позасуглобово. Остеоліз різного ступеня навколо фіксатора виявлявся у 14 (60,9 %) хворих, де було застосовано для фіксації інтерферентні гвинти, оскільки міцність фіксації останніх залежить від стану кісткової тканини (рис. 5) [9]. При застосуванні інших видів фіксації трансплантата остеолізу навколо фіксатора виявлено не було.

На думку деяких авторів, при вивченні томограм у 25 % хворих можливе виникнення труднощів в оцінці стану тунелів та їх просторової орієнтації як у стегновій, так і у великогомілкової кістках. У цьому випадку рекомендується виконання спіральної комп'ютерної томографії з можливістю двовимірного та тривимірного моделювання отриманих даних. Спіральна комп'ютерна томографія вважається одним з найточніших методів діагностики патології кісткової тканини, оскільки дає можливість точної просторової орієнтації кісток та їх фрагментів [1]. На жаль, використання цього методу діагностики обмежене, що пов'язано з невеликою кількістю томографів з можливістю двовимірного та тривимірного моделювання та вартістю дослідження.

Для визначення ступеня пошкодження трансплантата ПХЗ можливе використання контрастної МРТ, під час якої хворому внутрішньовенно вводять препарат "Томовіст" з розрахунку 0,1 ммоль на 1 кг маси пацієнта. Проведення дослідження можливе через



**Рис. 4.** Томограма колінного суглоба (а) — зменшення індексу відносної ширини до 0,19 на фоні остеолізу навколо стегнового кінця трансплантата ПХЗ. Рентгенограма колінного суглоба (б) — зона остеолізу не прослідковується



**Рис. 5.** Томограма колінного суглоба, сагітальний зріз — остеоліз навколо стегнового кінця трансплантата

20 хв після введення препарату. Таке дослідження дає можливість не тільки оцінити частку пошкодженого трансплантата ПХЗ, а й чітко виявити супутні внутрішньосуглобові пошкодження. МРТ з контрастуванням проводиться в режимі T1 [6].

Результати МРТ-діагностики при рецидиві передньомедіальної нестабільності колінного суглоба наведені в табл. 1.

Як бачимо з таблиці, при пошкодженні трансплантата ПХЗ практично в усіх хворих трапляються інші пошкодження стабілізуючих елементів колінного суглоба, які призводили до перевантаження трансплантата й до порушення процесів лігаментизації та реваскуляризації.

Результати інформативності МРТ при рецидиві передньомедіальної нестабільності колінного суглоба, розраховані на основі абсолютних показників, наведені в табл. 2.

Найбільш узагальнюючим діагностичним критерієм будь-якого променевого методу дослідження вважається точність, яка відображає відношення всіх дійсних результатів до загального числа обстежень [2]. Як бачимо з табл. 2, точність при діагностиці пошкодження трансплантата ПХЗ наближається до 90 %.

Таблиця 1

**Результати МРТ-діагностики при рецидиві передньомедіальної нестабільності колінного суглоба**

Вид пошкодження	ДП	ДН	ХП	ХН	Усього
Трансплантат ПХЗ	18	3	1	1	<b>23</b>
Капсула суглоба	14	6	1	2	<b>23</b>
Суглобовий хрящ	16	4	1	2	<b>23</b>
Медіальна колатеральна зв'язка	16	4	2	1	<b>23</b>
<b>Усього:</b>	<b>64</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>92</b>

Таблиця 2

**Показники інформативності МРТ, у %**

Діагноз	Чутливість	Специфічність	Точність
Пошкодження трансплантата ПХЗ	95	66	91
Пошкодження капсули суглоба	87	86	87
Пошкодження суглобового хряща	89	80	87
Пошкодження медіальної колатеральної зв'язки	94	66	87

**Висновки**

Хворі з рецидивом передньомедіальної нестабільності колінного суглоба потребують МРТ-обстеження для планування ревізійного втручання.

МРТ-дослідження дозволяє з високою точністю виявити прямі та непрямі ознаки пошкодження трансплантата ПХЗ.

До можливих причин рецидиву передньомедіальної нестабільності колінного суглоба згідно з МРТ-дослідженням належать:

- 1) неврахування супутніх пошкоджень при первинній пластиці;
- 2) не ізометричне розміщення трансплантата ПХЗ (вертикальне розміщення);
- 3) остеоліз навколо трансплантата та/або фіксатора.

Точність МРТ при діагностиці пошкодження трансплантата ПХЗ та супутніх пошкоджень наближається до 90 %.

**Література**

1. Возможности ультразвукографии и магнитно-резонансной томографии в диагностике внутрисуставных мягкотканых повреждений колленного сустава у детей и подростков / Меркулов В.Н., Самбатов Б.Г., Салтыкова В.Г., Огарев Е.В. // Вест. травматол. и ортопед. им. Н.Н. Приорова. — 2008. — № 3. — С. 4–9.
2. Миронов С.П. Повреждения связок колленного сустава / Миронов С.П., Орлецкий А.К., Цыкунов М.Б. — М.: Медицина, 1999. — 399 с. (цв. ил.)
3. Хірургічне лікування остеоартрозу колінного суглоба: [Монографія] / за ред. І.М. Зазірного, М.К. Тернового. — К.: Навч. книга, 2005. — 192 с., іл.
4. Anterior Cruciate Ligament Revision: Double-Bundle Augmentation of Primary Vertical Graft / Brophy Robert H., Selby R.M., Altchek D.W. [et al.] // J. Arthroscop. Relat. Surg. — 2006. — Vol. 22, № 6. — P. 683.e1–683.e5.
5. Getelman M.H. Revision anterior cruciate ligament reconstruction surgery / M.H. Getelman, M.J. Friedman // J. Am. Acad. Orthop. Surg. — 1999. — Vol. 7. — P. 189–198.
6. Hoyt M. How accurate is an MRI at diagnosing injured knee ligaments? / Hoyt M., Goodemote P., Morton J. // J. Family Pract. — 2010. — Vol. 59, № 2. — P. 118–120.
7. MR imaging of the menisci and cruciate ligaments: a systematic review / Edwin H.G., Jeroen J., Gilai A.Z. [et al.] // Radiology. — 2003. — Vol. 226, № 3. — P. 837–848.
8. Resnick Donald. Internal Derangements of Joints Emphasis on MR Imaging / Donald Resnick, R. A. Pedowitz. — San Diego: Saunders, 2008. — 951 p.
9. Revision anterior cruciate ligament reconstruction with a reharvested ipsi lateral patellar tendon / Colosimo A.J., Heidt R. S. Jr., Traub J.A., Carlonas R.L. // Am. J. Sports Med. — 2001. — Vol. 29. — P. 746–750.