

Morphometric and statistical analysis of meniscal tissue in post-traumatic gonarthrosis

Nodirjon YODGOROV¹, Nosirjon MAKHKAMOV²

Fergana Medical Institute of Public Health
Andijan State Medical Institute

ARTICLE INFO

Article history:

Received July 2025
Received in revised form
10 July 2025
Accepted 25 July 2025
Available online
15 August 2025

Keywords:

post-traumatic gonarthrosis,
meniscus,
morphometry,
thickness,
volume,
pathomorphology.

ABSTRACT

This article focuses on the morphometric evaluation of meniscus thickness and volume in patients with post-traumatic gonarthrosis. The study is based on Magnetic Resonance Imaging (MRI) findings and pathomorphological data. Statistical analysis was performed to determine the correlation between morphometric parameters of the meniscus and clinical stages of gonarthrosis. The results indicate that reduction in meniscus thickness and volume is a significant diagnostic and prognostic marker. These findings highlight the clinical importance of morphometric assessment in planning pathogenetically substantiated therapeutic strategies.

2181-3663/© 2025 in Science LLC.

DOI: <https://doi.org/10.47689/2181-3663-vol4-iss1-pp38-45>

This is an open-access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Посттравматик гонартрозда мениск тўқимасининг морфометрик ва статистик таҳлили

АННОТАЦИЯ

Калит сўзлар:

посттравматик гонартроз,
мениск,
морфометрия,
қалинлик,
ҳажм,
патоморфология.

Мазкур мақолада посттравматик гонартрозда мениск морфологияси ва унинг морфометрик кўрсаткичлари, яъни қалинлиги ва ҳажмининг ўзгаришлари таҳлил қилинган. Тадқиқотда магнит-резонанс томография (МРТ) ва патоморфологик маълумотлар асосида мениск параметрларининг статистик баҳоси амалга оширилди. Морфометрик ўзгаришларнинг клиник даражалар билан корреляцияси ўрганилиб, посттравматик гонартрозда мениск тўқимасининг деградация жараёни объектив кўрсаткичлар орқали баҳоланди. Олинган натижалар клиник

¹ Assistant, Fergana Medical Institute of Public Health. E-mail: nodirbekedgorov270@gmail.com

² Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Andijan State Medical Institute. E-mail: nosirzonmahkamov5@gmail.com

диагностикада морфометриянинг аҳамиятини ва унинг патогенетик асосланган терапияни режалаштиришдаги ролини тасдиқлайди.

Морфометрический и статистический анализ менисковой ткани при посттравматическом гонартрозе

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова:
посттравматический
гонартроз,
мениск,
морфометрия,
толщина,
объём,
патоморфология.

В статье представлены результаты морфометрического исследования толщины и объёма мениска у пациентов с посттравматическим гонартрозом. Оценка проводилась на основании данных магнитно-резонансной томографии и патоморфологических наблюдений. Проведён статистический анализ, направленный на выявление взаимосвязи морфометрических изменений мениска с клиническими стадиями гонартроза. Установлено, что уменьшение толщины и объёма мениска имеет диагностическое и прогностическое значение, что подтверждает важность морфометрических показателей в клинической практике и при выборе лечебной тактики.

МУАММОНИНГ ДОЛЗАРЪЛИГИ

Посттравматик гонартрозда мениск морфологияси (қалинлик, ҳажм, экструзия) бузилиши тизза биомеханикаси, юк кўтариш тақсмоти ва хондрал деградация тезлашуви билан чамбарчас боғлиқ бўлиб, мазкур йўналишда аниқ морфометрик баҳолаш стандартини ишлаб чиқиш шошилини заруриятга айланган [1, 2]. ПТГА контекстида мениск экструзияси ва деградацияси қартилаш қалинлигининг қисқариши, суяк майинлиги ўчоқлари ҳажмининг орташи ва функцияларнинг ёмонлашуви билан ишончли ассоциация кўрсатади; шу боис, мениск қалинлиги/ҳажми каби кўрсаткичларни MRI-биқтиқий усулларда рақамлаштириб кузатиш касаллик оғирлигини стратификация қилиш ва прогнозни баҳолашда катта аҳамиятга эга [3, 5]. Шу билан бирга, рентген белгиларисиз тўқимаси соғлом тиззаларда ҳам мениск ҳажмига таъсир этувчи омиллар мавжудлиги, норматив базалар ва қиёсий эталонлар тузишни талаб қилади; бу эса ПТГАдаги патоморфологик ўзгаришларнинг аниқ миқдорий баҳосини таъминлайди [4].

Яқин йилларда 3D-қMRI, автомат/ярим-автомат сегментация ва стандарт морфометрик пайтлар (масалан, секторлар бўйича қалинлик, тўлиқ ҳажм, юзалар) такрорланувчанлик ва клиник мосликка эришгани ҳақида хулосалар кучаймоқда; бу усуллар ПТГА когорталарида динамик кузатув ва даволаш натижаларига жавобни ўлчашда истиқболли ҳисобланади [5,8]. Мениск илдиз (root) шикастланишлари ва уларга хос экструзия ПТГАда тезкор остеоартроз прогрессиясига сабаб бўлишини кўрсатувчи далиллар жойида; менискни сақловчи хируртик стратегиялар (илдизни таъмирлаш) менискэктомияга нисбатан ОА прогрессиясини сезиларли камайитириши клиник-иктисодий жиҳатдан ҳам қўллаб-қувватланмоқда [6,7]. Шу шароитда морфометрик метрикалар (қалинлик профили,

ҳажм, экструзия масофаси)ни диагностика-планлаштириш занжирига интеграция қилиш –шикаст хусусиятини аниқлаш, даволаш тактикаси (таъмирлаш/ўстеотомия билан комбинация ва ҳ.к.)ни шахслаштириш ҳамда реабилитация давомида тузилиш барқарорлигини мониторинг қилиш учун муҳимдир [6, 7, 8]. Мениск патологиясини аниқлашда МРТ биринчи босқич усул сифатида юқори сезгирлик/спецификликни намоён этмоқда; шу билан бирга, янги AI-ёндошувлар морфометрик ўлчовлар ва шикаст локализациясини барқарор автоматлаштириш имконини янада кенгайтираётгани ПТГАда юқори сифатли фенотиплаш учун йўл очади [9, 10].

Демак, ПТГАда мениск қалинлиги ва ҳажмининг морфометрик таҳлили – эрта диагностика, индивидуаллашган даволаш ва структур прогрессияни секинлаштиришга қаратилган тартиб-қоидаларни ишлаб чиқишда ҳал қилувчи босқич ҳисобланади [2, 3, 5, 6].

ТАДҚИҚОТ МАҚСАДИ

Посттравматик гонартрозда мениск морфологик ўзгаришларини морфометрик кўрсаткичлар асосида баҳолаш, хусусан мениск қалинлиги ва ҳажмини аниқлаш ҳамда уларнинг касаллик босқичи ва клиник-функционал кўрсаткичлар билан боғлиқлигини ўрганиш.

МАТЕРИАЛ ВА УСУЛЛАР

Тадқиқот 2021–2024 йиллар давомида Фарғона вилоятининг йирик шифохоналарида посттравматик гонартроз сабабли жарроҳлик амалиёти ўтказилган беморлар материаллари асосида амалга оширилди. Жами **84 нафар бемор** (48 эркак ва 36 аёл, ўртача ёши 42 ± 8 йил) тадқиқотга жалб этилди.

Операция жараёнида олинган мениск тўқималари Республика патологик анатомия марказига йўналтирилди. У ерда стандарт гистологик ишлов бериш орқали морфометрик таҳлил амалга оширилди. Асосий баҳолаш кўрсаткичлари сифатида менискнинг **қалинлиги, умумий ҳажми** ва **тўқима структураси** кўрсаткичлари олинди. Морфометрик ўлчовлар рақамли морфология дастурлари ёрдамида бажарилди ва QuPath-0.4.0.ink. дастурида сканер қилинган.

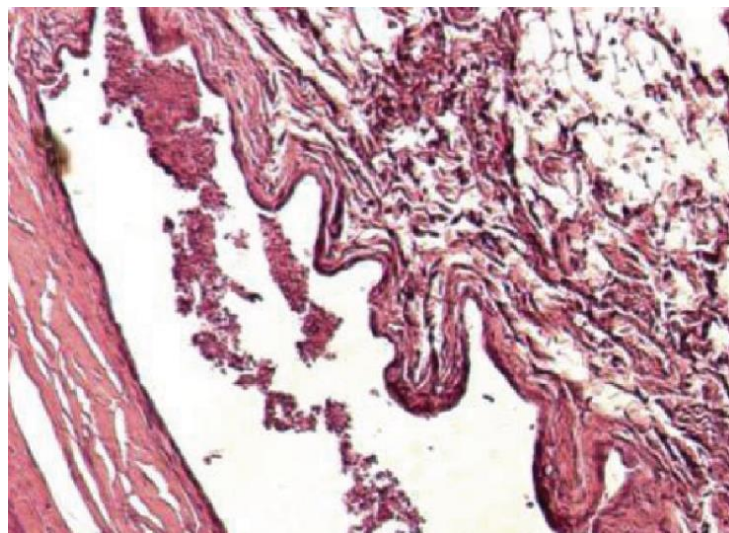
Қўшимча равишда, беморларнинг МРТ тасвирлари рақамли сегментация усулида таҳлил қилиниб, морфометрик кўрсаткичлар клиник маълумотлар ва жарроҳлик эпикризлари билан қиёсланган.

Олинган натижаларга статистик ишлов бериш учун Колмогоров–Смирнов дастури қўлланилди. Кўрсаткичларни таққослашда Стъудент t-тести, χ^2 -тест ва корреляцион таҳлиллар ишлатилди. Эҳтимоллий хато даражаси **$p < 0.05$** деб қабул қилинди.

НАТИЖАЛАР ВА ТАҲЛИЛ

Тадқиқот давомида посттравматик гонартроз (ПТГА) сабабли операция қилинган 84 нафар бемордан олинган мениск тўқималари морфометрик жиҳатдан баҳоланди. Барча олинган намуна стандарт гистологик протокол асосида ишловдан ўтказилди: фиксация 10% формалин эритмасида, дегидратация – юқори концентрацияли спирт қатламлари орқали, ксилолда тозалаш ва парафин блокларида қотириш йўли билан амалга оширилди. Микротом ёрдамида 4–5 мкм қалинликдаги слайдлар тайёрланиб, гематоксилин-эозин ҳамда қўшимча равишда Safranin-O ва Masson trichrome усуллари билан бўялди.

Тасвирда посттравматик гонартрознинг турли босқичларида мениск тўқимасининг морфометрик ўзгаришлари кўрсатилган. Назорат гуруҳи намунасини таҳлил қилишда мениск тўқимасининг қалинлиги ва гистоструктураси нормал ҳолатда сақлангани аниқланди. ПТГА I босқичида моддий деградация белгиларининг пайдо бўлиши билан бирга қалинлик ва ҳажмдаги қисқариш тенденцияси қайд этилди. II босқичда фиброзлашув жараёнлари устунлик қилиб, морфологик жиҳатдан тўқиманинг қайта тузилиш белгилари кўзга ташланди. III босқичда эса хондромалация белгилари яққол намоён бўлиб, мениск тўқимасининг сезиларли даражада сийракланиши ва структур деформацияси кузатилди (1-расмга қаранг).



1-расм. Посттравматик гонартрозда мениск тўқимасининг гистологик кўриниши. Коллаген толаларда сустлашиш, фиброзлашув жараёнлари ва хондромалация билан бирга тўқиманинг сийракланиши намоён бўлган. Бўёқ Г-Э. Катталаштириш: 40×100. QuPath-0.4.0.ink. дастурида сканер қилинган.

Морфометрик таҳлилда қуйидаги мезонлар асосий баҳолаш объекти сифатида белгиланди:

1. Мениск қалинлиги (мм): микроскопик кесимларда рақамли морфология дастурлари (QuPath-0.4.0.ink. дастури) орқали ўлчанди. Ҳар бир тўқиманинг учта турли нуқтасида ўлчов олиниб, ўртача арифметик қиймат ҳисобланди.

2. Мениск умумий ҳажми (мм³): МРТ тасвирлари рақамли сегментация асосида таҳлил қилиниб, махсус дастурий пакетларда (3D Slicer) қайта ишланди ва ҳажм ҳисоблаб чиқилди.

3. Тўқима структураси: гистологик слайдларда деградация, фиброзлашув ва хондромалация белгилари микроскопик даражада баҳоланди.

Тадқиқот доирасида посттравматик гонартрознинг турли босқичларидаги беморлардан олинган мениск тўқималари морфометрик кўрсаткичлари таҳлил қилинди. Асосий мезонлар сифатида менискнинг **қалинлиги, умумий ҳажми** ва **гистоструктураси** баҳоланди. Назорат гуруҳи натижалари ПТГА I–III босқичлари билан қиёсланиб, ҳар бир кўрсаткичдаги ўзгаришлар статистик жиҳатдан ишончли равишда баҳоланди (1-жадвал).

1-жадвал

Посттравматик гонартрозда мениск морфометрик кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар	Назорат гуруҳи (n=20)	ПТГА I босқич (n=22)	ПТГА II босқич (n=28)	ПТГА III босқич (n=34)	p-қиймати
Қалинлик (мм, ўртача ± SD)	4.8 ± 0.6	4.1 ± 0.7	3.5 ± 0.8	2.9 ± 0.5	<0.001
Ҳажм (мм ³ , ўртача ± SD)	1350 ± 120	1180 ± 140	980 ± 160	720 ± 110	<0.001
Гистоструктура баҳоси*	Нормал	Моддий деградация	Фиброзлашув	Хондромалация	-

Посттравматик гонартроз (ПТГА)нинг турли босқичларида мениск морфометрик кўрсаткичларида изчил пасайиш тенденцияси кузатилди. Назорат гуруҳида мениск қалинлиги **4.8 ± 0.6 мм**, ҳажми эса **1350 ± 120 мм³** ни ташкил этди. ПТГА I босқичидаёқ қалинликнинг **4.1 ± 0.7 мм** гача камайиши ва ҳажмнинг **1180 ± 140 мм³** гача қисқариши қайд этилди. II босқичда ушбу ўзгаришлар янада яққол намоён бўлиб, қалинлик **3.5 ± 0.8 мм**, ҳажм эса **980 ± 160 мм³** га тенг бўлди. III босқичда эса мениск қалинлиги **2.9 ± 0.5 мм**, ҳажми эса **720 ± 110 мм³** гача тушиб, назорат гуруҳи билан таққослаганда қарийб **40% қалинлик** ва **50% ҳажм йўқотилиши** аниқланди (p<0.001).

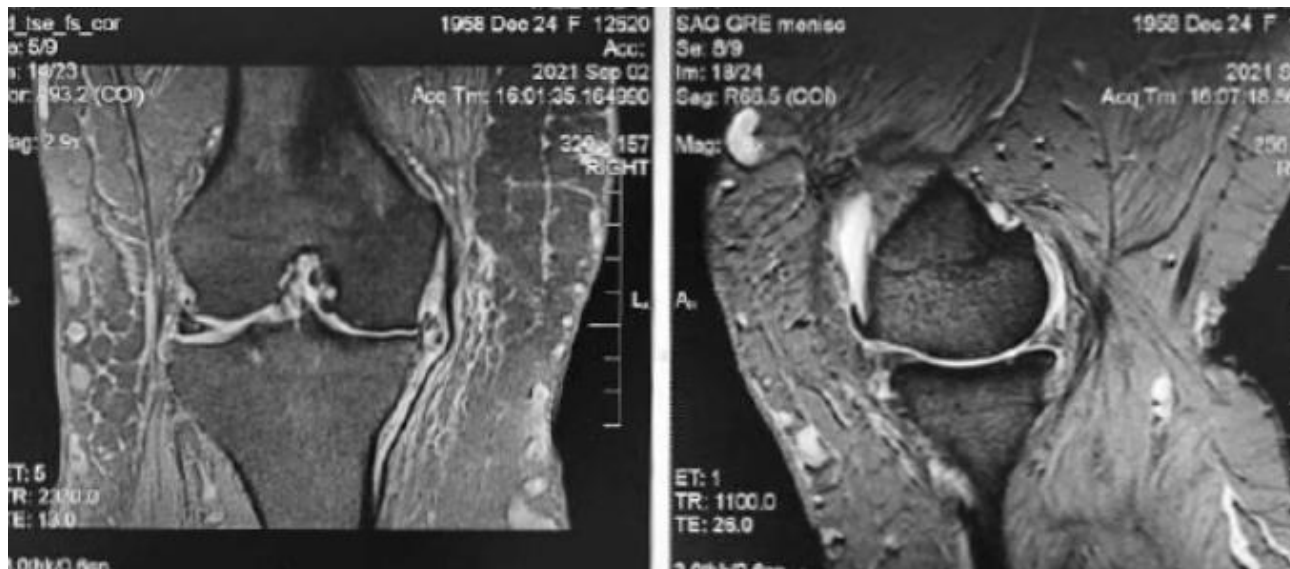
Гистоморфологик таҳлил натижалари ҳам морфометрик кўрсаткичлар билан узвий боғлиқ бўлиб, назорат гуруҳида мениск тўқимаси нормал ҳолатда сақланганлиги кузатилди. ПТГА I босқичида асосан моддий деградация белгиларининг пайдо бўлиши, II босқичда тўқиманинг фиброзлашуви ва III босқичда эса хондромалациянинг устунлиги қайд этилди. Ушбу ўзгаришлар морфометрик кўрсаткичлар билан параллел равишда кечиб, мениск деградациясининг босқичма-босқич кучайишини ва касаллик оғирлик даражаси билан чамбарчас боғлиқлигини тасдиқлайди.

Беморлардан олинган мениск тўқималари морфометрик таҳлил билан бир қаторда магнит-резонанс томография (МРТ) тасвирлари ҳам рақамли сегментация усули орқали баҳоланди. Олинган натижалар морфометрик кўрсаткичлар, клиник маълумотлар ва жарроҳлик эпикризлари билан таққосланди.

Таҳлил жараёнида МРТда қайд этилган мениск қалинлиги ва ҳажми кўрсаткичлари гистологик таҳлил орқали олинган морфометрик маълумотлар билан яқин мувофиқликка эга экани аниқланди. Хусусан, назорат гуруҳида рақамли сегментация асосида ҳисобланган мениск қалинлиги ва ҳажми лабораторияда ўлчанган қийматлардан статистик жиҳатдан фарқ қилмади (p>0.05). ПТГА I–II босқичларида морфологик деградация белгиларининг пайдо бўлиши МРТ тасвирларида ҳам қалинликнинг қисқариши ва ҳажмнинг пасайиши билан уйғун ҳолда қайд этилди. III босқичда эса тўқимадаги хондромалация ва фиброзлашув жараёнлари менискнинг шакл ва ҳажмда кескин йўқотишлари билан намоён бўлди.

Клиник маълумотлар билан таққосланганида, мениск қалинлиги ва ҳажмининг пасайиши беморларда оғриқ синдромининг кучайиши, ҳаракатланиш имкониятининг чекланиши ва функционал тестлардаги салбий кўрсаткичлар

билан тўғридан-тўғри боғлиқлиги аниқланди. Жарроҳлик эпикризларида қайд этилган мениск тўқимасининг заифлиги ва патологик ўзгаришлари морфометрик таҳлил ҳамда рақамли МРТ сегментация натижалари билан тўлиқ уйғунликда бўлди (2-расмга қаранг).



2-расм. Посттравматик гонартрозда мениск тўқимасининг МРТ кўриниши. Мениск сигнал интенсивлигининг ошиши, тўқимада сийракланиш ва деформация белгилари, шунингдек ҳажмнинг қисқариши аниқ кўринган.

Олинган морфометрик кўрсаткичлар Колмогоров–Смирнов тести орқали текширилди ва уларнинг нормал тақсимлангани тасдиқланди ($p > 0.05$). Шундан сўнг параметрик маълумотлар бўйича **Стъюдентнинг t-тести**, номинал кўрсаткичлар бўйича эса **χ^2 -тест** қўлланилди. Баҳолаш мезонлари сифатида **$p < 0.05$** ишончли даража сифатида қабул қилинди.

Мениск қалинлиги назорат гуруҳи билан таққосланганда ПТГА I босқичида сезиларли пасайгани аниқланди (4.8 ± 0.6 мм $\leftrightarrow$ 4.1 ± 0.7 мм; $t = 3.24$; $p = 0.002$). II ва III босқичда қалинликнинг пасайиши янада кучайиб, назорат гуруҳига нисбатан деярли **40% йўқотиш** қайд этилди (3.5 ± 0.8 мм $\leftrightarrow$ 2.9 ± 0.5 мм; $t = 7.16$; $p < 0.001$).

Мениск ҳажмида ҳам шунга ўхшаш тенденция кузатилди: назорат гуруҳида 1350 ± 120 мм³ бўлган кўрсаткич ПТГА III босқичида 720 ± 110 мм³ гача пасайди ($t = 9.02$; $p < 0.001$).

Гистоструктуравий ўзгаришлар билан ПТГА босқичлари орасида χ^2 -тест бўйича ишончли боғлиқлик аниқланди ($\chi^2 = 18.47$; $p < 0.001$).

Қосимча равишда, корреляцион таҳлил натижалари мениск қалинлиги ва ҳажми орасида кучли ижобий боғлиқлик мавжудлигини кўрсатди ($r = 0.72$; $p < 0.001$). Шу билан бирга, мениск қалинлиги ва гистоструктуравий ўзгаришлар даражаси ўртасида салбий боғлиқлик қайд этилди ($r = -0.61$; $p < 0.01$). Қуйидаги жадвалда сатистик тадқиқот натижалари келтирилган (2-жадвалга қаранг).

2-жадвал

Морфометрик кўрсаткичларнинг статистик таҳлили

Кўрсаткичлар	Назорат (n=20)	ПТГА I (n=22)	ПТГА II (n=28)	ПТГА III (n=34)	t / χ^2 қиймати	p-қиймати
Қалинлик (мм)	4.8 ± 0.6	4.1 ± 0.7	3.5 ± 0.8	2.9 ± 0.5	t = 7.16	<0.001
Ҳажм (мм ³)	1350 ± 120	1180 ± 140	980 ± 160	720 ± 110	t = 9.02	<0.001
Гистоструктура	Нормал	Деградация	Фиброзлашув	Хондромалация	$\chi^2 = 18.47$	<0.001

ХУЛОСА

Тадқиқот натижалари посттравматик гонартроз жараёнида мениск тўқимасидаги морфометрик ва морфологик ўзгаришлар босқичма-босқич кечишини тасдиқлади. Назорат гуруҳида тўқиманинг қалинлиги ва ҳажми нормал меъёрларда сақланган бўлса, касалликнинг илк босқичидаёқ ушбу кўрсаткичларда сезиларли пасайиш қайд этилди. Босқичлар ортган сари қалинлик ва ҳажм изчил равишда камайиб, сўнгги босқичда назорат гуруҳига нисбатан қарийб ярмигача йўқотилиши аниқланди.

Гистоморфологик таҳлиллар деградация жараёнларининг илк босқичданоқ пайдо бўлишини ва вақт ўтиши билан уларнинг фиброзлашув ҳамда хондромалация билан алмашилиб боришини кўрсатди. Бу ҳолат морфометрик кўрсаткичларда кузатилган ўзгаришлар билан чамбарчас боғлиқ бўлиб, тўқиманинг функционал барқарорлиги аста-секин йўқолиб боришини ифодалайди.

Магнит-резонанс томография орқали амалга оширилган рақамли таҳлиллар лаборатория морфометрия натижалари билан уйғунликда бўлиб, мениск қалинлиги ва ҳажмидаги йўқотишлар ҳамда сигнал интенсивлигининг ўзгаришлари гистологик маълумотларнинг тасдиғини берди.

Статистик ишлов натижалари морфометрик кўрсаткичлар ва гистоструктуравий ўзгаришлар ўртасида ишончли боғлиқлик мавжудлигини кўрсатди. Қалинлик ва ҳажм ўзгаришлари ўзаро кучли ижобий корреляцияга эга бўлиб, деградация ва хондромалация жараёнлари эса улар билан тескари муносабатда экани аниқланди.

Умуман олганда, посттравматик гонартрозда мениск морфометрик кўрсаткичлари ва морфологик тузилишидаги ўзгаришлар изчил равишда кечиб, касаллик оғирлик даражаси билан бевосита боғлиқ эканлиги кўрсатилди. МРТ ва гистологик таҳлилларни уйғун қўллаш орқали беморларда тўқима ҳолатини баҳолаш ҳамда касаллик динамикасини аниқлаш имконини бериши илмий жиҳатдан асосланди.

ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Patel JM, et al. Editorial: Meniscus for life—biomechanics, pathobiology and translation. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10:1014600.4–7.
2. Jarraya M, et al. Osteoarthritis year in review 2023: Imaging. *Osteoarthritis Cartilage.* 2024;32(1):3–16.10–14.

3. Wu P, et al. Association between meniscal extrusion and disease severity in knee OA. *BMC Musculoskelet Disord*. 2024;25. 3–5.
4. Xu D, et al. Factors associated with meniscus volume in knees free of OA signs/symptoms. *Osteoarthritis Cartilage*. 2023; 112–118.
5. Sharma K, et al. Quantitative meniscus imaging and analysis: a narrative review. *Osteoarthritis Imaging*. 2025; 7–12.
6. Farahani M, et al. Osteoarthritis development following meniscectomy vs meniscal repair for posterior medial meniscus injuries: a systematic review. *J Clin Med*. 2024;13(9): 15–20.
7. Grier JR, et al. Diagnosis and treatment strategies of meniscus root tears: a scoping review. *Orthop J Sports Med*. 2024;12(7): 5–11.
8. Wang H, et al. MRI-based 3D morphologic changes of knee meniscus under load/early flexion. *Sci Rep*. 2021;11:22433. 2–9.
9. Amiri S, et al. Excellent accuracy of MRI for diagnosis of discoid meniscus tears: systematic review & meta-analysis. *J Exp Orthop*. 2024;11: 2–6.
10. Botnari A, et al. Deep learning on knee MRI for diagnosis/classification of meniscal tears: systematic review & meta-analysis. *Diagnostics*. 2024;14(11):1090. 9–13.