ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

УДК 616.727.13-001:621.76
МРНТИ 27.35.31
DOI: 10.53065/j4260-6259-0088-a

Поступил в редакцию: 28.10.22.
Принято к публикации: 18.01.22.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АРТРОСКОПИЧЕСКОГО СШИВАНИЯ МЕНИСКА КОЛЕННОГО СУСТАВА НОВЫМ СПОСОБОМ

БАЙЗАКОВ А.Р.[1], НАБИЕВ Е.Н.[2], ГОРБУНОВ Б.Н.[3], АСКЕРОВ Р.А.[1], АРГЫНБАЕВ Ж.К.[1], БАЙКУБЕСОВ К.Б.[1]

[1]«ВШОЗ» Казахстанский медицинский университет, Алматы
[2]Казахский Национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, Алматы
[3]Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Астана

Аннотация.

Введение: Травмы мениска коленного сустава (КС) являются частой проблемой в спортивной медицине, при этом отсутствуют единные рекомендации по лечению свежих разрывов. Менискэктомия увеличивает риск развития остеоартрита, в то время как сохранение мениска может замедлить прогрессирование остеоартроза.

Цель исследования: Разработать и математически обосновать новый метод артроскопического сшивания мениска коленного сустава для улучшения исходов лечения.

Материалы и методы: Использовалась программа КОМПАС-3D для создания 3D модели мениска и проведения биомеханического анализа. Разработан новый косо-вертикальный шов мениска, патентованный в Республике Казахстан.

Результаты: Была демонстрирована схема нового косо-вертикального шва и его эффективность по сравнению с классическими методами. Математический анализ показал, что площадь контакта тканей мениска при использовании нового шва в 1,5 раза выше, чем при классическом шве. Также, новый метод позволяет лучше захватывать радиальные и циркулярные волокна мениска.

Выводы: Разработанный метод артроскопического сшивания мениска коленного сустава с использованием нового косо-вертикального шва обеспечивает улучшенное заживление тканей и может быть рекомендован для практического применения в травматологии. Этот подход показывает преимущества в сохранении функциональности мениска и предотвращении развития остеоартроза, делая его предпочтительным выбором для лечения менискальных травм.

Ключевые слова: биомеханика, математическое обоснование, коленный сустав, мениски, шов мениска.

Введение

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

Травмы мениска КС являются одной из наиболее распространенных в спортивной медицине [3,4]. В настоящее время не выработана единая тактика лечения свежих разрывов мениска. Отсутствуют четкие рекомендации использования методики сшивания мениска в зависимости от типа повреждения [5]. Менискэктомия значительно увеличивает риск развития остеоартрита (ОА) коленного сустава после 20 лет [6].

Сохранение менисков во время оперативного вмешательства позволяет замедлить прогрессирование остеоартроза в коленном суставе, приводит к хорошим функциональным результатам в отдаленном периоде операции [7,8].

Поэтому желательна разработка метода менискового шва, который может увеличить заживление мениска и уменьшить осложнения [9,10].

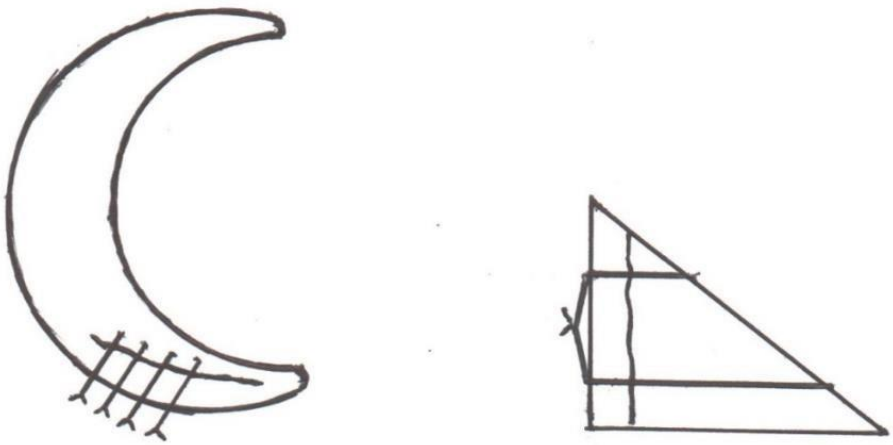
Сохранение менисков во время артроскопических операций является актуальной проблемой современной травматологии в деле профилактики развития и прогрессирования остеоартроза коленного сустава, снижения неудовлетворительных результатов в отдаленном периоде оперативного лечения.

В настоящее время в медицине широко используется метод 3Д моделирования объектов, позволяющий исследовать реальные объекты. Трехмерное моделирование позволяет получить реальную картину поведения объектов при их взаимодействии.

Цель исследования - Выполнить математическое (биомеханическое) обоснование артроскопического сшивания мениска коленного сустава новым способом.

Материалы и методы исследования. Для компьютерной реализации расчетов использована программа КОМПАС-3D(APMFEM), AutodeskInventorPRO [11]. Для сшивания мениска КС авторами разработан новый косо-вертикальный шов мениск, на который получен патент Республики Казахстан на изобретение №35413 от 10.12.2021 г. «Способ артроскопического сшивания мениска коленного сустава» [1].

Результаты исследования и их обсуждение. Схема сформированного нового косо-вертикального шва мениска КС изображена на рисунке 1.



а) б)

Рисунок 1 – Схема сформированного косо-вертикального шва мениска КС

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

В настоящее время в медицине широко используется метод 3Д моделирования объектов, позволяющий исследовать реальные объекты [10].

Для математического обоснования артроскопического сшивания мениска КС новым способом авторами создана 3D компьютерная модель мениска в программе КОМПАС-3D [2], согласно исследованиям Ю.В.

Лабунского по средним размерам (таблица 1). 3D компьютерная модель мениска КС представлена на рисунке 2.

Таблица 1. Размеры суставных менисков КС взрослого человека (по Ю.В. Лабунскому, 1968) [2].

Показатели	Размеры медиальных менисков			Размеры латеральных менисков		
	минимальный	максимальный	средний	минимальный	максимальный	средний
Ширина (мм):						
переднего рога	6,0	13	8,3	8,0	1 7	11,0
тела	5 ,0	16	9,0	8,0	20	11,7
заднего рога	7,0	22	16,0	7,0	15	9,8
Толщина (мм):					10,6	6,8
переднего рога	4,5	9,4	6,7	4 ,0		
тела	8,0	11.5	6,5	4 ,2	10,8	6, 8
заднего рога	3,7	10,2	7,0	4,5	10,0	6,8
Расстояние между концами рогов (см)	1, 5	3,3	2,6	0,6	1,7	1,1
Длина наружной окружности (см)	7,0	10,2	8,7	6,2	10,2	8,5

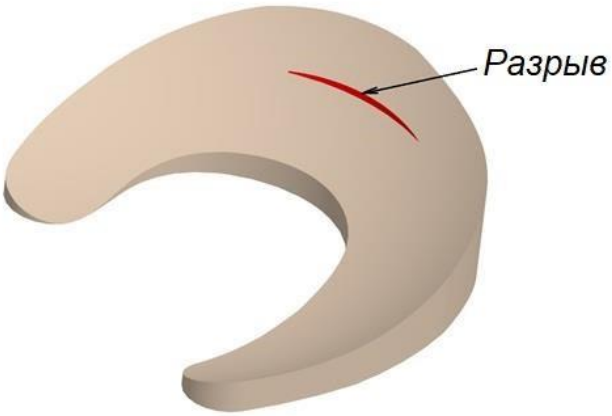
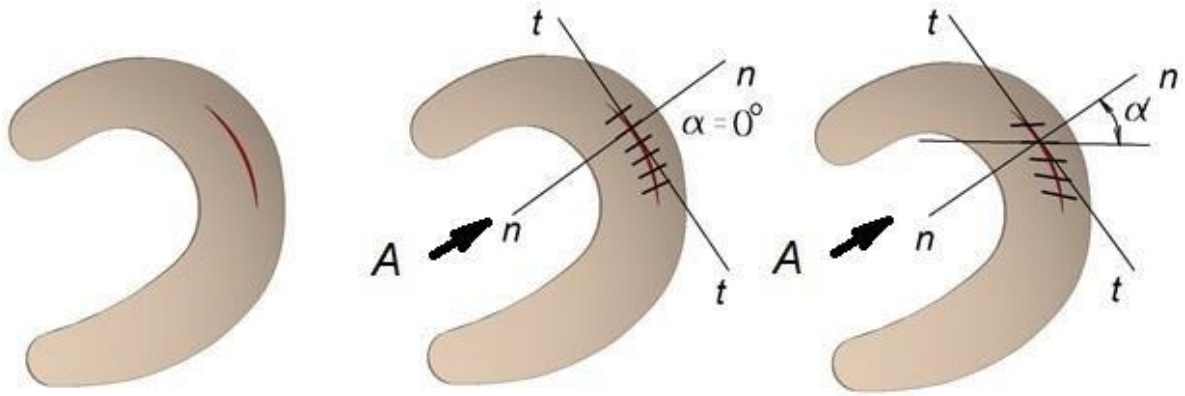


Рисунок 2 – 3D компьютерная модель мениска КС

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

Сущность нового способа артроскопического сшивания мениска коленного сустава заключается в том, что спинальную иглу проводят изнутри-кнаружи КС, через толщу мениска – у нижнего края, через капсулы и выводят через небольшой разрез кожи. Через спинальную иглу вводят шовный материал. Затем зажимом захватывают конец шовного материала и извлекают из полости сустава. Удерживая зажимом шовный материал, спинальную иглу вытягивают обратно в полость коленного сустава и выводят из мениска. Затем спинальную иглу с шовным материалом проводят на 3 мм выше и 3 мм в сторону от первоначального прокола, также через толщу мениска – у верхнего края. При этом шовный материал располагается косо-вертикально под углом 45 к осевой линии мениска для формирования *косо-вертикального шва* (рисунок 3). Иглу выводят через небольшой разрез кожи. Зажимом извлекается шовный материал из полости коленного сустава и концы нитей завязываются *экстракапсулярно* под артроскопической визуализацией зоны разрыва мениска до полного смыкания его краев.



а) б) в)

Рисунок 3 – Виды артроскопических швов при повреждениях мениска КС. а - поврежденный мениск, б - вертикальный шов (классический), в - новый косо-вертикальный шов (авторов)

Рассмотрим участок мениска КС, состоящий из двух швов сечение t-t (рисунок 3), места разрыва мениска и проекцию шва, полученного при классическом методе сшивания мениска и при новом способе сшивания (рисунок 4).

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

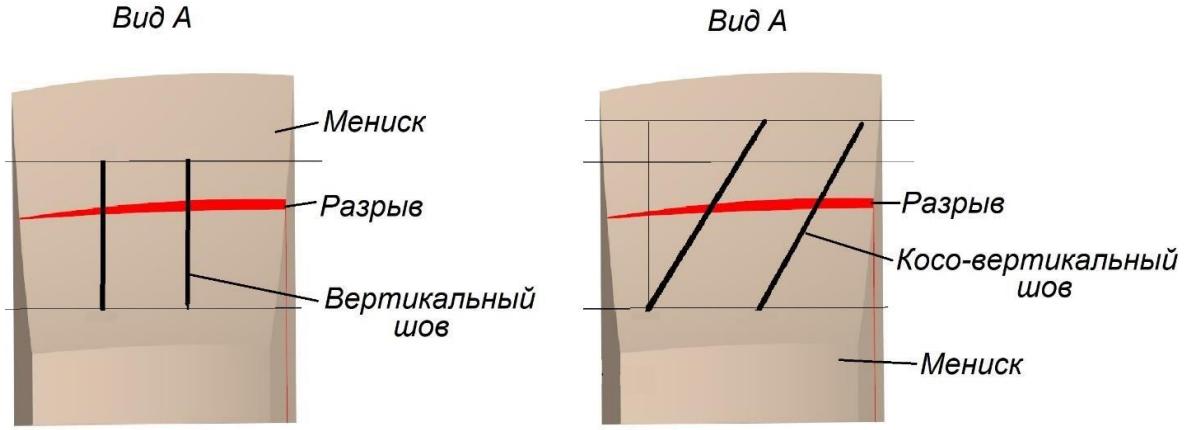
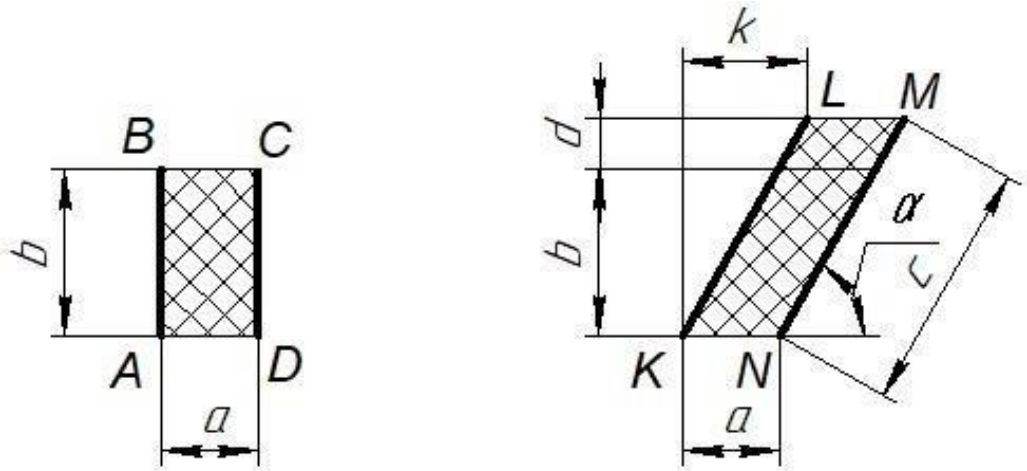


Рисунок 4 – Участок мениска КС, состоящий из двух швов. а - вертикальный (классический), б - новый косо-вертикальный шов

Составлена расчетная схема и описана математически площадь охвата области разрыва мениска коленного сустава двумя швами при классическом и при новом способе сшивания (рисунок 5).



а) б)

а - вертикальный шов (классический), б - косо-вертикальный шов (новый)

Рисунок 5 – Расчетная схема и математически площадь охвата двумя швами области разрыва мениска КС

Согласно рисунку 5 а, область охвата при классическом методе сшивания определится по формуле площади прямоугольника ABCD [12]:

$$S_{вш} = a \cdot b, \quad (1)$$

где, а – расстояние между двумя швами, b – высота шва.

Область, охватываемая новым косо-вертикальный швом, определится по формуле площади параллелограмма KLMN [12] (рисунка 5 б):

$$S_{кш} = a \cdot (b + d) = a \cdot c \cdot sin\alpha, \quad (2)$$

где, а – расстояние между двумя швами, b+d – высота шва, с – длина шва, α- угол наклона шва.

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

Для сравнения площади швов подставим числовые значения: *a = 6 мм, b = 6 мм, d = 3 мм.* Согласно расчетам, получим

$$S_{вш} = a \cdot b = 6 \cdot 6 = 36 мм^2,$$

$$S_{кш} = a \cdot (b + d) = 6 \cdot (6 + 3) = 54 мм^2$$

Полученные значения показывают, что площадь контакта в месте разрыва, создаваемого косо-вертикальным швом в 1,5 раза выше, чем при вертикальном шве. Этим обьясняется эффективность нового косовертикального шва по сравнению с классическим вертикальным.

Анализ строения мениска (рисунок 6), также подтверждает эффективность применения нового косо-вертикального шва, так как он лучшим образом захватывает радиальные и циркулярные волокна, располагаясь к ним под углом, а классический вертикальный шов проходит паралелльно радиальным волокнам и полноценный их захват практически затруднен (рисунок 7).

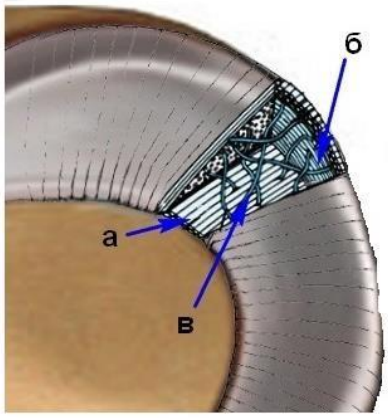


Рисунок 6 – Строение мениска, латеральный, вид сверху, а - радиальные волокна; б - продольные (циркулярные) волокна; в - проникающие (перфоративные) волокна [13]

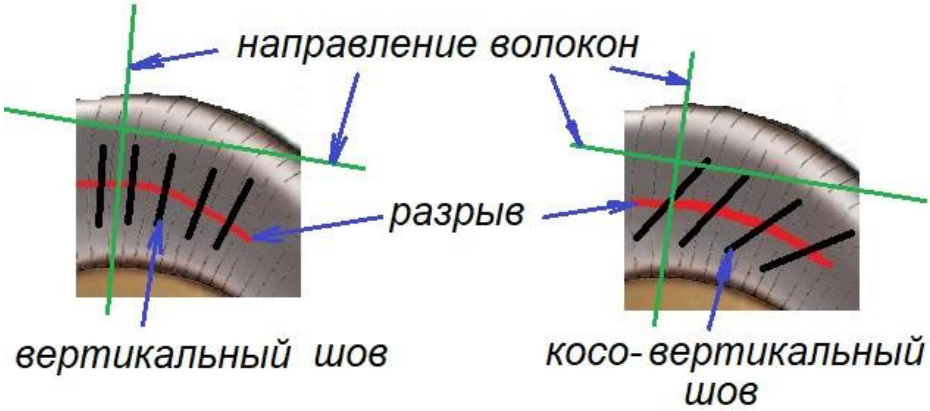


Рисунок 7 – Схема расположения швов по отношению к волокнам мениска

Заключение

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

В исследовательской работе проводилось математическое моделирование с применением программы КОМПАС-3D. Для реализации задачи была создана 3D компьютерная модель мениска, согласно исследованиям Ю.В. Лабунского. В результате математического анализа при сравнении двух способов сшивание мениска коленного сустава выявлено преимущество разработанного косо-вертикального шва (патент РК №35413 от 10.12.2021 г. «Способ артроскопического сшивания мениска коленного сустава») по сравнению с классическим швом. В результате расчѐтов показано, что площадь контакта тканей мениска в участке разрыва, создаваемого разработанным косо-вертикальным швом в 1,5 раза выше, чем при классическом вертикальном шве. Разработанный способ артроскопического сшивания мениска коленного сустава обеспечивает значительный захват радиальных и циркулярных волокон мениска, располагаясь к ним под углом. При классическом вертикальном шве, сшивание проходит паралельно радиальным волокнам, практически не захватывая их. Полученные результаты можно использовать для разработки практических рекомендаций для врачей травматологов по артроскопическескому сшивания мениска коленного сустава.

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Вклад авторов в работу
Разработка концепции – Набиев Е.Н.
Исполнение – Аргынбаев Ж.К., Байкубесов К.Б.
Обработка результатов - Байзаков А.Р., Аскеров Р.А.
Научная интерпретация результатов – Горбунов Б.Н.
Написание статьи - Байзаков А.Р.
Заявляем, что данный материал ранее не публиковался и не находится на рассмотрении в других издательствах.
Финансирование Отсутствует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 35413 Республика Казахстан МПК А61 В 17/00 (2006.01), А61В 17/04 (2006.01), А61В 17/56. Способ артроскопического сшивания мениска коленного сустава / Байзаков А.Р., Набиев Е.Н., Абдуразаков У.А.; заявитель и патентообладатель Байзаков А.Р. – № 2020/0272.1; заявл. 28.04.2020; опубл. 10.12.2021, Бюл. № 49 – 4 с.
2. Лабунский Ю.В. Мениски коленного сустава: автореф. дисс. … канд. мед. наук: .14.01.15. - Саратов, 1968. - 13 с.
3. Gage B.E., McIlvain, N.M., Collins, C.L., Fields, S.K., & Dawn Comstock, R. Epidemiology of 6.6 million knee injuries presenting to United States emergency departments from 1999 through 2008 // Academic emergency medicine. 2012; 4(19):378-385.
4. Soh T.L., Lim M.H. Demographics of Multiligamentous Knee Injuries at a Level 1 Trauma Centre // Annals of the Academy of Medicine. 2016; 1(45):35-37.

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

5. Челнокова Н.В. Артроскопическая диагностика и лечение свежих повреждений коленного сустава: автореф. дисс. … канд. мед. наук: .14.01.15. - Москва, 2011. - 20 с.
6. Manson T.T., Cosgarea A.J. Meniscal injuries in active patients // Advanced Studies in Medicine. – 2013; 10(4):545-552.
7. Stein T. [et al.]. Long-Term Outcome After Arthroscopic Meniscal Repair Versus Arthroscopic Partial Meniscectomy for Traumatic Meniscal Tears // The American Journal of Sports Medicine. 2017; 8(38):1542-1548.
8. Paxton E.S., Stock M.V., Brophy R.H. Meniscal Repair Versus Partial Meniscectomy: A Systematic Review Comparing Reoperation Rates and Clinical Outcomes // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2015; (80):185-191.
9. Moulton SG, Bhatia S, Civitarese DM, Frank RM, Dean CS, LaPrade RF. Surgical techniques and outcomes of repairing meniscal radial tears: a systematic review. Arthroscopy. 2016; 32 (9):1919–1925
10. Галлагер Р. Метод конечных элементов: основы / Пер. с англ. В.М.Картвешвили; под ред. Н.В.Баничука. - М.: Мир, 1984:428.
11. Легкова И.А. Возможности современных систем автоматизированного проектирования для проведения прочностного анализа / NovaInfo, 2018; 81: 5-9.
12. Выгодский М. Я.: Справочник по математике. Изд. АСТ. Москва. 2020:424 с.
13. Rattner JB, Matyas JR, Barclay L, Holowaychuk S, Sciore P, Lo IK, Shrive NG, Frank CB, Achari Y, Hart DA. New understanding of the complex structure of knee menisci: implications for injury risk and repair potential for athletes. Scand J Med Sci Sports. 2011; 21(4): 543-553.

Сведения об авторах

@Байзаков Арнат Рамазанович – https://orcid.org/ 0000-0001-9807-2261, врач травматолог-ортопед Городской клинической больницы №7 города Алматы. E-mail: arnat_bayzakov@mail.ru.

Набиев Ергали Нугуманов – https: //orcid.org / 0000-0002-1532-8151, д.м.н., профессор кафедры травматологии и ортопедии НАО «Казахский Национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова». E-mail: 9193md@mail.ru.

Горбунов Борис Николаевич – https://orcid.org/0000-0002-1719-0715, к.т.н., доцент Казахского агротехнического университета имени Сакена Сейфуллина. E-mail: gbn_kz@mail.ru.

Аскеров Рамазан Ахметович – https: //orcid.org / 0000-0002-7984-2416, докторант ВШОЗ» Казахстанский медицинский университет. E-mail: askerov.ramazan@mail.ru.

Аргынбаев Жасулан Кожахметович – https: //orcid.org / 0000-0003-0686-7847, докторант ВШОЗ» Казахстанский медицинский университет. E-mail: argynbayev.zhasulan@gmail.com.

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

Байкубесов Куаныш Болегенович – https://orcid.org/0000-0001-7415-7228, врач травматолог-ортопед ГКП на ПХВ «Городская клиническая больница №7» г. Алматы. Email: ortoped84@mail.ru.

Авторлар туралы ақпарат

Байзаков Арнат Рамазанұлы – https://orcid.org/ 0000-0001-9807-2261, Алматы қаласының №7 қалалық клиникалық ауруханасының травматолог-ортопеді. E-mail: arnat_bayzakov@mail.ru.

Нәбиев Ергали Нұғұманұлы – https: //orcid.org / 0000-0002-1532-8151, м.ғ.д., АҚ «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық медицина университеті» травматология және ортопедия кафедрысның профессоры. E-mail: 9193md@mail.ru.

Горбунов Борис Николаевич https://orcid.org/0000-0002-1719-0715, к.т.н., Сакен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің доценті, т.ғ.к. E-mail: gbn_kz@mail.ru.

Аскеров Рамазан Ахметұлы – https: //orcid.org / 0000-0002-7984-2416, «ҚДСЖМ» Қазахстан медицина университетінің докторанты. E-mail: askerov.ramazan@mail.ru.

Арғынбаев Жасулан Қожахметұлы – https: //orcid.org / 0000-0003-0686-7847, ҚДСЖМ» Қазахстан медицина университетінің докторанты. E-mail: argynbayev.zhasulan@gmail.com.

Байкубесов Қуаныш Болегенұлы – https://orcid.org/0000-0001-7415-7228, №7 қалалық клиникалық аурухананың травматолог дәрігері. E-mail: ortoped84@mail.ru.

Author information

Bajzakov Arnat – https://orcid.org/ 0000-0001-9807-2261, traumatologist-orthopedist of the City Clinical Hospital No. 7 of Almaty. E-mail: arnat_bayzakov@mail.ru.

Yergali Nabiyev – https: //orcid.org / 0000-0002-1532-8151, doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of NJSC “Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov". E-mail: 9193md@mail.ru.

Gorbunov Boris – https://orcid.org/0000-0002-1719-0715, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Kazakh Agrotechnical University named after Saken Seifullin. E-mail: gbn_kz@mail.ru.

Ramazan Askerov – https: //orcid.org / 0000-0002-7984-2416, doctoral student of the Higher School of Health "Kazakhstan Medical University. E-mail: askerov.ramazan@mail.ru.

Zhasulan Argynbaev – https: //orcid.org / 0000-0003-0686-7847, doctoral student of the Higher School of Health "Kazakhstan Medical University. E-mail: argynbayev.zhasulan@gmail.com.

Kuanysh Baikubesov – https://orcid.org/0000-0001-7415-7228, City Clinical Hospital No. 7, traumatologist. E-mail: ortoped84@mail.ru.

ЖАҢА ӘДІС БОЙЫНША МЕНИСККЕ АРТРОСКОПИЯЛЫҚ ТІГІС САЛУДЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕУ

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

А.Р. БАЙЗАКОВ[1], Е.Н. НӘБИЕВ[2], Б.Н.ГОРБУНОВ[3], Р.А. АСКЕРОВ[1], Ж.К. АРҒЫНБАЕВ[1], К.Б. БАЙКУБЕСОВ[1]

[1]«ҚДСЖМ» Қазахстан медицина университеті Алматы

[2]С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық медициналық университеті, Алматы

[3]Сакена Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Казахстан

Түйіндеме

Кіріспе: Тізе менискінің (КМ) жарақаттары спорттық медицинада жиі кездесетін мәселе болып табылады және жаңа көз жасын емдеуге арналған бірыңғай ұсыныстар жоқ. Менискэктомия остеоартриттің даму қаупін арттырады, ал менискальды сақтау остеоартриттің дамуын бәсеңдетуі мүмкін.

Зерттеудің мақсаты: Емдеу нәтижелерін жақсарту үшін тізе менискісін артроскопиялық тігістің жаңа әдісін әзірлеу және математикалық негіздеу.

Материалдар мен әдістер: KOMPAS-3D бағдарламасы менисканың 3D моделін құру және биомеханикалық талдау жүргізу үшін пайдаланылды. Қазақстан Республикасында патенттелген жаңа қиғаш-тік мениск тігісі әзірленді.

Нәтижелер: Жаңа қиғаш-тік тігістің дизайны және оның классикалық әдістермен салыстырғанда тиімділігі көрсетілді. Математикалық талдау жаңа тігісті қолданғанда менискальды тіннің жанасу аймағы классикалық тігіспен салыстырғанда 1,5 есе жоғары екенін көрсетті. Сондай-ақ, жаңа әдіс менисктің радиалды және дөңгелек талшықтарын жақсырақ түсіруге мүмкіндік береді.

Қорытынды: Жаңа қиғаш-тік тігісті қолдану арқылы тізе менискісін артроскопиялық тігудің әзірленген әдісі тіндердің жазылуын жақсартады және травматологияда практикалық қолдану үшін ұсынылуы мүмкін. Бұл тәсіл менискус функционалдығын сақтауда және остеоартриттің дамуын болдырмауда артықшылықтарды көрсетеді, бұл менискальды жарақаттарды емдеу үшін таңдаулы таңдау жасайды.

Түйінді сөздер: биомеханика, математикалық негіздеу, тізе буыны, мениска, мениск тігісі.

CASE FROM PRACTICE: MIGRATION OF THE NECK SCREW GAMMA NAILS INTO PELVIS WITH BLADDER INJURY

A. BAIZAKOV[1], Y. NABIYEV[2], B. GORBUNOV[3], R.A. ASKEROV[1], ZH. ARGYNBAEV[1], K. BAIKUBESOV[1]

[1] "GSPH" Kazakhstan Medical University, Almaty, Kazakhstan

[2]Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty

[3]Kazakh Agrotechnical University named after Saken Seifullin, Astana

Abstract

Introduction: Knee meniscal (KM) injuries are a common problem in sports medicine, and there are no uniform recommendations for the treatment of fresh tears.

ISSN 2524-0684 e-ISSN 2524-0692

Meniscectomy increases the risk of developing osteoarthritis, while meniscal preservation may slow the progression of osteoarthritis.

Objective of the study: To develop and mathematically substantiate a new method of arthroscopic suturing of the knee meniscus to improve treatment outcomes.

Materials and methods: The KOMPAS-3D program was used to create a 3D model of the meniscus and conduct biomechanical analysis. A new oblique-vertical meniscus suture has been developed, patented in the Republic of Kazakhstan.

Results: The design of the new oblique-vertical suture and its effectiveness compared to classical methods were demonstrated. Mathematical analysis showed that the contact area of the meniscal tissue when using the new suture is 1.5 times higher than with the classic suture. Also, the new method allows for better capture of the radial and circular fibers of the meniscus.

Conclusion: The developed method of arthroscopic suturing of the knee meniscus using a new oblique-vertical suture provides improved tissue healing and can be recommended for practical use in traumatology. This approach shows benefits in preserving meniscus functionality and preventing the development of osteoarthritis, making it a preferred choice for the treatment of meniscal injuries.

Key words: biomechanics, mathematical justification, knee joint, menisci, meniscal suture.