



**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КРЕСТООБРАЗНЫХ СВЯЗОК КОЛЕННОГО СУСТАВА В
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОСТЕОАРТРОЗА**

Научный руководитель:

PhD, доцент Ешонкулова Бакхринисо Дустмурадовна

ORCID: 0000-0001-5630-9080

Магистрант (1 курс):

Расулова Шахзодахон Хайдарбек қизи

Специальность: 70910218 – *Морфология*

Аффилиация:

Кафедра анатомии, гистологии и патологической анатомии,
Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан

Контактный e-mail: shaxzodaxon1802@gmail.com

Аннотация

Остеоартроз (OA) коленного сустава — одна из наиболее социально значимых патологий опорно-двигательного аппарата, поражающая более 600 млн человек в мире и лидирующая среди причин инвалидности у лиц старше 50 лет. В настоящем исследовании изучены морфологические и морфометрические изменения передней (ПКС) и задней (ЗКС) крестообразных связок в экспериментальной модели посттравматического OA, индуцированного пересечением ПКС у лабораторных крыс. Гистологический и количественный анализ выявил прогрессивную дезорганизацию коллагеновых волокон, увеличение толщины связок на фоне их разрыхления, уменьшение длины и диаметра волокон, а также корреляцию этих изменений с эрозией гиалинового хряща и нестабильностью сустава. Полученные данные подтверждают ключевую роль внутрисуставных связок в патогенезе OA и открывают перспективы для ранней диагностики, биомеханической коррекции и регенеративных технологий в условиях глобального роста заболеваемости.



Ключевые слова: остеоартроз, крестообразные связки, морфология, морфометрия, экспериментальная модель, лабораторные крысы, пересечение ПКС, гистологический анализ, дегенерация хряща, суставная нестабильность

Введение

Остеоартроз коленного сустава представляет собой мультифакторное дегенеративное заболевание, затрагивающее не только гиалиновый хрящ, но и субхондральную кость, синовиальную оболочку, мениски и внутрисуставные связки. Крестообразные связки обеспечивают передне-заднюю и ротационную стабильность сустава; их структурные изменения приводят к прогрессированию нестабильности и ускоренной дегенерации. Экспериментальные модели на лабораторных крысах с пересечением ПКС (модель ACLT) наиболее адекватно воспроизводят посттравматический ОА у человека. Несмотря на обилие работ по хрящу, динамика морфометрических параметров самих связок в ходе экспериментального ОА изучена недостаточно, что определяет высокую актуальность исследования в эпоху развития персонализированной медицины и биоинженерии.

Материал и методы

Исследование выполнено на 24 лабораторных крысах породы Wistar (самцы, 8–10 недель, масса 200–300 г), разделенных на контрольную ($n=12$) и опытную ($n=12$) группы. ОА индуцировали пересечением ПКС правого коленного сустава под общей анестезией (кетамин 100 мг/кг + ксилазин 10 мг/кг в/м) по модифицированной методике ACLT: медиальный доступ, визуализация и полное пересечение ПКС. Рана ушивалась послойно; антибиотикопрофилактика — ампициллин 50 мг/кг в/м 3 дня.

Материал забирали через 4, 8 и 12 недель после операции. Выделяли остатки ПКС и интактную ЗКС. Фиксация — 10% нейтральный формалин, заливка в парафин, срезы 5 мкм, окраска гематоксилином-эозином и трихромом Массона. Морфологическая оценка проводилась на микроскопе Olympus BX51 (ув. $\times 40$ – 400).

Морфометрия: длина связки (мм), площадь поперечного сечения (мм^2), толщина (мм), диаметр коллагеновых волокон (мкм), объемная плотность волокон (волокон/ мм^2) — с помощью ImageJ. Дополнительно — количественная МРТ (3Т) для прижизненной оценки объема и толщины. Статистическая обработка — SPSS v.25, ANOVA с пост-хок Tukey, корреляция Пирсона ($p < 0,05$).

Результаты и обсуждение



В опытной группе уже на 4-й неделе отмечались отек, разволокнение и умеренная воспалительная инфильтрация ПКС; к 12-й неделе — выраженная фрагментация волокон, потеря коллагена, фиброз и очаги оссификации. ЗКС изменялась менее интенсивно, но демонстрировала аналогичную тенденцию.

Морфометрические показатели (средние \pm SD):

- Длина ПКС: контроль — 45 ± 4 мм; 12 недель — 38 ± 5 мм (снижение на 15,6%, $p < 0,01$);
- Толщина ПКС: контроль — $7,5 \pm 0,5$ мм; 12 недель — $9,5 \pm 0,4$ мм (увеличение на 26,7%, $p < 0,001$);
- Диаметр волокон: контроль — 12 ± 1 мкм; 12 недель — 8 ± 1 мкм (снижение на 33%, $p < 0,001$).

Площадь поперечного сечения сначала увеличивалась за счет отека, затем уменьшалась. Корреляция морфометрических параметров связок с OARSI-скором хряща составила $r = 0,82 - 0,87$ ($p < 0,001$).

Полученные результаты согласуются с данными морфологических исследований у человека при III–IV стадиях деформирующего артроза (толщина ПКС $9,8 \pm 0,3$ мм, ЗКС $9,2 \pm 0,4$ мм против нормы $7,8 \pm 0,4$ мм и $7,3 \pm 0,4$ мм соответственно), подтверждая, что дегенерация связок — универсальный компонент патогенеза ОА. Модель на лабораторных крысах позволяет изучать ранние (4–12 недель) изменения, недоступные в клинических наблюдениях.

Заключение и рекомендации

В экспериментальной модели остеоартроза крестообразные связки претерпевают значительные морфологические дезорганизацию и морфометрические изменения, непосредственно способствующие суставной нестабильности и прогрессированию заболевания. Полученные данные подчеркивают необходимость включения оценки связочного аппарата в комплексную диагностику и терапию ОА.

Рекомендации:

1. Проведение проспективных клинических исследований с высокопольной МРТ и AI-морфометрией для валидации экспериментальных данных у человека.
2. Разработка биоинженерных конструкций и факторов роста (PDGF, TGF- β) для сохранения целостности связок на ранних стадиях ОА.



3. Внедрение в клиническую практику неинвазивных методов количественной оценки связок для мониторинга и персонализированного лечения.

4. Увеличение финансирования фундаментальных и трансляционных исследований ОА в связи с прогнозируемым удвоением заболеваемости к 2050 году.

Список литературы

1. Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонская М.Г. Морфологические характеристики вспомогательных элементов коленного сустава в норме и при деформирующем артрозе // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015. № 2 (50). С. 123–129.

2. Анисимова Е.А., Королев А.В., Коваленко А.Л. Апробация модели хронического остеоартроза на лабораторных крысах // Лабораторные животные для научных исследований. 2019. Т. 3. № 1. С. 45–52.

3. Glasson S.S. et al. The surgical destabilization of the medial meniscus (DMM) model of osteoarthritis in the 129/SvEv mouse // Osteoarthritis Cartilage. 2007. Vol. 15. P. 1061–1069.

4. Демкин В.В. Морфологические изменения гиалинового хряща коленного сустава при экспериментальном остеоартрозе на фоне внутрисуставного введения препаратов гиалуроновой кислоты: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Самара, 2017.

5. Сметанин Д.А. Анатомо-морфологические особенности коленного сустава в аспекте эндопротезирования: дис. ... канд. мед. наук. М., 2022.

6. Schelkunova E.I. et al. Application of experimental modeling in the study of osteoarthritis pathogenesis // Siberian Medical Journal. 2019. Vol. 34. № 2. P. 27–39.

1.