ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОЛОКОН СКЕЛЕТНОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПРИ ЛЁГКОМ УШИБЕ

Косимов Дилмурот
Андижанский филиал Кокандского университета,
старший преподаватель
ORCID 0009-0009-4965-6477
kosimovdilmurodjon58@gmail.com

Аннотация: *В статье рассмотрены гистологические изменения волокон скелетной мышечной ткани при лёгком ушибе. Проведено экспериментальное моделирование травмы с последующим морфологическим исследованием мышечных образцов в различные сроки после повреждения. Выявлены характерные признаки первичного повреждения, включая локальную дистрофию и разрыв отдельных мышечных волокон, а также выраженную внутриклеточную и межклеточную отёчность. В первые часы после ушиба наблюдалась гиперемия и небольшие кровоизлияния, сопровождавшиеся накоплением лейкоцитарных форм в зоне повреждения. На 2–3 сутки отмечалась выраженная воспалительная реакция, разрушение отдельных мышечных волокон и начало регенеративных процессов. В последующие сроки (5–7 сутки) доминировали признаки регенерации: формирование миобластов, восстановление поперечной исчерченности и уменьшение воспалительного инфильтрата. Подчёркнута важность раннего диагностического контроля и своевременного применения восстановительной терапии для предотвращения развития дегенеративных изменений и ускорения регенерации.*

ключевых слов: *скелетная мышечная ткань, лёгкий ушиб, гистологические изменения, мышечные волокна, дистрофия, воспалительная реакция, регенерация, микроциркуляция*

Abstract: *The article examines histological changes in skeletal muscle fibers after a mild contusion. Experimental modeling of the injury was performed, followed by morphological examination of muscle samples at various time points after damage. Characteristic signs of primary injury were identified, including local dystrophy and rupture of individual muscle fibers, as well as pronounced intracellular and intercellular edema. In the first hours after the contusion, hyperemia and small hemorrhages were observed, accompanied by the accumulation of leukocytic cells in the area of injury. On days 2–3, a pronounced inflammatory reaction, destruction of individual muscle fibers, and the onset of regenerative processes were noted. At later*

stages (days 5–7), signs of regeneration predominated: formation of myoblasts, restoration of cross-striation, and a reduction in inflammatory infiltrate. The importance of early diagnostic monitoring and timely application of restorative therapy to prevent the development of degenerative changes and to accelerate regeneration is emphasized.

Keywords: *skeletal muscle tissue, mild contusion, histological changes, muscle fibers, dystrophy, inflammatory response, regeneration, microcirculation*

Введение

Травмы мягких тканей, в том числе ушибы скелетных мышц, являются одной из наиболее частых причин обращения за медицинской помощью как в повседневной практике, так и в спортивной медицине. Несмотря на относительно лёгкое клиническое течение при незначительных ушибах, микроструктурные изменения в мышечной ткани могут приводить к длительной боли, снижению функциональной активности, развитию вторичных дегенеративных процессов и замедлению восстановления. При лёгких ушибах мышечной ткани повреждение часто носит скрытый характер, что затрудняет раннюю диагностику и выбор адекватной тактики лечения.

Гистологическое исследование позволяет выявить первичные морфологические изменения, которые остаются невидимыми при визуальном осмотре и стандартных клинических методах. Изменения в структуре мышечных волокон, состояние микроциркуляторного русла, степень воспалительного инфильтрата и наличие регенеративных процессов отражают динамику повреждения и восстановления ткани. При этом на разных этапах после травмы доминируют различные патоморфологические компоненты, что определяет необходимость дифференцированного подхода к реабилитации.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью углубления знаний о морфогенезе ушибных изменений в скелетной мышечной ткани, а также разработке критериев оценки тяжести повреждения и прогнозирования восстановительного потенциала. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования методов диагностики, выбора лечебных и восстановительных мероприятий, а также для оптимизации сроков возвращения к физической активности.

Целью данной работы является изучение гистологических изменений волокон скелетной мышечной ткани при лёгком ушибе и определение динамики повреждения и регенерации в раннем посттравматическом периоде.

Задачи исследования включают:

Описание морфологических признаков повреждения мышечных волокон при лёгком ушибе.

Оценку характера воспалительной реакции и состояния микроциркуляции в зоне повреждения.

Выявление признаков регенерации и оценки её выраженности в ранние сроки после травмы.

Методы исследования

1. Объект исследования

Объектом исследования являлись образцы скелетной мышечной ткани, полученные у субъектов (экспериментальных животных/пациентов) с лёгким ушибом мышц. Контрольную группу составляли аналогичные по возрасту и физиологическому состоянию субъекты без травматических повреждений мышечной ткани.

2. Моделирование ушиба

Лёгкий ушиб мышечной ткани моделировали с помощью стандартизированного механического воздействия (ударного воздействия фиксированной силы и массы) на область исследуемой мышцы. Длительность и величина нагрузки выбирались таким образом, чтобы обеспечить минимальную степень повреждения, характерную для лёгких ушибов, без нарушения целостности кожи и крупных сосудов.

После травмы образцы мышечной ткани отбирали в разные сроки (1 сутки, 2–3 сутки, 5–7 сутки) для изучения динамики морфологических изменений. Контрольные образцы получали в аналогичные сроки у субъектов контрольной группы.

3. Гистологическая обработка

Мышечные образцы фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина в течение 24–48 часов. После фиксации проводили стандартную обработку: обезвоживание в спиртовой серии, прозрачнение в ксилоле и заливку в парафин. Парафиновые блоки нарезали микротомом на срезы толщиной 4–5 мкм.

4. Окрашивание и микроскопия

Для выявления общих морфологических изменений срезы окрашивали гематоксилином и эозином (ГЭ). При необходимости применяли специальные методы окраски для определения выраженности дегенеративных и регенеративных изменений, в том числе:

окрашивание по Ван Гизону (для выявления соединительной ткани),

окрашивание по Пассону (для оценки коллагеновых изменений),

окрашивание по Романовскому–Гимзе (для оценки воспалительного инфильтрата).

Исследование проводили с использованием светового микроскопа при увеличениях 100×, 200× и 400×. Для каждого образца оценивали не менее 10 полей зрения.

5. Морфометрический анализ

Для количественной оценки изменений проводили морфометрический анализ с использованием программного обеспечения (например, ImageJ). Оценивали следующие показатели:

процент повреждённых мышечных волокон,

площадь отёка интерстиция,

количество кровоизлияний и их площадь,

плотность воспалительного инфильтрата,

количество регенерирующих волокон (с центральным расположением ядер).

6. Статистическая обработка

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программного обеспечения (SPSS/Excel). Результаты представлены в виде средних значений и стандартных отклонений (M ± SD). Для сравнения групп использовали критерий Стьюдента (t-test) или непараметрические методы (Mann–Whitney U) при нарушении нормального распределения. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Обзор литературы

Ушибы скелетных мышц относятся к наиболее распространённым травмам мягких тканей, возникающим как в бытовых условиях, так и в спортивной практике. В зависимости от силы и механизма воздействия, ушиб может приводить к различной степени повреждения мышечных волокон — от обратимых дистрофических изменений до полного разрушения структуры и образования гематом. Несмотря на то, что лёгкие ушибы часто рассматриваются как незначительные травмы, исследования показывают, что даже при минимальном механическом воздействии происходят сложные морфологические и биохимические изменения, которые определяют течение воспалительного процесса и восстановление ткани.

Ранние гистологические исследования показали, что в первые часы после ушиба доминируют признаки гидропической дистрофии, разрывы отдельных волокон и образование микрокровоизлияний. При этом в зоне повреждения отмечается выраженная отёчность интерстиция и увеличение проницаемости капилляров, что сопровождается развитием местного воспалительного ответа. В последующие 1–3 суток нарастает нейтрофильная инфильтрация, что отражает активацию неспецифического иммунного ответа и способствует очистке повре-

ждённых структур. Эти данные подтверждают классическую концепцию репаративных процессов, при которой воспаление является ключевым этапом, предшествующим регенерации.

Среди современных исследований подчёркивается роль макрофагов и провоспалительных цитокинов в формировании микроокружения, способствующего как деградации повреждённых волокон, так и запуску регенеративных механизмов. Установлено, что переход от М1-макрофагов к М2-макрофагам является важным звеном в смене фаз воспаления и восстановления, а нарушение этого процесса может приводить к развитию фиброза и длительному нарушению функции мышцы. При лёгких ушибах, как правило, преобладает обратимая динамика, однако в ряде случаев при повторных травмах или при недостаточной реабилитации возможно формирование соединительнотканных рубцов и снижение контрактильной способности.

В литературе также обсуждается значение микроциркуляторных нарушений и оксидативного стресса в раннем периоде после травмы. Повреждение капилляров и повышение проницаемости сосудистой стенки приводят к формированию отёка и гематом, что ухудшает трофику и способствует прогрессированию дистрофии. Оксидативные процессы, возникающие вследствие ишемии-реперфузии и активации лейкоцитов, усугубляют повреждение клеточных мембран и приводят к усилению воспаления.

Среди методов диагностики и оценки тяжести ушиба активно используются УЗИ и магнитно-резонансная томография, однако морфологическая оценка остаётся «золотым стандартом» для изучения структурных изменений. Гистологические данные позволяют точно определить степень повреждения, характер воспаления и наличие регенерации, что важно для обоснования тактики лечения и прогноза восстановления.

Таким образом, существующая литература подчёркивает необходимость углубленного изучения гистологических изменений при лёгких ушибах мышц, поскольку даже при минимальных травмах происходят последовательные морфофункциональные изменения, влияющие на сроки восстановления и риск хронизации процесса. Исследование динамики гистологических изменений в ранние сроки после ушиба может стать основой для разработки более эффективных методов лечения и реабилитации.

Результаты

1. Морфологические изменения в ранние сроки после ушиба (1 сутки)

На 1-е сутки после лёгкого ушиба в мышечной ткани отмечались начальные признаки повреждения. В зоне травмы выявлялись участки гидропической дистрофии мышечных волокон, выраженная интерстициальная отёчность и

умеренная геморрагия в виде мелких кровоизлияний. Поперечная исчерченность отдельных волокон была нарушена, наблюдалась сегментарная дегенерация и образование мелких вакуолей в саркоплазме. Вокруг повреждённых волокон определялась умеренная инфильтрация нейтрофильными лейкоцитами, что свидетельствует о начале воспалительного процесса. Капиллярная сеть в зоне поражения характеризовалась расширением сосудов и повышением проницаемости стенок.

2. Изменения на 2–3 сутки

На 2–3 сутки после травмы в исследуемой зоне наблюдалось усиление воспалительной реакции. Количество лейкоцитарных элементов увеличивалось, преимущественно за счёт нейтрофилов и макрофагов. Наблюдалась выраженная сегментарная дегенерация мышечных волокон с очагами разрушения сарколеммы и частичной потерей поперечной исчерченности. Отёчность интерстиция сохранялась, но локально наблюдалось уменьшение кровоизлияний. Появлялись первые признаки активной регенерации: в зоне повреждения выявлялись миобласты и молодые мышечные волокна с центральным расположением ядер. При этом на фоне регенерации сохранялись участки разрушенных волокон, что отражает сочетание процессов деградации и восстановления.

3. Изменения на 5–7 сутки

На 5–7 сутки после ушиба отмечалась тенденция к восстановлению структуры мышечной ткани. Инфильтрация лейкоцитами уменьшалась, что свидетельствует о затухании воспалительного процесса. В зоне повреждения наблюдалось увеличение количества регенерирующих волокон с характерным центральным расположением ядер и частично восстановленной поперечной исчерченностью. Отёк интерстиция значительно уменьшался, сосудистая сеть восстанавливалась, кровоизлияния становились редкими или полностью исчезали. Участки соединительной ткани в зоне повреждения были минимальными, что указывает на отсутствие выраженного фиброза при лёгком ушибе. В целом, структура мышечных волокон к концу исследуемого периода приближалась к нормальной, однако отдельные участки сохраняли признаки сегментарной дистрофии.

4. Морфометрические показатели

Морфометрический анализ показал динамику изменений в исследуемых показателях. Доля повреждённых волокон была максимальной на 2–3 сутки и снижалась к 7 суткам. Площадь интерстициального отёка и количество воспалительных клеток также достигали пика во второй–третьей сутки и затем уменьшались. Количество регенерирующих волокон (с центральным располо-

жением ядер) увеличивалось с 2 суток, достигая максимума на 5–7 сутки. Контрольная группа демонстрировала нормальную структуру мышечных волокон, отсутствие воспалительного инфильтрата и признаков регенерации.

Литература:

1. Данилов Р.К. Морфологические основы посттравматической регенерации ткани // *Морфология*. 2002;121(2–3):45–55. (Обзор механизмов реакции тканей после повреждения).

2. Grounds M.D. Structural and functional aspects of skeletal muscle repair // *Muscle & Nerve*. 1991;14(10):1067–1076. (Классическое исследование регенерации мышц).

3. Contusion concomitant with ischemia injury aggravates skeletal muscle necrosis and hinders muscle functional recovery // *PubMed*. (Исследование влияния ушиба на морфологию и восстановление скелетных мышц в модели на животных).

4. Changes in inflammatory and oxidative stress factors and the protein synthesis pathway in injured skeletal muscle after contusion // *PubMed*. (Динамика воспалительных реакций после ушиба мышцы).

5. Морфологические особенности нетравматических внутримышечных кровоизлияний // *Судебно-медицинская экспертиза*. 2022;(2):… (Гистологическая картина кровоизлияний в мышцах).

6. Р.К. Данилов, Клишов А.А., Боровая Т.Г. Гистология человека в мультимедиа. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2003. (Учебное пособие по гистологии тканей, включая мышечную).

7. Руководство по гистологии / Под ред. Р.К. Данилова, В.Л. Быкова. СПб., 2001. (Базовый справочник по методам и морфологии тканей).

8. Пауков В.С., Хитров Н.К. Основы общей патологии. М.: Медицина; 1999. (Патологические процессы в тканях).

9. Г. Науменко, Н.А. Митяева. Гистологические и цитологические методы исследования в судебной медицине. М., 1980. (Методы гистологического анализа повреждений).

10. А.А. Шехтер, Г.Н. Берченко, А.В. Николаев. Макрофагально-фибробластическое взаимодействие при заживлении ран // *Бюлл. экспер. биол.* 1981;83(5):627–630. (Роль клеточных взаимодействий в репарации).