

**МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ СУГЛОБОВОГО ХРЯЩА КОЛІННОГО СУГЛОБА ЗА УМОВ МНОЖИННОЇ СКЕЛЕТНОЇ ТРАВМИ**

Сумський державний університет (м. Суми)

artemstkachenko@ukr.net

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Робота виконана згідно з планом наукових досліджень Сумського державного університету МОН України і є складовою частиною науково-дослідної теми кафедри морфології Сумського державного університету МОН України «Морфофункціональні аспекти порушення гомеостазу організму» (№ державної реєстрації 0118U006611).

**Вступ.** Відомо, що порушення трофіки та ураження навколишніх тканин у зоні пошкодження кінцівки, є однією з головних причин збільшення термінів зрощення перелому. Цей факт займає особливе місце у збереженні функціональних можливостей суглобів [1,2,3]. Крім того, гіпокінезія, яка пов'язана з частковим виключенням функції кінцівки при лікуванні переломів кісток, відіграє провідну роль у механізмі змін структури суглобового хряща (СХ) [4,5]. На підставі аналізу клінічного матеріалу неможливо скласти цілісне уявлення про характер змін у суглобовому хрящі при травмі кісток. Знання про зональну будову СХ на фоні травмування кісток, які його утворюють, необхідні для розробки адекватної патогенетично та морфологічно обґрунтованої реабілітаційної програми, спрямованої на поліпшення якості життя постраждалих осіб та можливе попередження посттравматичних негативних впливів травм кісток на структуру суглобу.

**Мета дослідження** – вивчити мікро-, ультрамікроскопічні та гістоморфометричні особливості суглобового хряща колінного суглоба у щурів за умов множинної скелетної травми діафізів стегнової та великогомілкової кісток.

**Об'єкт і методи дослідження.** Експериментальне дослідження проведено на 40 білих лабораторних щурах-самцях зрілого віку 7-9 місяців, поділених на такі групи: I – контрольна для проведення коректного порівняльного аналізу одержаних даних (20 щурів); II – тварини з множинною скелетною травмою діафізів стегнової та великогомілкової кісток (20 щурів).

Перед початком експерименту всі тварини були оглянуті на предмет їх рухової активності та стану зовнішнього покриву. Піддослідних тварин доглядали відповідно до загальноприйнятих рекомендацій, вимог та положень щодо догляду за лабораторними тваринами: Гельсінська декларація Генеральної асамблеї Всесвітньої медичної асоціації (2000 р.); Положення «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 1985)). Під час проведення дослідних робіт норми етики і моралі не були порушені.

Щурам II групи був одночасно змодельований дірчастий дефект діафізів стегнової та великогомілкової кісток лівої кінцівки із метою подальшого дослідження особливостей суглобових поверхонь дистального епіфіза стегнової кістки та проксимального

епіфіза великогомілкової кістки на мікро- та ультраструктурному рівнях. Оперативне втручання проводили в асептичних умовах під кетаміновим наркозом (ксилазин (3 мг/кг) та кетамін (8 мг/кг)). Робили розрізи завдовжки 0,8-1,5 см по лінії *margo anterior tibiae* та на латеральній поверхні стегна з подальшим тупим розведенням м'язів. За допомогою портативної зуботехнічної бормащини стерильними борами (d 1,6 мм) при малих обертах з охолодженням у діафізі великогомілкової та стегнової кісток формували отвір до кістковомозкового каналу. Операційні рани закривали шкірним швом. Впродовж наступних 3 днів після операції для профілактики гнійних ускладнень післяопераційні шви обробляли 3% спиртовим розчином йоду, а для знеболювання внутрішньом'язово вводили кеторолак дозою 0,2 мг двічі на добу. З експерименту тварин виводили шляхом передозування тіопенталового наркозу (4 мг/100 г маси тіла) через 60 днів після завдання травми.

З метою вивчення мікроскопічної будови відпрепаровані колінні суглоби травмованої кінцівки фіксували в 10% розчині формаліну, потім проводили демінералізацію в 5% водному розчині Трилону Б. Далі зразки зневоднювали в спиртах зростаючої концентрації та проводили заливання в парафін. Потім з отриманих препаратів робили зрізи на санному мікроскопі MC-2 товщиною 4-6 мкм. Фарбування проводили гематоксилін-еозином, світлову мікроскопію – з використанням мікроскопа Olympus BH-2 (Японія). Морфометричний аналіз здійснювали за допомогою мікросітки, мікролінійки та з використанням обчислювальної програми «Digitizer». В кожній групі вивчали одночасно суглобові поверхні. Вимірювали такі параметри: товщину суглобового хряща (мкм), товщину поверхневої зони (мкм), товщину проміжної зони (мкм), товщину глибокої зони (мкм).

Для ультрамікроскопічного вивчення з використанням трансмісійної електронної мікроскопії шматочки суглобової поверхні дистального епіфіза стегнової кістки та проксимального епіфіза великогомілкової кістки видаляли та фіксували у 2,5% розчині глутарового альдегіду на 0,2 М какодилатному буфері з рН = 7,2 за температури +4°C і постфіксували в 1% розчині OsO<sub>4</sub> впродовж 4 годин за температури +4°C, дегідрували за допомогою серії етилового спирту висхідної концентрації. Після витримки в пропіленоксиді зразки закрючили у суміш епоксидних смол. Робили ультратонкі зрізи (40-60 нм) та контрастували їх уранілацетатом та цитратом свинцю за Рейнольдсом та досліджували з використанням трансмісійного електронного мікроскопа (JEM-1230, JEOL, Japan).

Статистичне оброблення всіх одержаних числових даних проводили з використанням електронного пакета програм SPSS-17. Перевірку величин на нормальність розподілу реалізовували із застосуванням

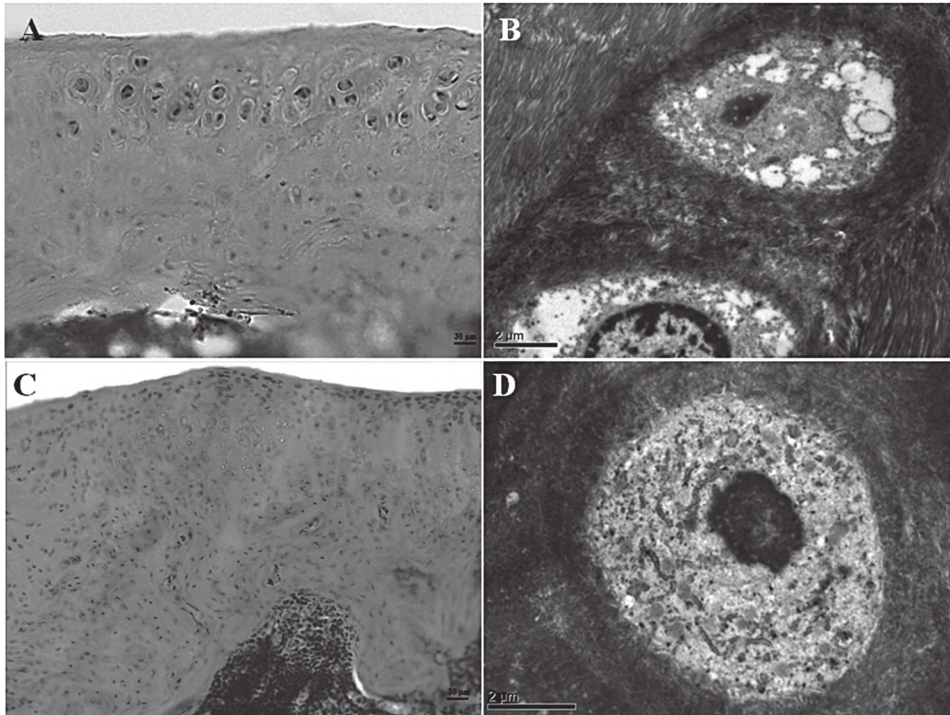


Рисунок 1 – А, В – суглобовий хрящ проксимального епіфіза великогомілкової кістки та С, D – суглобовий хрящ дистального епіфіза стегнової кістки щура дослідної групи на 60-ту добу за умов множинної скелетної травми діяфізів стегнової та великогомілкової кісток. А, С – забарвлення гематоксилином та еозином. А – збільшення x 400, С – збільшення x 200. В, D – контрастування ураніацетатом та цитратом свинцю за Рейнольдсом.

критерію Колмогорова-Смирнова. Дані наведені у вигляді середньої арифметичної (M) та середнього квадратичного відхилення (SD). Визначення достовірності відмінностей між двома вибірками проводили з використанням параметричного критерію Стьюдента (t). Відмінність вважали достовірною, якщо ймовірність випадкової різниці (P) не перевищувала 0,05 ( $p < 0,05$ ).

**Результати досліджень.** На 60-ту добу від початку експерименту цитоархітектоніка та позиційна організація клітин морфофункціональних зон СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки була значно зміненою, ніж СХ дистального епіфіза стегнової кістки. Чіткої межі між клітинними шарами не відслідковувалося. Синовіальний шар вісцеральної частини суглобової капсули, що вистилає СХ місцями був розпушений та мав нерівномірне забарвлення. У проміжній зоні СХ кількість та щільність розподілу

хондроцитів значно зменшувалась порівняно зі стегновою кісткою. Серед збережених клітин виявлялися двоядерні хондроцити зі значно розширеною цитоплазмою. Демаркаційна лінія глибокої зони була стертою, внаслідок чого радіальна частина глибокої зони хряща безпосередньо контактувала з субхондральною кісткою (рис. 1 А).

На ультраструктурному рівні були виявлені хондроцити у різних функціональних станах. Зустрічалися клітини з вираженими альтеративними змінами, у яких плазмолема не візуалізувалась, а ядра знаходилися на стадії каріопікнозу та каріолілізу. Цитоплазма була деструктурованою, у ній накопичувалися об'ємні вакуолі та ліпідні включення. Гранулярна ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі у цих клітинах були зруйновані. Разом з тим, виявлялися хондроцити з об'ємною цитоплазмою, цілісними цистернами та рибосомами гранулярної ендоплазматичної сітки. Щільність аморфного матрикса хряща була неоднорідною. Навколо лакун спостерігали збільшення його електронної щільності. У міжлакунарному просторі виявлялися розріджені колагенові волокна. У безклітинних ділянках розрідження волокнистого матриксу було найбільш інтенсивним. Спостерігались ділянки з деструкцією та надривами колагенових волокон (рис. 1 В).

На 60-ту добу від початку експерименту у СХ дистального епіфіза стегнової кістки межа між його зонами була стертою, клітини у матриці розташовувалися безладно. Спостерігались чималі безклітинні ділянки та скупчення дистрофічно змінених хондроцитів. Забарвлення екстрацелюлярного матрикса СХ було нерівномір-

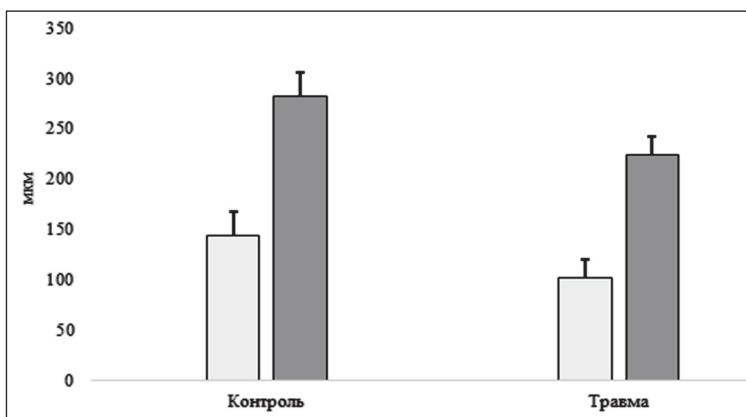


Рисунок 2 – Співвідношення товщин СХ дистального епіфіза стегнової кістки та проксимального епіфіза великогомілкової кістки за умов множинної скелетної травми діяфізів стегнової та великогомілкової кісток.

ним. Рельєф суглобової поверхні був деформований. Демаркаційна лінія була майже стертою по всій площі, внаслідок чого радіальний шар глибокої зони СХ безпосередньо контактував з субхондральною кісткою. Місцями кісткова тканина, особливо у глибоких шарах, заміщувала хрящову (рис. 1 С).

У частині клітин проміжної зони основні морфологічні характеристики хондроцитів були збережені. Але, ядра деяких клітин зменшувались в об'ємі, набували неправильної форми та містили переважно гетерохроматин, а також мали розширений перинуклеарний простір. Контури клітини чітко візуалізувались. Цитоплазма містила нормальні та розширені цистерни комплексу Гольджі та гладкої й гранулярної ендоплазматичної сітки, поодинокі вакуолі. Окремі каналці гранулярної ендоплазматичної сітки були різко дилатованими, у них спостерігались об'ємні вакуолі, заповнені електронно-світлим матеріалом. Мітохондрії рівномірно розподілялись по цитоплазмі, мали круглу форму та збережені кристи з електронно-світлим матриксом. Матрикс навколо таких клітин мав неоднорідну електронну щільність. Спостерігались ділянки про-світлення та розпушення пучків колагенових волокон (рис. 1 D).

Товщина СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки зменшилась у порівнянні з контрольною групою на 29,05% ( $p = 0,0001$ ) (рис. 2). Товщина поверхневої, проміжної та глибокої зон СХ зменшилась на 31,51% ( $p = 0,0001$ ), 27,53% ( $p = 0,022$ ) та 30,11% ( $p = 0,0001$ ) відповідно контрольного показника (рис. 3).

Товщина СХ дистального епіфіза стегнової кістки на 60-ту добу від початку експерименту зменшилась порівняно з контрольною групою на 20,49% ( $p = 0,0001$ ) (рис. 2). Товщина поверхневої, проміжної та глибокої зон СХ зменшилась на 25,61% ( $p = 0,002$ ), 19,45% ( $p = 0,007$ ) та 21,37% ( $p = 0,014$ ) відповідно контрольного показника (рис. 3).

**Обговорення результатів дослідження.** За думкою багатьох вчених, одним із пускових механізмів порушення трофіки СХ є розлади мікроциркуляції субхондральної кістки, що призводить до порушення окисних процесів, виникнення гіпоксії, внаслідок капілярного стазу та венозного застою. Стабільність колагенового каркаса порушується, амортизаційна функція гіалінового хряща знижується при функціональних навантаженнях внаслідок зменшення еластичності та щільності матрикса. При цьому відбувається нерівномірний розподіл навантаження на поверхню СХ, та максимальний тиск зосереджується на невеликій площі, у місці найбільшого зближення суглобових поверхонь, приводячи до дистрофії та дегенерації хряща [6,7,8,9,10].

Внаслідок травми чи захворювань ушкоджується СХ та його властивості до регенерації значно знижуються. Це пов'язано з відсутністю васкуляризації та неможливістю клітин крові, кісткового мозку й самих хондроцитів мігрувати у місце дефекту. Тому при ізо-

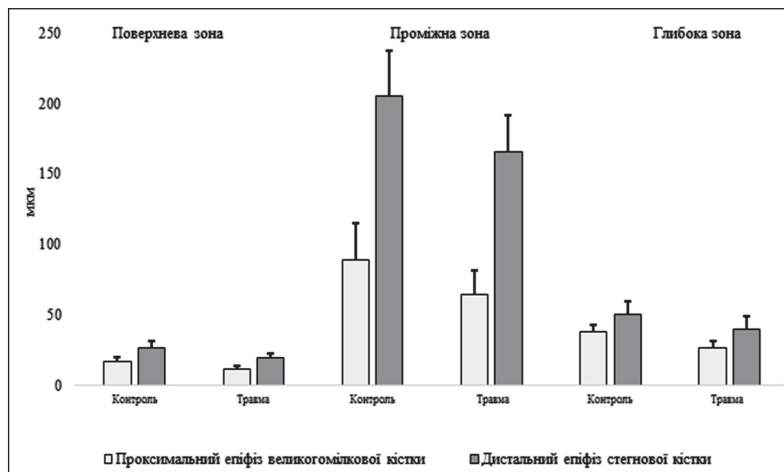


Рисунок 3 – Співвідношення товщин зон СХ дистального епіфіза стегнової кістки та проксимального епіфіза великогомілкової кістки за умов множинної скелетної травми діафізів стегнової та великогомілкової кісток.

льованих пошкодженнях процеси відновлення протікають значно повільно [10].

У нашому дослідженні на 60-ту добу після множинної травми діафізів стегнової та великогомілкової кісток, ми спостерігали значні зміни у СХ колінного суглоба. Також ми виявили, що цитоархітектоніка та позиційна організація клітин морфофункціональних зон СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки була більш зміненою, ніж СХ дистального епіфіза стегнової кістки. Однак у хрящі дистального епіфіза стегнової кістки також спостерігались зміни в організації клітин морфофункціональних зон СХ, але ці зміни мали більш локальний характер. Синовіальний шар вісцеральної частини суглобової капсули, який вкриває суглобовий хрящ місцями був розпушений з нерівномірним забарвленням. У проміжній зоні СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки, кількість та щільність розподілу хондроцитів зменшилась порівняно зі стегновою кісткою. Крім того, хондроцити перебували у різних функціональних станах. У проміжній зоні СХ стегнової кістки хондроцити мали збережені основні морфологічні характеристики. При морфометричному аналізі нами, також, були виявлені найбільші відхилення у СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки. Товщина СХ великогомілкової кістки зменшилась на 29,05% ( $p = 0,0001$ ) відповідно контролю, тоді як, товщина суглобового хряща дистального епіфіза стегнової кістки зменшилась на 20,49% ( $p = 0,0001$ ). Товщина поверхневої, проміжної та глибокої зон СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки зменшилась на 31,51% ( $p = 0,0001$ ), 27,53% ( $p = 0,022$ ) та 30,11% ( $p = 0,0001$ ). При цьому, товщина поверхневої, проміжної та глибокої зон СХ стегнової кістки зменшилась на 25,61% ( $p = 0,002$ ), 19,45% ( $p = 0,007$ ) та 21,37% ( $p = 0,014$ ) відповідно контролю.

**Висновок.** Отже, за умов множинної травми діафізів стегнової та великогомілкової кісток найбільші зміни мікро- та ультраструктури відбулися у СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки. Зміни у товщині СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки також були найбільшими. Так, товщина СХ великогомілкової кістки зменшилась на 29,05% ( $p = 0,0001$ ) відповідно контролю, тоді як, товщина СХ дистального епіфіза стегнової кістки зменшилась на

20,49% ( $p = 0,0001$ ). Товщина поверхневої, проміжної та глибокої зони СХ проксимального епіфіза великогомілкової кістки зменшилась на 31,51% ( $p = 0,0001$ ), 27,53% ( $p = 0,022$ ) та 30,11% ( $p = 0,0001$ ). При цьому, товщина поверхневої, проміжної та глибокої зон СХ стегнової кістки зменшилась на 25,61% ( $p = 0,002$ ), 19,45% ( $p = 0,007$ ) та 21,37% ( $p = 0,014$ ) відповідно контролю.

**Перспективи подальших досліджень.** Наші подальші дослідження спрямовані на вивчення особливостей суглобового хряща колінного суглоба в щурів за умов множинної травми діафізів стегнової та великогомілкової кістки з використанням растрової електронної мікроскопії.

### Література

1. Abass BT, Shekho HA. Effects of tiludronate on healing of femoral fracture in dogs. Iraqi J Vet Sci. 2009;23(II):129-34.
2. Wayne JS, McDowell CL, Willis MC. Long-term survival of regenerated cartilage on a large joint surface. J Rehabil Res Develop. 2001;38(2):191-200.
3. Nouraei MH, Hosseini A, Zarezadeh A, Zahiri M. Floating knee injuries: Results of treatment and outcomes. J. Res. Med. Sci. 2013;18(12):1087-91.
4. Lavrishcheva GI, Mihajlova LN, Cherkes-Zade DI, Onoprienko GA. Ob optimal'nykh usloviyah reparativnoy regeneracii opornykh organov. Genij ortopedii. 2002;1:120-5. [in Russian].
5. Pingsmann A, Lederer M, Wullenweber C, Lichtinger TK. Early patellofemoral osteoarthritis caused by an osteochondral defect after retrograde solidnailing of the femur in sheep. J Trauma. 2005;58(5):1024-8.
6. Ignat'ev YuT, Tarasenko LL, Tarasenko TS. MRT-kartina kolennogo sustava u pacientov v otdalennom periode lechebnoy artroskopii pri travmah hryashchevogo kompleksa sustava. Med. vizualizaciya. 2008;2:85-91. [in Russian].
7. Kulyaba TA, Kornilov NN. Hondromalyaciya i drugie povrezhdeniya hryashcha kolennogo sustava (M94.2, M94.8): klinich. rekomendacii FGBU RNIITO im. R. R. Vredena Minzdrava. RF, SPb; 2013. 27 s. [in Russian].
8. Steinwachs M, Kreuz P. Clinical results of autologous chondrocyte transplantation (ACT) using a collagen membrane. Cart Surg Future Persp Berlin. 2003;37-47. DOI: doi.org/10.1007/978-3-642-19008-7\_5
9. Vies-Tuck ML, Wluka AE, Wang Y. The natural history of cartilage defects in people with knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2008;16(3):337-42.
10. Narcisi R, Craft AM. Stem Cell-Based Approaches for Cartilage Tissue Engineering: What Can We Learn From Developmental Biology. Developmental Biology and Musculoskeletal Tissue Engineering. 2018;5:103-23. DOI: 10.1016/b978-0-12-811467-4.00005-x

### МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ СУГЛОБОВОГО ХРЯЩА КОЛІННОГО СУГЛОБА ЗА УМОВ МНОЖИННОЇ СКЕЛЕТНОЇ ТРАВМИ

Ткаченко А. С.

**Резюме.** Відомо, що порушення трофіки та ураження навколишніх тканин у зоні пошкодження кінцівки, є однією з головних причин збільшення термінів зрощення перелому. Цей факт займає особливе місце у збереженні функціональних можливостей суглобів. Знання про структуру суглобового хряща на фоні травмування кісток, які його утворюють, необхідні для розробки адекватної патогенетично та морфологічно обґрунтованої реабілітаційної програми, спрямованої на поліпшення якості життя постраждалих осіб та попередити негативний вплив травми кісток на структуру суглобу. Тому *метою* нашого дослідження було вивчити мікро-, ультрамікроскопічні та гістоморфометричні особливості суглобового хряща колінного суглоба у щурів за умов множинної скелетної травми діафізів стегнової та великогомілкової кісток. Дослідження проведено на 40 білих лабораторних щурах-самцях зрілого віку, поділених на 2 групи: I – контрольна група (20 щурів); II – дослідна група (20 щурів). Щурам II групи був одночасно змодельований дірчастий дефект у діафізі великогомілкової та стегнової кісток. Дослідження суглобових поверхонь обох кісток проводили на 60-ту добу після завдання травми. Світлову мікроскопію проводили з використанням мікроскопа Olympus BH-2 (Японія), морфометричний аналіз проводили за допомогою програми «Digitizer». Ультрамікроскопічне дослідження проводили з використанням трансмісійного електронного мікроскопа (JEM-1230, JEOL, Japan). Статистичне опрацювання здійснювали за допомогою пакета програм SPSS-17. Отже, за умов множинної травми діафізів стегнової та великогомілкової кісток, цитоархітектоніка та позиційна організація клітин морфофункціональних зон суглобового хряща проксимального епіфіза великогомілкової кістки була більш зміненою, ніж суглобового хряща дистального епіфіза стегнової кістки. Однак у хрящі дистального епіфіза стегнової кістки також спостерігалися виразні зміни в організації клітин морфофункціональних зон суглобового хряща, але ці зміни мали більш локальний характер. Синовіальний шар вісцеральної частини суглобової капсули, що вистеляє суглобовий хрящ місцями був розрихлений, мав нерівномірне забарвлення. У проміжній зоні суглобового хряща проксимального епіфіза великогомілкової кістки кількість та щільність розподілу хондроцитів зменшилась порівняно зі стегновою кісткою. Крім того, хондроцити перебували у різних функціональних станах. У проміжній зоні суглобового хряща стегнової кістки хондроцити мали збережені основні морфологічні характеристики. При морфометричному аналізі нами, також, були виявлені найбільші відхилення у суглобовому хрящі проксимального епіфіза великогомілкової кістки. Товщина суглобового хряща великогомілкової кістки зменшилась на 29,05% ( $p = 0,0001$ ) відповідно контролю, тоді як, товщина суглобового хряща дистального епіфіза стегнової кістки зменшилась на 20,49% ( $p = 0,0001$ ). Товщина поверхневої, проміжної та глибокої зон суглобового хряща проксимального епіфіза великогомілкової кістки зменшилась на 31,51% ( $p = 0,0001$ ), 27,53% ( $p = 0,022$ ) та 30,11% ( $p = 0,0001$ ). При цьому, товщина поверхневої, проміжної та глибокої зон суглобового хряща стегнової кістки зменшилась на 25,61% ( $p = 0,002$ ), 19,45% ( $p = 0,007$ ) та 21,37% ( $p = 0,014$ ) відповідно контролю.

**Ключові слова:** колінний суглоб, суглобовий хрящ, травма, стегнова та великогомілкова кістка, щури, мікроструктура, ультраструктура, морфометрія.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ СУСТАВНОГО ХРЯЩА КОЛЕННОГО СУСТАВА В УСЛОВИЯХ МНОЖЕСТВЕННОЙ СКЕЛЕТНОЙ ТРАВМЫ**

Ткаченко А. С.

**Резюме.** Известно, что нарушения трофики и поражения окружающих тканей в зоне повреждения конечности, является одной из главных причин увеличения сроков сращения перелома. Этот факт занимает особое место в сохранении функциональных возможностей суставов. Знание о структуре суставного хряща на фоне травм костей, которые его образуют, необходимые для разработки адекватной патогенетически и морфологически обоснованной реабилитационной программы, направленной на улучшение качества жизни пострадавших и предупредить негативное влияние травмы костей на структуру сустава. Поэтому целью нашего исследования было изучить гистологические, ультраскопические и гистоморфометрические особенности суставных поверхностей коленного сустава у крыс в условиях сочетанной травмы диафиза бедренной и большеберцовой кости. Исследование проведено на 40 белых лабораторных крысах-самцах зрелого возраста, разделенных на 2 группы: I – контрольная группа (20 крыс), II – экспериментальная группа (20 крыс). Крысам II группы был одновременно смоделирован дырчатый дефект диафиза большеберцовой и бедренной костей. Исследование суставных поверхностей обеих костей проводили на 60-е сутки после нанесения травмы. Световую микроскопию проводили с использованием микроскопа Olympus BH-2 (Япония), морфометрических анализ проводили с помощью программы «Digimizer». Ультрамикроскопические исследования проводили с использованием трансмиссионного электронного микроскопа (JEM-1230, JEOL, Japan). Статистическую обработку осуществляли с помощью пакета программы SPSS-17. Итак, в условиях множественной травмы диафиза бедренной и большеберцовой костей, цитоархитектоника и позиционная организация клеток морфофункциональных зон суставного хряща проксимального эпифиза большеберцовой кости была более измененной, чем суставного хряща дистального эпифиза бедренной кости. Однако в хряще дистального эпифиза бедренной кости также наблюдались отчетливые изменения в организации клеток морфофункциональных зон суставного хряща, но эти изменения имели более локальный характер. Синовиальный слой висцеральной части суставной капсулы, который выстилает суставной хрящ местами был разрыхленный, имел неравномерную окраску. Тогда, когда рельеф суставной поверхности бедренной кости был деформированным. В промежуточной зоне суставного хряща количество и плотность распределения хондроцитов уменьшилась по сравнению с бедренной костью. Кроме того, хондроциты находились в разных функциональных состояниях. В промежуточной зоне суставного хряща бедренной кости хондроциты имели сохраненные основные морфологические характеристики. При морфометрическом анализе нами также были выявлены наибольшие отклонения в суставном хряще проксимального эпифиза большеберцовой кости. Толщина суставного хряща большеберцовой кости уменьшилась на 29,05% ( $p = 0,0001$ ) соответственно от контроля, тогда как, толщина суставного хряща дистального эпифиза бедренной кости уменьшилась на 20,49% ( $p = 0,0001$ ). Толщина поверхностной, промежуточной и глубокой зон суставного хряща проксимального эпифиза большеберцовой кости уменьшилась на 31,51% ( $p = 0,0001$ ), 27,53% ( $p = 0,022$ ) и 30,11% ( $p = 0,0001$ ). При этом, толщина поверхностной, промежуточной и глубокой зон суставного хряща бедренной кости уменьшилась на 25,61% ( $p = 0,002$ ), 19,45% ( $p = 0,007$ ) и 21,37% ( $p = 0,014$ ) соответственно контроля.

**Ключевые слова:** коленный сустав, суставной хрящ, травма, бедренная и большеберцовая кость, крысы, микроструктура, ультраструктура, морфометрия.

**THE MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE STRUCTURAL COMPONENTS OF THE ARTICULAR CARTILAGE OF THE KNEE JOINT UNDER CONDITIONS OF THE MULTIPLE SKELETAL INJURY**

Tkachenko A. S.

**Abstract.** It is well known that the trophic disorders and damaging the surrounding tissue in the area of limb damage are the one of the main reasons for increasing the time of fractures healing. This fact occupies a special place in preserving the functionality of the joints. In addition, the hypokinesia associated with the partial exclusion of limb function in the treatment of bone fractures plays a key role in the mechanism of changes in the structure of articular cartilage. It is impossible to have a clear picture of the nature of changes in articular cartilage under trauma of the bones that form the joint based on the analysis of clinical material. In order to develop an adequate pathogenetically and morphologically justified rehabilitation program aimed to improve the quality of life of the affected individuals and to prevent the negative impact of bone trauma on joint structure, it is necessary to have the knowledge about the structure of articular cartilage against the background of the trauma of the bones forming the articular cartilage.

Thus, the aim of this study was to examine the micro-, ultramicroscopic and histomorphometric features of the articular cartilage of the knee joint in the rats under conditions of the multiple skeletal injury of femoral and tibial diaphysis.

**Object and methods.** The studies were performed on 40 white laboratory mature males rats which were divided into the following groups: I – a control group (20 rats), II – a group of animals with multiple trauma of the femoral and tibial diaphysis (20 rats). The holey defect was modulated in the in the proximal tibial diaphysis of the animals from II group using a portable dental drill with the sterile burs (d 1.6 mm) at low speeds with cooling and the holes were formed in the distal diaphysis of the femur for the bone marrow canal. The animals were removed from the experiment by the overdose of thiopental anesthesia (4 mg/100 g body weight) on the 60th day after trauma. The samples examination was performed using the electron transmission microscopy (JEM-1230, JEOL, Japan) and the light microscopy (Olympus BH-2, Japan). The morphometric analysis was performed using a microgrid, microwave line, and Digimizer computing software (Version 5.3.5). Statistical processing of all obtained numerical data was

performed using SPSS (version 17.0, Chicago, IL, USA). Validation for normality of distribution was implemented using the Kolmogorov-Smirnov criterion. The data are presented as mean (M) and standard deviation (SD). The significance of differences between two groups was determined using Student's criterion (t). The difference was considered significant if the probability of chance (P) did not exceed 0.05 ( $P < 0.05$ ).

**Results.** It has been found that the greatest changes in micro- and ultrastructure have been occurred in the articular surface of the proximal tibia epiphysis on the 60th day after the multiple injury of *femoral* and *tibial diaphysis*. Also, the articular surface of the proximal epiphysis of the tibia was the most vulnerable. The cytoarchitectonics and positional organization of cell layers were changed. However, the distinct changes in the organization of cell layers were observed in the cartilage of the distal epiphysis of the femur but these changes were more local in nature. The surface layer of the articular cartilage of the tibia did not contain cells. It was loosened and of an uneven color. The relief of the surface layer of the femur was deformed but contained cells. The intermediate layer of the articular surface of the tibia had a lower density of chondrocytes compared to the femur. In addition, the chondrocytes were in different functional states. The chondrocytes had the main morphological characteristics in the intermediate layer of articular cartilage of the femur. The morphometric analysis has been revealed the largest deviations in the articular surface of the proximal epiphysis of the tibia. The thickness of the articular surface of the tibia decreased by 29.05% ( $p = 0.0001$ ) according to the control, whereas the thickness of the articular surface of the distal epiphysis of the femur decreased by 20.49% ( $p = 0.0001$ ). The thickness of the superficial, intermediate and deep layers of articular cartilage of the proximal epiphysis of the tibia decreased by 31.51% ( $p = 0.0001$ ), 27.53% ( $p = 0.022$ ) and 30.11% ( $p = 0.0001$ ). At the same time, the thickness of the superficial, intermediate and deep layers of the articular cartilage of the femur decreased by 25.61% ( $p = 0.002$ ), 19.45% ( $p = 0.007$ ) and 21.37% ( $p = 0.014$ ), respectively.

**Conclusion.** Thus, it has been found that the greatest changes in micro- and ultrastructure have been occurred in the articular surface of the proximal tibia epiphysis on the 60th day after the multiple injury of *femoral* and *tibial diaphysis*. Furthermore, the significant changes were observed in the thickness of the articular surface of the proximal epiphysis of the tibia.

**Key words:** knee joint, articular cartilage, injury, femur and tibia, rats, microstructure, ultrastructure, morphometry.

Рецензент – проф. Проніна О. М.  
Стаття надійшла 28.05.2020 року

DOI 10.29254/2077-4214-2020-3-157-264-268

УДК 616.316.1:615.9:599.323.4

Шевченко К. В.

### УЛЬТРАМІКРОСКОПІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДНИЖНЬОЩЕЛЕПНИХ ЗАЛОЗ ЩУРІВ В НОРМІ ТА ПРИ ХРОНІЧНІЙ ІНТОКСИКАЦІЇ ЕТАНОЛОМ

Українська медична стоматологічна академія (м. Полтава)

kvshevchenko2017@gmail.com

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Робота є фрагментом НДР «Експериментально-морфологічне вивчення дії криоконсервованих препаратів кордової крові та ембріофетоплацентарного комплексу (ЕФПК), дифереліну, етанолу та 1 % ефіру метакрилової кислоти на морфофункціональний стан ряду внутрішніх органів», № державної реєстрації 0119U102925.

**Вступ.** В процесі метаболізму етанолу беруть участь три ферментативні системи – алкогольдегідрогеназа, мікросомальна етанол-оксидуюча система та система каталаз, які окиснюють етанол до ацетальдегіду. Ацетальдегід який є токсичним побічним продуктом, пошкоджує тканини та сприяє формуванню алкогольної залежності. Наведений шлях біотрансформації етанолу в організмі може вдаватися дуже простим, але при вживанні алкоголю відбуваються глибокі порушення обміну речовин, пов'язані з усіма етапами окислення етанолу [1]. Слабка полімеризація та мала дисоціація невеликих молекул етанолу обумовлюють його високу здатність розчинятися в воді та жирах, що легко дозволяє йому проходити крізь біологічні мембрани, що тим самим визначає його роль у внутрішньоклітинних процесах [2]. Вплив етанолу на органи травної системи є безперечним, але об'єктивувати зміни в паренхіма-

тозних та стромальних компонентах слинних залоз дозволяє проведення електронномікроскопічного дослідження, що робить його актуальним.

**Мета дослідження** – встановити структурні зміни елементів часточок піднижньощелепних слинних залоз щурів в нормі та при хронічній інтоксикації етанолом на ранніх стадіях експерименту.

**Об'єкт і методи дослідження.** Для проведення електронномікроскопічного дослідження були використані матеріали роботи виконаної на 20 білих безпородних щурах. 10 тварин склали контрольну групу, яким 4 рази на добу вводили ізотонічний розчин натрію хлориду, та 10 – експериментальну, яким 4 рази на добу вводили по 12 мг/кг 40° етанолу [3]. Тварин виводили з експерименту на 5 добу шляхом передозування тіопенталового наркозу (25 мг/кг). Шматочки піднижньощелепних залоз заключали в епон-812 за загальноприйнятою методикою [4]. Електронномікроскопічне дослідження проводили на базі лабораторії електронної мікроскопії Інституту морфології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України. Ультратонкі зрізи виготовляли на ультрамікротомі LKB-3 (Швеція). Контрастування зрізів проводили спочатку в 1% розчині уранілацетату на метанолі, а потім – у цитратом свинцю за Reynolds [4]. Вивчали