

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ГІАЛІНОВОГО ХРЯЩА ПРИ ВИКОНАННІ РЕПАРАТИВНИХ МЕТОДИК ЛІКУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ХРЯЦОВИХ ДЕФЕКТІВ КОЛІННОГО СУГЛОБА

Доц. А. В. ЛІТОВЧЕНКО¹, доц. Л. А. РУБАН¹, проф. О. В. МІРОШНИЧЕНКО²

¹ Харківська академія фізичної культури,

² Харківський національний медичний університет, Україна

На підставі відмінностей морфофункціонального стану гіалінового хряща обґрунтовано доцільну хірургічну репаративну методику лікування локальних дефектів хряща колінного суглоба. Репаративна хірургічна методика глибокої тунелізації до кістково-мозкової порожнини має реєнераторні переваги над репаративними методиками — мікрофрактуризацією та субхондральною тунелізацією. Артроскопічна глибока тунелізація при локальних хрящових дефектах є патогенетично пріоритетною.

Ключові слова: мікрофрактуризація, субхондральна тунелізація, глибока тунелізація, хондромаліація, гіаліновий хрящ.

Основним патогенетичним фактором утворення дефектів хряща колінного суглоба є його деструкція, що розвивається внаслідок невідповідності механічних навантажень здатності хряща чинити їм опір. На сьогодні ключове значення в розвитку цієї патології надається асептичному запаленню та змінам у субхондральній кістці [1, 2]. Склероз субхондральної кістки разом із прогресуючою деградацією хряща вважають основними морфологічними ознаками хондромаліації. Попри збільшення об'єму кісткової фракції відбувається гіпомінералізація субхондральної кістки через патологічне кісткове ремоделювання. Виявляються й інші гістологічні зміни субхондральної кістки, у тому числі мікропошкодження, набряк кісткового мозку, утворення кіст ураженої кістки [3–6]. Отже, патологічний розподіл напружень у субхондральній кістковій тканині ініціює процес деградації у хрящі, а його пошкодження може, у свою чергу, впливати на погіршення стану субхондральної кістки. Це порочне коло беззаперечно призводить до прогресування дефекту хряща [7]. У цілому оптимальна лікувальна стратегія може бути спрямована на симульганне відновлення цілісності субхондральної кістки і хряща. Саме репаративні методики лікування локальних дефектів хряща колінного суглоба є патогенетично обґрунтованими, оскільки стимулюють кістковий мозок до хондрогенезу. Репаративні потенції хрящової тканини напряму залежать від стартової кількості плюрипотентних клітин кісткового мозку, оскільки саме його стовбурові стромальні клітини (мезенхімальні стовбурові клітини за походженням) є попередниками клітин хондробластичного диферону.

Мета нашої роботи — на основі відмінностей морфофункціонального стану гіалінового хряща обґрунтувати доцільну хірургічну репаративну

методику лікування локальних дефектів хряща колінного суглоба.

Для вивчення особливостей перебігу репаративного хондрогенезу в умовах хондромаліації суглобового хряща було проведено експериментальні дослідження на 60 статевозрілих щурах — самцях масою 180–200 г. У 15 піддослідних тварин проведено гістологічне дослідження змодельованої хондромаліації на 28-у добу з початку експерименту (перша серія тварин). Друга експериментальна серія: після моделювання хондромаліації здійснювалося розсвердлювання у ділянці дна дефекту субхондральної кістки, де руйнація її пластинки є обов'язковою (15 тварин), саме ця друга серія слугувала прототипом репаративної методики хірургічного лікування хондромаліації суглобового хряща — мікрофрактуризації дна хрящового дефекту. У третій серії дослідів (15 тварин) після моделювання хондромаліації проводилося розсвердлювання у ділянці дна дефекту до губчастої кістки. Така експериментальна модель відповідала репаративній методиці хірургічного лікування дефектів хряща колінного суглоба — підхрящовій тунелізації. У 15 піддослідних тварин виконано гістологічне дослідження розробленої репаративної методики, а саме — глибокої тунелізації зони дефекту до кістково-мозкової порожнини на моделі хондромаліації (четверта серія дослідів). На 7, 14 та 21-у добу шляхом евтаназії щурів виводили з експерименту з наступним забором хрящової тканини для світлового мікроскопічного, морфометричного, імуногістохімічного, цитоморфометричного досліджень.

На гістологічних препаратах моделі хондромаліації вже на ранніх етапах спостереження в зоні локального дефекту хряща можна відзначити її ознаки: пошкодження цілісності суглобової поверхні тяжкого ступеня, нерідко до субхондральної

кісткової пластинки, порушення конгруентності кісток у суглобі. У піддослідних тварин першої серії за умов штучно створеної хондромалаяції хряща дистального епіфізу стегнової кістки відбувається потоншення суглобового хряща як в зоні дефекту, так і на його периферії протягом усього терміну спостереження та значне порушення зональної структури. Загальна середня товщина хряща становить $12,05 \pm 0,67$ ум. од., що достовірно відрізняється від норми — $25,77 \pm 1,41$ ум. од. У зоні дефекту відновлення пулу хондроцитів майже не відбувається і домінує загибель хондроцитів, а мітотичний потенціал хондробластів навіть на периферії повністю вичерпаний. В останні терміни спостереження спостерігається картина прогресування хондромалаяції та безпосередньо деструкції хряща з формуванням глибоких щілин. Регенераторний процес майже не продовжується, і, вочевидь, потенціал клітинної проліферації лімітований, виходячи з можливостей не тільки хондробластів, але й стовбурових клітин червоного мозку, що не отримав контакту з хрящем через неповне розшарування його та субхондральної кісткової пластинки. Змодельована анатомо-функціональна невідповідність суглобових елементів також не дає можливості здійснити репаративний процес у хрящі. Усі наявні ознаки хондромалаяції свідчать про адекватність обраної моделі.

При розвердлюванні у ділянці дефекту субхондральної кістки на фоні хондромалаяції у другій експериментальній серії процеси репаративного хондрогенезу активуються вже на ранніх стадіях. Дефект наповнюється хрящовою масою з глибини, вірогідно, паралельно з відновленням субхондральної кістки. Репаративний остеогенез є пусковим механізмом для репаративного хондрогенезу. Пік хондрорепарації припадає на 14-й день спостереження, а вже на 21-у добу експерименту хондрорепаративні процеси значно знижуються. Через 21 день спостереження у щурів другої серії середня товщина хряща становить $21,94 \pm 0,88$ ум. од. Причому крайні показники товщини хряща сягають від 28,7 ум. од. поза місцем ушкодження до 15,08 ум. од. у центрі дефекту. Саме цей факт вказує на стагнацію репаративних процесів та тенденцію до їх вщухання. Це пов'язано не тільки з продовженням механічного впливу на хрящовий регенерат, а й з недостатнім клітинним пулом хрящового диферону. Проте слід зазначити, що у піддослідних тварин другої серії на 14-у та 21-у добу згідно з морфометричними показниками товщини суглобового хряща дистального епіфізу стегнової кістки відбувається його значне потовщення, що вказує на доцільність руйнації субхондральної кістки з метою хондрорепарації.

У третій серії досліду хрящ у тварин регенерує краще, навколо дефекту відзначається мітотична активність хондробластів, досить багато клітин, що діляться, нова репаративна тканина повністю заповнює дефект. Більш адекватне спрямування остеохондрогенної тканини за хондродним ти-

пом, вірогідно, пов'язане як із більш достатнім клітинним пулом, так і довшим терміном контакту із синовіальною рідиною суглоба за рахунок тунелізації до губчастої кістки. Новоутворена репаративна тканина отримує поживні речовини і зверху, тобто із середовища, відносно бідного киснем та кровоносними судинами, що й спонукає до диференціювання у хрящові клітини. Динаміка відновлення хрящового регенерату у піддослідних тварин третьої серії подібна до попередньої, але вираженість тканинних компонентів дещо відрізняється. Пік хондрорепарації також припадає на 14-у добу. Проте чітко видно, що репаративна регенерація відбувається за рахунок безпосередньої міграції та диференціювання стовбурових клітин червоного кісткового мозку. На 14-у та 21-у добу згідно з морфометричними показниками товщини суглобового хряща дистального епіфізу стегнової кістки відбувається його значне потовщення — $23,51 \pm 0,72$ та $23,07 \pm 0,9$ ум. од. відповідно. Не усунена причина моделі хондромалаяції не дає змогу завершити репаративні процеси у повному обсязі, що також можливо через недостатній проліферативний клітинний пул, відтворений у цій моделі.

У експериментальних тварин четвертої серії відзначено найбільш виразні переваги репарації суглобового хряща після проведення глибокої тунелізації, що виявились на 14-й день спостереження. На 21-у добу морфофункціональний стан тканини суглобового хряща хоча і має поодинокі ознаки руйнації, але загалом виявляє попередню регенераторну спрямованість, товщина суглобового хряща практично зрівнялася з показниками в інтактних тварин — $24,84 \pm 0,74$ ум. од., що вказує на збереженість хондрорепаративної спрямованості.

Отже, можна стверджувати, що найбільш виражені переваги регенерації суглобового хряща відбуваються шляхом проведення глибокої тунелізації саме до кістковомозкової порожнини, інтенсивні прояви яких вже візуалізуються на 14-й день спостереження. Цілком ймовірно, що жовтий кістковий мозок має свої запаси стовбурових клітин. Найбільша кількість клітин — попередників хондробластів локалізована саме на межі ендосту та кістковомозкової порожнини. Інші репаративні методики механічної стимуляції кісткового мозку у ділянці дефекту суглобового хряща (пошкодження кісткової пластинки і підхрящова тунелізація) хоча й спрямовують остеохондробластичний клітинний диферон від перелому кістки до дна хрящового отвору, призводять до репарації за хондродним типом зі зниженням активності до 21-ї доби і неповним відтворенням.

Таким чином, на основі змін морфофункціонального стану гіалінового хряща було встановлено, що на фоні хондромалаяції середня товщина суглобового хряща становить $12,05 \pm 0,67$ ум. од. Потоншення на периферії хрящового дефекту відбувається в поверхневій та проміжній зонах гіалінового хряща. При руйнації кісткової пластинки зафіксовано значне потовщення суглобового хряща

($21,94 \pm 0,88$ ум. од.), будова гіалінового хряща на периферії збережена. При руйнації дна дефекту до губчастої кістки морфометричні показники товщини хряща сягають $23,07 \pm 0,9$ ум. од. Лише при глибокій тунелізації товщина суглобового хряща практично дорівнює показнику в інтактних тва-

рин — $24,84 \pm 0,74$ ум. од., зональна будова хряща на периферії не порушена. Пріоритетним оперативним втручанням репаративного спрямування є глибока тунелізація локальної зони хрящового дефекту колінного суглоба порівняно з мікрофрактуризацією та підхрящовою тунелізацією.

Список літератури

1. Сустав: морфология, клиника, диагностика, лечение / В. Н. Павлова, Г. Г. Павлов, Н. А. Шостак, Л. И. Слуцкий.— М.: Медицинское информационное агентство, 2011.— 552 с.
2. Штробель М. Руководство по артроскопической хирургии: пер. с англ. под ред. А. В. Королева: в 2 т. / М. Штробель.— М.: Изд-во Панфилова; Бинум. Лаборатория знаний, 2012.— 672 с.
3. Swi S. Osteochondral alterations in osteoarthritis / S. Suri, D. A. Walsh // Bone.— 2012.— Vol. 51.— P. 204–211.
4. Burr D. B. Bone remodelling in osteoarthritis / D. B. Burr, M. A. Gallant // Nat. Rev. Rheumatol.— 2012.— Vol. 8.— P. 665–673.
5. An in vivo investigation of the initiation and progression of subchondral cysts in a rodent model of secondary osteoarthritis / D. D. McErlain, V. Ulici, M. Darling [et al.] // Arthritis Res. Ther.— 2012.— Vol. 14.— P. 26.
6. Subchondral bone as a key target for osteoarthritis treatment / S. Castaneda, J. A. Roman-Blas, L. Roman-Blas, G. Herrero-Beaumont // Biochem. Pharmacol.— 2012.— Vol. 83.— P. 315–323.
7. Subchondral bone in osteoarthritis: insight into risk factors and microstructural changes / L. Guangyi, J. Yin, J. Gao [et al.] // Arthritis Res. Ther.— 2013.— Vol. 6.— P. 223–238.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГИАЛИНОВОГО ХРЯЩА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕПАРАТИВНЫХ МЕТОДИК ЛЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ХРЯЩЕВЫХ ДЕФЕКТОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА

А. В. ЛИТОВЧЕНКО, Л. А. РУБАН, Е. В. МИРОШНИЧЕНКО

На основе различий морфофункционального состояния гиалинового хряща обоснована хирургическая репаративная методика лечения локальных дефектов хряща колленного сустава. Репаративная хирургическая методика глубокой туннелизации до костномозговой полости имеет регенераторные преимущества перед репаративными методиками — микрофрактуризацией и субхондральной туннелизацией. Артроскопическая глубокая туннелизация при локальных хрящевых дефектах патогенетически приоритетна.

Ключевые слова: микрофрактуризация, субхондральная туннелизация, глубокая туннелизация, хондромалация, гиалиновый хрящ.

MORPHOFUNCTIONAL STATE OF HYALINE CARTILAGE AT REPARATIVE TECHNIQUES OF LOCAL KNEE JOINT CARTILAGE DEFECTS TREATMENT

A. V. LITOVCHENKO, L. A. RUBAN, O. V. MIROSHNICHENKO

Based on the differences in the morphofunctional state of the hyaline cartilage, a surgical reparative technique for treatment of local knee joint cartilage defects was substantiated. The reparative surgical technique of deep tunneling to the bone marrow cavity has regenerative advantages over reparative methods by microfracturing and subchondral tunneling. Arthroscopic deep tunneling of local cartilage defects has pathogenetic priority.

Key words: microfracturing, subchondral tunneling, deep tunneling, chondromalacia, hyaline cartilage.

Надійшла 09.04.2018