

УДК 616:[.728.3–.71–018.3–089.843](048.8)

Хондропластика дефектов хряща коленного сустава (обзор литературы)

М.Л. Головаха

Запорожский государственный медицинский университет. Украина

Ключевые слова: хондропластика, дефекты суставного хряща

Точную частоту тяжелых повреждений суставного хряща (III, IV степень по Оутербридж), проявляющихся клинически, определить сложно. Было доказано, что у 5–10% молодых пациентов с посттравматическим гемартрозом коленного сустава имеют место локальные повреждения суставного хряща [36]. Curl et al. провели ретроспективный анализ 31516 артроскопий коленного сустава у пациентов всех возрастных групп и обнаружили поражение хряща у 19827 (63%) больных. Частота повреждений III степени была у 41%, а дефекты хряща (IV степень) были у 19% больных. Среди пациентов моложе 40 лет частота дефектов хряща составила только 5%. Анализ 1000 артроскопий в исследовании Hjelle et al. [24] показал, что повреждения хряща III, IV степени встречались у 5% пациентов. Многие из этих повреждений были бессимптомными на момент обнаружения. При анализе 993 артроскопий коленного сустава у пациентов со средним возрастом 35 лет в 11% случаев обнаружены дефекты хряща [14], которые требовали хирургического лечения [11]. Представить частоту повреждений хряща в общей популяции на основе этих ограниченных данных невозможно.

Восстановление дефектов хряща коленного сустава — чрезвычайно актуальная проблема современной ортопедии и травматологии. Регулярно публикуются результаты большого числа исследований, что подтверждает ее актуальность. Опубликовано немало результатов фундаментальных рандомизированных исследований высокого уровня, выполненных на большом клиническом материале [4, 6, 13, 20, 37, 42].

Для удобства классифицируем применяемые в клинической практике методики хондропластики дефектов хряща по группам.

1. Обработка дефектов для стимуляции спонтанной регенерации: а) абразивная пластика дна дефекта [30]; б) туннелизация дна дефекта [38]; в) микрофрактуризация дна дефекта [39].
2. Замещение дефектов аутологичным материалом: а) мозаичная пластика [22, 27]; б) пластика дефекта надкостницей с аутоспонгиозной пломбировкой дефекта [25, 35]; в) пересадка аутологичных хондроцитов [14, 28]: под заплату из надкостницы, под заплату из биодеструктивной мембраны, на различных носителях; г) пересадка мезенхимальных стволовых клеток [5, 7].
3. Аллопластика дефектов хряща [20, 29, 41].
4. Замещение дефектов искусственными имплантатами [12, 32]: а) биодеструктивные мембраны; б) металлические или полимерные имплантаты. Рассмотрим перечисленные методики.

Методики абразивной пластики, туннелизации и микрофрактуризации дна дефекта известны достаточно давно [30, 38, 39], их называют по разному: остеоперфорация, субхондральная или костномозговая стимуляция. В настоящее время обычно в практике применяют микрофрактуризацию с использованием специального шила «Chodro-Picks» (производство фирмы «Arthrex», США). Механизм действия этих методов основан на открытии выхода мезенхимальных стволовых клеток костного мозга в зону дефекта. Последние обеспечивают формирование клеток волокнистого хряща в зоне дефекта из клеток синовиальной оболочки. Волокнистый хрящ, который заполняет дефект, уступает по своим механическим свойствам гиалиновому, кроме того, не всегда дефект заполняется целиком. Результаты лечения пациентов с дефектами хряща методом микрофрактуризации были неоднократно опубликованы [17, 26, 33, 38, 39]. Анализ этих работ свидетельствует о том, что при всей простоте

предлагаемых подходов к применению указанного метода прогнозировать результаты лечения затруднительно. По всей вероятности, ключ к решению проблемы лежит в плоскости выбора показаний. Во всех работах, посвященных анализу микрофрактуризации, идет речь о площади дефекта хряща, при котором показана хондропластика этим методом. Рекомендации встречаются разные. Кроме того, проблемным остается вопрос определения площади дефекта. Все, кто занимается артроскопией, знают, что точно измерить площадь дефекта хряща достаточно сложно, так как он редко имеет правильную форму.

Несмотря на то, что все описанные выше рекомендации основаны на рандомизированных исследованиях, базирующихся на анализе отдаленных результатов и большом клиническом материале, остаются все те же вопросы, на которые по-прежнему нет четких ответов. Когда микрофрактуризация дает гарантированный эффект при лечении дефектов суставного хряща? Не зря целый ряд исследователей считают, что самым лучшим средством лечения дефектов суставного хряща коленного сустава является эндопротезирование.

Особого внимания заслуживает методика мозаичной пластики дефектов хряща [18, 22, 23]. Разработанная около 20 лет назад, она сулила многообещающие перспективы. Действительно, результаты ее применения оказались очень хорошими. Однако, как оказалось, ее терапевтический диапазон недостаточно широкий. Речь идет о площади дефекта хряща, который можно заместить при помощи этого метода. В начале накопления опыта применения мозаичной пластики путем пересадки костно-хрящевых цилиндров замещали дефекты большой площади. Впоследствии наблюдения показали, что замещение дефектов, в которые пересаживают 4 и более цилиндров, является очень травматичным из-за большого объема донорской зоны. Большинство оперирующих ортопедов пришли к выводу, что мозаичная пластика наиболее эффективна при пересадке цилиндров большого диаметра и в небольшом количестве — максимум 3–4 шт. Средний диаметр пересаженных цилиндров обычно 7 мм (его площадь 1,5 см²). Таким образом, терапевтический диапазон — около 4,5–6,0 см² [16, 36].

Большие дефекты хряща могут быть замещены при помощи пересадки аутологичных хондроцитов. Трансплантация аутологичных хондроцитов — это двухэтапная операция, при которой в процессе артроскопии берут участок здорового хряща и *in vitro* выращивают из него культуру аутологичных хондроцитов. Вторым этапом культуру хондроци-

тов имплантируют в дефект хряща под заплату из аутонадкостницы. В 1994 году Brittberg et al. [14] впервые представили результаты трансплантации аутологичных хондроцитов у человека. Выращенные в культуре тканей хондроциты демонстрируют фенотипическую пластичность и способны формировать хрящ в различных средах. В отличие от мезенхимальных стволовых клеток хондроциты формируют только хрящевую ткань, а не кость. Эти результаты свидетельствуют о том, что внутри гиалинового хряща существует субпопуляция хондрогенных клеток, которые имеют высокий уровень фенотипической пластичности, сравнимый с мезенхимальными стволовыми клетками [40]. Сегодня для клинического применения используют трансплантацию хондроцитов в концентрации от 30–106 млн клеток в 1 мл. В перспективе необходимо найти параметры культивирования тканей и клеток, которые будут оптимальными, чтобы максимально использовать позитивные свойства матриц по сравнению с пересадками хондроцитов в культуре [14, 37].

Основными недостатками методики являются высокая стоимость, наличие двухэтапного хирургического вмешательства, необходимость артротомии [18]. Кроме того, исследования отдаленных результатов пересадки аутологичных хондроцитов показали, что они не всегда сильно отличаются от результатов микрофрактуризации, которую выполняли при тех же размерах дефектов хряща. Большинство авторов считают, что пересадка аутологичных хондроцитов дает отличные ближайшие результаты, которые превосходят все другие методы хондропластики. Поэтому методика пересадки аутохондроцитов находит применение в основном у спортсменов и молодых физически активных пациентов с дефектами хряща коленного сустава.

В последнее время начали применять более простые и дешевые методы замещения дефектов суставного хряща, основанные на использовании мезенхимальных стволовых клеток [2]. Используют различные методики: 1) введение аутологичных мезенхимальных стволовых клеток внутрисуставно после выполнения микрофрактуризации дефекта; 2) имплантация мезенхимальных стволовых клеток в дефект под надкостницу или биодеструктивную мембрану. Для пересадки в дефект применяют как недифференцированные мезенхимальные стволовые клетки, так и мезенхимальные стволовые клетки с направленной хондробластной дифференцировкой [6]. Пока неясны перспективы этого метода, так как не опубликованы результаты ни

одного из исследований. Есть отдельные сообщения о том, что метод малотравматичен и поэтому имеет преимущество по сравнению с обычной мозаичной пластикой.

На сегодня только пересадка аутологичных хондроцитов обеспечивает высококачественную реконструкцию хрящевого слоя. Применение мезенхимальных стволовых клеток — предмет обширного международного исследования. Однако первые экспериментальные исследования показывают, что после первичного формирования хрящевой ткани в последующем происходит оссификация вновь образованного слоя [40].

Аллопластику применяют при объемных дефектах хряща, которые невозможно заменить другими методами.

Замещение дефектов хряща искусственными материалами появилось сравнительно недавно. Это направление — своего рода усовершенствование тотального эндопротезирования. До сих пор ряд авторов придерживаются мнения о том, что тотальное эндопротезирование коленного сустава является самой эффективной операцией, которая обеспечивает уменьшение боли и восстановление функции разрушенных коленных суставов. Однако для молодых, активных пациентов с хрящевыми дефектами на ранних стадиях заболевания необходимы менее радикальные, более функциональные решения. К сожалению, попытки разработки такого метода пока к ожидаемому успеху не привели. Применение монокондилярного эндопротезирования, например, имеет более высокий удельный вес ревизий по сравнению с тотальным, кроме того, в противоположном отделе коленного сустава остеоартроз продолжает прогрессировать [21, 40].

Локальные эндопротезы (HemiCUP), разработанные для замещения дефектов хряща, достаточно широко применяют, однако отдаленных результатов их использования пока нет [32]. Создание полимерных имплантатов для замещения дефектов хряща находится в стадии разработки.

Биомеханические требования к замещению дефектов хряща заключаются в соблюдении тех же требований, что и при тотальном эндопротезировании — стабильная фиксация и минимальное трение. Имплантат, которым заполняют дефект, должен выдерживать большие нагрузки, не повреждая ткань противоположной суставной поверхности. Остеоинтеграция имплантата с хрящом и субхондральной костью могла бы улучшить передачу и распределение нагрузки [43].

Другим направлением лечения поражений хряща коленного сустава является применение хондропла-

стики в сочетании с корригирующей остеотомией для коррекции оси конечности. Применение корригирующей остеотомии имеет большую историю с периодами подъема и забвения [8, 9, 30]. Сегодня метод занял прочное место в арсенале лечения остеоартроза коленного сустава. Остеотомию рекомендуют при деформациях коленного сустава и остеоартрозе с нарушением механической оси. Описано заполнение дефектов волокнистым хрящом в результате удачной корригирующей остеотомии [19]. Тем не менее, четких показаний для применения остеотомии при лечении дефектов суставного хряща не разработано. Проведя анализ показаний к применению хондроластики и корригирующих остеотомий, мы обнаружили отсутствие преемственности, которая на практике «восполняется» опытом оперирующего ортопеда. На практике мы встречаемся с пациентами с дефектами хряща внутреннего отдела коленного сустава на фоне хронической перегрузки, обусловленной конституциональной варусной деформацией. Опыт лечения таких больных показывает, что результат лечения не зависит от площади дефекта хряща. На сегодня большинство пациентов внутренне не готовы к операции корригирующей остеотомии на ранней стадии остеоартроза коленного сустава, когда только началось разрушение суставного хряща. С другой стороны, и не все ортопеды готовы быть столь радикальными, чтобы на начальной стадии предложить пациенту объемную операцию.

В связи с этим приобретает большое значение создание интеграции между этими двумя, несомненно, эффективными методами лечения повреждений хряща коленного сустава.

Анализ данных литературы показал, что основным параметром для выбора метода хондроластики — это площадь дефекта суставного хряща [1, 4, 5, 7, 10]. А при выборе показаний к остеотомии руководствуются степенью гонартроза, асимметрией сужения суставной щели и механической осью конечности. Обращают внимание также на состояние хряща противоположного от пораженного отдела сустава — он должен быть сохранен (до II ст. по Оутербридж). Во всех работах, касающихся корригирующей остеотомии при гонартрозе в пораженном отделе, обычно описывают дефект хряща мыщелка бедренной и плато большеберцовой кости [3, 8, 9].

Основное противоречие заложено в различном подходе к выбору показаний для хондроластики и остеотомии. На наш взгляд, назрела необходимость разработать показания к этим методам по одинаковой схеме.

В нашей клинической практике было немало пациентов, у которых при артроскопии обнаруживали дефект хряща на медиальном мыщелке бедренной кости. У ряда пациентов с небольшими дефектами хряща (до 2 см²) в последующем было отмечено прогрессирование остеоартроза. В то же время у некоторых пациентов с обширным дефектом хряща, которым также была выполнена микрофрактуризация, наблюдалась стойкая ремиссия заболевания.

Заклучение

Сложное строение и высокая специализация нормальной хрящевой ткани делают перспективным ее восстановление. Неизвестна частота встречаемости бессимптомных повреждений, равно как невозможно прогнозировать прогрессирование дальнейшего разрушения хряща. Только после тщательного обследования пациента с оценкой всех отклонений в коленном суставе можно понять природу разрушения суставного хряща, что позволяет выбрать правильную лечебную тактику.

Повреждения суставного хряща — это проблема, которая является вызовом для медицинской общественности на несколько столетий. Недавние успехи восстановления хряща связаны с тщательным отбором пациентов, точным планированием и проведением комбинированных операций по восстановлению оси конечности и стабильности связочного аппарата.

Литература

1. Бур'янов О.А. Кістковомозкова стимуляція (мікрофрактуризація) у комплексному лікуванні хворих з ушкодженнями хряща колінного суглоба [Текст] / О.А. Бур'янов, Ю.Л. Соболевський, В.П. Кваша // Ортопед. травматол. — 2008. — № 3. — С. 23–27.
2. Використання аутологічних мезенхімальних стовбурових клітин при травматичних пошкодженнях суглобового хряща (експериментальне дослідження) [Текст] / Г.В. Гайко, О.О. Коструб, В.І. Грищенко та ін. // Вісник ортопед., травматол. та протез. — 2008. — № 1. — С. 5–8.
3. Коригуючі остеотомії у лікуванні остеоартрозу колінного суглоба [Текст] / Г.В. Гайко, Л.П. Кукуруза, В.П. Торчинський та ін. // Вісник ортопед., травматол. та протез. — 2003. — № 3. — С. 5–9.
4. Герцен Г.И. Диагностическая и хирургическая артроскопия посттравматических повреждений суставного хряща коленного сустава [Текст] / Г.И. Герцен, Н.П. Остапчук, Р.Н. Остапчук // Вісник ортопед., травматол. та протез. — 2007. — № 3. — С. 30–33.
5. Зазірний І.М. Обґрунтування методики хірургічного лікування малих дефектів хряща колінного суглоба [Текст] / І.М. Зазірний, В.Г. Євсеєнко // Ортопед. травматол. — 2006. — № 2. — С. 31–37.
6. Використання стовбурових клітин строми кісткового мозку у лікуванні пацієнтів з пошкодженням суглобового хряща колінного суглоба [Текст] / О.О. Коструб, В.І. Грищенко, О.Ю. Петренко та ін. // Вісник ортопед., травматол. та протез. — 2007. — № 1. — С. 34–37.

7. Коструб О.О. Лікування пошкоджень суглобового хряща: реальність та перспективи (огляд літератури) [Текст] / О.О. Коструб, І.А. Засаднюк // Вісник ортопед., травматол. та протез. — 2006. — № 2. — С. 80–85.
8. Пустовойт Б.А. Хірургічна профілактика диспластичного гонартрозу [Текст]: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.01.21 / Борис Анатолійович Пустовойт; Харківський НДІОТ ім. проф. М.І. Ситенка. — Х., 1996. — 43 с.
9. Руденко И.А. Корректирующее статико-динамическое разгрузное лечение коленного сустава при хирургическом лечении гонартроза [Текст] / И.А. Руденко // Ортопед. травматол. — 1999. — № 4. — С. 116–119.
10. Артроскопическая диагностика и лечение локальных повреждений суставного хряща коленного сустава [Текст] / О.Л. Эйсмонт, А.В. Борисов, Б.В. Малюк, Д.В. Букач // Ортопед. травматол. — 2007. — № 2. — С. 111–114.
11. Articular cartilage lesions in 993 consecutive knee arthroscopies [Text] / A. Aroen, S. Loken, S. Heir et al. // Am J Sports Med. — 2004. — Vol. 32. — P. 211–215.
12. Evaluation of peak contact pressure of a contoured articular prosthetic unicompartmental femoral resurfacing prosthesis (Hemi-CAP®) — A biomechanical study [Text] / C. Becher, R. Huber, H. Thermann et al. — Centre for Knee & Foot Surgery/ Sports Trauma, ATOS Clinic, Heidelberg, Germany, University of Vienna, Austria.
13. Bert J.M. The arthroscopic treatment of unicompartmental gonarthrosis: a five-year follow-up of abrasion arthroplasty plus arthroscopic debridement and arthroscopic debridement alone [Text] / J.M. Bert, K. Maschka // Arthroscopy. — 1989. — Vol. 5. — P. 25–32.
14. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation [Text] / M. Brittberg, A. Lindahl, A. Nilsson et al. // N. Engl. J. Med. — 1994. — Vol. 331. — P. 889–895.
15. Brittberg M. Evaluation of cartilage injuries and repair [Text] / M. Brittberg, C.S. Winalski // J. Bone Joint Surg Am. — 2003. — Vol. 85. — № 2. — P. 58–69.
16. Bobic V. Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary clinical study [Text] / V. Bobic // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. — 1996. — Vol. 3. — P. 262–264.
17. Buckwalter J.A. Restoration of injured or degenerated articular cartilage [Text] / J.A. Buckwalter, V.C. Mow, A. Ratcliffe // J. Am Acad Orthop Surg. — 1994. — Vol. 2. — P. 192–201.
18. Duchow J. Primary stability of press-fit-implanted osteochondral grafts: influence of graft size, repeated insertion, and harvesting technique [Text] / J. Duchow, T. Hess, D. Kohn // Am J Sports Med. — 2000. — Vol. 28. — P. 24–27.
19. Fujisawa Y. The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints [Text] / Y. Fujisawa, K. Masuhara, S. Shiomi // Orthop. Clin. North Am. — 1979. — Vol. 10. — P. 585–608.
20. Fitzpatrick P.L. Fresh osteochondral allografts: a 6-10-year review [Text] / P.L. Fitzpatrick, D.A. Morgan // Aust N Z J Surg. — 1998. — Vol. 68. — P. 573–579.
21. Geller J.A. Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Controversial History and a Rationale for Contemporary Resurgence [Text] / J.A. Geller, R.S. Yoon, W. Macaulay // J Knee Surg. — 2008. — Vol. 21. — P. 7–11.
22. Osteochondral plugs: autogenous osteochondral mosaicplasty for the treatment of focal chondral and osteochondral articular defects [Text] / L. Hangody, G. Kish, Z. Karpati et al. // Oper. Tech. Orthop. — 1997. — Vol. 7. — P. 312–322.
23. Mosaicplasty for the treatment of osteochondritis dissecans of the talus: two to seven year results in 36 patients [Text] / L. Hangody, G. Kish, L. Modis et al. // Foot Ankle Int. — 2001. — Vol. 22. — P. 552–558.
24. Articular cartilage defects in 1000 knee arthroscopies [Text] /

- K. Hjelle, E. Solheim, T. Strand et al. // *Arthroscopy*. — 2002. — Vol. 18. — P. 730–734.
25. Jaroma H. Reconstruction of patellar cartilage defects with free periosteal grafts [Text] / H. Jaroma, V. Ritsila // *Scand J Plast Reconstr Surg*. — 1988. — Vol. 21. — P. 19–27.
 26. Outcomes of Mechanical Debridement and Radiofrequency Ablation in the Treatment of Chondral Defects: A Prospective Randomized Study [Text] / R.W. Kang, A.H. Gomoll, S.J. Nho et al. // *J Knee Surg*. — 2008. — Vol. 21. — P. 116–121.
 27. Kish G. Osteochondral mosaicplasty for the treatment of focal chondral and osteochondral lesions of the knee and talus in the athlete: rationale, indications, techniques, and results [Text] / G. Kish, L. Modis, L. Hangody // *Clin Sports Med*. — 1999. — Vol. 18. — P. 45–66.
 28. Effects of a cultured autologous chondrocyte-seeded type II collagen scaffold on the healing of a chondral defect in a canine model [Text] / C.R. Lee, A.J. Grodzinsky, H.P. Hsu, M. Spector // *J Orthop Res*. — 2003. — Vol. 21. — P. 272–281.
 29. Lexer E. Substitution of whole or half joints from freshly amputated extremities by free plastic operation [Text] / E. Lexer. — *Surg Gynecol Obstet*. — 1908. — Vol. 6. — P. 601–607.
 30. Lobenhoffer P. Kniegelenknahe Osteotomien [Text] / P. Lobenhoffer, J.D. Agneskirchner, M. Gala. — Thieme, 2007. — 161 p.
 31. Magnusson P.B. Technique of debridement of the knee joint for arthritis [Text] / P.B. Magnusson // *Surg Clin North Am*. — 1946. — Vol. 26. — P. 226–249.
 32. Miniaci A. A metal cap solution for focal cartilage deficiency [Text] / A. Miniaci: 25th Annual Current Concepts in Joint Replacement Winter Meeting. Dec. 11–13, 2008. Orlando. — Paper №74.
 33. Arthroscopic Debridement for Grade III and IV Chondromalacia of the Knee in Patients Older Than 60 Years [Text] / P.J. Michel, V. Bekerom, T.W. Patt et al. // *Journal of Knee Surgery*. — 2006. — Vol. 20, № 4. — P. 271–276.
 34. Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee: incidence of anterior cruciate tears and other injuries [Text] / F.R. Noyes, R.W. Bassett, E.S. Grood, D.L. Butler // *J. Bone Joint Surg Am*. — 1980. — Vol. 62. — P. 687–695.
 35. O'Driscoll S.W. Durability of regenerated articular cartilage produced by free autogenous periosteal grafts in major full-thickness defects in joint surfaces under the influence of continuous passive motion: a follow-up report at one year [Text] / S.W. O'Driscoll, F.W. Keeley, R.B. Salter // *J Bone Joint Surg Am*. — 1988. — Vol. 70. — P. 595–606.
 36. Outerbridge H.K. The use of a lateral patellar autologous graft for the repair of a large osteochondral defect in the knee [Text] / H.K. Outerbridge, A.R. Outerbridge, R.E. Outerbridge // *J Bone Joint Surg Am*. — 1995. — Vol. 77. — P. 65–72.
 37. Chondrocyte transplantation: an experimental model in the rabbit [Text] / L. Peterson, D. Menche, D. Grande et al. // *Trans Orthop Res Soc*. — 1984. — Vol. 9. — P. 218.
 38. Pridie K.H. A method of resurfacing knee joints [Text] / K.H. Pridie // *J Bone Joint Surg Br*. — 1959. — Vol. 41. — P. 618–619.
 39. Microfracture technique for full-thickness chondral defects: technique and clinical results [Text] / J.R. Steadman, W.G. Rodkey, S.B. Singleton et al. // *Oper Tech Orthop*. — 1997. — Vol. 7. — P. 300–304.
 40. Phenotypic plasticity of human articular chondrocytes [Text] / T. Tallheden, J.E. Dennis, D.P. Lennon et al. // *J Bone Joint Surg Am*. — 2003. — Vol. 85. — P. 93–100.
 41. Volkov M. Allotransplantation of joints [Text] / M. Volkov // *J Bone Joint Surg Br*. — 1970. — Vol. 52. — P. 49–53.
 42. Winslow A.J. Cartilage Restoration, Part 1 [Text] / A.J. Winslow, B.J. Cole // *Am J Sports Med*. — 2005. — Vol. 33. — P. 295–306.
 43. Wright T.M. Current and Novel Approaches to Treating Chondral Lesions [Text] / T.M. Wright, S.A. Maher // *J Bone Joint Surg Am*. — 2009. — Vol. 91. — P. 120–125.