

- розаводского Государственного университета. — 2011. — N 8. — С. 50–54.
13. *Filipe A.* Analysis of the Figure-of-Eight method and volumetry reliability for ankle edema measurement // *Rev. Bras. Med. Esporte.* — 2004. — Vol. 10, N 6. — P. 468–471.
14. *Friends J., Augustine E., Danoff J.* A comparison of different assessment techniques for measuring foot and ankle volume in healthy adults // *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* — 2008. — Vol. 98, N 2. — P. 85–94.
15. *Henschke N., Boland R., Adams R.* Responsiveness of two methods for measuring foot and ankle volume // *Foot Ankle Int.* — 2006. — Vol. 27, N 10. — P. 826–832.
16. *Jeanneret C., Karatolios K.* Varicose veins: A critical review of the definition and the therapeutical options // *Vasa.* — 2011. — Vol. 40. — P. 344–358.

Сведения об авторе: Эрнест Анатольевич Щеглов — канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург хирургического отделения № 1.

Для контактов: 185035, Петрозаводск, ул. Кирова, дом 40. Тел.: (8921) 469-0-479. E-mail: esheglov@onego.ru ernestsheglov@gmail.com

© Коллектив авторов, 2012

АРТРОМЕДУЛЛЯРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ ПРИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КРЕСТООБРАЗНЫХ СВЯЗОК КОЛЕННОГО СУСТАВА

*Н.С. Гаврюшенко, М.А. Малыгина, В.Г. Булгаков, О.М. Сахарова,
О.А. Забавская, А.М. Невзоров*

ФГБУ «Центральный институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздравсоцразвития России, ГУЗ НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва

Предложен артротомедулярный лигаментарный имплантат, обеспечивающий проведение в полость сустава внутрикостного содержимого, обладающего выраженной смазывающей и антиоксидантной активностью. Использование данного имплантата в ходе операций по поводу разрывов связок коленного сустава (18 больных в возрасте от 18 до 52 лет), наряду с механической фиксацией, позволило существенно снизить трение между суставными поверхностями, способствовало более быстрому полноценному восстановлению функции сустава, предупредило развитие посттравматического остеоартроза.

Ключевые слова: крестообразные связки, коленный сустав, имплантаты, эндопротезы связок, артротомедулярное шунтирование, костный жир, антиоксиданты.

Arthromedullar Bypass at Knee Crucial Ligaments Endoprosthesis

*N.S. Gavryushenko, M.A. Malygina, V.G. Bulgakov, O.M. Sakharova,
O.A. Zabavskaya, A.M. Nevzorov*

Arthromedullar ligamentous implant that provides the insertion of intraosseous content with pronounced lubrication and antioxidant activity into joint cavity has been proposed. Use of that implant during surgery for knee ligaments rupture (18 patients aged 18 – 52 years) side by side with mechanical fixation enabled to decrease considerably friction between the articular surfaces, contributed to a more rapid full value restoration of joint function and prevented the posttraumatic osteoarthritis development.

Key words: crucial ligaments, knee joint, implants, arthromedullar bypass, bone fat, antioxidants

Повреждения передней и задней крестообразных связок (ПКС и ЗКС) коленного сустава являются частой травматической патологией, особенно при интенсивном занятии рядом спортивных дисциплин или при осуществлении определенных видов профессиональной деятельности [4, 21]. Появляющаяся нестабильность сустава с нарушением конфигурации контакта сопрягающихся участков суставного хряща устраняется в ходе реконструктивных операций на поврежденных структурах. Несмотря на эффективность оперативного лечения, нередким отдаленным следствием травми-

ческих повреждений связочного аппарата суставов человека является развитие дегенеративно-дистрофических изменений суставного хряща [18]. Появление этих изменений свидетельствует о нарушении других важных функций связочного аппарата, значимость которых в достаточной степени не принимается во внимание и не устраняется стабилизирующими операциями. Так, в составе внутрисуставных связок обнаружены мультипотентные стволовые клетки [17], вероятно, участвующие в постоянной физиологической репарации суставного хряща, которая может быть нарушена

при повреждениях связок. Установлено ухудшение смазывания хрящей из-за снижения содержания при травмах связок эффективного суставного лубриканта — гликопротеина лубрицина [16]. Возможна также потеря способности травмированного связочного аппарата проводить в полость суставов антиоксидантсодержащую жидкую фракцию костного мозга [2]. Данное обстоятельство может иметь особое значение при повреждениях суставов на фоне усиления свободнорадикальных реакций в хряще, что приводит к гибели хондроцитов [26], тогда как активность защитных антиоксидантных ферментов в хряще и суставной жидкости в этих условиях снижается [22].

Ранее установлено, что компонент костного мозга — костный жир состоит из обладающих смазочным свойством триглицеридов и фосфолипидов, а также содержит значительное количество жирорастворимых антиоксидантов [2]. Именно эти свойства жира, входящего в состав внутрикостного содержимого, могут быть полезны для коррекции трибологических и негативных свободнорадикальных процессов при стабилизирующих операциях на поврежденных связках суставов. Хирургические вмешательства часто выполняются с использованием канюлированных интерферентных винтов, фиксирующих имплантаты связок в подготовленных костных каналах [3,5]. Сквозной осевой канал в винтах можно использовать также для поступления в полость травмированного сустава внутрикостного содержимого, обладающего смазочной и антиоксидантной активностью.

Целью данной работы было оценить результаты применения для фиксации эндопротезов связок коленного сустава предлагаемых артротомедулярных лигаментарных имплантатов, шунтирующих также внутрикостное пространство и суставную полость; определить способность эндопротезов связок к адсорбции антиоксидантов из содержимого внутрикостного пространства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 18 пациентов с разрывом связок коленного сустава. Пациенты (16 мужчин, 2 женщины) были в возрасте от 18 до 52 лет (в среднем 35 ± 2 года). Большинство (15 человек) больных подверглись первичному эндопротезированию связок, двоим выполнено повторное эндопротезирование ПКС (ранее оперированы в других учреждениях), одному — аутопластика ПКС. По поводу разрыва ПКС оперированы 11 пациентов, разрывов ПКС и ЗКС — 6 человек, разрывов обеих крестообразных связок и наружной боковой связки — 1 пациент.

После клинико-инструментального обследования (осмотр, рентгенография, МРТ и КТ) выполняли эндопротезирование крестообразных связок.

Использовали полиэстерные эндопротезы ПКС и ЗКС, изготовленные ООО «ДОНА-М» [6], фирмами «Lars» и «Остеомед» (Россия).

Эндопротезы связок фиксировали в костном канале с использованием имплантата артротомедулярного лигаментарного (разработчик ООО «ЦИТОпроект», ТУ 9398-001-95504921-2009. Рег. удостовер. № ФСР 2010/08726 от 30.08.10). Его конструкция аналогична устройству других интерферентных винтов, но отличается увеличенным диаметром внутреннего канала, облегчающим движение по нему жидкой фазы костного мозга (рис. 1). Диаметр имплантатов составлял 9 мм, длина — 20, 25 и 30 мм, диаметр канала в них — 3,1 мм. Технология установки артротомедулярных имплантатов для фиксации эндопротезов связок коленного сустава аналогична таковой для стандартных интерферентных винтов. Имплантат вкручивали через полость сустава по спице в направлении изнутри наружу в мыщелках бедра.

При артроскопических операциях винт вкручивали по спице через стандартный медиальный портал для фиксации эндопротеза ПКС, а для эндопротезов ЗКС винты закручивали в медиальном мыщелке бедра через латеральный портал. При артротомическом доступе винты вкручивали аналогично по направляющей спице. Конец лигаментарного винта, обращенного в сустав, располагали вровень или несколько ниже уровня хряща, что исключает повреждение хряща на сопрягающейся части сустава и перетирание эндопротеза связки при ротационных движениях. Проксимальный конец винта не доходит до наружного кортикального слоя мыщелка бедра.

Срок госпитализации пациентов составлял в среднем 14 дней. На следующий день после операции больному разрешалась полная осевая нагрузка на ногу, ходьба с опорой на костыли, на 3-и-5-е сутки — ходьба без опоры на костыли. Через 3-5 дней после операции выполнялась контрольная рентгенография. Больного выписывали после снятия швов, в среднем через 10 дней. Функциональное состояние оперированного сустава оценивали по результатам клинического осмотра, данных функциональных исследований (стабилометрия, изокинетическая динамометрия) и видеоанализа двигательной активности.

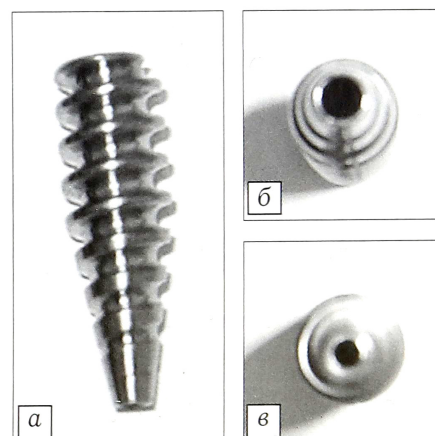


Рис. 1. Внешний вид (а) и выходные отверстия имплантата артротомедулярного лигаментарного (б) и стандартного интерферентного винта (в).

Оценку функционального состояния в послеоперационном периоде проводили через 1, 2, 4 и 6 мес, а контрольную рентгенографию сустава — через 3–6 мес. Интенсивные двигательные нагрузки (бег, прыжки) разрешали через 4 мес. Медикаментозная поддержка пациентов заключалась в назначении хондропротекторов (препараты артра, кондранова, терафлекс, артродарин, артрофоон, алфлутоп и др.) в течение 3–6 мес после операции. Для оценки состояния суставного хряща и расположения эндопротеза связки в полости сустава использовали МРТ, которую выполняли в отдаленные сроки — через 9–12 мес.

Содержание антиоксидантов определяли на новых, не использованных эндопротезах связок и на извлеченных эндопротезах связок при повторных операциях. Иссекали их различные участки, взвешивали, измельчали ножницами и помещали в реакционную среду. Определяли содержание антиоксидантов, адсорбированных тканью эндопротезов связок, с помощью модельной реакции окисления кумола как указано в [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ранее отмечалось, что связочный аппарат, возможно, участвует в проведении в полость суставов внутрикостного содержимого [2]. Исходя из этого, мы попытались определить, обладают ли такой способностью эндопротезы связки из полиэстера, используя в качестве маркера адсорбции и прове-

дения внутрикостного содержимого антиоксиданты костного жира.

Установлено, что ткань новых эндопротезов связок не содержала веществ с антиоксидантными свойствами. При исследовании эксплантированных эндопротезов связок результат зависел от анализируемого участка. В участках эксплантатов, находящихся в полости коленного сустава, антиоксидантов не выявлено, тогда как при анализе внутрикостного участка эндопротеза связки фиксировали наличие в нем антиоксидантов, уровень которых по результатам опытов составил $5 \cdot 10^{-4}$ ммоль на 1 кг эндопротеза связки. Таким образом, части эндопротезов связок, фиксированные в костном канале, способны адсорбировать содержащий антиоксиданты костный жир, однако его поступление по ткани эндопротезов связок в полость сустава нами не обнаружено.

Для обеспечения доступа костномозгового содержимого в полость сустава при эндопротезировании крестообразных связок в данной работе был использован разработанный артродулярный лигаментарный имплантат.

Ни у одного из прооперированных пациентов не наблюдалось развития посттравматических синовитов, гемартрозов. Отмечено, что функциональные результаты применения при эндопротезировании крестообразных связок лигаментарных винтов с установкой в мышечки бедра «изнутри кнаружи» в равной степени благоприятны и при уста-

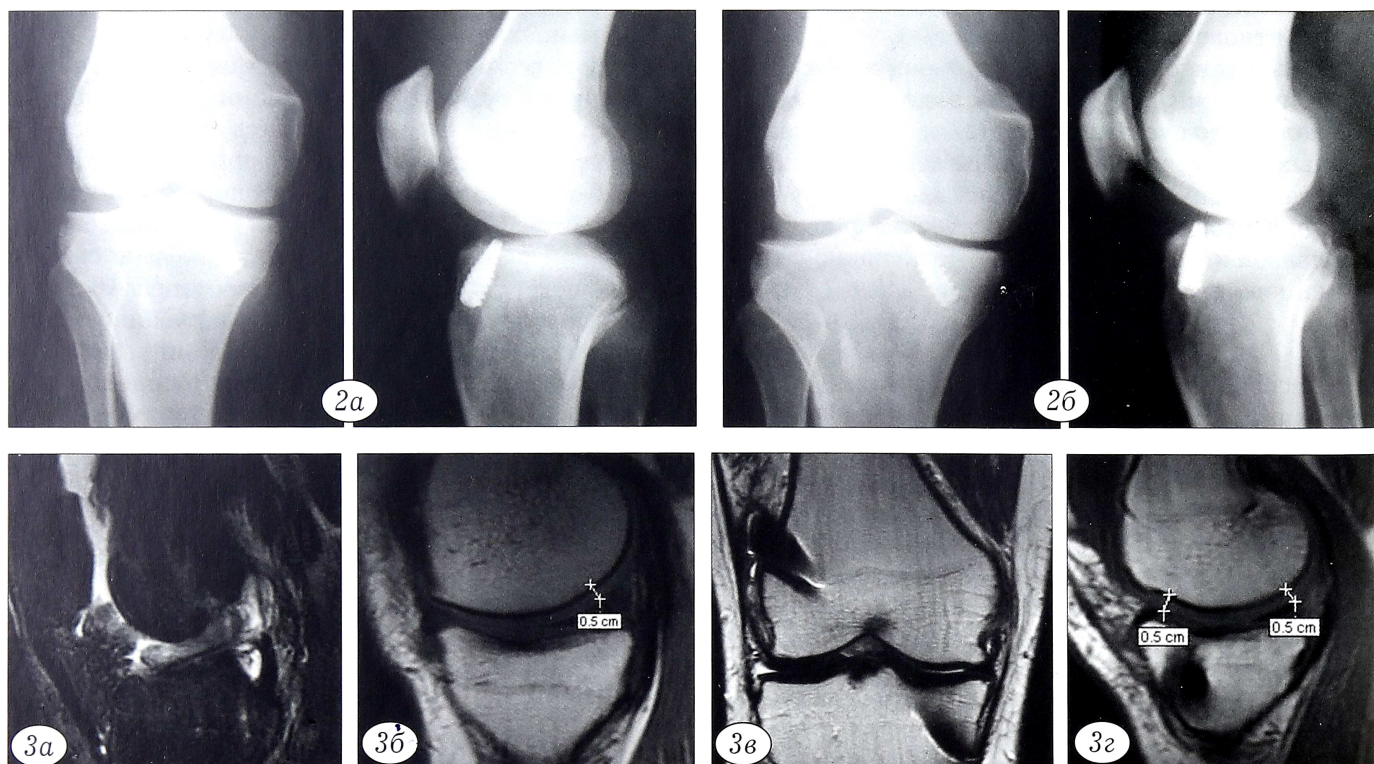


Рис. 2. Рентгенограммы больного А. 44 лет после эндопротезирования ПКС (а) и спустя 1,5 года после операции (б).

Рис. 3. МР-томограммы коленного сустава того же больного до (а, б) и после (в, г) эндопротезирования ПКС.

а — сагитальная проекция Т2-ВИ STIR: повышение сигнала от ПКС, дистальное отклонение ее траектории, неоднородность ее структуры; б — сагитальная проекция Т1-ВИ с измерением толщины хряща; в — корональная проекция Т1-ВИ с визуализацией костных каналов после протезирования; г — сагитальная проекция Т1-ВИ с измерением толщины хряща.

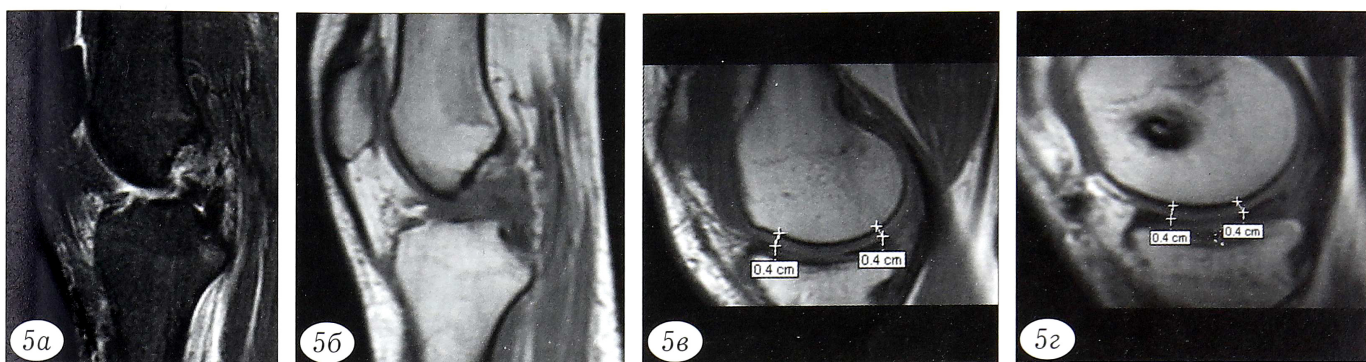
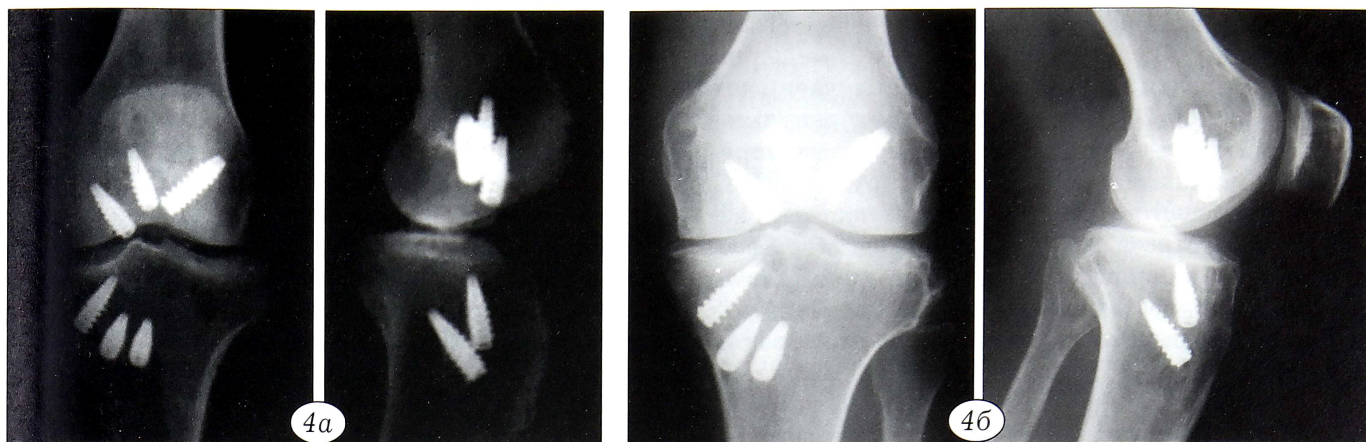


Рис. 4. Рентгенограммы больного С. 43 лет после эндопротезирования ПКС и ЗКС (а) и спустя 2 года 8 мес после операции (б).

Рис. 5. МР-томограммы коленного сустава того же больного до (а — в) и после (г — е) эндопротезирования ПКС и ЗКС.

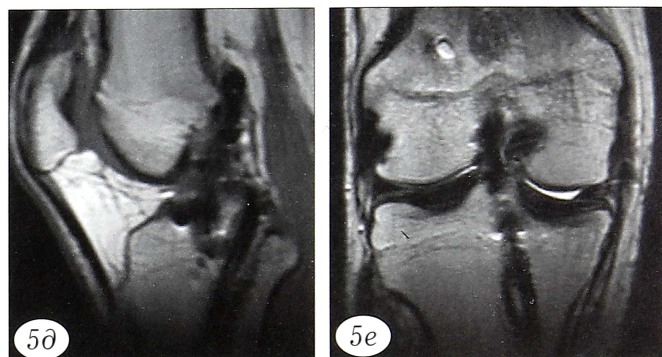
а — сагиттальная проекция Т2-ВИ STIR с зоной повышенного сигнала в проекции ПКС и ЗКС; б — сагиттальная проекция Т1-ВИ с зоной неоднородного сигнала без четкой визуализации связок; в, г — сагиттальные проекции Т1-ВИ с измерением толщины хряща; д — сагиттальная проекция Т1-ВИ после протезирования двух связок; е — корональная проекция Т1-ВИ с визуализацией костных каналов.

новке имплантатов «снаружи внутрь». Через 6 мес после операции жалобы пациенты не предъявляли. По данным МРТ также отсутствовали изменения суставного хряща и расположения эндопротезов связок в полости суставов. Спустя 1 год и более рентгенологических признаков наличия артроза не выявлено.

Приводим клинические наблюдения.

Больной А., 44 года. Диагноз: разрыв ПКС, переднемедиальная нестабильность правого коленного сустава. Больному выполнено артроскопическое эндопротезирование ПКС. Фиксация винтом эндопротеза ПКС в канале наружного мыщелка бедра выполнена «изнутри кнаружи», фиксация винтом в канале внутреннего мыщелка большеберцовой кости — стандартно (рис. 2, а).

Пациент выписан через 10 дней после операции, к работе приступил спустя месяц после операции. Через 1,5 года после операции жалоб не предъявляет. На рентгенограммах положение винтов в каналах прежнее (рис. 2, б). Признаков артроза не выявлено. На МРТ-снимках коленного сустава пациента, выполненных до операции и спустя 1,5 года после нее, изменений суставного хряща не отмечалось (рис. 3).



Больной С., 43 года. Диагноз: разрыв обеих крестообразных связок, переднезадняя нестабильность левого коленного сустава. Больному проведены артротомия и эндопротезирование обеих крестообразных связок. Фиксация винтом эндопротеза ПКС в канале наружного мыщелка бедра выполнена «изнутри кнаружи», фиксация винтами в каналах внутреннего мыщелка бедра двух эндопротезов ЗКС произведена так же «изнутри кнаружи». В мыщелках большеберцовой кости эндопротезы связок фиксированы стандартно (рис. 4, а).

Пациент выписан через 10 дней после операции, к работе приступил спустя 2 мес после операции. Жалоб на нестабильность коленного сустава не предъявлял. Рентгенологически положение винтов в постимплантационном периоде не изменилось, признаков посттравматического артроза не выявлено (рис. 4, б).

На МРТ-снимках коленного сустава пациента, выполненных до операции и спустя 2 года и 8 мес после операции, изменений суставного хряща не обнаружено (рис. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом травматических повреждений ПКС часто является остеоартроз. По данным [18], при разрывах ПКС и ее последующей реконструк-

ции остеоартроз коленного сустава через 11 лет развивался у 67% пациентов, причем в медиальном отделе почти в 2 раза чаще (43% случаев), чем в латеральном (24%). Это согласуется с результатами 10-летнего наблюдения за пациентами, перенесшими вмешательства по реконструкции ПКС. Отмечалось достоверное возрастание частоты развития остеоартроза в оперированном суставе и восстановление активности до имевшегося до травмы уровня лишь у 54% пациентов [10].

Причины развития дегенеративно-дистрофических процессов в суставном хряще при повреждениях внутрисуставных связок точно не установлены, однако вовлеченность связок в патологические изменения хрящевой ткани даже в отсутствие травм суставов несомненна. Так, например, у 90% пациентов с остеоартрозом в медиальном отделе не травмированного коленного сустава при МРТ определялся отек медиальной поперечной связки [7]. При гистологическом исследовании ЗКС, иссеченных при тотальной замене пораженного остеоартрозом коленного сустава, в 63% случаев отмечались дегенеративные изменения связок [19]. При травмах связок дегенеративно-дистрофические изменения суставных тканей развиваются на 10–15 лет раньше, чем у пациентов с первичным остеоартрозом [24].

Развитие остеоартроза может быть связано с нарушением смазывания хрящей и возникновением окислительного стресса в суставных тканях. При остеоартрозе отмечено значительное снижение содержания фосфолипидов на поверхности хряща, участвующих в его смазывании, особенно в пораженных участках [16]. В опытах *in vitro* внесение фосфотидилхолина, особенно вместе с гиалуроновой кислотой, существенно снижало коэффициент трения образцов хряща, измененных вследствие остеоартроза [12]. Причиной развития окислительного стресса при реконструктивных операциях на ПКС может быть изменение тibiальной ротации, приводящей к нагрузке ранее не нагружаемых участков хряща [9, 27]. Было показано, что повторяющееся механическое воздействие на ненадлежащие участки способно вызвать усиление свободнорадикальных процессов в хрящевой ткани [26]. Антиоксиданты (витамин Е и селен) оказывают защитный эффект при механической перегрузке суставов [20] и способны также ингибировать продукцию провоспалительных цитокинов [11].

Эти данные указывают на то, что при восстановлении связок коленного сустава, наряду с устранением его нестабильности, необходимо также обеспечить условия для адекватного смазывания суставного хряща, предупредить возникновение окислительного стресса и образование провоспалительных цитокинов в суставных тканях. Достичь этого можно путем использования липид- и антиоксидантсодержащей жидкой фракции костного мозга. Следует отметить, что в настоящее время имеются сообщения об успешном применении внут-

рикостного содержимого для улучшения результатов лечения повреждений суставных связок. Так, именно с этой целью рекомендована туннелизация хондрального дефекта в ходе реконструкции латеральной связки нестабильного голеностопного сустава, осложненного остеоартрозом [25]. В опытах на собаках значительного улучшения репаративной способности поврежденной на 75% ПКС собаки удалось достичь путем субхондральных остеоперфораций места прикрепления связки к бедренной кости [23]. При лечении спортсменов с неполным разрывом ПКС, ткань которой отличается низким репаративным потенциалом, мобилизация внутрикостного содержимого в зоне прикрепления связки к бедренной кости также позволила значительно повысить функциональные оценки заживления поврежденной связки [13].

В отличие от представленных выше примеров разовой мобилизации внутрикостного содержимого, применение предложенного артротомического лигаментарного имплантата преследует цель достижения достаточно длительного поступления этой субстанции при эндопротезировании связок коленных суставов. Этому будут способствовать увеличенный диаметр внутреннего канала имплантата и разница в величинах давления в полости сустава и в сочленяющихся костях. Например, в коленном внутрикостное давление (15–24 мм рт. ст. в надколеннике, 20 мм рт. ст. в мышелке бедренной кости) значительно выше такового в полости сустава, равного 1,3–2,3 мм рт. ст. [14, 15]. В опыте показано, что превышение внутрикостного давления будет сохраняться и при наличии в суставе выпота, поскольку вызванное им увеличение внутрисуставного давления сопряжено и с ростом внутрикостного давления [8]. Выявлено также, что уровень внутрикостного давления при остеоартрозе существенно выше давления в сопрягающихся костях здорового сустава [28].

Использование разработанного нами имплантата направлено на коррекцию основных нарушений, имеющих место при повреждении и последующем эндопротезировании связок. Механическая фиксация эндопротезов связок данным имплантатом дополняется его шунтирующим действием. Поступающий в суставную полость в составе внутрикостного содержимого жир существенно снижает трение между контактирующими поверхностями, защищает уязвимый суставной хрящ от разрушения. Жирорастворимые антиоксиданты, входящие в состав данного лубриканта, способны ингибировать образование свободных радикалов и провоспалительных цитокинов. Такой комплексный эффект установленного имплантата способствует ускоренному и полноценному восстановлению функций сустава, позволяет использовать ресурсы организма пациента для предупреждения развития остеоартроза при эндопротезировании крестообразных связок коленного сустава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булгаков В.Г., Ильина В.К., Гаврюшенко Н.С., Омельяненко Н.П. и др. Антипролиферативное действие радикалообразующих и инертных частиц износа ортопедических материалов и его ингибирование костным жиром //Перспективные материалы. — 2004. — N 6. — С. 36–42.
2. Гаврюшенко Н.С., Булгаков В.Г. Выявление и оценка роли артродулярной связи в функционировании суставов человека (экспериментальное исследование) //Вест. травматол. ортопед. — 2001. — N 2. — С. 72–75.
3. Малыгина М.А. Эндопротезирование крестообразных связок коленного сустава / 75 лет отделению неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. — М., 2007. — С. 25–27.
4. Миронов С.П., Миронова З.С., Орлецкий А.К. Оперативное лечение повреждений крестообразных связок коленного сустава (ретроспективный анализ) //Вест. травматол. ортопед. — 2001. — N 2. — С. 51–55.
5. Миронов С.П., Орлецкий А.К., Тимченко Д.О. Современные методы фиксации аутогтрансплантатов при реконструкции передней крестообразной связки // Вест. травматол. ортопед. — 2006. — N 3. — С. 44–47.
6. Невзоров А.М., Сергеев С.В., Щетинин С.А. и др. Имплантаты и их эволюция. Эндопротезирование коленного сустава и сухожильно-связочного аппарата // Остеосинтез. — 2009. — N 8. — С. 31–40.
7. Bergin D., Keogh C., O'Connell M. et al. Atraumatic medial collateral ligament oedema in medial compartment knee osteoarthritis //Skeletal Radiol. — 2002. — Vol. 31, N 1. — P. 14 — 18.
8. Bønger C., Harving S., Hjerfjord J., Bønger E.H. Relationship between intraosseous pressures and intra-articular pressure in arthritis of the knee. An experimental study in immature dogs //Acta Orthop. Scand. — 1983. — Vol. 54, N 2. — P. 188–193.
9. Chouliaras V., Ristanis S., Moraiti C. et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with a quadrupled hamstrings tendon autograft does not restore tibial rotation to normative levels during landing from a jump and subsequent pivoting //J. Sports Med. Phys. Fitness. — 2009. — Vol. 49, N 1. — P. 64–70.
10. Cor P. van der Hart, Michel P.J. van den Bekerom, Thomas W. Patt. The occurrence of osteoarthritis at a minimum of ten years after reconstruction of the anterior cruciate ligament. //J. Orthop. Surg. — 2008. — Vol. 3. — P. 24.
11. Devaraj S., Li D., Jialal I. Alpha-tocopherol decreases interleukin-1 beta release from activated human monocytes by inhibition of 5-lipoxygenase //Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. — 1999. — Vol. 19, N 4. — P. 1125–1133.
12. Forsey R.W., Fisher J., Thompson J. et al. The effect of hyaluronic acid and phospholipid based lubricants on friction within a human cartilage damage model // Biomaterials. — 2006. — Vol. 27, N 26. — P. 4581–4590.
13. Gobbi A., Bathan L., Boldrini L. Primary repair combined with bone marrow stimulation in acute anterior cruciate ligament lesions: results in a group of athletes //Am. J. Sports. Med. — 2009. — Vol. 37, N 3. — P. 571–578.
14. Hejgaard N. Intra-articular pressures and intraosseous pressure in the human knee and its implication for patello-femoral pain syndromes. An experimental study using simulated joint effusion //Acta Orthop. Belg. — 1984. — Vol. 50, N 6. — P. 791–801.
15. Hejgaard N., Arnoldi C.C. Osteotomy of the patella in the patellofemoral pain syndrome. The significance of increased intraosseous pressure during sustained knee flexion //Int. Orthop. — 1984. — Vol. 8, N 3. — P. 189–194.
16. Hills B.A., Monds M.K. Deficiency of lubricating surfactant lining the articular surfaces of replaced hips and knees //Br. J. Rheumatol. — 1998. — Vol. 37, N 2. — P. 143–147.
17. Huang T.F., Chen Y.T., Yang T.H. et al. Isolation and characterization of mesenchymal stromal cells from human anterior cruciate ligament //Cytotherapy. — 2008. — Vol. 10, N 8. — P. 806–814.
18. Jong Keun Seon, Eun Kyoo Song, Sang Jin Park. Osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction using a patellar tendon autograft //Int. Orthop. (SICOT). — 2006. — Vol. 30, N 2. — P. 94–98.
19. Kleinbart F.A., Bryk E., Evangelista J. et al. Histologic comparison of posterior cruciate ligaments from arthritic and age-matched knee specimens //J. Arthroplasty. — 1996. — Vol. 11, N 6. — P. 726–731.
20. Kurz B., Jost B., Schünke M. Dietary vitamins and selenium diminish the development of mechanically induced osteoarthritis and increase the expression of anti-oxidative enzymes in the knee joint of STR/1N mice // Osteoarthritis Cartilage. — 2002. — Vol. 10, N 2. — P. 119–126.
21. Lohmander L.S., Stenberg A. O.È., Englund M., Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury //Arthritis Rheum. — 2004. — Vol. 50, N 10. — P. 3145–3152.
22. Regan E.A., Bowler R.P., Crapo J.D. Joint fluid antioxidants are decreased in osteoarthritic joints compared to joints with macroscopically intact cartilage and subacute injury //Osteoarthritis Cartilage. — 2008. — Vol. 6, N 4. — P. 515–521.
23. Rodkey W.G., Arnoczky S.P., Steadman J.R. Healing of a surgically created partial detachment of the posterior cruciate ligament using marrow stimulation: an experimental study in dogs //J. Knee Surg. — 2006. — Vol. 19, N 1. — P. 14–18.
24. Roos H., Adalberth T., Dahlberg L., Lohmander L.S. Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament or meniscus: the influence of time and age //Osteoarthritis Cartilage. — 1995. — Vol. 3, N 4. — P. 261–267.
25. Takao M., Komatsu F., Naito K. et al. Reconstruction of lateral ligament with arthroscopic drilling for treatment of early-stage osteoarthritis in unstable ankles // Arthroscopy. — 2006. — Vol. 22, N 10. — P. 1119–1125.
26. Tomiyama T., Fukuda K., Yamazaki K. et al. Cyclic compression loaded on cartilage explants enhances the production of reactive oxygen species //J. Rheumatol. — 2007. — Vol. 34, N 3. — P. 556–562.
27. Webster K.E., Feller J.A. Alterations in joint kinematics during walking following hamstring and patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction surgery //Clin. Biomech. — 2011. — Vol. 26, N 2. — P. 175–180.
28. Zidorn T. Intramedullary patella pressure measurement dependent on the functional position of the knee joint //Z. Orthop. Ihre. Grenzgeb. — 1991. — Vol. 129, N 6. — P. 488–491.

Сведения об авторах: Гаврюшенко Н.С. — профессор, доктор техн. наук, руководитель испытательной лаборатории ЦИТО; Малыгина М.А. — доктор мед. наук, вед. науч. сотр. НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского; Булгаков В.Г. — канд. биол. наук, старший науч. сотр. ОЭТО ЦИТО; Сахарова О.М. — врач-травматолог НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского; Забавская О.А. — канд. мед. наук, зав. отделением компьютерной и магниторезонансной томографии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского; Невзоров А. М. генеральный директор ООО «Дона-М».

Для контактов: Малыгина Марина Александровна. 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., дом 3, НИИ скорой помощи. Тел.: 620-11-09. E-mail: lapundra@bk.ru