

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель Министра

_____Ходжаев В.А.
29 декабря 2010 г.
Регистрационный № 110-1010

**ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ СОСТОЯНИЯ НЕРВНО-
МЫШЕЧНЫХ И КОСТНО-ХРЯЩЕВЫХ СТРУКТУР ПРИ
ИМПЛАНТАЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК:

ГУ «Республиканский научно-практический центр
травматологии и ортопедии»

АВТОРЫ: д-р мед. наук, проф. Пашкевич Л.А., д-р биол. наук, проф.
Шалатонина О.И., Кандыбо И.В., канд. мед. наук. Мохаммади М.Т.

Минск 2010

ПЕРЕЧЕНЬ НЕОБХОДИМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РЕАКТИВОВ, ПРЕПАРАТОВ, ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

1. Многофункциональный компьютерный комплекс для электронейромиографии с комплектом электродов.
2. Компьютерная реографическая установка 4-канальная с возможностью расчета объемной скорости кровотока по Nyboer.
3. Ультразвуковой сканер с возможностью цветного доплеровского картирования, линейный датчик 5–12 МГц.
4. Оборудование для проверки и заключения срезов в парафиновые блоки.
5. Микротом, аппарат для окраски тканей.
6. Набор реактивов для гистологических, гистохимических и иммуногистохимических препаратов.

ПОКАЗАНИЯ К ОБСЛЕДОВАНИЮ

Наличие деформирующего артроза коленного сустава в сочетании с выраженным болевым синдромом в покое и при нагрузке, нарушение походки, нестабильность коленных суставов, неэффективность консервативного лечения.

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ОБСЛЕДОВАНИЮ

Трофические нарушения кожных покровов голени и бедра.

1. Отсутствие продуктивного контакта с пациентом.

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПОСОБА

Состояние проблемы. Данная инструкция посвящена вопросу функциональной диагностики внутри- и околоуставных образований коленного сустава при тяжелых формах деформирующего артроза (ДОА). Придавая должное значение рентгенологической оценке степени деструкции эпифизов костей сустава, мы реализовали новый многоплановый подход к определению нарушения функции периферического кровообращения и мышц, сопоставлению их с деструктивно-дистрофическими изменениями тиббиофemorального и пателлофemorального суставов. Анализ рентгенологических, функциональных, морфологических данных в определенной мере обеспечивает развернутую диагностику заболевания, прогнозирование стабильности имплантата и эффективность восстановления двигательной функции. Инструкция является практическим итогом выполнения НИР по заданию госрегистрации 20082327, предназначена для специалистов травматологического профиля, может применяться в лекционных циклах студентов медицинских университетов.

Современным наиболее эффективным методом купирования болей при тяжелых формах заболевания (III–IV степень), восстановления движений в коленном суставе является замена его искусственным имплантатом. Актуальность данной проблемы определяется возрастающей частотой заболеваний суставов не только у лиц пожилого и зрелого, но и молодого

возраста, а возможность восстановить опороспособность конечности, избавить пациента от мучительных болей, довольно быстро вернуть его к активному образу жизни приобретает не только медицинскую, социальную, но и экономическую значимость. Эндопротезирование коленного сустава впервые в Белоруссии выполнено в 1996 г., в настоящее время количество операций составляет более 2000, разработаны основные принципы метода, применяются новые модели имплантатов с различными способами фиксации. Однако, как и при других хирургических вмешательствах, имеют место осложнения, требуют объективизации средства и сроки послеоперационного восстановления двигательной функции.

Предлагаемая технология состоит из 5 этапов: суммарная электромиография (ЭМГ), стимуляционная ЭМГ, реовазография (РВГ), ультразвуковое исследование (УЗДГ), патоморфологическое послеоперационное изучение.

Метод суммарной ЭМГ используется для определения состояния мышц, обеспечивающих сгибательные и разгибательные движения в коленном суставе. На передней поверхности бедра обследуются 3 поверхностные головки четырехглавой мышцы: латеральная широкая, медиальная широкая и прямая (функция разгибания в коленном суставе), на задней поверхности — двухглавая и полуперепончатая (функция сгибания). С целью оценки неврологического дефицита регистрируется биоэлектрическая активность (БА) мышц голени (большеберцовой, разгибателя большого пальца стопы, икроножной). Применяется биполярное отведение БА указанных мышц с помощью поверхностных электродов, которые накладываются на мышцы обеих конечностей, как при двустороннем, так и одностороннем поражении суставов. Для анализа суммарной ЭМГ используются следующие характеристики: структура, амплитуда и частота БА. Пациенты находятся на электрически изолированной кушетке в положении «лежа на спине» в максимально расслабленном состоянии. Тестирующей нагрузкой для широких мышц является произвольное максимальное разгибание в коленном суставе, а для прямой мышцы бедра — поднятие прямой ноги до 30° по отношению к исходному состоянию. Перед записью ЭМГ проводится обучение пациента правильному выполнению теста с визуальным контролем по монитору электромиографа (принцип «биологической обратной связи»). Исследования проводятся до операции и после эндопротезирования через 14 дней, 3, 5–7, 10–12 мес. При сравнении параметров ЭМГ мышц интактной, больной конечности с контрольными данными разница определяется в процентах.

1. Метод стимуляционной ЭМГ осуществляется путем регистрации и оценки вызванных ответов мышцы (М-ответ) и нерва (Н-рефлекс) при электрической стимуляции большеберцового нерва. Поверхностные пластинчатые электроды накладываются на двигательную точку камбаловидной мышцы (активный) и на область ее сухожилия (референтный). Между ними устанавливается заземляющий электрод в виде круговой ленты. Стимулирующий электрод накладывается по ходу

большеберцового нерва в подколенной ямке. Стимуляция проводится прямоугольными импульсами длительностью 0,2–1,0 мс с частотой 1–3 Гц, сила тока равномерно (например, через 1–2 мА) нарастает от стимула к стимулу до исчезновения Н-рефлекса и достижения максимального по амплитуде М-ответа. Положение пациента — «лежа на животе» со свободно провисающими стопами, максимально расслабленное. Основные значимые параметры: латентность М-ответа (в норме 3–5 мс) и Н-рефлекса (25–35 мс), амплитуды этих потенциалов, соотношение максимальных амплитуд в процентах Н-рефлекса и М-ответа (оценка рефлекторной возбудимости, в норме 50–75%). Снижение амплитуды М-ответа (менее 5–3 мВ) подтверждает дефицит мышечной функции, выявленный методом суммарной ЭМГ. Низкое значение Н-рефлекса (менее 1 мВ) и отношения H_{\max}/M_{\max} (менее 40%) является свидетельством снижения возбудимости спинальных центров.

2. Триплексное сканирование сосудов — метод ультразвукового исследования кровотока в сосудах, демонстрирующий в реальном времени в графическом, звуковом и количественном виде показатели кровотока в сосудах в 3-х режимах: В-режим (изображение сосудов), доплеровский режим (доплерограмма), ЦДК и ЭДК режим (цветное доплеровское картирование, энергетическое доплеровское картирование). Производят качественную и количественную оценку *a.a.* и *v.v. femorales, femoris superficiales, profunda femoris, poplitea, tibiales posteriores*. Качественный анализ включает оценку просвета сосуда, геометрию сосуда, состояние сосудистой стенки, просвета сосуда, периваскулярных тканей; оценку артериальной пульсограммы: формы доплеровского спектра, наличие спектрального окна, спектрального расширения; оценку венозной пульсограммы: синхронность с дыханием, непрерывность, изменения на функциональные пробы. Количественная оценка: средняя скорость ($V_{\text{ср.}}$, см/с), кровяной поток (КП, л/мин), диаметр сосуда (см).

В процессе исследования пациент находится в положении «лежа на спине» и «лежа на животе», врач с помощью датчика производит исследование в контрольных точках, соответствующих проекции исследуемых сосудов. Для уменьшения болевого синдрома при укладке пациентов с ДОА коленных суставов используются силиконовые валики в подколенную область при положении «лежа на спине», и в область стоп, при положении «лежа на животе».

3. Метод реовазографии. По физическим законам электричества наилучшие условия для создания равномерного электрического поля возникают в проводниках цилиндрической формы, так как она больше всего препятствует растеканию электрического поля за пределы зоны интереса исследователя. При оценке цилиндрических участков, наиболее предпочтительным является использование ленточных электродов, которые охватывают исследуемую область равномерно по всему периметру. С физической точки зрения тетраполярный режим является более предпочтительным, чем биполярный, так как теоретически потенциальные

электроды размещаются в зоне равномерного электрического поля. Используется 4-канальный реограф с характеристиками: постоянная времени — 3 с, частота переменного (зондирующего тока) тока 30–100 кГц. Производят качественный и количественный анализ реографической волны. Качественный анализ включает в себя оценку максимальной амплитуды реоволны, расположение и степень выраженности инцизуры и диастолической волны, угол наклона и продолжительность анакроты (восходящей части волны), продолжительность катакроты (нисходящей части волны), вершины реоволны. Количественные характеристики: пульсовой прирост крови (ΔV , мл), объемная скорость кровотока (Q , мл/100 см³/мин), дикротический (ДКИ, %) и диастолический (ДСИ, %) индексы. Исследование проводят в положении «лежа на спине». Для уменьшения болевого синдрома при укладке пациентов с ДОО коленных суставов используются силиконовые валики в подколенную область. Билатерально регистрируют реограммы бедра, голени и стопы в покое. Определяют пульсовой прирост крови (ΔV , мл), объемную скорость кровотока (Q , мл/100 см³/мин), дикротический (ДКИ, %) и диастолический (ДСИ, %) индексы.

Реография и ультразвуковая доплерография — взаимно дополняющие друг друга неинвазивные методы исследования периферического кровотока. Ультразвуковая доплерография позволяет оценить целостность и характер кровотока магистральных сосудов. Реография дает интегральное представление о состоянии всей совокупности артериальных и венозных сосудов исследуемого участка и позволяет ответить на вопрос о достаточности или недостаточности кровенаполнения исследуемого участка. Оба метода можно успешно использовать в динамике лечения.

4. Патоморфологические и иммуногистологические методы. Материалом исследования служит оперативный материал, полученный при операциях по поводу тотального эндопротезирования коленного сустава. Операционные материалы доставляются маркированными: 1). внутренний мышцелок; 2). наружный мышцелок; 3). костные отпилы; 4). тиббиальное плато; 5). синовиальная оболочка. Патоморфологическое исследование материала осуществляется по общепринятой гистологической методике изучения мягкой и костной тканей. Костные препараты декальцинируются в растворе муравьиной кислоты. Препараты окрашиваются гематоксилином и эозином, и по Ван-Гизону. Гистохимическими методами исследуются нуклеиновые кислоты (ДНК по Фельгену, РНК-, гликоген по методу Беста, щелочная и кислая фосфатаза по Гомори). Степень выраженности общепатологических процессов (остеопороз, склероз, дистрофия, воспаление) оценивается в трех баллах: слабо-; умеренно-; сильно выраженная. Иммуногистохимическое исследование проводится на парафиновых срезах толщиной 4 мкм. Срезы инкубируют с первичными антителами S-100 (Dako, 1:400) и Ki-67 (Dako, 1:150). В качестве позитивного контроля используют менингиому с известной положительной экспрессией S-100 и Ki-67. Контроль отрицательного окрашивания проводится путем исключения первичного

антитела. Морфометрическое исследование выполняется с помощью программного обеспечения обработки и анализа цифрового изображения AxioVision 4.7/Carl Zeiss.

Интерпретация результатов

Исследование состояния нервно-мышечной системы. У пациентов 1-й возрастной группы (40–50 лет) структура ЭМГ мышц интактной конечности относится к I типу (как и в норме); в мышцах бедра больной конечности изменена по типу дегенеративных, асимметрия параметров БА мышц больной и интактной конечности относительно умеренная и составляет 22-55%. По данным стимуляционной ЭМГ амплитуды Н-рефлексов составляют 1,1–5,0 мВ, а М-ответов камбаловидной мышцы — 2,1-8,4 мВ, показатель рефлекторной возбудимости Н/М находится в границах контрольных значений. Эти данные в определенной мере являются резервом для восстановления моторной функции конечности в послеоперационном периоде.

Во 2-й группе пациенты 51 и более имеют более длительную историю заболевания коленных суставов, нередко сочетающуюся с дегенеративно-дистрофическими процессами и в позвоночнике. Амплитудно-частотные параметры больной конечности снижены; асимметрия амплитуды БА по сравнению с контрольными данными составляет для широких мышц бедра 70%, прямой мышцы — 60%, двухглавой, икроножной, передней большеберцовой мышцы — 25-30%. Амплитуды Н-рефлексов не превышают 4,4 мВ М-ответов камбаловидной мышцы — 6,0 мВ, отношение Н/М в среднем составляет $44 \pm 0,8\%$ (рефлекторная возбудимость снижена). Эндопротезирование при указанном статусе пациента рискованно из-за возникновения нестабильности имплантата и длительных сроков восстановительного лечения. В этой связи целесообразно провести дополнительную предоперационную подготовку по активизации мышц. Основное внимание при этом уделяется улучшению состояния стабилизаторов коленного сустава — прямой, латеральной и медиальной широких мышц бедра. При оценке эффективности экстензорных упражнений выявлено увеличение амплитуды БА *m.vastus lateralis* на 22%, частоты — на 60%, а *m.vastus medialis* — соответственно на 16 и 36% после выполнения 5 упражнений, оптимальным является нагрузка в 10–12 упражнений с паузой в 3–4 мин; 15 и более упражнений сопровождаются снижением параметров БА, субъективным ощущением утомления, слабостью тренировочного эффекта. Полученные навыки тренинга используются пациентами и в послеоперационном восстановительном периоде.

Оперативное лечение (ТЭКС) сопровождается по данным ЭМГ наиболее выраженными изменениями функционального состояния нервно-мышечной системы в периоды до 2 мес. и 5–7 мес. после ТЭКС. В этот период снижение БА произвольного напряжения мышц бедра и голени по сравнению с дооперационным уровнем составило 20–58%. Наибольший дефицит параметров ЭМГ определялся в мышцах бедра, осуществляющих разгибательную функцию, что в дальнейшем может стать причиной

частичной нестабильности протезированного сустава. Значительное снижение активности экстензоров коленного сустава создает несбалансированность их активности с флексорами (*m. biceps femoris*, *m. semitendinosus*). Имело место восстановление ЭМГ-параметров мышц оперированной конечности до исходного уровня *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis* и *m. rectus femoris* к 8-10 мес., *m. biceps femoris* к 3–4 мес. Увеличение параметров двигательной активности до нормативных значений отмечали к периоду 8–10 мес. (только *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis* и *m. biceps femoris*). Активность мышц бедра оперированной конечности, осуществляющих стабилизирующую и разгибательную функции (*m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris*) коленного сустава, не достигала нормативных значений к 12 мес. после ТЭКС, но превышала дооперационный уровень, что можно расценивать как улучшение разгибательной функции в коленном суставе.

Исследование периферического кровотока до и после ТЭКС. Контрольная группа: пациенты с ДОО I–II степени. У пациентов с ДОО III–IV степени до операции выявляются атеросклеротические проявления различной степени. Их выраженность находится в прямой зависимости от возрастной группы. Начальное органическое поражение артерий, выразившееся в уплотнении комплекса интима-медиа (КИМ) в сочетании с незначительным его утолщением, определяется у 23% пациентов 1-й группы (40-50 лет), у 31% — 2-й (51-60 лет), у 11% — 3-й группы (61 и более лет). Сочетание уплотнения, утолщения КИМ и атеросклеротических бляшек (АБ) со стенозированием просвета от 24 до 40%, обнаружено у 23% пациентов 1-й группы, у 48% — 2-й группы и у 88% — 3-й группы. У 53% обследованных в 1-й группе и у 4% — во 2-й отсутствовали атеросклеротические проявления. Количественные показатели магистрального (данные УЗДГ) и объемного (данные РВГ) кровотока не имеют достоверных различий в 3-х клинических группах. До операции определяли выраженный функциональный спазм крупных, средних и мелких артерий в области бедер (снижение показателей объемного кровотока 50-63%), умеренный — в области коленных суставов, голени и стоп (снижение показателей объемного кровотока 36–49%), незначительный функциональный спазм *a.femoralis*, компенсаторное расширение *a.tibialis posterior*, усиление венозного оттока по магистральным венам на стороне предполагаемого протезирования (рис.1).

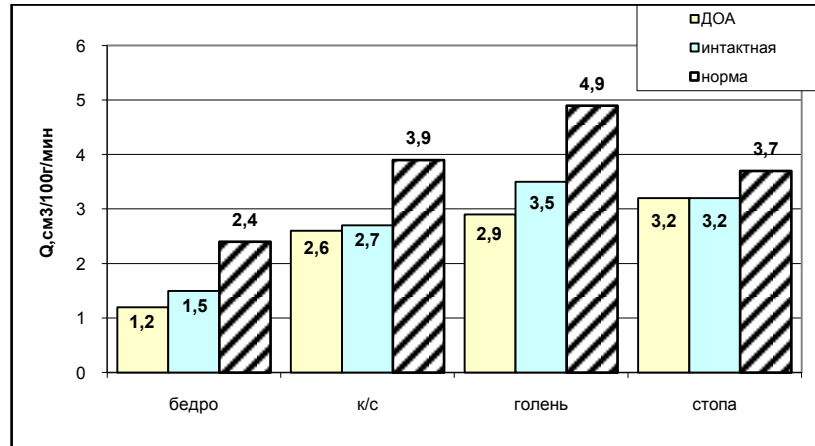


Рис. 1. Изменение объемной скорости кровотока (Q) сегментов нижних конечностей у пациентов ДОА III-IV степени по сравнению с контрольной группой.

Проведенные функциональные исследования в послеоперационном периоде выявили, что наиболее отчетливо выраженный спазм магистральных артерий оперированной конечности отмечается в течение 2 мес. после ТЭКС, а спазм средних и мелких артерий — в период 5–7 мес., в т. ч. и на интактной конечности. Восстановление количественных показателей магистрального кровотока до исходного дооперационного уровня происходит не ранее, чем через 12 мес. после операции, а объемного — в области бедра, коленного сустава и голени к 8–10 мес., в области же стопы лишь к 12 мес. Нижней границы контрольных значений объемный кровоток достигает через 8-10 мес. в области коленных суставов и к 12 мес. в области голени и стоп. Наибольший прирост уровня кровенаполнения (40–60%) сегментов оперированной конечности происходит в период 7–10 мес. после ТЭКС. Состояние периферического кровотока свидетельствует, что сроки 5–7 мес. после ТЭКС являются неблагоприятными для выполнения аналогичной операции на контралатеральной конечности (рис.2).

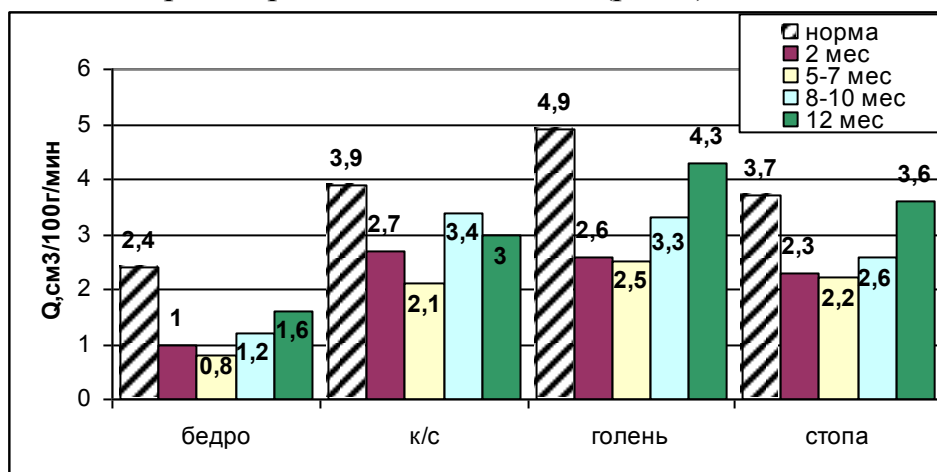


Рис. 2. Изменение объемной скорости кровотока (Q) сегментов нижних конечностей у пациентов ДОА III-IV степени по сравнению с контрольной группой после операции.

Увеличение объемного кровенаполнения оперированной конечности до исходного уровня обеспечивается за счет увеличения диаметра магистральных артерий: *a.femoris superficialis*, диаметр которой к 6–8 мес. на обеих нижних конечностях превышает значение верхней границы нормы на 3%; *a.poplitea*, диаметр которой к 12 мес. превышает дооперационный уровень на 21%; *a.tibialis posterior*, диаметр которой превышает показатели верхней границы нормы на 7%. Это также создает благоприятные условия для улучшения мышечной активности. Медленнее всего объемный кровоток восстанавливается в области стопы оперированной конечности, что свидетельствует о целесообразности включения в реабилитационные программы упражнений, направленных на улучшение биомеханики голеностопного сустава и обучения правильному стереотипу ходьбы. Замедление венозного оттока по *v. femoralis* в период до 2 мес., по *v. poplitea* и *vv. tibiales posteriores* в период до 2 мес. и 8–12 мес. после операции является фактором риска развития тромбоза глубоких вен оперированной конечности и служит обоснованием для осуществления контроля гемостаза и применения медикаментозных и физических способов, улучшающих реологию крови и ускоряющих кровотоки в венах нижних конечностей для предупреждения тромбообразования и развития тромбоемболий.

Морфологические и гистохимические исследования. В исследуемом операционном материале гистологически, как правило, отмечался остеоартроз III–IV степени. Деструктивно-дистрофические изменения наблюдаются на суставных поверхностях тибияльного плато и мыщелков бедренной кости. Процесс более выражен в нагружаемых участках тибияльного плато по сравнению с суставной поверхностью бедренной кости. При остеоартрозе III степени определяются разволокнение и деструкция хряща, глубокие трещины, перпендикулярные его поверхности до глубокого слоя, иногда достигающие до минерализованного хряща, многоклеточные скопления по краю трещин и обширные участки, не содержащие клеток в ненагружаемых областях, формирование остеофитов, склероз субхондральной кости, разрастание соединительной ткани с хондронидной трансформацией в межтрабекулярных пространствах, фиброз, хондроматоз капсулы сустава (рис.3).

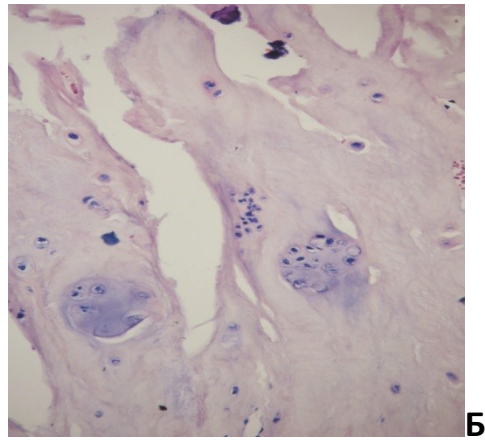
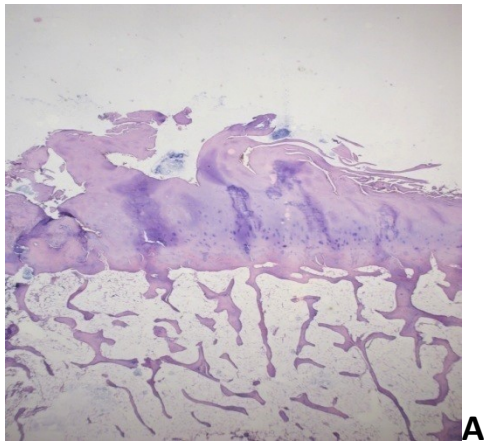


Рис. 3. Деформирующий остеоартроз III степени.

Примечание

А — Разволокнение и деструкция хряща, глубокие трещины. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение×12,5

Б — Скопления хондроцитов по краю трещин и обширные участки, не содержащие клеток. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение×200

При остеоартрозе IV степени отмечается разрушение суставного хряща на значительном протяжении с обнажением субхондральной кости, выявляются отдельные межтрабекулярные пространства, открытые в полость сустава, имеет место формирование крупных остеофитов в области краев суставных поверхностей, деструкция внутрисуставных связок, фиброз синовиальной оболочки и капсулы сустава, хондроматоз (рис.4).

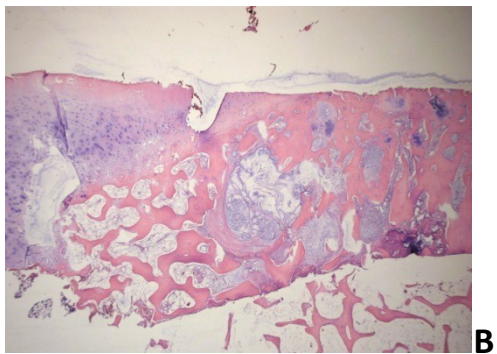
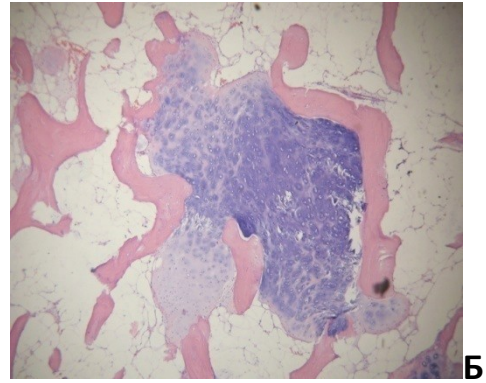
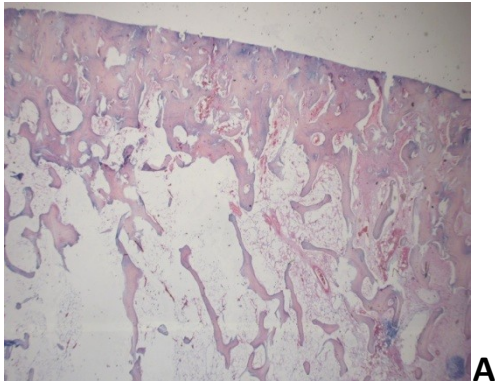


Рис. 4. Деформирующий остеоартроз IV степени.

Примечание

А — Разрушение суставного хряща на значительном протяжении с обнажением и утолщением субхондральной кости, формирование кистозных полостей. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение×12,5

Б — Хондроматоз в межбалочных пространствах. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение×50

В — Выраженный остеосклероз балок и фиброз межбалочных пространств в нагружаемых участках, образование фиброзной кисты в межбалочных пространствах и слизистой кисты в покровном хряще. Увеличение ×12,5

В покровном гиалиновом хряще хондроциты распределены беспорядочно, межучное вещество окрашивается неравномерно. Имеются микрокисты, разрывы и эрозии разной глубины. В некоторых случаях наблюдается кальциноз хряща и внедрение хрящевых элементов в межбалочные промежутки. В участках дефекта суставного хряща отмечается выраженное склеротическое изменение костной пластинки, гаверсовы каналы в этих местах сужены или некоторые полностью закрыты. Межбалочные пространства выполнены соединительной тканью различной степени зрелости. В местах, где целостность хряща сохраняется, костные балки очень тонкие, расширенные и редкие, и межбалочные пространства выполнены жировой тканью. В этих местах и в более глубоких зонах остеопороз более выражен.

Результаты статистической обработки морфометрических данных показывают следующее. На ненагружаемых участках суставных поверхностей среднее значение толщины субхондральной костной пластинки и костных балок составляет 169 ± 113 мкм и 104 ± 45 мкм, а на нагружаемых участках — 1374 ± 736 мкм и 154 ± 58 мкм соответственно. Как показано на нагружаемых участках, где произошло полное стирание суставного хряща, наблюдается склероз и утолщение субхондральной пластинки и близлежащих костных балок, т.е. возникает кортикализация губчатого вещества. Противоположная ситуация обнаруживается на ненагружаемых участках, где идет истончение и спонгиозация субхондральной кости. В остеопоротических участках исследуемых резектатов костной ткани среднее значение занимаемой площади костных балок в процентах составляет $14,98 \pm 0,78$ % ($p < 0,05$). В этих участках костные балки имеют неправильную гистоархитектонику с выраженными признаками дистрофических, некробиотических и поротических изменений. Поротические изменения выявляются в виде гладкой резорбции костных балок, истончения и спонгизации компактной субхондральной кортикальной костной пластинки, уменьшения количества соединений костных балок между собой, а также с кортикальной пластинкой. Трабекула в основном состоит из свободных, тонких, коротких, прямо- или криволинейных или округлых балок. При этом губчатая кость не образует непрерывную сеть. Также отмечаются дистрофическо-некробиотические изменения костной ткани: бледное, неравномерное окрашивание костных балок, уменьшение количества

остеобластов и остеоцитов, пустые лакуны, замещение жировой тканью миелоидного костного мозга в межбалочных пространствах. Остеосклеротические изменения наблюдаются в участках с полным стиранием покрывающего гиалинового хряща, среднее значение занимаемой площади костных балок в процентах составляет $56,80 \pm 1,50$ % ($p < 0,05$). В отличие от остеопороза остеосклероз проявляется в виде утолщения субхондральной костной пластинки и костных балок, кортикализации спонгиоза, сужения гаверсовых каналов, разволокнения и трещин продольно вдоль длинной оси костных балок или концентрически вокруг кортикализированных костных каналов на проекции базофильной линии склеивания, а так же разрастания в межбалочные пространства и гаверсовы каналы соединительной ткани различной степени плотности, очагов миксоматоза и хондроматоза в межбалочных пространствах, открывания межбалочных пространств в полость сустава, образования фиброзных кист в спонгиозе, содержащих серозную жидкость и вызывающих деструкцию костных балок.

В капсуле сустава часто определяется умеренная ворсинчатая пролиферация синовиальной оболочки и гиперплазия синовиоцитов. В синовиальных оболочках в большинстве случаев наблюдаются пролиферативные, дистрофические, некробиотические, склеротические и воспалительные процессы различной степени выраженности и распространенности.

При гистохимическом исследовании отмечается значительное содержание ДНК в ядрах, РНК — в цитоплазме хондроцитов. ДНК определяется в виде бледноокрашенных пылевидных частиц в ядрах хрящевых клеток в участках с выраженными дистрофическими изменениями, которые соответствуют зонам наибольшей нагрузки, на этих же участках просматриваются единичные мелкие гранулы гликогена. По периферии имеются макроскопические костно-хрящевые разрастания и пролиферация хондроцитов, ДНК выявляется в виде зерен, более интенсивно окрашенных в основной цвет, а гликоген — в виде более крупных гранул.

Иммуногистохимическое исследование выявляет тот факт, что хондроциты даже с выраженными деструктивно-дистрофическими изменениями хорошо принимают иммуногистохимическую окраску на S-100. Этот тест можно использовать для идентификации хондроцитов в деструктивно-дистрофически измененных тканевых биоптатах даже после декальцинации в кислой среде. Изучение пролиферативной активности с антителами к Ki-67 показало в большинстве случаев иммунонегативный результат или сомнительную/слабоположительную экспрессию отдельных клеток хрящевой ткани, что можно объяснить реально низкой пролиферативной активностью хондроцитов в условиях выраженного дегенеративно-дистрофического и некробиотического изменения хрящевой ткани при остеоартрозах III и IV степени выраженности.

Гистологически при остеопорозе обнаруживаются следующие признаки в костной ткани:

- уменьшение объема, занимаемого губчатой костью;
- характерный феномен «свободных трабекул», т.е. отсутствие непрерывной сети костных трабекул;
- истончение костных трабекул и выраженная их гладкая резорбция;
- уменьшение толщины субхондральной костной пластинки и спонгиозация компактного костного вещества, что гистологически проявляется увеличением диаметра и местами не замкнутостью гаверсовых каналов.

Патоморфологические исследования выявили деструктивно-дистрофические изменения как в хрящевых, так и в костных структурах, более выраженные в суставном хряще на участках с наибольшей нагрузкой. В местах, где полностью отсутствует хрящевой покров, выявлен остеосклероз, а в глубоких отделах эпифиза имеет место остеопороз различной степени. Полученные результаты в сопоставлении с функциональными критериями имеют значение в прогнозировании исходов эндопротезирования.

Таким образом, на основании электрофизиологических исследований определены критерии нервно-мышечных и сосудистых изменений, представляющих резерв для скорейшего восстановления двигательной функции конечности после имплантации коленного сустава.

Критериями риска замедленной реабилитации является снижение амплитудно-частотных параметров ЭМГ мышц бедра (более чем на 60–70%), рефлекторной возбудимости в зоне их иннервации, функциональный спазм крупных, средних, мелких сосудов в бассейне бедра, голени, и стопы.

Патоморфологическая оценка локализации и степени деструктивно-дистрофических изменений в хрящевых и костных структурах в сочетании с рентгенологическими и функциональными данными обосновывают назначение хирургического лечения и прогнозируют его исходы.

Схема диагностического алгоритма

