

# ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ КУЛЬТЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ

УДК 617.57/.58–089.844–073.7

Поступила 4.11.2012 г.



**А.Ю. Васильев**, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАМН, зав. кафедрой лучевой диагностики;  
**Е.А. Егорова**, д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики;  
**М.В. Смысленова**, д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики

Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова,  
Москва, 127473, ул. Десятская, 20/1

**Цель исследования** — оценить эффективность различных лучевых методов в диагностике пороков и болезней культей нижних конечностей после ампутаций.

**Материалы и методы.** Представлены результаты оценки состояния культей у 120 человек после ампутаций нижних конечностей, выполненных по поводу повреждений. Проанализированы возможности различных лучевых методов в определении состояния культей конечностей до и после протезирования.

**Результаты.** Отмечено преимущество цифровой микрофокусной рентгенографии в выявлении структурных изменений костной культи по сравнению со стандартной рентгенографией. Мультиспиральная компьютерная томография носит уточняющий характер. Она необходима для наиболее точной типизации и топографоанатомической характеристики патологических изменений тканей культи. Для изучения мягкотканых структур усеченной конечности (определения воспалительной инфильтрации, гематом, невром, инородных тел, характера гемодинамики и дегенеративных изменений) информативным являлось ультразвуковое исследование.

**Ключевые слова:** культи нижних конечностей; травмы и повреждения конечностей; цифровая рентгенография; цифровая микрофокусная рентгенография; мультиспиральная компьютерная томография; ультразвуковое исследование.

## English

## Radiodiagnosis of the Residual Lower Limb Changes in Prosthetic Repair

**A.Yu. Vasil'iev**, D.Med.Sc., Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Medical Sciences,  
Head of the Department of Radiodiagnosis;

**E.A. Egorova**, D.Med.Sc., Professor, the Department of Radiodiagnosis;

**M.V. Smyslenova**, D.Med.Sc., Professor, the Department of Radiodiagnosis

Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Delegatskaya St., 20/1, Moscow,  
Russian Federation, 127473

**The aim of the investigation** was to assess the efficiency of different radiological methods to diagnose the abnormalities and diseases of residual lower limbs after amputations.

**Materials and Methods.** We represented the results of stump state assessment in 120 patients after lower extremity amputation for injuries. We analyzed the possibilities of various radiological methods to determine the extremity stump condition before and after prosthetic repair.

**Results.** We demonstrated the advantages of digital microfocus radiography in determining structural changes of the residual bone compared to conventional radiology. Multispiral computed tomography is a clarifying method required for a more detailed type assignment and topographic anatomy characteristic of the pathological changes of the stump tissues. Ultrasound appeared to be the most informative to study soft tissue structures of the residual limb (determination of inflammatory infiltration, hematomas, neuromas, foreign bodies, and the character of hemodynamic and degenerative changes).

**Key words:** lower extremity stump; extremity injury and damage; digital radiography; digital microfocus radiography; multispiral computed tomography; ultrasound.

Одной из причин выполнения ампутации конечности может стать тяжелое повреждение ее мягких тканей и костей вследствие перенесенной травмы. По данным Минздрава России, в 2009 г. средний уро-

вень травматизма составил 86–120 случаев на 1000 взрослого населения. Травматизм у мужчин в 1,5–2 раза выше, чем у женщин.

Тяжелые повреждения конечностей с размождением

Для контактов: Егорова Елена Алексеевна, тел. раб. 8(495)611-01-77, тел. моб. +7 919-728-57-11; e-mail: eegorova66@gmail.com

(раздавливанием) тканей возникают в 0,7% случаев из общего числа пострадавших с травмами. Почти 70% из них получают тяжелые повреждения в быту, еще около 20% — на улице, на третьем месте — повреждения, связанные с производством (7%), отдельно фиксируются транспортные (1,9%) и спортивные (1,1%) травмы.

После ампутации развиваются топографоанатомические нарушения, патологическая перестройка тканей, пороки и болезни культи, которые препятствуют полноценной реабилитации и значительно усугубляют инвалидность пациентов [1–3].

Пороки культи очень разнообразны: это короткие и чрезмерно длинные культы, высокое расположение усеченных мышц, выстояние опиленной кости, избыток мягких тканей над ней, прикрепление мышц к рубцу, коже и т.п. Данные изменения чаще всего вызывают нарушение кровоснабжения и травматизацию тканей при осевой нагрузке на культю в протезе, делают невозможным его использование [4, 5].

Болезни культи (остеонекроз, остеофиты, остеомиелит, фантомные боли, лигатурные свищи и длительно не заживающие раны) являются следствием технических погрешностей выполненных оперативных вмешательств, присоединившейся инфекции раны, нерационального протезирования и т.д. [1, 4].

Своевременное и точное выявление указанных патологических изменений, оценка состояния культей конечностей являются основополагающими моментами при подготовке пациентов к первичному протезированию, а также при контроле эффективности проведенного постоянного протезирования.

**Цель исследования** — оценить эффективность различных лучевых методов в диагностике пороков и болезней культей нижних конечностей после ампутаций.

**Материалы и методы.** Обследовано 120 пациентов-мужчин с культями бедра и голени, ампутации которым выполнялись по поводу повреждений. Средний возраст составлял  $32,6 \pm 1,2$  года. В ходе клинического обследования учитывались жалобы, анамнез, оценивались общее состояние и местный статус.

Лучевая диагностика состояния культей конечностей включала в себя:

цифровую рентгенографию в стандартных укладках в двух взаимно перпендикулярных проекциях с последующей цифровой обработкой изображения с помощью дигитайзера;

цифровую микрофокусную рентгенографию с 5-кратным увеличением изображения на аппарате «Пардус-150», при которой тубус подносили к верхушке культи на расстояние 5 см, а кассету с пленкой помещали под стол аппарата на расстояние 25 см, с последующей цифровой обработкой изображения с помощью дигитайзера;

мультиспиральную компьютерную томографию с последующей мультипланарной и объемной трехмерной реконструкцией изображений;

ультразвуковое исследование с использованием линейных датчиков частотой 5,0–8,0 МГц. Сканирование выполняли по передней и задней поверхностям культи в поперечном и продольном направлениях. При исследовании

обязательно прослеживали ход сосудисто-нервных пучков как в серошкальном режиме, так и с помощью импульсно-волновой доплерографии, энергетического и цветного доплеровского картирования, с особой тщательностью полипозиционно оценивали послеоперационный рубец.

**Результаты и обсуждение.** Подготовка пациентов к первичному протезированию осуществлялась в течение 40–45 дней после ампутации. К концу этого срока должна быть сформирована функциональная культя, у которой: 1) создана цилиндрическая форма венечной части с толщиной кожно-мышечного лоскута от 1 до 5 см; 2) сохранена ось кости культи и сформирована компактного типа замыкательная пластинка у опиленной кости; 3) отсутствуют клинически значимые остеофиты, признаки деструкции, выраженная атрофия и остеопороз кости; 4) нет контрактур смежных суставов, мышечных атрофий, хронического болевого синдрома; 5) послеоперационный рубец — без признаков воспаления.

При комплексном клинико-лучевом обследовании пациентов в течение 1–1,5 мес после ампутаций нижних конечностей формирование функциональной культи, пригодной к первичному протезированию, отмечено менее чем в 10% случаев. У остальных 109 пациентов (90,8%) выявлены пороки или болезни культей конечностей, которые возникли под воздействием внешних или внутренних факторов, обусловленных хирургическим вмешательством или присоединившейся инфекцией раны. Пороками культи считались: нерациональный уровень ампутации, изменение формы культи и толщины мягких тканей, нарушение подвижности в смежном суставе, отклонение оси культи, что в основном диагностировалось клинически. К болезням культи относились: патология кости и надкостницы; воспалительные и дегенеративные изменения смежного сустава, мягких тканей и послеоперационного рубца, которые могли быть достоверно установлены по результатам лучевого исследования.

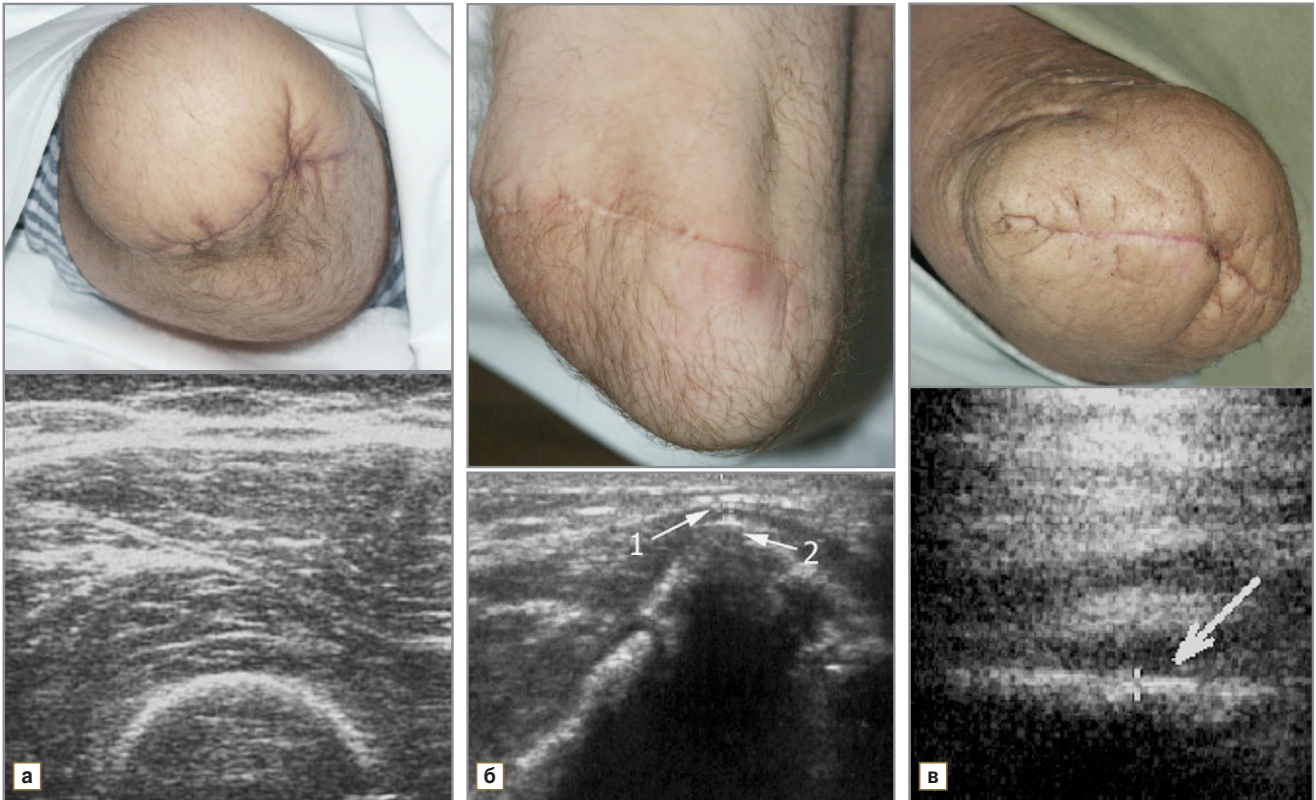
Выявленные с помощью стандартной рентгенографии порочные, чрезмерно длинные культы (до уровня нижней трети конечности), потребовавшие выполнения реампутации, отмечены у 29 пациентов (24,2%), из них у 27 (22,5%) ампутация первично была выполнена на уровне нижней трети бедра и у 2 (1,7%) — на уровне нижней трети голени. Чрезмерно короткие культы бедра и голени, длина которых не превышала 6–8 см, встретились у 27 больных (22,5%), при этом ампутации на уровне верхней трети бедра были выполнены у 12 больных (10,0%) и на уровне верхней трети голени — у 15 (12,5%), что значительно затрудняло протезирование. Порочное состояние культей у 32 больных (26,7%) было обусловлено избытком или недостатком мягких тканей в венечной части культей, вследствие чего они имели резко коническую или булавовидную форму (рис. 1).

Параллельно с функциональной перестройкой и заживлением раны мягких тканей происходило формирование замыкательной пластинки у опиленной кости. Рентгенологически при неосложненном течении послеоперационного периода она представляла собой ком-

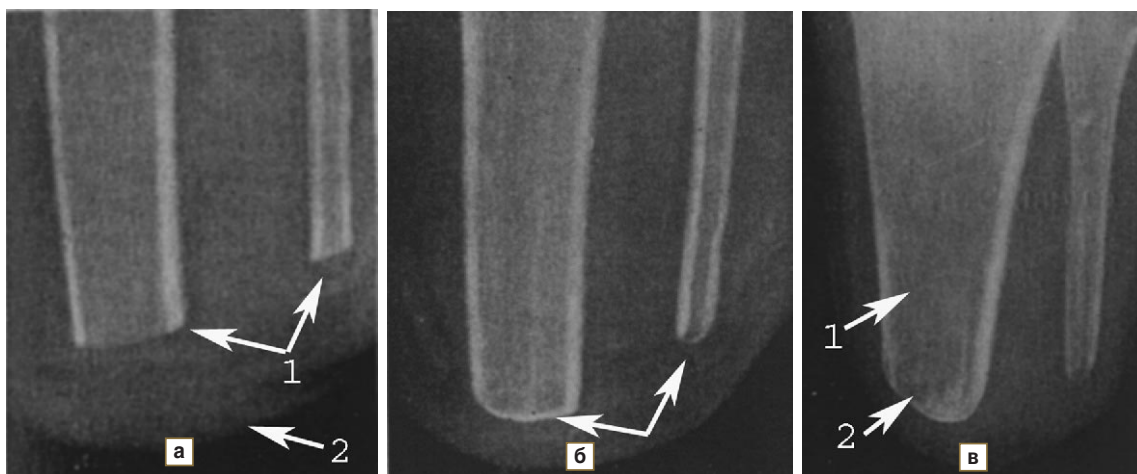
пактное вещество толщиной 2–3 мм, линейной формы с четкими ровными контурами, которое полностью перекрывало костно-мозговой канал (рис. 2).

Изменения формы дистальных отделов костной культи и опилов, выявленные с помощью цифровой микрофокусной рентгенографии, были обусловлены особеннос-

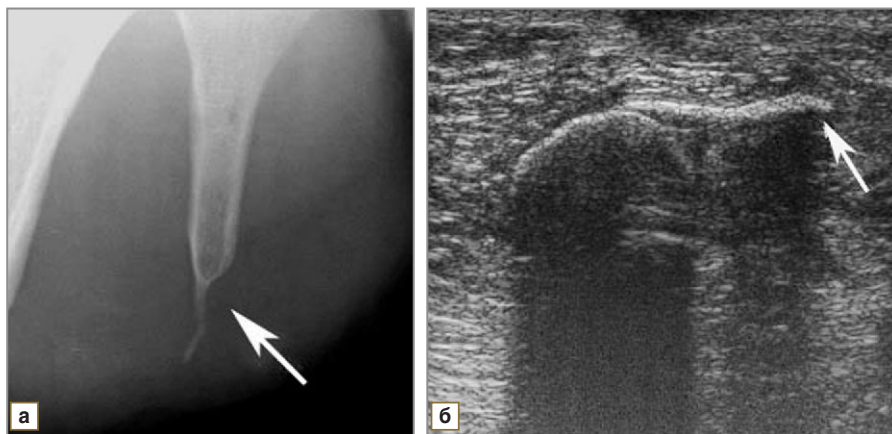
тями формирования замыкательной пластинки, а также выраженностью периостальных реакций, которые возникали под влиянием разнообразных факторов (инфицирование или асептические условия) и в большинстве случаев являлись источником костно-хрящевых разрастаний — остеофитов. Их характеристику проводили в



**Рис. 1.** Виды ампутационной культи в зависимости от толщины кожно-мышечного лоскута (клинически и по данным УЗИ): *а* — цилиндрическая форма культи с достаточным количеством мягких тканей в венечной части (от 3 до 5 см); *б* — резко коническая форма культи с толщиной кожно-мышечного лоскута над костью менее 1 см (1, 2); *в* — булавовидная культя за счет избыточного количества мягких тканей, толщина которых превышает 5 см (стрелкой на эхограмме указан кортикальный слой кости)



**Рис. 2.** Рентгенограммы в динамике культи левой голени пациента Ч., 27 лет (из архива Н.С. Косинской): *а* — через 6 дней после ампутации, края опилов берцовых костей — ровные, заостренные, замыкательные пластинки не прослеживаются (1), определяется отек мягких тканей (2); *б* — через 6 нед после ампутации, образовались замыкательные пластинки у опилов костей, которые сливаются с корковым веществом (стрелки), края опилов закругленные, отека мягких тканей нет; *в* — через 4 года после ампутации развились остеопороз (1), кистовидная перестройка (2) и умеренная атрофия концов берцовых костей, края их приняли умеренно конусовидную форму



**Рис. 3.** Осевой остеофит культы левой малоберцовой кости: а — цифровая микрофокусная рентгенограмма, на которой определяется распространение остеофита в сторону опорного конца культы, ее замыкательная пластинка — конусовидной формы, ассимилирована с остеофитом (стрелка); б — эхограмма, на которой в проекции культы малоберцовой кости определяется осевой остеофит в виде гиперэхогенного образования остроконечной формы, деформирующий замыкательную пластинку (стрелка)

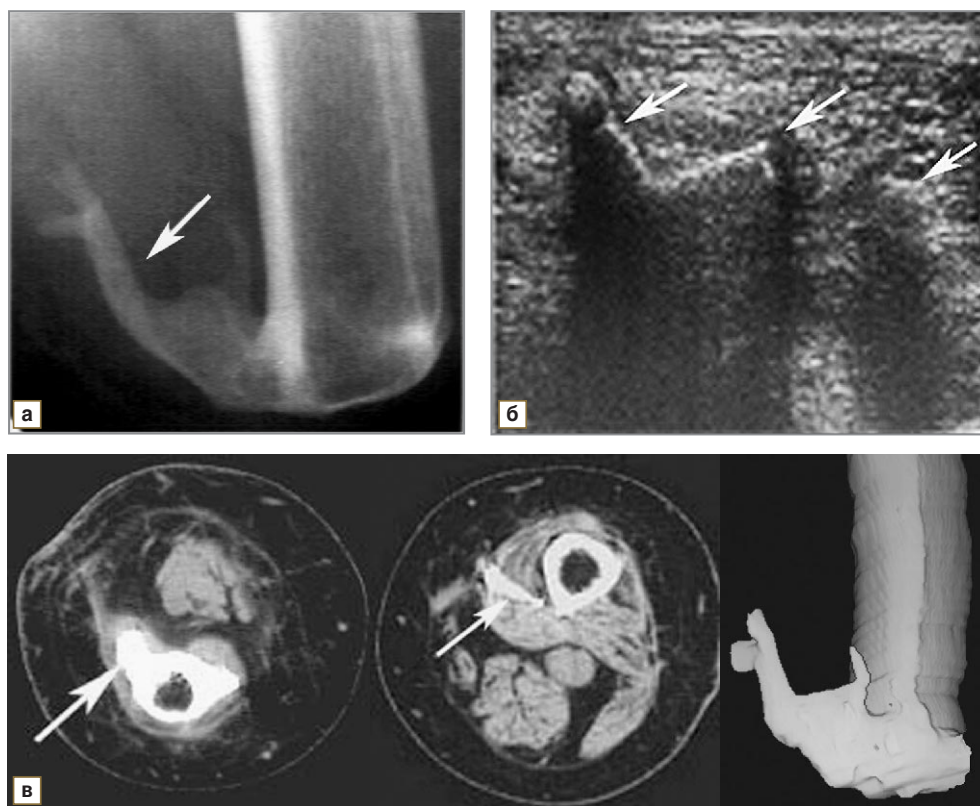
зависимости от особенностей строения, локализации основания и направления роста. По локализации основания выделяли осевые (эндостальные), пограничные и параоссальные остеофиты.

Осевые (эндостальные) остеофиты локализовались на плоскости опилов кости и были направлены дисталь-

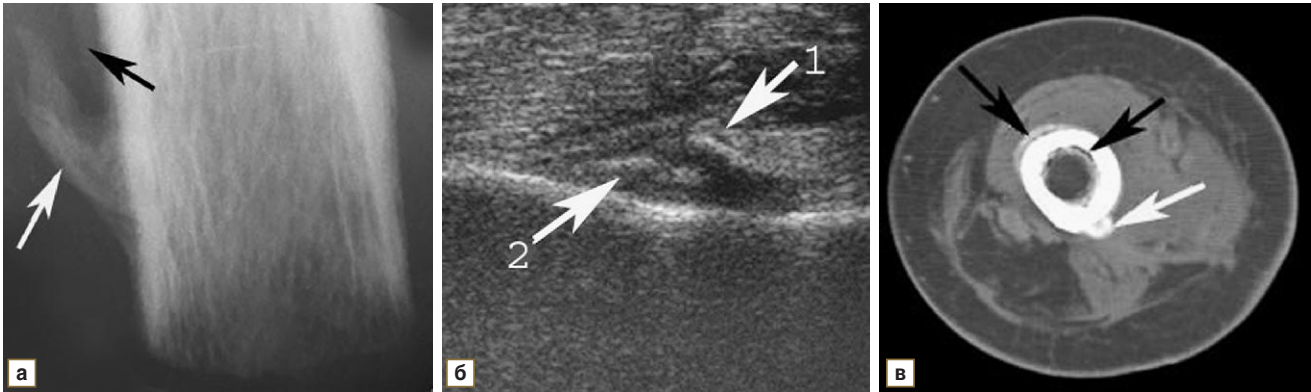
но (рис. 3). Пограничные остеофиты всегда находились у края опилов кости. Параоссальные остеофиты располагались на поверхности диафиза в тех участках скелета, где прикреплялись мышцы и сухожилия, например на шероховатой линии бедра. Их подразделяли на концевые, расположенные на расстоянии до 3 см от костного опилов (рис. 4), и базальные, расположенные на расстоянии более 3 см от него и являвшиеся следствием чрезмерной активности надкостницы, обызвествления энтезозов (рис. 5).

По направлению роста остеофиты подразделялись на краниальные, каудальные, поперечные. Краниальные остеофиты имели направление роста в сторону от опилов кости к смежному суставу. Каудальные остеофиты, наоборот, росли по направлению к опилов кости. Поперечные остеофиты располагались перпендикулярно к оси диафиза.

Следует отметить, что остеофиты в ряде случаев являлись диагностической находкой и ничем не проявля-



**Рис. 4.** Концевой параоссальный остеофит культы левого бедра (указан стрелками), который распространяется по ходу сухожилий мышц, отходит от диафиза культы на расстоянии менее 3 см от костного опилов, его основание сливается с кортикальным слоем. Замыкательная пластинка культы бедренной кости с четким волнистым контуром (а — цифровая рентгенограмма; б — эхограмма; в — компьютерные томограммы культы в аксиальной плоскости и с 3D-реконструкцией изображения)



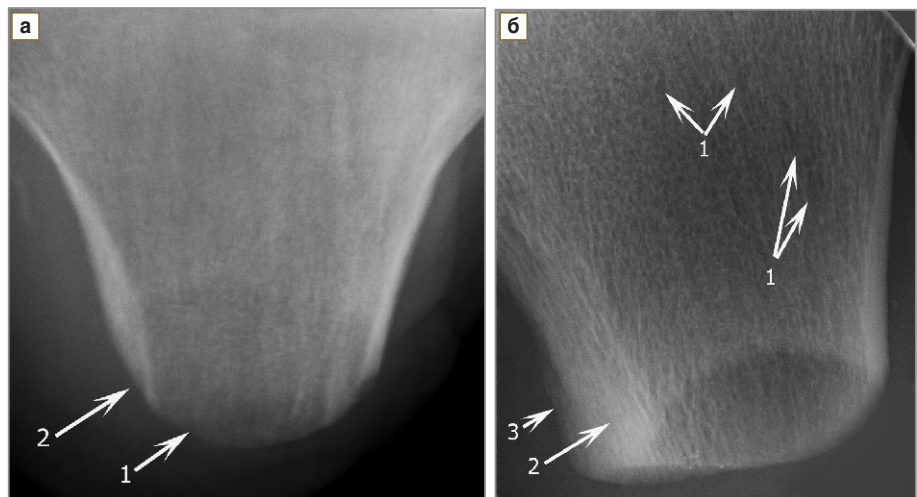
**Рис. 5.** Базальный параоссальный остеофит культи левого бедра: *а* — цифровая микрофокусная рентгенограмма, на которой базальный остеофит конической формы, костной плотности распространяется по ходу сухожилий мышц, отходит от диафиза на расстоянии более 3 см от опилов, сливаясь основанием с кортикальным слоем (белая стрелка). Отмечается реакция надкостницы в виде линейного периостита (черная стрелка); *б* — на эхограмме хорошо виден остеофит (1) и утолщенная надкостница (2) в виде гиперэхогенных структур; *в* — на компьютерной томограмме при поперечном сканировании на расстоянии более 3 см от опилов определяется расширение костномозгового канала, по медиальной поверхности прослеживается основание остеофита, который по своей плотности близок к корковому веществу кости (белая стрелка), имеется многоконтурность противоположного участка кортикального слоя за счет периостальных и эндостальных наслоений с ровными, нечеткими контурами (черные стрелки)

ли себя клинически. Их форма и размеры не оказывали существенного влияния на опороспособность культи. Клиническое значение имели осевые каудальные остеофиты, поскольку могли вызвать воспалительные изменения подлежащих тканей и выраженные болевые ощущения при пользовании протезом.

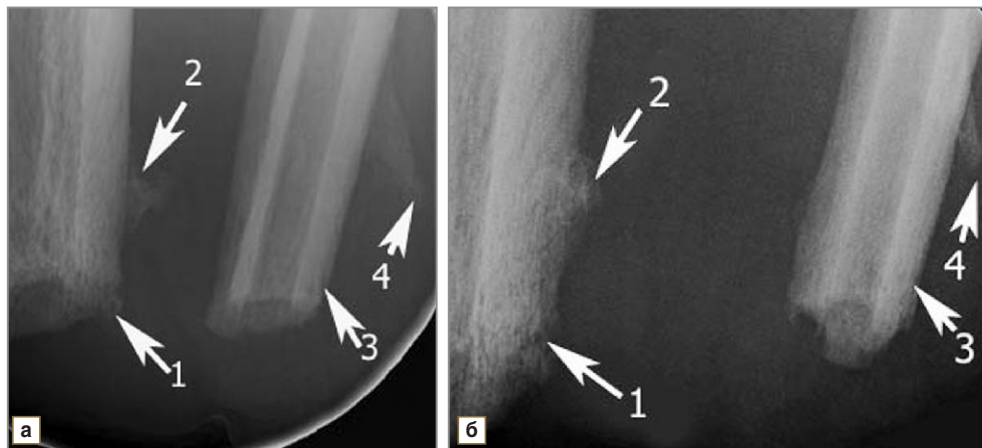
Кроме изучения контуров кости, ее положения и формы при оценке данных лучевых методов исследования проводили тщательный анализ костной структуры, которая непосредственно после ампутации соответствовала норме. Дегенеративные процессы, сопровождавшиеся снижением костной массы (остеопороз, атрофия, кистовидная перестройка), начинали прослеживаться на 4–5-й неделе после усечения конечности. В эти сроки остеопороз обнаруживали у 70,0% пациентов с культями бедер и голеней. Наиболее достоверно структурная перестройка выявлялась при цифровой микрофокусной рентгенографии. Костная ткань выглядела более прозрачной, в губчатом веществе появлялись очаги просветления округлой формы размером 2–7 мм (рис. 6).

Нарушения костного ремоделирования намного раньше наблюдались в трабекулярной костной ткани метаэпифизов. При ограничении функции культи конечности вследствие пороков или болезней наступали структурные изменения кости, которые при длитель-

ном существовании неминуемо приводили к ее атрофии. Костная культя истончалась, из цилиндрической становилась конической. У 32 пациентов (26,7%) с культями нижних конечностей, ампутации которым выполнялись по поводу повреждений, атрофия кости наступала вследствие нейротрофических нарушений при повреждении нервов, активной рефлекторной (из-за хронического болевого синдрома) или пассивной (лечебной) иммобилизации. При постоянном протезировании атрофия, как правило, касалась только дистальных отделов культи. В случае отсутствия протезирования



**Рис. 6.** Чрезмерно короткая культя левой голени пациента X., 28 лет (4 нед после ампутации): *а* — цифровая рентгенограмма культи в прямой проекции, на которой край опилов большеберцовой кости — ровный, замыкательная пластинка не прослеживается (1), прозрачность костной ткани повышена, корковый слой выглядит нечетким, разволокненным (2); *б* — на цифровой микрофокусной рентгенограмме с 5-кратным увеличением кроме выявленных при стандартной рентгенографии изменений в губчатом веществе прослеживаются множественные очаги просветления величиной от 2,0 до 5,0 мм (1), кортикальный слой спонгиозирован (2), с линейными периостальными наслоениями (3)



**Рис. 7.** На цифровых рентгенограммах культи левой голени в прямой (а) и косой (б) проекциях определяется неровность опилов берцовых костей, которые ампутированы на одном уровне. Замыкательные пластинки не прослеживаются. Отмечается лакунарная резорбция дистальных отделов костей с латеральной стороны, где имеются некротизированные фрагменты кости (1, 3). Видна отслоенная надкостница, граница которой находится на расстоянии более 3 см от опилов, с признаками оссификации, формируются параоссальные базальные остеофиты с краниальным (2) и каудальным (4) направлениями роста

атрофия была более выражена, конец усеченной кости становился резко коническим, заостренным.

На фоне атрофии и остеопороза через 2–3 мес после ампутации в 60,0% случаев прослеживалась кистовидная перестройка, которая отмечалась не только вблизи опилов, но и в более проксимальных отделах. С течением времени этот процесс постепенно прогрессировал, достигая своего максимального развития к 5–6-му месяцу после ампутации. В эти сроки у 75,0% пострадавших кистовидная перестройка в ампутированных культях в 97,1% наблюдений сочеталась с остеопорозом, а в 65,7% — еще и с атрофией кости.

Таким образом, в скелете культи одновременно происходили процессы, объединявшие комплекс репаративных и дегенеративных изменений, выраженность которых была обусловлена степенью компенсации функции усеченной конечности и возникшими осложнениями.

Значительные функциональные и структурные нарушения прослеживались у 17,5% пациентов с кульями нижних конечностей при остеомиелите, осложнившим заживление ран после ампутации (остеомиелит следует дифференцировать от асептического некроза кости или так называемого венозного остео некроза (по Д.Г. Рохлину)). Он развивался на фоне поврежденной тканей, вызванных прямой травмой, тромбозами и эмболиями сосудов, а также в результате технических погрешностей в выполнении хирургических вмешательств (высокое пересечение надкостницы, плохое кровоснабжение и денервация лоскутов и т.п.).

В отличие от септического, асептический остео некроз появлялся только в области конца усеченной кости. Чаще некротизировались незначительные участки зоны опилов, реже — большая его часть. При асептическом остео некрозе происходила лакунарная резорбция кости без нагноения. Атрофии конца кости не прослеживалось, наоборот, он выглядел

утолщенным за счет оссифицирующего периостоза. Воспалительные изменения мягких тканей были незначительными (рис. 7).

После детального изучения скелета культей проводили анализ состояния мягких тканей. Их оценку выполняли как визуально, так и при помощи УЗИ, которое позволяет достоверно определить: 1) контуры тканей (ровные, неровные) и их толщину (истончение или утолщение); 2) структурные изменения кожи, подкожно-жировой клетчатки, мышечной ткани (атрофия, жировая, фиброзная или комбинированная дегенерация, воспалительные изменения со свищем или без него, травматическая очаговая патология — гематомы, серомы, псевдокисты, невромы); 3) состояние послеоперационного рубца (размер, контур, положение, патологические изменения); 4) наличие инородных тел; 5) изменения кровотока (тромбофлебит большой подкожной вены у 1,7% больных, стенозирование артерий в проксимальных отделах ампутированной конечности — у 27,5% и у места перевязки — у 60,8% пациентов).

**Заключение.** Сопоставление возможностей различных лучевых методов исследования, применяемых для оценки культей нижних конечностей после ампутаций, которые выполнялись по поводу повреждений, свидетельствует о необходимости использования комплексного клинико-лучевого обследования. Цифровая микрофокусная рентгенография дает объективную информацию о состоянии скелета культи бедра и голени и имеет преимущества перед стандартной рентгенографией в выявлении тонких структурных изменений костной ткани.

Установлена высокая информативность ультразвукового метода исследования в выявлении нарушений кровоснабжения культей нижних конечностей, а также очаговых и диффузных патологических изменений мягких тканей, которые способны затруднять и осложнять протезирование.

Проведение мультиспиральной компьютерной томографии является дополнительным методом, необходимым в диагностически сложных случаях для детализации полученной информации и уточнения состояния скелета и мягких тканей культей.

### Литература

1. Нечаев Э.А., Грицанов А.Н., Рухляда Н.В., Фомин Н.Ф., Шаповалов В.М. Взрывные поражения. СПб: Фолеант; 2002; 656 с.
2. Шириков А.Д. Медицинская реабилитация инвалидов локальных военных конфликтов в Центре медицинской реабилитации. Концептуальное видение проблемы. В кн.: Реабилитация здоровья человека. Материалы Всерос. науч.-практ. конференции. М; 1995; с. 16–18.
3. Baumgartner R., Botta P. *Amputation und prothesenversorgung der unteren extremitat*. Stuttgart; 1995; p. 462–472.
4. Косинская Н.С. Травматические повреждения костно-суставного аппарата конечностей как причина инвалидности. Л; 1970.
5. Пустовойтенко В.Т. Степени атрофии ампутационных культей бедра и голени. Минск: Белорусская наука; 2005; 155 с.
6. Куликов В.В., Люфинг А.А., Никитин В.Ф. Врачебно-экспертная оценка исходов ранений конечностей. Военно-медицинский журнал 2000; 7: 13–15.

### References

1. Nechaev E.A., Gricanov A.N., Ruhljada N.V., Fomin N.F., Shapovalov V.M. *Vzryvnye porazhenija* [Explosion damages]. Saint Petersburg: Foleant; 2002; 656 p.
2. Shirikov A.D. Medicinskaja rehabilitacija invalidov lokal'nyh voennyh konfliktov v Centre medicinskoj rehabilitacii. Konceptual'noe videnie problemy. V kn.: *Reabilitacija zdorov'ja cheloveka. Materialy Vseros. nauch.-prakt. konferencii* [Medical rehabilitation of disabled veterans of local military conflicts in Medical rehabilitation centre. Conceptual view of the problem. In: Human health rehabilitation. Proceedings of All-Russian research and practice conference]. Moscow; 1995; p. 16–18.
3. Baumgartner R., Botta P. *Amputation und prothesenversorgung der unteren extremitat* [Amputation and prosthetic repair of lower extremities]. Stuttgart; 1995; p. 462–472.
4. Kosinskaja N.S. *Travmaticheskie povrezhdenija kostno-sustavnogo apparata konechnostej kak pricina invalidnosti* [Traumatic injuries of osteoarticular apparatus as the cause of disability]. Leningrad; 1970.
5. Pustovojtenko V.T. *Stepeni atrofii amputacionnyh kul'tej bedra i goleni* [The atrophy degrees of amputation stumps of the thigh and lower leg]. Minsk: Belorusskaja nauka; 2005; 155 p.
6. Kulikov V.V., Ljufing A.A., Nikitin V.F. *Vrachebno-jekspertnaja ocenka ishodov ranenij konechnostej* [Medical expert judgement of extremity wound outcome]. *Voенно-медицинский журнал* — *Military Medical Journal* 2000; 7: 13–15.