

Новые ультразвуковые технологии цементного эндопротезирования

Л.Б. Резник, А.Н. Горячев, Д.В. Давыденко

New ultrasonic technologies of cement endoprosthesis

L.B. Reznick, A.N. Goriachev, D.V. Davydenko

Омская государственная медицинская академия (ректор — д.м.н., профессор А.И. Новиков), г. Омск, Россия

Изучали результаты тотального цементного эндопротезирования тазобедренного сустава при использовании традиционных методов подготовки костного ложа и новых ультразвуковых технологий. Проведён углублённый сравнительный анализ качества получаемой цементной мантии. По результатам экспериментальных и клинических исследований сделан вывод о преимуществе новых ультразвуковых технологий цементирования. Установлено, что при использовании ультразвука высокое качество цементной мантии обусловлено проникновением цемента в костные поры. Это, в свою очередь, создаёт условия для более надёжной фиксации протеза в кости, снижает риск асептического расшатывания, обеспечивает возможность ранней активизации больных.

Ключевые слова: тазобедренный сустав, тотальное эндопротезирование, цементная мантия, ультразвуковые технологии.

The results of the hip total cement endoprosthesis using traditional techniques of bone bed preparation and new ultrasonic technologies were studied. A profound comparative analysis was made as for the quality of the cement mantle being obtained. According to the results of experimental and clinical studies the conclusion was made of the advantage of new ultrasonic technologies for cement grouting. It was established that high quality of the cement mantle in ultrasonic use was caused by cement penetration into bone pores. This in its turn creates the conditions for more positive prosthetic fixation in bone, reduces the risk of aseptic loosening, makes patients' early activation possible.

Keywords: the hip (joint), total endoprosthesis, cement mantle, ultrasonic technologies.

ВВЕДЕНИЕ

Успехи ортопедии последних десятилетий внесли серьёзные коррективы в понимание биомеханики взаимодействия живого организма и имплантата после эндопротезирования крупных суставов. Прежде всего, исследователей волнует «выживаемость» имплантата с точки зрения его износостойкости, прочности и долговечности фиксации в тканях организма. А поскольку эти вопросы до настоящего времени остаются нерешёнными, технология фиксации имплантата — проблема сложная и актуальная. Критерии выбора того или иного способа фиксации протеза общеизвестны, однако алгоритм принятия решения всегда остаётся прерогативой хирурга. Следует признать, что большинство исследователей отдаёт сегодня теоретическое предпочтение бесцементному способу фиксации имплантатов как наиболее перспективному. Однако, несмотря на все преимущества бесцементной технологии, цементный способ эндопротезирования по статистике занимает лидирующее место в общемировом масштабе. По данным различных национальных регистров развитых

стран, на него приходится от 45-50% [2] до 96,5% [1] всех выполненных с 1994 по 2002 год оперативных вмешательств. При этом клинический успех цементного протезирования затмевает широкий спектр серьёзных неудач и осложнений. Вообще же, множество опубликованных в последние годы работ содержат доказательства в пользу того или иного способа фиксации протеза, но никуда не деть и серьёзные сомнения, поддерживаемые неудачами использования каждой из методик протезирования. Научные изыскания в этом направлении привели к созданию концепции разделённой цементной мантии, формирование которой предусмотрено конструктивными особенностями прямой ножки Мюллера. При этом плотная посадка и заклинивание ножки в костномозговом канале обеспечивает точки её напряжённого соприкосновения с костью, с одной стороны, и последующее врастание кости в специально обработанную поверхность металла — с другой. Разделённая же в точках контакта металла с костью мантия обеспечивает перераспределение монотонной

механической нагрузки на ненагруженные участки кости и высокую прочность фиксации за счёт цементного соединения на всех участках крепления протеза. Конформизм этой концепции революционизировал цементный способ эндопротезирования, и теперь фрагментарное сочетание цементной и бесцементной фиксации на протяжении ножки одного имплантата видится наиболее перспективным направлением исследований. Лучшие модели цементных имплантатов сегодня отвечают запросам самых требовательных ортопедов, поэтому особое внимание сфокусировано на технике протезирования. Тем самым всё более актуальным становится утверждение М. Мюллера о том, что хорошее эндопротезирование отличается от просто эндопротезирования тысяч мелкими деталями [3]. К этим мелким деталям нужно отнести все технологические особенности, из которых складывается ход операции и послеоперационный период. И в этом ряду, безусловно, выделяется проблема качества формируемой цементной мантии. Именно этот параметр, при прочих равных, в последующем обеспечивает эффек-

тивность взаимодействия протеза с тканями и его «выживаемость» в организме. А обязательно возникающий в точках соприкосновения кости, металла, цемента и мягких тканей конфликт рано или поздно всё равно потребует своего разрешения. Причём наряду с условно физиологическими причинами такого конфликта имеется целый ряд патологических факторов, являющихся дополнительными причинами осложнений и «потерь» имплантатов. Эти факторы можно разделить на три основные группы: инфекция, несостоятельность имплантата, прогрессирование основного или сопутствующего заболевания. Они в конечном итоге лишь усугубляют конфликт в системе *кость-цемент-имплантат* или, обобщая, – *кость-цемент*. Поэтому на сегодня наша задача сводится к поиску разнообразных способов его преодоления или, по возможности, отсрочке реализации. А уже в зависимости от имеющихся в нашем распоряжении способов преодоления этой проблемы мы можем либо управлять процессом и даже нивелировать его, либо сожалеть об очередной «потере» имплантата.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При рассмотрении характеристик цементной мантии обычно принимается легенда, согласно которой от начала цементирования поверхность кости пациента так же, как поверхность имплантата, остаётся неизменной вплоть до момента полимеризации цемента. В то же время толщина и геометрия цементной мантии меняются в зависимости от вида цемента, соблюдения технологии и техники цементирования. При этом качество мантии определяется интерфейсом цемента в межбалочные пространства и прочностью её микросцепления с костью. В конечном итоге это и является одним из важных прогностических критериев «выживаемости» имплантатов.

В оценке взаимодействия поверхностей протеза и кости с цементом особый интерес представляет шероховатость, поскольку она в значительной мере определяет прочность сцепления цемента с поверхностью. И если для подготовки поверхности имплантатов используются специальные технологии обработки и напыления, то подготовка поверхности кости может производиться только в ходе операции. Для решения этой задачи разработана концепция современных цементных технологий, которые в противовес старым и ранним технологиям, включают весь набор мероприятий, необходимых для качественной подготовки кости и цементной массы к цементированию. Согласно этой концепции процедура подготовки костного ложа должна включать в себя следующие этапы:

1. Первичная, или «грубая» обработка кост-

ных поверхностей: рассверливание вертлужной впадины с удалением хрящевых и соединительнотканых фрагментов вплоть до субхондрального слоя костей; подготовка канала для установки бедренного компонента; создание антиротационных цементных отверстий в дне вертлужной впадины при цементном протезировании.

2. Вторичная, или «тонкая» технологическая подготовка костной поверхности к протезированию и цементированию: глубокая чистка костной поверхности от костных и иных фрагментов; гемостаз; удаление жидкости с поверхности кости перед цементированием (вакуумирование).

Первому этапу подготовки фирмами-изготовителями уделяется серьёзное внимание. Имеются прекрасные инструментальные наборы, а также методы контроля качества подготовительных работ. К сожалению, второй, очень важный, на наш взгляд, технологический этап реализуется недостаточно эффективно. Разработанные сегодня способы подготовки поверхности костного ложа к цементному протезированию включают:

- использование системы *пульс-лаваж*, или промывание пульсирующей струёй высокого давления;

- применение специальных наборов нейлоновых щёток для удаления фрагментов кости и тканей с поверхности костного ложа;

- ограничители поступления цемента в бедренный канал (дистальная пробка);

– гомогенная и ретроградная техника нанесения цемента на поверхность кости (шприц – подача).

Дополнительное оборудование для реализации комплекса этих мероприятий является дорогостоящим, приобретение его затруднено. Отсутствуют методы оценки состояния костной поверхности и её готовности к цементированию. К тому же исследования показывают, что мероприятия комплекса современных цементных технологий не обеспечивают адекватной подготовки костного ложа и, на наш взгляд, не решают задачи цементирования достаточно качественно и на современном уровне. Поэтому для решения задачи повышения качества цементного эндопротезирования нами была разработана концепция новых ультразвуковых технологий, включающая в себя комплекс мероприятий, направленных на повышение качества процесса цементирования в ходе операции, а также облегчение удаления костного цемента при ревизионном эндопротезировании. Использование такой технологии цементного протезирования стало возможным благодаря разработке и применению высокоамплитудного ультразвукового аппарата «Ярус». Аппарат рассмотрен на заседании "Комитета по новой медицинской технике" МЗ РФ (протокол №2 от 17.03.03), получено разрешение на проведение медицинских клинических испытаний. Использование возможностей этого аппарата позволило качественно изменить подготовку поверхности кости к цементированию, увеличить степень её чистоты и, следовательно, эффективность сцепления цемента с костной поверхностью.

Применение низкочастотного силового ультразвука при ортопедических операциях, в частности в цементном эндопротезировании, основано на гидроакустических возможностях колебаний при высокой амплитуде. Нами разработан способ цементного эндопротезирования [пр. справка № 2001133132/14(035120) от 24.04.2002], основанный на использовании ультразвуковых технологий. Мощные ультразвуковые колебания в жидкой и упругой среде (костной ткани) выполняют работу по очистке поверхности от не связанных с ней фрагментов тканей, насыщению костной ткани антисептиками, сушке поверхности при цементировании и т.д. Поэтому использование ультразвуковой технологии эндопротезирования показано прежде всего при цементном или гибридном вариантах, когда качество фиксации протеза и его последующая стабильность в значительной мере зависят от степени чистоты и влажности костной поверхности в момент полимеризации метилметакрилата. Интраоперационная ультразвуковая санация раны с антисептиками или антибиотиками обеспечивает высокоэффективное

местное антибактериальное воздействие, что особенно важно при наличии хронических очагов инфекции в организме. И эта особенность ультразвука должна использоваться в любых (цементных, бесцементных) технологических линиях эндопротезирования. Взаимодействие ультразвука с насыщенными жидкостью пористыми материалами создаёт так называемый «обратный ультразвуковой капиллярный эффект», который приводит к удалению жидкости не только с поверхности, но и из глубины капиллярно-пористых систем, что позволяет эффективно готовить поверхность к цементированию. Другим важным свойством ультразвука является его способность вызывать деполимеризацию костного цемента и его переход при контакте с торцом волновода в текучее состояние. При этом последующее возвращение метилметакрилата в твёрдое состояние сопровождается резким падением его прочностных свойств, а также снижением прочности сцепления цемента с поверхностью кости. В этом случае использование особых возможностей ультразвука значительно упрощает процесс удаления цемента из труднодоступных мест, например бедренного канала, при ревизионном протезировании.

Для решения каждой из задач разработаны соответствующие волноводы-инструменты, обеспечивающие качественную обработку той или иной поверхности. В целом же, максимальный эффект использования ультразвука достигается при следующих состояниях: при угрозе возникновения инфекционных осложнений либо наличии хронического очага инфекции в ране (при ревизионном протезировании); наличии выраженного остеопороза с прогрессивным разрушением костной массы в случае грубой обработки или сверления; при прогнозируемой повышенной удельной нагрузке на 1 см² поверхности кости после установки протеза при исходном дефекте костного ложа более 10% (как при первичном, так и ревизионном протезировании); использовании цемента высокой вязкости; необходимости удаления костного цемента при ревизионном эндопротезировании.

Особенности применения ультразвука требуют соблюдения определённых условий, среди которых важное место занимает правильное соотношение между кистевой нагрузкой на инструмент и скоростью работы этим инструментом. Эффективность же применения ультразвука может быть иллюстрирована в процессе подготовки кости к цементированию. Поскольку в наших исследованиях мы руководствовались концепцией разделённой цементной мантии, в работе использовались цементные протезы моделей «Taperlok» компании «Biomed» с плазменным напылением и ножки Мюллера фирмы «Beznoska».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка клинических аспектов применения нового способа подготовки костного ложа к цементированию явилась важным этапом проведённых нами исследований. А поскольку технологическая разница традиционного и ультразвукового способов эндопротезирования начинается на этапе вторичной, или "чистовой" подготовки поверхности к цементированию, этот этап оперативного вмешательства изучался особенно тщательно. На рисунке 1 представлена поверхность вертлужной впадины после её рассверливания и шприцевого промывания. В дне впадины выполнены антиротационные отверстия для цементирования. Поверхность загрязнена костными фрагментами, кусочками соединительной ткани, сгустками крови. Жидкость заполняет также и антиротационные отверстия. На рисунке 2 отображён процесс ультразвуковой чистки костной поверхности. Кавитационные процессы, ультразвуковые и радиационные потоки, переменное звуковое давление – вот основные действующие факторы гидроакустического компонента воздействия. Однако процесс ультразвуковой чистки поверхности кости основан и на контактном воздействии, когда колебания передаются с волновода непосредственно на кость. А поскольку разница между скоростью проведения звука в металле и кости значительно меньше, чем в металле и жидкости, меньше и энергетические потери при передаче колебаний. Отсюда высокий коэффициент полезного действия ультразвуковой чистки при минимальной затрате энергии и травматизации тканей организма.

В результате чистки с поверхности кости удаляются все загрязняющие элементы, и поверхность радикально изменяет свои «географические» характеристики. Контактная площадь поверхности перед цементированием существенно увеличивается, открываются поры губчатой кости и происходит их вертикальное структурирование.

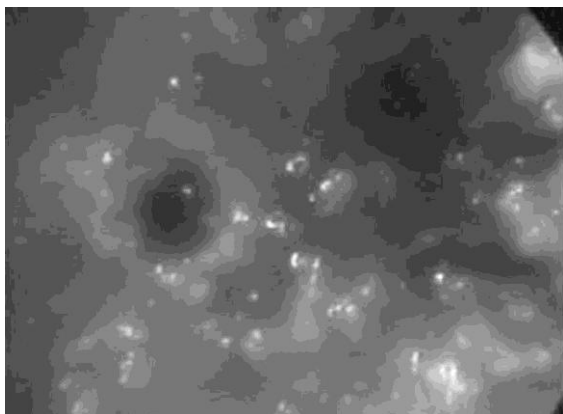


Рис. 1. Поверхность вертлужной впадины после рассверливания шарошками и шприцевого промывания (ув.× 3)



Рис. 2. Процесс ультразвуковой обработки вертлужной впадины

На рисунках 3 и 4 изображены различные стадии подготовки костной поверхности вертлужной впадины к цементированию – сразу после ультразвуковой обработки (рис. 3) и непосредственно перед цементированием (рис. 4). Хорошо видны открытые антиротационные отверстия в дне впадины и пористая структура сохранившихся участков субхондрального слоя губчатой кости.

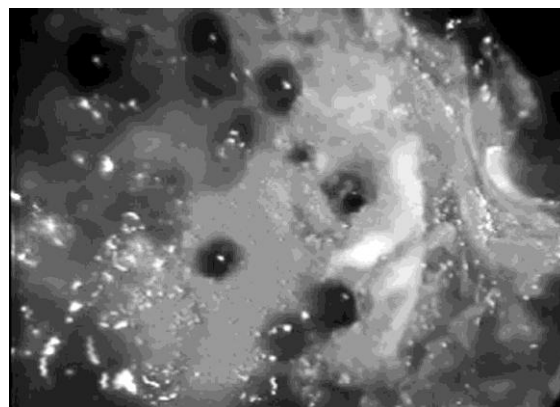


Рис. 3. Поверхность вертлужной впадины после ультразвуковой обработки (контактное воздействие)

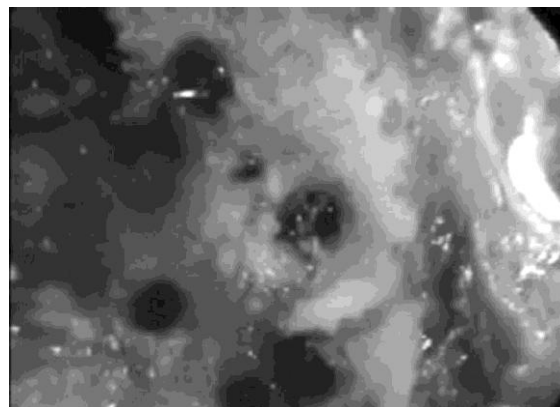


Рис. 4. Поверхность вертлужной впадины и деротационные отверстия перед цементированием

Исследования эффективности подготовки костномозгового канала к цементированию прово-

дились по специальной методике [4], в основу которой положены возможности контроля за состоянием костномозгового канала с использованием эндовидеокамеры. После римирирования костного ложа бедренного компонента рашпилями и шприцевого промывания производились видеосъемки костномозгового канала при помощи артроскопической оптики и эндовидеокамеры фирмы «Stryker» согласно методике (Koster G., Willert H., et al., 1999). На рис.5 представлено изображение поверхности костномозгового канала после его обработки рашпилями. Проведённые нами исследования показали крупноячеистое строение бедренной кости в проксимальном отделе у 87% наших пациентов. Ячейки проксимального отдела бедренной кости располагаются в вертельной области, а их размеры колеблются в пределах от 2 до 12 мм. И чем качественнее римирирование костномозгового канала, тем выше ячеистость проксимального отдела бедра при цементировании. Проведённые исследования показали, что ячеистое строение вертельной области наряду с увеличением площади сцепления цементной мантии и кости обеспечивает очень важный деротационный эффект в отношении бедренного компонента протеза, а костные ячейки играют роль естественных деротационных отверстий.

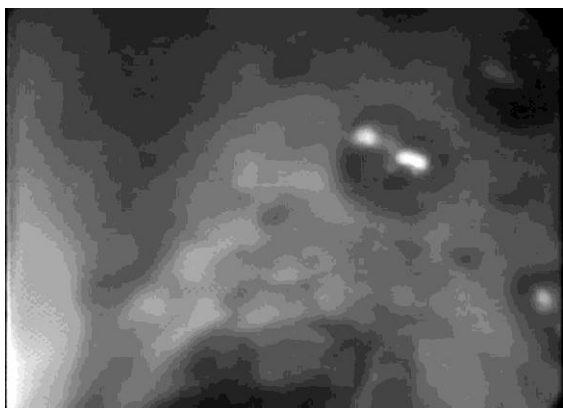


Рис. 5. Костномозговой канал после римирирования рашпилями. Видно ячеистое строение кости в проксимальном отделе бедренной кости

В этой ситуации возможности ультразвука незаменимы, поскольку его использование (рис. 6) позволяет осуществить чистку поверхностей внутри костномозгового канала – в местах, абсолютно недоступных для традиционных методов. При этом происходит наиболее полное удаление костной крошки, фиброзной ткани и сгустков из ячеек. На полученных фотографиях (рис. 7, 8) видна существенная разница чистоты поверхности в сравнении с предыдущими снимками.

В целом результаты исследований костномозгового канала бедренных костей при помощи артроскопа позволяют говорить о ячеистом строении вертельной области и роли крупных ячеек – как естественных антиротационных от-

верстий, предотвращающих развитие нестабильности бедренного компонента. Поскольку эти отверстия находятся внутри массива проксимального отдела бедренной кости, доступ к ним ограничен. Использование ультразвука позволяет эффективно чистить ячейки, тем самым значительно увеличить поверхность сцепления при цементировании. И на рисунке 8 представлено изображение проксимального отдела бедренной кости после ультразвуковой обработки.

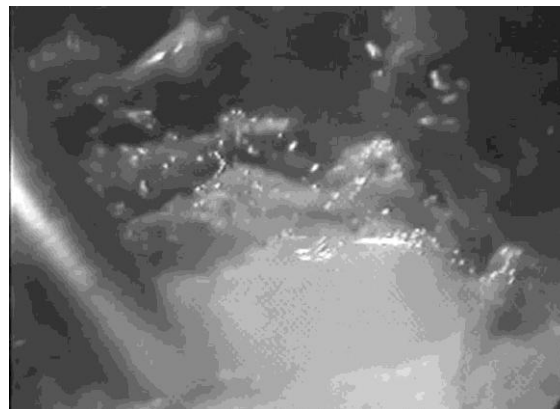


Рис. 6. Ультразвуковая обработка поверхности костномозгового канала

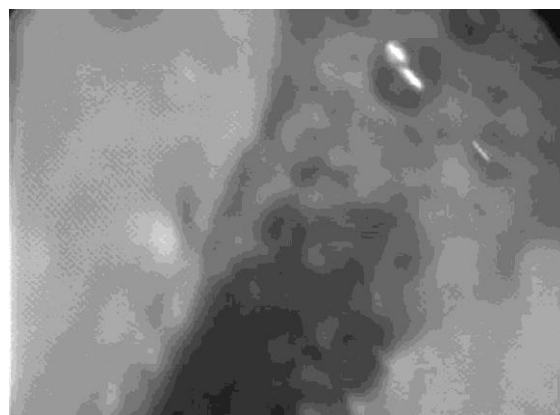


Рис. 7. Проксимальный отдел бедра после ультразвуковой чистки

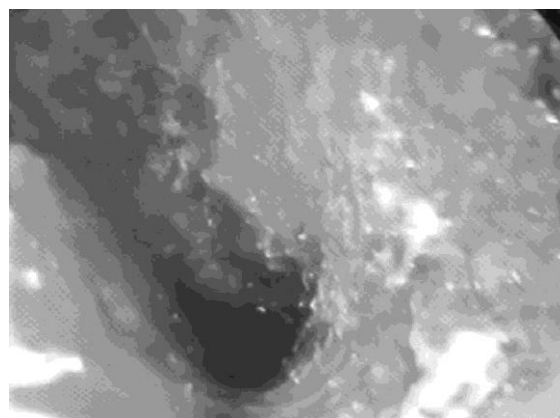


Рис. 8. Проксимальный отдел бедра (вид сверху) после ультразвуковой обработки канала бедра перед цементированием

Понятно, что цементная фиксация ножки протеза в этих условиях получается более прочной.

Исследование "географии" костной поверхности с применением микрофотографии производилось на экспериментальном (живая кость собаки) и биопсийном материале, что позволило всесторонне оценить степень чистоты поверхности перед цементированием. Полученные сравнительные изображения подтверждают высокую эффективность применения ультразвука для очистки поверхности перед цементированием, её развития и трансформации костных капилляров. На рисунке 9 представлена костная поверхность после её первичной обработки рапирами различной формы, а на рисунке 10 – та же поверхность после ультразвуковой чистки.

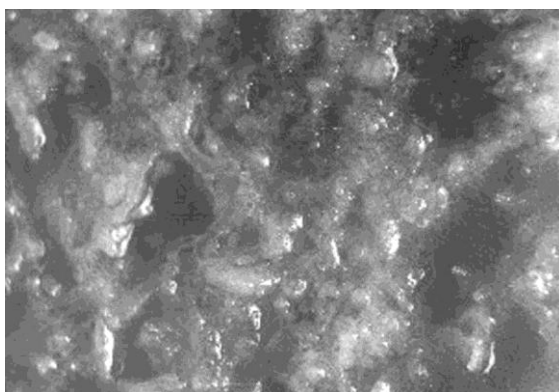


Рис. 9. Поверхность кости после традиционной обработки (римирования) и шприцевого промывания (ув.× 40)

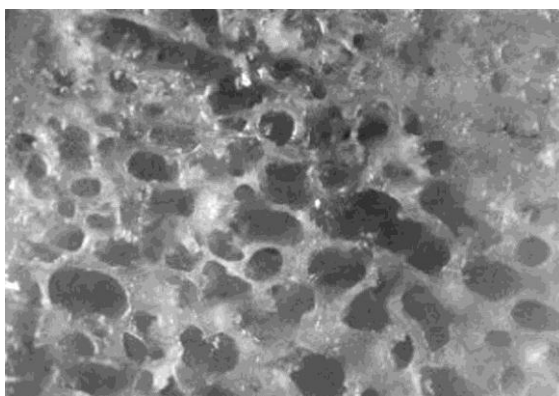


Рис. 10. Поверхность губчатой кости после ультразвуковой чистки (ув.× 40)

Хорошо видна пористая кристаллическая структура костной поверхности, отсутствие на ней костных фрагментов, сгустков крови. Имеется также существенное развитие (увеличение площади) поверхности кости для адгезии цемента. Для количественной оценки степени загрязнённости костной поверхности разработана методика, основанная на подсчёте количества загрязняющих тканевых элементов на единицу площади. Расчёты показали разницу в чистоте поверхности на порядок (в 10 раз).

Нами проведены контрольные исследования интерфейса (проникновения) цемента в губчатую кость и его адгезию к компактной кости в зависимости от технологии цементирования кости. Для оценки характера и глубины проникновения цемента в кость использовался метод микрофотографирования костно-цементных срезов. В качестве образцов сравнения использовались костно-цементные конгломераты после шприцевого промывания с вакуумированием, а также образцы после ультразвуковой обработки. На рисунке 9 представлен срез костно-цементного конгломерата после традиционной обработки, на рисунке 10 отображён срез образца, цементированного по ультразвуковой технологии.

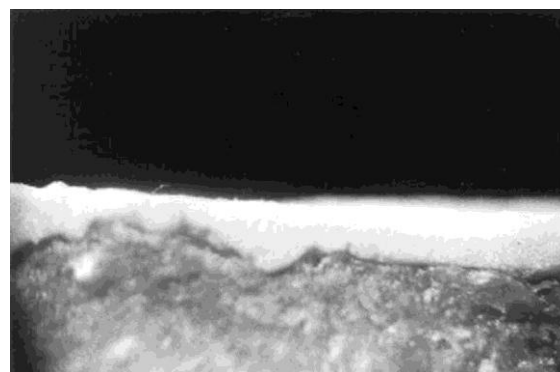


Рис. 11. Срез костно-цементного конгломерата после цементирования по традиционной технологии (ув.× 25)

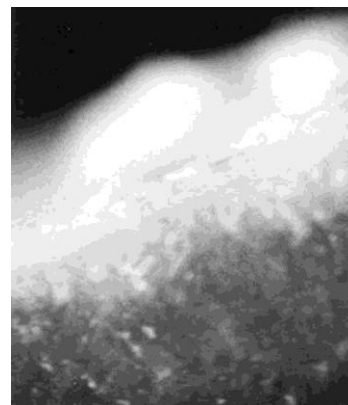


Рис. 12. Срез костно-цементного конгломерата после ультразвуковой технологической подготовки цементирования (ув.× 25)

Представленные изображения отражают суть качественного различия при формировании костно-цементного соединения. Цементирование по традиционной технологии приводит к формированию неровной зоны контакта кости и цемента с неудовлетворительным интерфейсом и даже участками неплотного прилегания. С другой стороны, цементирование после ультразвуковой подготовки обеспечивает значительное расширение площади контакта поверхности кости с цементом, проникновение цемента по костным каналам вглубь костного массива.

Учитывая лизис мелких костных фрагментов и кусочков соединительной ткани, оставшихся на границе между костью и мантией при использовании традиционной технологии, можно говорить о прогнозируемой несостоятельности цементной мантии на этих микроучастках.

Сравнительный контроль за формированием цементной мантии с использованием традиционной и ультразвуковой технологий производился при помощи микрорентгенографии. На рисунке 13 представлена выполненная на аппарате "Mammo-diagnostus" фирмы «Philips» с увеличением рентгенограмма костно-цементного конгломерата, сформированного без использования ультразвуковых технологий, а на рисунке 14 – после использования ультразвуковой подготовки костного ложа.

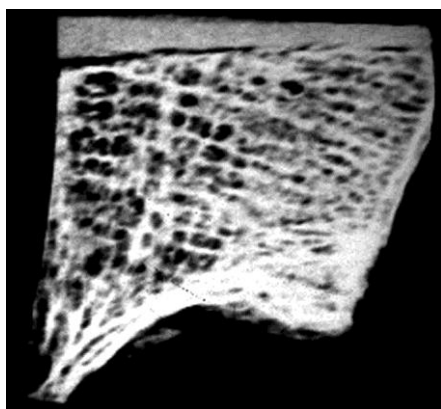


Рис. 13. Микрорентгенограмма. Срез костно-цементного конгломерата после цементирования по традиционной технологии (ув.× 8,5)

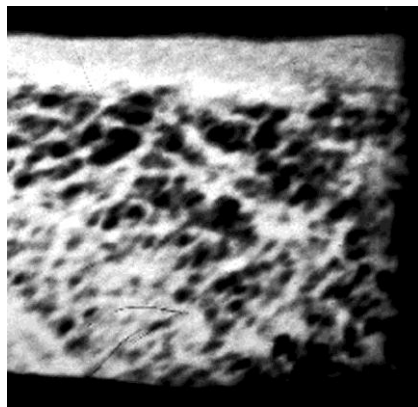


Рис. 14. Срез костно-цементного конгломерата после цементирования по ультразвуковой технологии (ув.× 8,5)

При анализе микрорентгенограммы (рис. 13) хорошо видны значительные участки диастаза между поверхностью кости и слоем цемента. После ультразвуковой обработки (рис. 14) срез монолитен, имеется проникновение цемента в кость. Диастазы между поверхностью кости и цементной мантией отсутствуют.

В конечном итоге ключевой характеристикой цементного протезирования является рентгенологическое качество цементной мантии.

Проведённые исследования подтвердили равномерность и правильность распределения цементной мантии при использовании ультразвуковой подготовки костного ложа, проникновение цемента в губчатую кость, отсутствие участков рассасывания в зонах Grune. На рисунках 15 и 16 представлены сравнительные рентгенограммы обычной и ультразвуковой технологии цементирования через 3 суток после эндопротезирования цементными имплантатами "Beznoska".



Рис. 15. Традиционное цементное эндопротезирование. Через 3 суток после операции

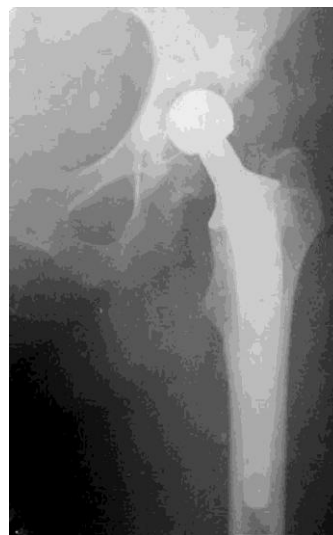


Рис. 16. Цементное эндопротезирование с ультразвуковыми технологиями. Через 3 суток после операции

Для оценки прочности сцепления и монолитности цементной мантии с поверхностью кости нами проведены экспериментальные исследования испытания прочности соединения *кость-цемент* на разрыв при формировании этого соединения традиционным способом и на основе ультразвуковой технологии. Исследования проводились на трупном материале и в ост-

ром эксперименте на животных (собаки). Испытания на разрыв проводились на разрывной машине РМ-05, рассчитанной на разрывное усилие в 500кг. Проведённой нами серией экспериментов убедительно доказано, что прочность соединения *кость-цемент* после использования ультразвуковой технологии значительно выше, чем те же параметры после традиционной обработки. Так, если разрывное усилие после традиционной подготовки костного ложа составило в среднем 12,5 Па, то после ультразвуковой обработки эти цифры в среднем достигали 263 Па. При этом во втором случае разрыв губчатой кости происходил не по месту соединения *кость-цемент*, а фактически дистальнее соединения. Столь значительная разница прочности позволила говорить нам о качественно новом, монокристаллическом соединении, что нашло своё подтверждение при морфологических исследованиях.

Полученные результаты позволили реализовать программу ранней активизации больных, перенесших цементное протезирование. Высокая прочность фиксации протезов позволила сделать вывод о возможности ранней полной нагрузки на оперированную конечность. Так, пациентам, оперированным с использованием ультразвуковых технологий, было разрешено опираться на

конечность уже на 4-6 сутки после операции. Период хождения на костылях сокращался до 2,5-3 недель. А к исходу 6-7 недели большинство пациентов отказывались от использования дополнительной опоры. При этом качество цементной мантии в целом не страдало.

Проведены исследования состояния цементной мантии через 6 месяцев после операции. На рисунках 17-18 видна разница состояния выделенной мантии, обусловленная технологией цементирования.



Рис. 17-18. Состояние цементной мантии после эндопротезирования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема совершенствования цементных технологий эндопротезирования и повышения качества подготовки костной поверхности к цементированию остаётся актуальной. В рамках концепции разделённой цементной мантии и совершенствования технологии цементирования создаются новые способы подготовки костного ложа, повышающие степень чистоты и площади поверхности. Новая технология ультразвуковой подготовки костного ложа дает возможность

решить задачу качественного цементирования высокоэффективно, в короткий временной промежуток, с минимальной травматичностью. Использование предложенной технологии в эндопротезировании позволяет снизить число ранних и отдалённых послеоперационных осложнений, обеспечить раннюю опороспособность конечности и сократить сроки послеоперационной нетрудоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Malchau H., Herberts P. ARSRAPPORT Nationalregistret for Hoftledsplastiker i Sverige // Avdelningen for Ortopedi Sablgrenska Universitetssjukhuset. - Maj, 2002. - P. 4-5.
2. Malchau H., Herberts P. Prognosis of total hip replacement. Surgical and cementing technique in THR: a revision-risk study of 134,056 primary operations // 63rd Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. - Atlanta, USA. - 1996.
3. Фокин В.А. Двадцать пять лет концепции прямой ножки // Margo anterior. -2002. - №2. - С. 1-3.
4. Koster G., Willert H., Buchhorn G.H. Endoscopy of the femoral canal in revision arthroplasty of the hip. A new method for improving the operative technique and analysis of implant failure // Arch. Orthop. Trauma. Surg. - 1999. - Vol. 119, N. 5-6. - P. 245-252.

Рукопись поступила 06.06.03.