

И.В. Усольцев, В.А. Шендеров, С.Б. Никифоров, С.А. Лепехова, О.А. Гольдберг, Н.П. Судаков, О.В. Хороших

ТОТАЛЬНОЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АСПЕКТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

ГУ НЦ реконструктивно-восстановительной хирургии ВСНЦ СО РАМН (Иркутск)

В статье представлен анализ данных литературы и результаты собственного опыта по экспериментальному исследованию процессов происходящих в костях после погружения металлических имплантатов.

Ключевые слова: *тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава, экспериментальные модели, остеогенез*

TOTAL HIP JOINT ARTHROPLASTY: EXPERIMENTAL ASPECT TO DECISION OF THE PROBLEM

I.V. Usoltsev, V.A. Shenderov, S.B. Nikiforov, S.A. Lepekhova, O.A. Goldberg, N.P. Sudakov, O.V. Khoroshikh

SE SC of reconstructive and restorative surgery of ESSC SB RAMS, Irkutsk

In the article given the analysis of the literature data and the results of the own data in experimental researching of the processes, which take place in the bones after the metal implant.

Key words: *total hip joint arthroplasty, experimental models, osteogenesis*

Прирост числа больных с патологией тазобедренного сустава признан общемировой тенденцией, обусловленной повышением травматизма, старением и гиподинамией популяции [2, 4, 5].

Увеличивается на Земле и число людей с искусственными тазобедренными суставами, которое уже в конце прошлого столетия превысило миллион. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава — детище научно-технического прогресса XX века — действительно обеспечивает прекращение болей, восстановление подвижности и опороспособности в пораженных сочленениях таких больных. Однако после этой операции, наряду с возникающими иногда жизнеопасными сосудистыми и инфекционными осложнениями, лечение которых индивидуально бывает более или менее успешным, основной проблемой остается последующая дестабилизация имплантатов — как внезапная (случайная), так и, безусловно, главная — динамическая (асептическая). Улучшение результатов операции и сокращение послеоперационных осложнений являются одними из основных проблем в современной ортопедии [3, 4, 5, 6, 7, 11].

При эндопротезировании тазобедренного сустава перед оперирующим хирургом всегда стоит задача стабильной имплантации эндопротеза. Прочная первичная фиксация эндопротеза предопределяет достижение положительного результата операции и зависит от многих факторов, основными из которых являются конструктивные особенности эндопротезов, прежде всего:

- конфигурация тазового и бедренного компонентов;
- рельеф контактных с костью поверхностей, включая пористое покрытие;

— дополнительные средства фиксации — винты, шурупы, шпонки, а также костный цемент и др.

Влияние факторов, определяющих стабильность эндопротеза, постоянно изучается во всем мире, при этом фундаментальное значение принадлежит экспериментальным исследованиям.

С этой целью Kuzuhiro et al. [24] были проведены исследования 50 собак после одностороннего бесцементного тотального замещения тазобедренного сустава титановыми протезами с пористой контактной поверхностью. В одной группе из 25 собак (группа контроля) был имплантирован титановый протез по стандартной методике. Во второй группе (группа сравнения) на пористую поверхность был нанесен слой из апатита и волластанита. Полученные результаты показали высокую эффективность крепления протезов с пористой поверхностью и в той, и в другой группе, что подтверждено как механически, так и гистологически.

Результаты этих исследований перекликаются с гистологическими исследованиями 25 пористых тазовых компонентов после бесцементного ТЭТС, полученных во время ревизионного протезирования у пациентов с остеоартрозом (14), остеонекрозом головки бедра (2), несросшимся переломом шейки бедра (1), ревматоидным артритом (1), нестабильностью тазового компонента после ТЭТС (7) [10, 19]. Все пациенты были разделены на две группы: первая группа — продолжительность имплантации < 14 недель, вторая группа — продолжительность имплантации > 14 недель. Набранные образцы были визуально оценены по стандартной методике световой микроскопии с помощью специальной градуировочной сетки, накладываемой на препара-

ты. Для всей группы исследования средняя степень костного врастания составила 15 %, а объемная доля его — 3,8 %. Из таких факторов, как продолжительность имплантации (больше или меньше 14 недель), первичное или ревизионное протезирование, пол и возраст, только продолжительность имплантации имела достаточный уровень значимости ($P < 0,05$).

Пристальному изучению подверглось использование костного цемента для прочного соединения эндопротеза с костью, что и было доказано [11, 12, 15, 17, 18, 20]. Наряду с этим Jasty et al. [16, 21] установили, что костный цемент может подвергаться изнашиванию во время периодических нагрузок на эндопротез, и это становилось причиной появления цементных частиц, способных вызывать хроническое воспаление вокруг имплантата, приводящее к его нестабильности. S.V. Goodman [15, 20] объяснял появление этих частиц недостаточным смешиванием полимера и мономера. Jones and Hungerford [25] ввели специальный термин для обозначения остеолитического процесса вокруг эндопротеза — «цементная болезнь». Однако этот процесс может быть локальным и при стабильном протезе, и в отсутствие других признаков расшатывания [8, 9, 14, 15, 16, 21].

Группа ученых во главе с S.V. Goodman [12, 15, 20] провела эксперимент на кроликах с целью установить, действительно ли костный цемент, точнее, его частицы, негативно влияют на формирование новой костной ткани [12, 15, 20]. Для этого эксперимента была разработана специальная титановая полая камера с поперечным каналом диаметром 1 мм («сборщик костной ткани»), которая имплантировалась экспериментальным животным в проксимальный метафиз большеберцовой кости. Проведенные морфологические и гистологические исследования четко подтвердили влияние цемента как фактора, угнетающего процессы остеогенеза.

Несмотря на вышеизложенные результаты, все еще большой процент протезирования тазобедренного сустава проводят с использованием костного цемента [12, 15, 20].

Помимо разработок методов, обеспечивающих надежное крепление протеза в костной ткани, активно развивается направление по выявлению ранних предикторов миграции протеза. Примером могут служить экспериментальные работы ученых Per Aspenberg и Harm van der Vis [8, 9, 14, 17, 23, 26], посвященные исследованию процессов, протекающих в костной ткани на ранних сроках после протезирования. В частности, авторы сомневаются в общепринятой теории, что мелкие частицы протеза (особенно частицы полиэтиленового вкладыша), которые образуются во время его эксплуатации, являются причиной околопротезного остеолитического процесса. Данный процесс, по их мнению, возможен, но только на более поздних этапах, а в раннем послеоперационном периоде ведущим механизмом остеолитического является давление жидкости (интерстициальной), которое возрастает при механической усадке протеза. Анализ полученных результатов подтвердил теорию об индуцированном высоким давлением остеолитическом процессе вокруг протеза.

Экспериментальные исследования, посвященные особенностям костного обрастания и крепления различных по конфигурации имплантатов, выполненные в Иркутском НИИТО [6], показали, что внедрение в бедренную кость различных металлических (стальных) имплантатов (цельных, полых, окончато-полых) однозначно грубо нарушает ее естественное состояние и происходящие в норме внутрикостные процессы, вызывая активную и в основном одинаковую реакцию в виде репаративного остеогенеза, но все же с определенными особенностями, связанными с их конструкцией. Последняя определяет и различия их последующего взаимодействия с бедренной костью. Цельные имплантаты, перекрывая весь костномозговой канал, создают механическое препятствие восстановлению единого ложа для костного мозга. Полностью обрастая новообразованной компактной костью, они как бы совсем изолируются от протекающих внутрикостных естественных процессов. Другие имплантаты наряду с пристеночным обрастанием позволяют в какой-то мере восстановить естественно расположенное гемоциркуляторное русло и единое ложе костного мозга. При полых имплантатах это происходит длительнее, чем при окончато-полых. Опережая пристеночное и балочное костеобразование, внутри имплантатов обязательно появляется мягкотканное содержимое. Оно хорошо кровоснабжается и со временем приобретает структуру костного мозга. Взаимодействуя с костным мозгом вне имплантатов, оно вовлекается в единое гемоциркуляторное русло внутри бедренной кости. Таким образом, окончато-полые имплантаты оказались более «физиологичными» и доступными большему обрастанию и, соответственно, креплению костной тканью. Эти критерии, дополняющие характеристику имплантатов, целесообразно учитывать при разработке эндопротезов костей и суставов.

Полученные сведения послужили основанием для продолжения исследований в этом направлении.

С целью более полного изучения процессов, происходящих при взаимодействии имплантата и окружающей костной ткани, в период 2007—2008 годов в экспериментальном отделе ГУНЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН был осуществлен ряд экспериментов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом для исследования стали крысы-самцы линии Вистар (6—8 месяцев). В данном эксперименте были использованы окончато-полые титановые имплантаты $d = 1,5$ мм, марка титана — Т 0.1.

Были созданы следующие группы исследования:

1. Группа крыс с титановым штифтом в канале бедренной кости ($n = 10$).
2. Группа ложнопериоперированных крыс ($n = 10$).
3. Группа контроля ($n = 10$).

Для изучения процессов, происходящих в проксимальном отделе бедренной кости крысы, после имплантации туда по стандартной методике окончато-полых титановых имплантатов производились:

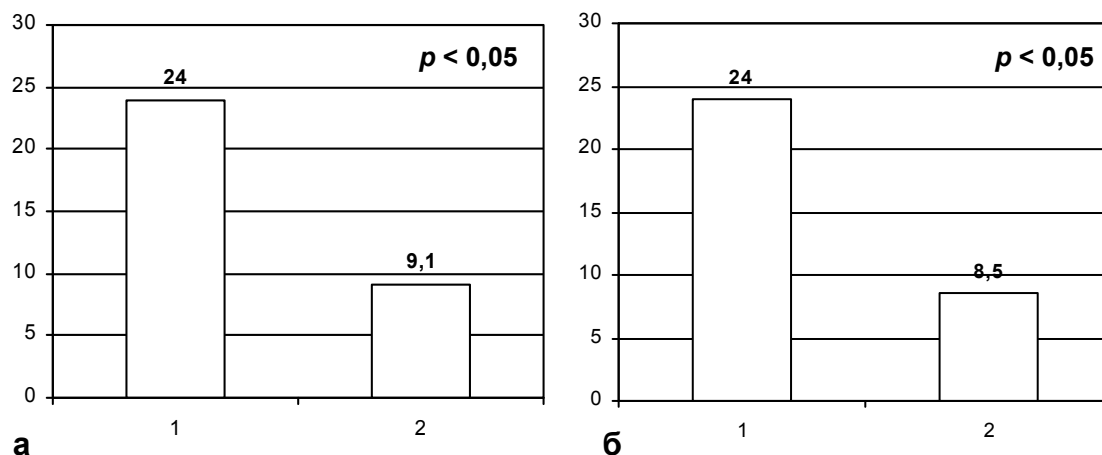


Рис. 1. Показатели относительной плотности костной ткани в группах 1 и 2 (а), 1 и 3 (б).

- рентгенологический контроль (1сутки, 60 суток);
- денситометрия цифровых изображений рентгенограмм бедренных костей крыс с помощью программы Adobe Photoshop 6.0;
- миелограммы костного мозга (оперированная конечность и контроль);
- морфологические исследования: костная ткань в зоне расположения титанового имплантата, поперечные и продольные срезы бедренной кости на различных уровнях.

Лабораторные методы – биохимические показатели минерального обмена (общая щелочная фосфатаза, неорганический фосфат, Са сыворотки).

Статистический анализ: критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По окончании экспериментального раздела работы и забора материала были получены следующие данные.

Рентгенологический и денситометрический анализ плотности костной ткани бедренной кости выявил увеличение относительных показателей в группе с окончато-полыми титановыми имплантатами более чем в 2,5 раза по отношению к группе ложнооперированных крыс и группе контроля (рис. 1а, б).

Биохимические показатели общей щелочной фосфатазы, неорганического фосфора и кальция сыворотки продемонстрировали абсолютное преобладание всех показателей в группе крыс с окончато-полыми титановыми имплантатами, по сравнению с группами ложнооперированных крыс и контроля (рис. 3, 4, 5).

При сравнении показателей миелограмм группы крыс с окончато-полыми титановыми имплантатами с группой контроля достоверной разницы обнаружено не было, с той лишь разницей, что в группе 1 было отмечено увеличение количества бластных клеток ($p < 0,05$).

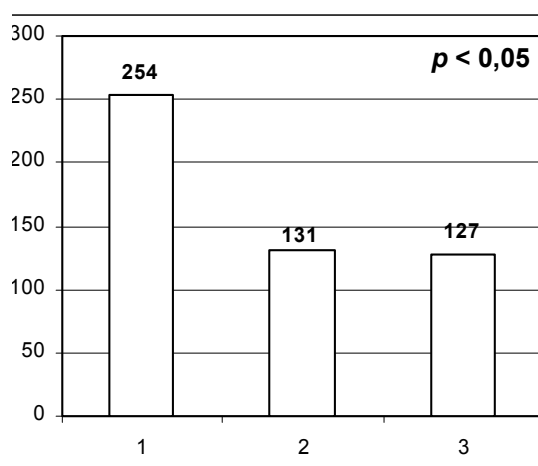


Рис. 2. Показатели минерального обмена костной ткани в группах 1, 2, 3: общая щелочная фосфатаза (Ед/л).

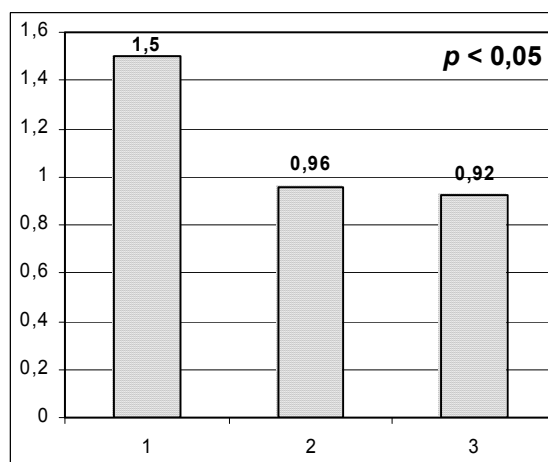


Рис. 3. Показатели минерального обмена костной ткани в группах 1, 2, 3: фосфор (ммоль/л).

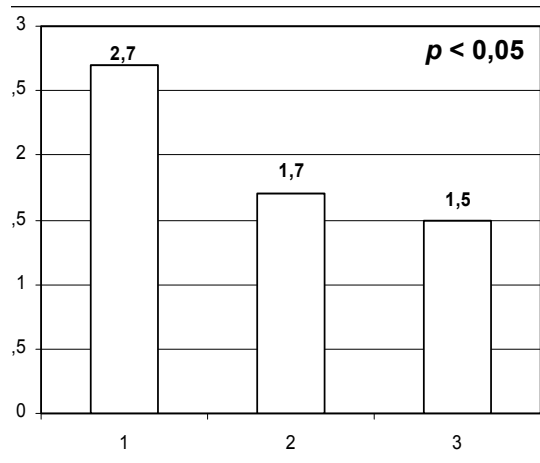


Рис. 4. Показатели минерального обмена костной ткани в группах 1, 2, 3: кальций сыворотки (ммоль/л).

При морфологическом исследовании костной ткани в зоне расположения титанового имплантата было отмечено образование костно-фиброзной капсулы и явление неангиогенеза (рис. 5).

ВЫВОДЫ

1. Полученная экспериментальная модель демонстрирует патогенетические механизмы взаимодействия титанового имплантата и бедренной кости, проявляющиеся формированием костно-фиброзной капсулы, адаптивной перестройки костной ткани, изменением состава костного мозга и минерального обмена.

2. Имплантат окончатого-полый конфигурации вызывает более физиологичную адаптивно-компенсаторную реакцию костной ткани с формированием окружающей его костно-фиброзной капсулы и процессом неангиогенеза в проксимальном отделе бедренной кости крысы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конечно, это не весь перечень существующих работ и точек зрения, касающихся очень сложного процесса, развивающегося в костной ткани после

имплантации разных по конфигурации металлоконструкций. Тем не менее, представленные данные литературы и собственных исследований достаточно позволяют определить перспективу и возможности решения проблемы имплантации искусственных суставов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карлов А.В. Системы внешне фиксации и регуляторные механизмы оптимальной биомеханики / А.В. Карлов, В.П. Шахов. — Томск, 2001. — 480 с.
2. Корж А.А. Эндопротезирование тазобедренного сустава (актуальность и перспективы) / А.А. Корж, В.А. Танькут // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1995. — № 4. — С. 4—8.
3. Особенности костного обрастания и крепления различных по конфигурации имплантатов в эксперименте / В.А. Шендеров и др. // Травматология и ортопедия России. — 1996. — № 2. — С. 33—37.
4. Ошибки и опасности при эндопротезировании тазобедренного сустава, их предупреждении и лечении / Н.В. Корнилов и др. // Труды 6 съезда травматологов и ортопедов России. — Н. Новгород, 1997. — С. 568.
5. Прохоренко В.М. Ревизионные оперативные вмешательства при эндопротезировании тазобедренного сустава: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В.М. Прохоренко. — Новосибирск, 1999. — 40 с.
6. Шендеров В.А. Тотальное сохраняюще-корректирующее эндопротезирование тазобедренного сустава: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В.А. Шендеров. — Иркутск, 1992. — 42 с.
7. Шерепо К.М. Асептическая нестабильность при тотальном эндопротезировании тазобедренного сустава: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / К.М. Шерепо. — М., 1990. — 48 с.
8. Aspenberg P. Periprosthetic bone resorption: particles versus movement / P. Aspenberg, P. Herbertsson // J. Bone Joint Surg. (Br.). — 1996. — Vol. 78. — P. 641—646.

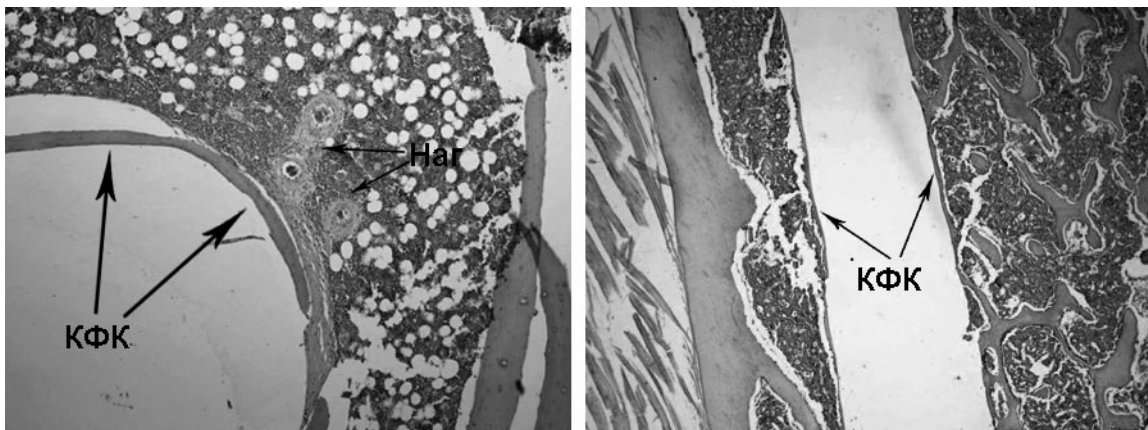


Рис. 5. Срез проксимального отдела бедренной кости крысы с новообразованной костно-фиброзной капсулой (КФК) и явлением неангиогенеза (Наг). Окраска гематоксилин-эозин.

9. Benign cellular responses to different wear particles in intra-articular and intramedullar environments in rats / H. Van Der Vis et al. // *J. Bone Joint Surg. (Br.)*. — 1997. — Vol. 79. — P. 837–844.
10. Bone lysis in well-fixed cemented femoral components / W. Maloney et al. // *J. Bone Joint Surg. (Br.)*. — 1990. — Vol. 72. — P. 966–970.
11. Charnley J. Low-friction arthroplasty of the hip. Theory and practice / J. Charnley. — N.-Y.: Springer Verlag, 1979. — 314 p.
12. Emmanual J. Fabricated and actual bone cement wear particles in an in vitro system / J. Emmanual, A.K. Hedley // *Trans 17th Ann Meet Soc Biomaterials*. — 1991. — Vol. 14. — P. 207.
13. Endosteal erosion in association with stable uncemented femoral components / W.J. Maloney et al. // *J. Bone Joint Surg. (Am.)*. — 1990. — Vol. 72 (7). — P. 1025–1034.
14. Fluid pressure causes bone resorption in a rabbit model of prosthetic loosening / H. Van Der Vis et al. // *Clin. Orthop.* — 1997. — Vol. 342. — P. 151–54.
15. Goodman S.B. Prostaglandin E2 levels in the membrane surrounding bulk and panicle polymethylmethacrylate in the rabbit tibia. A preliminary study / S.B. Goodman, R.C. Chin // *Clin. Orthop.* — 1990. — Vol. 257. — P. 305–309.
16. Histomorphological studies of the long-term skeletal responses to well-fixed cemented femoral components / M. Jasty et al. // *J. Bone Joint Surg. (Am.)*. — 1990. — Vol. 72 (8). — P. 1220–1229.
17. Intermittent micromotion inhibits bone ingrowth / P. Aspenberg et al. // *Acta. Orthop. Scand.* — 1992. — Vol. 63 (2). — P. 141–145.
18. Localized endosteal bone lysis in relation to the femoral components of cemented total hip arthroplasties / P.P. Anthony et al. // *J. Bone Joint Surg. (Br.)* — 1990. — Vol. 72 (6). — P. 971–979.
19. Measuring the volume fraction of bone ingrowth: a comparison of three techniques / D.R. Sumner et al. // *J. Orthop. Res.* — 1990. — Vol. 8 (3). — P. 448–452.
20. Polyethylene and titanium alloy particles reduce bone formation. Dose dependence in bone harvest chamber experiments in rabbits / S. Goodman et al. // *Acta. Orthop. Scand.* — 1996. — Vol. 67. — P. 599–605.
21. Polymethylmethacrylate induced release of bone-resorbing factors / J.H. Herman et al. // *J. Bone Joint Surg. (Am.)*. — 1989. — Vol. 71 (10). — P. 1530–1531.
22. Short periods of oscillating fluid pressure directed at a titanium-bone interface in rabbits leads to bone lysis / Van Der Vis H. et al. // *Acta. Orthop. Scand.* — 1998. — Vol. 69 (1). — P. 5–10.
23. Sumner D.R. Bone ingrowth / D.R. Sumner, J.O. Galante // *Surgery of the musculoskeletal system*. Ed. C. McEverts. — N.-Y.: Churchill Livingstone, 1990. — P. 151–176.
24. The initiation of failure in cemented femoral components of hip arthroplasties / M. Jasty et al. // *J. Bone Joint Surg. (Br.)*. — 1991. — Vol. 73 (4). — P. 551–558.
25. Tissue ingrowth and differentiation in the bone-harvest chamber in the presence of cobalt chromium alloy and high density polyethylene particles / S. Goodman et al. // *J. Bone Joint Surg. (Am.)*. — 1995. — Vol. 77. — P. 1025–1035.
26. Van Der Vis H. Wear, particles and physical factors in loosening of hip prostheses / H. Van Der Vis — Amsterdam, 1997. — P. 14–16.
27. Willert H.G. Osteolysis in alloarthroplasty of the hip. The role of ultra-high molecular weight polyethylene wear particles / H.G. Willert, H. Bertram, G.H. Buchhorn // *Clin. Orthop.* — 1990. — Vol. 258. — P. 95–121.