

УДК 616.718.4-002.4-021.4-089.853

Обоснование применения фенестрирующей остеотомии на ранних стадиях асептического некроза головки бедренной кости у взрослых

Г.Д. Олиниченко², В.А. Филиппенко¹, З.М. Мителева¹, Н.Ю. Полетаева¹

¹ ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко НАМН Украины», Харьков

² Городская больница № 9, Севастополь. Украина

The article contains materials of experimental studies (measuring of intraosseous pressure, experiments on anatomical preparations, calculation by the finite element method), whose results made it possible to objectively ground performance of a new operation in conditions of aseptic necrosis of the femoral head. These studies made it possible to use the operation at the Institute clinic and therefore are of great theoretical and practical importance.

Представлено матеріали експериментальних досліджень (вимірювання внутрішньокісткового тиску, досліди на анатомічних препаратах, розрахунок методом кінцевих елементів), результати яких дозволили об'єктивно обґрунтувати виконання нової операції в умовах асептичного некрозу головки стегнової кістки. Ці дослідження дали змогу застосувати операцію в клініці і тому мають важливе теоретичне і практичне значення.

Ключевые слова: асептический некроз головки бедренной кости, метод конечных элементов, туннелизация, фенестрирующая остеотомия, керамопластика

Введение

В мире накоплен огромный опыт применения различных хирургических вмешательств на всех стадиях асептического некроза головки бедренной кости (АНГБК). На I стадии чаще всего применяются различные варианты туннелизации шейки бедренной кости. Для лечения на II стадии АНГБК наиболее распространены различные варианты корригирующих остеотомий бедренной кости и их сочетания с пластикой очага некроза. На III–IV стадиях чаще всего выполняют эндопротезирование.

Все типы операций, воздействующих на некротический очаг, мало влияют на пространственное положение головки бедренной кости в вертлужной впадине, т. е. ее нагружение в зоне очага некроза остается прежним. Такой существенный недостаток может привести к прогрессированию АНГБК, но корригирующие остеотомии бедренной кости улучшают биомеханические условия нагружения суставных поверхностей, обеспечивая гиперваскуляризацию ее проксимального отдела, и воздействуют на нервные внутрикостные сплетения. В то же время последующее применение фиксирующих устройств для стабилизации костных фрагментов

может сопровождаться их замедленной консолидацией и металлозом, а устройства требуют повторной операции для их удаления. Некоторые остеотомии бедренной кости, способствуя частичному выведению очага некроза из нагружаемой зоны, не сопровождаются воздействием на сам очаг. Несмотря на это, остеотомии получили наиболее широкое признание.

Однако в связи с неудовлетворительными результатами лечения АНГБК можно проследить интерес к данной проблеме, особенно на ранних стадиях АНГБК. Сегодня вновь отмечается на этих стадиях процесса возврат к туннелизации шейки бедренной кости и ее вариантам, особенно в связи с невозможностью воздействовать на причину патологии.

Туннелизация шейки бедренной кости на ранних стадиях АНГБК является общепринятой операцией. Однако ее эффект (улучшение кровообращения со снижением внутрикостного давления) может оказаться кратковременным из-за быстрого заполнения туннеля костной тканью, приводящего снова к повышению давления. В связи с этим С. J. Veillette и соавт. [8] вводили в туннель стержень из пористого тан-

тала. Авторы считают, что этим достигается достаточная декомпрессия, обеспечивается механическая поддержка кости при минимальной инвазивности операции. Положительные результаты лечения были достигнуты у 87,4–96,4% пациентов.

Другие хирурги замещают некротический очаг (после его удаления) различными трансплантатами (свободными и несвободными). Так, X. Guo и соавт. [5] сочетали декомпрессию с пересадкой аллогенной малоберцовой кости у 22 пациентов. У 17 пациентов значительно уменьшились клинические проявления заболевания. Благодаря небольшой травматичности операции функция сустава была восстановлена в течение 2–4 недель. Авторы считают, что этот метод эффективен хотя бы на непродолжительный срок, а его отдаленные результаты еще нуждаются в изучении.

М.А. Mont и соавт. [7], Н. Li и С. Zhang [6] установили эффективность декомпрессии с трансплантацией невазуляризованной и васкуляризованной малоберцовой кости у 60–80% пациентов с ранними стадиями АНГБК, наблюдавшихся в течение 5–10 лет.

На наш взгляд, пластика очага свободными трансплантатами требует длительного периода реабилитации пациентов, т. к. резорбция трансплантата снижает его механическую прочность и делает необходимой продолжительную разгрузку конечности, поскольку даже физиологическая нагрузка может оказаться неадекватной и вызвать деформацию головки. Заполнение полости аутоотрансплантатами на сосудистой ножке (несвободная пластика) не всегда надежно из-за возможного перекручивания сосуда, его компрессии или обтурации. Небольшие размеры аутоотрансплантата не всегда позволяют полностью заместить полость в головке бедренной кости.

В последние годы широко применяемый метод декомпрессии путем туннелизации был дополнен стимуляцией остеогенеза аутологичными клетками костного мозга. В 2004 году было опубликовано исследование метода клеточной терапии на ранних стадиях АНГБК с хорошими клиническими результатами [2–4].

В 2006 году Z.O. Yan и соавт. [9] оценили клиническую эффективность и безопасность лечения АНГБК методом чрескожной декомпрессии путем туннелизации с инфузией моноклеарных клеток аутогенного костного мозга. Аналогичный метод успешно применили Б.Г. Климовицкий, В.М. Окайша, В.Ю. Черныш [1]. Авторы наблюдали улучшение клинических показателей (в среднем на 28%), особенно на ранних стадиях заболевания, и отсутствие каких-либо осложнений.

Вероятно, что для увеличения эффективности основной декомпрессии можно также применять стимуляцию остеогенеза путем введения различных биологических факторов роста и дифференцировки. Нам представляется, что дальнейшая разработка этого направления лечения ранних стадий АНГБК достаточно перспективна.

Таким образом, широкий диапазон применяемых хирургических вмешательств говорит об отсутствии общепризнанного способа хирургического лечения на ранних стадиях асептического некроза и четких показаний к нему.

До сих пор не определен рациональный хирургический доступ к очагу некроза, не ясно, как лучше учесть важный биомеханический фактор обеспечения прочности костной ткани в очагах поражения, мало представлены теоретические предпосылки различных методов. Обращает на себя внимание тот факт, что многие из вышеупомянутых хирургических методик недостаточно обоснованы биомеханически, что ограничивает адекватный выбор их индивидуального применения. Следует также учесть, что диагностика на ранних стадиях АНГБК крайне затруднена. В этом отношении нам представляется более перспективной для лечения на ранних стадиях АНГБК методика туннелизации шейки и головки бедренной кости с удалением очага некроза и пластикой образовавшейся полости современными костеподобными материалами.

На основе вышеизложенного очевидно, что необходимы углубленные исследования по этой проблеме, разработка новых методов для максимального продления функции тазобедренного сустава.

Цель работы — теоретическое обоснование хирургического лечения на ранних стадиях АНГБК у взрослых.

Материал и методы

В работе использованы следующие методы исследования: изучение внутрикостного давления проксимального отдела бедренной кости в динамике (до и после оперативного вмешательства); математическое моделирование (методом конечных элементов) для оценки напряженно-деформированного состояния при различных вариантах ориентации и диаметра туннелей к очагу некроза в головке бедренной кости, а также после пластики очага с применением смеси бифазной керамики с аутокостью; экспериментальные исследования (на анатомических препаратах) для обоснования минимизации хирургического вмешательства.

Математические исследования проводили на объемной модели проксимального отдела бед-

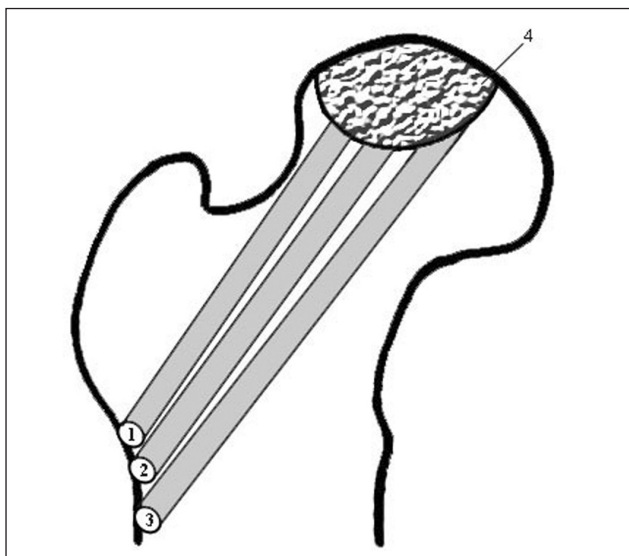


Рис. 1. Схема различных вариантов ориентации туннелей в проксимальном отделе бедренной кости (1 — верхний, 2 — срединный, 3 — нижний, 4 — зона некроза)

ренной кости, за основу которой взята модель, разработанная в лаборатории биомеханики ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко НАМН Украины». При построении модели использовали томографические срезы, проведенные через 5–10 мм в проксимальном отделе бедренной кости, а также учитывали сложное строение кости: задавали характеристики хрящевой, кортикальной, губчатой и субхондральной костной тканей.

Результаты и их обсуждение

Математическое моделирование. На объемной модели проксимального отдела бедренной кости изучали влияние различных вариаций туннелизации на напряженно-деформированное состояние модели:

- варианты ориентации туннелей в проксимальном отделе бедренной кости (верхний, срединный, нижний) (рис. 1);
- диаметр туннелей;
- заполнение туннелей и полостей в головке и шейке бедренной кости бифазной керамикой.

Проведен сравнительный анализ этих вариантов. Моделирование очага АНГБК позволило определить повышение (по сравнению с нормой) напря-

женного состояния, особенно в субхондральном слое головки, в 2,7 раза (270%) с неравномерностью его распределения.

В результате математического моделирования было показано, что расположение туннеля в верхней (латеральной) части шейки бедренной кости является оптимальным (табл. 1).

Сравнительный анализ туннелей разного диаметра показал зависимость распределения напряжений в шейке бедренной кости от диаметра туннеля и его расположения. При значительном увеличении диаметра туннеля уровень напряжений возрастал до 40%, максимальные напряжения определены вдоль медиальной части шейки бедренной кости. Чрезмерное увеличение диаметра туннеля может снизить прочность шейки и ее несущую способность, что может привести к микропереломам и замедлению репаративных процессов. Из результатов сравнительного анализа установлено, что оптимальный диаметр туннеля должен быть не больше 12 мм (рис. 2).

Максимальное упрочнение дефекта костной ткани и снижение напряжений в шейке бедренной кости, как один из важнейших факторов в цепи патогенеза АНГБК, обеспечивают заполнением дефекта керамическими имплантатами (рис. 2).

Анализ полученных нами результатов показал, что в субхондральном слое после заполнения туннелей бифазной керамикой отличие напряженно-деформированного состояния модели от нормы для всех видов туннелизации незначительное. В верхней части шейки проведение латерального туннеля с его заполнением бифазной керамикой позволило понизить напряженное состояние, а проведение среднего и медиального туннелей увеличило его уровень на 30%. Наибольшее отличие напряженно-деформированного состояния между вариантами проведения туннелей наблюдали в середине шейки модели бедренной кости. При средней ориентации туннеля напряжение в середине шейки модели было в 2,5 раза выше, чем при верхнем его расположении и в 3,4 раза выше, чем при нижнем. На диаграмме видно, что наиболее приближенным к норме является вариант проведения латерального (верхнего) туннеля с заполнением его бифазной керамикой.

Таблица 1. Распределение интенсивности напряжений в проксимальном отделе бедренной кости при различном расположении туннеля

Зоны проксимального отдела бедренной кости	Расположение туннеля			Норма, МПа
	верхний туннель, МПа	средний туннель, МПа	нижний туннель, МПа	
Субхондральный слой	1,4	1,4	1,4	1,2
Верхняя часть шейки	5,6	7,4	8,1	6,2
Середина шейки	2,2	5,6	7,5	0,9
Нижняя часть шейки	8,3	8,7	7,2	8,4

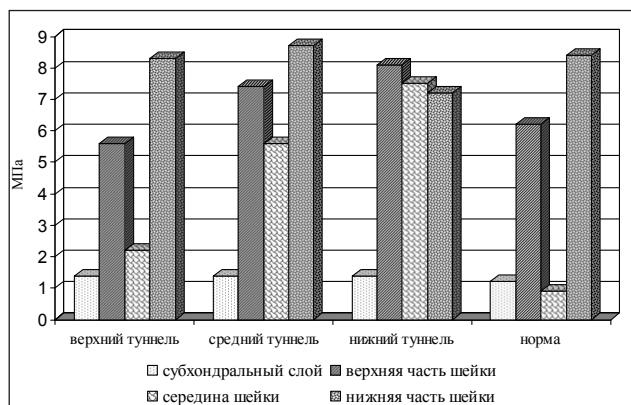


Рис. 2. Диаграмма уровней напряженного состояния костной ткани при заполнении туннелей бифазной керамикой

Эти математические исследования явились важной составляющей для обоснования фенестрирующей остеотомии бедренной кости.

Полагаем, что исследования сложного процесса АНГБК с помощью метода конечных элементов позволят уточнить его диагностику и повлиять на стратегию и тактику хирургического лечения. Изучаемый вид хирургического вмешательства сочетает в себе преимущества туннелизаций и остеотомий бедренной кости, причем травматичность, присущая последним, в нем минимизирована, а ориентация, диаметр туннеля и замещение очага некроза обоснованы биомеханически.

Исследование внутрикостного давления. Для клинического обоснования фенестрирующей остеотомии было также проведено сравнительное исследование внутрикостного давления (ВКД) у больных, прооперированных таким способом и после проведения корригирующей межвертельной остеотомии.

Все пациенты (21 больной с АНГБК) были разделены на две группы. Первую группу составили 9 пациентов, у которых была выполнена фенестрирующая остеотомия с пластикой очага некроза. Во вторую группу вошли 12 пациентов, которым выполнена корригирующая межвертельная остеотомия.

Анализ полученных данных (табл. 2) показывает, что отличие показателей ВКД до операции и после нее в обеих группах больных статистически незначимо ($p < 0,05$). Это позволяет утверждать,

что менее травматичная фенестрирующая остеотомия не уступает по своей эффективности более травматичной корригирующей межвертельной остеотомии.

Экспериментальное биомеханическое обоснование методики фенестрирующей остеотомии (с пластикой очага некроза) проводили на анатомических препаратах бедренных костей (4 опытные и контрольная серии). Результаты эксперимента показали, что:

- при частичном разрушении головки бедренной кости после моделирования АНГБК прочность кости уменьшается на 30%;
- фенестрирующая остеотомия из вертельной зоны не изменяет характеристик прочности кости, а в случае с керамопластикой прочность увеличивается на 10%;
- при фенестрации из подвертельной зоны устойчивость кости к разрушению уменьшается в 2 раза.

Методика операции. Суть разработанной хирургической методики заключается в следующем. Переднебоковым доступом к тазобедренному суставу из вертельной зоны полый фрезой (диаметром 12 мм) по верхнему краю шейки бедренной кости проходят к верхнему полюсу головки. Затем удаляют костный трансплантат-кern, оценивая его проксимальный конец. Выполняют эксхондлеацию некротической костной ткани. Извлеченный kern вертельной частью вводят в отверстие до субхондрального слоя и плотно заклинивают передатчиком, выполняя аутопластику полости очага под хрящом. Оставшуюся полость отверстия в области шейки и вертела заполняют керамическими имплантатами. Внешняя иммобилизация больным не требуется. Им разрешают вставать и ходить с помощью костылей с дозированной нагрузкой на оперированную конечность на следующие сутки после операции. Переход опоры с костылей на трость начинают осуществлять с 6 до 12 мес.

На основе проведенных исследований была построена схема обследования пациентов с подозрениями на АНГБК, которая предполагает:

1. Тщательное клиническое обследование с учетом анамнеза, жалоб и объективных анатомических изменений.

Таблица 2. Средние показатели внутрикостного давления у больных АНГБК (в зависимости от стадии и хирургического вмешательства)

Группа пациентов	Стадия заболевания	Данные ВКД, кПа		p
		до операции	после операции	
Первая (9 человек)	0–I (7 человек)	19,3±1,3	2,3±0,2	<0,05
	I–II (2 человека)			
Вторая (12 человек)	II (6 человек)	17,0±1,1	1,9±0,2	<0,05
	III (6 человек)			

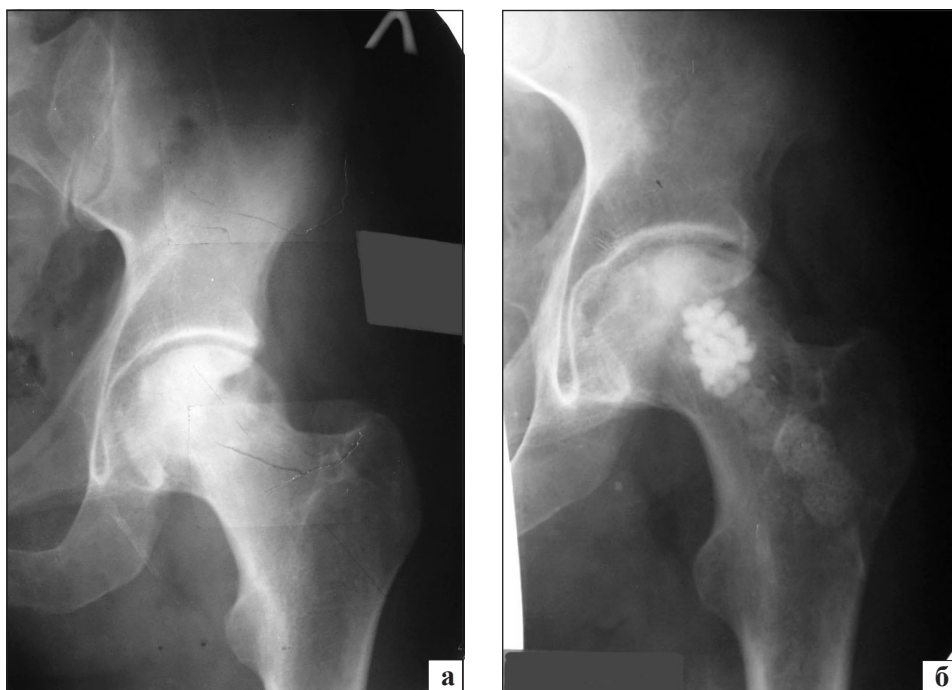


Рис. 3. Фотоотпечатки рентгенограмм левого тазобедренного сустава больного Г., 38 л.: а) до операции; б) через 10 лет после операции

2. Полноценное рентгенологическое обследование, направленное на выявление признаков АНГБК. При их отсутствии применяют следующую диагностическую методику:

- измерение внутрикостного давления; если давление достоверно повышено или результаты исследования сомнительные, назначается МРТ;
- МРТ является конечным этапом обследования, позволяющим уточнить диагноз.

Таким образом, окончательный диагноз можно поставить только при комплексном обследовании пациента. Результаты лечения больных, оперированных по разработанному методу, прослежены в сроки от 1 до 10 лет и разделены на хорошие, удовлетворительные и неудовлетворительные. Хорошие и удовлетворительные результаты были получены на 0–I–II стадиях АНГБК и составили 94,1%. Неудовлетворительные имели место у больных с избыточной массой тела и развитием АНГБК на фоне артрозных изменений в суставах.

Положительные результаты в поздние сроки после операции позволяют отдалить эндопротезирование суставов.

У ряда больных нами отмечена безуспешность консервативного лечения на протяжении 1–2 лет, что могло способствовать прогрессированию заболевания и ухудшать результаты хирургического лечения. Для примера положительного результата приводим следующее наблюдение.

Клинический пример

Больной Г., 38 лет, поступил в клинику 15.02.1999 г. с жалобами на боль в левом тазобедренном суставе,

которая появилась в 1997 г. после физической нагрузки. В 1998 г. боль усилилась, консервативное лечение в поликлинике не принесло желаемого результата.

Диагноз при поступлении: асептический некроз головки левой бедренной кости II ст. Клинически определяли умеренную атрофию мягких тканей левого бедра (2–3 см). Движения в тазобедренных суставах: в сагиттальной плоскости справа $100^{\circ}/0^{\circ}/10^{\circ}$, слева $90^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$; фронтальной – справа $15^{\circ}/0^{\circ}/15^{\circ}$, слева $5^{\circ}/0^{\circ}/15^{\circ}$; ротация наружная/внутренняя – справа $35^{\circ}/0^{\circ}/10^{\circ}$, слева $0^{\circ}/0^{\circ}/5^{\circ}$.

Рентгенологически в левом тазобедренном суставе выявлено резкое сужение суставной щели, субхондральный склероз, в головке — очаги лизиса костной ткани со склерозированной серповидной полосой. Замыкательная пластинка сохранена за исключением среднего отдела головки (рис. 3, а). Фенестрирующая остеотомия левой бедренной кости, некрэктомия, керамопластика произведены 25.02.1999 г. Послеоперационный период протекал без осложнений. При повторных осмотрах (10 лет после операции) определяли постепенное улучшение движений в оперированном суставе. Незначительные боли возникали после длительной ходьбы. Наблюдала незначительную хромоту на левую ногу (рис. 3, б).

Анализ результатов лечения показал, что даже правильно расположенные керамические имплантаты при разных поражениях и ориентации очага некроза костной ткани могут вызывать различный биомеханический эффект. Выбор оптимальных

параметров (рациональная ориентация и диаметр туннеля, использование адекватных керамических имплантатов и аутопластики) повышает эффективность лечения АНГБК на ранних стадиях.

Заключение

Проведенные исследования позволили теоретически обосновать разработанную хирургическую методику, обеспечить частоту положительных результатов лечения, отдалить сроки эндопротезирования. Это позволяет рекомендовать данный способ хирургического лечения для клинической практики.

Литература

1. Климовицкий Б.Г. Перспектива использования клеточных технологий при лечении аваскулярного некроза головки бедренной кости: мат. Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю / Б.Г. Климовицкий, В.М. Окайша, В.Ю. Черныш. — Київ, 2009. — С. 67–68.
2. Gangji V. Abnormalities in the replicative capacity of osteoblastic cells in the proximal femur of patients with osteonecrosis of the femoral head / V. Gangji // *J. Rheumatol.* — 2003. — Vol. 30. — P. 348–351.
3. Gangji V. Treatment of osteonecrosis of the femoral head with implantation of autologous bone-marrow cells. Surgical technique / V. Gangji, J.P. Hauzeur // *J. Bone Joint Surg.* — 2005. — Vol. 87-A, № 41. — P. 106–112.
4. Gangji V. Treatment of osteonecrosis of the femoral head with implantation of autologous bone-marrow cells. A pilot study / V. Gangji // *J. Bone Joint Surg.* — 2004. — Vol. 86-A, № 45. — P. 1153–1160.
5. Surgical treatment of necrosis of the femoral head in early stages with core depression and allo-fibular grafting / X. Guo, B. Dou, Y. Zhou, Y. Li // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* — 2005. — Vol. 19, № 9. — P. 697–699.
6. Li H. Progress of joint-preserving procedures for treatment of avascular necrosis of femoral head / H. Li, C. Zhang // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* — 2006. — Vol. 20, № 6. — P. 655–658.
7. Core decompression and nonvascularized bone grafting for the treatment of early stage osteonecrosis of the femoral head / M.A. Mont, G.A. Marulanda, T.M. Seyler et al. // *Instr. Course Lect.* — 2007. — Vol. 56. — P. 213–220.
8. Survivorship analysis and radio-graphic outcome following tantalum rod insertion for osteonecrosis of the femoral head / C.J. Veillette, H. Mehdian, E.H. Schemitsch et al. // *J. Bone Joint Surg.* — 2006. — Vol. 88-A, № 47. — P. 48–55.
9. Yan Z.O. Treatment of osteonecrosis of the femoral head by percutaneous decompression and autologous bone marrow mononuclear cell intusion / Z.O. Yan, X.S. Chen, W.J. Xi // *Clin. Traumatol.* — 2006. — Vol. 9, № 1. — m. 8-7.