

Консервативні методи лікування використані в 44,9% випадків. Серед оперативних методик (55,1%) були застосовані: закрита інструментальна репозиція в нашій модифікації, черезкістковий і накістковий остеосинтез. Результативність проведеного дослідження оцінювали за шкалою клініко-функціональних показників AOFAS і FFI. **Результати.** Наслідки лікування вивчені у 37 (65,3%) пацієнтів, з терміном спостереження від 1 до 5 років з моменту травми, що підтвердило ефективність оперативного лікування, а також реабілітаційних заходів. Середній показник результатів консервативного лікування в досліджуваній групі пошкоджень за шкалою AOFAS склав $61,2 \pm 2,1$ балів, за FFI – $42,0 \pm 1,1$ бали, при оперативному, відповідно, $78,2 \pm 0,6$ і $14,7 \pm 0,2$ балів ($p < 0,05$). Позитивні результати при консервативному лікуванні білатеральних переломів п'яткової кістки отримані у 21,62% хворих, при оперативному – у 67,57%. При аналізі віддалених результатів лікування відзначено, що погані результати пов'язані з неефективністю застосування традиційних методів. Середній термін непрацездатності в цій групі склав $8,2 \pm 2,5$ міс., у групі оперованих хворих – $5,7 \pm 1,9$ міс. **Висновки.** Проблема лікування білатеральних переломів п'яткової кістки вимагає подальшого удосконалення малоінвазивних методик репозиції, які дозволять підвищити надійність відновлення її анатомії та забезпечать отримання сприятливих результатів ушкоджень даної локалізації.

Ключові слова: п'яткова кістка, білатеральні ушкодження, лікування.

УДК 616.728.3-089.844-089.193.4

Компенсация крупных костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава с применением индивидуальных 3D-имплантатов

Косяков А.Н., Гребенников К.А., Милосердов А.В., Федин Е.М., Нечай А.А.
Киевский городской центр эндопротезирования хирургии и реабилитации
(Киевская городская клиническая больница № 12), г. Киев
Компания "UYAWA", г. Киев

Резюме. Актуальность. Тотальное эндопротезирование коленного сустава – метод выбора в лечении большого спектра заболеваний и последствий травм коленного сустава. Высокая клиническая эффективность метода подтверждается большим числом проводимых ежегодно во всем мире операций тотальной артродластики (около 700 000 только в США), и количество их неуклонно растет [4]. Основные тенденции развития эндопротезирования в Украине неизбежно повторяют опыт западных стран за исключением некоторых социально-экономических особенностей. Количество тотальных артродластик коленного сустава ежегодно увеличивается, и в обозримом будущем их число сравняется или даже превысит количество эндопротезирований тазобедренного сустава. Число ревизионных вмешательств (которое составляет 6-8% от первичных имплантаций) также будет расти, а характер вторичных (третичных etc.) артродластик лишь усложнится [10]. Прогнозируемый прирост ревизий до 2030 года составит 600% [1]. Одной из основных проблем ревизионного эндопротезирования коленного сустава являются дефекты (изъяны) костной ткани мышц бедра и большеберцовой костей. По данным зарубежных публикаций, дефицит костной массы встречается от 74% до 94% таких операций [2, 3]. Методы компенсации неглубоких и ограниченных дефектов (AORI 1, AORI 2) [5] хорошо описаны в зарубежных источниках и знакомы коллегам ортопедам, восполнение же глубоких и протяженных дефектов (AORI 3) остается крайне сложной задачей. **Материалы и методы.** На клинических примерах представлены этапы предоперационного планирования с использованием аддитивных технологий, изготовление индивидуальных 3D-имплантатов и их применение при ревизионном эндопротезировании коленного сустава. **Результаты.** В нашей клинике получены хорошие результаты в ранний

послеоперационный период и в среднесрочной перспективе пациентов, которым были установлены индивидуальные имплантаты для возмещения метаэпифизарных дефектов в зоне коленного сустава.

Выводы. Аддитивные технологии очень прочно вошли в нашу жизнь, их применение предоставляет ряд преимуществ: получение достоверной информации о деформациях, размерах костных дефектов, топографии сосудисто-нервных образований. Их применение позволяет провести полноценное предоперационное планирование и интраоперационную навигацию.

Ключевые слова: ревизионное эндопротезирование коленного сустава, костные дефекты, индивидуальный 3D-имплантат, аддитивные технологии.

Вступление

Тотальное эндопротезирование коленного сустава остается одним из самых успешных хирургических вмешательств в современной медицине, в результате которого удается полностью купировать или значительно облегчить болевой синдром, восстановить функцию сустава, осевые соотношения и длину конечности, улучшить качество жизни пациентов, повысить их социальную адаптацию [13]. Данные национальных регистров и результаты крупномасштабных исследований подтверждают прекрасные показатели выживаемости эндопротезов в долгосрочной перспективе [12]. Естественно, что редкие, но неизбежные случаи неблагоприятных исходов и осложнений тяжело переживаются как пациентами, так и медицинским персоналом и требуют от нас новых, нестандартных подходов к лечению.

Основными причинами потери костной ткани под компонентами эндопротеза являются:

- инфекция;
- остеопороз;
- миграция нестабильных компонентов, что вызывает вдавливание и сминание подлежащей кости вплоть до ее импрессионных переломов [5, 8];
- осевые, угловые, ротационные и комбинированные мальпозиции компонентов эндопротеза, неадекватный подбор их размеров и степени связанности;

- остеолит, обусловленный продуктами деградации пары трения (полиэтиленовый и металлический дебрис, свободные фрагменты костного цемента).

Мировой опыт дает нам несколько возможностей компенсировать значительные костные дефекты (AORI 2B, AORI 3) мыщелковых областей бедренной и большеберцовой костей: массивная костная пластика (аллографты из головок бедренных костей или структурные аллографты); трабекулярные втулки/конусы (SLEEVES&TUBES) [8]; мегапротезы; индивидуальные 3D-имплантаты (CUSTOM MADE/PATIENT-SPECIFIC IMPLANTS). Возвращаясь к теме нашей статьи, заметим, что на сегодняшний день в Украине практически отсутствует возможность широкого использования массивной костной пластики, а ревизионные танталовые аугменты, втулки и конусы на рынке не представлены. Установка мегапротезов относится к компетенции онко-ортопедов, данные системы импортного производства чрезвычайно дорогостоящи, вмешательства с их применением крайне травматичны и отличаются большим числом общехирургических и механических осложнений, и вряд ли их использование можно полностью оправдать даже самыми тяжелыми дефектами при ревизионном эндопротезировании коленного сустава.

В данных условиях производство и установка индивидуальных 3D-имплантатов (CUSTOM MADE/PATIENT-SPECIFIC IMPLANTS) является практически единственной возможностью для ревизионных вмешательств при дефектах AORI 3 и частично AORI 2.

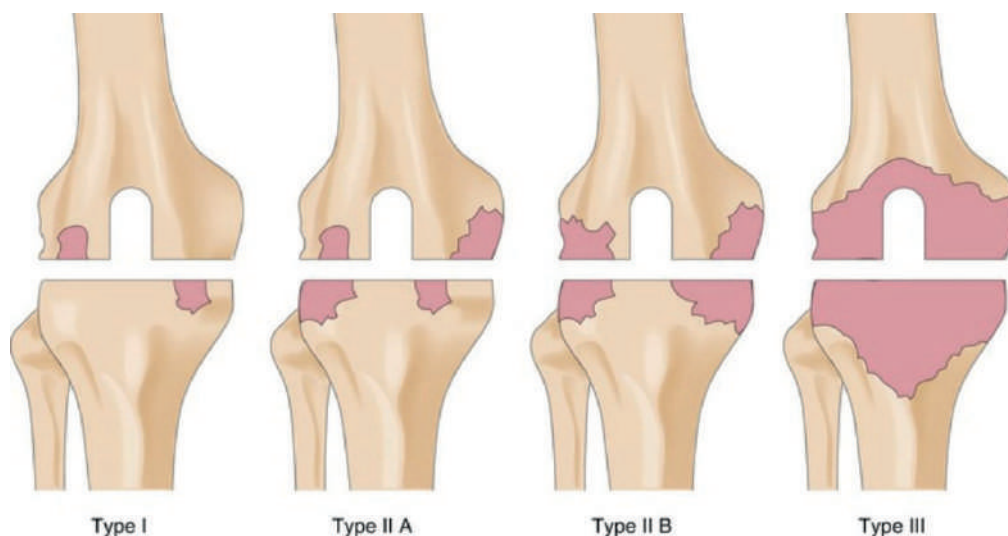


Рис. 1. Классификация костных дефектов Anderson Orthopedic Research Institute (AORI)

Цель работы – поделиться опытом использования аддитивных технологий, прототипирования и 3D-печати для компенсации тяжелых костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава.

Материалы и методы

Основные этапы использования аддитивной технологии для ревизионного коленного эндопротезирования аналогичны таковым для ревизионных вмешательств на тазобедренном суставе:

- визуализация дефектов по рентгенограммам и КТ-сканам;

- создание компьютерной модели бедра и голени, проектирование индивидуального имплантата;
- изготовление полномасштабных прототипов костей и имплантата на 3D-принтере из пластмассы;
- проверка соответствия компонентов ревизионного эндопротеза и полученных макетов, их дополнительная доработка;
- проведение пробной “операции”, внесение окончательных корректив;
- печать металлического имплантата на медицинском 3D-принтере;
- пробная сборка всей ревизионной системы;
- ревизионное хирургическое вмешательство.

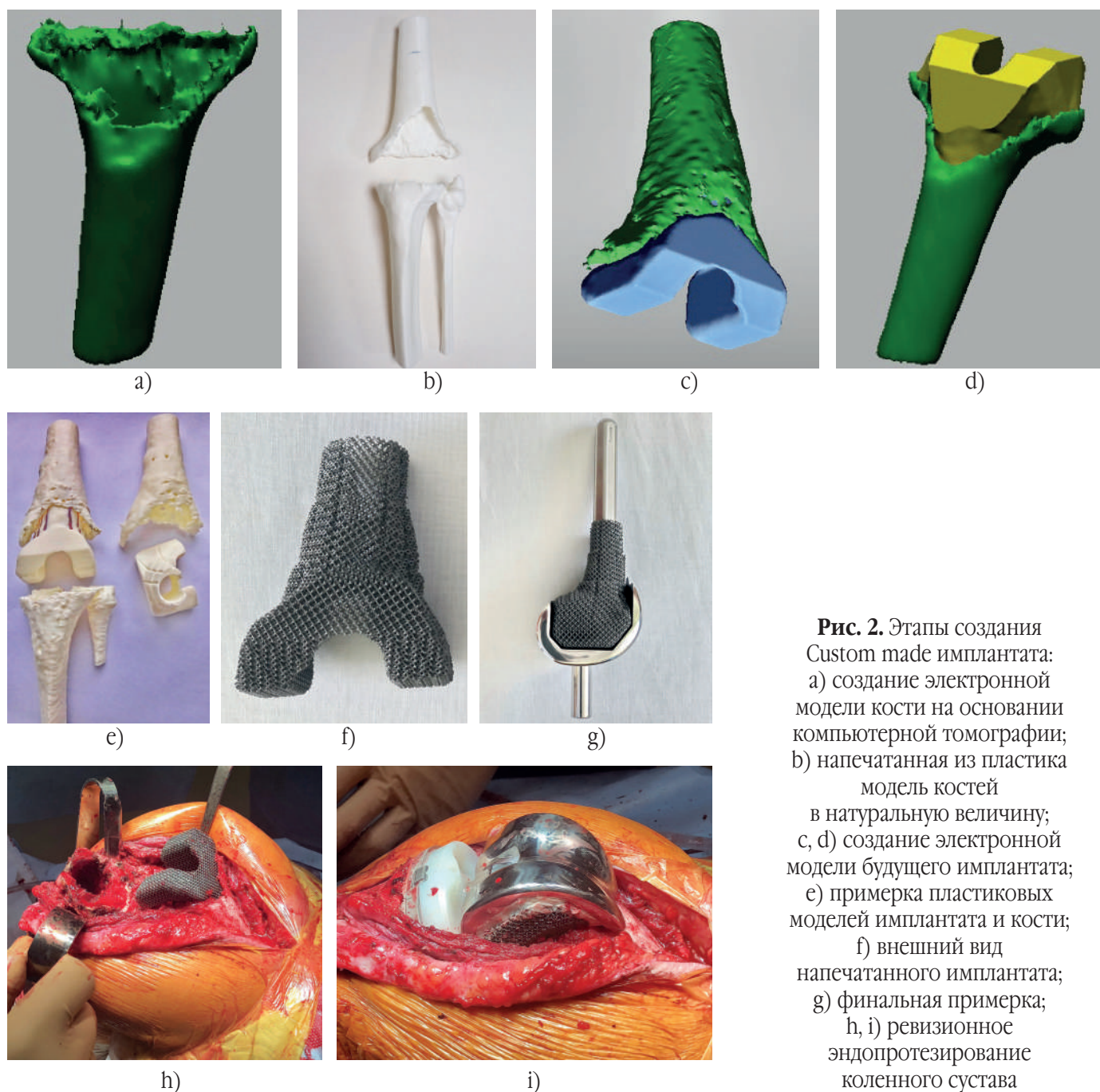


Рис. 2. Этапы создания Custom made имплантата:
 а) создание электронной модели кости на основании компьютерной томографии;
 б) напечатанная из пластика модель костей в натуральную величину;
 с, d) создание электронной модели будущего имплантата;
 е) примерка пластиковых моделей имплантата и кости;
 ф) внешний вид напечатанного имплантата;
 г) финальная примерка;
 h, i) ревизионное эндопротезирование коленного сустава

Два таких клинических наблюдения мы и предлагаем вашему вниманию. Оценка дефектов бедренной и большеберцовой костей проводилась по шкале AORI. Сроки наблюдения составили 6 и 11 месяцев.

Результаты и их обсуждение

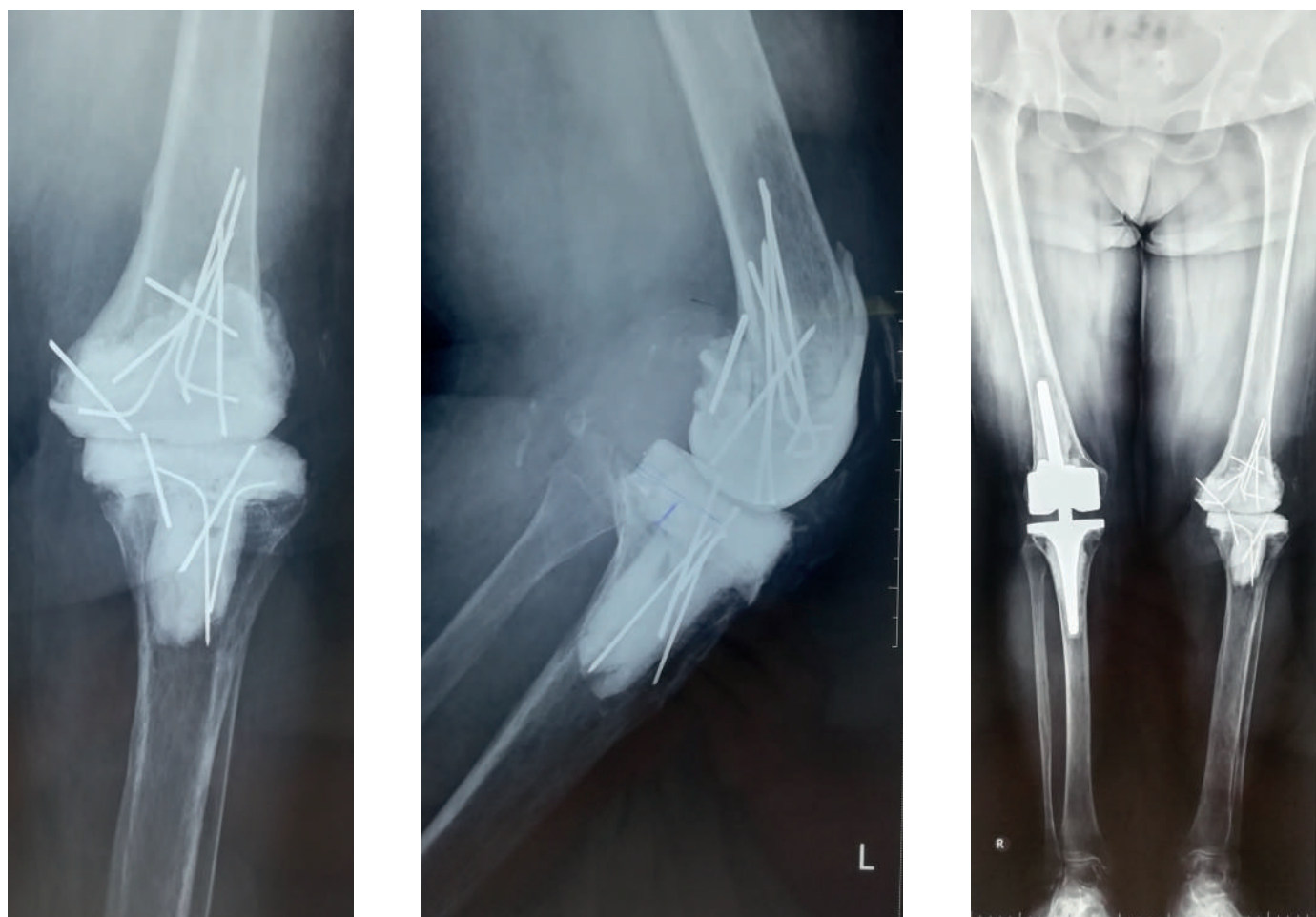
Наблюдение 1

Пациентка Ф., 76 лет, поступила в Центр 05.03.18 с жалобами на болезненное нарушение функции левого коленного сустава, снижение опороспособности левой нижней конечности. Анамнез заболевания с 2012 года, когда она была прооперирована по поводу идиопатического гонартроза – тотальное эндопротезирование правого коленного сустава. В 2013 году – тотальное эндопротезирование левого коленного сустава. В анамнезе была травма коленного сустава с повреждением связочных структур. На левом коленном суставе выполнена пластика разгибательного аппарата в связи с нарушением его

функции. Через три года относительного благополучия возникли жалобы на болезненность при одноопорной нагрузке на нижние конечности в обоих коленных суставах. В 2016 году проведена операция ревизионного эндопротезирования правого коленного сустава в связи с асептической нестабильностью компонентов, установлена ревизионная конструкция. В 2017 году – удаление компонентов эндопротеза левого коленного сустава с постановкой цементного спейсера (поздняя перипротезная инфекция).

Перед госпитализацией пациентка обследована на наличие инфекции, проведена компьютерная томография. Как видно, на момент обследования у пациентки имелся дефект мышечковой области левого бедра AORI 3. По результатам КТ был создан макет костей левого коленного сустава и прототип имплантата. Аугмент в последующем был отпечатан из медицинского титанового порошка SLM-методом послойного лазерного 3D-принтинга.

В марте 2018-го выполнена ревизионная артропластика левого коленного сустава. Вместе с индивидуальным имплантатом был установлен



а) б) в)
Рис. 3. Рентгенография левого коленного сустава в предоперационный период

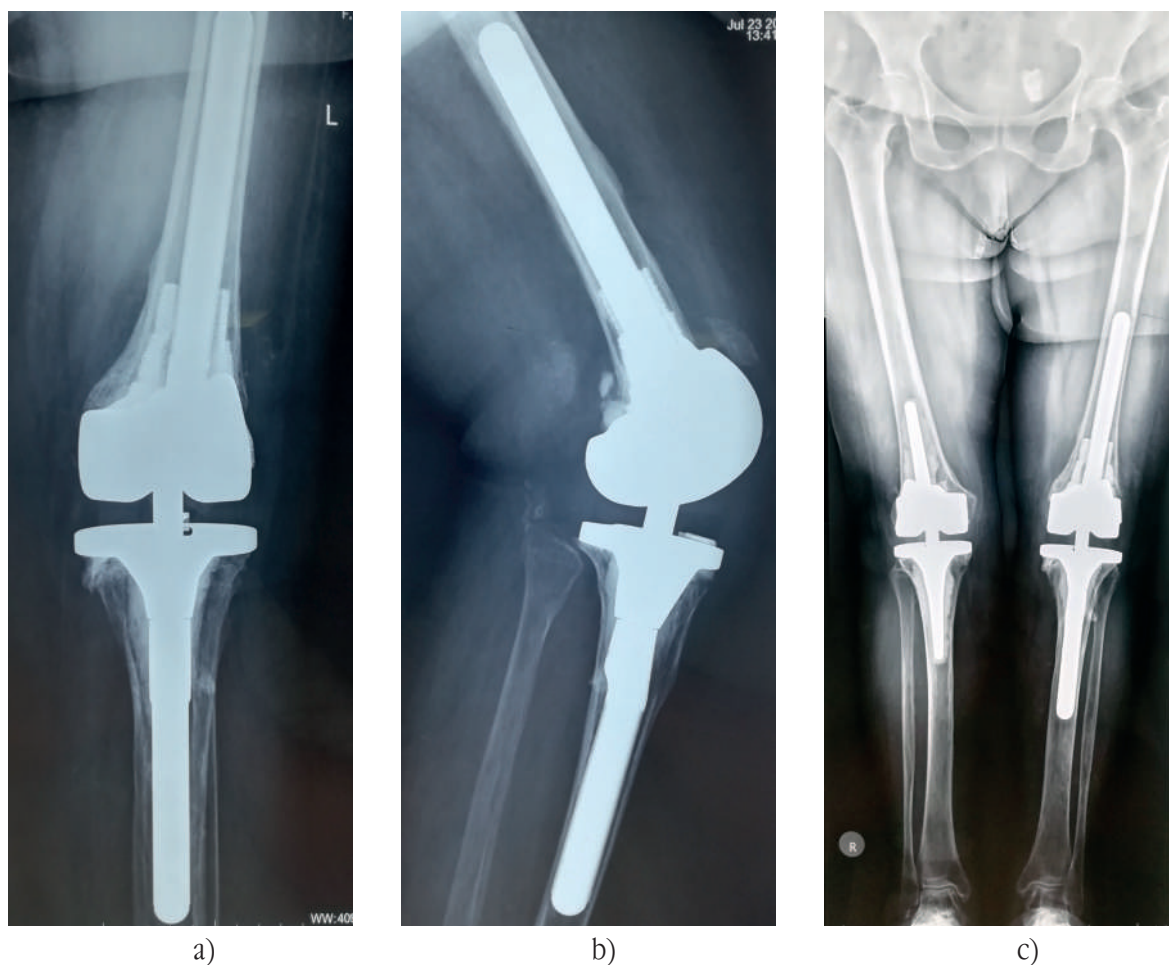


Рис. 4. Рентген-контроль через 5 месяцев после операции

ревизионный эндопротез коленного сустава связанной конструкции. Послеоперационный период без особенностей, со второго дня после операции больной была разрешена полная нагрузка на оперированную конечность, послеоперационная рана зажила первично. Рентген-контроль через 5 месяцев.

Наблюдение 2

Пациент Д., 58 лет, поступил в Центр 03.09.18 с жалобами на болезненное нарушение функции левого коленного сустава, практически полное снижение опороспособности левой нижней конечности. Анамнез заболевания с января 2014 года, когда больной перенес операцию тотального эндопротезирования по поводу идиопатического гонартроза слева. В послеоперационный период пациента начала беспокоить выраженная боль в области левого коленного сустава. В октябре 2017 года в связи с асептической нестабильностью компонентов эндопротеза была проведена ревизионная операция. В ходе этого вмешательства сфор-

мировался обширный дефект мышечковой области левого бедра и был установлен цементный спейсер по механическим показаниям.

На этапах предоперационной подготовки было проведено обследование на наличие инфекции и компьютерная томография. По результатам обследования у пациента имелся дефект мышечковой области левого бедра AORI 3. По схеме были созданы прототипы костей коленного сустава и индивидуального имплантата, который в последующем напечатан из титанового порошка.

В сентябре 2018-го выполнено ревизионное эндопротезирование левого коленного сустава. Операция и послеоперационный период прошли без особенностей (за исключением растрескивания воспринимающего ложа бедренной кости, для фиксации которого были применены металлические тросы), со второго дня после операции больному была разрешена частичная нагрузка на оперированную конечность, послеоперационная рана зажила первично. Вместе с индивидуальным имплантатом был установлен ревизионный эндопротез коленного сустава связанной конструкции. Рентген-контроль через неделю после операции.



Рис. 5. а, b, с) рентгенография левого коленного сустава перед оперативным вмешательством; d, e, f) рентген-контроль через неделю после ревизионного эндопротезирования коленного сустава

Выводы

Применение аддитивных технологий предоставляет хирургу ряд преимуществ:

- еще на этапе выполнения КТ возможность получить достоверную информацию о масштабе и характере костных дефектов, полостей, топографии сосудисто-нервных образований в условиях грубо нарушенной анатомии, оценить степень разрушения компонентов эндопротеза;

- на этапе построения 3D-модели (в формате STL) проанализировать размеры и локализацию дефектов, качество костной ткани, определить участки максимальной плотности костей по шкале Хаунсфилда, оценить возможность использования стандартных ревизионных конструкций или осуществить подбор индивидуальных имплантатов (аугментов) [12];

- имея на руках пластмассовый макет в истинном масштабе, хирург впервые получает возможность провести операцию на полимерном прототипе, отработать оптимальные варианты доступа, оценить степень конгруэнтности костного ложа, ревизионной конструкции и окружающих тканей, варианты ее улучшения, внести коррективы перед печатью индивидуальной ревизионной системы;

- все подготовительные этапы позволят хирургу во время операции иметь четкий план вмешательства, быстро и безошибочно ориентироваться в топографии (чему очень способствует наличие стерильных полимерных 3D-моделей), минимизировать травматичность и продолжительность операции, интраоперационную потерю костной массы и рассчитать оптимальные способы костной пластики, тем самым создать условия для быстрой реабилитации больного.

Успех данных операций позволяет вернуть пациентам функциональные способности конечностей и существенно повысить качество жизни. Однако, как писал Erwin Morscher: «Инновации могут решить проблемы, но часто они создают новые» [9]. Целью публикации данного клинического наблюдения мы считаем привлечение внимания уважаемых коллег к возможностям и перспективам использования аддитивных технологий при ревизионных артропласт-

тиках крупных суставов. Приглашаем к конструктивной дискуссии и обмену опытом.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при подготовке статьи.

Литература

1. Projections of primary and revision knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030 / S. Kurtz, K. Ong, E. Lau [et al.] // J. Bone Joint Surg. Am. – 2007. – № 89 (4). – P. 780–785.
2. Engb G.A. Classification and preoperative radiographic evaluation: knee / G.A. Engb, D.J. Ammeen // Orthop. Clin. North Am. – 1988. – № 29. – P. 205–217.
3. Способы компенсации костных дефектов при ревизионном эндопротезировании коленного сустава / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов, А.В. Селин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № (61). – С. 5–12.
4. Martin G.M. Patient education: Total knee replacement (arthroplasty) (Beyond the Basics) // G.M. Martin / The Arthritis Foundation. – 2017. – Jun 20.
5. Gioe T.J. Why are total knee replacements revised? Analysis of early revision in a community knee implant registry / T.J. Gioe, K.K. Killeen, K. Grimm // Clin. Orthop. – 2004. – № 428. – P. 100–106.
6. Huff T.W. Management of bone loss in revision total knee arthroplasty / T.W. Huff, T.P. Sculco // J. Arthroplasty. – 2007. – № 22 (3). – P. 32–36.
7. Lotke P.A. Impaction grafting for bone defects in revision total knee arthroplasty / P.A. Lotke, G.F. Carolan, N. Puri // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2006. – № 446. – P. 99–103.
8. Куляба Т.А. Ревизионная артропластика коленного сустава / Т.А. Куляба, Н.Н. Корнилов. – СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2016. – С. 90, 135.
9. Erwin W. Morscher, MD 1930-2008 / JBJS. – 2008. – Vol. 90, Issue 8. – P. 1809.
10. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена за 2011-2013 годы / Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба, А.С. Филь, Ю.В. Муравьева // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 1 (75). – С. 136–151.
11. Khan S.N. Analysis of Hounsfield Unit of Human Bones for Strength Evaluation / S.N. Khan, R.M. Warkhedkar, A.K. Shyam // Procedia Materials Science. – 2014. – № 6. – P. 512–519.
12. National Joint Register. NJRANNUALREPORT 2016 [Electronic resource]. – Regime of access: <http://www.njrreports.org.uk/Portals/0/PDFdownloads/NJR%2014th%20Annual%20Report%202017.pdf>.
13. Фізична реабілітація хворих на ревматоїдний артрит після ендопротезування колінного суглоба / С.І. Герасименко, М.В. Полудях, А.М. Бабко [та ін.] // Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2016. – № 3. – С. 13–17.

Compensation for Major Bone Defects in Revision Knee Arthroplasty Using Individual 3D Implants

Kosiakov O.M., Hrebennikov K.O., Myloserdov A.V., Fedin Ye.M., Nechai A.A.
Kyiv City Center of Endoprosthetics, Surgery and Rehabilitation (Kyiv City Clinical Hospital No. 12), Kyiv
“UYAWA”, Kyiv

Summary. Relevance. Total knee arthroplasty (TKA) is a method of choice in the treatment of a wide range of diseases and outcomes of knee injuries. Clinical efficacy of the method is proven by the high statistics of total arthroplasties performed annually around the world (about 700,000 in the USA alone) and the number of such surgeries is steadily increasing [4]. The main trends in the development of joint replacement in Ukraine inevitably follow the experience of Western countries with the

exception of some socio-economic specificities. The share of TKAs is incessantly growing and it will be equal to or even exceed that of total hip arthroplasties in the foreseeable future. The number of revision interventions (which amounts to 6-8% of primary TKAs) will also increase, and the nature of secondary (tertiary, etc.) arthroplasties will only become more complicated [10]. The estimated growth in the number of revision surgeries by 2030 is 600%. [1]. One of the main challenges of the revision knee arthroplasty are defects (flaws) of the bone tissue of the femoral and tibial condyles. According to foreign authors, the deficit of bone mass occurs in 74-94% of such operations [2,3]. Methods for compensating shallow and limited defects (AORI 1, AORI 2) [5] are well described in foreign sources and our colleagues are familiar with them. However, managing deep and extended defects (AORI 3) remains an extremely difficult task. **Materials and Methods.** Clinical cases are presented to demonstrate the stages of preoperative planning with the help of additive technologies, manufacturing of custom-made 3D implants and their use in revision knee arthroplasty. **Results.** Good short-term and mid-term results were obtained in the patients of our clinic who had custom-made implants installed to eliminate metaepiphyseal defects of the knee. **Conclusions.** Additive technologies have become a well-established component of our life. Their use provides a number of benefits: to obtain reliable information on the bone defects and their size as well as on the topography of the neurovascular structures; to perform preoperative planning and intraoperative navigation efficiently.

Key words: revision arthroplasty of the knee joint, bone defects, individual 3D implant, additive technologies.

Компенсація великих кісткових дефектів при ревізійному ендопротезуванні колінного суглоба із застосуванням індивідуальних 3D-імплантатів

Косяков О.М., Гребенніков К.О., Милосердов А.В., Федін Є.М., Нечай А.А.

Київський міський центр ендопротезування, хірургії та реабілітації (Київська міська лікарня № 12), м. Київ

Компанія "UYAWA", м. Київ

Резюме. Актуальність. Тотальне ендопротезування колінного суглоба – метод вибору в лікуванні великого спектру захворювань і наслідків травм колінного суглоба. Висока клінічна ефективність методу підтверджується великим числом операцій тотальної артропластики, які проводяться щорічно в усьому світі (близько 700 000 тільки в США), і кількість їх неухильно зростає [4]. Основні тенденції розвитку ендопротезування в Україні неминуче повторюють досвід західних країн за винятком деяких соціально-економічних особливостей. Частка тотальних артропластик колінного суглоба щорічно збільшується, і в доступному майбутньому їх число зрівняється або навіть перевищить кількість ендопротезувань тазостегнового суглоба. Число ревізійних втручань (яке становить 6-8% від первинних імплантацій) також буде зростати, а характер вторинних (третинних etc.) артропластик лише ускладниться [10]. Прогнозований приріст ревізій до 2030 року складе 600% [1]. Однією з основних проблем ревізійного ендопротезування колінного суглоба є дефекти кісткової тканини виросків стегнової та великогомілкової кісток. За даними зарубіжних публікацій, дефіцит кісткової маси зустрічається від 74% до 94% таких операцій [2, 3]. Методи компенсації неглибоких і обмежених дефектів (AORI 1, AORI 2) [5] добре описані в зарубіжних джерелах і знайомі колегам ортопедам, заповнення ж глибоких і об'ємних дефектів (AORI 3) залишається вкрай складним завданням. **Матеріали і методи.** На клінічних прикладах наведено етапи передопераційного планування з використанням адитивних технологій, виготовлення індивідуальних 3D-імплантатів та їх застосування при ревізійному ендопротезуванні колінного суглоба. **Результати.** У нашій клініці отримані хороші результати в ранній післяопераційний період і в середньостроковій перспективі у пацієнтів, яким були встановлені індивідуальні імплантати для заповнення метаепіфізарних дефектів у зоні колінного суглоба. **Висновки.** Адитивні технології дуже міцно увійшли в наше життя, їх застосування надає ряд переваг: можливість отримання достовірної інформації про деформацію, розміри кісткових дефектів, топографії судинно-нервових утворень, провести повноцінне передопераційне планування та інтраопераційну навігацію.

Ключові слова: ревізійне ендопротезування колінного суглоба, кісткові дефекти, індивідуальний 3D-імплантат, адитивні технології.