

ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС. СОЗДАНИЕ РАЗДВИЖНЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ С НЕЗРЕЛЫМ КОСТНЫМ СКЕЛЕТОМ (ИЗ ЛИТЕРАТУРНОГО ОБЗОРА)

М.С. Кубиров, А.З. Дзампаев

ФГБНУ «Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина», г. Москва

Ключевые слова: опухоли костей у детей, раздвижные эндопротезы

Эндопротезирование является основным методом выбора лечения опухолей костей у детей. Радикальное удаление пораженного отдела кости у пациентов с незрелым костным скелетом приводит к укорочению оперируемой конечности. Раздвижной эндопротез является оптимальным выбором в решении данной проблемы. Представлен исторический экскурс эволюции создания раздвижных эндопротезов.

Злокачественные опухоли костей, как правило, развиваются в препубертатном и пубертатном периодах, совпадающих с интенсивным ростом скелета [1, 2, 4–6]. В структуре онкологической заболеваемости детей в возрасте до 14 лет в РФ костные саркомы занимают третье место (10%) [2, 4–6]. В 68% костных сарком в детском возрасте приходится на подростковый период жизни, а у детей младше 5 лет этот показатель равен 5% от всех костных сарком [12].

На сегодняшний момент в лечении злокачественных опухолей костей у детей применяется мультидисциплинарный подход. Основная задача хирурга состоит в радикальном удалении пораженной части кости [2]. Выполнение органосохранных операций с реконструкцией дефекта раздвижными эндопротезами у пациентов с незрелым костным скелетом стало стандартом на настоящем этапе развития онкоортопедии.

Наиболее частым местоположением опухолей костей у детей является дистальный отдел бедренной кости — в 35% случаев, проксимальный отдел большеберцовой кости — у 20% больных, проксимальный отдел плечевой кости — 10% пациентов [25, 33, 38]. До 90% случаев опухоль в детском возрасте поражает метафизарную область, расположенную в непосредственной близости от зоны (пластины) роста [25, 26]. Поэтому при выполнении радикального хирургического лечения вместе с

опухолью резецируется и зона роста [23]. А последующий рост здоровой конечности у детей приводит к неравенству длины конечностей [25].

Разница в длине нижних конечностей — серьезный физический недостаток, который уродует больного и его походку. Существующая патология часто носит прогрессирующий характер и становится причиной вторичных деформаций позвоночника, таза, смежных суставов и суставов противоположной конечности, что сопровождается нарушением биомеханических условий их функционирования и перегрузкой [7, 10].

По мнению Liu X.C., считается, что укорочение до 3 см не требует оперативной коррекции, под которой авторы понимают различные вмешательства по удлинению укороченного сегмента [21]. Следует подчеркнуть, что необходимо учитывать не только величину укорочения, но также возраст ребенка и, следовательно, его рост, так как разница в 2 см у детей в возрасте 2 и 15 лет имеет абсолютно разное значение для нарушения биомеханики походки [10].

Исторически существует несколько вариантов хирургического лечения для решения вопроса разницы длин конечностей у пациентов со злокачественным поражением костей [16]:

1. Ампутация с последующей реабилитацией с помощью наружных протезов.
2. Ротационная пластика при опухолях дистального отдела бедренной кости. Оставшаяся голень разворачивалась на 180°, голеностопный сустав выполнял функцию коленного.
3. Костно-суставной аллографт, у которого отсутствовала способность к росту.

Адрес для корреспонденции

Кубиров М.С.

E-mail: kubirov@mail.ru

4. Комбинация стандартных нераздвижных эндопротезов с эпифизодезом контралатеральной пластинки роста. Данный подход обеспечивал равную длину конечностей, однако лишал их возможности роста.

5. Артродез с использованием аллографтов и аутографтов (на сосудистой ножке или без нее). Сопровождаемый обычно аппаратом Илизарова для проведения удлинения.

Все эти методы сопровождались достаточно высоким уровнем осложнений (косметические дефекты, полная или частичная потеря функции конечности, инфекционные осложнения, переломы и т. д.) [16, 17, 20, 22].

С функциональной точки зрения конечности должны быть равной длины. Если ноги будут разные, то помимо косметического дефекта, нарушения походки будет развиваться сколиоз.

Оптимальное хирургическое лечение у детей отличается в каждой возрастной группе. По данным Dotan A., проведение органосохранных операций у детей младше 5 лет являлось нецелесообразным, и ампутация остается единственно оправданным методом хирургического лечения. В возрастной группе от 5 до 14 лет оптимальным выбором является раздвижной эндопротез, что дает возможность регулировать длину конечности. В группе пациентов старше 14 лет предпочтение отдается стандартным эндопротезам, т. к. рост скелета почти закончен [16]. Robert Grimer придерживается мнения, что девочки старше 11 лет и мальчики старше 13 лет редко требуют замещения дефекта раздвижными эндопротезами, опираясь на таблицы роста, разработанные Pritchett, Turman, Andersen, Green для верхней и нижней конечностей [23].

При этом все авторы сходятся во мнении, что раздвижные эндопротезы необходимо применять, если предполагаемая разница длины на момент достижения скелетной зрелости нижней конечности составляет более 3 см, а для верхней конечности более 5 см [12, 13, 16, 23].

Идея реконструкции костных дефектов после резекции опухоли костей давно витала в головах хирургов. Сообщения о первых замещениях послеоперационных дефектов костей появились еще в XIX в. В 1883 г. Пенский Ю. выполнил пересадку сустава у животного, в 1900 г. Titze A. применил аутологичный трансплантат основной фаланги большого пальца для замещения дистального отдела лучевой кости у больного гигантоклеточной опухолью [8].

Moore Austin и Bohlman Harold в 1940 г. были первыми, кто опубликовал пример реконструкции эндопротезом при костной опухоли (рис. 1). Эндопротез проксимального отдела бедренной кости был изготовлен из материала *Vitalium* и использовался у пациента с гигантоклеточной опухолью [23, 27].



Рис. 1. Клинический случай, описанный Moore Austin и Bohlman Harold в 1940 г. Рентгенологический снимок после эндопротезирования правого тазобедренного сустава. Эндопротез собственного производства

Первая замена дистальной части бедренной кости у пациента с остеосаркомой была выполнена Kenneth Francis в Нью-Йоркском университете в 1973 г. [23].

В 1967 г. Сиваш К.М. первым в СССР разработал и внедрил в практику цельнометаллический неразборный эндопротез с металл-металлической парой трения.

Первые эндопротезы, устанавливаемые онкологическим пациентам, были изготовлены из медицинской стали, отличались плохой биоинертностью и ранним развитием нестабильности [3]. Срок изготовления имплантатов составлял 6–12 нед, во время которого опухоль могла прогрессировать, что препятствовало широкому распространению методики эндопротезирования у онкологических больных [23]. Появление модульных эндопротезов позволяло частично решить данную проблему. Модульные протезы позволяют уменьшить время изготовления и обеспечивают большой выбор протезных форм и размеров [23].

Дети и подростки с костными саркомами представляют собой особо сложную, отличную от взрослых категорию пациентов в силу необходимости

сохранения симметричной длины оперированной и не оперированной конечностей [2, 9, 11, 36].

К первому поколению раздвижных эндопротезов некоторые авторы относят модульные конструкции.

В 1976 г. компанией Stanmore был разработан и создан первый в мире раздвижной эндопротез [12, 13, 15, 16, 25, 39]. Его механизм представлял червячную передачу (рис. 2). После выполнения 4 имплантаций метод был отвергнут вследствие механических проблем, связанных с червячным механизмом. В 1982 г. вышло второе поколение раздвижных эндопротезов (Mark II, Stanmore), удлинение достигалось за счет шарикоподшипникового механизма. Телескопическая трубка удлинялась введением вольфрамовых шариков в цилиндр раздвижки, каждый шарик удлинял эндопротез на 6,35 мм (рис. 2). Количество имплантированных эндопротезов данной конструкции составило 59, но из-за большого количества механических проблем данный эндопротез был также отвергнут.

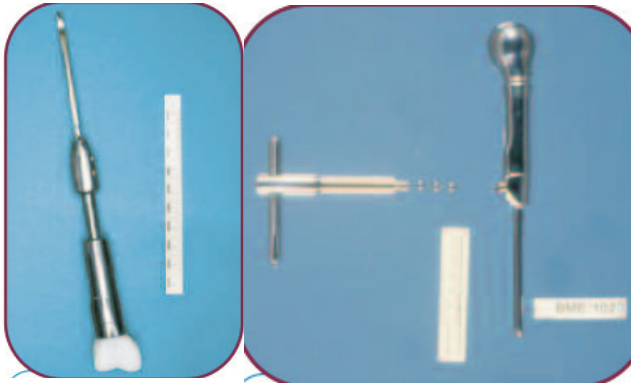


Рис. 2. Слева первый раздвижной эндопротез Stanmore. Справа раздвижной эндопротез (Mark II, Stanmore)

Первый раздвижной эндопротез, широко и успешно используемый в Соединенных Штатах Америки, был Lewis expandable adjustable prosthesis (LEAP), введенный в 1983 г. [13, 18, 19, 24]. Для выполнения удлинения эндопротеза требовалось произвести маленький разрез и с помощью специального ключа системы Jacobs произвести механическое удлинение эндопротеза (рис. 3).

В 1987 г. был введен минимально инвазивный протез Growing Kotz: он включал раздвижной модуль, который соответствовал модульной системе реконструкции бедра и большеберцовой кости системы Kotz (Stryker Howmedica Osteonics, Rutherford, New Jersey) [13, 31]. Раздвижной модуль включал в себя инкапсулированный механизм удлинения. Когда рост ребенка прекращался, раздвижной модуль мог быть заменен на компонент взрослого протеза такого же типа [13, 28, 37].

Но у всех этих конструкций раздвижных эндопротезов был один существенный недостаток: для

U.S. Patent Mar. 5, 1985 Sheet 1 of 2 4,502,160

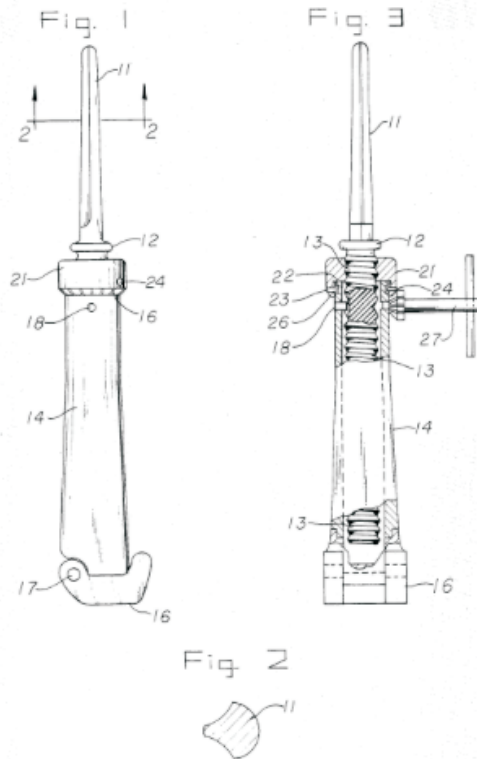


Рис. 3. Раздвижной эндопротез Lewis expandable adjustable prosthesis (LEAP). Схема из патента на эндопротез

выполнения увеличения длины требовалось проведение оперативного вмешательства.

В 1984 г. был изобретен неинвазивный раздвижной эндопротез Repiphysis (Wright Medical Technology, Inc, Arlington, Tennessee), изначально известный как Phenix Prosthesis (Phenix Medical, Paris, France) [13, 37]. Эндопротез состоял из двух трубок и одной пружины, находящейся в большей трубке. В сжатом состоянии пружину удерживает механизм блокировки, изготовленный из полиэтилена. Расширение эндопротеза достигается за счет воздействия электромагнитного поля, которое прогревает пружину в импланте. Под действием температуры полиэтилен, которым обернут запирающий механизм, плавится, и пружина расширяется, тем самым выталкивает одну трубку из другой. При выполнении дистракции эндопротеза пациент ощущает тепло в области установки имплантата [13, 28, 30, 37]. Широкое распространение эндопротез получил в 90-х гг. XX столетия и почти без каких-либо серьезных изменений в конструкции используется и в наше время (рис. 4).

В 1989 г. Verkerke G.J. с соавторами описали устройство, в котором дистракция происходила за счет встроенного в раздвижной модуль магнитного или электродвигателя [34]. Эндопротез, предложенный Verkerke и соавторами, был модульный и



Рис. 4. Раздвижной неинвазивный эндопротез Repiphysis (Wright Medical Technology)

состоял из раздвижного модуля, коленного компонента, тазобедренного компонента и крепежных элементов (рис. 5). В случае необходимости мог быть установлен как раздвижной, так и нераздвижной модуль. Удлинение модуля производилось за счет воздействия внешнего магнитного поля [35]. По неизвестным причинам эндопротез был установлен в единичных случаях и не получил широкого распространения.

Идею магнитного механизма раздвижки в 2002 г. успешно реализовала компания Stanmore. Удлинение эндопротеза происходит под действием магнитного поля, создаваемого внутри катушки от внешнего электромагнитного блока [13, 32, 39]. Отличительной особенностью этого эндопротеза является то, что его можно не только увеличить в длине, но и уменьшить в случае развития контрактуры или нейропатии после операции.

Интересное решение раздвижки имплантата предложила компания Implantcast. В своем раздвижном эндопротезе MUTARS Xpand используется телескопический компонент Fitbone, представляющий собой встроенный герметически закрытый механизм. Энергия для осуществления дистракции с помощью высокочастотного сигнала передается с внешнего источника на антенну, встроенную под-

кожно и соединенную с механизмом посредством гибкого провода. При минимальном несоответствии длины ног можно проводить постепенное удлинение, не травмируя нейроваскулярный пучок и мягкие ткани. Телескопический модуль остается до окончания роста и после может быть заменен на модульный компонент [29].

В 2005 г. появился биорастяжимый эндопротез MUTARS BioXpand (Implantcast, Buxtehude, Germany). В его основе лежит метод дистракции костной мозоли. Эндопротез состоит из суставного компонента, стержня и скрепляющего компонента внутри резецируемой кости. После остеотомии контролируемая дистракция костных сегментов со скоростью 1 мм в день стимулирует костное образование высокого биологического и механического качества в пределах дистракционного разрыва. После того как рост прекращался, раздвижной компонент мог быть заменен соответствующим модулем взрослого протеза MUTARS [13, 14, 30].

Бурное развитие эндопротезирования у взрослых пациентов с костными саркомами и внедрение этих конструкций в детском возрасте, казалось бы, решало проблему о сохранении конечности, но в то же время не соответствовало главной физиологической задаче детского организма — способности к росту. Многочисленные поиски в решении данной проблемы привели к созданию имплантатов, способных к «росту». Эволюцию идеи «роста» эндопротеза можно наглядно проследить на примере крупных компаний, занимающихся проблемами создания наилучшего имплантата на протяжении многих лет. Все эти идеи содержат в себе улучшение качества эндопротеза, совершенствование механизма раздвижки, уменьшение количества осложнений и выполнение как можно меньшего количества последующих операций.

Количество осложнений после эндопротезирования в детском возрасте в наше время значительно снизилось по сравнению со временем начала использования раздвижных эндопротезов, но все еще

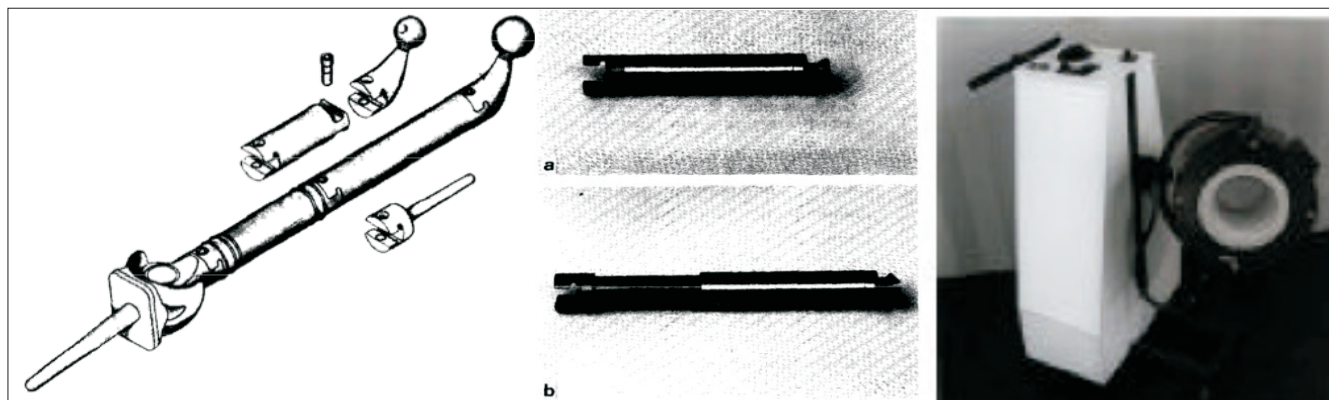


Рис. 5. Слева направо: тотальный эндопротез бедра с дополнительными компонентами. Модульный элемент в сдвинутом состоянии — а, б — в раздвинутом состоянии. Внешний магнит для осуществления дистракции

остается на высоком уровне. Анализируя собственные материалы, хирурги стараются найти способ решения возникающих осложнений, предотвращать их появление. Совместно с производителями разрабатываются более совершенные эндопротезы.

Во всем мире вопрос о сохранении конечности у детей с костными саркомами решен. Оптимальным выбором является раздвижной эндопротез. Однако остается множество вопросов о снижении количества осложнений после проведения органосохранной операции.

ЛИТЕРАТУРА

- Алиев М.Д. Инновационные технологии в лечении костных сарком у детей. Детская онкология. 2011, № 3-4, с. XVIII-XXXII.
- Алиев М.Д. Детская онкология. Национальное руководство. 2012, 684 с.
- Алиев М.Д. Эндопротезирование — как основа онкоортопедии. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2010, № 4, с. 7-12.
- Алиев М.Д., Соловьев Ю.Н., Харатишвили Т.К. и соавт. Хондросаркома кости. М.: ИНФРА-М. 2005, 214 с.
- Алиев М.Д., Харатишвили Т.К., Мачак Г.Н. и соавт. Опухоль костей. Энциклопедия клинической онкологии. Гл. ред. М.И. Давыдов. М.: ООО «РЛС-2004». 2004, гл. 5.13, с. 326-335.
- Дурнов Л.А., Голдобенко Г.В., Курмашов В.И. Детская онкология. Курс — М.: «Литера». 1997, 400 с.
- Ершов Э.В. Диагностика и коррекция деформаций позвоночного столба больных с односторонним укорочением нижней конечности. Автореферат дисс. канд. мед. наук. Курган, 2007, 30 с.
- Нисиченко Д.В. Инфекционные осложнения у онкологических больных после эндопротезирования крупных суставов. Клиника, диагностика, лечение, профилактика. Диссертация канд. мед. наук. М., 2010, 200 с.
- Пашков Ю.В. Лечение детей с остеогенной саркомой. Диссертация д-ра мед. наук. М., 1988, 327 с.
- Соколовский О.А., Сердюченко С.Н., Бродко Г.А., Урьев Г.А. Уравнивание длины нижних конечностей — исторические ракурсы и современные тенденции. Журнал «Медицинские новости». 2011, № 7, с. 11-19.
- Трапезников Н.Н., Алиев М.Д., Мачак Г.Н. и соавт. Лечение остеосаркомы конечностей на рубеже столетий (полувековой опыт исследований). Вестник ОНЦ РАМН. 2001, № 4, с. 46-49.
- Abed R., Grimer R. Surgical modalities in the treatment of bone sarcoma in children. Cancer Treat. Rev. 2010, v. 36 (4), p. 342-347.
- Andreas F. Mavrogenis, MD; Panayiotis J. Papagelopoulos, MD. Expandable Prostheses for the Leg in Children. DSc Orthopedics. March 2012, v. 35, Issue 3, p. 173-175.
- Baumgart R., Hinterwimmer S., Krammer M., Muensterer O., Mutschler W. The bioexpandable prosthesis: a new perspective after resection of malignant bone tumors in children. J. Pediatr. Hematol. Oncol. 2005, v. 27, p. 452-455.
- Cool W.P., Carter S.R., Grimer R.J., Tillman R.M., Walker P.S. Growth after extendible endoprosthetic replacement of the distal femur. J. Bone Joint. Surg. [Br.] 1997, v. 79-B, p. 938-942.
- Dotan S., Dadia S., Bickels J., Nirkin A., Flusser G., Issakov J., Neumann Y., Cohen I., Ben-Arush M., Kollender Y., Meller I. Expandable endoprosthesis for limb-sparing surgery in children: long-term results. J. Child. Orthop. 2010, v. 4, p. 391-400.

- Grimer R.J. Surgical options for children with osteosarcoma. Lancet Oncol. 2005, v. 6, p. 85-92.
- Lewis M.M., Konan S., Bloom N. The expandable adjustable prosthesis: an alternative to amputation in growing children with malignant tumors of the extremities M.M. Lewis, S. Konan, and N. Bloom Limb Salvage. 1991, p. 579-584.
- Lewis M.M., Bloom N., Esquieres E.M., Kenan S., Ryniker D.M. The expandable prosthesis. An alternative to amputation for children with malignant bone tumors. AORN J. 1987, v. 46, p. 457-470.
- Lewis V.O. Limb salvage in the skeletally immature patient. Curr. Oncol. Rep. 2005, v. 7, p. 285-292.
- Liu X.C., Fabry G., Molenaers G. et al. J. Kinematic and kinetic asymmetry in patients with leg-length discrepancy. Pediatr. Orthop. 1998, v. 18, No. 2, p. 187-189.
- Malawer M. Surgical technique and results of limb sparing surgery for high grade bone sarcomas of the knee and shoulder. Orthopedics. 1985, p. 597-607.
- Malawer M., Bickels J., Wittig J. Operative Techniques in Orthopaedic Surgical Oncology. 2012.
- Michael D. Neel, MD; G. Douglas Letson, MD. Modular Endoprostheses for Children With Malignant Bone Tumors. Cancer Control. 2001, v. 8 (4), p. 344-348.
- Mirra J.M., ed. Bone Tumors: Clinical, Radiologic, and Pathologic Correlations. Philadelphia, Pa: Lea & Febiger. 1989.
- Moore A.T., Bohlman H.R. Metal Hip Joint. A Case Report. The Journal of Bone and Joint Surgery. 1943, v. 15, p. 688-692.
- Neel M.D., Wilkins R.M., Rao B.N., Kelly C.M. Early multicenter experience with a noninvasive expandable prosthesis. Clin. Orthop. Relat. Res. 2003, v. 415, p. 72-81.
- Per-Ulf Tunn. Treatment of Bone and Soft Tissue Sarcomas. Springer Science & Business Media. 2008, p. 384.
- Saghieh S., Abboud M.R., Muwakkit S.A., Saab R., Rao B., Haidar R. Seven-year experience of using Repiphysis expandable prosthesis in children with bone tumors. Pediatr. Blood Cancer. 2010, v. 55, p. 457-463.
- Schiller C., Windhager R., Fellingner E.J., Salzer-Kuntschik M., Kaider A., Kotz R. Extendable tumour endoprostheses for the leg in children. J. Bone Joint. Surg. Br. 1995, v. 77, p. 608-614.
- Schindler O.S., Cannon S.R., Briggs T.W., Blunn G.W., Grimer R.J., Walker P.S. Use of extendable total femoral replacements in children with malignant bone tumors. Clin. Orthop. Relat. Res. 1998, v. 357, p. 157-170.
- Simon M.A., Springfield D., eds. Surgery for Bone and Soft-Tissue Tumors. Philadelphia, Pa: Lippincott-Raven. 1998, chap 24a.
- Verkerke G.J., Schraffordt Kooops H., Veth R.P., Oldhoff J., Nielsen H.K., H.H. van den Kroonenberg, Grootenboer H.J., F.M. van Krieken. Design of a lengthening element for a modular femur endoprosthetic system. Proc. Inst. Mech. Eng. 1989, v. 203, 97-102.
- Verkerke G.J. and Schraffordt Kooops, H. and Veth, R.P.H. and Kroonenberg, H.H. van den and Grootenboer, H.J. and Nielsen, H.K.L. and Oldhoff, J. and Postma, A. An extendable modular endoprosthetic system for bone tumour management in the leg. Journal of Biomedical Engineering. 1990, v. 12 (2), p. 91-96.
- Veth R., van Hoesel R., Pruszczynski M. et al. Limb salvage in musculoskeletal oncology. Lancet Oncol. 2003, v. 4, p. 343-350.
- Wilkins R.M., Soubeiran A. The Phenix expandable prosthesis: early American experience. Clin. Orthop. Relat. Res. 2001, v. 382, p. 51-58.
- Wold L.E., Unni K., Sim F.H., eds. Atlas of Orthopedic Pathology. Philadelphia, Pa: WB Saunders Co. 1990, chap. 3.
- Stanmore Implants. <http://www.stanmoreimplants.com>.

Статья поступила 09.02.2015 г., принята к печати 03.03.2015 г.
Рекомендована к публикации В.А. Соколовским

HISTORICAL EXCURSION. CREATION OF EXPANDING ENDOPROSTHESIS FOR PATIENTS WITH IMMATURE BONE SKELETON (LITERATURE REVIEW)

Kubirov M.S., Dzampaev A.Z.

N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Moscow, Russian Federation

Key words: bone tumors in children, expanding endoprosthesis

Endoprosthetics is the basic method of treatment choice in children with bone tumor. Radical resection of damaged bone region in patients with immature bone skeleton leads to shortening of the treated limb. Expanding endoprosthesis is the optimal choice in the solution of this problem. The historical excursion of evolution of expanding endoprosthesis creation is presented.