

소아 악성 골종양의 치료에서 확장형 종양대치물의 이용

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

한일규 · 이상훈 · 조환성 · 오주한 · 김한수

효과적인 항암 약물요법의 발달과 사지의 절단술에 따르는 기능적인 경제적인 비효율성은 뼈의 원발성 암 환자에서 사지 구제술의 발달을 가져 왔다. 소아에서의 사지 구제술은 종양의 광범위 절제 시 성장판이 같이 절제되어 건측과의 사지 길이 차이가 발생하게 될 수 있고 소아 환자들의 왕성한 활동성 때문에 견고하고 내구성 있는 재건술이 필요하다. 소아 환자에서 악성 골종양의 절제 후 성장한 만큼 대치물의 길이도 같이 늘릴 수 있는 확장형 종양 대치물(expandable tumor prosthesis)을 이용한 재건술이 시행되어 왔으나 모든 환자에서 만족스러운 결과를 가져오진 못하였다. 최근 들어 확장형 종양 대치물의 발달로 합병증의 발생을 줄이면서 비침습적인 방법으로 사지 길이를 맞추고 종양 대치물의 수명을 길게 하는 시도들이 늘고 있다. 본 논문에서는 확장형 종양 대치물의 적응증, 특성 및 합병증 등에 대해서 짚어 보고자 한다.

색인 단어: 확장형 종양대치물, 소아, 악성 골종양

서 론

효과적인 항암 약물요법의 발달과 사지의 절단술에 따르는 기능적인 경제적인 비효율성은 뼈의 원발성 암 환자에서 사지 구제술의 발달을 가져 왔다^{11,18,22)}. 소아에서의 사지 구제술은 성인과는 다른 두 가지 특성을 갖는다. 첫째, 소아에서 발생하는 악성 골종양은 성장판과 인접해있는 골간단부에서 많이 발생하는 데 종양의 광범위 절제 시 성장판이 같이 절제되어 환아가 지속적으로 성장할 경우 건측과의 사지

길이 차이가 발생하게 된다. 하지 길이의 차이가 심할 경우 보행의 이상, 하지통이나 요통 등을 일으키고 상지 길이의 차이가 심할 경우 미용적인 문제가 생긴다. 둘째, 소아 환자들의 왕성한 활동성 때문에 견고하고 내구성 있는 재건술이 필요하다²⁾.

소아에서의 뼈의 원발성 암의 광범위 절제 후 사지 재건술의 방법은 생물학적인 재건술(biologic reconstruction)과 종양 대치물(tumor prosthesis)을 이용한 비생물학적인 재건술(nonbiologic reconstruction) 혹은 두 가지를 조합하는 방법의

※통신저자: 김 한 수

서울시 종로구 대학로 101
서울대학교 의과대학 정형외과학교실

Tel: 02) 2072-2362, Fax: 02) 764-2718, E-mail: hankim@snu.ac.kr

*본 논문의 요지는 2007년도 골관절 종양학회 추계학술대회에서 발표되었음.

*본 연구는 한국인체기초공학연구재단(과제번호: KOHTERF-2007-03)의 지원으로 이루어졌음.

로 나누어 볼 수 있다. 동종골(allograft)이나 생 비골 이식술 등의 생물학적인 재건술은 여러 가지 이론적인 장점이 있으나 골간부(diaphysis)의 재건술에 국한적으로 사용될 수 있다. 특히 골관절 (ostearticular) 재건술에서는 그 실패율이 높고 두 가지를 조합하는 재건술은 종양 대치물을 이용한 비생물학적인 재건술에 비해 좋은 결과를 보이지 못한다^{3,23,30}.

종양 대치물을 이용한 재건술은 수술 후 기능적인 회복이 빠르고 초기 합병증이 적으나 비용이 많이 들고 시간이 지날수록 합병증의 빈도가 많아지는 단점이 있다. 성장이 많이 남아 있는 소아에서 성장판 제거로 인하여 성장 후 남게 되는 심각한 하지 길이 단축을 극복하기 위하여 악성 골 종양을 절제한 다음 나중에 성장한 만큼 대치물의 길이도 같이 늘일 수 있는 확장형 종양 대치물(expandable tumor prosthesis)을 이용한 재건술이 90년대 들어서면서 시행되어 오고 있다. 환자들의 생존율이 높아지면서 이러한 고비용의 수술 재료 사용이 점차 정당화되고 있고, 실제로 많은 환자에서 기대한 만큼의 만족스러운 결과를 가져온 반면, 일부 환자에서는 예상하지 못했던 수술 관련 합병증들, 기계 자체의 문제점 등으로 인하여 일반적인 종양대치물에 비하여 좋지 않은 장기 결과를 보이기도 하였다. 또한 주문 제작으로 인하여 발생하는 종양대치물의 고비용, 기계 선택의 제한 등의 문제점들도 극복되어야 할 것이다.

본 논문에서는 확장형 종양 대치물의 적응증, 특성 및 합병증 등에 대해서 짚어 보고 향상된 치료 결과를 얻기 위한 방법에 대하여 고찰해 보고자 한다.

본 론

적응증

사지 구제술 후 성장하는 소아에서의 사지 길이의 차이를 예측하기 위해서 여러 가지 인자들을 고려해야 한다. 먼저, 손상되는 성장판의 부위와 환자의 골 연령(skeletal age)을 고려해야 한다¹⁹. 골의 성장은 길이 성장(longitudinal)과 굵기 성장(appositional growth)이 일어나는 데 일반적으로 장관골의 성장판은 서로 다른 비율로 전체 성장에 영향을 미치며 하지에서는 슬관절부의 성장판과 상지에서는 근위 상완부의 성장판이 전체 골 성장에 가장 큰 영

향을 준다. 일반적으로 하지 성장의 60~70%가 대퇴골 원위부와 경골 근위부를 포함하는 무릎 주변에서 일어나며 상완골 성장의 80%가 상완골 근위부에서 일어난다. 또한, 소아에서 발생하는 원발성 악성 골종양으로 진단된 소아 환자들 대부분 받게 되는 세포 독성 항암 화학요법(cytotoxic chemotherapy)은 성장을 억제하는 효과를 나타내고¹³ 수술을 받은 쪽의 남아 있는 성장판도 성장의 장애를 보이는 것으로 알려져 있다⁶.

일반적으로 성장 완료 시 하지의 경우 3 cm, 상지의 경우 5 cm 이상의 사지 길이 차이가 예상될 경우 환자의 성장에 따라 길이를 늘일 수 있는 확장형 종양대치물을 사용한다². 하지의 경우 예측되는 길이 차이가 3 cm 미만일 경우 일반적으로 성인에서 쓰는 종양 대치물을 사용하여 수술 시 미리 종양 대치물의 길이를 건축 보다 1.5 cm 정도 길게 하여 삽입한다. 상지의 경우는 굳이 양측 상지의 길이를 똑같이 맞추려고 할 필요가 없으므로 예상되는 최종 길이 차이가 5 cm 미만일 경우는 굳이 확장형을 사용할 필요가 없으며 신경학적 합병증이 발생 위험을 고려하여 건축보다 약간(2~3 cm 이내) 긴 일반적인 종양 대치물을 삽입한다. 환자의 나이는 두 가지 측면에서 고려하여야 한다. 즉, 너무 어린 연령에서는 우선 뼈가 너무 작기 때문에 대치물의 스템이 지나치게 가늘게 되어 나중에 기계 부전이 올 가능성이 많다. 또한 10세 이하에서는 가령 원위 대퇴골의 경우 자라야 할 길이가 6~7cm 이상 되므로 확장형을 사용한다고 하여도 최종적으로 하지 길이의 차이를 완전히 극복할 수 없다. 따라서 굳이 확장형을 쓴다면 나중에 건축 성장판에 성장판 유합술(epiphysiodesis)과 같은 시술을 하거나 확장형 대치물을 다시 한번 교체하는 수술이 필요할 수도 있게 된다. 때문에 확장형 대치물은 너무 어리거나 성장이 거의 끝난 환자의 경우에는 권할만한 재건 방법이 아니다.

종양 대치물의 재료 및 특성

종양 대치물에 사용하는 재료는 스테인레스 스틸, 코발트 크롬 합금, 그리고 타이타늄 합금이 쓰이고 있는데, 제조 방법이나 함유하는 미세 원소들에 따라 몇 가지 종류가 있다. 코발트 크롬 합금은 만족할 만한 물리적 성질을 가지고 있으며, 마모에 강해 관

절면에도 쓸 수 있다. 타이타늄 합금인 Ti6Al4V은 종양 대체물 뿐만 아니라 다른 인공 관절용 삽입물 로도 많이 이용되고 있는데, 충분한 강도와 물리적 성질을 가지며, 강성도(stiffness)가 코발트 크롬 합금의 약 절반에 불과해 골수강 내에 삽입했을 때 응력차폐(stress shielding)가 적어서 유리하다. 타이타늄은 금속 중에서 생체친화성(biocompatibility)이 가장 우수하다는 장점이 있으나, 마모에 약한 것이 최대의 단점으로 마찰 운동을 하는 관절면에서는 사용할 수 없으며, 또한 알루미늄(A1), 바나듐(V)의 인체 독성이 알려지고 있어, 질코늄(Zr), 철(Fe)과 같은 물질의 타이타늄 합금도 부분적으로 사용되고 있다. 모두 금속만으로 되어 있는 것도 있는 반면에 부분적으로 폴리에틸렌(polyethylene)으로 된 제품이 사용되기도 한다. 정상 골수강 속에 삽입되어 뼈와 접촉한 부분에서 대체물의 표면으로 뼈가 자라 들어와 결합할 수 있도록 대체물의 표면은 미세공(micropore)을 가지는 형태가 좋으며, 시멘트를 사용하거나 표면을 수산화인회석(hydroxyapatite)으로 처리하기도 한다. 이 부분은 일반적인 고관절 치환 성형술에 사용하는 인공 관절 삽입물에서와 같은 개념을 적용하여 보다 장기간 지속될 수 있는 삽입물을 만들기 위한 연구가 필요하다. 무균성 해리의 문제를 감소시키기 위하여 남아있는 뼈와 종양 대체물 사이의 결합을 견고하게 하는 extracortical bone bridging을 위한 hydroxyapatite collar가 장착된 종양 대체물이 사용되기도 한다¹⁾. 그러나 실제로 현재까지는 종양 대체물의 이러한 생체 적합성이나 내구성에 대한 연구가 환자의 생존 자체를 연장하려는 여러 가지 치료 방법과 관련된 노력에 비하여 비교적 뒤쳐진 경향이 있었고, 또한 그나마 삽입물의 기능적인 면에 편중된 경향이 있었다. 그러나 화학 요법의 발달로 장기 생존이 가능해지는 종양 환자가 점차 많아지고 있고 장기간 지속될 수 있는 삽입물을 만드는 것이 사지 구제술 환자의 장기적 결과에 영향을 주는 가장 중요한 요소의 하나가 될 것으로 생각된다.

종양 대체물의 종류와 발달

1975년 최초로 성장기 소아에서 확장형 종양 대체물이 시도된 이후 많은 시행 착오를 겪으면서 다양한

형태의 종양 대체물이 개선 및 개발되었다^{4,8,9,15,21,24,26)}. 확장형 종양 대체물의 발달은 반복적인 연장 기술에 따르는 합병증을 줄이면서 기계적으로 튼튼한 종양 대체물을 제작하는 방향으로 이루어졌는데 주로 확장기전에서 이루어졌다. Stanmore 회사에서 제작된 Mark prosthesis (Stanmore Implants Worldwide, UK)는 1976년부터 사용되어 2005년까지 176명의 환자에 시술되었다²⁾. 비교적 광범위하게 사용된 것은 1982년부터 사용된 Mark II이다. Mark II는 구슬을 삽입하여 확장시키는 형으로 기계적인 힘이 약한 이유로 ball-bearing의 파괴와 extension port의 jamming이 발생하여 1988년부터 C형 금속환을 삽입하여 연장하는 Mark III가 개발되었다. 이와 유사한 연장 기전을 탑재한 종양 대체물로 Lewis Adjustable Expandable Prosthesis (LEAP, Dow Corning Wright, USA)가 있다. 하지만 이러한 종양 대체물들은 연장 기술을 위한 절개가 커지는 단점이 있어 작은 피부 절개를 넣고 연장이 가능한 나사형(screw-jack type)의 Mark IV가 개발되었다²⁵⁾. Howmedica extendable prosthesis (Stryker Howmedica Osteonics, Ireland)^{8,24)}나 Endo-model extendable prosthesis (Waldemar LINK, Germany)¹⁶⁾가 이와 유사한 확장기전을 탑재하고 있다. 최근에는 전자기장을 이용하여 피부 절개를 하지 않고 연장이 가능한 비침습적인 확장 기전을 탑재한 Repiphysis (Wright Medical Technology, USA)^{20,21)}나 Juvenile Tumor System (Stanmore Implants Worldwide, UK)¹⁵⁾이 사용되고 있다.

합병증

확장성 종양 대체물은 20~77% 정도의 높은 비율의 합병증 발생과 재치환술의 비율을 보인다. 대체물 유지율(prosthetic survival rate)도 5년에 50~65.2%, 8년에 8~9%, 10년에는 0%로 재치환술의 비율이 매우 높은 실정이다²⁾. 또한, 삽입된 종양 대체물의 확장이 이루어질 확률은 약 50% 정도이다^{9,25,27,29)}. 종양 대체물의 종류에 따라서는 그 시행예가 매우 적어서 평가 기준이 상이하여 정확한 비교는 힘들다. 성장기 소아에 적용되는 확장형 종양 대체물은 확장기전에 따라 많은 차이를 보이는데,

Mark prosthesis의 경우 초기에 적용되었던 구슬 삽입형(ball-bearing type)과 C형 금속환 삽입형(C-washer type)은 실패율이 높아서 현재는 나사형(screw-jack type)이 사용되고 있다.

소아의 종양 대치물에서 가장 문제되는 합병증으로 무균성해리(aseptic loosening)를 들 수 있는데 재수술(revision)의 가장 많은 원인이 되고 있다. 무균성해리의 원인은 다양하여 고정형 슬관절 대치물(fixed hinge knee replacement)의 사용, 대퇴골과 대치물의 장축간의 역학적인 부조화, 60% 이상의 골절제 등이 원인이 될 수 있으며, 성장기의 소아의 경우 성장하면서 장관골의 굵기가 증가하는 것도 그 원인이 될 수 있다^{5, 25, 28)}. 특히 종양대치물이 있는 환측 장관골의 굵기가 건측보다 더 굵어진다고 보고되었으며, 이 경우 신피질골(neocortex)과 신골수강(new marrow cavity)을 형성하는데, 이를 지지하는 골소주(trabecular structure)는 골절되기 쉬워서 무균성 해리를 유발할 수 있다. Mark prosthesis의 경우 hydroxyapatite collar를 이용한 extracortical bone bridging은 무균성 해리를 감소시켜 주는 것으로 보고되고 있다¹⁾.

종양 대치물 삽입 후의 감염은 여러 차례의 수술을 필요로 하는 심각한 합병증이다. 확장형 종양 대치물 삽입 후의 감염 발생률은 약 15%에서 23%로 알려져 있다^{7, 17, 24)}. Mark prosthesis의 경우 10년 추시 시 감염 발생 확률이 21%였다²⁾. 감염의 발생은 연장 수술이나 revision 등의 수술적인 치료 후에 많이 발생하였고 특히 관혈적 기술(open procedure)을 한 경우에서 경피적 기술(percutaneous procedure)을 한 경우 보다 감염이 많이 발생하였다. 감염의 발생 위험은 수술 부위에 따라 다른데 일반적인 종양 대치물과 유사하게 연부 조직 피복이 좋지 않은 수술 부위인 경골 근위부에서 많이 발생하였다. 연장 수술을 할 때마다 경골 근위부의 감염 발생 확률은 5%씩 증가하는 데 비해 대퇴부나 상완골의 경우 각각 3%와 2%였다¹⁴⁾. 비복근판(gastrocnemius flap)을 이용하여 연부 조직 피복을 시행한 후에 감염의 발생은 많이 줄었으나 여전히 경골 근위부의 감염은 문제가 되고 있다. 각기 다른 확장 기전에 따른 감염의 발생이 다른 데 Stanmore implant의 경우 특히 이전에 사용되던 C형 금속환 삽입 형이나 구슬삽입 형 등은 확장을 위해서 긴 절

개가 필요하여 감염의 위험이 매우 높았다²⁾. 그 후 사용하고 있는 나사 형은 최소한의 창상 절개를 사용함에 따라 그 위험이 감소하였다¹⁶⁾. 최근에 소개되고 있는 비침습적인(noninvasive) 연장 기전을 탑재한 Repiphysis나 Juvenile Tumor System는 현저히 감소된 감염 발생을 보고하고 있다^{12, 20)}.

관절 강직(stiffness)은 주로 무릎 주위의 종양 대치물 삽입 시에 발생하였는데 Mark prosthesis의 경우 14%의 환자에서 발생한 것으로 보고하였다²⁾. 경골 근위부의 경우 31%에서 대퇴골 원위부의 경우 13%에서 발생하였다. 관절 강직을 일으키는 다른 위험 인자로 관혈적 연장 기술과 과도한 연장이 있다. 한 번의 연장술에서 10 mm 이상의 연장은 피하는 것이 좋을 것으로 생각되며 연장 기술 후에 관절 운동을 지속적으로 실시하는 것이 바람직할 것으로 생각된다²⁾. 또한 연장 기술의 간격을 적어도 6주 이상을 두는 것이 권장된다²⁾.

소아 환자들은 활발한 활동성과 스포츠 참여가 많아 종양 대치물 또는 대치물 주위의 골절의 위험이 있다. 특히 골시멘트를 이용하여 prosthesis를 고정할 경우 소아 환자의 대퇴골이나 경골의 골수강내 직경이 가늘면 적절한 두께의 시멘트 맨들을 얻기 위하여 지나치게 가는 직경의 prosthesis stem을 사용하게 된다. 가는 직경의 prosthesis stem은 골절이 일어나기 쉽다⁴⁾. 또한 curved stem을 이용하는 것이 straight stem을 이용할 경우 보다 골절의 위험을 줄이는 것으로 알려져 있다³¹⁾. Mark prosthesis의 경우 8%의 환자에서 발생한 것으로 보고하였다²⁾. 모든 골절은 하지에서 발생하였다.

종양 대치물의 탈구는 주로 고관절과 견관절에서 발생한다. 특히 7세 이하의 소아에서 종양 대치물 기술이 이루어졌을 경우 비구(acetabulum)와 관절와(glenoid)의 발달이 저해되어 연장 기술 후 탈구가 발생할 수 있다. 확장 후에는 일시적으로 혈관과 신경의 손상을 줄 수 있으며, 이는 하지를 굴곡 시킴으로써 치료를 할 수 있다.

타이타늄 합금의 종양 대치물 주위에 대치물주위 위막(periprosthetic pseudocapsule)이 생겨 확장을 방해하는 경우 확장 수술시 제거를 하거나 환상으로 절개하여 확장이 용이하도록 할 수 있다¹⁰⁾. 그러나 이 위막이 신근 및 굴근 등의 근구조물이 부착할 수 있는 부위를 제공하여 기능회복에 도움을 주

므로 전체를 제거할 필요는 없고 환상으로 절개를 하는 것으로 충분하다는 보고도 있다.

결 론

성장기 소아에서 악성 골종양의 사지 구제술에 확장형 종양 대치물을 사용함으로써 성장에 따른 사지의 길이의 차이를 조절할 수 있다는 점에서는 매우 고무적이라 할 수 있으나, 종양 대치물의 사용으로 생길 수 있는 일반적인 문제점과 합병증 외에 낮은 종양 대치물의 생존률, 무균성 해리와 감염 등의 높은 합병증의 발생으로 인해 그 적용과 사용에 있어서 신중을 기해야 하며, 이러한 문제점들을 최소화하기 위해 높은 합병증의 발생을 줄이는 방안과 비침습적인 확장 기전을 탑재한 새로운 종양 대치물의 개발 등에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

REFERENCES

- 1) **Abudu A, Chotel F, Jeys L, Carter S, Tillman R, Grimer R:** Complications of expandable prosthesis in children who survive longer than 10 years. In International Symposium on Limb Salvage, pp. 40. Edited, 40, Hamburg, Germany, 2007.
- 2) **Abudu A, Grimer R, Tillman R, Carter S:** The use of prostheses in skeletally immature patients. *Orthop Clin North Am*, 37: 75-84, 2006.
- 3) **Alman BA, De Bari A, Krajchich JI:** Massive allografts in the treatment of osteosarcoma and Ewing sarcoma in children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am*, 77: 54-64, 1995.
- 4) **Arkader A, Viola DC, Morris CD, Boland PJ, Healey JH:** Coaxial extendible knee equalizes limb length in children with osteogenic sarcoma. *Clin Orthop Relat Res*, 459: 60-65, 2007.
- 5) **Belthur MV, Grimer RJ, Suneja R, Carter SR, Tillman RM:** Extensible endoprostheses for bone tumors of the proximal femur in children. *J Pediatr Orthop*, 23: 230-235, 2003.
- 6) **Cool WP, Carter SR, Grimer RJ, Tillman RM, Walker PS:** Growth after extendible endoprosthetic replacement of the distal femur. *J Bone Joint Surg Br*, 79: 938-942, 1997.
- 7) **Delepine G, Delepine N, Desbois JC, Goutallier D:** Expanding prostheses in conservative surgery for lower limb sarcoma. *Int Orthop*, 22: 27-31, 1998.
- 8) **Dominkus M, Krepler P, Schwameis E, Windhager R, Kotz R:** Growth prediction in extendable tumor prostheses in children. *Clin Orthop Relat Res*, 212-220, 2001.
- 9) **Eckardt JJ, Kabo JM, Kelley CM et al.:** Expandable endoprosthesis reconstruction in skeletally immature patients with tumors. *Clin Orthop Relat Res*, 51-61, 2000.
- 10) **Eckardt JJ, Safran MR, Eilber FR, Rosen G, Kabo JM:** Expandable endoprosthetic reconstruction of the skeletally immature after malignant bone tumor resection. *Clin Orthop Relat Res*, 188-202, 1993.
- 11) **Finn HA, Simon MA:** Limb-salvage surgery in the treatment of osteosarcoma in skeletally immature individuals. *Clin Orthop Relat Res*, 108-118, 1991.
- 12) **Gitelis S, Neel MD, Wilkins RM, Rao BN, Kelly CM, Yao TK:** The use of a closed expandable prosthesis for pediatric sarcomas. *Chir Organi Mov*, 88: 327-333, 2003.
- 13) **Glasser DB, Duane K, Lane JM, Healey JH, Caparros-Sison B:** The effect of chemotherapy on growth in the skeletally immature individual. *Clin Orthop Relat Res*, 93-100, 1991.
- 14) **Grimer RJ, Belthur M, Carter SR, Tillman RM, Cool P:** Extendible replacements of the proximal tibia for bone tumours. *J Bone Joint Surg Br*, 82: 255-260, 2000.
- 15) **Gupta A, Meswania J, Pollock R et al.:** Non-invasive distal femoral expandable endoprosthesis for limb-salvage surgery in paediatric tumours. *J Bone Joint Surg Br*, 88: 649-654, 2006.
- 16) **Han I, Lee S, Oh J, Kim H:** Custom-made expandable endoprostheses for children. In Annual Meeting of the American Academy of Orthopedic Surgeons, pp. 763, San Francisco, USA, 2008.
- 17) **Kenan S, Lewis MM:** Limb salvage in pediatric surgery. The use of the expandable prosthesis. *Orthop Clin North Am*, 22: 121-131, 1991.
- 18) **Lewis MM, Bloom N, Esquieres EM, Kenan S, Ryniker DM:** The expandable prosthesis. An alternative to amputation for children with malignant bone tumors. *Aorn J*, 46: 457-470, 1987.
- 19) **Moseley CF:** Management of leg-length disparities after tumor surgery. *J Pediatr Orthop*, 15: 559-560, 1995.
- 20) **Neel M, Britton L, Meyer T, Heck R, Daw N, Rao B:** 7 year experience with a non-invasive

- expandable prosthesis for limb salvage surgery following tumor resection about the knee. In International Symposium on Limb Salvage, pp. 41. Edited, 41, Hamburg, Germany, 2007.
- 21) **Neel MD, Wilkins RM, Rao BN, Kelly CM:** Early multicenter experience with a noninvasive expandable prosthesis. *Clin Orthop Relat Res*, 72-81, 2003.
 - 22) **Renard AJ, Veth RP, Schreuder HW, van Loon CJ, Koops HS, van Horn JR:** Function and complications after ablative and limb-salvage therapy in lower extremity sarcoma of bone. *J Surg Oncol*, 73: 198-205, 2000.
 - 23) **Rodl RW, Ozaki T, Hoffmann C, Bottner F, Lindner N, Winkelmann W:** Osteoarticular allograft in surgery for high-grade malignant tumours of bone. *J Bone Joint Surg Br*, 82: 1006-1010, 2000.
 - 24) **Schiller C, Windhager R, Fellinger EJ, Salzer-Kuntschik M, Kaider A, Kotz R:** Extendable tumour endoprostheses for the leg in children. *J Bone Joint Surg Br*, 77: 608-614, 1995.
 - 25) **Schindler OS, Cannon SR, Briggs TW, Blunn GW:** Stanmore custom-made extendible distal femoral replacements. Clinical experience in children with primary malignant bone tumours. *J Bone Joint Surg Br*, 79: 927-937, 1997.
 - 26) **Schindler OS, Cannon SR, Briggs TW, Blunn GW, Grimer RJ, Walker PS:** Use of extendable total femoral replacements in children with malignant bone tumors. *Clin Orthop Relat Res*, 157-170, 1998.
 - 27) **Tillman RM, Grimer RJ, Carter SR, Cool WP, Sneath RS:** Growing endoprostheses for primary malignant bone tumors. *Semin Surg Oncol*, 13: 41-48, 1997.
 - 28) **Unwin PS, Cannon SR, Grimer RJ, Kemp HB, Sneath RS, Walker PS:** Aseptic loosening in cemented custom-made prosthetic replacements for bone tumours of the lower limb. *J Bone Joint Surg Br*, 78: 5-13, 1996.
 - 29) **Unwin PS, Walker PS:** Extendible endoprostheses for the skeletally immature. *Clin Orthop Relat Res*, 179-193, 1996.
 - 30) **Zehr RJ, Enneking WF, Scarborough MT:** Allograft-prosthesis composite versus megaprosthesis in proximal femoral reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*, 207-223, 1996.
 - 31) **Zwart HJ, Taminiau AH, Schimmel JW, van Horn JR:** Kotz modular femur and tibia replacement. 28 tumor cases followed for 3 (1-8) years. *Acta Orthop Scand*, 65: 315-318, 1994.

Abstract

Use of Expandable Prostheses in Malignant Bone Tumors in Children

Ilkyu Han, Sang Hoon Lee, Hwan Seong Cho, Joo Han Oh, Han-Soo Kim

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul National University College of Medicine

With the advent of effective chemotherapy and the realization of high economic cost associated with amputation, limb salvage surgery has become the standard of treatment in children with primary malignant bone tumors. Reconstruction after resection of malignant bone tumors of children has to address the leg length inequality and also has to be durable to cope with high functional demands of young patients. Expandable endoprostheses have been used in children for achieving limb length equality with substantial risk of complications. Recently, significant advances in prosthetic designs have reduced the morbidities associated with these prostheses. The purpose of this study was to review the indications, characteristics, complications and recent developments of expandable endoprostheses used for malignant bone tumors in children.

Key Words: Expandable prostheses, Children, Malignant Bone tumor

Address reprint requests to

Han-Soo Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery Seoul National University Collage of Medicine

101, Daehangno, Jongnogu, Seoul 110-744, Korea

TEL: 82-2-2072-2362, FAX: 82-2-764-2718, E-mail: hankim@snu.ac.kr