

하지 분절절제 및 회전재접합술자의 의지 보행훈련 증례연구

이정원
연세의료원 재활병원 물리치료실

정낙수
신구전문대학 물리치료과

Abstract

A Case Study of Prosthetic Ambulation Training for Rotation-Plasty Client

Lee Jeong-weon, B.H.Sc., O.T.R.

*Dept. of Physical Therapy, Yonsei Rehabilitation Hospital,
Yonsei University Medical Center*

Chung Nack-su, M.P.H., R.P.T.

Dept. of Physical Therapy, Shin Gu Junior College

The purpose of this study was to introduce rotation-plasty procedure and prosthetic ambulation training. The recent development of chemotherapy and diagnostic facility have permitted the orthopaedic surgeons to try limb saving procedures rather than amputations for the treatment of the malignant bone tumors. If the tumors around the knee joint were treated by mid-thigh amputation or hip disarticulation, it would impose the client with a great handicap for rehabilitation. Rotation-plasty procedure was first done by Borggreve, in 1930 for the congenital short femur. Recently this procedure was used a malignant bone tumor at the distal femur by Kotz and Salzer in 1982. In spite of its cosmetic problem of the distal stump, this procedure has the great functional advantage of converting the above-knee amputation to the below-knee amputation. The inverted foot was also good to control the prosthesis as a below-knee stump and heel functioned as a patella to support the body weight. This 15 years old girl case was had rotation-plasty due to osteosarcoma of the distal femur with 3rd postoperative chemotherapy, and admitted to Yonsei rehabilitation hospital for prosthetic ambulation training. Then, the case had excellent functional results of prosthetic ambulation training with rotation-plasty after 3 months.

Key Words : Rotation-plasty; Prosthetic ambulation training.

I. 서론

오늘날에는 각종 산업재해와 교통사고의 증가 뿐만아니라 성인병의 증가로 인하여 절단례가 많아지고 있다. 과거에는 사지에 골육종 등 악성종양이 생기면 악성종양에 대한 근치적 절단술을 시행하고도 국소재발 및 원격전이를 막지 못해 치명적인 예후를 가지고 있었으나(Dahlin과 Coventry, 1967), 항암 화학요법과 외과적인 수술 및 진단기술의 발전으로 악성종양의 치료방법에 괄목할 만한 전환이 도래되었다. 즉 연장된 삶의 질을 고려하여 종양에 대한 국소적 접근으로 사지는 절단치 않고 기능을 보존하는 수술이 개발되었다(Johston, 1980; Sweetnam, 1989; Watts, 1980). 이에 부분절제 및 슬관절 고정술(Companacci와 Costa, 1979), 부분절제 및 인공슬관절 전치술(Simon, 1988), 절제술 및 광범위 동종 골관절 이식술(Parrish, 1973), 부분절제술 및 회전재접합술(Gebhart 등, 1987; Jacobs, 1984; Kotz 와 Salzer, 1982) 등이 있다.

회전재접합술은 Borggreve(1930)에 의해 처음 개발되었으며 선천적으로 단축된 하지의 하퇴부를 180도 회전시켜 대퇴부에 재접합시켜서 족관절을 슬관절로 전환하고 슬관절 상 절단을 슬관절 하 절단으로 대체시킴으로서 선천성 대퇴골 결손의 기능적 회복을 위해 고안되었다. 그후 Kotz와 Salzer(1982)에 의해 종양이 원위 대퇴골 혹은 근위경골에 있을 때, 종양자체에 접근없이 근위대퇴골 및 원위경골부로의 분절절제 후 주요 동맥 및 정맥도 분절절제하고 주요 신경을 유리 시킨 후, 원위부를 180도 회전시켜 근위대퇴부에 접합시키는 술식으로서 좌골신경이나 경골신경의 침습이 없는 경우에 가능하다.

분절절제 및 회전재접합술이 대퇴절단술에 비교할 때 장점으로는 하지 체중지지가 용이하고 족관절이 슬관절로 작용함으로써 기능적으로 우수한 의지 장착이 가능하며 절단술시 잘 생기는 절단신경종의 가능성이 없으며, 여타의

사지구제술이 소아일 경우는 성장 여력 때문에 시행이 어려우나 상기의 술식은 가능하다. 또한 근치적 절단술과 사지구제술을 비교하면 같은 항암 화학요법을 실시하였을 때 5년 생존율, 국소재발 및 원격전이에 큰 차이가 없었으며(Simon 등, 1986; Springfield 등, 1988), 사지구제술의 기능적 결과가 우수해서(Farr 와 Huvos, 1972; Murray 등, 1985; Watts, 1980) 악성 종양일지라도 일차적으로 사지구제술을 고려한다. 특히 사지구제술 중에서 분절절제 및 회전재접합술은 외관상의 결점에도 불구하고 종양의 충분한 절제가 가능하면서도 기능적으로 우수하고 내구력이 뛰어나 앞으로 이러한 예가 크게 늘어 날것으로 사료된다. 이에 분절절제 및 회전재접합술 후 의지 보행훈련을 성공적으로 마친 증례를 문헌고찰과 함께 소개하는 바이다.

II. 본론

1. 연구대상

본 증례는 초등학교 5학년 때부터 가끔 오른쪽 무릎 주위에 통증을 호소한 것 외에는 평소 건강하게 지내오다가 중학교 2학년 봄부터 통증이 심해져서 연세의료원 신촌 세브란스병원에 내원하여, 정형외과에서 대퇴원위부 및 근위경골의 병리조직학적 소견상 악성 골육종(osteosarcoma)으로 진단받았다. 증례는 수술의 도움을 위해 전산화 단층촬영을 시행하였고, 혈관조영술로서 재접합에 필요한 혈관들을 확인하였으며, 전이암 여부를 알기 위하여 동위원소 골주사검사 및 폐의 전산화 단층촬영등을 시행하였다. 원위대퇴골과 근위경골 및 슬관절 주위의 연부조직의 분절절제 및 하지의 회전재접합술은 1995년 1월에 하였으며, 3차례의 항암 화학요법을 마치고, 1995년 6월 3일부터 8월 28일까지 연세의료원 재활병원 물리치료실에서 의지 보행훈련을 받았던 15살의 소녀였다.

2. 수술방법

수술은 전신마취를하여 양와위로 누인 다음 종양 자체에서 10 cm 이상의 안전거리를 두고 근위경골 및 근위대퇴골의 절단선을 정했다. 계획된 절단선보다 4-5 cm 길게 장방형의 환상 피부절개를 대퇴 및 하퇴부에 가하고 국소적 지혈을 하면서 절개했다. 좌골신경, 경골신경, 총비골신경 및 슬와동맥, 전후경골동맥, 비골동맥을 동맥과 나란히 주행하는 정맥과 함께 완전박리한 후 보존하면서 연부조직의 절제를 시작했다. 대퇴골주위의 근육을 절개한 다음 경골부에서도 환상으로 골절단면보다 약간 근위부에서 하퇴의 근육을 절개하여 경골과 비골을 노출시켰다.

수술도중 신경과 혈관의 박리외에는 종양자체내에는 접근이 없었다. 계획된 절단면을 따라서 대퇴골, 경골, 비골을 절단하고 종양이

생긴 슬관절을 포함한 원위대퇴골 및 근위경골을 들어냈다. 그 다음 좌골신경 및 전후경골신경을 유지하면서 대퇴정맥 및 전후경골동맥 및 정맥을 분절절제하고 집게로 물린 다음, 절단된 하퇴 및 족관절부를 180도 회전시켜 대퇴근위부에 접합시켰다. 금속판 내고정술(plate with screw)을 이용하여 족관절의 회전축에 직각이 되는 면이 대퇴의 중립위에 오게 하면서 약간의 전축굴곡을 만든 다음 고정했다. 근위 및 원위 동맥과 정맥이 미세혈관 수술기법으로 재문합 후 대퇴동맥의 혈관집게를 풀어서 족부의 혈관순환을 확인한 다음 대퇴전방의 슬관절 신전근인 대퇴직근, 중간광근, 외측광근을 비복근 및 넙치근에 적당한 장력으로 연결하고, 대퇴이두근 및 반건양근, 반막양근은 전경골근 및 장지신근, 장모지신근에 각각 연결하였다. 그리고 대퇴부 및 하퇴부의 피부 연부조직을 봉합했다(사진1).

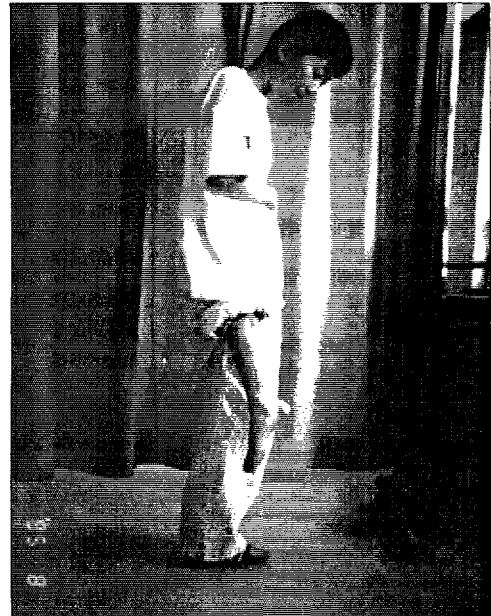
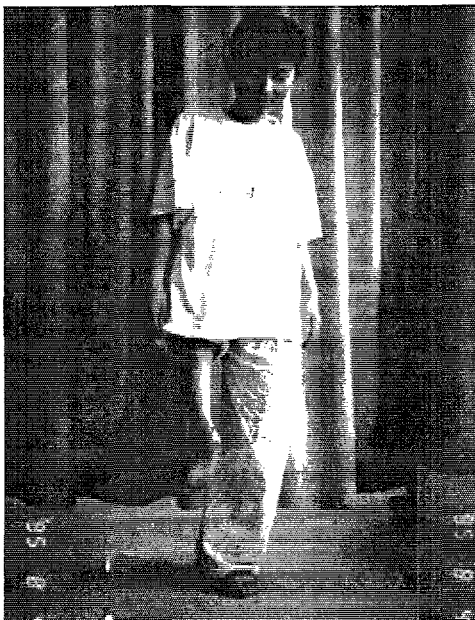


사진1. 사진 수술후 전면과 측면

3. 의지 보행훈련

1) 이학적 평가

증례는 외관상 얼굴이 창백하고 야위어 보였으며 신장 162 cm에 체중 43 kg 이었다. 근력은 전반적으로 도수근력검사상 G+ 정도 였으나 오른쪽 고관절의 굴곡근은 G, 신전근 F+, 외전근 F+, 내전근 G- 이었고, 무릎관절 역할을 하는 족관절의 배굴근(슬 굴곡근)은 F, 저굴근(슬 신전근) P+ 였다. 근력에 비해서 운동 지구력이 낮았으며 쉽게 피로해진다고 호소했다. 회전재접합된 족관절의 가동범위는 10도에서 70도였으며 나머지 관절에는 제한이 없었다. 특별히 통증을 호소하지는 않았으나 자신의 다리를 남앞에 내놓는 것을 꺼려했다. 일상생활 동작 및 보행은 양측 목발을 사용하여 독립보행이 가능 했으나 주로 휠체어를 사용하였다.

2) 물리치료

의지장착 전 훈련의 일환으로 전신적인 근력 강화 운동 및 균형운동, 환측의 족관절 근력강화와 관절가동범위 증진 및 체중부하 운동, 그리고 목발 보행훈련을 하였다. 근력강화를 위해 등척성운동, 도수 저항운동, 병실에서 모래주머니를 이용한 저항운동 그리고 족관절 근력 회복과 기능적 회복을 위해 Cybex를 사용하여, 저속도인 30°/sec 및 고속도인 120°/sec의 등속성 운동을 하였다. 관절가동범위 증진을 위한 도수 신장운동 및 P.N.F. 기술중 Hold-relax 그리고 체중을 이용한 지속적인 신장운동을 하였다. 보행을 준비하기위한 체중부하 및 균형운동을 네발기기와 무릎서기, 한발로 선자세에서 하였다. 그리고 휠체어의 사용을 줄이고 목발 보행을 권유하였다. 퇴원시 근력은 오른쪽 고관절 굴곡근 G+, 신전근 G, 외전근 G, 내전근 G+ 이었고, 족관절의 배굴근(슬 굴곡근)은 F+, 저굴근(슬 신전근) F 정도로 향상 되었다. 그리고 족관절의 가동범위도 15도에서 90도로 증진 되었다. 그러나 근 지구력은 크게 향상되지는 않았다.

3) 의지의 구성

하지의 분절절제 및 회전재접합술 후 장착하게 되는 의지는 SACH(solid ankle cushion heel) 족이 달린 재래식 하퇴 의지에 하퇴의 절단부에 해당되는 발에 신을 발보조기 및 의지의 현수(suspension)를 위한 대퇴콜셋(thigh corset), 그리고 대체 슬관절의 신전을 돕는 끈(fork strap)으로 구성되었다. 의지의 총 무게는 2.7 kg 이었다. 다리의 길이는 건측에 비하여 환측이 1 cm 짧게 고안되어 보행시 발이 땅에 끌리지 않도록 하였다.

4) 의지 보행훈련

의지 보행훈련은 의지를 장착한 후 평행봉 안에서 양발에 균등히 체중지지하기, 체중이동하기, 균형잡기, 그리고 보행훈련을 하였다. 체중지지는 바른 보행을 하는데 있어서 가장 중요한 요소중 하나이면서도 쉽게 훈련되지 않았다. 이러한 현상은 건측에 대한 강한 의존성향 때문이었다. 평행봉 안에서 거울을 2 m 정도 앞에 두고, 양발 사이를 15 cm정도 벌리고 서서 자신의 자세를 보면서 대칭적으로 바르게 설 수 있도록 반복 연습을 하였다. 처음에는 치료사가 바른 자세를 갖추어 주고, 나중에는 환자 스스로가 자세를 바르게 잡고, 마지막에는 눈을 감고 자세를 바르게 잡을 수 있으면 양발에 균등히 체중지지하기는 성공이다. 본 증례의 경우 처음에는 발목의 가동범위 제한과 근력저하로 인한 체중부하시 대체 무릎관절의 통증을 호소하여 어려움이 많았으나 물리치료를 통한 근력 및 가동범위의 증진과 환자의 동기가 강화 되면서 호전을 보였다.

체중이동하기는 유각기의 준비에 있어서 매우 중요하다. 먼저 건측의 체중을 환측으로 옮기고 2-3초 머물다가 제자리로 돌아오기를 반복했다. 다음으로 환측의 체중을 건측으로 옮겼으며 점차체중의 이동량을 증가시켰다. 그런 다음 건측을 환측으로, 환측을 건측으로 연속적으로 체중이동을 반복했다. 그리고 먼저 환

측으로 체중을 옮기고 건축 무릎을 구부려서 발 뒷꿈치를 떼었다가 놓기를 교대로 반복했다. 마지막으로 건축 발을 들어 앞으로 내딛었다가 제자리로 돌아오기를 교대로 반복했다. 이때, 양손은 가능한한 가볍게 평행봉을 잡도록하고 상체는 곧게 유지하고 시선은 전방을 주시하게 했다. 균형잡기는 양손을 평행봉에서 떼어 자유롭게 사용할 수 있을때까지 하였으며, 체중지지하기 및 체중이동하기를 함께 진행했다.

평행봉에서 보행훈련은 먼저 환측 팔을 내어잡고, 건축 발을 내딛은 다음 건축 팔을 내어잡고, 환측 발을 내딛는 순으로 건게 했다. 그 다음 환측 팔과 건축 발이, 건축 팔과 환측 발이 동시에 나아가게 했다. 평행봉 내에서 10일간 보행훈련을 한 후, 양 목발을 사용하여 평지에서 4점 보행, 2점 보행을 하였다. 그런 다음 건축에만 목발을 잡고 건축 팔과 동시에 환측 다리가 나가는 2점 보행을 평지에서, 경사로에서, 옥외에서 병행하였다.

계단 보행은 지팡이를 사용하였으며 본 증례가 가장 힘들어 했다. 환측의 근력 약화가 가장 큰 장애 요인이었다. 퇴원시에는 쉬지않고 30분 정도 보행이 가능 했으며 평지에서는 지팡이를 사용하지 않게 되었다. 보행속도는 100 m를 1분 20초에 걸을 수 있었다.

5) 추후 관찰

본 증례는 퇴원 후 복학하였으며 7개월만에 내원하여 이학적 평가를 다시 받았다. 체중이 5 kg 늘어난 48 kg 이었다. 고관절의 근력은 G+ 이었으며, 대체 무릎관절인 족관절의 배굴근은 G-, 저굴근은 F+로 족관절의 근력향상이 두드러졌다. 그리고 족관절의 가동범위도 20도에서 100도로 증가되어 발바닥쪽으로 이동하는 양상을 보였다. 특히 보행속도는 100 m를 35초 단축시킨 45초에 걸을 수 있었으며, 지팡이 없이 1시간 정도 보행할 수 있는 지구력이 생겼으며 만족해했다(그림2).

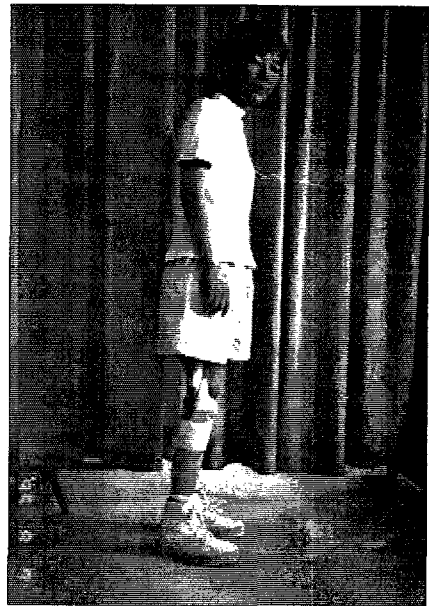
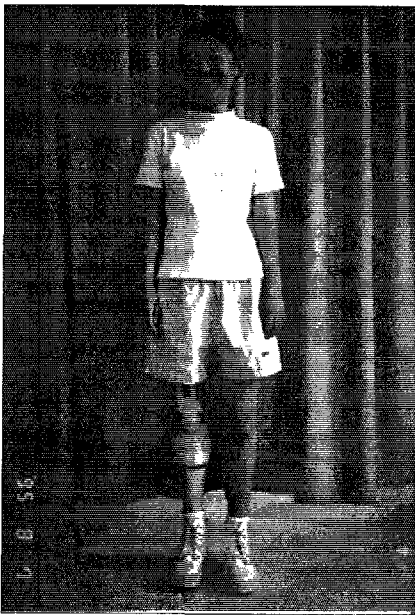


사진2. 의지장착 후 전면과 측면

Ⅲ. 고찰

사지절단은 모든 연령층에서 다양한 원인에 의하여 행하여지는 수술로서 절단의 원인은 1) 외상, 2) 말초순환장애 및 당뇨병, 3) 악성종양, 4) 만성염증 즉 만성골수염, 5) 사지의 선천성 기형, 6) 미용 등의 원인 순서로 많으며 원인 1)과 2)항에 대한 순서는 나라에 따라 조사기관에 따라 다르다. 또한 하지의 절단이 상지의 절단보다 많으며 남자가 여자보다 절단의 기회가 많다(이강모, 1978; 이재학, 1983; 이웅남 등, 1994; 이은용, 1978; Mital과 Pierce, 1971).

이웅남 등(1994)은 환상통이나 절단통이 있는 절단환자에게 다면적 인성검사와 면담을 한 결과에서는 우울증, 부정, 불안, 편집증 등의 심리상태가 나타났다. Thompson(1972)에 의하면 사지절단 후유증은 의지장착 전기와 후기로 대별되며 절단원인, 절단후의 생리적 및 정신적 반응의 차이, 술자의 수술방식 및 기술의 차이 등에 의하여 여러가지 형태와 정도의 후유증을 나타낸다. 특히 환상통이나 신경종은 재활치료에 있어서 큰 장애가 된다고 하였다. 본 증례의 경우에서도 처음에는 자신의 하지 분절절제 및 회전재접합된 자신의 다리를 타인 앞에 내 보이는것에 대해서 심한 거부감을 가졌으나 물리치료와 보행훈련이 진행되면서 점차 동기가 강화되어 심리적 동요를 해소할 수 있었다.

회전재접합술의 장점은 궁극적으로 슬관절 상 절단을 슬관절 하 절단 상태로 전환하는 것이며 하지의 체중지지 능력을 증가시키며 의지 착용 후 결과가 훨씬 양호하며 절단 수술시 발생하는 신경종에 의한 통증을 방지할 수 있다는 것이다(김상수 등, 1988; Kotz 와 Salzer, 1982). 본 증례의 경우에도 신경을 절단하지 않았고 하지를 분절절제 하였기 때문에 신경종이나 환상통으로 인한 고통은 없었다. 그러나 수술전에 족부와 족관절의 운동 및 근력이 정상이어야 하며 고관절의 안정성이 유지 되어야

한다. 특히 수술부위 하지의 혈관 손상시는 재문합(임홍철과 홍성수, 1991)이 가능하지만 좌골신경이 손상받았거나 종양에 의해 침범당했다면 이 수술의 의의는 없다. 증례의 경우는 슬관절 주위의 대퇴골 및 경골에 악성 골육종이 있었으나 주요신경이나 혈관에는 병소의 침범이 없어 분절절제 및 회전재접합술이 가능하였다.

이 술법의 부작용으로는 심부감염, 족부의 강직, 혈액 순환장애로 인한 족부의 불완전 회전, 골의 불유합, 그리고 술후 하지의 모양으로 인한 정신적인 문제등이 생길 수 있으며, 근력 및 운동범위 제한으로 의지훈련이 어려운 경우도 있다. 장시간 하지를 사용하지 않아서 생기는 불용성 근위축의 경우 느린 수축 섬유인 II형 섬유의 위축이 심하다. 한편 최대근력의 회복이나 기능적 회복을 위해서는 빠른 수축 섬유인 I형 섬유의 활성화가 필요하며, 최대하 등속성운동과 고속도 등속성 운동이 필요하다. 슬관절의 건측과 환측의 근력의 차이가 15% 이상이면 손상의 위험도가 높아져(Grace 등, 1984) 불균형의 정도가 10% 이내로 되도록 재활치료가 필요하다(한수봉 등, 1993).

한수봉 등(1993)은 Cybex를 사용하여 10명의 하지 분절절제후 회전재접합술자의 최대 우력치와 운동범위를 측정하였는데, 술후 평균 7개월에 환측은 건측의 우력치의 20-30%의 힘을 갖고 3개월 후 추적검사에서 근력이 15-30% 증가하여 회복되고 있음을 보여주었다. 또한 신근과 굴근의 우력치 비교에서 건측은 굴근에 비해 2-3배의 힘을 갖고 유지하는데 비해, 환측은 서서히 신근이 강해지고 있음을 보였다. 그리고 환측의 족관절 운동범위가 증가하는데 새로운 슬관절로 적용하기 위한 신전운동 즉, 발바닥쪽으로 이동하는 양상을 보였다고 하였다. 본 증례의 경우에서도 마찬가지로 결과를 보였으며 지속적으로 근력과 관절가동범위의 증가를 추적평가에서도 확인 할 수 있었다.

IV. 맺음말

의지를 아무리 기능적으로 우수하게 만들어도 제대로 기능하는 자신의 사지만은 못할 것이다. 이런 관점에서 보면 우리나라에서도 회전재접합술에 대한 증례가 많아지고 있어(김상수와 채홍식, 1983; 김상수 등, 1988; 김정만 등, 1989; 한수봉 등, 1991; 한수봉과 정환용, 1992; 한수봉 등, 1993) 바람직한 경향이라고 생각된다.

본 증례의 경우 악성 골육종으로 인한 오른쪽 하지 부분절제 및 회전재접합술 후 수정된 재래식 하퇴 의지를 사용하여 약 3개월 동안 물리치료 및 의지 보행훈련을 통하여 성공적인 기능 회복을 하였다. 수술 후의 적절한 물리치료와 세심한 보행훈련이 뒤따르지 않으면 아무리 수술이 잘 되었다라든가 궁극적인 기능 회복은 기대하기 어렵다. 따라서 수술후의 재활치료사의 역할이 더욱 중요해지고 있으며 보다 많은 증례 보고가 있어야 할 것이다.

인용문헌

김정만, 이승구, 김양 등. 만성 골수염에 의한 대퇴골 간부 광범위 골 결손예의 Rotation-plasty 치험예. 1989;24(5): 1491-1496.

김상수, 박봉주, 최형연 등. 골 결손을 동반한 개방성 분쇄골절의 Rotation-plasty에 의한 치험-1례 보고-. 대한정형외과학회지. 1988;23(5):1422-1424.

김상수, 최홍식. Rotation-plasty에 의한 악성 골종양 치험례-2례 보고-. 대한정형외과학회지. 1983;18(4):794-798.

이강모. 사지절단과 의지. 대한재활의학회지. 1978; 2(2): 75-79.

이은용. 산업재해로 인한 지체절단에 대한 임상적 연구-절단단의 후유증을 중심으로-. 1978;2(1):35-41.

이용남, 조정자, 문재호 등. 절단환자의 환상통에서 체열 촬영검사와 다면적 인성검사. 대한재활의학회지. 1994;18(3):599-606.

이재학. 절단환자의 물리치료에 관한 임상적 연구. 대한물리치료사 협회지. 1983; 5(1): 13-19.

임홍철, 홍성수. 사지 접합술시 허혈시간 단축을 위한 도자법의 이용에 대한 증례 보고. 대한정형 외과학회지. 1991; 26(3): 975-981.

한수봉, 김남현, 양익환 등. 분절절제 및 회전성형술을 이용한 원위대퇴골과 근위경골의 악성 및 침윤성 양성골 종양치료. 대한정형외과학회지. 1991;26(1):114-124.

한수봉, 신정순, 윤태식 등. 하지 분절절제 및 회전재접합술후 등속성 근력 평가. 대한정형외과학회지. 1993;28(2):860-866.

한수봉, 정환용. 병적 골절을 동반한 상완골 전체를 침범한 Ewing씨 육종의 분절절제 및 재접합술에 의한 치험. 대한정형외과학회지. 1992;27(7):1934-1939.

Companacci M, Costa P. Total resection of distal or proximal tibia for bone tumors-autogenous bone grafts and arthrodesis in twenty six cases. J Bone and Joint Surg. 1979;61(B):455-463.

Dahlin DC, Coventry MB. Osteogenic sarcoma-a study of six hundred cases. J Bone and Joint Surg. 1967; 49(A): 101-110.

Farr GH, Huvos AG. Justacortical osteogenic sarcoma. J Bone and Joint Surg. 1972;54(A):1205-1260.

Gebhart MJ, McCormak RR, Healey JH etc. Modification of the skin incision for Van Nes limb rotation-plasty. Clin Orthop. 1987;216:179-182.

Jacobs PA. Limb salvage and rotationplasty for osteosarcoma in children. Clin Orthop. 1984;188:217-222.

Johston JO. Local resection in primary

- malignant bone tumor. Clin Orthop. 1980;153:73-79.
- Kotz R, Salzer M. Rotationplasty for childhood osteosarcoma of the distal part of the femur. J Bone and Joint Surg. 1982;64(A):959-968.
- Mital MA, Pierce DS. Amputees and their prosthesis. Little Brown and Co., 1971.
- Murray MP, Jacob PA, Gore DR etc. Functional performance after tibial rotationplasty. J Bone and Joint Surg. 1985;67(A):392-399.
- Parrish FF. Allograft replacement of all or part of end of a long bone following excision of a tumor. J Bone and Joint Surg. 1973;55(A):1-22.
- Simon MA. Limb salvage for osteosarcoma. J Bone and Joint Surg. 1988; 70(A): 307-310.
- Simos MA, Aschliman MA, Thomas N etc. Limb salvage versus amputation for osteosarcoma of the distal end of the femur. J Bone and Joint Surg. 1986; 68(A):1331-1337.
- Springfield DS, Schmidt R, Marcus RB etc. Surgical treatment of the osteosarcoma. J Bone and Joint Surg. 1973; 70(A): 1124-1130.
- Sweetnam R. Malignant bone tumor management 30 years of achievement. Clin Orthop. 1989;247:67-73.
- Thompson RG. Complication of the lower extremity amputation. Orth Chin of N Am. 1972;3(2):323-338.
- Watts HG. Introduction to resection of the musculoskeletal sarcoma. Clin Orthop. 1980;153:31-38.
- Wilson PD, Langer EM. Surgical reconstruction of the skeletal following segmental resection for bone tumor. J Bone and Joint Surg. 1965;47(A):1629- 1659.