

Ilizarov 술식을 이용한 하지 연장술 및 변형 교정술 후 물리치료

포항성모병원 물리치료실

김태열 · 황태연

Physical Therapy Following Leg Lengthening and Deformity Correction by Ilizarov Method : Clinical Commentary

Kim, Tae Youl, R.P.T., M.P.H., Hwang, Tae Yeun R.P.T.

Dept. of Physical Therapy, Pohang St. Mary's Hospital

—ABSTRACT—

Ilizarov limb lengthening has been the new method to deal with a variety of orthopaedic problems. Ilizarov apparatus consists of stainless steel rings that surround the limb and are interconnected by threaded rods. Tensioned wires pierce the bone in the plane of each ring and are tightly attached to the ring. Ilizarov has reported distraction osteogenesis with the use of the typical fixator that allows functional loading. The purpose of this commentary is to introduce a four-stage rehabilitation protocol currently used by the authors in the physical therapy management of a post-limb lengthening. Each treatment stage corresponds to a medical stage in the lengthening process. Treatment goals for each of the physical therapy treatment stage are presented to guide treatment planning. Two case examples are presented to illustrate the use of the management goals in treatment planning.

Key Words : limb lengthening, physical therapy

차 례

- I. 서 론
- II. Ilizarov 술식의 이론적 배경과 치료원리
- III. 수술 후 물리치료
- IV. 증례예시

V. 결 론 참고문헌

I. 서 론

근래에 들어 특별히 고안된 외고정기구를 이

용한 사지 연장술(limb lengthening)이 임상에서 많이 적용되고 있으며 그 이용도가 날로 증가하는 추세이다. 수술적 방법에 의한 사지 연장술은 1905년 Codivilla⁶⁾에 의해 시작되었으며, 외고정기구를 이용한 수술법은 1921년 Putti²⁴⁾에 의해 소개되었다. 1952년 Anderson²⁾은 외고정에 의한 골 분절의 신연작용을 이용한 사지 연장술을 보고하였으나 기술상의 난이도와 많은 합병증을 동반하는 문제점 때문에 만족한 성과를 얻지 못하였다. 1971년 Wagner²⁸⁾가 가볍고 견고한 monolateral external fixator를 이용하여 골연장을 얻은 후 골이식과 내고정하는 방법으로 다수의 증례에서 좋은 성과를 얻을 수 있었다고 보고한 이후 근래에 까지도 이 방법이 가장 보편적인 사지 연장술로 임상에서 많이 사용되었다. 1980년대에 들어 사지 연장술은 De Bastiani⁹⁾의 가골신연술(callotasis)과 Ilizarov^{13, 14, 19)}의 신연 골형성술(distraction osteogenesis)로 인하여 생리학 및 생역학적으로 눈부신 발전을 가져오게 되었다. 최근 전세계적으로 많은 각광을 받고 있는 Ilizarov 술식은 충분한 골연장과 변형에 대한 삼차원적인 교정을 얻을 수 있고 과거의 다른 방법에 비하여 합병증을 줄일 수 있어 골절의 치유, 사지 연장 및 변형의 교정 등에 많이 사용되고 있다.

근골격계 질환에 대한 수술적 치료 방법은 과학·기술의 획기적인 발전에 힘입어 계속 새로운 방법들이 연구·개발되어 지고 있어 과거에 비하여 적용범위나 시기, 수술 후 재활양식에 많은 변화를 가져오게 되었다. 따라서 정형 물리치료를 전문으로 하는 임상물리치료사에게 있어서는 근골격계 질환의 수술적 치료 방법에 대한 기초이론 및 원리, 수술시기, 수술후 관리 등에 대한 깊은 이해가 필요하며 이를 바탕으로 한 수술 후 물리치료양식에 대한 활발한 임상연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 국내에서의 Ilizarov 기구를 이용한 사지연장술은 1980년대 후반부터 시작되었으며 현재에는 임상적 적용이 보편화 되어가는 추세이다. 그리

나 이에 대한 수술 후 물리치료양식의 임상연구나 보고는 매우 미흡한 상태이다. 저자들은 1990년 부터 본원에서 Ilizarov 기구를 이용하여 하지 연장이나 변형 교정을 시행한 후 물리 치료를 받은 환자들을 대상으로 얻은 임상적 경험을 문헌적 고찰을 토대로 정리하여 소개하는 바이다.

II. Ilizarov 술식의 이론적 배경과 치료원리

1952년부터 Ilizarov는 신연 골형성술의 개념을 도입하여 기능적 부하(functional loading)가 가능한 독특한 형태의 외고정기구를 개발하여 골연장을 통한 사지 연장술을 시행하여 성공적인 결과를 얻었다. Ilizarov에 의해 고안된 외고정기구는 장골을 둘러싼 몇개의 환(ring)과 이를 연결하는 연결금속봉(threaded rod), 각 ring과 골을 관통하여 연결하는 강선(wire)으로 구성되어 있는데, 직경이 가는 강선을 이용하여 신장력을 얻고 환과 연결금속봉의 공간 배열로 안정성을 구하게 설계되어 있다(Fig. 1). Ilizarov 외고정기구의 특징은 직경이 1.2 mm에서 2.0 mm의 가는 강선을 사용하기 때문에 연부조직 및 골조직에 가해지는 자극과 제거 후 반흔조직이 적으며, 공간 배열의 조절이 용이하여 골 연장술과 함께 삼차원적인 교정을 얻을 수 있으며, 생역학적으로 각변형력, 전단력, 전염력에 대한 안정성이 높고, 주기적 축성미세운동(cyclic axial micromotion)을 유발하여 골치유와 골재형성을 촉진한다. Ilizarov^{20, 21)} 외고정기구와 같이 환형(ring type)의 외고정기구는 평면성 구조(uniplanar frame)를 가진 외고정기구 보다 굴곡력(bending)이나 염전력(torsion)에 대하여 부하를 고르게 분산시키며, 강선에 장력을 가하여 경직성(rigidity)을 증가시켜 신연 간격에 축성부하(axial loading)를 전달한다^{3, 4, 19, 20)}. 따라서 Ilizarov 술식은 과거의 방법에 비하여 합병증을 줄일 수 있으며, 그 적용범위도 상·하지의 연장, 각형성 변형의 교정, 가관절(pseudoarthroses), 감염 또는 비감염성 분

절골손 뿐만아니라 절단부위 등 다양한 정형외과 적 질환에 사용할 수 있다.

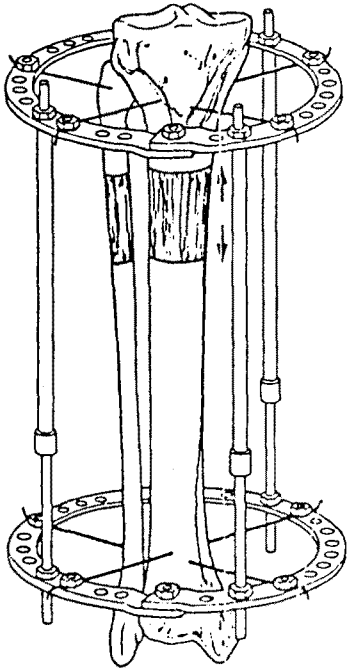


Fig. 1. Diagram of the Ilizarov apparatus for lengthening, after corticotomy of the proximal tibia.

Ilizarov 술식에서는 절골부의 골막과 영양동맥, 골수강내의 혈류보존을 위해 피질골 절골술(corticotomy)을 실시하며, 골형성 능력의 활성화와 골수강내 혈류의 복원, 국소염증 감소등을 얻기 위하여 5일 에서 7일 정도의 휴지기(latency period)를 가진 후 신연에 의한 골연장을 실시한다. 피질골 절골술 후 휴지기가 필요한 이유는 절골간격 부위의 골형성은 골막가골형성에 의해서 뿐만 아니라 절골된 골단에서 절골간격의 중심부를 향하여 직접 골형성이 일어나기 때문이다²²⁾. 이와 달리 De Bastiani⁹⁾는 관혈적 골막하 절골술 후 10일에서 14일 정도의 휴지기를 가져 골막 가골이 어느정도 형성된 후 가골을 신연하는 방법을 시도하였다.

Ilizarov에 의한 신연 골형성술에서는 신연길이를 매 6시간 마다 0.25 mm씩 매일 4회를 신연하여 일일 총 신연길이가 1.0 mm 되게 하였는데, Ilizarov 외고정기구의 경우 연결 금속봉에 부착된 clicker를 한칸 돌리면 0.25 mm씩 신연이 가능하게 설계되어 있다. 실험에 의하면 신연율이 골형성에 막대한 영향을 주는데 0.5 mm/day로 신연 할 경우에는 조기 골 고정화(premature consolidation)가 일어날 위험이 있고 2.0mm/day 이상 연장하면 국소저혈을 야기하여 골형성 장애(unbridged osteogenesis)가 나타날 위험이 있다. 1 mm/day에 대한 신연빈도는 빈도가 많을수록 골형성이 촉진되는데, Ilizarov는 지속적 자동신연장치를 이용하여 실험한 결과 근섬유, 신경조직, 혈관조직, 근막 및 교원질 등의 조직이 정상상태를 유지하면서 활발한 증식이 일어나는 것을 관찰하였다^{13,14)}. Ilizarov 술식에 의한 하지 연장길이 성적에 대하여 Dal Monte와 Donzelli⁷⁾는 선천성 경골저형성증을 대상으로 최저 4 cm에서 최고 11.5 cm, Paley²⁰⁾는 선천성 경골결손 및 경비골저형성증을 대상으로 평균 9.8 cm로 보고하여 대부분의 연구에 좋은 결과를 얻었다.

피질골 절골술 후 신연 간격에 신생골이 형성되는 과정은 골절 후 가골형성 과정과는 차이를 보인다. 신연 간격에 새로이 형성된 골소주는 신연 방향으로 종적, 규칙적 배열을 한다. 절골된 골단 양쪽에서 신연 간격 중앙을 향하여 골소주가 자라나와 중간대를 형성하게 되며 중간대에서는 미분화 간엽세포가 골아세포로 이행되고, 이 골아세포는 직접 유골(osteoid)을 형성하게 된다. 일반적으로 술후 3주 이상이 되면 신생골 형성을 방사선 사진상에서도 확인할 수 있다. 목표로 한 길이에 도달하여 신연을 멈추면 중간대는 급속히 골화(ossify)가 되며 신연 간격에 생긴 골은 피질골화 한다. 이 시기에 Ilizarov 외고정기구는 축방향 부하에 대하여 탄성변형(elastic deformation)을 가능케 하며 충판골로의 전환을 도와 준다²³⁾.

신연 골형성술에서 기능적 부하는 신생골의 골

화에 매우 중요한 역할을 한다. 일찍이 Sarmiento 등²⁶⁾, Mckibbin¹⁸⁾, Rahn 등²⁵⁾은 기계적인 환경(mechanical environment)이 장골(long bone)의 골절치유에 영향을 준다고 보고하였다. Goodship과 Kenwright¹¹⁾는 외고정을 한 상태에서 축성 미세운동이 골절치유를 촉진하고 지연유합을 방지하는 효과가 있음을 관찰하였다. 또한 신연 골연장술을 하게 되면 관절운동의 소실과 함께 연부조직의 제한이 발생될 수 있는데, 이는 외고정기 상·하관절에 관절운동범위를 유지하기가 매우 까다롭고, 신연이 시작되면 혈관, 신경, 근, 건 등 연부조직의 연장(elongation)이 골연장과 비율이 같지 않아 연부조직의 긴장이 증가되기 때문이다. 신경 및 혈관조직의 적정 일일연장 길이는 2mm 정도로 연장과정에서 이상감각이 나타나면 연장을 1-2일 중지하며 만약 계속해서 이상감각이 지속되면 삽입 강선의 신경혈관속(neurovascular bundle) 압박도 고려해야 한다. 근근막의 경우도 골의 연장속도와 부조화로 변형이나 구축을 유발 시키는데, 비복근의 구축은 슬관절 굴곡변형을, 비복근과 가자미근의 구축은 족관절의 척측변형과 피질골 절골술 부위의 전방만곡을, 하퇴 전방부 근과 골간막의 저항증가는 경골의 외반 및 전방만곡 변형을 가져온다. 여러 실험에 의하면 관절이 고정되면 근초의 수와 길이^{5, 27, 29)}, 근섬유의 굵기^{15, 17)}, 근섬유형태의 특성^{8, 12, 20)}, 관절강직도¹⁾에 변화가 오게 된다. 따라서 기능적 부하 운동은 관절운동범위 및 연부조직의 긴장도를 유지하는데 매우 효과적이다. 기능적 부하는 부분적 체중부하에서 완전체중 부하 범위에서 실시할 수 있다.

Ⅲ. 수술 후 물리치료양식

Ilizarov 술식을 이용한 하지연장 과정에서의 물리치료 목표는 수술이나 골연장에 의해 신경, 혈관, 근근막 등 연부조직에 발생하는 합병증을 예방하고 이로 인해 유발되는 기능장애를 치료하며, 기능적 부하 활동을 통한 골형성의

촉진을 향상 시키는데 있다. 수술 후 물리치료 양식의 진행은 신연 골형성술의 진행 단계에 근거하여 4단계로 나누어 실시한다.

1단계는 수술 후 골형성 능력의 증가와 골수강 혈류의 복구를 기다리는 휴지기 동안에 실시되는 과정으로 슬후 1일째부터 시작된다. 먼저 외고정기구 상·하관절의 운동제한을 예방하기 위해 가능한 범위까지 관절운동을 실시하는데 특히 경골 연장술의 경우 족관절 제한이, 대퇴골 연장술의 경우 슬관절 제한이 잘 발생한다. 외고정기구의 운동제한과 골연장에 따른 근육, 근막 등 연부조직의 구축 및 단축을 예방하기 위하여 신장운동을 실시하는데 하퇴의 경우에는 비복근 및 가자미근에, 대퇴의 경우에는 대퇴사두근과 슬건근, 고관절의 굴곡근에 집중적으로 실시할 수 있도록 환자 및 보호자에게 교육해야 한다¹⁶⁾. 또한 휴식시이나 수면시에는 구축예방을 위한 자세를 유지시켜야 하는데 특히 족관절의 저측굴곡근과 슬관절 굴곡근의 단축 및 구축 발생에 유의해야 하며, 척측변형을 예방하기 위하여 고무밴드를 이용한 dynamic splint를 사용하면 좋다. 그리고 외고정기구에 의한 관절의 부분적 제한이나 관통강선의 자극에 의해 근력약화나 근위축이 유발될 수 있으므로 등척성운동(isometric exercise)을 실시한다. 이동 및 보행에 대한 독립성을 증진 시키기 위해 침상활동 및 이동훈련(bed activity and transfer training), 평행봉에서의 선자세와 체중이동 훈련, 기능적 부하 활동에 대한 훈련으로 환자가 편안한 수준의 부하량을 체중계로 측정하여 평행봉이나 목발을 이용한 부분적 체중부하 부터 실시한다. 보행 훈련시 자연스럽게 울동적인 보행패턴이 이루어 질 수 있도록 해야하며, 체중 부하량을 점진적으로 증가시켜 나간다.

2단계는 휴지기가 끝나고 골연장을 위한 신연을 시작하는 시기로 일반적으로 슬후 7일 전 근후로 실시된다. 외고정기구 상·하관절 및 주요근육에 대한 관절운동을 지속적으로 실시하며, 단축 및 구축의 호발 근육에 대하여 신

장운동을 더욱 강화시킨다. 주요근육에 대해 원심성 및 구심성 근 수축운동(eccentric and concentric muscle contraction exercise)을 추가로 실시하는데 대퇴사두근에 구심성 수축 운동을 시킬 경우 침상에 걸터 앉아 발을 낮은 의자에 올리는 상태에서 슬관절 신전운동을 반복하면 되고, 비복근에 대한 원심성 수축 운동의 경우 선자세에서 실시하면 가능하다. 기능적 부하 활동에 대한 훈련은 체중 부하하량을 환자체중의 50%까지 증가시켜 나가고, 본격적인 목발보행을 실시하도록 해야한다.

3단계는 골연장 길이가 목표에 도달하여 신연을 중지하고 골고정화가 이루어지기를 기다리는 시기이다. 이 시기에도 전단계에서 실시하던 관절운동, 신장운동, 근력강화운동을 계속하여 관절 및 연부조직에 제한이 진행되지 않도록 한다. 만약 족관절의 운동제한이 심하면 선자세에서 체중과 경사판을 이용하여 관절가동범위운동을 실시하도록 한다. 보행훈련은 체중 부하량을 늘리기 위하여 지팡이나 목발을 한개만 사용하며, treadmill에서 forward/backward walking을 실시한다*. 이때부터는 상당량의 체중부하가 가능하기 때문에 closed kinetic chain functional training을 체중부하량을 고려하여 실시한다. 훈련으로는 standing squats(knee flexion : 0°-40°), toe raise/heel raise등 부터 시작하여 점진적으로 proprioceptive training board, step-up, elastic band squats(knee flexion : 0°-60°), 그리고 stairmaster training 등으로 단계를 높혀간다.

4단계는 임상적으로나 방사선학적으로 신생골의 골화가 이루어져 외고정기구를 제거하는 시기이다. 이 단계에서는 고정기간동안 외고정기구에 의해 제한 받던 정상관절운동범위까지의 운동성을 적극적인 관절운동을 통해 회복시키며, 주요근육에 대한 근력강화 운동으로 등척성, 등장성, 등속성을 실시한다. 보행훈련은 보행보조장구를 사용하지 않고 완전체중부하를 실시하며, closed kinetic chain functional training의 강도를 정상수준까지 증가시킨다.

그러나 스포츠 활동은 방사선학적으로 완전히 골재형성이 끝난후에 실시하는 것이 바람직하다.

IV. 증례예시

증례 1

7세된 여자 환자로 4세경 부터 양하지에 변형이 나타나 타병원에서 비타민 D 저항성 구루병으로 진단받은 후 간헐적으로 비타민 D 등을 투여하면서 양측 하지의 내반변형 교정을 위해 보조기를 착용하였으나 별 효과가 없어 92년 5월 본원 정형외과외래로 내원하였다 (Fig. 2-a).

양측 하지의 내반변형 교정을 위하여 2차례로 나누어 연장술을 받았다. 1차 수술에서는



Fig. 2-a

우측 대퇴골과 좌측 경골에 Ilizarov 외고정기구를 장착하고 피질골 절골술을 시행한 후 내반변형 교정을 실시하였다(Fig. 2-b). 술후 10주에 1차 수술시 장착한 외고정기구를 제거하고 반대로 좌측 대퇴골과 우측경골에 외고정

기구를 장착하고 1차 수술때와 마찬가지로 피질골 절골술과 변형교정을 실시하였으며(Fig. 2-c) 술후 11주째 외고정기구를 제거하였다(Fig. 2-d).

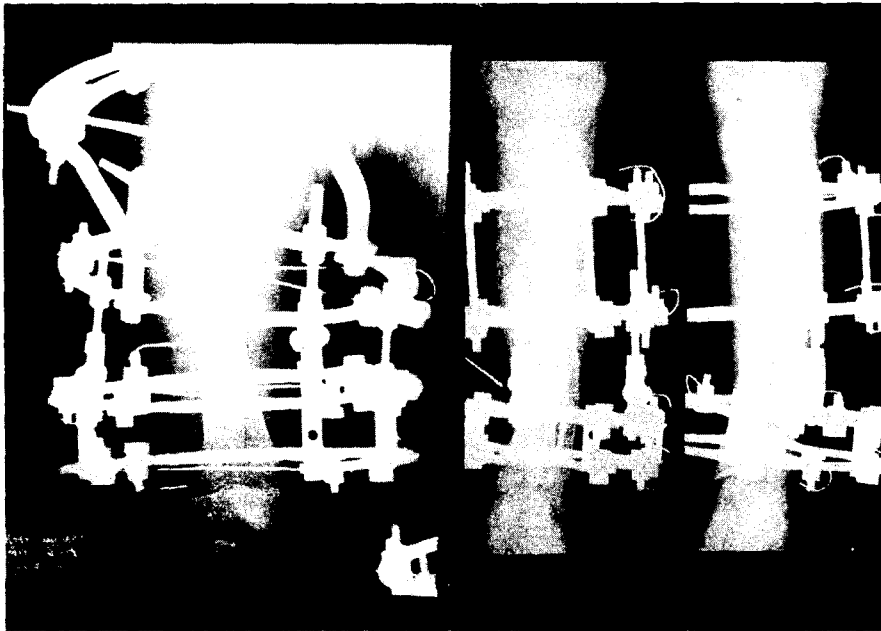


Fig. 2-b

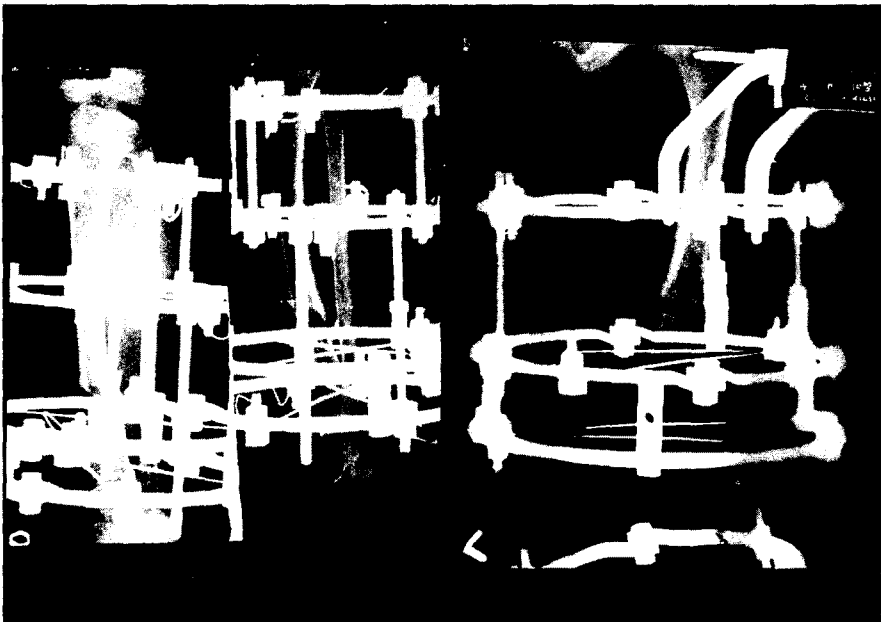


Fig. 2-c



Fig. 2-d

Fig. 2. A 7 year-old girl with a deformity of all four lower limb segments. (a) Radiograph before treatment (Note the relative amount of tibial and femoral varus). (b),(c) Radiographs after application of the apparatus. (d) Radiographs 1 year after Ilizarov apparatus removal.

1차 수술 후 3일째 물리치료실에 의뢰되었으며, 의뢰 첫날에는 환자가 소아이기 때문에 통증에 대한 두려움을 감소시키고 적응 시키기 위해 이학적 평가와 환자와 보호자에게 대퇴사두근의 등척성 운동 교육만 실시하였다. 최초 평가에서 능동 관절가동범위는 우측 슬관절이 0° – 50° 로, 족관절은 정상범위였으며, 좌측 슬관절은 0° – 80° , 족관절이 배측굴곡 0 – 7° , 저측굴곡 0 – 13° 이었다. 근력검사에서는 우측 대퇴사두근, 좌측 비복근 및 전경골근이 poor이었으며 감각 및 운동신경은 정상이었다. 양측 대퇴사두근의 등척성 운동으로 short arc knee extension(SAKE) 방식을 환자와 보호자에게 교육하였다. 수술 후 4일째 부터 병실 침상에서 1일 2회씩 우측 슬관절과 좌측 족관절을 중심으

로 관절가동범위운동과 신장운동, 등척성 운동, 침상활동과 이동에 대한 훈련을 실시하였다. 수술 후 6일째에는 보행 및 기능적부하 훈련을 위한 전단계로 평행봉에서 체중이동과 균형유지 훈련을 하였다. 수술 후 2주째 부터는 평행봉에서 4점보행훈련을 시작하였으며 점진적으로 보행 거리를 늘려나갔다. 좌측 족관절의 침착변형을 방지하기 위해 고무밴드를 이용하여 배측굴곡을 촉진 할 수 있도록 dynamic splint를 만들어 장착시켰다. 수술 후 3주째에 관절가동범위가 우측 슬관절이 10 – 75° 로 굴곡운동은 증가되었으나 관통 강선이 근육을 자극하여 신전제한이 나타났으며, 좌측 족관절은 배측굴곡이 0 – 10° , 저측굴곡이 18° 로 증가되었다. 근력은 대퇴사두근에서는 근력증가가 없었으나 나머지 근육에서는 fair로 향상되었다. 우측 슬관절 신전제한을 해결하기 위하여 비복근 및 슬건근에 대한 신장운동과 대퇴 사두근에 대한 근력증강 운동을 더욱 강화하였다. 수술 후 6주째부터는 목발을 이용하여 4점보행을 실시하였다. 수술 후 10주째 외고정기구를 제거하고 좌측 대퇴골과 우측 경골에 대한 2차 수술을 시행하였다. 2차

수술 후 2일째 최초 평가에서 관절가동범위는 우측 슬관절이 10-90°, 족관절은 배측굴곡이 0-5°, 저측굴곡 0-15°, 좌측은 슬관절이 0-42°, 족관절은 배측굴곡이 0-13°, 저측굴곡이 0-22°이었다. 근력은 우측 대퇴사두근, 전경골근, 비복근 등이 poor, 좌측에서는 대퇴사두근이 poor, 전경골근, 비복근 등이 fair이었으며 감각 및 운동신경은 정상이었다. 물리치료는 우측 대퇴사두근과 좌측 하퇴근육들에 등척성운동을 하였고, 좌측 슬관절과 우측 족관절은 1차 수술때와 같은 방법으로 치료하였다. 술후 1주째에는 우측 슬관절과 좌측 족관절의 관절가동범위 증가에 역점을 두었으며, 이학적 평가에서 우측 장모지신근의 약화가 나타나 비골신경손상이 의심되어 침착변형의 방지와 장모지신근 약화로 인한 모지굴근 구축을 방지하기 위해 dynamic splint를 장착시켰다. 그리고 침상활동 및 이동훈련은 1차 수술 후 훈련으로 잘 숙지가 되어있어 바로 평행봉에서 체중이동 및 균형훈련을 하였다. 술후 2주째에 비골신경에 대한 전기진단학적 검사 결과 정상으로 나타나 신경손상이 아니라 강선의 근육 관통으로 인한 근수축력의 저하로 판단되었다. 근력검사에서는 우측 대퇴사두근의 근력 향상이 별로 없어 신경근전기자극(neuromuscular electrical stimulation)과 함께 SAKE를 실시하였다. 술후 3주째 평행봉에서 4점보행을 훈련을 시작하여 4주째에는 보행기로, 술후 8주째부터 목발로 4점보행 훈련을 하였다. 술후 11주째 외고정기구를 제거하였다. 외고정기구 제거술 후 2일째 이학적 평가에서 관절가동범위는 우측 슬관절이 5-110°, 족관절은 배측굴곡이 0-10°, 족저굴곡이 0-21°이었고 좌측 슬관절은 5-70°, 족관절은 배측굴곡이 0-18°, 족저굴곡이 0-32°이었다. 양측 고관절 및 슬관절 굴곡근의 구축으로 인해 요추전만 및 골반 전방경사 증가, 고관절 및 슬관절 굴곡변형이 나타났다. 근력검사에서는 우측 대퇴사두근이 fair로 증가되었으며, 전반적으로 하지근육에서 flexibility 감소가 있었다. 물리치료는 양하지에는 관절가

동범위운동 및 등척성운동을, 자세교정을 위해서는 복근강화운동 및 골반 경사운동, 고관절 및 슬관절 굴곡근 신장운동 등을 실시하였다. 보행훈련은 장하지 보조기를 착용하고 3일간 평행봉에서 연습 한 후 목발보행으로 바꾸었다. 외고정기구 제거 후 2주째 양하지에 whirl pool을 적용한 후 운동을 하였으며, 이때부터 가능한 보조기와 목발 없이 보행을 하도록 유도하였으나 환자가 심리적으로 불안감을 느껴 지팡이를 사용토록 했다. closed kinetic chain functional training으로는 elastic band squats, step-up, proprioceptive board training을 실시하였다. 외고정기구 제거 후 8주째 좌측 슬관절 관절가동범위가 0-90°로 더이상 진전이 없어 정형외과에서 마취하 도수조작을 한 후 계속 물리치료를 실시하였다. 외고정기구 제거 후 12주째에 보조장구 없이 완전체중부하가 가능하게 되었으며 보호자에게 가정물리치료 프로그램을 교육한 후 13주째에 퇴원시켰다. 퇴원후 정형외과적으로는 계속 추시 관찰 하였다. 최종 물리치료 외래 방문시 이학적 평가에서 관절가동범위와 근력이 거의 정상을 유지하였으며, 보행 및 일상활동 능력도 양호하였다.

증례 2

14세된 남자 환자로 좌측 대퇴골에 만성 골수염 후유증으로 5cm의 단축과 고관절 운동 제한이 있었다. 하지 연장을 위하여 좌측 경골에 Ilizarov를 장착하고 피질골 절골술을 경골 원위골간부에 시행한 후 신연을 실시하였다. 신연 속도는 1mm/day로 하였으며 총 5cm을 연장 하였다.

술후 2일째부터 물리치료실에 의뢰 되었으며, 의뢰 당시 이학적 평가에서 관절가동범위는 좌측 고관절의 내회전이 0-20°, 슬관절이 0-75°, 족관절이 배측굴곡은 0-5°, 저측굴곡은 0-10°로 각기 운동제한이 있었고, 근력은 좌측 대퇴사두근이 good, 전경골근과 장모지신근, 비복근 등이 poor이었으며, 심비골신경 감

각영역에 저감각증이 있었다. 물리치료는 관절가동범위운동, 등척성 운동, 침상활동 및 이동훈련 등을 하였다. 술후 3일째 좌측 족관절에 dynamic splint를 장착시켜 평행봉에서 touch down weightbearing을 시작하였으며, 비복근, 슬건근 등에 신장운동을 하였다. 술후 1주째부터 신연이 시작되었으며, 목발을 이용한 부분체중부하를 실시하였다. 술후 2주에 변성반응검사서 비골신경에 부분변성반응이 나타나 모지굴근의 구축을 예방하기 위하여 모지에 dynamic splint를 장착하였다. 술후 9주에 목표치인 4 cm에 도달하여 신연을 중지하였다. 이학적 평가에서 슬관절은 관절가동범위가 0-110°, 대퇴사두근의 근력이 good이상으로 양호하였으나, 족관절은 배측굴곡이 0-8°, 저측굴곡이 0-12°로 운동제한이 심하였다. 족관절의 운동제한을 해결하기 위하여 체중을 이용하여 경사판에서 관절가동범위운동을 하였으며, 목발 한개만 사용토록하여 체중부하량을 점진적으로 증가시켰다. 체중부하를 고려하면서 closed kinetic chain functional training도 실시하였다. 외고정기구는 술후 16주에 제거되었으며, 술후 17주째부터 완전체중부하를 시작하였다. closed kinetic chain functional training으로 squats, step-up, proprioceptive board training 등을 강도를 높혀 가면서 실시하였다. 족관절의 배측굴곡 및 저측굴곡의 관절가동범위 증가를 위해 posterior glide와 anterior glide mobilization 기법을 적용하였다. 술후 21주에 퇴원하여 가정물리치료 프로그램을 실시하면서 주기적으로 통원치료를 하였다. 최종평가에서 족관절 배측굴곡이 약간의 제한이 있었으나 보행 및 일상활동에는 큰 지장이 없었고, 비골신경 손상에 대한 근전도 결과도 양호하였다.

V. 결 론

사지 연장술에 있어서 Ilizarov 술식의 출현은 연장술의 생물학적인 새로운 지식을 이해하

는 계기가 되었다는데 그 중요성이 있다. 사지 연장술의 발전은 그동안 정형외과 영역에서 적절한 치료를 하는데 많은 어려움이 있었던 선천적으로나 질병 또는 외상에 의한 사지 결손 및 변형과 관련된 질환의 치료에 새로운 가능성을 제시하였다. Ilizarov 술식에서의 기능적 부하는 주기적 축성미세운동을 일으켜 신연간격에서 골형성을 촉진을 촉진하며, 골고정화 기간동안에 발생될 수 있는 관절운동 제한이나 연부조직에 발생하는 합병증을 최소화 시킨다. 따라서 사지연장과정에서의 적절한 물리치료 적용은 향후 골형성 및 합병증 예방에 매우 중요한 가치를 지니고 있다. 하지 연장술에서의 물리치료 최종 목표는 연부조직의 단축 또는 구축을 예방 및 치료하며, 정상관절가동범위를 유지하고 체중부하를 이용한 기능적 부하 훈련을 통해 골형성의 촉진 및 보행 및 일상활동 능력을 정상화 하는데 있다.

Ilizarov 술식은 1980년대 후반에 국내에 소개된 이후 최근에는 사지연장 및 변형교정 뿐만 아니라 치료하기 까다로운 골절에서도 사용빈도가 높아지고 있으며, 적용부위도 하지에서 상지로, 장골에서 원위지골까지 적용범위가 확대되고 있는데 반하여 이에 대한 물리치료의 임상적 연구나 치료양식의 개발은 아직까지는 아주 미흡한 실정이다. 따라서 본 저자들은 Ilizarov 술식의 이론적 배경과 치료원리, 물리치료양식을 본원에서의 임상적 경험을 토대로 문헌고찰과 함께 소개하는 바이다.

참고문헌

1. Akeson WH, Woo SLY, Amiel D, Matthews JV : Biomechanical and biochemical changes in the periarticular connective tissue during contracture development in the immobilized rabbit knee. Connect Tissue Res 2(4) : 315-323, 1974.
2. Anderson, WV : Leg-lengthening, In proceedings of the British Orthopedic Associ-

- ation. *J Bone and Joint Surg* 34-B : 150, 1952.
3. Aronson J, Harrison B, Boyd CM, Cannon DH and Lubansky HJ : Mechanical induction of osteogenesis ; The importance of pin rigidity. *J Pediat Orthop* 8 : 396-401, 1988.
 4. Aronson J, Harrison BH, Stewart CL and Horp JH : The histology of distraction osteogenesis using different external fixators. *Clin Orthop* 241 : 106-116, 1989.
 5. Baker JH, Matsumoto DE : Adaption of skeletal muscle to immobilization in a shortened position. *Muscle Nerve* 11(3) : 231-244, 1988.
 6. Codivilla A : On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shorted through deformity. *Am J orthop Surh* 2 : 353, 1905.
 7. Dal Monte A, Donzelli O : Comparison of different methods of leg lengthening. *J Pediat Orthop* 8 : 62-64, 1988.
 8. Davis CJ, Montgomery A : The effect of prolonged inactivity upon the contraction characteristics of fast and slow Mammalian twitch muscle. *J Physiol(Lond)* 270(3) : 581-594, 1977.
 9. De Bastiani G, Aldegheri RA, Renzi Brivio L and Triviella G : Limb lengthening by callus distraction(callotaxis). *J Pediat Orthop* 7 : 129-134, 1987.
 10. Debra Branin Coglianese, John E Herzenberg, James A Goulet : Physical therapy management of patients undergoing limb lengthening by distraction osteogenesis. *J Orthopaedic & Sports physical therapy* 17 : 124-132, 1993.
 11. Goodship AE, Kenwright J : The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. *J Bone and Joint Surg* 67-B(4) 650-655, 1985.
 12. Haggmark T, Eriksson E, Jansson E : Muscle fiber type changes in human skeletal muscle after injuries and immobilization. *Orthopedics* 9(2)181-185, 1986.
 13. Ilizarov GA : The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues ; Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop* 239 : 263-285, 1989.
 14. Ilizarov GA : Clinical application of Tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop* 250 : 8-26, 1990.
 15. Lindboe CF, Platou CS : Disuse atrophy of human skeletal muscle : An enzyme histochemical study. *Acta Neuropathol(Berl)* 56(4) : 241-244, 1982.
 16. Maurizio A Catagni, Luis Bolano, Roberto Cattaneo : Management of fibular hemimelia using the ilizarov method. *Orthop Clin North America* 22(4) : 715-734, 1991.
 17. MacDougall JD, Elder GC, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR : Effects of strength training and immobilization on human muscle fibers. *Eur J Appl Physiol* 43(1) : 25-34, 1980.
 18. Mckibbin B : The biology of fracture healing in long bones. *J bone Joint Surg [Br]* 60-B : 150-162, 1978.
 19. Paley D et al : A comparative study of fracture gap motion and shear in external fixation. Presented at the conference on recent advances in external fixation, Riva Del Garda, Sep.28-30, 1986.
 20. Paley D : Current technique of limb lengthening. *J Pediat Orthop* 8 : 73-92, 1988.
 21. Paterson D : Leg lengthening procedures ; a historical review. *Clin Orthop*

- 250 : 27–33, 1990.
22. Peltonen J et al : Leg lengthening by osteotomy and gradual distraction ; An experimental study. *J pediat Orthop* 8 : 509–512, 1988.
 23. Price CT : Metaphyseal and physeal lengthening. *ICL* 38 : 331–336, 1989.
 24. Putti V : The operation of lengthening of the femur. *JAMA* 77 : 934, 1921.
 25. Rahn BA : Bone healing : histologic and physiologic concepts. In : Sumner-Smith G ed. *Bone in Clinical Orthopaedics : A study in comparative osteology*. Philadelphia etc : WB Saunders 335–386, 1982.
 26. Sarmiento A et al : Fracture healing in rat femora as affected by functional weight bearing. *J Bone Joing Surg[Am]* 59–A : 369–375, 1977.
 27. Tabary JC et al : Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster cast. *J Physiol(Lond)* 224 : 231–244, 1972.
 28. Wagner H : Operative lengthening of the femur. *Clin Orthp* 136 : 125–142, 1978.
 29. Williams PE, Goldspink G : Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *J Anat* 127(3) : 459–468, 1978.
 30. Witzmann FA et al : Hind limb immobilization : Length-tension and contractile properties of skeletal muscle. *J Appl Physiol* 53(2) : 335–345, 1982.