

사지연장술

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

서재성

서론

사지 연장술은 사지 단축이나 사지 부동의 치료에 사용된다. 사지 단축이나 사지 부동의 원인으로는 선천성 기형, 소아마비, 신경근육질환, 감염, 골관절의 감염, 종양, 외상에 의한 성장판 손상의 후유증 등 여러가지가 있다. 사지 부동의 치료는 상지와 하지가 다르다. 상지에서는 길이 부동이 심한 경우를 제외하고는 기능과 외모에 큰 지장이 없으므로 치료가 필요없다. 그러나 하지에서는 파행을 초래하지 않는 1-2cm 정도 단축은 무시하거나, 신발의 굽을 조절하여 해결하나 그 이상의 단축은 골반이나 척추에 기형을 유발하는 원인이 되고 파행을 하게되어 수술적 치료를 필요로 한다.

사지 부동의 치료 방법에는 짧은 사지를 연장시키는 연장술과 긴 반대측을 줄여주는 단축술의 두가지 방법이 있다.

사지 단축술은 과거에 많이 시행한 방법으로 긴쪽 사지의 골을 적절길이 만큼 제거하여 줄이거나, 성장기에 있는 경우 골의 성장을 억제하여 사지의 길이를 줄이는 방법이다. 성장중인 소아에서는 성장판을 조기에 유합시키는 골단 유합술을 시행하면 수술이 간단하고, 절골술이 필요 없으며 치료기간도 단축시킬 수 있다. 성

인에서는 짧은 길이만큼 긴 골에서 골을 제거한 다음 내고정하는 방법으로 보통 2-5cm 정도의 차이가 있는 경우 시행한다. 그러나 근래에 와서는 모두가 사지 단축술 보다는 사지 연장술을 선호하게 되었다. 사지 연장술은 정상측 혹은 긴쪽의 사지와 같은 길이로 복원시킬 수 있으므로, 외관상으로도 기능적으로 이상적인 치료방법이나 그 술기가 어렵고 장기간의 치유기간이 필요하며 많은 합병증이 큰 단점이었다.

역사적 고찰

사지 연장술의 역사를 보면 그 전에도 시행한 경우는 있으나 이태리 Bologna의 Codivilla가 1905년에 처음으로 발표하였다."

그는 절골술을 가한 다음 상하부위를 석고 고정하여 이 석고를 견인하는 장치를 부착하여 견인한 후 유지하였다가 다시 상하 석고 사이에 새로운 석고를 채워 고정하는 방법을 사용하였다.

이것은 피부 견인을 통한 골의 견인을 유도하는 방법으로 결국 광범위한 피부와 조직의 괴사를 초래하였다. 그 후 견인 방법을 골 견인으로 바꾸기 위해 종골에 핀을 삽입하여 견인하기도 하였다. 1912년 Ombredanne³⁾은 사지 연장술

에 처음으로 외고정 장치를 사용하였다. 그는 절골술을 가한 다음 상하 부위에 외고정 나사를 삽입하고 이것을 장치에 고정하여 하루에 0.5cm 씩 약 8일간 연장할 계획이었으나 6일째 피부의 혈행 장애로 연장을 중지하게 되었고 항생제가 없던 시절이라 창상 감염으로 결국은 1.5cm 연장에 만족해야만 했다.

1921년 Putti³⁾가 북미에서 영어로는 처음 경험을 발표하여 사지 연장술의 기폭제가 되었으며, 1927년 Abbott⁴⁾는 스프링을 이용하여 신연을 하였다. 1948년 Allan⁵⁾은 처음으로 나사를 이용하여 신연을 시켰다.

그 이후 여러가지 방법이 개발되고 발전되었으며 1970년대초 Wagner⁶⁾는 처음으로 굵고 강한 Schanz 나사를 이용한 일측성 연장기를 소개하였다. 이 방법은 환자에게 상당히 편리하여 환자가 침대에서 벗어나 목발을 이용하여 활동하게 되었다. 비슷한 시기에 De Bastiani⁷⁾는 일측성이고 ball joint를 가진 Orthofix 연장기를 소개하여 이 두 가지가 근래까지 구미에서 주로 사용되는 기구였다.

위 두 기구는 상당히 합병증을 줄였으나 여전히 골과 연부조직에 대한 합병증 발병율은 높았다. 구미에서 위 두 기구에 열중하고 있는 동안 철의 장막안의 쓰련에서는 Ilizarov가 가는 강선과 원형 연장기를 이용하는 새로운 기구를 개발하였다. 물론 20년전 쓰련의 Ilizarov, 이태리의 Monticelli와 Spinelli, 독일의 Wasserstein등이 거의 동시대에 원형 연장기를 개발하였으나, Ilizarov 는 골과 연부조직의 생물학적 변화에 주의를 집중시키고 이것이 사지 연장술에서 가장 중요한 것이 되었으며 어떤 형태의 고정기나 신연기를 사용하던지 Ilizarov의 생물학적 원리를 따르게 되었다.⁸⁾

역사적 고찰을 Wiedemann⁹⁾은 다음과 같이 정

리하였다.

○ 한번에 많은 길이의 신연을 얻거나 이런 과정을 여러번 시행하기 위해 종골의 편으로 하지를 견인하는 방법. (Codivilla¹⁾, Putti^{2,10)})

○ 점진적인 신연을 얻기 위해 광범위한 연부조직 절개후 고정 기구를 이용하는 방법. (Abbott^{4,11)}, Allan^{5,12)})

○ 신연기구의 기술적인 발전과 보다 생물학적 수술 방법이 시도된 시기. (Carrell¹³⁾, Haboush¹⁴⁾, Finkelstein, Bosworth¹⁵⁾, Anderson^{16,17)})

○ 모든 요구에 맞게 개발된 기구를 이용하여 원리를 이해하고 과학적인 해석과 광범위한 임상적용을 하게됨. (Ilizarov¹⁸⁾)

○ 간단한 기구의 발달로 널리 채택됨. (Wagner⁶⁾)

○ 골단판 신연술을 통해 사지 연장을 함.¹⁹⁾

○ 골수정을 (Pais, Bertrand)²⁰⁾따라 연장술을 함.

○ 술기가 세계적으로 퍼지고 과학적인 재검토가 되는 시기.^{21,22)}

사지 연장의 방법

생물학적인 면에서 사지 연장술은 골에서 시행하는 경우와 성장판에서 시행하는 두 방법이 있다. 골에서 사지 연장술을 시행하는 경우에 절골술 후 점진적으로 신연한 다음 골 결손을 채우는 방법에는 (1) 결손 부위를 해면골 이식술로 채우고 금속판 내고정을 하는 방법(Wagner 방법), (2) 신연 결손 부위를 동종피질골 이식으로 채우는 방법(Wasserstein 방법)과 (3) 골이식이 필요없는 방법(Ilizarov 방법)등 3가지가 있다.²⁴⁾

Wagner 방법은 골간부에서 골외막, 피질골, 골내막을 절단하고 0.5~1cm 분리시킨 후 하루에 1.5~2mm씩 신연시킨 다음 장골능에서 해면골 이식으로 신연 부위를 채운후 외고정 장치는

제거하고 금속판 내고정을 실시한 후 이식한 골이 유합될 때까지 장기간 체중부하를 금하고 골이 유합되고 난 후 금속판을 제거하고 조심스럽게 체중부하를 시키는 방법으로 이것은 생물학적 측면을 무시한 방법으로 많은 합병증과 함께 그 결과도 불량하였다.²⁶⁾

Wasserstein²⁷⁾ 방법은 Ilizarov 기구와 비슷한 원형 외고정기를 장치하고 골간부에 절골술을 가한 후 가늘고 탄력성이 있는 골수정을 삽입하고 하루에 2mm씩 신연시킨 다음 골외막을 열고 동종 피질골에 홈을 만들어 신연부위에 이식하는 방법인데 이것은 외고정기구의 장기간 착용을 단축시키는 장점이 있으나 동종골 이식에 따른 면역학적 거부와 여러 질환의 전염 위험성이 있다.

Ilizarov²⁸⁾ 방법은 원형고정기를 이용하여 이식골이 필요 없도록 한번의 수술만으로 골연장을 얻는다. 그의 이론을 소개하면 절골술을 할 때 될 수 있는한 골의 혈행에 손상을 적게 주고 골의 주의 연부조직에도 손상을 적게 주도록 하여 단순히 절골술(osteotomy)이 아닌 피질골만 절골(corticotomy)하여야 한다고 한다. 그리고 절골하는 부위는 골간부(diaphysis)보다 골간단부(metaphysis)가 좋다고 하였는데 그 이유는 골간단부에는 보다 많은 활동적인 골형성세포가 있고 새로 형성되는 골의 강도는 그 직경에 비례하므로 골간단부가 더 크므로 좋다고 한다. 견고한 외고정 장치가 필수적이며 신연되는 조직이 섬유조직이나 연골조직 과정없이 바로 골조직으로 채워진다고 하였다. 절골술 후 약 5-7일간의 지연 기간을 두게 되는데 그 이유는 골형성 과정이 시작되기를 기다리는 시기로 생각된다. 그런 다음 Ilizarov는 이제까지 다른 방법보다는 느린 하루에 1mm정도의 신연이 이상적이라고 주장하였다. 물론 신연의 속도는 새로 형

성되는 골의 방사선 소견에 따라 조절하여야 한다고 하며 신연의 횡수는 많을 수록 새로 형성되는 조직의 생성이 좋으나 보통은 하루에 4회 정도로 보고하였다.

그리고 신연기간과 그후 안정기간 동안에는 골형성을 촉진시키기 위해 필요한 주기적인 압박을 가하기위해 신연하는 사지를 활동할 때 사용하지야 하고 또 전체중부하를 하여야 한다고 주장하였다. 그래서 그는 환자들을 미용제조반에서 운동시키고 큰 실내 운동장의 트랙을 걸으면서 돌게 하였다. 그 후 재생된 골이 충분히 경화되고 골의 강도가 만족할 만한 세기를 얻을 때까지 이 장치를 유지하여 과거에 사용한 연장술에서 흔히 이차적으로 시행한 금속판 고정 및 골 이식술과 연관된 여러가지 심각한 합병증을 줄일 수 있었다.

De Bastiani는 Ilizarov의 방법을 약간 변형하여 일측성 dynamic 외고정기(Orthofix)를 사용하여 관혈적으로 피질골 절골술을 가하고 가골 신연을 시행하였다.

사지 연장술을 성장판에서 시행하는 방법으로는 (1) 아급성 골단판 용해술(subacute epiphyseolysis), (2) 급성 수술적 골단판 용해술(acute surgical epiphyseolysis) 그리고 (3) 신연의 정도를 적게하여 골단판 용해술 없이 시행하는 방법(no epiphyscolysis)²⁹⁾이 있다.

이들 방법은 이론상 가장 침습이 적은 즉 피가 적게 나는 방법이나 성장판의 조기 폐쇄와 관절속에 위치한 골단에 편이 장치되므로 관절 운동 장애나 화농성 관절염의 위험성이 있어 성장 완료 2년이내의 아동에서 경한 사지 부동의 일종의 구제 수술로 고려된다.

신연 장치에 대한 고찰

사지 연장술의 발달에는 믿을 만한 장치의 개발이 필수적이었다. 이들 기구는 안정성을 유지하고 신연의 속도와 리듬을 조절하고 골과 연부조직이 재생되는데 적합한 생역학적 환경을 제공하여야 하며 기존의 변형과 신연중 발생하는 변형을 교정할 수 있어야 한다.

체내고정장치로는 골수정과 금속판등이 시도되어 왔지만 실험 단계이며 프랑스의 Albizzia (Medinov)라는 골수내 신연 장치가 근래에 소개되고 있다.

외고정 장치는 2가지 형태가 있는데 하나는 굵은 핀과 cantilever system이고 다른 하나는 가는 핀과 transfixion system이다.

굵은 핀은 직경이 4~6mm이고 thread와 핀의 강도가 고정을 좌우하며 스트레스를 골로부터 고정기로 옮겨 준다. 장점은 근육의 관통을 최소화하는 일측성 핀이므로 환자에게 편하고 장치의 크기가 작다. 반면 단점으로는 골에 스트레스를 일으켜 골조충격을 만들거나 감염이 되어 골수염을 일으키기 쉽다. 굵은 핀은 일측성 고정기와 같이 사용하는데 일측성 고정기는 핀과 같은 면의 측면 굴곡(lateral bending)에는 강하나 핀과 직각 면의 굴곡에는 약하다.

그리고 골형성에는 주기적 수직 미세운동(cyclic axial micromotion) 즉 역동(dynamization)이 중요한데 굵은 핀의 경우(Wagner기기) 너무 강하여 이 역동이 잘 안되므로 De Bastiani가 역동을 감안하여 고안한 것이 Orthofix 기기이나 이 역시 유합이 된 후부터 역동이 가능하다.

가는 강선에 80~130kg의 긴장력을 가하여 원형고정기에 안정을 얻는 경우는 Ilizarov기기와 Organesian기기가 있으며, 피부와 골에 문제를 적게 일으키므로 강선이 느슨해지는 경우가 드

물어 장기간 장치를 유지할 수 있고 원형 고정기는 회전전단력(torsion shear)에 강하므로 골의 형성에 도움을 주는 역동을 신연한 골의 길이 상실 없이 조기에 줄 수 있다. 그리고 모양의 조절이 가능하므로 신연과 동시에 각형성, 회전변형등을 교정할 수 있다. 그리고 소아에서도 사용이 가능하다. 단점은 연부조직을 관통해야 하므로 문제를 일으키고 장치가 커서 활동에 불편을 주고 시술이 복잡하다. 근래에는 원통형의 외고정기구에 가는 강선과 굵은 핀을 혼용하는 hybrid 방법을 많이 이용한다(그림 1).

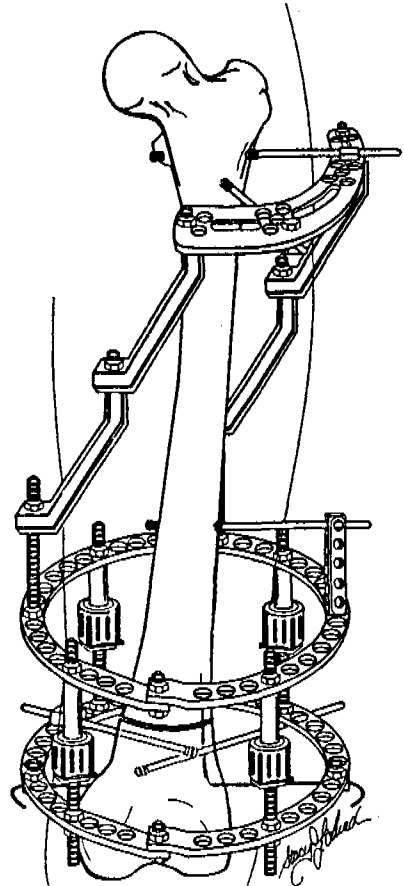


Fig. 1. Current preferred posteromedial/posterolateral pin configuration with a single transverse wire. (Reprinted Clin Orthop 301:49, 1994.)

생물학적 반응

골형성의 촉진에는 수직 압박이 중요하고 신연(distracton)은 골형성을 방해한다는 것이 일반적인 이론이었다. 그러나 Ilizarov는 점진적으로 골을 신연하면 tension stress에 의해 오히려 골이 형성된다는 distraction osteogenesis 개념을 주장하였다.^{30,31)}

그에 의하면 골에서는 하루에 4회에 걸쳐 총 1mm씩 신연시키는 것이 이상적이라고 하였다.

피질골 절골술 후 새로 형성되는 골은 신연의 방향을 따라 길게 배열^{32,33)}되며 무기질화(mineralization)가 나타나고 새로운 골은 골수강에서 나타나기 시작하여 초기에 골내막을 많이 보존하면 새로운 골이 더 빨리 나타난다고 하였다.³⁴⁾

절골술은 가한 양쪽의 골편에서 새로운 골이 형성되는 그 사이에 interzone 이라는 pseudo growth plate가 나타나며^{32,33)} 이곳에는 미성숙 fibroblastic-shaped 세포(아마도 osteoprogenitor 혹은 mechanocyte progenitor 세포)³⁵⁾가 골아세포로 되어 인골 과정없이 막내 골화³⁶⁾ 된다고 한다.

그러나 De Lafortrie는 distraction osteogenesis는 연골내 혹은 막내 골형성과는 다른 과정으로 골형성을 한다고 주장하였다.

연부조직도 단순히 늘어지는 것이 아니고 myogenesis, axonogenesis, vasogenesis 그리고 dermatogenesis 등 distraction histogenesis 된다고 한다.^{34,37,38)}

Dyachkova^{39,40)}는 10%까지 신연될 때는 근육섬유의 미끌어짐에 의하여 근막은 cross-meshed 교원질 구조의 퍼짐에 의하고 10% 이상 신연될 때는 myogenesis와 fibrogenesis가 일어나며 20% 이상 신연될 때는 절골술을 가한 부위의 근육과 근막에서 보다 많은 신연을 보고하였다. 그래서

20%이상 신연시 2군데 절골술을 가하는 것을 주장하였다.

최근 Simpson⁴¹⁾ 등은 골에서 이상적인 하루에 1mm신연이 근육에서는 적합하지 않으며 보다 적은 길이가 좋다고 발표하였다.

혈류량은 신연기간중 160~330% 정도 증가하고 신연 장치 제거시 30~40% 증가한다고 하였다.⁴²⁾

신경은 신연기간동안 혈관보다는 더 변화가 많으며 유수섬유(myelin fiber)는 수초(myelin sheath)에 변화가 나타나고 신연이 계속되면 나중에는 축색(axon)에도 변화가 나타난다.⁴³⁾ 그러나 신연을 중지하면 곧바로 기능을 회복한다고 한다.

혈관은 동맥보다는 정맥에서 변화가 많이 나타나며 정맥은 신연함에 따라 벽이 얇아지고 신연기간동안 나타나는 사지의 부종은 순환장애 중 정맥부전이 주원인으로 생각된다. 그러나 혈관 역시 신연이 끝난후 2개월 경에 정상으로 회복된다고 한다.⁴³⁾

골 신연시 인접관절에도 변화가 일어나는데 30%이상 신연시 관절연골에 퇴행성 변화가 나타나며 성장판의 조기 폐쇄도 관찰되었다.^{44,45)}

Ilizarov 술기의 원칙

사지 연장술에서 주로 사용되는 Ilizarov 방법의 술기³⁶⁾를 정리하면 골의 견고한 고정이 중요한 원칙이며 1) 가는핀의 개수와 견인력 2) 핀의 각도 3) 원형기기의 개수와 크기 4) 고정기의 강도 5) 골편의 모양, 절단면적 그리고 골밀도 6) 가해지는 압박(혹은 신연)의 정도 7) 골의 장축에 대한 절골면의 형태,위치 8) 골편에 부착된 근막 및 인대 9) 근육의 운동 방향 등이 관련된다.

견고하지 못한 장치는 새로운 골형성이 감소할 뿐아니라 환자가 통증을 호소하고 편 주위 감염이 쉽게 생긴다. 결국 통증으로 생리적 운동이 줄어들면 관절운동이 감소되고 체중부하도 줄어들어 골이 약해지고 편의 고정도 더욱 약해지는 악순환이 된다.

편 삽입시는 혈관, 신경, 근육, 관절등에 대한 해부학을 잘 알아야하고, 피부, 연부조직, 골에 대한 열 손상을 방지하기 위해 stop-and-start 방식으로 열을 식히면서 삽입하여야 한다. drill로 골을 통과한 다음 연부조직은 해머로 쳐서 통과시킨다. 하나의 ring에 2개의 편을 교차시킬 때 서로 90도를 이루면 가장 견고하나 주위의 해부나 기능에 따라 예각이 될 수 있다.

최대한의 관절 운동을 허용하기 위해서는 편이 근육을 통과할 때 신전된 상태가 필요하다. 즉 신전근육을 통과할 때는 관절을 굴곡시키고 굴곡근육을 통과할 때는 신전시켜야 한다.

그리고 근육의 저항과 균형에 대해 고려해야 한다. 하지의 경우 외측 근육의 저항이 내측 근육의 저항보다 크므로 외반 변형이 될려는 경향을 예방해야 한다.

신연을 할 경우 피부를 사지의 중간 부위 즉 절골술을 가한 부위로 밀면서 편을 삽입하여 충분한 피부를 확보하여야 한다.

편을 링에 고정할 때는 편을 링에 맞게 하지 말고 링을 편에 맞게 고정하여야 한다.

편이 굴절되면 골편이 전위되거나 연부조직의 피사가 일어난다. 링을 장치할 때 양측 골편의 위치를 고려하여 역학적으로 축이 맞게 장치해야 한다. 그리고 방사선 촬영으로 확인해야 한다. 견고한 고정은 편의 적절한 긴장이 필요하며 주기적인 재긴장이 필요하다.

외고정 장치를 제거하기 전에 방사선 촬영등을 이용하여 충분히 골의 재생이 성숙된 다음

제거하여야 하며 이 때 긴장을 먼저 풀고 난 다음 제거한다.

최근에는 신연의 초기에는 방사선 촬영보다는 초음파 검사로 재생골 형성을 파악하고 재생골이 충분히 성숙된 것을 판단할 때는 방사선 촬영과 골밀도 측정기를 사용하여 도움을 얻는다.⁴⁷⁾

합 병 증

그러나 아직은 많은 합병증이 발생하고 있다. 사지 연장술에 있어서의 목표 달성은 얼마나 그리고 어떻게 합병증을 잘 처치하느냐에 달려 있다고 해도 과언이 아닐 정도로 합병증의 적절한 처치는 매우 중요한 과정이 아닐 수 없다. 이들 합병증은 경한 경우는 신연기간과 연장기 부착기간에만 생겼다가 치료가 끝날 때는 비수술적 방법으로 해결되기도 하고 심한 경우는 치료가 끝난 후에도 해결이 되지 않고 남는 수가 있다.⁴⁸⁾

Dahl등⁴⁹⁾에 의하면 경한 합병증은 20세 정도의 경험후 합병증의 발생이 줄고 중한 합병증은 40~60세 정도 경험후 합병증의 발생이 준다고 하였다.

합병증을 살펴보면, 근육구축은 골의 길이 신연에 비해 근육의 길이 신연이 상대적으로 적을 때 주로 생기거나 근육이나 건이 강선에 의해 관통 되었을 때도 생길 수 있다.

그 예방법으로는 수동적 신전 운동을 시키는 물리 치료와 보조기를 사용하고 심한 경우 관절을 일시적으로 고정하기도 한다. 관절이완은 주로 선천적인 원인으로 관절의 불안정이 있는 경우에 잘 생기며 예방법은 물리요법이나 관절을 건너서 장치를 하거나 심하면 수술적으로 교정하기도 한다. axial deviation은 골의 양측에 있는

근육의 힘이 서로 불균형되어 생기거나 신연 장치의 고정이나 불안정할 때 생기며 예방은 예측되는 deviation 만큼 사전에 각도를 주어 신연 장치를 설치하는 것이다.

신경 손상은 수술 수기나 신연에 의해 생길 수 있으며 예방은 횡단면 해부의 충분한 지식으로 안전한 부위를 선택하여 강선을 삽입하여야 하며 골을 통과할 때까지는 drill로서 삽입하고 골을 통과한 후 나머지 연부 조직으로 삽입할 때는 해머로 두드려 연부조직 손상을 줄일 수 있다.

또 신연에 의해 발생하는 신경손상 때는 나타나는 증상에 주의하여야 하는데 초기에는 지각과민과 동통이 나타나고 차츰 지각감소 그리고 근력 감소 마지막으로 마비가 오게된다. 이때는 신연을 일시 중단한 후 신경 손상의 증상이 사라지면 다시 조금씩 신연시키거나 신경의 포착이 의심될 때는 수술적으로 치료하여 주어야 한다.

혈관 손상은 강선에 의한 직접 손상은 강선이 가늘기 때문에 아주 드물다. 그러나 절골술을 가할 때 혈관 손상을 줄 수 있으며 구획증후군을 일으킬 수 있다. 그외 심부정맥 혈전증과 간혹 고혈압이나 부종을 유발하기도 한다.

절골술이 불충분한 경우나 절골술후 신연까지 사이에 너무 많은 기간을 두었을 경우에 조기 골유합이 생기며 심한 경우는 재차 절골술이 필요하다. 지연 유합은 기술적인 문제로는 절골술의 미숙, 절골술 직후에 상하골편사이가 많이 벌어진 경우, 불안정성과 너무 빠른 신연등이 원인이 되고 환자측의 문제로는 감염, 영양불량과 대사장애 등이 원인이 된다.

강선 문제는 강선과 피부사이의 운동, 피부와 골 사이의 연부조직의 양의 정도와 강선의 직경 등에 관계한다. 경한 경우는 연부조직의 염증으

로 시작하여 심한 경우는 골에 감염이 생기기도 한다. 재골절은 조기에 장치를 제거한 후 발생하므로 장치 제거전 충분한 고려가 있어야 한다. 관절 강직은 지속적인 근육구축이나 신연시 관절면에 압력이 증가하여 발생한다. 합병증에서 가장흔한 것은 동통이며 그 원인은 수술자체, 강선으로 관통된 근육의 구축등에 의해서 생긴다.

그외 식욕부진, 체중감소, 우울증 등이 생길 수 있다.

결 론

최근에 조직의 신연에 대한 연구와 연장기구의 발달로 사지 연장술은 정형외과 영역의 새로운 장을 넓히는 역할을 하고 있으며 상당한 진전을 하고 있다.

결론적으로 안전하고 효과적인 사지 연장을 할려면 신연에 의한 조직의 반응을 충분히 이해해야 하고 횡단면 해부지식에 능해야 하고 외고정기구의 property를 잘 숙지해야 하며 발생가능한 많은 합병증에 대한 올바른 예방 및 처치를 할 수 있어야 한다.

그러나 사지 연장술은 고통과 장기간에 걸친 환자의 의지와 의사의 노력이 필요하며 경험과 세심한 기술을 요하는 술식이며 계속적으로 신연에 의한 조직의 연구와 합병증을 줄이기 위한 노력이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

1. Codivilla A: On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which

- are shortened through deformity. *Am J Orthop Surg* 2: 353, 1905.
2. Ombredanne L: Allogement d'un femur sur un membre trop court. *Bull Mem Soc Chirur(Paris)* 39: 1177, 1913.
 3. Putti V: The operative lengthening of the femur. *JAMA* 77: 934-935, 1921.
 4. Abbott LC: The operative lengthening of the tibia and fibula. *J Bone Joint Surg* 9: 128-152, 1927.
 5. Allan FG: Bone lengthening. *J Bone Joint Surg* 30B: 490- 505, 1948.
 6. Wagner H: Operative Beinverlangerung. *Der Chirurg* 6: 260- 266, 1971.
 7. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Trivella G: Limb lengthening by callus distraction(callotasis). *J Pediatr Orthop* 7: 129-134, 1987.
 8. Moseley CF: Leg lengthening: the historical perspective. *Clin Orthop North Am* 22(4): 555-561, 1991.
 9. Wiedemann M: Callus distraction: a new method? a historical review of limb lengthening. *Clin Orthop* 327: 291-304, 1996.
 10. Putti V: Operative lengthening of the femur. *Surg Gynecol Obstet* 58: 318, 1934.
 11. Abbott LC, Saunders JB: The operative lengthening of the tibia and fibula. A preliminary report on the further development of the principles and technique. *Ann Surg* 110: 961-991, 1939.
 12. Allan FG: Leg-lengthening. *Br Med J* 1: 218-222, 1951.
 13. Carrell WB: Leg lengthening. *South Med J* 22: 216, 1929.
 14. Haboush EJ: Leg lengthening with new stabilising apparatus. *J Bone Joint Surg* 14: 807- 821, 1932.
 15. Bosworth DM: Skeletal distraction of the tibia. *Surg Gynaecol* 66: 912- 924, 1938.
 16. Anderson WV: Leg lengthening. *J Bone Joint Surg* 34B: 150- 157, 1952.
 17. Anderson WV: Lengthening of the lower limb: its place in the problem of limb length discrepancy. In Graham WD(ed): *Modern Trends in Orthopedics*. 5th ed, Butterworths, London, 1962, PP1-22.
 18. Paterson D: Leg-lengthening procedures: a historical review. *Clin Orthop* 250: 27-33, 1990.
 19. Ring PA: Experimental bone lengthening by epiphyseal distraction. *Br J Surg* 46: 169-173, 1958.
 20. Bertrand P: Technique d'allongement du femur dans les grands raccourcissements. *Rev Chir Orthop* 37: 530- 533, 1951.
 21. Brug E, Klein W, Baranowski D, Winckler S: August Bier-ein Pionier der Kallusdistraction. In Wolter D, Zimmer W (Eds). *Die Plattenosteosynthese und ihre konkurrenzverfahren*. Springer, Berlin, 1991, PP47-52.
 22. Cech O, Trc T: Prof. Ilizarov and his contribution to the challenge of limb lengthening. *Injury* 24(Suppl 2): 2- 7, 1993.
 23. Kenwright J, White SH: A historical review of limb lengthening and bone transport. *Injury* 24(Suppl 2): 9-19, 1993.
 24. Paley D: Current techniques of limb lengthening. *J Pediatr Orthop* 8: 73- 92, 1988.
 25. Paterson D: Leg-lengthening procedures: a his-

- torical review. *Clin Orthop* 250: 27-33, 1990.
26. Mosca V, Moseley CF: Complications of Wagner leg lengthening and their avoidance. *Orthop Trans* 10: 462, 1986.
 27. Wasserstein I: Distaktions-Kompressions Methode zur Verlängerung von verkürzten Extremitäten unter Verwendung von zylindrischen homologen Knochen-Transplantaten. *Verhandlungsband der 1. taumatologisch-orthopädischen Konferenz der Estländischen SSR Kochtia-Jawe* 34, 1963.
 28. Ilizarov GA: Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop* 250: 8-26, 1990.
 29. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Trivella G: Chondrodiastasis-controlled symmetrical distraction of the epiphyseal plate. limb lengthening in children. *J Bone Joint Surg* 68B: 550-556, 1986.
 30. Ilizarov GA: The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop* 238: 249-281, 1989.
 31. 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.
 32. Ledeyev, Ilizarov G: Regeneration of the bone tissue of the diaphysis under different conditions of osteosynthetic traction under experimental conditions. *Exp Chir* 2, 1975.
 33. Shtin VP, Nikiteno ET: Basing the term of beginning of distraction in operative lengthening of the leg in experiment. *Ortop Travmatol Protez* 35(5): 48-51, 1974.
 34. Ilizarov GA: In *L'osteosintesi transossea secundo* GA Ilizarov. Bianchi-Maiocchi A, ed. *Medi Surgical Video*, June 1985.
 35. Hood RW, Riseborough EJ: Lengthening of the lower extremity by the Wagner method. a review of the Boston Children's Hospital experience. *J Bone Joint Surg* 63A: 1122-1131, 1981.
 36. Torri G, Bagnoli GF, Penna GF, Pietrogrande L, Landini A, Confalarieri N, Pietrogrande V: Experimental study on bone formation under straining forces. histologic findings. *Policlinico* 91(4): 925-929, 1986.
 37. Ilizarov GA, Kuznetsova AB, Schreiner AA, Bogomjagkov VS, Shchudlo MM, Khanes GS, Migalkins NS: Blood vessels under various regimens of the extremity distraction. *Anat Gistol Embriol* 86(5): 49-55, 1984.
 38. Smirnova LA, Belenko LI, Mazhara NN, Yakovlev VM: Morphologic changes of large nerve trunks and neuromuscular apparatus of the leg during its closed elongation. *Ortop Travmatol Protez* 43(8): 37-44, 1972.
 39. Dyachkova GV: The musculo-fascio apparatus of the leg during lengthening by the Ilizarov (experimental investigation). In: *Abstracts of Conference on the Treatment of Orthopedic and Traumatologic Patients*. Kurgan, 1982, 27-28.
 40. Dyachkova GV, Utenkin AA: Extensibility of superficial fascia in elongation of the leg in experiment. *Ortop Travmatol Protez* 41(6): 44-47, 1980.
 41. Simpson AHRW, Williams PE, Kyberd P, Goldspink G, Kenwright J: The response of muscle to leg lengthening. *J Bone Joint Surg* 77B: 630-636, 1995.

42. Sveshnikov LA, Smotrova NI, Mingazova NV, Ofitserova TA, Chepelenko TA, Sushko GS, Chernyaev PI, Grigencha IS, Zykov YA, Zhiron YA: Nuclear methods in the elevation of functional condition of the limb in compression-distraction osteosynthesis using Ilizarov's method. Abstracts of the first international symposium, KNIIEKOT, Kurgan, 1983, 11: 20-22.
43. Ippolito E, Peretti G, Bellocchi M, Farsett P, Tudisco C, Caterini R, DeMartino C: Histology and ultrastructure of arteries, veins, and peripheral nerves during limb lengthening. Clin Orthop 308: 54-62, 1994.
44. Duk Yong Lee, Chin Youb Chung, and In Ho Choi: Longitudinal growth of the rabbit tibia after callotasis. J Bone Joint Surg 75B: 898-903, 1993.
45. 이덕용, 최인호, 정진엽, 태석기, 박용준: 가토에서 경골연장술이 관절연골에 미치는 영향에 대한 실험적 연구. 대한정형외과학회지 29: 21-35, 1994.
46. Stanitski DF: The effect of limb lengthening on articular cartilage. an experimental study. Clin Orthop 301: 68-72, 1994.
47. Hughes TH, Maffulli N, Green V, Fixsen JA: Imaging in bone lengthening: a review. Clin Orthop 308: 50-53, 1994.
48. Paley D: Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. Clin Orthop 250: 81-104, 1990.
49. Dahl MT, Gulli B, Berg T: Complications of limb lengthening. a learning curve. Clin Orthop 301: 10-18, 1994.