

하지 부동, 신경 및 혈관 손상

양 익 환

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

하지 부동(Leg Length Discrepancy)

환자와 의사는 고관절 전치환술을 통해서 양측하지의 길이가 같아지기를 원하지만, 언제나 가능한 것은 아닌데, 특히 성장과정에서부터 덜 발육된 하지에서는 연부조직의 단축에 따른 신경혈관 손상의 위험으로 원하는 길이를 얻을 수 없는 제한이 따르게 된다. 따라서 의사는 이러한 문제점들을 수술 전 환자에 설명함으로써 하지부동(단축)에 대한 불만을 사전에 해소해야 할 것이다. 반면에 수술 후 하지가 과도하게 길어지는 문제는 상당히 심각한 합병증으로 받아 들여지고 있는데, 이는 임상 결과가 불만족스러울 뿐 아니라 법적인 문제를 일으킬 수도 있다.

Williamson과 Reckling³⁸⁾은 고관절 전치환술 후 하지가 연장된 환자 중 27%에서 shoe lift가 필요한 정도였음을 보고하였으며, Love와 Wright²¹⁾은 수술 환자의 18%에서 1.5 cm이상의 하지길이 차이가 있었다고 보고하였다. 이에 대해서 Woolson⁴⁰⁾은 치밀한 수술 전 계획과 수술 중 fixed marker를 통한 하지길이 변화의 측정을 통해서 이를 예방하고자 했으며, 그 결과 84명의 환자의 2.5%에서 만 6 mm이상의 하지길이 차이가 있었다고 보고하였다.

종래 하지길이의 차이는 임상 증상과 무관하다는 보고^{9,21,37)}도 있지만, 그 차이가 크고, 특히 길 때에는 환자의 만족도도 떨어지고, 그 외에 기능적인 면이나 예후에서 나쁜 영향을 미칠 수 밖에 없다. 또한 하지길이가 2.5 cm 이상 연장될 시 좌골신경 마비가 발생할 확률이 높아지며, 그 외에 굴곡 및 외전 구축에 따른 보행기능 장애, 요부동통과 좌골신경통도 병발할 수 있다¹⁰⁾. 반대로 하지길이의 단축 시에는 외전근의 기능장애와 더불어 탈구를 유발시킬 수 있다고 보고되었다^{12,15,39)}.

하지의 연장이 장기간의 추시 관찰에서 삽입물의 수명에 미치는 영향에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않으나, Gofton¹¹⁾은 하지길이의 연장이 있으면 비구컵 상외측의 과도한 스트레스로 조기에 해리가 올 수 있다고 제안하였다.

따라서 의사는 술 후 탈구와 관련된 관절의 안정도에 심각한 영향을 미치지 않는 범위 내에서 양측 하지의 길이를 동일하게 되도록 술 전 계획에서부터 수술 중에 이르기까지 부단한 관심과 노력을 기울여야 한다. Abraham과 Dimon¹³⁾은 이를 위해서 1) 환자의 과거력을 통해 실제 하지길이의 차이여부와 관계없이 환자 자신이 길이차이를 느끼고 있는지, 2) 술 전에 하지부동의 가능성을 미리 알려 주는 것, 3) apparent leg length의 차이가 내전근이나 굴곡구축에 의한 것인지, 4) 그리고 술 전, 수술 중, 수술 후 정확한 하지길이 측정을 추천하고 있다.

일반적으로 이용되는 하지길이 측정 방법으로는 임상적 방법과 방사선학적 방법이 있는데, 임상적 측정 방법은 양와위에서 배꼽부터 경골의 하내과(medial malleolus)까지 측정하는 apparent leg length와 전상장골극에서 하내과까지 측정하는 actual leg length가 있으며, 기립위에서 측정하는 block test가 있다. Block test는 짧은 쪽 하지의 발 밑에 적당한 두께의 나무 block을 넣어서 골반이 평행하도록 하여 하지길이를 측정하는 것으로 block의 두께와 환자의 느낌이 하지길이를 측정하는데 중요하다. 그 외에도 보행 행태를 관찰하는 것과 flexion test(patella sight test)를 통해서 이학적으로 하지길이 차이를 예측할 수 있겠다.

방사선학적 측정방법은 Scanogram을 찍거나, 기립상태에서 pelvis AP view를 촬영하여 하지길이 차이를 측정하게 된다.

이렇게 술 전에 하지길이 차이를 평가한 후에는 수술 중에 그 차이를 교정하기 위해 술전 계획을 세우게 되는데, 술 전 templating을 통해서 삽입물의 크기를 선택하고 하지길이 차이를 교정할 수 있는 기회를 준다. 이를 위해 정확한 확대율을 알 수 있는 양질의 방사선 사진을 촬영하여 비구컵에 대한 templating을 먼저 하고, 하지길이 차이와

※ 통신저자 : 양 익 환

서울특별시 강남구 도곡동 146-92
연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 정형외과학교실
Tel: 82-2-2019-3416
Fax: 82-2-573-5393
E-mail: ihyang@yumc.yonsei.ac.kr

offset에 대한 교정을 위해 대퇴스텝에 대한 templating을 시행하게 되는데, 이 offset의 변화에 따라 수술 중 연부조직의 tension이 바뀌기 때문에 술 전 offset의 변화를 미리 예측하면 도움이 된다. 간혹 offset의 변화를 만족시키기 위한 삽입물의 사전준비가 안되었거나, 아예 기계회사에서 제작되지 않은 경우, 불가피하게 관절의 tension을 유지하기 위해서 하지길이를 연장시켜야 하는 경우를 대비해서, 수술 전 환자에 이런 가능성을 설명해 두는 것도 필요하다 하겠다.

수술 중의 평가로는 수술 중에 시행하는 연부조직의 tension검사, 즉 shuck test⁴⁾가 중요한데, shuck test는 하지를 당김으로서 느껴지는 연부조직의 tension 정도를 관찰하는 것으로 마취의 깊이, 환자의 근육상태, 하지의 위치, 고관절주위의 반흔조직 상태 등에 의존하기 때문에 정확하지는 않다. 또한 수술 중 하지길이 변화를 정확히 측정하기 위하여 fixed marker를 이용하게 되는데, 일반적으로는 골반부에 고정핀을 삽입하고, 대전자부나 근위 대퇴부에 표시를 해서, 술 중 길이의 변화를 측정하게 된다^{12,13,16,19,22,38,41)}. 하지길이의 측정은 환자의 자세를 일정하게 고정하고 고관절을 탈구시키기 전과 치환물을 삽입하여 고관절을 정복한 뒤에 각각 측정하여 하지길이의 변화를 알게 된다. 이 측정의 정확도는 측정 시 고관절과 하지의 위치에 따라 변화가 생길 수 있다. 수술부위의 하지길이 다소 길어진다 하더라도 수술 중 인공관절의 안정성을 줄 수 있다면 재발성 탈구의 가능성보다 낮기 때문에 하지길이를 약간 길게 하는 것이 바람직한데⁹⁾, 이는 1 cm 미만의 하지길이 차이는 별 문제가 되지 않고 시일이 경과하면 환자의 자각증상이 호전되기 때문이다.

술 후에 임상 및 방사선학적으로 하지길이가 일치하더라도 환자에 따라서는 하지길이의 차이가 있다고 느낄 수 있는데, 이는 대부분 술 전에 apparent leg length의 차이가 있는 경우이며, 일반적으로 시일이 경과하면 호전되기 때문에 환자를 안심시키고 재활치료를 강조한다⁷⁾. Shoe lift는 하지길이 차이가 2 cm미만일 때는 거의 필요하지 않으며, 2.5 cm이상의 하지길이 차이가 있을 때 사용되는데, 일반적으로 측정된 하지길이 차이보다 heel lift는 5 mm 짧게, sole lift는 8~10 mm 짧게 처방한다³¹⁾.

만약 하지길이의 차이가 심하거나 심각한 합병증 혹은 기능장애를 보이면 수술적 치료가 요구되기도 하는데, 간단한 수술방법으로는 인공관절의 modular neck의 길이를 작은 크기로 바꿀 수 있으며, 연부조직 tension을 향상시키면서도 하지길이 연장을 원하지 않는 경우에는 대전자의 측면전위술(advancement of the greater trochanter)을 시행하기도 한다. 하지연장이 4 cm를 초과하는 젊고 활동적인 환자에서는 대퇴골 원위부의 단축수술이 고려될 수도 있다^{5,14)}.

하지 연장의 허용한계에 대해서는 이견들이 있는데, 일부에서는^{1,32)} 2.0 cm까지는 허용이 가능하다고 하며, 또 다른 보고에서는^{4,22,40)} 2.0 cm미만이라고 주장하기도 한다.

결론적으로 고관절 전치환술 후 발생할 수 있는 하지길이 차이는 치료보다 예방이 중요하며, 하지길이에 대한 술 전 계획 및 술 중 측정을 철저히 함으로서 수술 후 발생할 수 있는 하지길이 차이를 최소화하는 것이 매우 중요하다.

신경 혈관 손상

신경혈관손상은 고관절 치환술의 흔한 합병증은 아니지만, 일단 신경혈관손상이 발생하게 되면 환자나 의사 모두에게 있어서 치명적인 것임에는 틀림없다. 신경혈관 구조의 손상을 피하기 위해서는 해부학적 구조의 정확한 지식을 갖추는 것과 일차적 수술 또는 재수술에서 나타날 수 있는 해부학적 변이를 인식하는 것이 중요하다 하겠다.

1. 혈관 손상

고관절 치환술 시 발생하는 혈관 손상은 0.1%에서 0.2% 정도로²³⁾ 상당히 낮은 편이지만, 일단 발생할 경우, 특히 주요 혈관 중 하나가 손상 받을 때에는 치명적인 결과로 이어진다 하겠다.

수술 중 혈관이 손상 받게 되는 원인이전으로는,

- 1) Use of retractors, especially sharp, pointed ones that are placed blindly,
- 2) Direct laceration with an osteotome, knife, or similar instrument,
- 3) Laceration by an osteophyte during joint manipulation,
- 4) Vessel occlusion caused by the thermal effects of an errant cement bolus or, later, vessel erosion by direct contact with cement,
- 5) Overreaming of the acetabulum, with direct injury by the reamer or, later, vessel erosion by the prosthesis,
- 6) Use of drill bits to hold retractors,
- 7) Drilling for or placement of screws for uncemented acetabular components,
- 8) Tearing of the intima or vessel during manipulation of the extremity, which usually occurs in patients with scarring from previous surgery or injury or with severe atherosclerotic vessel disease 들을 들 수 있다.

따라서 이들을 예방하기 위하여는,

- 1) When placing retractors adjacent to the

acetabulum but inside the pelvis, position them against the bone,

2) Avoid the use of sharp or long, pointed retractors,

3) If either the acetabular wall or femur is perforated during reaming, repair the perforation prior to placement of the prosthesis,

4) Contain threads on acetabular components within bone to avoid soft tissue and vessel laceration,

5) If an acetabular component is to be fixed with screws, drill meticulously, taking great care when the inner pelvic cortex is perforated,

6) Observe precautions when drill bits or pins are used for self-retaining retractors 등을 고려하여야 한다.

또한 혈관손상의 가능한 기전으로는 1) 골 시멘트의 열이나 기타 압박으로 인한 주요 혈관의 혈전(thrombosis), 2) False aneurysm, 3) Arteriovenous fistula, 4) 선행 질환이나 치료시술 후의 남아있는 collateral circulation의 손상이 있겠다.

고관절 주변의 상세하고 정확한 해부학적 지식이 필요한 이유는 손상을 잘 받는 부위의 혈관들이 골격구조에 고정되어 있거나 밀접해 있고, 수술 시 의사들이 이 주변부위의 골격을 직접적으로 다루기 때문이다. 치명적인 결과를 유발할 정도의 심각한 손상은 대개 장골동맥이나 대퇴동맥에 가해지는 손상인데, 이 혈관들이 손상 받았을 때는 환자의 생명 보전을 위해서 즉각적인 수술적 처치를 시행해야 한다.

고관절, 특히 비구부 수술시 골반 내측의 혈관 손상의 위험을 예방하기 위하여 Wasielewski 등은 비구부를 절반으로 나누는 전상장골극(anterosuperior iliac spine)에서 iscium의 하연으로 연결되는 선과 이를 수직으로 양분하는 선으로 형성되는 4분원(quadrant)에 대해 설명하였다. 이 형성된 4분원 중, 전상방(anterosuperior quadrant)이 가장 위험하다. 전상방 분원에 속하는 비구내측을 통과하게 되는 손상은 어떠한 것이라도 폐쇄동맥 뿐만 아니라 외장골동맥, 정맥의 손상을 유발할 수 있다^{18,34}. 특히 이 부위의 골반골은 후방보다 전방의 두께가 훨씬 얇기 때문에 더 위험하다(greatest damage area). 그 외에도 대퇴삼각내로 주행하는 대퇴혈관은 retractor에 의해 손상을 받을 수 있다.

재치환술의 경우, 비구 삽입물이 상방이나 골반 내측으로 전위되어 있는 경우, 혈관계들은 더욱 손상 받기 쉬운 위치에 놓이게 되며, 이에 따라 외과의는 최대한 주의를 기울여 이러한 상황에 대처해야 한다. 필요에 따라서는 술전 혈관조영술을 촬영하여 골반골과 삽입물, 혈관들 간의

위치관계를 파악해 두는 것이 유용하며, 특히 비구삽입물이 골반 내측으로 전위된 경우가 그러하다. 장골혈관의 지연 손상은 삽입물의 이동으로 인한 것임이 보고되고 있다^{3,24,26}.

2. 신경손상

일반적으로 일차 고관절 치환술 후 신경 손상의 유병률은 0.7%에서 3.5%^{6,17,28,42}, 재치환술 후에는 7.6%까지 보고되고 있다^{6,17,20,25}. 대부분은 좌골 신경 손상으로 비골부위(peroneal portion)가 가장 흔하며, 경골부위(tibial portion)도 손상될 수 있다. 또한 대퇴 신경 손상은 약 0.1%에서 0.2%로 보고되고 있으며, 매우 드물게 폐쇄신경 손상도 보고되고 있다.

이들의 주요한 원인으로는 수술 중의 1) stretching, 2) compression, 3) contusion, 4) thermal injury from bone cement, 5) laceration, 6) vascular compromise 등을 들 수 있으며, 이 중 stretching이 가장 흔하고, retraction, 혹은 과도한 하지길이 연장이 원인이라 하겠다. 또한 이를 예방하기 위하여는, 1) 수술 중 retraction을 조심해서 하여야 하며, 2) 필요에 따라서 고위험군의 경우에 좌골신경을 미리 박리하여 보호하거나, 3) bone cement의 누출을 방지하고, 4) 과도한 하지길이 연장을 피하며, 5) 수술 중 매 접근단계마다 정확히 해부학 구조를 인지하여 손상을 방지하여야 하며, 6) 해당환자에서의 anticoagulant level의 적정선을 유지하여야 할 것이다.

1) 좌골 신경 손상

좌골 신경은 골반으로부터 sciatic notch를 통해 나오는 지점과 슬관절의 비골두 부위에서 mobility가 적기 때문에 이 부위에서 가장 손상 받기가 쉽다. 경골부위(tibial portion)보다는 비골부(peroneal portion)에서 손상이 더 흔한 것으로 보고되고 있고, 비골부 중에서도 외측부 손상이 흔하다.

좌골 신경 손상은 고관절 치환술 후 가장 흔하게 나타나는 말초 신경 손상의 하나로 위험 요인으로는 고관절 재치환술, 선천성 고관절 탈구, 선행된 골반 및 비구골절, 과도한 하지길이 연장 등이 있다^{6,17,28,36}. 특히 고관절 치환술 후 좌골 신경 손상의 직접적인 요인으로는 직접 외상, 하지길이 연장, 골 시멘트에 의한 열 손상, 혈중에 의한 압박 손상, 대퇴부 탈구에 따른 견인 손상 등이 있으며, 약 40%에서는 원인 미상으로 보고되고 있다. 원인이 밝혀진 경우는 약 50%에서 하지길이 연장이 관련되어 있으며, 22%에서는 직접 손상, 그리고 약 20%에서는 출혈에 의한 합병증과 관련성을 보이고 있다^{8,33}.

고관절 치환술과 관련된 좌골 신경 손상의 예후는 매우 다양하며, 대부분의 보고에서 손상이 심각하지 않거나 절

단되지 않은 경우라면 일정 부분 회복되는 경우가 있다고 한다.

Schmalzried 등²⁵⁾은 고관절 치환술 후 신경 증상을 보인 환자를 대상으로 한 연구에서 수술 후 또는 퇴원 전 일부 증상이 회복된 모든 환자에서 정상 또는 정상에 가까운 회복을 보였으나, 심각한 이상 감각을 보이는 환자는 예후가 불량하였다고 보고하였다.

Edwards 등⁶⁾은 신전 또는 직접 손상에 관련된 신경 손상 환자에 대한 연구에서 직접 손상을 받은 경우가 하지길이 연장 등에 의해 손상된 경우와 비교하여 예후가 더 좋다고 보고하고 있다. 일반적으로 일시적인 견인손상 정도는 수술에서 수주 사이에 회복이 가능하며, 심각한 수초손상(axonal damage)의 경우는 전혀 회복되지 않거나 1, 2년 후 일부만 회복된다고 보고하고 있다³⁰⁾.

2) 대퇴 신경 손상

대퇴 신경은 골반 내 2~4번 요추 신경의 가지로 형성되어 장요(iliopsoas)근육을 지나 대퇴삼각(femoral triangle)을 통해 대퇴부위를 지나게 된다. 이는 고관절의 전면 및 내측에 인접하며, 이 공간 내에서 대퇴 신경 손상이 가장 흔하다. 이 공간은 상대적으로 탄력이 부족하여 신전, 혈종, 수술 작업 등에 의한 손상 가능성이 많다. 비구에 대한 나사 내고정시에도 이에 의한 대퇴 신경 손상 가능성이 높다. 좌골 신경과는 대조적으로 수술 시 과도한 견인기 사용이 대퇴 신경을 손상 시키는 가장 중요한 인자로 보고 있다. 대퇴 신경 마비는 고관절 굴곡 구축의 교정술 후 및 골 시멘트의 유출 등에 의해서도 나타나는 것으로 보고되고 있다^{20,36)}. 대퇴 신경은 특히 고관절 수술의 전방 및 전외측 접근시에 위험도가 더 높은 것으로 보고 있다.

Simmons 등²⁷⁾에 의하면 대퇴 신경 손상은 대부분 수술 시 견인기에 의해 나타나며, 해부학적으로 장요근의 인대 부위는 견인기에 의한 신경의 압박 및 견인으로부터 보호하지 못한다고 한다. 또한 대퇴 신경증의 회복 예후는 손상 기전과 밀접한 관련성을 갖는데, 견인과 관련된 대퇴 신경증은 견인기에 의한 직접 압박 손상만큼 회복되지 않는다고 한다. 또한 그들은 견인기에 의해 대퇴 신경 손상을 보인 10명의 환자 모두에서 완전한 회복을 보였다고 보고하고 있다.

3) 폐쇄 신경 마비

폐쇄 신경 마비는 진단이 어렵고, 그 기능장애가 그다지 심각하지 않기 때문에 자주 간과되는 부분으로써, 다행히 발생빈도는 매우 낮다. 고관절 치환술 후 지속적인 서혜부 동통이 있거나, 골반내 시멘트 유출, 내전근 약화 등은 폐쇄 신경 마비의 증거가 될 수 있으므로 정밀검사를 시행해 보아야 할 것이다³⁵⁾.

4) 둔근신경 마비

이는 주로 Hardinge approach 시 중둔근을 절개할 때 4 cm 이상 상방으로 전개하면 손상 받게 되는데, 이에 따라 지속적으로 수술 후 외전근 약화에 따른 파행이나 탈구가 올 수 있다.

5) 신경손상의 치료

수술 후 좌골 및 대퇴신경마비의 치료는 손상 원인이 중요하다. 수술 직후 신경 마비 증상이 발생한다면 고관절 및 슬관절의 굴곡을 통해 좌골, 대퇴 신경의 견인을 풀어주는 것이 즉시 회복실에서 이루어져야 한다. 수술 창상 부위를 면밀히 살펴보고 창상 하 혈종 등에 의한 좌골신경의 압박이 있는지 조사하고, 또한 술 후 방사선 검사를 통해 사지의 연장 등을 측정해보아야 한다. 고관절 치환술 후 발생하는 신경 마비의 약 50%는 원인을 알 수 없는데, 창상 하 혈종, 사지 연장 등의 원인이 없다면 술 후 신경 마비에 대한 경과 관찰만으로도 회복의 가능성이 있다 하겠다. 술 후 정기적인 신경전도 검사를 통해 회복의 정도를 예상할 수 있겠다. 하지연장에 의한 신경마비에 대하여는 즉각적인 사지의 단축이 필요하며, 이는 보다 짧은 대퇴경부 치환물로 대처하여 얻을 수 있다.

창상 하 혈종에 의한 신경 마비가 발생한 경우에는 즉각적인 혈종의 감압술이 필요하다. Fleming 등⁹⁾은 4명의 즉각적인 감압술을 진행한 경우 완전한 회복을 보였고, 그렇지 않은 1명의 경우에 회복이 되지 않았다고 보고한 바 있다.

6) 체성감각 유발 전위

체성감각 유발 전위는 술 중 말초신경의 기능을 관찰할 수 있는데, 척추수술에서 신경 손상의 관찰을 위해 처음 도입되었던 이 기술은, 좌골 신경 마비가 흔한 고관절 재치환술에 있어서도 유용하다. Weber 등³⁶⁾은 수술 중 체성감각 유발전위 검사를 시행한 30명의 고관절 치환술 환자 중 21명에서 신경 손상의 징후가 관찰 되었으나 이중 2명에서만 임상 증상이 나타났다고 보고하였다. Stone 등²⁹⁾은 50명의 환자 중 12명에서 일시적인 좌골 신경의 마비가 측정되었고, 이 중 3명은 비구부에 견인기를 위치하는 과정에서, 1명은 비구 확공기 사용 시, 6명은 대퇴 확공과정 중, 2명은 정복 시도 과정 중의 과도한 사지연장에 의해 발생하였다고 하였다. Black 등²⁾은 체성감각 유발 전위를 고관절 치환술 중 사용하는 것이 비용 측면에서 유용성이 떨어지지만, 좌골신경 마비의 위험도가 높은 재치환술의 경우에는 효용이 매우 높다고 주장하고 있다.

REFERENCES

- 1) Abraham WD and Dimon JH III: Leg length discrepancy in total hip arthroplasty. *Orthop Clin North*

- Am, 23:201-209, 1992.
- 2) **Black DL, Reckling FW, Porter SS:** Somatosensory-evoked potential monitored during total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 262:170-177, 1991
 - 3) **Brentlinger A, Hunter JA:** Perforation of the external iliac artery and ureter presenting as acute hemorrhagic cystitis after total hip replacement. *J Bone Joint Surg*, 69A:620-622, 1987
 - 4) **Canale ST:** *Campbell's Operative Orthopedics*, 9th ed. St. Louis, Mosby, 384-386, 1998.
 - 5) **Charnley J:** Technique of low friction arthroplasty of the hip. In: *Low friction arthroplasty of the hip*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 246, 1979.
 - 6) **Edwards BN, Tullos HS, Noble PC:** Contributory factors and etiology of sciatic nerve palsy in total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 218:136-141, 1987
 - 7) **Eftekhari NS:** Total hip arthroplasty. St. Louis, Missouri, Mosby, 593-607, 1993.
 - 8) **Fleming RE, Michelsen CB, Stinchfield FE:** Sciatic paralysis: A complication of bleeding following hip surgery. *J Bone Joint Surg*, 61A:37-39, 1976
 - 9) **Friberg O:** Clinical symptoms and biomechanics of lumbar spine and hip joint in leg length inequality. *Spine*, 8:643-651, 1983.
 - 10) **Giles LGF and Taylor JR:** Low-back pain associated with leg length inequality. *Spine*, 6: 510-521, 1981.
 - 11) **Gofton JP:** Studies in osteoarthritis of hip and leg length disparity. *Can Med Assoc J*, 104:791-799, 1971.
 - 12) **Gore DR, Murray MP, Gardner GM and Sepic SB:** Roentgenographic measurements after Muller total hip replacement. *J Bone Joint Surg (Am)*, 59(A):948-953, 1977.
 - 13) **Harris WH:** Revision surgery for failed, nonseptic total hip arthroplasty. The femoral side. *Clin Orthop*, 170: 8-20, 1982.
 - 14) **Hoikka V, Paavilainen T, Lindholm TS, Turula KB and Ylikoski M:** Measurement and restoration of equality in length of the lower limbs in total hip replacement. *Skeletal Radiol*, 16: 442-446, 1987.
 - 15) **Hunter SG:** Component alignment and trochanteric detachment in total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 168:53-58, 1982.
 - 16) **Jasty M, Webster W and Harris W:** Management of limb length inequality during total hip replacement. *Clin orthop*, 333:165-171, 1996.
 - 17) **Johanson NA, Pellici PM, Tsairis P, Salvati EA:** Nerve injury in total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 175:214-222, 1983.
 - 18) **Keating EM, Ritter MA, Faris PM:** Structures at risk for medially placed acetabular screws. *J Bone Joint Surg*, 72A:510-511, 1990.
 - 19) **Knight WE:** Accurate determination of leg lengths during total hip replacement. *Clin Orthop*, 123:27-28, 1977.
 - 20) **Lazansky MG:** The debit side of total hip replacement. *Clin Orthop*, 95:96-103, 1973.
 - 21) **Love BRT and Wright K:** Leg length discrepancy after total hip joint replacement. *J Bone Joint Surg(Br)*, 65(B):103, 1983.
 - 22) **McGee HM and Scott JH:** A simple method of obtaining equal leg length in total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 194:269-270, 1985.
 - 23) **Nachbur B, Meyer RP, Verkkala K, Zurcher R:** The mechanisms of severe arterial injury in surgery of the hip joint. *Clin Orthop*, 141:122-133, 1979.
 - 24) **Reiley MA, Bond D, Branick RJ, Wilson EH:** Vascular complications following total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 186:23-28, 1984.
 - 25) **Schmalzreid TP, Amstutz HC, Dorey FJ:** Nerve palsy associated with total hip replacement. *J Bone Joint Surg*, 73A:1074-1080, 1991.
 - 26) **Scullin JP, Nelson CL, Beven EG:** False aneurysm of the left external iliac artery following total hip arthroplasty. Report of a case. *Clin Orthop*, 113:145-149, 1975.
 - 27) **Simmons C, Izant TH, Rothman RH, Booth RE, Balderston RA:** Femoral neuropathy following total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*, 6:559-566, 1991.
 - 28) **Solheim LF, Hgen R:** Femoral and sciatic neuropathies after total hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand*, 51:531-534, 1980.
 - 29) **Stone RG, Weeks LE, Hajdu M, Stinchfield FE:** Evaluation of sciatic nerve function during total hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 201:26-31, 1985.
 - 30) **Sunderland S:** *Nerves and nerve injury*, 2nd ed, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1978.
 - 31) **Trousdale RT and Morrey BF:** Leg length inequality. *Reconstructive Surgery of the joint*. 2nd ed. Churchill Livingstone. 1297-1306, 1996.
 - 32) **Turula KB, Friberg O, Haajanen J, Lindholm TS and Tallroth K:** Weight-bearing radiography in total hip replacement. *Skeletal Radiol*, 14:200-204, 1985.
 - 33) **Turula KB, Friberg O, Lindholm TS, Tallroth K and Vankka E:** Leg length inequality after hip arthroplasty. *Clin Orthop*, 202:163-168, 1986.
 - 34) **Wasielowski RC, Cooperstein LA, Kruger MP, et al:** Acetabular anatomy and the transacetabular fixation of screws in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg*, 72A:501-508, 1990.
 - 35) **Wasielowski RC, Crossett LS, Rubash HE:** Neural and vascular injury in total hip arthroplasty. *Orthop Clin North AM*, 23:219-235, 1992.
 - 36) **Weber ER, Darbe JR, Coventry MB:** Peripheral neuropathies associated with total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg*, 58A:66-69, 1976.
 - 37) **White TO and Dougall TW:** Arthroplasty of the hip. Leg length is not important. *J Bone Joint Surg(Br)*, 84(B):335-338, 2002.
 - 38) **Williamson JA and Reckling FW:** Limb length discrepancy and related problems following total hip joint replacement. *Clin Orthop*, 134:135-138, 1978.
 - 39) **Woo RY and Morrey BF:** Dislocation after total hip

arthroplasty. J Bone Joint Surg (Am), 64(A):1296-1306, 1982.

- 40) **Woolson ST**: *Leg length equalization during total hip replacement. Orthopedics, 13:17-21, 1990.*
- 41) **Woolson ST and Harris WH**: *A method of intraoperative*

limb measurement in total hip arthroplasty. Clin Orthop, 194:207-210, 1985.

- 42) **Zechmann JP, Reckling FW**: *Association of preoperative hip motion and sciatic nerve palsy following total hip arthroplasty. Clin Orthop, 241:197-199, 1989.*