

인공 종양대치물을 이용한 사지구제술후의 보행 분석

이상훈 · 정진엽 · 김한수 · 김병성 · 이한구

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

-Abstract-

Gait Analysis of Patients with Tumor Prosthesis around the Knee

Sang Hoon Lee, M.D., Chin Youb Chung, M.D., Han Soo Kim, M.D.,
Byung Sung Kim, M.D., and Han Koo Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University College of Medicine

Prosthetic replacement is one of the most common methods of reconstruction after resection of malignant tumor around the knee. Gait analysis provides a relative objective data about the gait function of patients with prosthesis. The purpose of this study was to compare the gait pattern of the patients who underwent limb salvage surgery with prosthesis for distal femur and that of patients, with prosthesis for proximal tibia. This study included ten patients (4 males, 6 females, mean age 22.7 years, range 14-36) who underwent a wide resection and Kotz hinged modular reconstruction prosthesis replacement and six normal adult(Control). The site of bone tumor was the distal femur (Group 1) in six patients and proximal tibia (Group 2) in 4 patients. The follow-up period ranged from 15 to 82 months (mean : 33 months).

The evaluation consisted of clinical assessment, radiographic assessment, gait analysis using VICON 370 Motion Analysis System. The gait analysis included the linear parameters such as, walking velocity, cadence, step length, stride length, stance time, swing time, single support and double support time and the three-dimensional kinematics (joint rotation angle, velocity of joint rotation) of ankle, knee, hip and pelvis in sagittal, coronal and transverse plane.

For the kinetic evaluation, the moment of force (unit: Nm/kg) and power (unit: Watt/kg) of ankle, knee and hip joint in sagittal, coronal and transverse plane. In the linear parameters, cadence, velocity, step time and single support were decreased in both group 1 and group 2 compared with control.

※ 통신저자 : 이 상 훈
서울특별시 종로구 연건동 28
서울대학교 의과대학 정형외과학교실

*본 논문은 1996년 서울대학교 병원 지정진료연구기 지원(연구 번호 02-96-077)에 의해 이루어진 결과임.

Double support decreased in group 2 compared with control significantly($p<.05$). In contrast to our hypothesis, there was no significant difference between group 1 and group 2.

In Kinematics, we observed significant difference ($p<.05$) of decreased knee flexion in loading response ($G2<G1<control$) and extension in mid stance in group 2 compared with group 1. In group 2, the greater knee coronal and transverse plane motion and decreased maximum ankle dorsiflexion in terminal stance and terminal swing, and decreased maximum hip extension in terminal stance were also significant($p<.05$).

In kinetics, the maximum knee flexion moment and sum of flexion moment at stance were increased in group 2 significantly($p<.05$). Maintenance of extensor mechanism through secure attachment of patellar tendon is believed to be more important than the amount of resected quadriceps muscle for active knee extension and powerful stance.

Gait analysis is very useful and objective in the assessment of postoperative gait function and also helpful in establishing a physical therapy program and a novel prosthesis design with physiologic mechanism.

Key Words : Tumor prosthesis, Knee, Gait analysis

서 론

대퇴골 원위부 및 경골 근위부의 악성 골종양의 치료로서 종양 절제술 및 종양대치물 삽입술은 최근 널리 시행되고 있지만, 술후 환자의 보행 및 기능적 측면에서의 결과는 검사자의 주관에 개입될 수 있는 이학적 검사, 단순방사선 사진, 환자의 주관적 동통의 호전 정도 등으로 평가하여 왔기 때문에 객관화된 자료가 없는 실정이다. 환자의 술후 상태를 보행 분석을 통해 정량적으로 평가함으로써 종양삽입물 대치술 후의 보행 양상을 동일 연령의 대조군의 보행 분석 결과와 비교하고, 또한 환자군을 다시 병변의 위치에 따라 2개군으로 나누어 각각의 보행의 선형 지수, 보행 주기 상의 각 관절의 운동 범위, 모우멘트와의 관계를 분석하고자 하였다.

연구 대상 및 연구 방법

1) 대상

1989년 12월부터 1995년 사이에 서울대학교병원 정형외과에서 악성 골종양으로 진단받고 종양 삽입물 대치술을 시행 받은 환자중 슬관절 부위에 발생했고 보행 분석을 실시한 10명의 환자를 대상으로 하였다.

대상 환자의 진단은 골육종이 7례, 방골성 골육종이 2례, 악성 거대세포종이 1례이었고, 병변의 위치는 대퇴골 원위부가 6례, 경골 근위부가 4례 이었

다. 대퇴골 원위부인 경우는 종양의 연부조직 침범의 정도에 따라 대퇴사두근의 절제술을 시행하였고, 경골 근위부인 경우는 슬개건을 종양대치물에 재부착시켜 주었다.

모든 환자에서 종양삽입물은 Kotz hinged modular reconstruction prosthesis (Howmedica[®])가 사용되었다.

수술후 1주 후부터 능동적, 수동적 슬관절 운동을 시작하였고 술후 3개월까지는 무체중, 또는 부분체중부하 목발 보행을 허용하였다.

2) 연구 방법

종양의 위치에 따라 환자를 2개군으로 나누어 대퇴골 원위부를 제1군, 경골 근위부를 제2군으로 하였고, 대조군은 6명의 동일연령의 정상인으로서 보행 분석 실시하였고, 그 외 임상적으로 술후의 이학적 검사를 통하여 슬관절 및 족관절의 근력, 굴곡구축, 후속굴곡, 불안정성, 환자의 동통, 하지 부동 및 보행 활동 정도 등을 평가하였다.

보행 분석에서는 연구 대상자의 신장, 체중, 하지 길이, 슬관절부 직경, 대퇴골 및 경골의 염전 등을 측정하여 보행 분석의 기초 자료로 삼았다. 연구 대상자의 지정 신체 부위, 즉 양측 전상부 장골극부, 양측 후상부 장골극 높이의 중앙부, 슬관절 회전 중심부, 대퇴부, 하퇴부, 족관절부, 발뒤꿈치, 전족부에 표지를 부착한 후 보행 분석실의 중앙에 서서 정적 자료를 먼저 얻었다. 이는 각표지를 컴퓨터가 인

식하여 각 표지들간의 상호 위치 관계를 정립하였다. 다음에 연구 대상자는 보행 분석실에 설치된 9m의 보행로를 걷게 되는데 정확한 분석 자료를 얻기 위하여 5회 이상 보행 검사를 반복 시행하여 활보장간의 일치성 여부를 확인하였다. 연구 대상자가 보행 검사를 시행하는 동안 5대의 VICON 370 (Oxford metrics[®]) CCD Camera가 1초당 50 frame의 속도로 각 표지의 이동을 추적하여, 이것을 이용하여 각 관절의 3차원적 운동형상학 분석을 Euler각도 측정 법에 의존하여 시행하였다. 또한, 보행로의 중앙부에 설치되어 있는 2개의 힘판(force plate)을 연구 대상자가 걸으면서 밟게 되는데, 이때에 가해지는 힘의 정도를 힘판이 전후, 좌우, 상하 방향의 벡터로 나누어 분석하여 컴퓨터로 결과를 보냈다. 이러한 자료를 바탕으로 운동형상학(kinematics)적 자료와 운동역학(kinetics)적 자료를 측정한다.

운동형상학적 분석으로는 보행의 선형 지수인 보행 속도(walking velocity), 분속수(cadence), 보장(step length), 활보장(stride length), 활보장시간(stride time), 보장시간(step time), 단하지지지기(single support), 양하지 지지기(double support)를 측정하였다. 슬관절의 회전각도 및 각속도를 시상면(sagittal plane), 관상면(coronal plane), 횡단면(transverse plane)에서 3차원으로 분석하였다. 운동 역학적 분석은 슬관절의 회전 모우먼트와 힘을 시상면, 관상면, 횡단면에서 3차원적으로 분석하였다. 각 검사에서 얻어진 자료는 VICON 370 clinical manager software를 사용하여 보행 주기를 50등분하여 각 시기의 수치를 Excel spread sheet로 보내어 각 군간의 평균값 및 표준 편차를 구하였다.

통계적 분석으로 각 군간의 보행 선형 지수의 차이를 Wilcoxon ranks sum test를 이용하여 비교하였다. 또한 각 군간의 고관절, 슬관절 및 족관절의 의 시상면(sagittal plane), 관상면(coronal plane) 및 횡단면(transverse plane)에서의 운동 범위, 모우먼트(moment), 힘(power)등을 Wilcoxon ranks sum test를 이용하여 분석하였다.

결 과

1) 임상적 특성

모든 예에서 일측성이었고 우측이 4례, 좌측이 6

례 이었으며, 대상 환자중 남자는 4명, 여자가 6명이었고, 연령은 최소 14세에서 최고 36세로 평균 22.7세 이었다.

추시는 최소 15개월에서 최고 82개월로 평균 33개월이었다.

술후 굴곡구축은 평균 2도, 후속굴곡은 평균 100.5도(90-125도)이었으며 술 후 동통, 임상적 불안정성 및 방사선학적 해리소견은 없었다.

합병증은 일시적 비골 신경마비가 한례에서 있었으며 술후 1년만에 거의 정상으로 복귀하였다.

2) 보행의 선형 지수

보행의 선형 지수는 제 1군에서는 분속수(cadence) 90, 보행 속도(velocity) 0.92, 활보장(stride length) 1.22, 보장시간(step time) 0.68, 단하지 지지기(single support) 0.48, 양하지 지지기(double support) 0.32이었고, 제 2군에서는 분속수(cadence) 87, 보행속도(velocity) 0.92, 활보장(stride length) 1.36, 보장시간(step time) 0.61, 단하지 지지기(single support) 0.50, 양하지 지지기(double support) 0.32이었고, 대조군에서는 분속수(cadence)97, 보행 속도(velocity) 1.11, 활보장(stride length) 1.36, 보장시간(step time) 0.61, 단하지 지지기(single support) 0.50, 양하지 지지기(double support) 0.22로 제 1군과 제 2군 모두 대조군에 비해 분속수(cadence), 보행 속도(velocity), 보장시간(step time), 단하지 지지기(single support)는 감소하였고, 양하지 지지기(double support)는 제 2군이 대조군에 비해 감소하였으나 제 1군과 제 2군사이에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

환자군과 대조군의 보행 선형 지수는 표 1과 같다.

3) 슬관절 운동 범위(Range of motion)

(1) 시상면(Sagittal plane) 운동 범위

제 1군에서는 초기 접지시기(Initial contact)의 슬관절 각도는 평균 굴곡 2.39도이며, 체중 부하기>Loading response)시에 5.05도까지 굴곡 되었다가, 중간 입각기(midstance phase)에 다시 신전이 일어나서 3.18도까지 신전이 일어나고, 말기 입각기(terminal stance phase)부터 다시 굴곡 하기 시

Table 1. Comparison of gait parameters in patient and control group

| Gait parameter | Group 1 | Group 2 | Control |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Cadence(step/min) | 90 | 87 | 97 |
| Velocity(m/sec) | 0.92 | 0.92 | 1.11 |
| Stride length(m) | 1.22 | 1.36 | 1.36 |
| Step time(sec) | 0.68 | 0.61 | 0.61 |
| Single support(sec) | 0.48 | 0.50 | 0.50 |
| Double support(sec) | 0.32 | 0.32 | 0.22 |

Table 2. Range of motion of the knee in sagittal plane

| Parameter | group 1 | group 2 | control |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| Initial contact flexion(°) | 2.39 | -2.50 | 7.40 |
| Loading response peak flexion(°) | 5.50 | -4.47 | 18.08 |
| Midstance max extension(°) | 3.32 | -6.69 | 3.84 |
| Initial swing max flexion(°) | 56.46 | 46.41 | 56.04 |
| Initial swing max flexion time(%) | 74 | 74 | 70 |

Table 3. Range of motion of the knee in coronal plane

| Parameter(°) | group 1 | group 2 | control |
|--------------|---------|---------|---------|
| Max varus | 10.34 | 32.76 | 15.45 |
| Max valgus | -3.97 | -0.39 | 2.24 |
| ROM | 14.31 | 33.15 | 17.69 |

* ROM : range of motion

작해, 초기 유각기(initial swing phase)에 들어가면서 보행 주기 74 % 지점에서 56.46도까지 최대 굴곡이 일어난 후, 다시 신전이 일어나, 말기 유각기(terminal swing)에 다시 초기 접지기의 각도로 돌아가게 되며, 제 2군에서는 초기 접지기시(initial contact)의 슬관절 각도는 평균 굴곡 -2.50도이며, 체중 부하기(loading response)시에 -4.48도 굴곡 되었다가, 중간 입각기(midstance phase)에 다시 신전이 일어나서 -6.69도까지 신전이 일어나고, 말기 입각기(terminal stance phase)부터 다시 굴곡하기 시작해, 초기 유각기(initial swing phase)에 들어가면서 보행 주기 74 % 지점에서 46.41도까지 최대 굴곡이 일어난 후, 다시 신전이 일어나, 말기 유각기(terminal swing)에 다시 초기 접지기의 각도로 돌아가게 된다. 반면 대조군에서는 초기 접지기시(initial contact)의 슬관절 각도는 평균 굴곡 4.15도이며, 체중 부하기(loading response)시에 18.08도까지 굴곡 되었다가, 중간 입각기(midst-

ance phase)에 다시 신전이 일어나서 3.84도까지 신전이 일어나고, 말기 입각기(terminal stance phase)부터 다시 굴곡이 일어나서 초기 유각기(initial swing phase)에 들어가면서 보행 주기 70 % 지점에서 56.04도까지 최대 굴곡이 일어난 후, 다시 신전이 일어나, 말기 유각기(terminal swing)에 다시 초기 접지기의 각도로 돌아가게 된다 (Fig. 1-A). 각 군의 시상면 운동 범위는 표 2와 같다. 체중 부하기시 슬관절 굴곡은 제 2군, 제 1군, 대조군 상호 간에 유의한 차이를 보이며 감소되었고, 중간 입각기시의 슬관절 신전은 제 2군이 제 1군에 비해 감소되었다($p>0.05$).

(2) 관상면(Coronal plane) 운동 범위

제 1군에서의 초기 접지기의 슬관절 각도는 평균 외반 3.97도이며, 전유각기에서 중간 유각기까지 내반이 계속되어 10.34도까지 내반되며, 이후 다시 외반이 일어나, 말기 유각기에 다시 초기 접지기의 각도로 돌아간다. 제 2군에서의 초기 접지기의 슬관절 각도는 평균 외반 0.28도이며, 전유각기에서 중간 유각기까지 내반이 계속되어 32.76도까지 내반되며, 이후 다시 외반이 일어나, 말기 유각기에 다시 초기 접지기의 각도로 돌아간다. 대조군에서의 초기 접지기의 슬관절 각도는 평균 내반 2.24도이며, 전유각기에서 내반이 계속되어 중간 유각기에 15.45도까지 내반된 후, 말기 유각기에 다시 초기 접지기의 각도로 돌아간다(Fig. 1-B). 각 군의 관상면 운동 범위는 표 3과 같다. 유각기시의 최대 내반각도 및 운동 범위는 제 2군이 제 1군 및 대조군에 비해 증가되었다($p>0.05$).

(3) 횡단면(Transverse plane) 운동 범위

제 1군에서의 초기 접지기의 슬관절 각도는 평균 12.06도 외회전 되어 있으며, 체중 부하기 동안에 외회전을 유지하다가 전유각기부터 내회전이 시작되어 중간유각기에 -4.75도까지 내회전 되고, 이후 다시 외회전이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다. 제 2군에서의 초기 접지기의 슬관절 각도는 평균 4.58도 외회전되어 있으며, 체중 부하기 동안에 외회전을 유지하다가 전유각기부

터 내회전이 시작되어 중간유각기에 20.48도까지 내회전 되고, 이후 다시 외회전이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다. 대조군에

Table 4. Range of motion of the knee in transverse plane

| Parameter(°) | group 1 | group 2 | control |
|-----------------------|---------|---------|---------|
| Max internal rotation | -4.75 | 20.46 | 16.82 |
| Max external rotation | -13.21 | -18.82 | 0.01 |
| ROM | 8.46 | 39.28 | 16.81 |

Table 5. Moment of the knee in sagittal plane

| Parameter(Nm/kg) | group 1 | group 2 | control |
|---------------------------------|---------|---------|---------|
| Max flexion moment | 0.238 | 0.471 | 0.324 |
| Sum of flexion moment in stance | 1.82 | 9.677 | 3.587 |

서의 초기접지기의 슬관절 각도는 평균 3.58도 내회전 되어 있으며, 초기 유각기까지 내회전이 계속되어 16.82도까지 이르며 이후, 다시 외회전이 일어나, 말기 유각기에 다시 초기 접지기의 각도로 돌아간다(Fig. 1-C). 각군의 횡단면(transverse plane) 운동 범위는 표 4와 같다. 유각기시 내회전은 제 2군이 제 1군에 비해 증가되었고, 운동 범위는 제 2군, 대조군, 제 1군 상호간에 유의한 차이를 보이며 증가하였다($p>0.05$).

4) 슬관절의 모우멘트(Moment)와 힘(Power)

(1) 모우멘트(Moment)

①시상면(Sagittal plane)의 모우멘트(Moment)

제 1군에서의 초기 접지기의 슬관절은 평균 0.107Nm/kg의 굴곡 모우멘트의 상태이며, 이는 전유각기 까지 계속 유지되다가 초기유각기에 0.048Nm/kg 의 신전 모우멘트에 이르게 된다. 중간 유각기부터는 미미한 모우멘트를 보이면서 다시 초기 접지기의 모우멘트로 돌아간다. 제 2군에서의 초기 접지기의 슬관절은 평균 0.247Nm/kg의 굴곡 모우멘트의 상태이며, 이는 전유각기까지 계속 유지되다가 초기유각기에 0.034Nm/kg의 신전 모우멘트에 이르게 된다. 중간 유각기부터는 미미한 모우멘트를 보이면서 다시 초기 접지기의 모우멘트로 돌아간다. 대조군에서의 초기 접지기의 슬관절은 평균 0.406Nm/kg의 굴곡 모우멘트의 상태이며, 이후 급격히 신전 모우멘트로 변환되어 0.321Nm/kg의 신전 모우멘트에 이르게 된다. 이후 중간 입각기에 신전 모우멘트는 굴곡 모우멘트로 전환되어, 말기 입각기초기에 0.324Nm/kg의 굴곡 모우멘트에 이르게 된다. 이후 전유각기까지 굴곡 모우멘트는 감소하여 유각기에는 미미한 모우멘트를 보이면서 다시 초기 접지기의 모우멘트로 돌아간다(Fig. 1-D). 각 군의 시상면 모우멘트는 표 5와 같다. 최대 굴곡 모우멘트는 제 2군이 제 1군 및 대조군에 비해 증가되었고, 입각기시의 굴곡 모우멘트의 합도 제 2군이 제 1군 및 대조군에 비해 증가 되었다($p>0.05$).

②관상면(Coronal plane)의 모우멘트(Moment)

제 1군에서 초기접지기에 0.051Nm/kg의 외반 모우멘트 상태이고 이후 체중 부하기가 지날 때까지

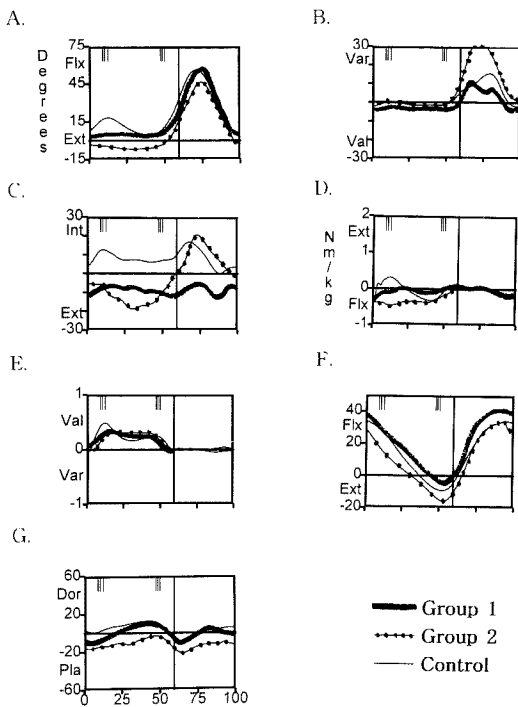


Fig 1. Gait lab data

- A. Knee flexion/extension
- B. Knee valgus/varus
- C. Knee rotation
- D. Knee flexion moment
- E. Knee valgus moment
- F. Hip flexion moment
- G. Foot dorsiflexion/plantar flexion

급격히 외반 모우멘트가 증가되어 중간 입각기부터 말기 입각기까지 완만하게 내반모우멘트로 전환된 후 0.262Nm/kg의 외반모우멘트에서 전유각기동안에 급격히 내반모우멘트로 전환되어 유각기동안 미미한 모우멘트를 형성하였다. 제 2군에서 초기접지기에 -0.01Nm/kg의 외반모우멘트 상태이고 이후 체중 부하가 지날 때까지 급격히 외반모우멘트가 증가되어 중간 입각기부터 말기 입각기까지 완만하게 내반모우멘트로 전환된 후 0.311Nm/kg의 외반 모우멘트에서 전유각기동안에 급격히 내반모우멘트로 전환되어 유각기동안 미미한 모우멘트를 형성하였다. 대조군에서 초기접지기에 0.056Nm/kg의 외반모우멘트 상태이고 이후 체중 부하가 지날 때까지 급격히 외반모우멘트로 전환되어 0.481Nm/kg의 외반모우멘트에 이르고, 중간입각기부터 말기입각기까지 완만하게 내반모우멘트로 전환된 후 유각기동안 미미한 모우멘트를 형성한다(Fig. 1-E). 각 군의 관상면상의 외반 모우멘트는 표 6과 같고 각군 간에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

(2) 힘 (Power)

각 군에서 입각기중에 시상면상에서의 힘형성과

힘흡수를 구하여 각각을 합하였다. 각 군의 시상면상의 힘형성의 합과 힘흡수의 합은 표 7과 같다. 입각기시의 힘 흡수의 합은 제 1군이 제 2군 및 대조군에 비해 감소하였다($p>0.05$).

5) 고관절 운동 범위 (Range of motion)

시상면에서 제 1군에서의 초기 접지기의 고관절 각도는 평균 37.86도 굴곡되어 있으며, 전유각기까지 신전되어 -5.68 굴곡되고, 이후 다시 굴곡이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다. 제 2군에서의 초기 접지기의 고관절 각도는 평균 29.38도 굴곡되어 있으며, 전유각기까지 신전되어 -15.70 굴곡되고, 이후 다시 굴곡이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다. 대조군에서의 초기 접지기의 고관절 각도는 평균 34.58도 굴곡되어 있으며, 전유각기까지 신전되어 -9.31 굴곡되고, 이후 다시 굴곡이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다(Fig. 1-F). 각 군의 시상면에서의 운동 범위는 표 8과 같다. 말기 입각기시의 최대 신전은 제 2군이 제 1군에 비해 감소되었고, 말기 유각기시 굴곡은 제 2군이 대조군에 비해 감소되었다($p>0.05$).

또한 각 군의 횡단면에서의 운동 범위는 표 9와 같다.

6) 족관절 운동 범위 (Range of motion)

시상면에서 제 1군에서의 초기 접지기의 족관절 각도는 평균 -7.56도 족배굴곡되어 있으며, 말기 입각기까지 족배굴곡하여 10.01도로 되고 전유각기부터 족저굴곡이 급격히 증가되어 초기유각기에 -12.51도까지 된 후 다시 족배굴곡이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다. 제 2군에서의 초기 접지기의 족관절 각도는 평균 -16.18도 족배굴곡되어 있으며, 말기 입각기까지 족배굴곡하여 -2.86도되고 전유각기부터 족저굴곡이 급격히

증가되어 초기유각기에 21.28도까지 된 후 다시 족배굴곡이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다. 대조군에서의 초기 접지기의 족관

Table 6. Moment of the knee in coronal plane

| Parameter(Nm/kg) | group 1 | group 2 | control |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| Sum of valgus moment in stance | 6.367 | 6.248 | 6.673 |

Table 7. Power of the knee in sagittal plane

| Parameter(watt/kg) | group 1 | group 2 | control |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| Sum of power generation in stance | 0.521 | 1.577 | 2.159 |
| Sum of power absorbtion in stance | 0.676 | 1.304 | 2.344 |

Table 8. Range of motion of the hip in sagittal plane

| Parameter(°) | group 1 | group 2 | control |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| Max flexion in initial contact | 37.86 | 29.38 | 34.58 |
| Max extension in preswing | -5.68 | -15.70 | -9.31 |
| Max flexion in terminal swing | 39.90 | 33.72 | 34.08 |
| ROM | 45.58 | 49.43 | 43.89 |

Table 9. Range of motion of the hip in transverse plane

| Parameter(°) | group 1 | group 2 | control |
|-----------------------|---------|---------|---------|
| Max internal rotation | 16.26 | 44.15 | 12.33 |

Table 10. Range of motion of the ankle in sagittal plane

| Parameter(°) | group 1 | group 2 | control |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| Max DF in terminal stance | 10.01 | -2.86 | 12.66 |
| Max PF in initial swing | -12.52 | -21.28 | -10.70 |
| Max DF in terminal swing | 4.03 | -9.68 | 5.63 |
| ROM | 22.53 | 18.42 | 23.36 |

절 각도는 평균 3.34도 족배굴곡 되어 있으며, 말기 입각기에 12.66까지 배측굴곡하다가 전유각기부터 족저굴곡이 급격히 증가되어 초기유각기에 -10.70도 까지 된 후 다시 족배굴곡이 일어나, 말기유각기에 다시 초기접지기의 각도로 돌아간다(Fig. 1-G). 각군의 시상면상의 운동 범위는 표 10과 같다. 말기 입각기와 말기 유각기의 최대 족배굴곡이 제 2군이 제 1군 및 대조군에 비해 감소되었다($p>0.05$).

고 찰

일반적으로 종양삽입물 대체술을 시행 받은 환자들은 보행 시에 유각기를 시작하기 위해 장요근을 사용하며, 슬관절은 무게중심을 슬관절 전방에 보냄으로써 입각기에 안정화되고, 체중 부하기에는 슬관절의 과도 신전으로써 안정성이 유지된다. 이때 슬관절의 과도 신전은 대둔근 및 슬근의 수축과 종양 대체물 관절의 축을 후방에 뒹으로써 얻어진다^{5,9}.

대퇴사두근의 절제술 후 슬관절 신전 근력의 약화로 인한 불안정성을 보상하기 위한 자율적인 대치의 방편으로 체중 부하기시에 충격 흡수를 위한 슬관절 굴곡이 불충분해지는 현상이 관찰되었는데^{3,10} 특히 병변이 경골 근위부인 경우가 대퇴골 원위부인 경우에 비해 크게 나타났다. 또한 슬관절 굴곡은 족관절 초기 족저굴곡에 의해 방지되면서 대개 고관절 신전근이 강력해지는데 이는 이번 결과에서도 마찬가지이다. 대퇴사두근의 절제 정도와 술 후 슬관절 신전근력은 상관관계를 보이지 않았으며, 대퇴골 원위부 종양절제술시 경골 근위부에 비해 대퇴사두근의 절제범위가 증가하였지만, 체중부하기시 대퇴사두근 회피현상은 오히려 경골근위부에서 더욱 심하게 나타나는 것으로 보아 단순히 절제후 남은 근육의 양보다는 슬개골에서 슬개건과 경골결절 부착부로 이어지는 대퇴사두근 신전기전의 역할이 더욱 중요하다는 것을 시사한다 하겠다. 또한 Van Krieken¹¹

등은 근육 절제를 많이 할 경우 남은 근력으로는 보행이 불가능하기 때문에 종양 대체물 자체가 안정성이 있어야 한다고 하였고, 종양 대체물 자체의 안정성도 특히 대퇴사두근의 절제범위가 많은 경우에 있어서 보행의 질을 결정하는데 중요한 역할을 하는 것으로 보인다.

족관절의 과도한 족저굴곡은 대퇴사두근의 약화를 체중부하기시 보상하기 위해 나타나기도 하지만 이번 경골 근위부 종양 대체물에서의 경우에는 모든 보행 주기를 통해 족저굴곡이 나타났다. 이는 실제 근력평가상 족배굴곡근력이 대퇴골 원위부 종양대체물 환자의 경우에 비해 grade 4 정도로 감소되어있고, 중립위에서의 족관절 족배굴곡구축이 4레중 2레가 있었기 때문에, 족배굴곡근력의 약화와 가자미근(soleus) 및 비복근(gastrocnemius)의 구축에 의한 복합적인 요인에 의한 것으로 보인다^{7,8}.

경골 근위부 종양 대체물 삽입술을 시행받은 환자의 경우 대퇴골 원위부에 비해 슬관절 관상면과 횡단면상의 운동범위가 증가하였다. 원칙적으로 종양 대체물의 구조상 시상면의 운동만을 허용하기 때문에 슬관절 관상면과 횡단면의 운동범위가 차이가 있어서는 안 됨에도 불구하고 운동범위가 차이가 나는 것은 종양대체물의 해리소견의 반영이라 할 수 있겠다. 하지만 임상적으로 불안정성은 없었고 방사선학적 해리소견도 없었기 때문에 보다 장기적인 추시가 요할 것으로 보인다.

그 외에 환자들은 일종의 기교 동작을 통해 보행을 향상시키는데, 하지를 외회전 또는 내회전하여 봉공근 또는 tensor fascia late를 신전근으로 사용하는 것으로^{1,2,9}, 이는 이번 결과에서 볼 때 고관절이 모든 보행 주기를 통해 내회전되어 있는 것을 통해 알 수 있다.

요약 및결론

보행의 선형지수로 제 1군(대퇴골 원위부)과 제 2군(경골 근위부) 모두 대조군에 비해 활보장(Stride length)을 제외한 나머지 분속수(Cadence), 보행 속도(Velocity), 보장시간(Step time) 및 단하지 지지기(Single support)는 감소하였고, 양하지 지

지기(Double support)는 제 2군이 대조군에 비해 감소하였으나 제 1군과 제 2군사이에는 유의한 차이가 없었다. 체중 부하가시 슬관절 굴곡과, 중간 입각가시 슬관절 신전은 제 2군에서 감소되었으며, 체중 부하가시 슬관절 굴곡은 제 1군에서도 감소되었다. 제 2군에서 슬관절 최대굴곡 모우멘트는 증가되었고, 슬관절 관상면과 횡단면에서의 운동 범위는 제 1군에 비해 제 2군에서 증가하였으며, 말기 입각기 및 말기 유각가시의 최대 족배굴곡이 제 2군에서 감소되었다.

중앙대치물 삽입술 후 보행 분석을 통해 술 후의 기능 평가를 보다 객관적으로 할 수 있고 3차원적 분석을 통해 보행 분석의 지수들과 임상적 특성의 연관성을 이용하여 술후 기능적 평가를 표준화된 방법으로 시행할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 Quadriceps avoidance pattern의 임상적 의의를 평가하고, 임상적 결과와 보행 분석 사이의 상관관계를 규명하며 관상면 및 횡단면의 운동 범위와 해리 정도와의 상관관계를 규명하는 것에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Andriacchi TP : Evaluation of Surgical Procedures and/or Joint Implants With Gait Analysis. ICL. 343-350, 1992.
- 2) Capanna R, Ruggieri P, Biagni R, Ferraro A, DeCristoforo R, McDonald and Campanacci M : The effect of quadriceps excision on functional results after distal femoral resection and prosthetic

- replacement of bone tumors. Clin Orthop, 267:186-196, 1991.
- 3) Gage JR : An Overview of Normal Walking. ICL. 291-303, 1992.
- 4) Harris GF and Wertsch JJ : Procedures for Gait Analysis. Arch Phys Med Rehabil, 57:216-225, 1994.
- 5) Hilding MB, Lanshammar H and Ryd L : A relationship between dynamic and static assessments of knee joint load. Acta Orthop Scand, 66(4):317-320,1995.
- 6) Harris IE, Leff AR, Gitelis S and Simon MA : Function after amputation, arthrodesis, or arthroplasty for tumors about the knee. J Bone Joint Surg, 72-A:1477-1485, 1990.
- 7) Kawamura H, Yoneda T, Hayashi Y, Uchida A, Kuratsu, Hiroshima K and Ono K : Gait analysis and its significance in patients with total knee prosthesis after wide resection of malignant tumor. In : Recent advances in musculoskeletal oncology. Springer-Verlag , Uchida (ed):269-277, 1992
- 8) McClenaghan BA, Krajchich J, Pirone AM and Longmuir P : Comparative assessment of gait after limb-salvage procedures. J Bone Joint Surg, 71-A:1178-1182, 1989.
- 9) Otis JC, Lane JM and Kroll MA : Energy cost during gait osteosarcoma patients after resection and knee replacement and after above-the-knee amputation. J Bone Joint Surg, 67-A:606-611, 1985.
- 10) Perry J : Pathologic Gait. ICL. 325-331, 1992.
- 11) Van Krieken FM, den Heeten GJ, Pedersen DR, Brand RA and Crowninshield RD : Prediction of muscle and joint loads after segmental femur replacement for osteosarcoma. Clin. Orthop. 198:273, 1985.