



계단 오르기과 내리기 동안 다축범위(multi-radius)

무릎인공관절 수술자의 운동역학적 비교분석

A Biomechanical Comparative Analysis of the Multi-Radius Total Knee Arthroplasty System for Go up Stair and Go down Stair

진영완* · 유병인 · 광이섭(동의대학교)

Jin, Young-Wan* · Yoo, Byung-In · Kawk, Yi-Sub(Donggeui University)

ABSTRACT

Y. W. JIN, B. I. YOO, Y. S. KAWK, A Biomechanical Comparative Analysis of the Multi-Radius Total Knee Arthroplasty System for Go up Stair and Go down Stair. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 1, pp.31-41, The primary purpose of a TKA is to restore normal knee function. Therefore, ideally, a TKA should: (a) maintain the natural leverage of the knee joint muscles to ensure generating adequate knee muscle moments to accomplish daily tasks such as rising from climbing stairs; (b) provide adequate knee joint stability.

A 16-channel MyoResearch XP EMG system was used to collect the differential input surface electromyography signals VM, VL, RF, BF, ST during climbing/descending stair tests. A Peak Motion Measurement System was used to collect the kinematic and kinetic data. AKIN-COM III isokinetic dynamometer was used for EMG of VM, VL, RF, BF and ST during maximal voluntary contraction. Quadriceps EMG results for the VM of the passed 1year group limb demonstrated significant less RMS EMG than that of the passed 3year group limb 60°-15° of knee flexion($p<0.05$). The VL of the passed 1year group limb also demonstrated significant less RMS EMG than that of the passed 3year group limb from 60°-45° of knee flexion($p<0.05$). Similar to the VM and VL, the RF of the passed 1year group limb showed less RMS EMG than that of the passed 3year group limb from 60°-30° do knee flexion($p<0.05$). Hamstring EMG results for the BF of the passed 1year group limb demonstrated less RMS EMG than that of the passed 3year group limb from 75°-15° of knee flexion($p<0.05$). The passed 1year group limb tended to have less ADD displacement($p<0.071$) than that of the passed 3year group limb. There was no significant difference of the ABD displacement between the passed 1year group and the passed 3year group limbs($p<0.73$).

The passed 3year group used compensatory adaptation movement strategies to compensate for the strength deficit of passed 3year group limbs. The passed 3year group limb also increased the quadriceps muscle activation level to produce more knee extension moment to compensate for the short quadriceps moment arm. The passe 3year group limb might have an unstable knee joint in the medio-lateral direction during the climbing/descending by showing a tendency of more ADD displacement and greater hamstring co-activation

EMG than the passed 1year group limbs. The TKA design was not able to help the knee joint to produce adequate knee extension moment with less quadriceps muscle effort. I think that old man needs continuous exercise for muscle strength.

KEYWORDS: MULTI-RADIUS, TKA, BIOMECHANICAL

I. 서론

인공무릎관절은 21세기 정형외과 발전의 주요변화들 중의 하나이다(Riley et al., 1983). 영국의 정형외과 의사인 존 찬리가 1961년에 오늘날 사용되는 인공관절을 개발한 뒤 급속한 발전을 이루어 오고 있다(Simpson, 2003). 관절염에 의한 손상된 인체의 관절부위를 제거 시키고 인공금속물질로 바꿔주는 것으로, 1997년 이래 전 세계적으로 무릎인공관절(Total Knee Arthroplasty System:TKA)을 사용하는 사람들이 해마다 약 600,000 명씩 증가하고 있는 추세이고 미국에서만 인공무릎관절을 사용하고 있는 사람들이 210,000명에 달하고 있으며 그 시장은 대략 \$5 billion을 넘고 있다(Freund et al., 1997). 최근에 우리나라 역시 노인인구의 급격한 증가로 인공관절의 수술이 많이 늘어나고 있는 추세이다. 무릎인공관절은 일상생활에서 의자에 앉았다 일어날 때 계단을 올라갈 때나 내려갈 때 등, 무릎의 근모멘트(muscle moment)가 적당한 활동을 해서 무릎관절근육에 지레와 같은 작용을 하게하고, 완전한 무릎으로 정상인의 무릎과 같은 기능을 오랫동안 유지하게 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 무릎인공관절 디자인시 정상적인 무릎 회전축(normal knee's axes of rotation)들의 정확한 위치 파악이 중요하며, 무릎인공관절의 기능을 도와주는 무릎 주위의 근육들의 역할 또한 중요하다(Jin,2004). 무릎인공관절 수술 후 무릎관절의 신전(extension)과 굴곡(flexion)운동을 하는 동안 하나의 회전축(single-axis)을 가진 단축범위(single-radius)로 움직이는 무릎인공관절과 약간의 외전(abduction)과 내전(adduction) 그리고 굴곡과 신전운동을 하는 무릎인공관절 즉, 여러 축(multi-axes)으로 움직이는 다축범위(multi-radius)를 가진 무릎인공관절 수술자들을 대상으로 재활운동시 많이 사용되는 계단을 올라가는 동작과

내려가는 동작을 하는 동안 근모멘트를 만들어내는 대퇴사두근(quadriceps muscle)과 무릎오금근(hamstring)의 역할과 하지(lower extremity)의 운동학(kinematics) 및 운동역학적(kinetics)인 특징을 비교분석하여 재활운동을 하는 수술자 그리고 관련자들에게 올바른 정보를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구에 필요한 실험 대상자는 다축으로 움직이는 무릎인공관절 수술외의 다른 병력이 없는 남자였다.

표 1. 연구대상자의 신체적 특징 및 구성요인

변인	1년경과(n=10)	3년경과(n=10)
TKA type Scorpio™	PS	S-7000™ PS
나이(세)	65±05	66±07
체중(kg)	87±16	89±15
신장(cm)	171±13	172±07
TKA ROM(deg)	110±07	113±07

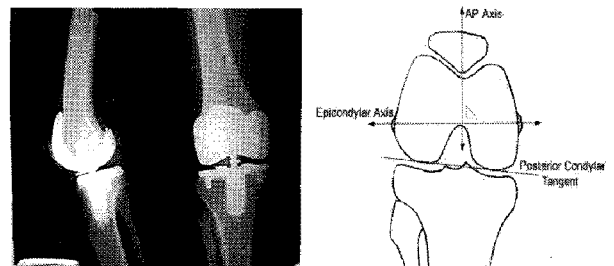


그림 1. TKA 수술을 받은 환자의 오른쪽 무릎 그림과 Churchill등(1998)이 연구한 무릎관절의 축(axis) 정의

2. 사용도구

본 연구의 목적을 수행하기 위해 다음과 같은 실험 도구를 사용하였다.

1). 16-channel MyoResearch XP EMG 시스템 사용 (Noraxon, Inc.)

- a. Sampling rate=1080Hz
- b. Electrodes(Blue SensorTM, Medicotest, Inc.)
- c. Reference ground electrode : 뒤쪽 허벅지에 부착 함
- d. 결과에 사용된 EMG 측정부위

- ▶ 대퇴사두근(quadriceps) : 내측광근(vastus medialis, VM), 외측광근(vastus lateralis, VL), 대퇴직근(rectus femoris, RF)
- ▶ 무릎오금근(hamstring) : 대퇴이두근(biceps femoris, BF), 반건양근(semi-tendinosus, ST)

2). Peak Motion Measurement 시스템 (Peak Performance Technologies, Inc.)

- a. Three genlocked high-speed video cameras (PulnixTM, , Model TM640)
- b. Sampling rate : 120Hz
- c. 셔트 속도 : 1/1000sec
- d. 21-point calibration frame(2.2×1.5×1.5m)
- e. Peak MotusTM Version 4.3
- f. 해부학적 경계점에 반사마크 부착

3). KIN-COM IIITM : Isokinetic EMG date(VM, VL, RF, BF, ST)를 얻기 위하여 사용하였다.

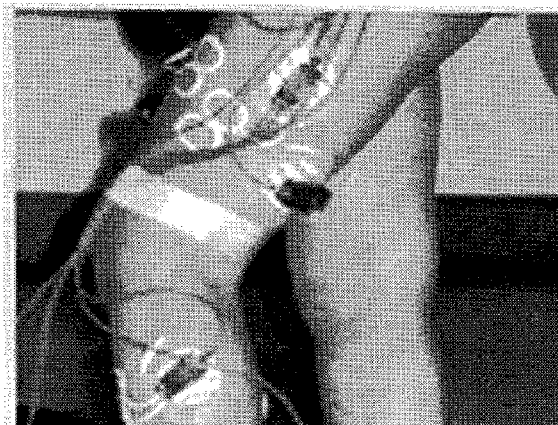


그림 2. EMG 부착 부위

3. 실험방법

다축으로 움직이는 무릎인공관절 수술자(1년경과자, 3년경과자)들을 대상으로 사전테스트(Isokinetic test)와 운동중테스트(계단오르기와 내리기)로 나누어 특징들을 비교하였다. 운동을 통하여 대퇴사두근, 오릎오금근의 역할을 알아보고 하지의 운동학 및 운동역학적 특징을 비교분석 하였다.

각계단의 높이는 17cm 였으며 4계단을 오르기와 내리기를 실시 한 후 3번째 한 계단만 오르기와 내리기 동안 자료를 분석하였다(Mahoney, 1999).

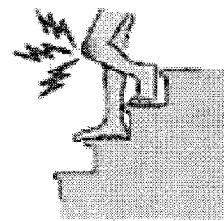


그림 3. 실험에 사용된 일반적인 계단

◆ Isokinetic concentric test

KIN-COM III를 이용하여 무릎의 Isokinetic 힘을 측정하기 위하여 무릎각도를 75°-15°까지 펴면서 테스트 하였다.

◆ EMG 테스트와 영상분석(cinematography)

계단 오르기 동작과 내리기 동작 동안 대퇴사두근과 무릎오금근의 iEMG변화와 근육들의 역할을 알아보았다.

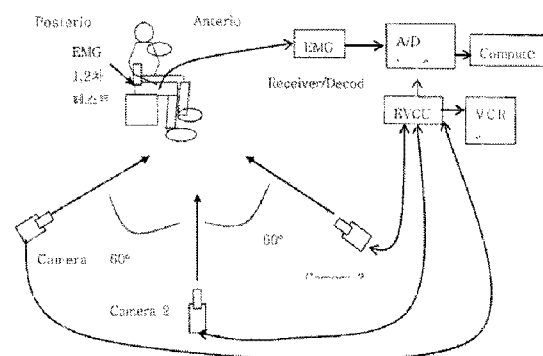


그림 4. 실험배치도

계단 오르기과 내리기 동안 무릎의 굴곡과 신전운동 동안 무릎관절에 작용하는 모멘트를 알아보기 위하여 3차원 영상분석방법을 통하여 하지의 각도변화차이, 각 가속도변화 차이 등을 알아보며, Feltner와 Dapena (1989) 사용한 Motion-dependent interaction 분석방법을 이용하여 고관절, 무릎관절 그리고 발목관절에 작용하는 관절 모멘트(joint moment)를 inverse dynamics로 계산하였다.

4. 분석방법

1) 1차실험 : Isokinetic concentric test는 힘 측정기구 KIN-COM IIITM isokinetic dynamometer(500Hz)를 사용하여 무릎 각도가 75°-15°까지 최대 수의수축(maximal voluntary contraction, MVC)을 하는 동안 굴곡근과 신전근의 역할을 알아보았다. 이때 EMG의 VM(vastus medialis), VL(vastus lateralis), RF(rectus femoris), BF(biceps femoris) 그리고 ST(semi-tendinosus)의 데이터를 얻었다.

2) EMG 테스트 : 계단 오르기과 내리기 동안 16-channel MyoResearch XP EMG 시스템(1080Hz/sampling rate)을 사용하여 VM, VL, RF, BF 그리고 ST의 데이터를 얻었다.

3) 영상분석 : 운동학적 자료와 운동역학적 자료는 Peak Motion Measurement SystemTM(Peak Performance Technologies, Inc)을 이용하여 자료를 얻었다. 3대의 High-speed video cameras를 사용하며(이때 sampling rate:120Hz, shutter speed:1/1000s, 21-point 캘리브레이션 프레임사용) Peak MotusTM 버전 4.3 소프트웨어 패키지를 사용하였다.

계단 오르기과 내리기(평균 1.5m/sec로 걸음) 동안 3차원 영상분석법을 통하여 모멘트의 계산은 Feltner & Dapena(1989)가 사용한 Motion-dependent interaction 분석방법(Three-Dimensional Interactions in a Two-Segment Kinetic Chain)을 이용하여 Inverse Dynamics로 계산하였다. 계산은 대퇴분절, 정강이분절 그리고 발목분절이 두 개의 경체로된 분절이 편으로 연결되어 2차원 운동을 한다고 가정하였다. 예를 들면 말초분절(정강이)에는 정강이의 무게(WTd)와 기시점에

작용하는 힘(JFpd), 그리고 무릎관절에 작용하는 모멘트(JMpd)가 있다고 가정하였고, 기시분절(대퇴)에는 역시 그 자체의 무게(WTp)와 저지점에 작용하는 힘(-JFpd), 그리고 그점에 작용하는 모멘트(-JMpd)가 있다. 여기서 JFpd와 -JMpd는 말초분절에서 내는 JFpd와 JMpd의 반작용으로 인한 것이다. 또한 기시분절에는 고관절에 작용하는 힘(JFpp)과 모멘트(JMpp)가 있다고 가정하였다(그림 6). 모멘트의 계산은 오르기 동안 오른발이 떨어지기 직전부터 스윙한 후 다음계단에 착지하는 순간까지 계산하였다. Dempster(1955)의 자료를 통하여 대상자의 인체측정자료를 얻었다. EMG와 모멘트의 비교는 SPSSWIN 10.0 통계패키지를 이용하여 t-test로 검정하여 비교하였다.

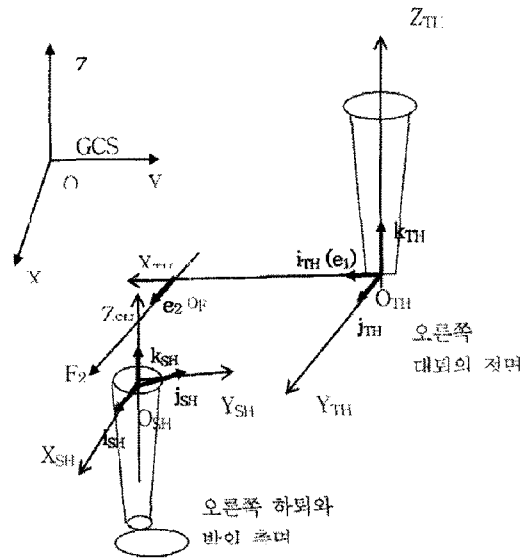


그림 5. 모멘트 계산에 사용된 시스템모델

III. 결과 및 고찰

1. 사전테스트(isokinetic test)

1) 대퇴사두근(quadriceps muscles)

그림 6은 무릎인공관절 수술 후 1년경과자 집단과 3년 경과자집단의 사전테스트로서 KIM-COM III를 이용하여 Isokinetic concentric test를 실시하여 얻은 결과로서 내측광근(VM), 외측광근(VL) 그리고 대퇴직근(RF) 모두 3년경과자집단 Normalized RMS EMG에서 각각

구간별로 1년경과자 집단 보다 큰 값으로 나타났다. 무릎 굴곡(flexion)시에 VM은 60°-15° 사이에서는 3년경과자집단이 1년경과자 집단 보다 현저하게 Normalized RMS EMG값이 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 무릎 굴곡시의 60°-45° 사이에서 3년경과자집단은 1년경과자집단 보다 더욱더 Normalized RMS EMG값이 크게 나타났다($p<0.05$). RF 또한 무릎 굴곡시에 60°-30°에서 3년경과자집단이 1년경과자집단 보다 Normalized RMS EMG값이 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

무릎굴곡동안 75°-60° 사이에서 VM, VL의 Normalized RMS EMG 값이 1년경과자집단 보다 3년경과자집단이 큰 값으로 나타났다. 이것은 대퇴사두근 강화 훈련 프로그램에 3년 가까이 꾸준히 참여한 대상자들이 무릎관절을 튼튼히 지탱해주는 무릎 주위의 근육들과 인대 그리고 건들이 특히 강화되어 수술자들이 정상적인 생활을 하는데 큰 도움을 주고 있는 것으로 생각된다. 일반 노인들 역시 관절 강화훈련을 열심히 하여야 할 증거를 뒷받침하고 있다.

2) 무릎오금근(hamstring)

그림 7은 무릎오금근의 대표적인 BF와 SM의 Normalized RMS EMG 값을 보여주고 있다. BF는 무릎 굴곡각 75°-15° 사이에서 Normalized RMS EMG 값이 3년경과자가 1년경과자 보다 더욱더 큰 값을 보여주고 있다($p<0.05$). 무릎 굴곡시에 ST의 Normalized RMS EMG 값은 60°-45° 사이에서 3년경과자가 1년경과자 보다 더욱더 큰 값을 보여 주고 있다($p<0.64$).

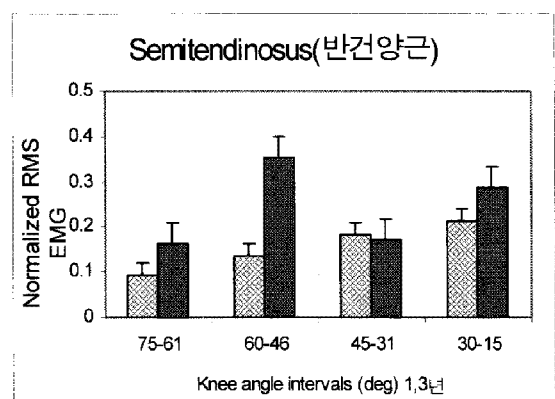
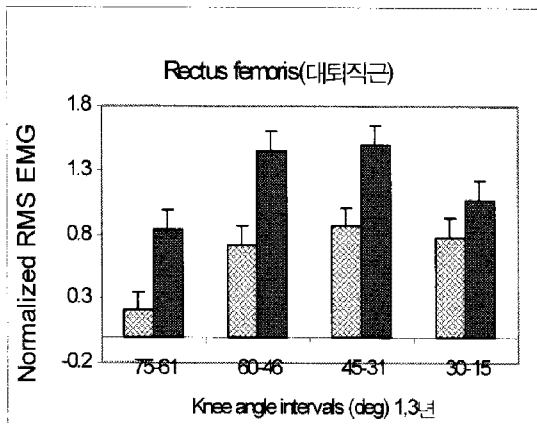
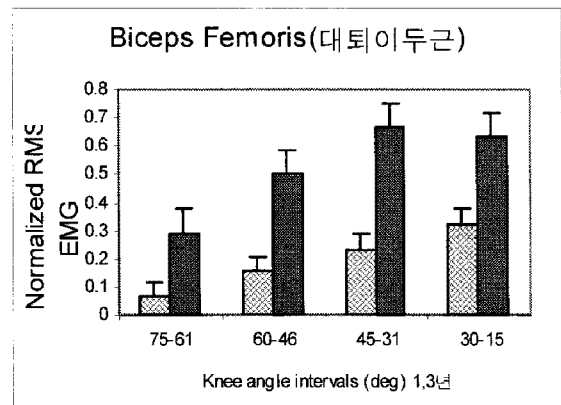
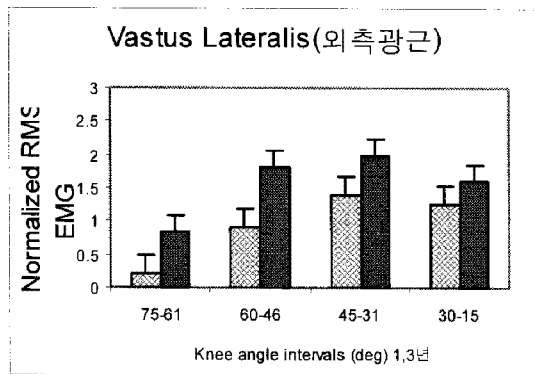
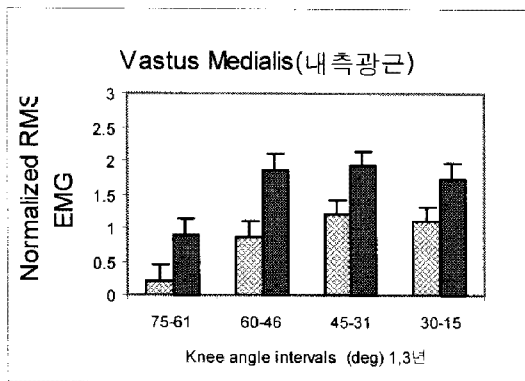


그림 6. 내측광근, 외측광근, 대퇴직근 비교

그림 7. 반건양근과 대퇴이두근 비교

2 운동중테스트

그림 8은 한 계단 오르기과 내리기 동안 소요시간을 나타낸 그림이다. 대상자들 간의 약간의 편차는 있었지만 한 계단 오르기 소요시간은 3년경과자집단(1.70±0.27sec)이 1년경과자(1.77±0.25sec)집단 보다 평균0.07초 빠르게 오르는 것으로 나타났으며 1계단 내리기 소요시간은 3년경과자(1.59±0.80sec)집단이 1년경과자(1.76±0.87sec)집단 보다 0.17초 빠르게 나타났다. 내리기 동작에서 편차가 큰 것으로 나타난 이유는 대상자들과 인터뷰 결과 수술 후 1년 경과집단 중 일부는 아직까지 부상에 대한 두려움으로 자신 있게 내려오는 동작을 못하는 것으로 나타났다.

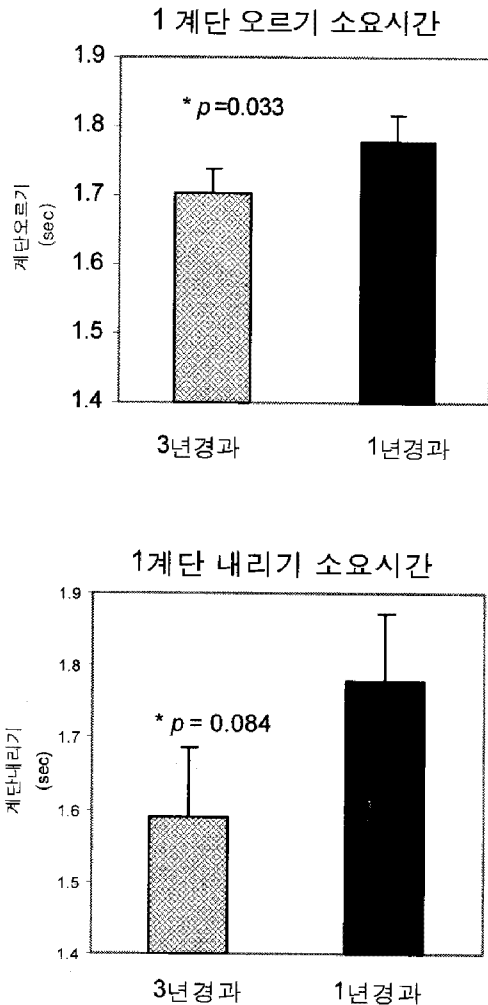


그림 8. 계단 오르기과 내리기 소요시간

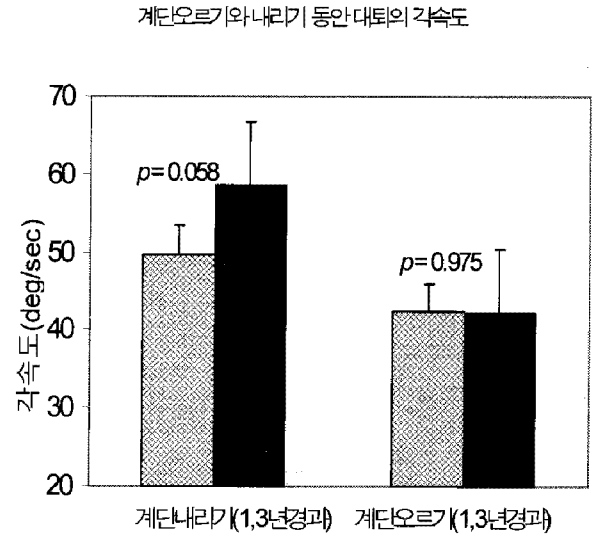


그림 9. 계단 오르기과 내리기 동안 대퇴각속도

그림 9는 계단 오르기과 내리기 동안 대퇴각속도를 나타낸 그림이다. 계단 내리기동작 동안 3년경과집단(57.35±8.5°/sec)은 1년경과집단(49.84±4.8°/sec) 보다 대퇴의 각속도가 약7.51°/sec 빠르게 나타났다(p=0.058). 이것은 계단 내리기 속도(그림 8)와 일치하는 것으로 나타났다. 그런데 계단 오르기 동안 대퇴의 각속도는 3년경과집단(42.71±9.5°/sec)과 1년경과집단간(43.04±3.2°/sec)에 큰 차이를 보이지 않았다(p=0.975).

그림 10은 다축(multi-radius)으로 제작된 무릎인공관절 수술자를 계단 오르기과 내리기 동안 내전과 외전이 일어나는 각도를 알아본 결과 계단내리기 동작 외전은 1년경과집단과 3년경과집단간(p=0.73)에 큰 차이는 없었으나 내전에서는 통계적으로 유의한 차이(p=0.071)가 나타났으며 3년경과자(11.02±1.8°)집단이 1년경과자(5.8±2.6°)집단보다 내전이 크게 일어나고 있는 것으로 나타났다. 이것은 계단 내려오기 동작동안 3년경과자집단들은 자신 있게 계단을 밟는 반면에 1년경과자집단들은 조심스럽게 밟는 경향을 나타내었다. 계단 오르기 동작에서 내전은 1년경과자(5.8±1.4°)집단 보다 3년경과자(5.9±1.7°)집단의 값이 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.83). Mahoney(2002)의 연구결과에서와 같이 계단 오르기과 내리기 동작에서 대체적으로 1년경과집단보다는 꾸준히 재활 운동을 하고 온 3년경과집단에서 계단 오르는 동작과 내리기는 동작이 정상인과

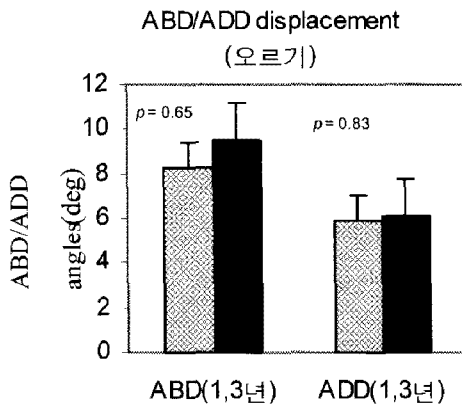
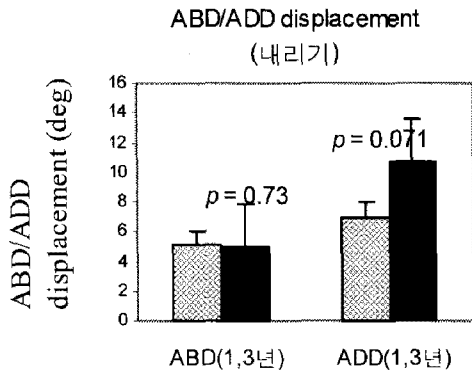


그림 10. 계단 오르기와 내리기 동안 하지의 내전과 외전

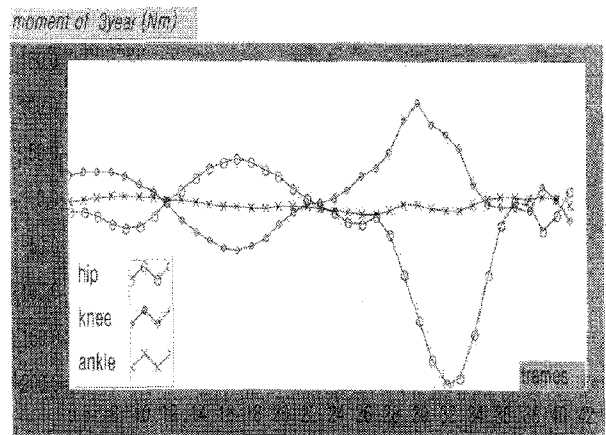
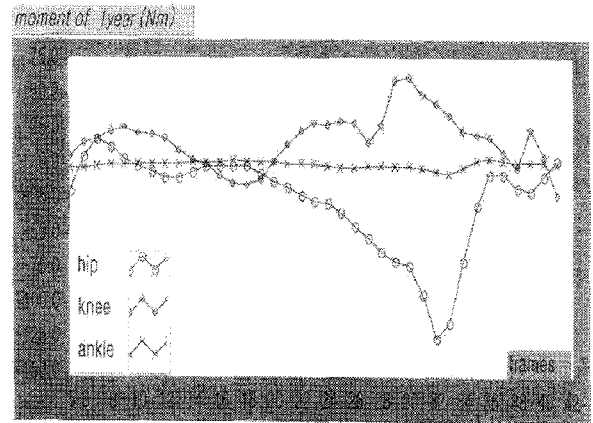


그림 11. 하지관절들의 모멘트 비교

가까운 동작을 하고 있었다고 보고 하였다.

관절의 모멘트(joint moment) 그림 11은 고관절, 무릎 관절 그리고 발목관절에 작용하는 모멘트를 나타내었다. 고관절의 순모멘트 값은 대퇴분절의 각속도변화(그림 9) 그리고 무릎관절의 순모멘트 값은 정강이분절의 각속도변화와 거의 유사하게 나타났다.

이것은 신계민(2005)의 두 가지 축구골킥 동작의 운동역학적 비교 분석에서 킥 동작은 임팩트직전까지는 고관절의 큰 모멘트가 대부분 작용하다가 고관절의 큰 모멘트가 줄어들면서 무릎관절의 큰모멘트가 증가한다고 밝혔다. 수술 후 1년경과자집단과 3년경과자집단 모두 고관절과 무릎관절의 상호작용하는 큰모멘트를 보면 계단을 올라갈 때 고관절이 최소각으로 구부러질 때까지는 고관절과 무릎관절의 모멘트 방향은 서로 반대이면서 최고의 값을 나타내고 있다. 무릎인공관절 수술 후 지속적인 재활운동을 한 3년경과자 집단(고관절:192±35Nm, 무릎관절:128±21Nm)이 1년경과자집단

(고관절:125±18Nm, 무릎관절:62±20Nm) 보다 고관절과 무릎관절에서 계단을 오를 때에 더욱더 큰 모멘트 값을 보여주고 있다.

3. 고 찰

본 연구에서 무릎인공관절 수술을 하고 1년이 지난 집단과 3년이 지난집단을 연구대상자로 선정하여 계단을 올라갈 때와 내려올 때 특히 무릎관절운동에 영향을 미치는 대퇴사두근과 무릎오금근의 근력비교, 올라갈 때와 내려올 때 내전과 외전비교, 무릎관절과 고관절의 모멘트 비교 등으로 알아본 결과 계단 오르기의 시간은 Alexander 등(1991)이 정상적인 노인들을 대상으로 계단오르기 실험한 결과(1.83sec±0.71sec) 보다는 오히려 본 연구에서 두 집단(1년경과:1.77±0.25sec, 3년경과:1.70±0.27sec) 모두 빠르게 나타났다. 이러한 결과는 계단오르기 시간을 평상시 걸음으로 주문한 본 연구와의 실험환경의 차이로 보인다.

Mahoney(2002)는 무릎인공관절 수술을 받고 3년이 지난 사람과 정상인을 대상으로 isokinetic 무릎 신전(extension)운동을 실시하여 무릎관절 토크(수술자: $135 \pm 19\text{Nm}$, 정상인: $137 \pm 10\text{Nm}$)를 연구한 결과 거의 비슷한 값을 보여 주었다고 밝혔다. 본 연구에서는 계단을 오르는 동작과 내리는 동작에서 내전(ADD)과 외전(ABD)에서 대상자들 간에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 다축으로 제작된 인공관절 특성상 계단 오르기과 내리기 동안 다리 전체에 약간의 내전과 외전이 일어날 때 무릎관절 또한 약간의 외전과 내전 현상이 일어나는 것으로 나타났다. Mahoney(2002)는 다축으로 제작된 수술자의 실험에서 계단오르기 동안은 약 10° 에 가까운 외전이 일어났다고 밝혔고, 내려올 때는 약 6.5° 에 가까운 내전이 일어났다고 밝혔다. 대퇴사두근의 EMG의 활동은 VM, VL 그리고 RF에서 3년경과자집단이 1년경과자집단 보다 모두 Normalized RMS EMG 값이 현저하게 큰 것으로 나타났다. 이것은 꾸준히 재활 훈련 프로그램에 참여하고 있는 대상자들이 3년 정도 지나고 나면 관절이 정상인과 거의 같은 기능을 하고 있다고 생각된다. Mahoney(2002)가 연구한 정상인과 무릎인공관절 수술 후 3년경과 자의 비교연구에서와 거의 비슷한 결과를 보여주었다. 무릎오금근 EMG의 활동은 BF와 SM 모두 3년경과자집단이 1년경과자집단 보다 Normalized RMS EMG 값이 더욱더 크게 나타났다. 이것은 Solomonow 등(1987)이 밝힌 햄스트링 수축이 무릎 안정성에 미치는 영향 연구에서 나온 Normalized RMS EMG 값과 본 연구에서도 비슷한 결과의 값이 나왔으며 이들은 또한 햄스트링은 고관절의 움직임에도 깊은 영향을 미친다고 밝혔다. Kasman 등(1998)은 햄스트링은 과도한 부하가 걸려 경골이 돌아가는 것에 저항하는 역할을 하고 있다고 설명하였으며 경골과 비골사이의 견고성은 아킬레스건의 기능까지도 도와준다고 설명하고 있다. Zhang(2001)의 연구에서 햄스트링은 무릎관절의 ABD/ADD에 저항하는 역할을 하고 있다고 밝혔다. 연구자들 모두 햄스트링은 고관절과 무릎관절의 내·외측방향으로 움직이는 안정성에 큰 도움을 주고 있다고 밝혔다. Putnam(1983, 1993)은 걷기, 달리기, 차기, 던지기 등의

연구에서 신체관절들의 연속적인 운동동작을 각관절의 각속도, 각가속도와 관절에 작용하는 여러 모멘트들의 관계들을 설명 하였는데, 무릎관절과 고관절의 순모멘트(net moment), 근모멘트(muscle moment, resultant joint moment), 그리고 각속도에 관계된 모멘트(angular motion-dependent interactive moments)들을 자세하게 설명하고 있다. Allard 등(1995)의 인간 동작의 운동학적 분석에서 대상자들 대부분은 계단 오르기 동작에서 다음 계단에 발이 닿기 직전까지는 고관절 굴곡(flexion)에 영향을 미치는 대퇴분절의 각속도에서 기인된 고관절의 근모멘트가 대부분 작용하고 그다음은 무릎관절의 신전(extension)에 영향을 미치는 정강이분절의 각속도에서 기인된 무릎관절의 근모멘트가 대부분 작용한다고 밝혔다. 본 연구에서 계단 오르기과 내리기는 걷기동작의 변형동작으로서 위의 연구와 비슷한 결과를 보여 주었다. Zatsiorsky(2002)는 인간움직임의 운동역학적 분석에서 달리기 동작에서 하지에 작용하는 모멘트들은 분절운동 순서의 원리(proximal-to-distal sequencing pattern)에 지배를 받는다고 설명하고 있다. 분절운동 순서의 원리는 최초 대퇴분절의 양(+)의 방향 각가속도와 정강이분절의 음(-)의 방향 각가속도에서 시작된다. 중력가속도에 의해 발생하는 모멘트는 전체 모멘트에 큰 영향을 미치지 못하는 아주 작은 값으로 나타난다고 설명하고 있다. Isao(2003)는 엉덩이인공관절 수술 후 고관절 주위의 근력강화운동 재활 프로그램에 지속적으로 참석한 사람들을 대상으로 고관절의 근력(muscular forces)이 하지의 움직임에 어떤 영향을 미치는가를 연구 하였는데 몇몇 대상자들은 오히려 연령이 비슷한 정상적인 사람보다 고관절의 근력이 크게 나타나는 경우도 있었다고 밝혔고, 그는 근력은 작용하는 관절의 끝에서 근 모멘트로 계산되며, 관절끝의 근 모멘트는 근육, 인대, 그리고 각 관절에 작용하는 뼈의 점착력까지도 포함된다고 하였다. 이런 근모멘트들은 각관절의 중심에서 상대적으로 측정된다고 밝혔다. 무릎인공관절 수술자들도 계단 오르기 동작 동안 선행연구에서 밝혀진 각관절의 모멘트들과 거의 유사한 형태로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

1. 무릎인공관절 수술 후 1년경과자집단과 3년경과자집단의 사전테스트로서 KIM-COM III를 이용하여 Isokinetic concentric test를 실시하여 얻은 결과로서 내측광근(VM), 외측광근(VL) 그리고 대퇴직근(RF) 모두 3년경과자집단 Normalized RMS EMG에서 각각 구간별로 3년경과자집단보다 1년경과자집단보다 큰 값으로 나타났다. 무릎 굴곡(flexion)시에 VM은 60°-15° 사이에서는 3년경과자집단이 1년경과자집단보다 현저하게 Normalized RMS EMG값이 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 무릎 굴곡시의 60°-45° 사이에서 3년경과자집단이 1년경과자집단보다 더욱더 Normalized RMS EMG값이 크게 나타났으며($p < 0.05$). RF 또한 무릎 굴곡시에 60°-30°에서 3년경과자집단이 1년경과자집단보다 Normalized RMS EMG값이 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 무릎 굴곡동안 75°-60° 사이에서 VM, VL의 Normalized RMS EMG값이 1년경과자집단보다 3년경과자집단보다 큰 값으로 나타났다.

2. 무릎오금근의 대표적인 BF와 SM의 Normalized RMS EMG 값을 보여주고 있다. BF는 무릎 굴곡각 75°-15° 사이에서 Normalized RMS EMG 값이 3년경과자집단이 1년경과자집단보다 더욱더 큰 값을 보여주고 있다($p < 0.05$). 무릎 굴곡시에 ST의 Normalized RMS EMG 값은 60°-45° 사이에서 3년경과자집단이 1년경과자집단보다 더욱더 큰 값을 보여주고 있다($p < 0.64$).

3. 한 계단 오르고 내리기 동안 소요시간을 나타낸 그림이다. 대상자들 간의 약간의 편차는 있었지만 한 계단 오르기 소요시간은 3년경과자집단(1.70±0.27sec)이 1년경과자(1.77±0.25sec)집단보다 평균 0.07초 빠르게 오르는 것으로 나타났으며 1계단 내리기 소요시간은 3년경과자(1.59±0.80sec)집단이 1년경과자(1.76±0.87sec)집단보다 0.17초 빠르게 나타났다. 내리기 동작에서 편차가 큰 것으로 나타난 이유는 대상자들과 인터뷰 결과 수술 후 1년 경과집단 중 일부는 아직까지 부상에 대한 두려움으로 자신 있게 내려오는 동작을 못하는 것으로

나타났다.

4. 계단 오르고 내리기 동안 대퇴각속도를 나타낸 그림이다. 계단 내리기동작 동안 3년경과자집단(57.35±8.5°/sec)은 1년경과자집단(49.84±4.8°/sec)보다 대퇴의 각속도가 약 7.51°/sec 빠르게 나타났으며($p = 0.058$). 이것은 계단 내리기 속도(그림 11)와 일치하는 것으로 나타났다. 그런데 계단 오르기 동안 대퇴의 각속도는 3년경과자집단(42.71±9.5°/sec)과 1년경과자집단(43.04±3.2°/sec)에 큰 차이를 보이지 않았다($p = 0.975$).

5. 다축(multi-radius)으로 제작된 무릎인공관절 수술자를 계단 오르고 내리기 동안 내전과 외전이 일어나는 각도를 알아본 결과 계단내리기 동작 외전은 1년경과자집단과 3년경과자집단간($p = 0.73$)에 큰 차이는 없었으나 내전에서는 통계적으로 유의한 차이($p = 0.071$)가 나타났으며 3년경과자(11.02±1.8°)집단이 1년경과자(5.8±2.6°)집단보다 내전이 크게 일어나고 있는 것으로 나타났다. 이것은 계단 내려오기 동작동안 3년경과자집단들은 자신 있게 계단을 밟는 반면에 1년경과자집단들은 조심스럽게 밟는 경향을 나타내었다. 계단 오르기 동작에서 내전은 1년경과자(5.8±1.4°)집단보다 3년경과자(5.9±1.7°)집단의 값이 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.83$).

6. 무릎인공관절 수술 후 지속적인 재활운동을 한 3년경과자집단(고관절:-192±35Nm, 무릎관절:128±21Nm)이 1년경과자집단(고관절:-125±18Nm, 무릎관절:62±20Nm)보다 고관절과 무릎관절에서 계단을 오를 때에 더욱더 큰 모멘트 값을 보여주고 있다.

2. 제언

영등이인공관절수술, 무릎인공관절 수술자들이 전세계적으로 해마다 증가하고 있으며 우리나라도 많은 사람들이 수술을 하고 있는 실정이다. 본 연구를 수행하는데 있어서 연구대상자들의 일괄적인 통제가 어려웠으며, 무릎인공관절의 단축과 다축제작사의 단축과 다축제작과정을 자세히 이해했다면 더욱더 질 좋은 연구가 되었으리라 사료된다. 본 연구를 통하여 인공관절 수술 후 1년경과자집단과 3년경과자집단 모두 꾸준히 재활운동프로그램에 참가하고 있었으며, 1년경과자

집단 보다는 모든 결과에서 3년경과자집단이 더욱더 일상생활을 하기에 좋은 값들을 나타내고 있었다. 이것은 꾸준히 재활운동을 수행한 수술자들은 정상인과 거의 같은 기능을 하고 있는 것으로 보아 재활운동에 참가하는 사람뿐만 아니라 나이가 많은 정상인들도 꾸준히 근력운동을 해야만 한다는 결론을 내릴 수 있겠다. 유명한 황금 곰 잭 니클라우스가 엉덩이인공관절 수술을 받은 후 senior golf대회에서 우승을 하였으며 "20세기의 제일 위대한 골프 선수로 선정이 되었다"는 이야기는 인공관절의 수술과 재활운동의 중요성에 관하여 시사하는 바가 크다. 차후에는 단축(single-radius)으로 제작된 무릎인공관절과 다축(multi-radius)으로 제작된 무릎인공관절을 비교분석하면 좋은 연구가 될 것으로 생각되며, 엉덩이인공관절 연구 또한 매우 의미 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

- 신제민(2005). 두가지 축구 킥 동작의 운동역학적 분석. 한국운동역학회지. 제15권 1호, pp. 29-44.
- Alexander, N.B., Schultz, A.B., & Warwick, D.N.(1991). Rising from a chair: effects of age and functional ability on performance biomechanics. *Journal of Gerontol*, 46(3).
- Allard, P.S., Ian, A.F. & Blanche, J.(1995). Three dimensional analysis of human movement. *Human Kinetics, Champaign*, 145-175.
- Churchill, D.L., & Beynon, B.D.(1998). The transepicondylar axis approximates the optimal flexion axis of the knee. *Clinical Orthopedic* (356), 111-118.
- Dempster, W. T.(1955). Space requirements of the seated operator. WADC Technical Reports. Aerospace Medical Research Laboratory, Wright Patterson Air Development Center, Wright Patterson Air Force Base, Ohio.
- Felter & Dapena(1989). Three-Dimensional interactions in a two-segment kinetic chain. Part II: Application to the throwing arm in baseball pitching. *International Journal of Sport Biomechanics*.
- Freund, D.A., & Dittus, R.S.(1997). Assessing and improving outcomes: total knee replacement. AHCPR Pub. No.97-N 015.
- Isao Asayama (2003). Reconstructed hip joint position and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. 1st International High Performance Hip Meeting, Athens, Georgia.
- Jin & Kwak(2004). Strength Evaluation of Single-Radius Total Knee Replacement (TKR). *Journal of life science*.
- Kasman, G.S., Cram, J.R., & Wolf, S.L.(1998). *Knee Dysfunction. Clinical in Surfaces Electromyography*. Gaithersburg, Maryland. Aspen Publishers. 363-389.
- Mahoney, O. K.(1999). Posterior cruciate function following total knee arthroplasty. *Journal of Arthroplasty*.
- Mahoney, O. K.(2002). Laboratory Demonstration of Mechanical and Functional Advantages of Single-Radius TKA Design. *Proceeding of 69th American Academy of Orthopaedic Surgeons Meeting*, 3, 442.
- Putnam, C. A.(1983). Segment interaction in Selected two-segment motion. Doctoral dissertation, University of Iowa.
- Putnam, C. A.(1993). Sequential motion of body segments in striking and throwing skills: Descriptions and explanations. *Journal of Biomechanics* Vol. 26, suppl. 1, pp. 125-135.
- Riley, L.H.(1983). History and Evaluation of total Knee Replacement. Baltimore, MD, Williams & Wilkins. 1-4.
- Simpson, K.J.(2003). An electromyographic study of the hip abductor muscles during gait in individuals with total arthroplasty. *International Scientific Congress of Hip and Knee Joint*.

Solomonow, M., Baratta, R.(1987) The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. American Journal of Medicine, 15(3),207-213.

Zatsiorsky, V.M.(2002). Kinematics of Human Motion. Champaign, IL : Human Kinetics. 225-281.

Zhang, L.Q. (2001). Dynamic and static control of the

human knee joint in abduction-adduction. Journal of Biomechanics, 34(9), 1107-1115.

투 고 일 : 1월 30일

심 사 일 : 2월 3일

심사완료일 : 3월 2일