

슬관절전치환술 환자의 슬관절 신전근 및 굴곡근에 대한 등속성운동 효과

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

배 성 수

부산가톨릭대학 부산가톨릭대학교 물리치료학과

남 건 우

대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료전공

이 근 희

Isokinetic Effect of the Extensors and Flexors in Total Knee Replacement Patients

Bae, Sung-Soo, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation science, Taegu University

Nam, Kun-Woo, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Busan Catholic University

Lee, Keun-Heui, P.T.

Department of Physical therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

< Abstract >

The twenty one individuals with total knee replacement who were admitted to Kang-Dong Hospital for comprehensive physical therapy were studied in order to demonstrate the effectiveness of an isokinetic test program using the Cybex 6000 machine.

The subjects were divided into three groups with the isometric exercise group receiving isometric exercise, the isokinetic eccentric exercise group, and isokinetic concentric exercise group receiving isokinetic exercise (eccentric, concentric) to knee flexors and extensors muscles for a six weeks period using the Cybex 6000.

The results were follow :

1. The peak torque was increased significantly in the flexors and extensors of the isokinetic concentric exercise among three groups($p<.05$).
2. The progress of peak torque was increased significantly in the flexors and extensors of the isokinetic concentric exercise among three groups($p<.05$).
3. The total work was more increased significantly in the flexors and extensors of the isokinetic concentric exercise among three groups($p<.05$).

4. The progress of total work was more increased significantly in the flexors and extensors of the isokinetic concentric exercise among three groups($p<.05$).
5. The ratio of endurance was not increased significantly in all three groups.
6. The extensors in the peak torque was likely to recover rapidly than the flexors.
7. The average R.O.M in the pre-exercise and post-exercise was not different significantly in all three groups.

According to the above results, In the muscle strength recovery for total knee replacement patients, isokinetic concentric exercise group was significantly greater than the isokinetic eccentric and isometric exercise groups after a six weeks training.

I. 서 론

슬관절은 인체에 주어지는 하중을 전달하고 운동에 관여하며, 운동량의 보존을 돕고, 다리의 활동성을 위한 역학적 기전을 제공한다. 인체에서 가장 복잡하고 큰 구조를 지니고 있는 활액관절인 슬관절은 그 구조의 복잡성과 더불어 매우 다양한 기능적 측면을 지니고 있다(김태숙 등, 2000; 배성수 등, 2000).

정상적인 슬관절의 경우 매끄러운 연골로 이루어져 그 사이를 거의 마찰없이 움직이게 된다. 하지만 손상된 관절면은 거칠고 불규칙하며 이로 인하여 극심한 통증이 유발된다. 주로 골성 관절염으로 인해 인공 슬관절 전치환술을 하는 경우가 많은데 진행성, 비염증성 병변으로 구간골격과 사지를 침범하여 기능저하 및 기능상실을 야기하는 질환이다. 경직과 불안정성이 특징적이며 증상은 운동장애, 운동시 통증, 위치 변동시의 통증, 일상생활 동작의 불편 등이다(김진호, 1992).

인공 슬관절의 적응증은 류마티스 관절염 및 골성 관절염으로 인한 이차적인 무릎 관절면의 파괴, 심한 통증, 운동의 제한이나 종합적인 불안정성, 슬관절 내반이나 외반과 같은 무릎의 현저한 변형 등에서 통증을 해소 및 기능의 회복을 위한 치료로서 고령의 환자에게 주로 시행되고 있다(김재도 등, 1990; 성상철 등, 1990; 원중희 등, 1990; 한창동 등, 1991).

슬관절 전치환술은 Gunston(1971)이 최소 제한 인공 슬관절(minimal constrain total knee)를 보고한 이래 아탈구 및 불안정성 등의 많은 합병증과 실패를 초래하였으나(김재도 등, 1990; Hamilton, 1982; Riley 등, 1985), 최근에는 의학의 발전으로 좋은 결과들이 보고되어지고 있다(Buchanan 등, 1982; Lawallen 등 1984).

과거 수술을 꺼리던 환자들이 경제적 향상과 평균 수명의 연장으로 인공 슬관절 전치환술을 많이 선택하고 있다. 전치환술 후에는 안정된 관절운동범위의 획득, 변형 및 통증의 감소와 기능 회복을 얻을 수 있으며(김재도 등, 1990; 성상철 등, 1990), 김동현과 이원자(1992)은 90% 이상에서 통증이 소실되고, 평지와 계단을 오르내릴 수 있다고 하였다. 최근 물리치료실에 의뢰되는 슬관절 전치환술 환자가 많은 바 관심이 높아지고 일상생활 동작에 대한 평가가 필요하며(이완희, 1994), 슬관절 전치환술 후의 근력 회복은 슬관절의 체중부하와 안정성 및 정상적인 기능의 수행을 위해 매우 중요하다. 그러나, 수술로 인한 근위축으로 근력감소와 지구력 감소가 동반된다. 수술 후 수축 자극이 완전히 없을 때 하루 5%의 비율로 감소(문명상, 1979)하며, 대퇴사두근의 절개로 근력은 더욱 감소한다. 근력의 감소는 반대편 다리의 체중부하를 증가시켜 통증을 유발할 뿐만 아니라, 일상생활에서 많은 불편함을 느끼게 된다.

근력은 개개의 근섬유 수축에 의해 발생된 장력의 합성이며, 한번의 수의적 노력에 의해 최대의 힘을 발휘하는 하나의 근육 또는 근육군의 생리학적 능력이다. 또한 근력은 여러요소에 의해 영향을 받는데 먼저 나이에 따른 운동단위 형태의 동원을 변화시킨다(배성수 등, 1999). 근력의 결정 요인으로는 근육 자체의 힘, 측정시 관절각도, 근육 운동시 관절축으로부터 힘이 작용하는 곳까지의 거리, 근육의 횡단면적, 연령, 신장 및 체중(윤태식 등, 1991) 등을 들 수 있는데, 인체의 사지에서는 근육의 작용력이 관절축을 중심으로 회전운동이 일어날 때 어떤 물체를 움직일 수 있는 힘을 말한다.

근력의 증가를 위한 운동 방법으로는 등척성 운동, 등장성 운동, 등척성 운동들이 있다.

김진호(1992)는 등척성 운동이 관절염으로 인한 근위

축이 있는 환자에서 힘을 회복하거나 유지하는데 가장 이상적이라고 하였다. 등척성 운동 수축시간에 대해서는 연구자들이 서로 다르게 보고하였는데, Hettinger와 Muller(1953)는 근력강화를 위한 등척성 운동은 1회에 5-6초, 하루에 1번, 1주일에 5-6회 시행을 주장하였고, Liberson(1984)은 최대 근력의 20-30%를 하루에 2-3초만 수축시켜도 근력을 유지할 수 있다고 하였다. Kuprine(1982)은 최대수축의 40% 정도를 하루에 3-5회, 6-10초 정도 시행하면 근위축 예방에 충분하다고 하였다.

Thistle 등(1967)은 등속성 운동이 등장성 운동이나 등척성 운동보다 효과가 우월하다고 보고하였다. 기구 장치의 발달로 등속성 운동에서도 구심성 수축 운동과 원심성 수축 운동으로 시행할 수 있다. Davis 등(1981)에 의해 소개되기 시작한 원심성 등속운동의 중요성이 대두되면서 최근들어 이 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다. Dean(1988)은 원심성 운동은 구심성 운동에 비해 근력강화 효과가 크면서도 산소소모량이 적어 운동능력이 제한된 환자의 회복에 유리하다고 하였다. 또한 이 장치는 토오크 등 여러 가지를 측정할 수 있고 근육의 특성을 파악하는 근력 평가나 근력강화 운동의 한 방법으로 많이 사용되고 있다.

국내에서는 등속성 연구가 보고(김진호와 김상범, 1987)된 이후 정상인의 대상으로 많은 연구가 진행되었고(강세운 등, 1986; 강성웅 등, 1991), 이성재와 박충현(1998)에 의해 원심성 등속운동의 정상치가 보고된 바 있다. 슬관절 병변을 대상으로 한 연구로 국내에서는 반월판 절제술 후 환자들에 적용한 연구(한태륜과 김상규, 1990)와 전방십자인대 재건술후 등속성 운동(김명신 등, 1997; 빈성일 등, 1995; 장용우 등, 1998) 등이 있다. 하지만 수술후 환자의 근회복에 있어 구심성 등속운동에 대한 연구는 국내에 연구되어진 것이 있으나, 원심성 등속운동에 관한 연구는 아직 보고되어진 것이 없다.

이에 본 연구는 인공 슬관절 전치환술 환자들에 있어, 등척성 운동군과 구심성 등속운동군과 원심성 등속운동군으로 나누어 근력을 측정하고, 운동 6주 후 근력을 재 측정하여 세 군 간에 비교분석함으로써 근력 회복의 정도를 알아보고자 본 연구를 하게 되었다.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1) 연구 대상

본 연구는 2000년 1월부터 2001년 3월까지 부산 강동병원 정형외과에서 골성 관절염 병변으로 슬관절 전치환술을 받은 여자 환자 21명을 대상으로 하였으며, 평균 연령은 60세였다. 평균 체중은 60kg 였고, 평균 신장은 157cm 였다.

2) 연구 방법

피검자를 세 군으로 나누었는데, 첫 번째 군은 검사 후 1주일에 3번, 6주간 원심성 등속운동을 하고 난 뒤 다시 검사를 하였고, 두 번째 군은 검사 후 1주에 3번, 6주간 구심성 등속운동을 하고 난 뒤 다시 검사하였다. 이 두군에서는 30°/sec, 60°/sec에서 5회, 120°/sec에서는 20회를 하도록 하였다. 세 번째 군은 검사 후 6초를 1회로 1일 3회의 등척성 운동을 1주에 6번 한 뒤 6주 후에 검사를 하여 세 군간의 근력 증가에 대해 알아보았다.

피검자 전원에게 대하여 등속성 운동기구인 Cybex 6000을 사용하여 수축측 슬관절의 신전근과 굴곡근에 대한 최대 토오크, 일의 총량, 평균 일률, 체중에 대한 토오크, 검사시 슬관절의 평균 관절가동범위 등을 측정하였다.

피검자를 검사대 위에 체간을 90도 되게 하여 앉힌 후 정확한 측정을 위하여 상체와 대퇴부를 넓은 띠로 견고하게 고정시키고 기계의 운동축과 슬관절의 운동축이 일치하도록 하고, 다이노미터(dynamometer)의 삼입 팔(input arm)과 하퇴부가 평행되도록 하였으며 발목 고정 띠를 양측 과골에서 1인치 위에 견고하게 고정하였다(Fig. 1). 피검자에게 정확한 측정을 위하여 기구의 작동원리와 방법에 대해 자세히 설명한 후 각 검사마다 수회의 연습을 하도록 하였다.

검사시 먼저 중력에 영향 받는 토오크를 측정하여 다리의 무게가 근력에 미치는 영향을 배제하도록 하였다. 검사는 30°/sec의 저속도에서 슬관절 신전, 굴곡 운동을 최대의 힘으로 3회 반복하도록 하였고, 2분간 휴식을 취한 후 60°/sec의 속도에서 슬관절 신전, 굴곡 운동을 최대의 힘으로 3회 반복시켰다. 그리고 2분간 휴식을 취하고 난 뒤 빠른 속도 120°/sec의 속도로 20회 반복을 시켰다. 슬관절 운동은 굴곡상태에서 시작하였으며 신전

후 다시 굴곡 되어 제 위치에 올 때까지를 1회 운동으로 하였다.

3) 분석 방법

조사된 각 변수를 부호화하여 전산입력후 SPSS를 이용 통계처리하여 평균, 표준편차를 구하였고, paired t-test, one way ANOVA를 이용하여 통계학적 유의성을 검정하였다.

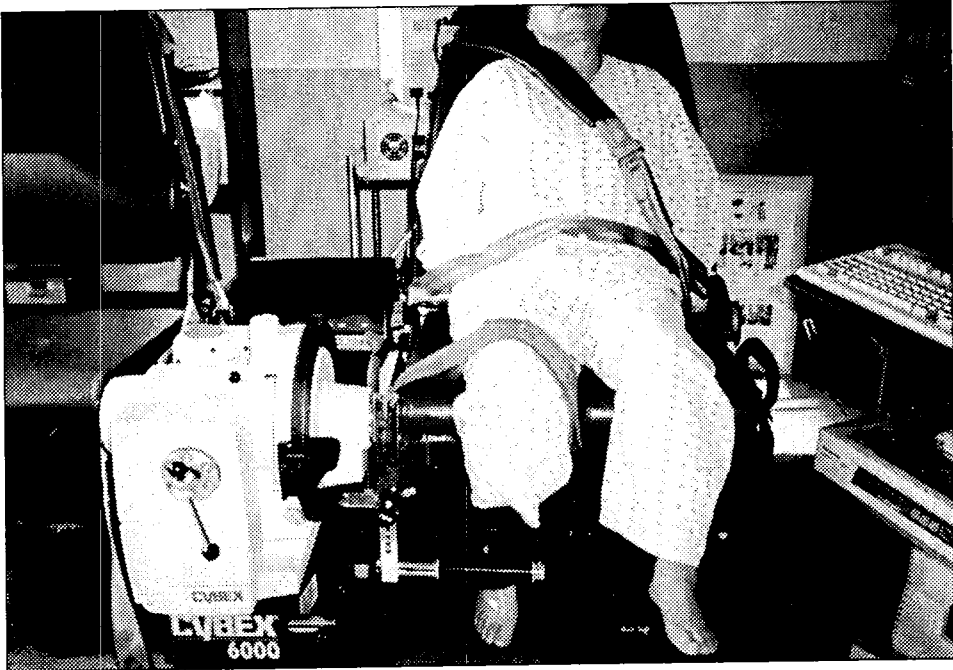


Figure 1. Isokinetic test of knee extensors and flexors.

Ⅲ. 연구결과

1) 연구대상의 일반적 특성

등척성 운동군의 평균 연령은 60.57 ± 2.07 세, 평균 체중은 58.71 ± 5.65 kg, 평균 신장은 157.29 ± 2.50 cm 이었다. 원심성 등속운동군의 평균 연령은 58.57 ± 7.59

세, 평균 체중은 59.57 ± 9.50 kg, 평균 신장은 157.14 ± 3.18 cm이었다. 구심성 등속운동군의 평균 연령은 59.71 ± 7.48 세, 평균 체중은 62.00 ± 8.70 kg, 평균 신장은 157.00 ± 3.42 cm이었다. 전체 평균 연령은 59.62 ± 6.00 세, 평균 체중은 60.10 ± 7.84 kg, 평균 신장은 157.14 ± 2.90 cm였다(Table 1).

Table 1. Physical characteristics of subjects

| Group | n | Age(years) | Weight(kg) | Height(cm) |
|--------------------------|----|------------------|------------------|-------------------|
| Isometric Ex | 7 | 60.57 ± 2.07 | 58.71 ± 5.65 | 157 ± 2.50 |
| Isokinetic eccentric Ex | 7 | 58.57 ± 7.59 | 59.57 ± 9.50 | 157.14 ± 3.18 |
| Isokinetic concentric Ex | 7 | 59.71 ± 7.48 | 62.00 ± 8.70 | 157.00 ± 3.42 |
| Total | 21 | 59.62 ± 6.00 | 60.10 ± 7.84 | 157.1 ± 2.90 |

Values are mean \pm S.D.

2) 최대 토오크

측과 작용점과의 거리와 힘의 곱으로 나타내어지는 것을 토오크라고 한다. 치료전과 후의 평균값의 차이를 검정하기 위해 대응표본 t-검정을 실시한 결과, 등척성 운동군에 있어서는 슬관절 신전근의 운동전, 운동후의 최대 토오크는 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 유의한 차이가 있었고(p<.05), 굴곡근의 경우 각각 유의한 차이가 없었다(p>.05).

원심성 등속운동군에 있어서는 슬관절 신전근과 굴곡근의 운동전, 운동후의 최대 토오크는 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 모두 유의한 차이가 있었다(p<.05).

구심성 등속운동군에 있어서는 슬관절 신전근과 굴곡근의 운동전, 운동후의 최대 토오크는 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 모두 유의한 차이가 있었다(p<.05).

세 군간의 값은 다음과 같다(Table 2).

Table 2. Peak torque of knee extensors and flexors

| | | | Isometric Ex | Isokinetic eccentric Ex | Isokinetic concentric Ex |
|-----------|----------|------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| Extensors | 30°/sec | pre | 43.29±10.67 | 20.43± 1.81 | 12.14± 3.44 |
| | | post | 60.85±19.41 | 56.29±11.43 | 57.29±13.24 |
| | 60°/sec | pre | 39.43±10.85 | 32.00± 5.16 | 20.14± 4.95 |
| | | post | 55.43±14.66 | 50.00±10.26 | 51.86±10.73 |
| | 120°/sec | pre | 33.43± 6.95 | 28.43± 2.51 | 17.71± 5.19 |
| | | post | 43.57± 8.77 | 43.29± 9.93 | 41.14± 9.56 |
| Flexors | 30°/sec | pre | 19.86± 4.30 | 17.43± 8.34 | 12.86± 5.49 |
| | | post | 23.86± 8.36 | 27.43±11.31 | 26.43± 7.46 |
| | 60°/sec | pre | 17.86± 5.27 | 15.00± 7.02 | 13.14± 7.10 |
| | | post | 22.29± 7.85 | 24.00±11.08 | 26.14± 7.69 |
| | 120°/sec | pre | 14.86± 6.64 | 11.14± 5.05 | 8.43± 5.83 |
| | | post | 18.57± 6.48 | 15.86± 6.15 | 19.71± 6.52 |

Peak torque : newton-meter(Nm)

3) 최대토오크의 향상

슬관절의 신전근과 굴곡근의 최대토오크를 각각 운동전과 운동후를 비교하여 백분율(%)로 표시한 결과는 다음과 같다 (Table 3).

각 군간 향상값의 차이를 검정하기 위해 일원분산분석을 실시한 결과 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 통계적으로 유의한 증가가 있었다(PPT30E=.008, PPT60E=.000, PPT120E=.000, PPT30F=.001;

p<.05).

통계적 유의한 항목들을 Duncan 사후 검정한 결과, 신전근은 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 구심성 등속운동군(223.86, 158.43, 132.86)이 등척성 운동군(39.43, 48.00, 27.29)과 원심성 등속운동군(61.14, 55.14, 51.43)보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다. 굴곡근은 30°/sec에서 구심성 등속운동군(121.57)이 등척성 운동군(18.57)과 원심성 등속운동군(59.86)보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다.

Table 3. Peak torque progress

| | | | Isometric Ex | Isokinetic eccentric Ex | Isokinetic concentric Ex |
|-----------|----------|-----|--------------|-------------------------|--------------------------|
| Extensors | 30°/sec | pre | 37.29±17.14 | 61.14±18.07 | 223.86±181.14 |
| | 60°/sec | pre | 41.43±26.64 | 55.14±23.58 | 158.43± 38.00 |
| | 120°/sec | pre | 30.29±13.51 | 51.43±34.30 | 132.86± 30.24 |
| Flexors | 30°/sec | pre | 18.57±22.63 | 59.86±23.26 | 121.57± 62.29 |
| | 60°/sec | pre | 27.14±29.19 | 66.86±38.26 | 140.29±132.93 |
| | 120°/sec | pre | 32.57±34.97 | 48.43±27.34 | 263.86±329.46 |

Peak torque progress (%)

4) 일의 총량

토오크과 이동 거리와의 곱을 일이라고 하는데, 근육이 할 수 있는 일의 총량을 주울(J)로 표시하는데, 본 연구에서는 평균값을 구하였다.

치료전과 후의 평균값의 차이를 검증하기 위해 대응표본 t-검정을 실시한 결과, 등척성 운동군에 있어서는 슬관절 신전근의 운동전, 운동후의 일의 총량 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 유의한 차이가 있었고 (PTW30E=.006, PTW60E=.003, PTW120E=.005 ; p<.05), 굴곡근의 경우 각각 유의한 차이가 없었다 (PTW30E=.063, PTW60E=.090, PTW120E=.132 ; p>.05).

원심성 등속운동군에 있어서는 슬관절 신전근과 굴곡근의 운동전, 운동후의 최대 토오크는 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 모두 유의한 차이가 있었다((PTW30E=.000, PTW60E=.001, PTW120E=.002, PTW30F=.001, PTW60F=.031, PTW120F=.003 ; p<.05).

구심성 등속운동군에 있어서는 슬관절 신전근과 굴곡근의 운동전, 운동후의 최대 토오크는 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 모두 유의한 차이가 있었다 (PTW30E=.002, PTW60E=.000, PTW120E=.000, PTW30F=.000, PTW60F=.003, PTW120F=.001 ; p<.05).

세 군간의 값은 다음과 같다(Table 4).

Table 4. Total work of knee extensors and flexors

| | | | Isometric Ex | Isokinetic eccentric Ex | Isokinetic concentric Ex |
|-----------|----------|------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| Extensors | 30°/sec | pre | 26.71±10.55 | 19.43± 4.69 | 10.43± 4.72 |
| | | post | 37.43±15.96 | 34.86± 6.20 | 37.14±12.86 |
| | 60°/sec | pre | 22.57±10.78 | 17.71± 4.15 | 10.29± 3.59 |
| | | post | 34.14±14.14 | 31.29± 5.40 | 32.71±11.01 |
| | 120°/sec | pre | 18.57± 8.14 | 14.00± 3.06 | 8.14± 4.56 |
| | | post | 26.71±11.97 | 25.43± 6.05 | 25.14± 8.28 |
| Flexors | 30°/sec | pre | 18.00± 7.75 | 12.71± 6.58 | 8.86± 5.18 |
| | | post | 22.14±10.25 | 24.57±11.00 | 23.86± 7.95 |
| | 60°/sec | pre | 16.43± 7.87 | 11.57± 6.60 | 9.00± 5.97 |
| | | post | 20.29± 9.79 | 21.86±12.77 | 22.43± 8.46 |
| | 120°/sec | pre | 13.14± 7.90 | 7.86± 4.95 | 5.43± 6.02 |
| | | post | 15.71± 8.20 | 13.57± 7.32 | 15.71± 7.57 |

Total work : Jule(J)

5) 일의 총량의 향상

슬관절의 신전근과 굴곡근의 일의 총량을 각각 운동전과 운동후를 비교하여 백분율(%)로 표시표시한 결과는 다음과 같다 (Table 5).

각 군간 향상값의 차이를 검정하기 위해 일원분산분석을 실시한 결과 30°/sec, 60°/sec에서 통계적으로 유의한 증가가 있었다(PTW30E=.013, PTW60E=.000, PTW30F=.003 ; p<.05).

통계적 유의한 항목들을 Duncan 사후 검정한 결과, 신전근은 30°/sec, 60°/sec 에서 각각 구심성 등속운동군(324.57, 224.57)이 등척성 운동군(37.85, 49.86)과 원심성 등속운동군(85.43, 84.86)보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다. 굴곡근은 30°/sec에서 구심성 등속운동군(222.00)이 등척성 운동군(23.86)과 원심성 등속운동군(99.43)보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다.

Table 5. Total work progress

| | | | Isometric Ex | Isokinetic eccentric Ex | Isokinetic concentric Ex |
|-----------|----------|-----|--------------|-------------------------|--------------------------|
| Extensors | 30°/sec | pre | 37.57±19.37 | 85.43±30.97 | 324.57±296.68 |
| | 60°/sec | pre | 56.14±31.50 | 84.86±55.38 | 224.57± 78.12 |
| | 120°/sec | pre | 45.00±17.38 | 87.43±51.56 | 381.29±495.89 |
| Flexors | 30°/sec | pre | 23.86±27.28 | 99.43±29.94 | 222.00±154.36 |
| | 60°/sec | pre | 27.58±27.98 | 103.43±68.27 | 243.57±276.50 |
| | 120°/sec | pre | 36.29±70.51 | 79.29±33.00 | 408.71±661.09 |

Total work progress (%)

6) 지구력을

지구력은 120°/sec에서 20회 반복운동중 처음 6회 반복운동에서 얻어진 일의 총량에 대한 마지막 6회 반복운동에서 얻어진 일의 총량을 백분율로 계산하였다

(Table 6).

세 군의 치료전과 후의 지구력의 평균값을 비교하기 위해, 대응표본 t-검정을 실시한 결과 세 군 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (PERE=.733, PERF=.301 ; p>.05).

Table 6. Endurance ratio at 120degree/sec

| | | Isometric Ex | Isokinetic eccentric Ex | Isokinetic concentric Ex |
|-----------|------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| Extensors | pre | 90.57± 7.70 | 97.43±17.03 | 91.29±25.31 |
| | post | 88.71± 9.64 | 86.00± 5.07 | 88.00± 6.90 |
| Flexors | pre | 75.71±28.98 | 71.86±27.12 | 86.43±37.06 |
| | post | 95.86±15.23 | 81.57± 8.12 | 75.00±25.71 |

Endurance ratio at 120degree/sec (%)

7) 신전근과 굴곡근의 최대토크비

슬관절의 신전근과 굴곡근의 힘의 비교는 신전근의 최

대토크에 대한 굴곡근의 최대토크를 백분율(%)로 표시하였다 (Table 7).

Table 7. Peak torque ratio of flexor to extensor

| | | Isometric Ex | Isokinetic eccentric Ex | Isokinetic concentric Ex |
|----------|------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| 30°/sec | pre | 81.43±27.04 | 85.14±43.37 | 107.86±43.55 |
| | post | 71.43±30.40 | 84.86±38.63 | 74.71±18.39 |
| 60°/sec | pre | 80.57±33.21 | 78.71±37.84 | 105.29±50.27 |
| | post | 72.14±30.37 | 84.14±44.93 | 81.43±22.10 |
| 120°/sec | pre | 75.29±28.74 | 63.43±25.04 | 71.57±41.00 |
| | post | 73.00±26.27 | 64.43±26.76 | 78.29±25.43 |

Peak torque ratio of flexor to extensor (%)

8) 평균 관절가동범위

운동시 일어난 평균 관절가동범위이다. 운동전 검사시 등척성 운동군에 있어 83°였고, 운동후 검사시는 84°였

다. 운동전 검사시 원심성 등속운동군에 있어 77°였고, 운동후 검사시는 81°였다. 운동전 검사시 구심성 등속운동군에 있어 69°였고, 운동후 검사시는 78°였다. 세 군간의 작은 다음과 같다(Table 8).

Table 8. Average ROM

| | | Isometric Ex | Isokinetic eccentric Ex | Isokinetic concentric Ex |
|------|--|--------------|-------------------------|--------------------------|
| pre | | 83 | 77 | 69 |
| post | | 84 | 81 | 78 |

Average ROM : degree

IV. 고 찰

현대 사회는 노령 인구가 증가하면서 슬관절 골관절염의 발생 또한 증가하였다. 특히 관절의 통증, 변형, 염증, 운동 제한 등을 초래하여 보행 변형을 가져오므로 에너지 소모 효율이 떨어지고 보행동작을 요하는 일상 생활 수행시에는 슬관절에 가해지는 부하가 증가된다. 또한 병변부의 통증을 감소시키고 관절 운동 제한을 보상하기 위해서 보행시 건축 슬관절에도 비정상적인 하중을 가하게 되어 관절염으로의 진행을 촉진하게 된다(나영무 등, 2000).

슬관절의 골관절염은 통증, 종창, 관절운동장애를 유발시켜 심한 기능적 장애를 초래할 수 있다. 골관절염의 원인은 잘 알려져 있지 않으나, 관절의 연골에 점진적인 미란(erosion)이 생기고 결국 연골하 골조직이 노출되고 마모된다(문기현 등, 1998). 이러한 슬관절에 골관절염이 발생하였을 때 초기에는 등척성 운동(운태식 등, 1991; 장문현과 고주연, 1998)과 물리치료로서 회복이 가능하나 심할 때는 수술적 방법을 사용한다(김정만 등, 1993).

골관절염, 류마티스 관절염, 외상성 또는 다른 질병으로 인해 이차적으로 관절 연골이 파괴되어 변형이 심한

경우 특히 교령의 환자에게 적절한 방법으로 인공 슬관절 전치환술이 시행된다. 인공 슬관절 전치환술 후에는 안정된 관절운동범위 획득, 변형 및 통증의 감소와 기능 회복을 얻을 수 있으며(김재도 등, 1990; 성상철 등, 1990), 김동헌과 이원각(1992)은 90% 이상에서 통증이 소실되고, 평지와 계단을 오르 내릴 수 있다고 하였다. 최근 물리치료실에 의뢰되는 슬관절 전치환술 환자가 많은 바 관심이 높아지고 일상생활동작에 대한 평가가 필요하며(이완희, 1994), 인공 슬관절 전치환술 후의 근력 회복은 슬관절의 체중부하와 안정성 및 정상적인 기능의 수행을 위해 매우 중요하다.

근수축의 형태는 근의 길이 변화 없이 근력을 발휘하는 등척성 수축, 일정한 근력을 발휘하면서 근을 단축시키는 형태의 구심성 수축, 근의 외적 힘이 내적 힘보다 클 때 근이 힘을 발휘하더라도 길이가 늘어나는 수축의 원심성 수축이 있으며, 각각의 형태는 근장력 발생이 다르며 근력을 증가시키는 순서는 원심성 수축, 등척성 수축, 구심성 수축이다(배성수, 1995).

수술 후 근력 회복을 위한 운동으로서는 등척성 운동과 등속성 운동이 주로 사용되며 등속성 운동 중에도 구심성 등속 운동과 원심성 등속운동이 있다. 등척성 운동이 실제로 효과를 거두려면 근육 섬유에 피로를 유발시킬 정도의 강한 힘과 모든 근육 섬유가 동원될 수 있을 정도의 충분한 시간 동안 수축하는 것이 중요하다. Hettinger와 Muller(1953)는 근력강화를 위한 등척성 운동은 1회에 5-6초, 하루에 1번, 1주일에 5-6회 시행을 주장하였다.

등척성 운동시 수축 시간에 대해서는 이전의 연구자들은 서로 다른 등척성 수축시간 및 기간에 대한 운동 효과를 보고 하였으며, 특히 Liberson(1984)은 6초간 수축하는 프로그램을 통해 등척성 운동의 효과를 증명하였다.

등속성 운동에서 근력은 미리 정해진 운동속도에 대하여 최대의 힘을 발휘하여 얻어낸 최대토크를 뜻하는 것으로 관절운동의 전 구간을 통하여 어느 시점에서 수많은 운동단위를 활성화시켜 근육의 최대 힘을 얻을 수 있다. 인체의 사지에서는 근육의 작용력이 관절축을 중심으로 회전운동이 일어날 때 어떤 물체를 움직일 수 있는 힘을 근력이라 말한다. 즉 힘이 가해지는 지점으로부터 축에 대하여 직각으로 움직인 거리와 움직이기 위하여 가해진 힘을 곱하여 산출하며, 단위로는 피트-파운드(foot-pound), 뉴턴-메타(newton-meter), 킬로그램-메타(kg-meter) 등이 사용되고 있는데 Cybex 6000 등

속성 운동기구의 경우에는 뉴턴-메타(newton-meter)로 표시되었다(강세운 등, 1986).

등속성 운동이 도입된 이후, 등속성 기구를 이용한 운동이 객관적인 기록과 정보를 보여주어 이를 임상에 적용시 객관적인 추시 및 비교가 가능하고, 병변에 따른 특징적인 토오크 등을 얻을 수 있다(이성재와 박충현, 1998). 또한 인체의 관절에 비교적 쉽게 적용할 수가 있으며, 최근 비약적 발전으로 구심성 뿐만 아니라 원심성 토오크 등의 측정이 가능해졌다. 정상인의 근력 표준화를 위해 많이 연구(강세운 등, 1986; 강성용 등, 1991; 김진호 등 1987; 이성재와 박충현, 1998) 되어 졌고, 또한 수술후 환자들에게도 구심성 등속운동으로서 효과가 연구(김명신 등, 1997; 빈성일 등, 1995; 전중선 등 1991; 한태륜과 김상규, 1990; Buchannon, 1982) 되어 졌다. 그러나, 수술후 환자의 근력회복에 있어 원심성 등속운동에 대한 연구는 아직 보고되지 않아 본 연구에서 등척성 운동군, 원심성 등속운동군, 구심성 등속운동군을 나누어 등속성 운동기구(Cybex 6000)로 근력회복 정도를 비교하여 보았다.

최근 비약적으로 발전된 등속성 근력계는 생역학적 근긴장도 평가에 쉽게 이용될 수 있는데, 상용화된 등속성 근력계는 다양한 인체의 관절에 비교적 쉽게 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있고 구심성 토오크 뿐 아니라 원심성 토오크의 측정이 가능해졌다.

김상규 등(1997)은 원심성 수축이 에너지의 소모에 비하여 발생하는 힘이 구심성 수축에 비하여 현저히 큰 수축의 형태로 에너지 효율이 높은 근 수축이며 이는 근력에 강한 장력을 유발하여 근육에 많은 무리를 줄 수 있으므로 대부분 회복 훈련의 후반기에 가서 포함되어야 할 운동의 종류라고 하였다.

Lacerte 등(1992)은 구심성 등속운동을 단독으로 하는 경우보다 등속성 운동에다 원심성 운동을 추가하여 훈련하였을 경우 월등히 효과적인 근력의 증가를 볼 수 있었다고 하였다. Rodger와 Berger(1974)는 최대 이하의 동일한 부하에 저항하기 위해 동원되는 근 섬유 수 가 원심성 수축에서 적은 것으로 보아 원심성 수축시에 더 큰 장력을 유발한다고 하였다. 그러나, 슬관절 전치환술 환자처럼 수술 후 환자의 회복치료에도 원심성 운동이 구심성 운동에 비해 효과가 있다는 보고는 아직 없다.

Dean(1988)은 원심성 운동은 구심성 운동에 비해 근력강화 효과가 크면서도 산소소모량이 적어 운동능력이 제한된 환자의 물리치료에 유리하다고 하였으나, 본 연

구에서는 원심성 운동과 구심성 운동 간에 유의한 차이가 없었다.

여러 보고에 의하면 슬관절 근력 측정에 이용하는 각속도는 보고자에 따라 다양한데, 정상인에 대한 보고를 보면 강세운 등(1986)은 검사속도를 60°/sec, 180°/sec을 이용하였고, 강성용 등(1991)은 30°/sec부터 270°/sec까지 30°/sec 간격으로 검사를 실시하였고, 김진호와 김상범(1987)은 60°/sec, 180°/sec을 이용하였다.

수술후 환자에 대한 보고를 보면 김명신 등(1997)은 전방십자인대 재건술 후에 60°/sec, 180°/sec을 이용하였고, 빈성일 등(1995)은 관절경적 전방십자인대 재건술에 60°/sec, 180°/sec을 이용하였고, 장용우 등(1998)은 접방십자인대 재건술 후 30°/sec, 60°/sec을 이용하였고, 한태륜과 김상규(1990)은 반월판 절제술 후에 60°/sec, 180°/sec을 이용하였고, 전중선 등(1991)은 편마비 환자에게 60°/sec, 120°/sec을 이용하였고, Buchannon(1982)은 편마비 환자에게 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec, 180°/sec을 이용하였다. 본 연구에서는 환자에게 느린속도 30°/sec, 60°/sec와 빠른 속도 120°/sec을 이용하였다.

또한 슬관절 등속성 검사시 다리 무게에 대한 중력값을 배제(강성용 등, 1991; 김진호와 김상범, 1987; 강세운 등, 1986)하고 연구되어 졌는데, 김진상 등(1998)은 중력의 영향에 따른 슬관절 신전근과 굴곡근의 등속성운동 평가에서 신전근은 중력의 영향을 고려하였을 때의 신전근 최대 토크 값은 중력의 영향을 고려하지 않은 신전근보다 증가한다고 하였으며, 굴곡근은 그 반대로 하였다. Schlinkman(1984)은 중력에 대한 다리무게를 배제하고 최대 토크를 측정하게 되면 배제하지 않은 것에 비해 신전근의 최대 토크에 대한 굴곡근의 최대토크비(H/Q Ratio)가 8~12%감소된다고 하였다. 이에 본 연구에서는 신전근과 굴곡근 모두 중력의 영향을 고려하여 다리무게에 대한 중력값을 배제시키고 실시하였다.

김진호와 김상범(1987)의 50대 정상 여자 최대토크 값과 본 연구의 운동 6주후 구심성 등속운동의 최대토크 값을 각각 비교해보면, 60°/sec에서 신전근은 59.2 ± 10.4ft-lbs, 51.86 ± 10.73Nm로 김진호와 김상범(1987)의 결과가 다소 높았으나, 굴곡근은 21.2 ± 8.7ft-lbs, 26.14 ± 7.69Nm로 본 연구의 값과 비슷하였다.

편마비 환자에 대한 등속성 운동치료의 효과에 대한 전중선 등(1991)에서 6주간 구심성 등속운동후 각속도

60°/sec, 120°/sec에서 굴곡근과 신전근의 최대 토크 값이 모두 환측에서 유의한 증가가 있었다. 강성용 등(1991)의 20대의 정상성인에서의 구심성 등속운동의 효과를 보면, 신전근에서는 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 모두 유의한 증가를 보였다. 굴곡근에서는 30°/sec, 60°/sec에서만 유의한 증가를 보였으며, 120°/sec에서는 유의한 증가를 보이지 않았다. 본 연구에서는 신전근에서의 최대토크 값이 모두 유의한 증가를 보여, 강성용 등(1991)과 같은 결과를 보였으나, 굴곡근에서는 30°/sec에서 유의한 증가를 보이지 않았고, 60°/sec과 120°/sec에서는 유의한 증가가 있었다. 강성용 등(1991)과는 30°/sec과 120°/sec에서 다른 결과를 보였다.

구심성 등속 운동시 운동 속도가 빨라짐에 따라 토크가 감소하는 것은 보고된 연구(전중선 등, 1991; 강세운 등, 1986; 김진호와 김상범, 1987; Barnes, 1980; Knapić과 Ramos, 1980)와 본 연구와 일치하였다.

Knapić과 Ramos(1980)은 운동속도가 빨라지면 근력은 감소하는데 이는 근섬유의 액틴과 마이오신이 연결교를 형성하기 위한 시간이 충분하지 않은데서 연유하는 결과라 하였고, Thorstensson 등(1976)은 저속도 운동시에는 적근섬유와 백근섬유가 모두 수축하지만, 고속도 운동시는 주로 백근섬유가 수축에 관여함으로써 근력이 감소한다고 하였다.

김상규 등(1997)에 의하면 각속도 60°/sec, 120°/sec에서 원심성 수축이 구심성 수축보다 최대 토크 값이 굴곡근과 신전근에서 모두 월등히 컸으며, 최대 토크에 대한 체중비도 최대 토크와 비슷한 양상을 보였다. 그러나, 본 연구에서는 김상규 등(1997)과 다르게 구심성 수축이 원심성 수축보다 더 나은 결과를 보였으나, 원심성 수축과 구심성 수축 간에는 유의한 차이가 없었다.

각 구간 최대토크의 향상값을 비교해 보면, 신전근은 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec에서 각각 구심성 등속운동군에서 223.86%, 158.43%, 132.86%로, 등척성 운동군 39.43%, 48.00%, 27.29%와 원심성 등속운동군의 61.14%, 55.14%, 51.43%보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다(p<.05). 굴곡근은 30°/sec에서 구심성 등속운동군 121.57%가 등척성 운동군 18.57%와 원심성 등속운동군 59.86%보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다(p<.05).

각속도 120°/sec에서 평균 일의 총량을 운동전과 운

동후를 등척성 운동, 원심성 등속운동, 구심성 등속운동에서 각각 비교해보면, 신전근은 $18.57 \pm 8.14J$ 에서 $26.71 \pm 11.97J$, $14.00 \pm 3.06J$ 에서 $25.43 \pm 6.05J$, $8.14 \pm 4.56J$ 에서 $25.14 \pm 8.28J$ 로 유의한 증가가 있었다($p < 0.05$). 굴곡근은 $13.14 \pm 7.90J$ 에서 $15.71 \pm 8.20J$, $7.86 \pm 4.95J$ 에서 $13.57 \pm 7.32J$, $5.43 \pm 6.02J$ 에서 $15.71 \pm 7.57J$ 로 등척성 운동에서는 유의한 차이가 없었으며, 원심성 등속운동과 구심성 등속운동에서는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

각 구간 평균 일의 총량의 향상을 비교해 보면, 신전근은 $30^\circ/sec$, $60^\circ/sec$ 에서 각각 구심성 등속운동군에서 324.57%, 224.57%로 등척성 운동군 37.85%, 49.86%와 원심성 등속운동군의 85.43%, 84.86%보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다($p < 0.05$). 굴곡근은 $30^\circ/sec$ 에서 구심성 등속운동군 222.00%가 등척성 운동군 23.86%와 원심성 등속운동군 99.43%보다 향상도에 있어 유의한 증가가 있었다($p < 0.05$).

신전근의 최대 토오크에 대한 굴곡근의 최대 토오크 비율 강성용 등(1991)의 정상성인을 대상으로 연구되어진 것과 본 연구를 비교해 보면, 각각 $30^\circ/sec$ 에서 $63.5 \pm 5.0\%$, $74.71 \pm 18.39\%$, $60^\circ/sec$ 에서 $61.2 \pm 4.9\%$, $81.43 \pm 22.10\%$, $120^\circ/sec$ 에서 $64.2 \pm 6.9\%$, $78.28 \pm 25.43\%$ 이었다. 본 연구에서 강성용 등(1991)보다 다소 높게 나왔다. 각속도가 증가함에 따라 신전근에 대한 굴곡근의 비가 강성용 등(1991)에서는 증가하였으나, 본 연구에서는 $120^\circ/sec$ 에서 다소 감소하였다.

손상자와의 $60^\circ/sec$ 에서의 비교에서는, 김상규 등(1997)과 조종현 등(1999)에서의 전방십자인대 손상자와 본 연구와 비교해보면, 각각 $67.76 \pm 31.57\%$, $86.50 \pm 22.01\%$, $81.43 \pm 22.10\%$ 으로 김상규 등(1997)보다는 높았고, 조종현 등(1999)과는 다소 낮았다.

이동철 등(1999)의 인공슬관절 전치환술 환자와 강세윤 등(1986)의 20대 정상 성인과 본 연구의 지구력율을 각각 비교해보면, 신전근은 $40.34 \pm 6.63\%$, $72.6 \pm 23.8\%$, $75.00 \pm 25.71\%$ 이었고, 굴곡근은 $45.23 \pm 8.34\%$, $54.2 \pm 31.0\%$, $88.00 \pm 6.90\%$ 로 본 연구에서 더 높게 나왔다.

각속도 $60^\circ/sec$ 에서의 평균관절가동역은 김진호와 김상범(1987)의 50대 정상 여자와 본 연구 대상자와 각각 비교해보면, 78° , 78° 로 일치하였다.

최대토오크, 최대토오크의 향상, 일의 총량, 일의 총량의 향상, 최대토오크와 체중과의 관계에 있어 등척성

운동, 원심성 등속운동, 구심성 등속운동군 각각에서 통계적 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$), 등척성 운동보다는 원심성 등속운동이 다소 높았고, 원심성 등속운동보다는 구심성 등속운동이 다소 높은 경향을 보였다. Dean(1988)은 원심성 운동은 구심성 운동에 비해 근력 강화 효과가 크면서도 산소소모량이 적어 운동능력이 제한된 환자의 물리치료에 유리하다고 하였으나, 본 연구에서는 원심성 등속운동보다 구심성 등속운동에서 근력 강화 효과가 더 컸다. 이유로는 수술후 환자에게 원심성 등속운동을 시행하도록 하였을 때 더 큰 장력의 발생으로 인한 통증과 근육에 많은 무리가 갔기 때문인 것으로 생각된다.

따라서, 본 연구의 결과를 운동량, 운동기간 등의 차이가 있는 다른 연구자의 연구보고와 비교분석하여 분명한 결론을 내리기는 어려우나, 병력을 가진 환자의 임상적 적용을 위해서는 특정속도와 운동기간에 따른 운동방법의 근력증가 양상은 계속 연구되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 골성 관절염으로 인한 슬관절 전치환술을 한 21명의 여자 환자를 대상으로 Cybex 6000 등속성 근력계를 이용하여 슬관절 굴곡근과 신전근의 회복 정도를 등척성 운동군과 원심성 등속운동군, 구심성 등속운동군으로 나누어 6주간 운동후 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 최대토오크는 세 군 중 구심성 등속운동의 신전근과 굴곡근에서 가장 유의한 증가가 있었다($p < 0.05$).

2) 최대토오크의 향상은 세 군 중 구심성 등속운동의 신전근과 굴곡근에서 가장 유의한 증가가 있었다($p < 0.05$).

3) 일의 총량은 세 군 중 구심성 등속운동의 신전근과 굴곡근에서 가장 유의한 증가가 있었다($p < 0.05$).

4) 일의 총량에 대한 향상은 세 군 중 구심성 등속운동의 신전근과 굴곡근에서 가장 유의한 증가가 있었다($p < 0.05$).

5) 지구력율은 세 군 모두 치료전후의 유의한 차이가 없었다.

6) 신전근과 굴곡근의 최대토오크의 비에 있어 신전근이 더 빠른 회복을 보였다.

7) 평균관절가동범위는 치료전후에 있어서 세군 모두 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과로 미루어 슬관절 전치환술 환자의 근력 회복에 있어 운동 6주 후 등척성 운동과 원심성 등속운동과 구심성 등속운동 중 구심성 등속운동이 가장 효율적인 운동으로 나타났다.

〈 참고 문헌 〉

- 강성용, 문제호, 조경자, 신정순 : 슬관절 신근과 굴근의 등속성 운동 효과에 관한연구, 대한재활의학회지, 15(1), 77-88, 1991.
- 강세윤, 정양기, 안용팔 : 20대 건강한 청년의 슬관절 신근 및 굴곡근에 대한 등속 성동검사, 대한재활의학회지, 10(2), 116-123, 1986.
- 김동헌, 이원각 : 슬관절 전치환술후 일상생활의 문제점, 대한슬관절학회지, 4(2), 234-239, 1992.
- 김명신, 윤태식, 노권재, 왕진 : 전방십자인대 재건술 후 등속성 운동 검사와 기능적 활용도, 대한재활의학회지, 21(6), 1154-1166, 1997.
- 김상규, 이성재, 정선근 : 편심성 등속운동과 동심성 등속운동의 특성에 관한 비교연구, 대한재활의학회지, 21(3), 579-588, 1997.
- 김재도, 조정현, 허성근 : 류마티스성 관절염과 퇴행성 관절염에서의 인공 슬관절 전치환술, 대한정형외과학회지, 25(5), 1438-1443, 1990.
- 김정만, 선두훈, 정장훈 : 골상관절염의 슬관절 전치환술, 대한정형외과학회지, 22-27, 1993.
- 김진상, 채윤원, 정동훈 : 중력의 영향에 따른 슬관절 굴곡근과 신전근의 등속성 운동 평가, 대한물리치료학회지, 10, 45-52, 1998.
- 김진호 : 골관절염의 운동 치료, 대한재활의학회지, 16(1), 1-5, 1992.
- 김진호, 김상범 : 한국 정상 성인의 슬관절 신근 및 굴근에 대한 등속성 운동 평가, 대한재활의학회지, 11(2), 173-183, 1987.
- 김태숙, 김석현, 황보각 : 슬관절 재활을 위한 생역학, 대한물리치료학회지, 12(2), 239-247, 2000.
- 나영무, 석현, 박윤길 등 : 슬관절 골관절염 환자에서 운동치료의 효과, 대한재활의학회지, 24(5), 966-971, 2000.
- 문기현, 오상향, 강봉구 등 : 슬관절 골관절염 환자에서 Closed-Needle 을 이용한 관절세척술의 효과, 대한재활의학회지, 22(1), 196-203, 1998.
- 문명상 : 슬관절 질환 환자의 재활요법, 대한재활의학회지, 3(2), 41-44, 1979.
- 배성수 등 : 임상운동학(역), 서울 영문출판사, 2000.
- 배성수 : 운동치료학, 대학서림, 1995.
- 배성수, 김상수, 최재원 : 등속성 운동에 관한 고찰, 대한물리치료학회지, 11(2), 103-109, 1999.
- 변성일, 조우신, 문호생 등 : 관절경적 전방십자인대 재건술 후 Cybex 등속성 운동검사에 의한 근력평가, 대한정형외과학회지, 30(2), 6-16, 1995.
- 성상철, 김원중, 전대근 등 : 양측에 시행한 슬관절 전치환술의 임상적 고찰, 대한정형외과 학회지, 25(1), 203-210, 1990.
- 원중희, 성상철, 윤강섭 등 : 류마티오이드 관절염 환자의 슬관절 전치환술, 대한정형외과학회지, 25(5), 1430-1437, 1990.
- 윤태식, 김애영, 김주섭, 신진순 : 슬관절 등척성 수축시 우력 양상과 심혈관계에 미치는 영향, 대한재활의학회지, 15, 387-397, 1991.
- 이성재, 박충현 : 족관절 저축굴근 근긴장도의 정량적 평가, 대한재활의학회지, 22(6), 1324-1328, 1998.
- 이완희 : 슬관절 전치환술 후 일상생활 동작에 대한 연구, 대한물리치료사학회지, 15(1), 53-66, 1994.
- 장문현, 고주연 : 슬관절 전치환술 후의 물리치료, 대한물리치료사학회지, 5(4), 93-100, 1998.
- 장용우, 최경수, 권양기 : 전방십자인대 슬후 등속성 운동이 대퇴위 근력 및 근비대에 미치는 영향, 대한스포츠학회지, 16(1), 6-16, 1998.
- 전중선, 신정순, 전세일 : 편마비환자에 대한 등속성 운동치료의 효과, 대한재활의학회지, 15(1), 57-66, 1991.
- 한창동, 박진수, 이진우, 한대용 : 동시에 시행한 양측 슬관절 전치환술, 대한정형외과 학회지, 26(2), 589-597, 1991.
- 한태륜, 김상규 : 반월판 절제술후의 슬관절부 근육의 등속성 근력 평가, 대한재활의 학회지, 14(1), 102-109, 1990.
- Barnes WS : The relationship of motor unit action to isokinetic muscular contraction at different contractile velocities, Phys Ther 60, 1152-

- 1157, 1980.
- Buchanan JR et al : Clinical experience with the variable axis total knee replaxement, *J Bone and Joint Surg*, 64(A), 337-346, 1982.
- Davis GJ, Gould JA, Larson RL : Functional examination of the shoulder girdle, *Phys Sport Med* 9, 82-104, 1981.
- Dean E : Physiology and therapeutic implications of negative work, *Phys Ther* 68, 233-237, 1988.
- Gunston FH : Polycentric knee arthroplasty. Prosthetic stimulation of normal knee movement, *J Bone and Joint Surg*, 53-B(2), 272-277, 1971.
- Hamilton LR : UCI total knee replacement. a follow-up Study, *J Bone and Joint Surg*, 64(A), 740-744, 1982.
- Hettinger T, Muller EA : Muskeliestung und Muskeltraining, *Arbeitsphysiol* 15, 111, 1953.
- Knapic JJ, Ranos MU : Isokinetic & isometric torque relationship in the human body, *Arch Phys Med Rehab*, 61, 64-67, 1980.
- Kuprian W : *Physical Therapy for Sports*, Philadelphia, WB Saunders, 1982.
- Lacerte M, et al : Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training program : effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle, *Arch Phys Med Rehabil*, 73(11), 1059-1062, 1992.
- Lawallen DG, Bryan RS, Peterson LFA : Polycentric total knee arthroplasty, *J Bone and Joint Surg*, 66(A), 1211-1218, 1984.
- Liberson WT : Brief isometric exercise. In Basmajian, JV(ed) : *Therapeutic Exercise*, 4th ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 236-256, 1984.
- Riley D, Woodtard JE : Longterm results of geomedic total knee replacement, *J Bone and Joint Surg*, 67-B(4), 548-550, 1985.
- Rodgers KL, Berger RA : Motor unit involvement and tension during maximum voluntary concentric, eccentric, and isometric contractions of the elbow flexors, *Med Sci Sports Exer*, 6, 253-259, 1974.
- Schlinkman B : Norms for high school football players dervies from cybex data reduction computer, *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therpy* 5, 365-371, 1984.
- Thistle HG, et al : Isokinetic contraction : A new concept of resistive exercise, *Arch Phys Med Rehabil* 48, 279-282, 1967.
- Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J : Force velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles, *Journal Apply Physical*, 40, 12-16, 1976.