

## 등속성(isokinetic) 운동을 이용한 근력 평가

안동전문대학 물리치료과

김 선 엽

### The Isokinetic Testing of Muscle Strength Evaluation

Kim, Suhn Yeop M. P. H., R. P. T., O. T. R.

*Department of Physical Therapy, Andong Junior College*

#### -ABSTRACT-

As a new concept of resistive exercise, isokinetic exercise was developed during the late 1960's. In isokinetic exercise, the subject works at a fixed speed against variable and totally accommodating resistance. During isokinetic exercise the resistance accommodates the external maintains maximum output throughout the full range of motion. The maximum torque during isokinetic movements is a measure of the muscular force applied in dynamic conditions.

#### 차 례

- I. 서 론
- II. 등속성 운동이란?
  - 1. 등속성 운동의 이점
  - 2. 등속성 운동의 효과에 영향을 미치는 요인
  - 3. 등속성 운동의 제한점
- III. 등속성 운동 평가로 조사할 수 있는 사항
  - 1. 우력 변수
  - 2. 위치 변수
  - 3. 시간 변수
- IV. 등속성 운동 평가를 이용한 국내 연구
- V. 결 론
- 참고문헌

#### I. 서 론

인간이 지금까지 의학이나 스포츠분야에서 꾸준한 연구를 통해 근력을 증가 시키기 위한 노력은 계속 되어져 왔다. 그 결과 근력을 증가 시키기 위한 방법으로 등척성(isometric)운동, 등장성(isotonic)운동 그리고 등속성(isokinetic)운동과 같은 저항(resistance)을 이용하는 운동을 개발해 내었다.

등척성 운동이란 관절의 움직임 없이 하는 운동으로, 관절이 고정된 위치에서 저항을 가해 근육이 최대에 가까운 장력을 낼수 있게 하는 방법이다. 이 방법의 한계점은 운동을 시행하는 관절 각도의 주위 근육들만이 근력의 향상을 보인다는 것이며, 또한 이 운동시 발생되

는 심혈관계의 부담이 실제 임상에서 적용시 제한점으로 나타나고 있다는 것이다. 그러나 이점도 많다. 첫째는 특별한 도구없이 손쉽게 배울 수 있고, 인체의 거의 모든 근육에 적용할 수 있다는 점과 시간이 적게 소요되고, 운동으로 인해 발생 될 수 있는 근육통을 배재할 수 있는 것이다. 그 외에도 움직임 그 자체가 금기중인 환자에게 적용하기에 매우 적합한 운동이라 할 수 있다. Knapik 등<sup>33)</sup>은 등척성 운동시에 증가되는 근력은 운동을 시행하는 관절각도로부터 전후 각 10°씩 약 20° 범위에서 유의한 근력의 증가효과를 나타냈다고 하였다. 이 등척성 운동으로 효과를 얻으려면 근섬유가 피로를 일으킬 만큼 강한 힘으로, 주위의 모든 근육 섬유들이 동원 될 수 있을 만큼 충분한 시간 동안 수축을 해야만 한다.

등장성 운동은 일정한 양의 저항을 가하며 관절의 전 가동범위에 걸쳐 움직이게 하는 형태를 취한다. 이 방법의 문제점은 관절의 가동범위에 따라 가장 근력이 약한 부위가 있고 그렇지 않은 부위가 있는데, 이 운동은 주로 근력이 가장 약한 부위에 최대의 저항을 주는 부하를 이용하게 된다, 결국 그 부위 이외의 다른 관절 가동범위에서 근력은 최대의 수축을 하지 못하게 되는 운동의 한계를 보인다.

이러한 여러 가지 문제점을 보완하기 위한 노력에 의해 1967년에 Hislop와 Perrine<sup>3)</sup>이 처음 등속성 운동의 개념을 소개하게 이르렀다. 그 이후 등속성 운동의 개념을 이용하기 위해 여러 전기역학적 연구가 이루어져 현재 등속성 운동기계를 이용할 수 있게 되었다.

근력을 증가 시키는데 영향을 주는 요인으로 는 근성 요인(muscular factor)과 신경성 요인(neural factor)으로 나눌 수 있다. 그리고 근력은 해부학적, 역학적 또한 생리학적 여러 인자 즉, 근육의 횡단면적, 길이-장력 관계, 신장 및 체중, 연령 등에 의해 영향을 받는다. Murray등<sup>38)</sup>은 연령이 50-65세 군은 20-35세 군의 최대 등척성 우력에 75-80%였다고 보고 하였다. 근력의 증가는 근육의 비대 없이

도 증가가 가능하다고 하는 연구자도 있는데, 그들은 이것을 신경인성 요인에 의한 것이라고 보고 있다. 즉, 근육이 수축할 때 동원되는 운동단위(motor unit)의 수를 증가시키거나, 동원된 운동단위의 firing에 빈도를 증가시키거나 동시발생수준(synchronization level)이 더 높아지게, 또는 골지체(Golgi tendon organ)의 작용 즉, 강한 근수축을 하지 못하도록 하는 기능을 감소시키는 억제(inhibition)작용을 다시 방해하는 disinhibition방법 등이 가능한 요인들이다<sup>40)</sup>.

현재 임상에서 근력을 평가하기 위해 사용되어지고 있는 방법으로는 도수근력검사(manual muscle test)가 가장 일반적이고, 이외에 Ergometer, Tensiometer, Integrated EMG, Torque 등을 이용한 방법이 있다<sup>6)</sup>.

근력 재활에 효과를 얻을 수 있는 좋은 운동 방법에 대한 이해를 돕고 물리치료분야에서 적극적인 활용을 하는데 도움이 되고자 등속성 운동의 원리와 이것을 통해 평가할수 있는 내용에는 무엇이 있는지, 그리고 지금까지 우리나라에서 진행 되어져 온 등속성 운동을 이용한 연구들은 무엇이 있는가 등을 중심으로 조사하였다.

## II. 등속성 운동이란?

등속성 운동이란 전 관절가동범위를 통해 고르게 최대의 근수축을 발휘할 수 있게끔 고안된 운동으로, 운동의 속도를 일정하게 정하여 가동범위에 따라 가해지는 근수축력에 맞춰어 변화되는 저항을 주게 디자인된 기계를 이용한 운동을 말한다<sup>40)</sup>. 다시말해서, 미리 정해진 일정한 운동속도에서 따라 운동을 하고, 이 속도를 맞추기 위해 저항이 변화되는 운동이다. 이 운동은 등장성 저항운동의 일종이라 할 수 있다. 등속성 운동기구는 미국 Cybex사에 의해 개발되어 시판되기 시작하면서 현재, Cybex II+, KIN/COM, Brodrex, Lido, Merac 등이 훈련과 검사 목적으로 등장하여 많이 사용되어지고

있으며, 단지 훈련목적으로 사용하지 위해 Orthotron II, UBE(Uper Body Exerciser), Fitron 등이 현재 임상에서 사용 되어지고 있다(32).

## 1. 등속성 운동의 이점

가. 등척성 운동이나 등장성 운동에 비해 등속성 운동이 근력의 증가에 더 효과적이다.

-Thistle 등<sup>41)</sup>은 이러한 세 가지 방법의 각 운동원리로 8주간 훈련 후에 최대우력과 총일량을 이용한 근력분석에서 등속성 운동이 가장 효과적이었다고 보고하였다.

나. 이용하는 사람의 의욕 향상에 효과적이다.

-한 예로 직전의 운동량을 알 수 있으므로 다음 운동시에 더 나은 결과를 얻으려는 동기(motivation)유발을 얻을 수 있다. 이것을 쾌환효과(feedback effect)라고도 한다<sup>23)</sup>.

다. 관절운동의 전 구간에 모든 지점에서 최대의 저항을 줄 수 있다.

-미리 지정해 놓은 운동속도보다 느리게 움직일 경우 근육에는 아무런 저항이 가해지지 않고, 단지 지정한 속도보다 더 빠른 속도로 운동할 때만 가한 힘에 대응하는 저항을 준다. 결국 전 운동구간의 어떠한 지점에서든 최대한의 저항을 줄 수 있다<sup>23), 39)</sup>.

라. 운동하기에 안전하다 즉, 가해지는 저항이 관절각도에 따라 가해지는 수축력에 맞추어 변화되기 때문에 가하는 힘 이상의 저항을 주지 않는다.

마. 근력의 약화 정도나 관절의 가동범위를 정확하고 객관적으로 평가할 수 있다. 즉 관절운동 중 관절의 각 위치에서의 근력을 알 수 있다.

바. 한 관절에서 서로 반대되는 작용을 하는

근육간 혹은 좌우측의 근육간에 비교를 할 수 있다<sup>2)</sup>.

-한 예로 운동선수들에게 있어서 슬관절의 신근과 굴근의 근력이 차이가 10% 이상 차이가 있을 때 부상을 당할 위험이 많아 진다고 한다<sup>24), 28)</sup>. 이러한 것을 사전에 근력 비교를 통해 알 수 있다면 부상을 사전에 예방할 수 있는 지침이 될 수 있을 것이다.

사. 근력과 체중과의 관계를 알 수 있다.

아. 운동목적에 따라 속도를 조절할 수 있다.

-등속성 운동시 느린 속도(slow speed, high load)로 운동을 하면 근력이 주로 향상되며, 운동속도를 빠르게 하면(high speed, low load) 근지구력을 증가시킬 수 있다<sup>36)</sup>.

자. 물리치료분야에서는 환자의 장애 정도를 알 수 있고, 물리치료의 효과나 재활의 정도를 평가하는데 사용할 수 있다.

이러한 이점을 활용하고자하는 분야가 점차 확산되어 손상받은 환자의 재활에 필요한 근력의 강화 뿐만아니라, 일반인이나 스포츠 선수들의 훈련이나 치료에 광범위하게 사용되어지고 있다.

## 2. 등속성 운동의 효과에 영향을 미치는 요인

### 1) 관절의 각도

인체 모든 관절에는 최적의 역학적인 효과를 나타내는 관절각도가 있는데, 이러한 관절각도는 근육의 역학적인 성질에 의한 것이라 할 수 있어, 결국 관절각도의 변화는 근육의 우력발생에 영향을 미친다고 할 수 있다<sup>21)</sup>. 그리고 우력은 관절가동범위 중 근육의 길이가 짧아지는 관절각도에서 감소된다고 한다. 이러한 관절각도와 우력과의 관계는 근육의 횡단면적, 근육의 길이-장력관계 및 지렛대 장치의 기계적인 특성에 의해 결정된다고 할 수 있어 매우 중요한 요소이다<sup>39)</sup>. 족관절의 경우 척측 굴곡근(plantar flexor)의 근력은 슬관절을 신전시켰

올때 보다 굴곡시켰을때 약 10-20%의 감소를 나타낸다<sup>25)</sup>.

## 2) 운동속도(각속도)

등속성 운동속도의 증가에 따라 최대 우력치는 감소되는데, 이는 운동속도에 따라 신경학적 운동단위의 활동 양상이 달라지기 때문이다<sup>22)</sup>. Thorstensson<sup>42)</sup>은 등속성 운동이나 운동속도가 느린 등속성 운동시에는 근육의 slow twitch fiber나 fast twitch fiber가 모두 수축에 참여하지만, 빠른 등속성운동시에는 주로 fast twitch fiber만이 수축에 작용하여 근력이 약해지게 된다고 설명하였다.

## 3) 연령, 성별, 신장, 체중

보통 남자가 여자에 비해 근력이 강한데, 예를 들어 여자의 족관절 부위의 근력은 남자에 근력의 약 60% 정도라고 한다<sup>5,27)</sup>. Murray 등<sup>38)</sup>은 20-35세에 근력이 가장 강했다고 하였다. 김진호와 김상범<sup>8)</sup>은 여자일수록 고연령일수록 총일량은 감소했다고 하였다.

## 4) Gravity effect torque

중력에 영향을 받을 수 있는 자세에서 측정하는 운동검사는 모두 gravity effect torque를 고려해야 한다. 슬관절의 경우에 앉은 자세에서 검사시 결국 굴근은 과대평가 되고 신근은 과소평가 될 수 있다<sup>26,29,36,38)</sup>.

## 3. 등속성 운동의 제한점

등속성 운동에서 사용하는 운동속도는 자유롭게 선택 할 수 있다. 이러한 운동속도는 느린 속도와 빠른 속도로 나눈다면, 운동속도에 따른 특이성에 대한 논란이 있다. 어떤 연구자들은 운동속도에 따라 증가되는 근력에 차이가 있다고 하였는데, 이것은 느린 운동속도로 운동을 실시하고 느린 속도에서 근력을 측정하면 그 속도에서만 증가한다는 것이다. 마찬가지로 빠른 속도의 운동은 느린 운동속도에서의 근력

측정에 변화를 주지 못 한다는 것이다. 그러나 이것과 다른 결과를 나타내는 연구들도 많다. 즉 운동을 시키는 운동속도와는 관계 없이 모든 속도의 평가에서 근력의 향상을 나타낸다는 것이다.

또한 빠른 속도로 운동한 경우 모든 속도의 평가에서 근력의 향상을 나타냈으나, 느린 속도로 운동한 경우에는 느린속도의 평가에서만 근력의 상승을 보였다는 경우도 있었다<sup>37)</sup>.

또 하나의 문제점이 중력에 관한 사항이다. 근력을 평가하고자 하는 관절의 움직임이 중력의 방향과 반대가 되거나 혹은 중력방향과 같은 경우 운동기구의 무게와 검사하고자 하는 사지의 무게가 근력 평가에 영향을 주어, 항중력근은 과소평가되고 중력방향과 같은 방향으로 움직이게 되는 근육의 근력은 과대평가되어진다는 것이다<sup>43)</sup>. 이러한 중력 문제를 근력 측정전에 고려 해야 한다.

## III. 등속성 운동 평가로 조사할 수 있는 사항

### 1. 우력 변수(torque parameter)

#### 1) 최대 우력(peak torque)

관절운동 중에 발생하는 근육의 우력치 중 최대치를 말한다. 여기서 우력이란 관절운동에서와 같이 축을 중심으로 회전운동이 일어날때 어떤 물체를 움직일 수 있는 힘(momentum of force)을 뜻한다. 이것은 축에서 부터 힘이 가해지는 지점까지의 거리와 가해지는 힘을 곱하여 산출한다(distance x force). 이 힘의 단위는 foot-pound(ft-lbs)나 Newton-Meter를 사용한다<sup>23,35)</sup>.

등속성 운동기구를 이용하여 나온 결과는 운동기구에 내장되어 있는 컴퓨터의 그래픽 프로그램이 그림으로 나타낼수 있다. 그림 1은 저속도(60°/sec)에서의 최대우력을 좌우측간에 비교할수 있도록 보여주는 그림의 예이다.

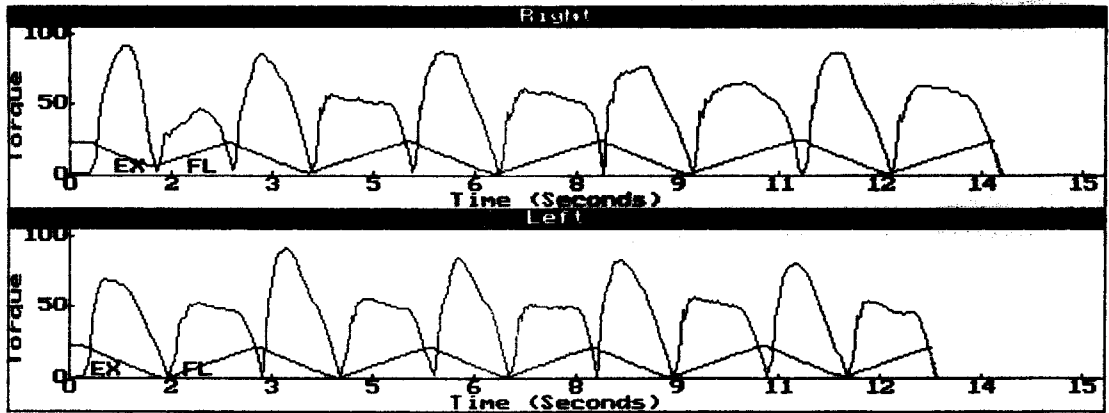


그림 1. 좌,우측간의 운동시간에 따른 최대우력치

2) 최대 우력의 체중비(peak torque to body weight ratio)

체중이 우력에 미치는 영향을 지수로 나타낸 것으로, 단위 체중(pound)당 해당 근육에서 낼 수 있는 힘을 뜻한다. 계산은 체중(lbs)에 대한 최대우력치(ft-lbs)를 백분율(peak torque of muscle group / body weight x 100 = %)로 환산한다.

3) 길항근간의 우력비(peak torque ratio in antagonist)

검사하는 근육의 주동근과 길항근간의 최대우력치의 비교는 주동근에 최대우력치에 대한 길항근의 최대우력치를 백분율(%)로 환산하여 표시한다(peak torque of antagonist / peak torque of agonist x 100 = %).

등속성 운동기구에서 길항근간의 우력치를 비교하는 그림을 나타낼 수 있다. 그림. 2는 신근과 굴근의 최대우력치를 좌,우측별로 나타낸 그림의 예이다.

4) 평균일률(average Power)

근육이 단위시간 당 할 수 있는 일의 양이며, 총일량을 총 실제 수축시간으로 나눈 것으로, 운동시 에너지 생성에 관련된 가장 정확한 지표이다. 단위는 work(joules) / time(sec) = Watts 이다.

5) 근지구력률(muscle endurance ratio)

빠른 속도로 운동시 전체 운동(예; 25회) 횟수 중 20%(5회)에 해당되는 마지막 횟수 동안 수행한 일량을 운동시작 첫 20%(5회)에 해당되는 횟수 동안 수행한 일량으로 나누어 비교하는 방법으로 백분율(%)로 계산하여 표시 한다. 운동 횟수는 보통 16회에서 25회 정도 시행한다. 지구력은 심혈관계 지구력과 근지구력으로 흔히 구분하거나, 혹은 최대하 수축(submaximal contraction)의 횟수로 측정하는 정적 지구력(static endurance)이나, 최대하고정시간(submaximal holding time)으로 표현하는 동적 지구력(dynamic endurance)로 구분하기도 한다. 이러한 지구력은 일상생활을 수행하는데 필수적인 요소라 할수 있다<sup>34)</sup>.

근지구력을 등속성 운동기구에서는 피로지수(Fatigue Index)로 표현할 수 있는데, 그림 3의 좌, 우측의 피로지수는 신근, 굴근별로 운동 반복 횟수에 따른 최대우력치의 변화를 계산하여 나타낸 것이다.

6) 최대우력 가속도 에너지(peak torque acceleration energy)

우력이 발생되는 첫 1/8초 동안 수행한 일량으로 기능적으로 이것의 감소는 우력의 감소보다 더 중요하다고 한다. 측정은 고속도 운동시에 시행한다. 단위는 ft-lbs이다.

7) 총일량(total work)

운동을 반복하여 발생된 모든 우력 곡선의 면적을 말한다. 즉 운동을 반복시 근육이 할수 있었던 일의 총량을 의미하며, ft-lbs 단위로 표시한다.

그림 4는 측정하는 운동속도별로 최대우력치, 총일량, 평균일량을 신근, 굴근별로 손상측과 비손상측을 비교할 수 있도록 운동기구에 내장되어 있는 그래픽 프로그램이 나타낸 예이다.

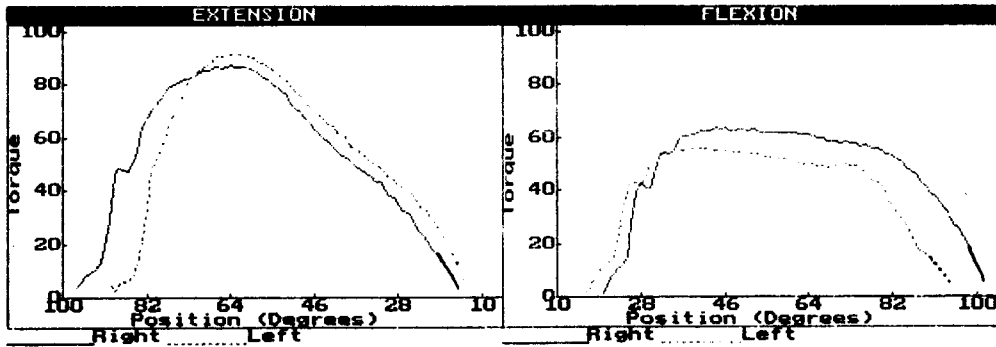


그림 2. 신근, 굴근의 좌, 우측별 관절각도에 따른 최대우력치 비교

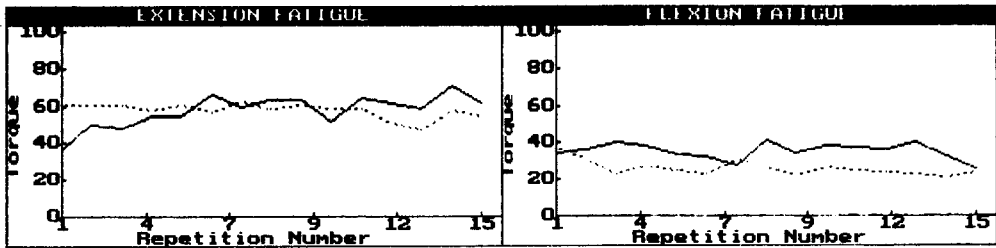


그림 3. 운동 반복 횟수에 따른 최대우력치의 좌, 우측별 신근,굴근 피로지수 비교

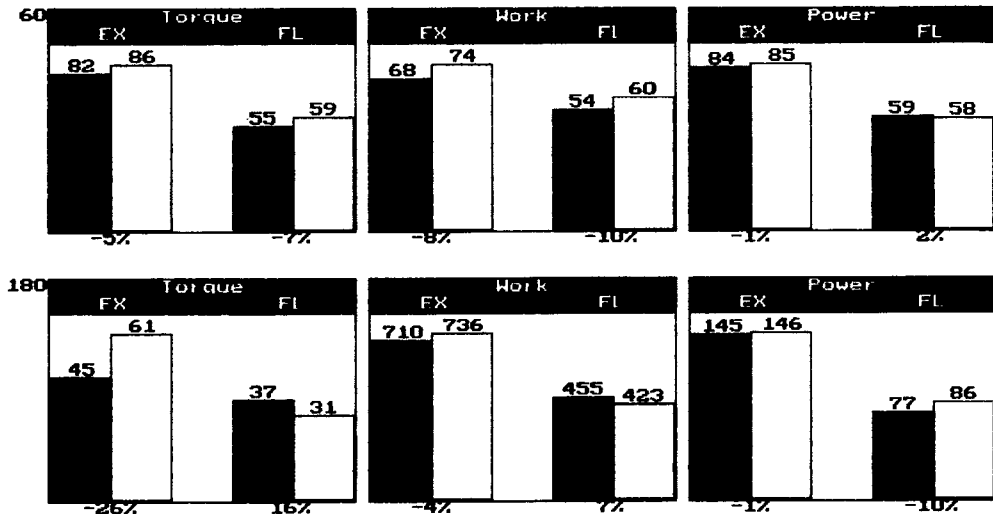


그림 4. 운동속도별 최대우력치, 총일량, 평균일량의 신근, 굴근별 좌, 우측 비교

## 2. 위치 변수(position parameter)

### 1) 최대우력 발생 관절각도(joint angle at peak torque)

운동 수행중에 최대우력치 발생되는 관절의 각도(degree)를 뜻한다.

### 2) 평균 관절 가동역(average range of motion)

운동을 시행하는 동안 움직임의 평균 관절가동범위를 표시한다. 각도(degree)로 표시한다.

## 3. 시간 변수(time parameter)

### 1) 최대우력 발생시간(time to peak torque)

운동을 시작하여 우력이 발생되기 시작한 시점부터 최대우력이 발생된 시점까지의 시간을 의미한다.

### 2) 최대우력 유지시간(time peak torque held)

운동 중 발생된 최대우력이 지속되는 시간을 말한다.

## IV. 등속성 운동 평가를 이용한 국내 연구

등속성 운동원리를 이용한 근력검사는 재활 의학이나 스포츠의학이 발달된 나라에서는 1960대 이후 많은 연구사례에서 볼 수 있었다. 그러나 우리나라에서는 80년대 중반부터 관심을 가지게 된 이후 점차 많은 연구들이 나오고 있다(표 1). 이 또한 대부분이 재활의학이나 스포츠의학에 종사하는 의사들에 의해 이루어지고 있다. 여기서는 먼저 국내에서 이루어진 연구들을 중심으로 연구된 사례들을 소개하고자 한다. 연구들은 크게 정상인의 기초 자료를 얻고자 하여 건강한 사람들을 대상으로 한 연구와, 임상에서 여러 종류의 환자들을 대상으로 비교연구나, 운동효과를 알아보기 위한 연구들로 분류할 수 있다.

정상인을 대상으로 normal data를 얻기 위한 기초 연구는 상지의 관절에서는 강세윤<sup>1)</sup> 등이 20대 정상인 남녀를 건관절 주위 근육을 대상으로 조사한 연구에서 측정 운동속도가 60°/sec인 경우는 남녀 모두 신전근이 가장 강하였고, 150°/sec 속도에서는 남자는 내전근이 여자는 신전근이 가장 큰 최대우력을 나타냈다고 하였다. 이것과 유사한 연구로 김진호 등<sup>10)</sup>은 60°/sec 즉 저속도에서 최대우력은 외전근, 내전근, 신근, 굴근, 내회전근 순으로 강하였으나, 180°/sec 속도 즉 고속도에서는 내전근, 신근, 굴근, 내회전근, 외회전근, 외전근 순으로 저속도와는 다른 결과를 보였으며, 최대우력은 고속도일 때가 더 낮았다고 하였다. 그리고 팔의 길이가 길수록 최대우력, 최대우력가속도에 너지, 일률 등이 높았다고 보고 하였다. 주관절의 굴근과 신근의 근력에 대해 연구한 예로는 1991년에 강세윤 등<sup>7)</sup>이 60°/sec와 180°/sec의 속도에서 실험한 적이 있었다. 그리고 유병규와 정경수<sup>12)</sup>는 주관절의 굴근, 신근과 요척관절의 회내, 회외근의 등속성 근력을 평가 하였다.

한태륜과 김상규<sup>20)</sup>는 주관절의 굴근, 신근에 등속성 운동검사와 근전도측정방법을 이용해 측정된 결과를 비교하여 이 두 방법이 병적인 상태로 근력약화가 있을 경우 매우 유용한 지표가 될 것이라고 보고하였다.

그리고 강세윤 등은 완관절의 굴근과 신근의 근력을 관절각도에 따라 어떤 우력의 차이가 있는가를 실험해 굴근, 신근 모두 관절각도가 클수록 최대우력이 증가했다고 하여, 근력 측정시 검사 자세의 중요성을 강조하였다<sup>4)</sup>.

하지의 관절을 대상으로 한 연구로는 하권익 등<sup>18)</sup>이 정상인의 표준 등속성운동 근력을 평가하기 위해 다양한 직업의 대상으로 슬관절의 굴근과 신근의 근력을 평가하였다. 그 이후, 1986년에 강세윤 등<sup>6)</sup>은 20대 남녀의 슬관절 굴곡근과 신전근의 등속성 운동 검사를 하였고, 1987년에 김진호와 김상범<sup>8)</sup>은 20대에서 60대까지의 정상 남녀를 160명을 대상으로 슬

관절의 신근, 굴근의 등속성 운동 근력을 평가하였다. 그리고, 강세윤 등<sup>2)</sup>은 하지의 관절들을 중심으로 연령에 따른 근력의 변화를 연구하여, 대부분의 근력이 40대 이후에 급속한 감소현상을 나타낸다고 하였고, 특히 슬관절의 운동이 가장 중요하다고 하였다. 이외에도 윤승호등<sup>13)</sup>의 비슷한 연구가 있었다.

윤태식 등<sup>13)</sup>은 축구선수와 일반 대학생들간의 근력을 비교하여 두 군간에 모든 운동속도에서 최대우력치나 180°/sec의 운동속도에서 총일량, 평균 일량, 최대우력가속도에너지가 유의한 차이가 없었으며, 모든 운동속도에서 신근의 최대우력치를 나타내는 관절의 각도와 신근에 대한 굴근의 최대우력비, 그리고 신근과 굴근의 지구력률만이 유의한 차이가 있었다고 보고 하였다. 그리고 1991년에 윤태식 등<sup>14)</sup>은 슬관절의 등척성 수축시 우력의 측정과 이 운동이 심혈관계에 미치는 영향을 연령별, 관절

각도별로 구분해 실험하여, 관절각도가 커질수록 우력치가 감소했다고 하였고, 실험 직후 수축기와 이완기 혈압이 각각 21.2%, 10.4%씩 증가 하였다고 보고 하였다. 정경수와 정낙수<sup>17)</sup>는 슬관절의 굴근과 신근에 저속도(60°/sec)와 중속도(180°/sec), 고속도(300°/sec)의 등속성 운동시 심혈관계의 변화를 알아보기 위한 실험에서 운동속도가 감소할수록 우력이 증가되었고, 혈압도 증가하였으며(p<0.05), 심박동수가 운동전의 상태로 돌아가는데 필요한 시간이 길어졌다고(p<0.05) 하였다.

족관절에서의 등속성 운동 평가로는 강세윤 등<sup>5)</sup>이 1987년에 건강한 20대 남녀 40명을 대상으로 30°/sec와 120°/sec의 운동속도로 배측, 척측굴곡근의 근력을 슬관절을 신전시킨 상태와 90° 굴곡시킨 상태에서 평가 비교하여 슬관절 신전시에 최대우력치가 더 컸다고 보고한 연구가 있었다.

표 1 국내에서 시행 한 등속성 운동을 이용한 연구 사례

연구자	년도	실험부위	이용속도	실험대상
하권익 외 3	1984	슬관절 신근, 굴근	60°, 180°/sec	건강남여20-50대160명
강세윤 외 2	1986	슬관절 신근, 굴근	60°, 180°/sec	건강 남여 20대 20명
김진호 외 1	1987	슬관절 신근, 굴근	60°, 180°/sec	건강남여20-60대160명
강세윤 외 2	1987	족관절 배, 척측굴근	30°, 120°/sec	건강 남여 20대 40명
강세윤 외 2	1988	하지 관절 주위근	30°, 60°/sec	건강남여20-70대120명
김진호 외 3	1989	견관절 주위 근육	60°, 180°/sec	건강 남여21-60세118명
한태륜 외 1	1989	주관절 신근, 굴근	60°, 180°/sec	건강남여20-50대 42명
윤승호 외 3	1990	슬관절 굴근, 신근	60°, 180°/sec	건강 남여 20대 40명
강세윤 외 2	1990	완관절 굴근, 신근	60°/sec	건강 남자20-30대,40명
한태륜 외 2	1990	슬관절 굴근, 신근	60°, 180°/sec	반월판절제술 55명
윤태식 외 3	1990	슬관절 굴근, 신근	60°, 120°, 180°/sec	축구,일반 남20대30명
강세윤 외 2	1991	견갑부 주위 근육	60°, 150°/sec	건강 남여 20대, 20명
윤태식 외 3	1991	슬관절 신근, 굴근	0°/sec	건강 남 20-40대, 60명
강성용 외 3	1991	슬관절 신근, 굴근	30°-270°/sec	건강 남자 20대, 14명
전중선 외 2	1991	슬관절 신근, 굴근	60°, 120°/sec	편마비 환자, 12명
강세윤 외 2	1991	주관절 신근, 굴근	60°, 180°/sec	건강 남녀 20대 40명
박내진 외 2	1993	견, 주관절 신, 굴근	60°/sec	뇌성마비 10대 9명
정경수 외 1	1994	슬관절 굴근, 신근	60°-300°/sec	건강 남자 20대 20명
유병규 외 1	1994	주관절 주위근	60°-240°/sec	건강 남자 20대 20명



편마비 환자를 대상으로 한 연구로는 전중선 등<sup>16)</sup>이 6주간의 등속성운동이 느린속도나 빠른 속도에서 모두 우력의 유의한 증가가 있었으며, 특히 빠른 속도로 운동한 환자들이 느린 속도로 운동한 사람들 보다 근력의 향상이 더 좋았다고 하였다. 임상에서 적절한 적용방법으로는 느린 속도로 치료를 시작하여 동기유발을 일으키고 난 후 점차 운동속도를 빠르게 증가시키는 것이 효과적인 방법이다<sup>11)</sup>.

동결견(frozen shoulder) 환자를 대상으로는 한 연구는 김진호 등<sup>9)</sup>이 일반적인 치료 후에 치료효과를 평가하기 위한 방법으로 등속성 검사를 시행한 예가 있다.

반월판 절제술 전후에 근력의 변화를 알아보기 위해 한태륜 등<sup>10)</sup>은 고속도와 저속도의 등속성 운동검사로 조사한 결과, 반월판 손상시 환측, 건측의 굴곡근, 신전근은 약 10% 내외의 근력의 약화를 가져 온다고 하였고, 근력은 회복은 서서히 증가하여 약 6개월 후이나 정상에 가깝게 된다고 하면서, 수술후 운동은 초기에는 특히 신전근의 근력강화에 중점을 두고 고속도에서의 운동이 효과적이라고 하였다.

뇌성마비환자를 대상으로 등속성 운동검사를 적용한 예로는 박내진등<sup>11)</sup>이 의자차 에르고미터(wheelchair ergometer)의 운동효과를 평가하기 위해 60°/sec에서 상지 관절의 근력을 평가한 연구가 있었다.

## V. 결 론

근육의 운동이나 근력을 강화시키는데는 등장성, 등척성, 등속성운동의 방법을 사용할 수 있다. 등속성 운동 원리를 이용한 근력의 평가는 관절운동의 어느 지점에서의 근력측정과 운동속도에 따른 근력의 변화, 상호작용을 하는 길항근간의 근력 비교, 좌우측의 근력비교등을 가능하게 해 주는 등, 근력을 객관적이고, 정확하게 평가할 수 있는 매우 효과적인 방법으로 재활의학이나 스포츠의학에서 많은 호응을 받으며 사용되어지고 있다.

등속성 운동 검사로는 근력을 대표하는 최대우력(peak torque), 최대우력이 발생되는 관절의 각도(angle at peak torque), 길항근간의 근력 비교(peak torque ratio in antagonist), 좌우측간의 근력 비교, 근지구력률(muscle endurance ratio), 총일량(total work)등의 사항들을 평가 할수 있다. 평가시 주로 사용되는 운동속도로 저속도는 30°/sec나 60°/sec를, 고속도는 120°/sec나 180°/sec를 주로 적용하고 있었다.

점차 영역이 넓어지고 있는 물리치료분야에서도 이러한 등속성 운동의 원리를 이용한 운동을 적극적으로 사용되어졌야 할 것이다. 지금까지 우리나라에서 이루어져 온 등속성운동에 관한 연구들은 대부분이 정상인을 대상으로 정상 데이터를 얻고자 이루어진 연구들이었다. 이것은 이 운동원리가 도입되는 단계인 것과 관련이 있을 것이다. 이러한 연구들을 기초로 하여 물리치료분야에서도 다양한 질환이나 손상의 정도를 평가하거나, 치료효과를 비교, 평가하는데 이 운동원리를 이용한 평가기구의 적용이 활발해 지기를 바란다.

## 참 고 문 헌

1. 강성웅, 문재호, 조정자, 신정순 : 슬관절 신근과 굴근의 등속성운동 효과에 관한 연구. 대한재활의학회지 15(1); 77-88, 1991.
2. 강세윤, 김윤태, 최익환 : 정상 성인에 있어서 연령에 따른 하지근의 등속성운동 평가. 대한재활의학회지. 12(1); 96-110, 1988.
3. 강세윤, 박주현, 황지혜 : 주관절 신근 및 굴근의 등속성 근력 평가. 대한재활의학회지 15(1); 34-39, 1991.
4. 강세윤, 배진홍, 김혜원 : 건강한 한국 청년의 주관절 각도에 따른 완관절 굴근 및 신전근의 등속성 근력 평가. 대한재활의학회지. 14(1); 110-114, 1990.

5. 강세윤, 서경묵, 최익환 : 족관절의 배측 및 척측굴곡근의 등속성운동 평가. 대한스포츠의학회지 5(1) ; 65-73, 1987.
6. 강세윤, 정양기, 안용팔 : 20대 건강한 청년의 슬관절 신전근 및 굴곡근에 대한 등속성운동검사. 대한재활의학회지 10(2) ; 116-123, 1986.
7. 강세윤, 최은석, 유현주 : 정상 청년의 견갑부 주위 근육에 대한 등속성 근력 평가. 대한재활의학회지. 15(4) ; 431-440, 1991.
8. 김진호, 김상범 : 한국 정상 성인의 슬관절 신근 및 굴근에 대한 등속성운동평가. 대한재활의학회지 11(2) ; 173-183, 1987.
9. 김진호, 한태륜, 김상범동결견에 있어서 견관절 주위근에 대한 등속성 운동평가. 대한재활의학회지. 12 ; 136-147., 1988.
10. 김진호, 한태륜, 이경무, 김상규 : 한국 정상 성인의 견관절 주위 근육에 대한 등속성 근력 평가. 대한재활의학회지. 13(1) ; 53-60, 1989.
11. 박내진, 임인혁, 정경수 : 뇌성마비 아동에 있어서 의자차 에르고미터 운동의 효과. 대한물리치료사학회지 14(3) ; 33-39, 1993.
12. 유병규, 정경수 : 주관절 굴곡근과 신전근 및 요척관절 회외근과 회내근에 대한 등속 근력평가. 대한물리치료사학회지 15(1) ; 43-51, 1994.
13. 윤승호, 남명호, 김은이, 선광선 : 충남의대 학생들의 슬관절 주위근에 대한 등속성운동 평가. 대한재활의학회지 14(2) ; 268-276, 1990.
14. 윤태식, 김애영, 김주섭, 신정순 : 슬관절 등척성 수축시 우력 양상과 심혈관계에 미치는 영향. 대한재활의학회지. 15(4) ; 387-397, 1991.
15. 윤태식, 전세일, 신정순, 박병권 : 대학축구 선수와 일반대학생의 슬관절 등속성운동 비교. 대한재활의학회지 14(2) ; 260-267, 1990.
16. 전중선, 신정순, 전세일 : 편마비환자에 대한 등속성 운동치료의 효과. 대한재활의학회지. 15(1) ; 57-66, 1991.
17. 정경수, 정낙수 : 정상인의 무릎관절에 있어 등속성 운동시 우력양상과 심혈관계의 변화. 대한물리치료사학회지 15(1) ; 81-87, 1994.
18. 하권익, 한성호, 정민영, 유신철 : 등속성운동기구(isokinetic equipment)를 이용한 슬관절 굴곡 및 신전근의 근력평가에 대한 연구. 대한정형외과학회지 19(6) ; 1043-1050, 1984.
19. 한태륜, 김상규, 성상철 : 반월판 절제술후의 슬관절부 근육의 등속성 근력 평가. 대한재활의학회지. 14(1) ; 102-109, 1990.
20. 한태륜, 김상규 : 근력측정에서 등속성측정 방법과 근전도 측정방법의 비교. 대한재활의학회지 13(2) ; 239-247, 1989.
21. Baltzopoulos V, Brodie DA : Isokinetic dynamometer, applications and limitation. Sports Medicine. 8(2) ; 101-116, 1989.
22. Barnes WS : The relationship of motor-unit activation to isokinetic muscular contraction at different contractile velocities. Phys Ther 60 ; 1152-1158, 1980.
23. de Lateur B, Lehmann JF, Warren CG, Stonebridge J, Funita G, Cokelet K, Egbert H : Comparison of effectiveness of isokinetic and isotonic exercise in quadriceps strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 53 ; 60-64, 1972.
24. Elliott J : Assessing muscle strength isokinetically. JAMA 240 ; 2408-2410, 1978.
25. Falkel J : Plantar flexor strength testing using the Cybex isokinetic dynamometer. Phys Ther 58 ; 847-850, 1978.
26. Fillyaw M, Bevins T, Fernandez L : Importance of correcting isokinetic peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios. Phys Ther 66 ; 23-31, 1986.

27. Fugl-Meyer AR : Maximum isokinetic ankle plantar & dorsiflexion torque in trained subjects. *Europ J Appl Phys* 47 ; 393-404, 1981.
28. Gleim G, Nicholas J, Weff J : Isokinetic evaluation following leg injuries. *Physical Sports Medicine* 6 ; 75-82, 1978.
29. Goslin BR, Charteris J : Isokinetic dynamometer; normative data for clinical use in lower extremity(knee) cases. *Scand J Rehab Med* 11 ; 105-109, 1979.
30. Hislop HJ, Perrine JJ : Isokinetic concept of exercise. *Phys Ther* 47(2) ; 114-117, 1967. Instruction manual for the Cybex-1200. Isokinetic testing & exercise system. Ver 7.01 . Cybex Division of Lumex Inc, Ronkonkoma, 1993.
32. Kisner C, Colby LA : Therapeutic exercise, foundations and techniques. 2ed, F. A. Davis. Yeong Mun Publishing Company, Seoul, 1985, pp 102-105.
33. Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braun J : Isometric, isotonic and isokinetic torque variations in four muscle groups through a range of joint motion. *Phys Ther* 63 ; 938-947, 1983.
34. Kotte FJ, Lehmann JF : Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation. W. B. Saunders, 1990, pp 480-517.
35. Laird CE, Rozier Ck : Toward understanding the terminology of exercise mechanics. *Phys Ther* 59 ; 287-292, 1979.
36. Moffroid MT, Whipple R, Hofkosh J, Lowman E, Thistle H : A study of isokinetic exercise. *Phy Ther* 49 ; 735-746, 1969.
37. Moffroid MT, Whipple RH : Specificity of speed of exercise. *Phys Thera.* 50(12) ; 1692-1700, 1978.
38. Murray MP, Gardner GM, Mollinger LA, Sepic SB : Strength of isometric and isokinetic contractions. knee muscles of man aged 20 to 86. *Phys Thera.* 60(4) ; 412-419, 1980.
39. Osternig LR, Bates BT, James SL : Isokinetic & isometric torque force relationship. *Arch Phys Med Rehab* 58 ; 254-257.
40. Pipes TV, Wilmore JH : Isokinetic vs isotonic strength training in adult men. *Med Sci Sports Exerc* 7(4) ; 262-274, 1975.
41. Thistle HG, Hislop HJ, Mafford M, Lowman EW : Isokinetic contraction : a new concepts of resistive exercise. *Arch Phys Med Rehabil.* 48 ; 279-282, 1967.
42. Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J : Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal Apply Physical* 40 ; 12-16, 1976.
43. Winter DA, Wells RP, Orr GW : Errors in the use of isokinetic dynamometers. *Eur J Appl Physiol* 46 ; 397-408, 1981.