

등속성 운동시 각속도에 따른 총 일량 (total work)의 변화

김도희, 박영석, 윤장원
연세대학교 보건과학대학 재활학과

김 종 만
연세의료원 재활병원 물리치료실

Abstract

Total Work Changes at Different Angular Velocities during Isokinetic Exercise

Kim Doe-hee, B.H.Sc., R.P.T.

Park Young-seogk, B.H.Sc., R.P.T.

Yoon Zang-whon, B.H.Sc., R.P.T.

*Dept. of Rehabilitation, College of Health Science,
Yonsei University*

Kim Jong-man, B.H.Sc., R.P.T., O.T.R.

*Dept. of Physical Therapy, Yonsei Rehabilitation Hospital,
Yonsei University Medical Center*

In general, research in isokinetic exercise has focussed on studies of peak torque. However, peak torque is not always sufficient to assess the real amount of motion or to determine endurance. In this study, the subjects were 54 healthy students who performed continuous maximal isokinetic knee flexion and extension until their total work per time reached 50% of their maximal total work. Isokinetic curves were then plotted. Total work sums, exercise durations in seconds, and the numbers of repetitions were compared with reference to subject gender, angular velocity and muscle group. The relationship between total work sum, duration and number of repetition and thigh circumference plus leg length was computed. In addition, the characteristics of total work per second and total work per time were calculated. Results showed the total work sums differed greatly from muscle group to muscle group and with different angular velocities. The duration in seconds and the numbers of repetition differed only at higher angular velocity. Males achieved higher levels in every category except for some duration in seconds and some numbers of repetitions. Thigh circumference and leg length were deciding factors in every case, but duration in seconds and number of repetitions were not. These results suggest that measures of endurance should be included along with measures of total work when isokinetic studies are done. Measures of endurance in seconds are more accurate when isokinetic exercise is performed at lower angular velocities and numbers of repetitions at higher angular velocities.

Key Words : Isokinetic exercise; Muscular endurance; Total work; Endurance curve.

I. 서론

등속성 운동(isokinetic exercise)이란 미리 고정된 속도(pre-set fixed speed)의 형태를 갖춘 근력계(dynamometer)를 이용하여 속도를 일정하게 고정시켜서 전관절가동범위에서 최대의 동적부하(maximal dynamic loading)가 가능하게 하는 것이다. 이러한 등속성 운동은 첫째, 전관절가동범위(full range of motion)를 통하여 근육의 최대 능력을 발휘하게 하고, 둘째, 환자에게 위험을 최소화하여 안전하며, 셋째, 통증을 조절할 수 있고, 넷째, 피로의 조절이 가능하며, 다섯째, 환자에게 되먹임(feedback)을 유발시켜준다는 장점이 있다. 특히 등속성 기구는 다른 측정기구에 비해 사람을 대상으로 한 실험에서 용이하고 정확한 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

등속성 운동을 할 경우 측정되는 변수(parameter)들로써는 최대 우력(peak torque), 최대 우력의 발생각(angle of peak torque), 평균 힘(average power), 총 일량(total work) 등이 있다. 기존의 등속성 운동에 대한 연구에서는 대부분 최대 우력을 운동량의 척도로 하였다(Barnes, 1981; Patton 등, 1978). 최대 우력이란 전관절가동범위에서 발생하는 우력값 중 가장 높은 값을 의미한다. 그러나 다음과 같은 제한점때문에 최대 우력을 근육의 운동량으로 간주하는 것은 적절하지 않다. 첫째, 최대 우력이 발생하는 관절각(joint angle)은 운동과 각속도에 따라 변화되어 각 근육군(muscle group)에서 근육의 길이와 모멘트팔(moment arm)이 모든 각속도에서 변화를 가지며 둘째, 관절이 손상당한 경우에는 최대 우력의 발생각(angle)에 영향을 미치므로 표준화하기 힘들다

(Prietto와 Caiozzo, 1989). 셋째, 전관절가동범위를 운동할 때, 비정상적인 곡선(uneven abnormal curve)를 이루면서 우력이 발생되면 그 회에 운동한 것은 정상적인 것과 구분되어야 한다(Rothstein, 1990). 왜냐하면 비정상적인 곡선에서는 최대 우력이 정상일 때와는 다른 각도에서 생기기 때문이다. 그러므로 최대 우력을 기준으로 한 연구에서는 근육이 한 정확한 일량을 나타낼 수 없다는 단점이 있다. 위의 변수들 중에서 총 일량이란 반복 운동(repetitive exercise) 중 전관절가동범위에서 근육이 한 일의 양을 의미한다. 본 연구에서는 최대 우력보다는 총 일량이 근지구력의 척도로 더 적합하다는 Holmes와 Alderink(1984)의 연구에 이론적인 근거를 두었다.

본 연구의 목적은 첫째, 등속성 운동시 총일량의 변화를 알아보고 둘째, 두가지 각속도에서 등속성 근지구력 운동을 시행하였을 때, 반복 횟수뿐만 아니라 지속 시간을 고려하여 보다 개선된 근지구력 평가방법을 제시하는 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

무릎관절 수술을 받았거나 병력이 없었던 건강한 만 18세~30세의 지원자 54명을 연구 대상으로 하였다. 이들은 모두 실험에 대한 설명을 듣고 실험에 참가하겠다는 동의서에 서명하였다. 연구 대상자들은 남자 34명, 여자 20명이었으며, 나이, 허벅지 둘레와 다리길이의 분포는 표1과 같다.

표1. 연구 대상자의 일반적인 특성

성별	수(명)	나이(세)	허벅지 둘레		다리 길이	
			오른쪽(cm)	왼쪽(cm)	오른쪽(cm)	왼쪽(cm)
남	34	21.4 ±2.6	43.8 ±3.6	44.2 ±3.4	91.1 ±3.6	90.8 ±3.3
녀	20	20.6 ±1.0	41.3 ±2.6	41.3 ±2.7	83.8 ±4.7	84.0 ±4.7
전체	54	21.1 ±2.2	42.9 ±3.5	43.1 ±3.4	88.4 ±5.4	88.3 ±5.1

2. 실험 방법

연구자는 피험자들의 양쪽 하지 무릎관절에 등속성 운동을 실시하였다. 등속성 근지구력 운동을 실시하기 위하여 사이벡스 340¹⁾(cybex 340)을 사용하였다. 모든 피험자에게는 각속도 60°/sec와 180°/sec상태에서 운동이 수행되었으며, 항상 왼쪽 다리, 오른쪽 다리 순으로 실시하였다. 이 연구에서 등속성운동시 각속도를 Holmes와 Alderink(1984)의 연구, 그리고 Kaufman 등(1991)의 연구에 근거하여 60°/sec와 180°/sec로 정하였다.

실험 전 피험자는 약 10분간의 휴식을 취하고 2분정도 주위를 걸으며 준비운동(warm-up exercise)을 하였다(Holmes와 Alderink, 1984). 실험자는 피험자에게 운동에 방해가 되지 않는 편안한 옷을 착용시켰다. 그리고 피험자는 의자의 끝에 걸터앉아 슬개골(patella)의 위쪽끝(upper margin)으로부터 15 cm에서 허벅지의 둘레(thigh circumference)를 측정하였고 피험자는 누워서 위앞쪽 장골가시(anterior superior iliac spine)의 바로 위에서부터 내측 복사뼈(medial malleolus)까지의 실제 다리길이(true leg length)를 측정하였다.

피험자의 자세를 일관성 있게 하고, 대리운동(substitution)을 최소화하기 위해 1) 피험자는 사이벡스의 의자에 둔부를 뒤로 바짝 붙여 앉아 등을 등받이에 밀착시켰고, 2) 정면을 바라보는 상태로 고정띠(seat belt)로 운동하는 쪽 어깨부터 반대쪽 허리를 지나도록 고정시켰으며, 3) 운동하는 하지는 허벅지에 띠(strap)를 사용하여 고정하였고, 4) 기계로부터 발목에 저항을 주도록 장치하였다. 운동을 하는 동안 손이 다른 곳을 잡으면 팔에 힘을 주게 되어 운동에 영향을 끼치게 되기 때문에 팔짱을 끼어 보상작용을 줄이도록 하였다.

왼쪽 다리로 임의로 선택된 속도의 운동을 수행한 후 약 10분간 휴식하면서 2분정도는 걸으면서 다음에 운동할 다리의 준비운동과 운동을 끝낸 다리의 정리운동(cool-down exercise)을 하였다. 그런 다음 오른쪽 다리로 나머지 속도에서 운동을 하였다.

등속성 운동의 수행은 1) 정해진 자세에서 두 세차례 연습하여 운동에 적응하도록 하고 난 후, 2) 피험자는 실험자의 “준비--시작”이란 말에 따라 운동을 시작하게 되고 이 때 실험자는 초시계(stop watch)로 운동 시간을 측정하였다. 3) 한 실험자는 매회 가능한 최선을 다 하도록 구두로 지시하였고 다른 실험자는 모니터에 측정되는 매회의 총 일량을 기록하였다. 4)운동은 최대 총 일량의 50%에 도달할 때까지 지속되었다. 각각의 실험자가 등속성운동시에 최대 총 일량의 50%에 도달하였을 때 피험자 스스로 운동을 중단하는 등의 혼란을 막기 위해 “스톱(stop)”이나 “그만”이라고 하는 대신 미리 정해 놓은 “길동/신사동”이란 암호를 사용하였다.

3. 분석 방법

각속도가 60°/sec와 180°/sec에 따라 두 운동근육의 총 일량의 합, 지속 시간, 반복 횟수를 비교하고, 운동근육에 따라 각속도의 총 일량의 합, 지속 시간, 반복 횟수를 비교하기 위해 짝비교 t-검정(paired t-test)을 하였다. 성별이 총 일량의 합과 지속 시간, 반복 횟수에 미치는 영향을 알아보기 위해 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였으며, 허벅지 둘레와 다리 길이가 미치는 영향을 보기 위해 회귀분석을 사용하였다. 유의수준은 0.05로 하였다.

Ⅲ. 결과

1. 총 일량 평균의 변화에 따른 남녀와 전체의 비교

막대의 정상을 잇는 선은 지구력 곡선(endurance curve)을 나타내고 있다. 그 면적은 총 일량의 합을 나타낸다. 지속 시간은 그래프의 시작부터 끝까지의 시간을 측정한 것이다. 남녀 모두 운동 초기에는 완만한 기울기를 보이다가 급하게 떨어지다 다시 완만해진다. 여자의 경우는 25회, 남자는 28회가 최고 반복 횟수이다. 남자가 여자에 비해 다소 급한 기울

1) Cybex, Division of Lumex, Inc, 2100 Smithtown Ave, Ronkonkoma, NY 11779.

기를 이루고 있다. 전체 평균 곡선이 후반에 약간 올라가는 것은 표본의 수가 횡수가 반복

될수록 줄어들었기 때문이다. 최고값은 운동 초기부터 나왔다(그림1).

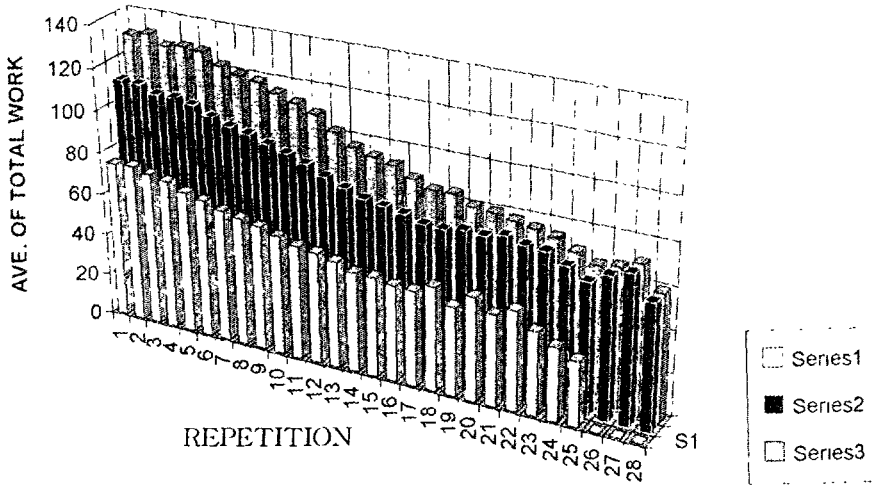


그림1. 60°/sec에서 펴짐근의 근지구력 곡선
Series1 : 여자 평균, Series2 : 전체 평균, Series3 : 남자 평균

180°/sec에서의 남자는 거의 일정한 기울기로 여자는 횡수가 반복될수록 완만한 기울기를 보이고 있다. 남자의 기울기가 여자의 기울기보다 급했다. 남자는 30회까지 여자는

26회가 최대 반복 횟수였다. 그림1에 비해서 최대 총 일량의 값이 더 나중에 나오고 있다. 총 일량이 떨어지는 기울기는 전체적으로 비슷하였다(그림 2).

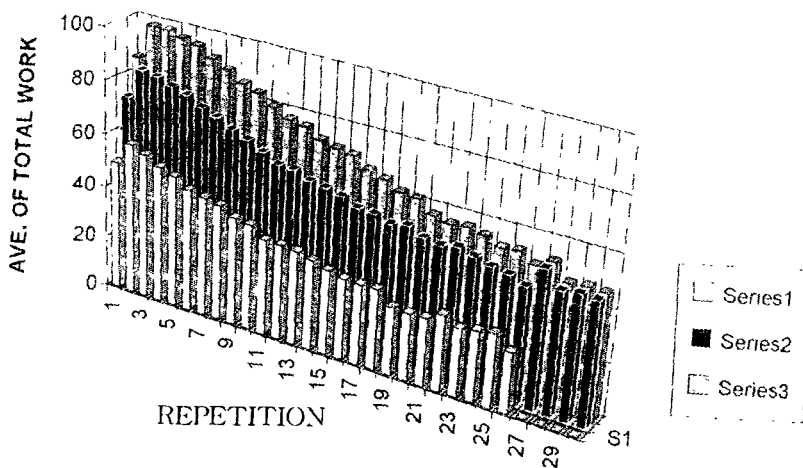


그림2. 180°/sec에서의 펴짐근의 근지구력 곡선
Series1 : 여자 평균, Series2 : 전체 평균, Series3 : 남자 평균

여자는 남자에 비해 매회 떨어지는 폭이 적었다. 최대 총 일량의 값이 처음이 아닌 몇회 반복 후 나왔다. 남녀 모두 최대 30회까지 반복을 수행했다. 그림1과 비교해 볼 때

보다 완만한 기울기를 나타내고, 보다 낮은 총 일량 값을 보인다. 그리고 그림1보다 곡선이 덜 완만하였다(그림3).

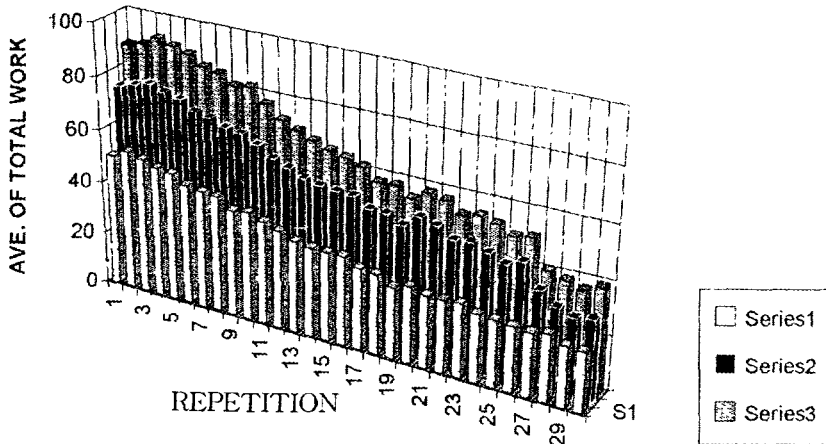


그림3. 60°/sec에서 굽힘근의 근지구력 곡선
Series1 : 여자 평균, Series2 : 전체 평균, Series3 : 남자 평균

남녀 모두 최대 30회까지 반복했다. 여자가 남자보다 다소 완만한 기울기를 갖었다. 이상의 4개의 곡선들 중 가장 매끄럽게 만들어졌다. 초반과 후반의 기울기는 중반부보다 더 완만(revert sigmoidal curve)하다. 그림2

보다 더 완만하며, 더 작은 폭의 감소를 갖으며 최대 총 일량이 더 일찍 나온다. 그림3과 비교해 보아도 더 완만하고 매끄럽고 남녀차가 계속 유지되고 있다. 중후반부의 기울기가 현격히 완만해지고 있다(그림4).

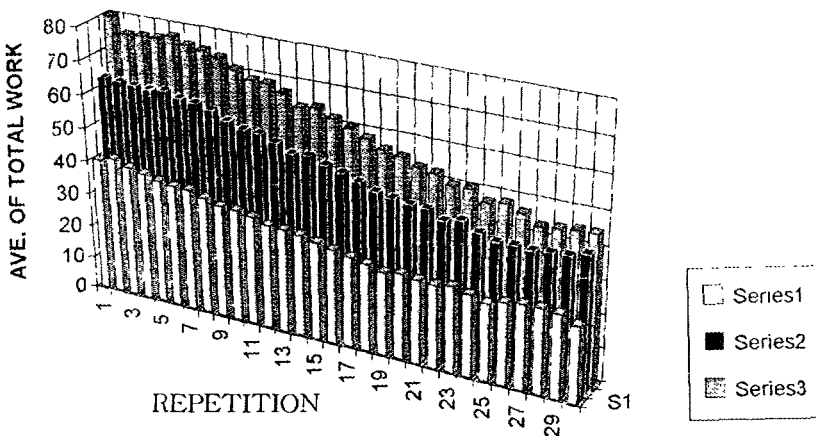


그림4. 180°/sec에서 굽힘근의 근지구력 곡선
Series1 : 여자 평균, Series2 : 전체 평균, Series3 : 남자 평균

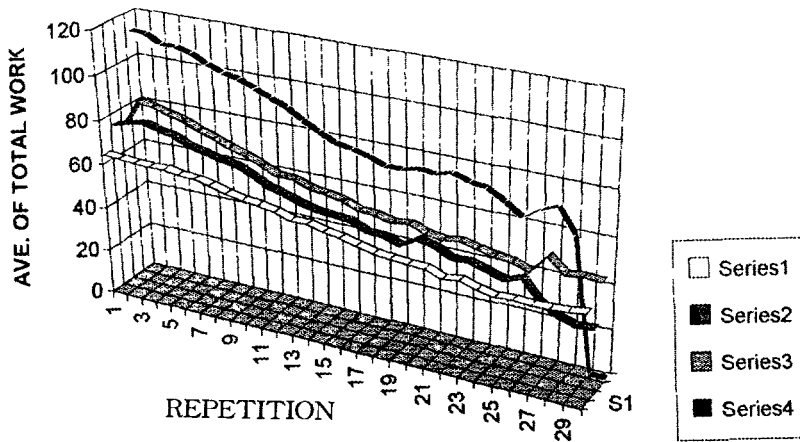


그림5. 각 경우의 전체에서 근지구력 곡선
Series1 : 굽힘근 180°/sec, Series2 : 굽힘근 60°/sec
Series3 : 펴짐근 180°/sec, Series4 : 펴짐근 60°/sec

60°/sec에서의 펴짐근은 가장 높게 위치하고 있으며, 180°/sec에서의 굽힘근이 가장 낮은 총 일량을 보이고 있다. 60°/sec에서의 굽힘근과 180°/sec에서의 펴짐근은 곡선이 비슷하게 나타나다가 후반에는 충분한 표본의 수를 가지지 못하므로 차이가 있었다. 앞쪽 세개의 곡선의 기울기가 큰 차이를 보이지 않았다. 펴짐근은 각속도에 따라 총 일량의 값에

차이를 보이는 반면, 굽힘근의 경우는 큰 차이가 없었다(그림5).

60°/sec에서 펴짐근과 굽힘근간에 총 일량 합에는 차이가 있었고 지속 시간과 반복 횟수에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 반면에 180°/sec에서는 지속 시간과 반복 횟수에서 펴짐근보다 굽힘근의 값이 더 높게 나타났으나, 총 일량 합에서는 별 차이를 보이지 않았다(표2).

표2. 각속도에 따른 굽힘과 펴짐의 비교

각속도	총 일량 합	지속 시간	반복 횟수
60o/sec	p=0.00*	p=0.25	p=0.62
180o/sec	p=0.14	p=0.00**	p=0.00**

* : 펴짐근>굽힘근 ** : 펴짐근<굽힘근

펴짐근에서 반복 횟수는 각속도간에 차이가 없었고, 그런만큼 속도가 느린 60°/sec에서의 지속 시간이 더 길었으며, 총 일량은 느린 속도에서 더 높은 값이 나왔다. 굽힘근의 경우

에는 횟수가 180°/sec에서 더 많았고, 시간은 60°/sec에서 더 길었으며, 총 일량의 합에는 각속도간에 차이가 없었다(표3).

표3. 운동근육에 따른 각속도의 비교

운동근육	총 일량 합	지속 시간	반복 횟수
펴짐근	p=0.00*	p=0.00*	p=0.06
굽힘근	p=0.16	p=0.00*	p=0.00**

* : 60>180 ** : 60<180

폐집근에서 초당 총 일량은 180°/sec가 더 컸고, 1회 반복시 총 일량은 60°/sec가 더 크게 나타났다. 그리고 굽힘근에서 초당 총 일량이 폐집근에서와 마찬가지로 180°/sec에서 더 컸지만, 1회 반복시 총 일량은 각속도간에 유의한 차이가 없었다(표4).

표4. 운동 근육별 효율

운동근육	총 일량 합/지속 시간	총 일량 합/반복 횟수
폐집근	p=0.00*	p=0.00**
굽힘근	p=0.00*	p=0.25

* : 60<180 ** : 60>180

성별간에서는 총일량의 경우 각속도와 운동근육에 상관없이 모두 남자가 더 나왔다. 그러나 지속 시간과 반복 횟수에서 보면 60°/sec에서 폐집근에서는 남자가 여자보다 더 오래 그리고 많이 운동을 하였으나, 굽힘근에서는 모두 남자와 여자사이에 유의한 차이가 없었다. 180°/sec에서는 운동 근육에 상관없이 지속 시간은 남녀별 유의한 차이가 없었으나 반복 횟수는 남자가 더 많았다(표5).

표5. 성별에 따른 차이

각속도	운동근육	총 일량 합	지속 시간	반복 횟수
60o/sec	폐집근	p=0.00*	p=0.00*	p=0.00*
	굽힘근	p=0.00*	p=0.56	p=0.11
180o/sec	폐집근	p=0.00*	p=0.08	p=0.00*
	굽힘근	p=0.00*	p=0.72	p=0.02*

* : 남>녀

허벅지 두께와 다리 길이는 총 일량의 합을 설명할 수 있는 변수로 채택되었으며, 각 근육과 각속도별 설명력은 19.9%에서 39.1%이었다(표6).

표6. 허벅지 두께와 다리 길이가 총일량의 합에 미치는 영향

각속도	운동근육	adjusted R2	모형
60°/sec	폐집근	39.1%	Y = -6664 +58.5 Tc + 67.5 Ll
60°/sec	굽힘근	19.9%	Y = -2925 +20.8 Tc + 37.3 Ll
180°/sec	폐집근	33.6%	Y = -4441 +30.0 Tc + 51.3 Ll
180°/sec	굽힘근	34.7%	Y = -4214 +41.6 Tc + 42.5 Ll

Y: 총 일량의 합, Tc : 대퇴둘레, Ll : 다리 길이

한편 근지구력의 척도로 알려진 지속시간이나 반복횟수는 총일량의 합을 설명하지 못하였다.

IV. 고찰

이 연구에서는 등속성운동과 관련하여 반복 횟수와 지속시간을 고려하지 않은 연구의 문제점(Barnes, 1981; Patton 등, 1978)을 보완하여, 각속도에 따른 근지구력 측정을 위해 최대 총 일량의 50%에 이르기까지의 지속 시간과 반복 횟수에 따라 총 일량이 어떻게 달라지는지, 그리고 그 변화되는 값을 측정하였다. 이 연구에서 최대 총 일량의 50%를 근지구력의 기준으로 삼은 것은 근지구력 측정시 최대 수축으로부터 시작하여 수축력이 최대 우력의 50%로 감소할 때까지 반복운동을 하게 하여 그 반복 횟수로 근지구력을 평가하는 방법(황수관, 1988)을 응용한 것이다. 지속 시간과 반복 횟수를 함께 보았던 이유는 각속도에 따라 1회 운동하는데 소요되는 시간(이 지속 시간과 반복 횟수)이 달라지기 때문이다. 즉 같은 시간 동안 운동을 지속했을 경우, 60°/sec보다는 180°/sec에서 운동이 많은 수의 반복을 하기 때문에 총 일량의 변화과정도 각속도에 따라 차이가 있기 때문이다. 이 연구에서는 지속 시간과 반복 횟수를 모두 측정하여 총 일량의 변화에 무엇이 더 큰 영향을 끼치는 가를 알아 보았다.

그리고 총 일량의 합을 각각 지속 시간과 반복 횟수로 나눠 그 값을 각속도와 운동 근육에 따라 어떻게 다른지를 비교해 보았다. 한편 운동에 앞서 피험자의 허벅지 둘레와 다리 길이를 측정하여 그것이 총 일량, 지속 시간, 반복 횟수와 어떠한 관계가 있는지 알아보았다. 이 연구에서 무릎관절을 등속성운동을 수행하는 관절로 정한 이유는 무릎관절의 펴짐근인 대퇴네갈래근(quadriceps femoris muscle)의 근섬유 구성비가 약 4:6으로 타입I 근섬유(type I muscle fiber)의 비율이 적어(Johnson 등, 1973) 상대적으로 빨리 근지구력이 떨어지기 때문에(Milner-Brown, 1986) 실험에 걸리는 시간을 단축할 수 있기 때문이다. 그뿐아니라 사이백스 340에서 앉은 자세에서 무릎관절의

굽힘근과 펴짐근의 힘이 최대로 나온다고 하기 때문이고 또한 환자에게 편리하고 안정적이기 때문이다.

무릎관절을 굽히는 근육(flexor muscle)들 중 주동근은 무릎굽힘근(hamstring muscle)이고, 펴는 근육(extensor muscle)들 중 주동근은 대퇴네갈래근이다. 이 무릎 주위의 근육은 하지에 안정성과 운동성을 제공한다. 이 근육들은 관절 위치의 변화에 따른 모멘트팔(moment arm)의 변화에 영향을 받는다(Norkin과 Levangie, 1988). 주로 무릎 관절을 움직이는 두 근육 중 타입II 근섬유(type II muscle fiber)의 비율은 무릎굽힘근보다는 대퇴네갈래근이 더 높다(Johnson 등, 1973). 또한 일반적으로 무릎굽힘근이 대퇴네갈래근보다는 더 오래 운동을 지속한다고 알려져 있다.

본 연구의 결과, 60°/sec에서 펴짐근과 굽힘근간에 총 일량 합에는 차이가 있었고 지속 시간과 반복 횟수에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이것은 펴짐근이 굽힘근보다 일회 운동시 더 많은 총 일량을 보였기 때문이다. 반면, 180°/sec에서는 지속 시간과 반복 횟수에서 펴짐근보다 굽힘근의 값이 더 높게 나타났으나, 총 일량 합에서는 별 차이를 보이지 않았다. 각속도에서 근육간의 총 일량의 비교에서는 굽힘근과 펴짐근이 각속도가 높아질수록 그 합에 차이가 없어졌다. 이는 Hageman 등(1988)의 연구 결과와 유사한 것으로, 최대 우력으로 한 실험의 결과와 총 일량으로 한 실험의 결과와 힘과 속도간의 관계(force-velocity relationship)에서는 비슷하게 나왔다는 것을 의미한다. 이것은 굽힘근군이 펴짐근군보다 빠른 속도에서의 지구력이 높기 때문인데 각 근육군 고유의 근섬유의 구성이 서로 다른 구성비율을 이루고 있는 것이 이와 같은 결과를 가져오는 원인이 될 것이다.

운동근육별로 각속도에 대해서 분석한 결과, 펴짐근의 경우 반복 횟수는 각속도간에 차이가 없었고, 속도가 느린 60°/sec에서의 지속 시간이 더 길었으며, 총 일량은 느린 속도에서 더 높은 값이 나타났다. 이것은 펴짐근의 총 일

량이 최대값의 50%까지 떨어질 때 각속도에 상관없이 반복 횟수가 일정 수준에 달한다고 말할 수 있다. 반면에 굽힘근의 경우에는 횟수가 180°/sec에서 더 많았고, 시간은 60°/sec에서 더 길었으며, 총 일량의 합에는 각속도간에 차이가 없었다. 그러므로 굽힘근의 경우 일정한 양이 되는 총 일량의 합에 도달할 때 시간과 횟수에 상관없이 최대 총 일량의 50%가 되므로, 총 일량이 50%까지 떨어지게 된 것은 총 일량의 합이 일정한 양에 도달했기 때문이다. 총 일량을 발휘한 양이 횟수가 반복될수록 총 일량을 떨어지게 하는데 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 이것은 굽힘근과 펴짐근의 지구력은 서로 다른 성질을 가진다는 것을 나타낸다. 펴짐근의 지구력은 반복 횟수가 가장 많은 영향을 미치고, 굽힘근의 지구력은 총 일량의 합이 가장 많은 영향을 미친다. 이것은 근지구력의 평가와 훈련시에 고려되어야만 한다.

총 일량의 합을 지속 시간과 반복 횟수로 나누어 운동 근육별로 분석해 본 결과, 즉 초당 총 일량과 1회 반복시 총 일량을 분석해 보면 펴짐근에서 초당 총 일량은 180°/sec가 더 컸고, 1회 반복시 총 일량은 60°/sec가 더 크게 나타났다. 이것은 180°/sec가 짧은 시간동안 더 많은 반복을 하였기 때문이다. 그러므로 등속성 근력계로 지구력을 측정하기 위해 느린 속도에서 초를 단위로 또는 빠른 속도에서는 횟수를 단위로 측정하는 것이 보다 정확할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 굽힘근에서 초당 총 일량이 펴짐근에서와 마찬가지로 180°/sec에서 더 컸지만, 1회 반복시 총 일량은 각속도간에 유의한 차이가 없었다. 이것은 굽힘근에서는 한번 수축할 때 두 각속도에서 비슷한 총 일량을 낸다는 것을 의미한다.

허벅지 둘레와 다리 길이는 이 연구 결과로는 총 일량에만 영향을 끼치는 것으로 보여지며, 지속 시간과 반복 횟수에는 특별한 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 이것은 허벅지의 둘레와 다리의 길이는 근육이 오래 운동할 수 있도록 하는 것에는 별 영향을 끼치지 않는

다는 것을 말한다.

성별에 따른 차이는 총 일량에서는 각속도와 근육에 상관없이 모두 남자가 더 높게 나왔다. 그러나 지속 시간과 반복 횟수에서 보면 60°/sec에서 펴짐근에서는 남자가 여자보다 더 오래 그리고 많이 운동을 하였으나, 굽힘근에서는 모두 성별에 따른 유의한 차이가 없었다. 이것은 남자가 총 일량 합은 더 많으나 굽힘근에서 지구력은 성별의 차이가 없다는 것을 나타낸다. 180°/sec에서는 운동 근육에 상관없이 지속 시간은 남녀별 유의한 차이가 없었으나 반복 횟수는 남자가 더 많았다. 그 이유는 첫째, 개개인마다의 관절가동범위가 다르기 때문이고, 둘째, 피험자들이 사이벡스가 지정된 속도이하로 운동한 경우는 기계에서 총 일량을 읽을 수 없기 때문에 지속 시간은 비슷하지만 반복 횟수가 다르게 나타날 수 있는 것이다.

Patton 등(1978)은 32명의 남녀 대상자들의 중간값을 기준으로 근력이 강한 군과 약한 군으로 나누어 지칠 때까지 주관절 굽힘을 계속적으로 반복하였다. 운동한 횟수가 모두 다르기 때문에 백분율시간을 사용하여 최대 우력이 떨어지는 그래프를 그렸다. 근력이 약한 남자군과 근력이 강한 여자군은 비슷한 기울기를 나타내고 있지만 다른 군은 기울기에 유의한 차이를 보였다. 근력이 강한 남자군이 가장 급하게 감소하였다. 이 연구는 각 군간의 서로 다른 반복을 했음에도 불구하고 백분율시간을 사용하여 기울기를 알아보았다. 상대적으로 빨리 피로에 도달한 군의 기울기가 완만해지기 때문에 백분율시간으로 나타낸 그래프상으로는 어느 군의 근지구력이 먼저 떨어지는지는 알 수가 없었다.

Barnes(1981)는 네가지 각속도에 대한 피로도 곡선(fatigue curve)을 그렸다. 각 각속도에서 10번의 반복을 통해 반복 횟수와 최초의 우력(initial torque)에 대한 백분율의 회귀방정식을 구했고 최초의 우력을 100으로 보고 각속도별로 피로도 곡선을 그렸다. 이 연구는 단지 10회의 반복만으로 피로도 곡선을 그렸는데 이것은 반복 횟수가 너무 적어 피로에 도달했

다고 볼 수 없다. 그리고 최초의 우력이 가장 큰 우력(maximal peak torque)과 같다고 볼 수 없다.

근지구력(muscular endurance)이란 한 근육군이 일정한 시간동안 최대하수축력(submaximal force)을 발휘하는 능력을 말한다(황수관, 1988). 지금까지 등속성 근지구력은 180°/sec에서 그 반복 횟수로 평가하고 측정되었다. 그러나 이 방법에서는 지속시간을 고려하지 않았다.

이 연구의 제한점은 실험 도구와 실험 방법에 대한 오차때문에 생길 수 있다. 우선 실험 도구에 대한 제한점으로는 사이백스 340의 각 부분에 매는 띠는 그 고정 위치와 강도에 있어서 조금의 대리운동이 일어날 수 있으며 이로 인한 오차가 생길 수 있다. 실험 방법에서의 오차는 허벅지 둘레와 다리 길이로 근육의 두께와 길이를 대치하여 그 상관성을 보았다는 것에서 나타날 수 있다. 허벅지 두께는 근육의 둘레가 아니고 다리 길이는 근육의 길이가 아니지만, 우리가 근육의 둘레나 그 길이를 측정하기에는 힘들었기 때문에 대신하였다. 그러나 이점도 서로 상관성이 있다고 나타났기 때문에 허벅지 두께나 다리 길이가 어느 정도는 대신할 수 있다고 보아진다. 그리고 실험하는 동안 실험자가 '더 힘차게' 등의 말로 독려(verbal command)할 때 그 소리의 강도와 빈도에 의한 차이가 있을 수도 있다. 또한 시간을 측정하는 실험자와 최대 총 일량의 50%로 떨어지는 것을 지켜보다 얘기해줄 때 그 전달하는 사이의 시간차가 있을 것으로 보아진다.

이 연구는 기존 논문의 최대 우력을 사용한 연구가 정확한 운동량의 척도로 사용될 수 없으므로 전관절가동범위에서의 우력을 모두 더한 총 일량으로 그 척도를 대치하여 사용하였다. 그러므로 지금까지의 다른 실험의 결과보다는 더 정확한 값이라 말할 수 있다. 앞으로는 총 일량을 근육의 운동량으로 하는 연구가 더욱 필요할 것이다.

이 실험을 한 후 기존의 근지구력의 평가와 훈련(muscle endurance assessment and training)에 대한 의문을 해결할 수 있었다. 지금까지

근지구력의 평가와 훈련은 일반적으로 빠른 속도에서 시행되어 왔다. 그러나 이 연구의 결과에 따르면 빠른 속도에서는 반복 횟수가 많은 대신 오랫동안 운동할 수 없기 때문에, 빠른 속도에서의 근지구력의 평가와 훈련은 단지 반복 횟수만이 고려된 것이며 그 운동의 지속 시간은 고려되지 않은 것이다. 그래서 오랫동안 운동을 지속할 수 있는 느린 속도에서의 평가와 훈련도 근지구력의 보다 정확한 평가와 강화를 위한 훈련에 필요하다. 그러므로 근지구력의 평가는 빠른 속도에서는 기존의 방법과 같이 최대 총 일량의 50%까지의 반복 횟수를 보고, 느린 속도에서는 최대 총 일량의 50%까지의 지속시간으로 평가하여야 하겠다. 그리고 훈련은 빠른 속도에서부터 시작하여 느린 속도까지 차근차근 시켜나가는 것이 좋을 것이다. 그리고 앞으로 이러한 근지구력의 평가와 훈련 방법에 대한 연구가 있어야 하겠다.

V. 결론

본 연구의 목적은 첫째, 등속성 운동시 총일량의 변화를 알아보고, 둘째, 두가지 각속도에서 등속성 근지구력 운동을 시행하였을 때, 반복 횟수뿐만 아니라 지속 시간을 고려하여 보다 개선된 근지구력 평가방법을 제시하는 것이다. 연구 대상은 여자 20명, 남자 34명, 총 54명의 지원자였다. 실험 기구는 사이백스 340을 사용하였으며 피험자에게 두가지 각속도를 임의로 정하게 한 후, 양 무릎관절의 굽힘과 펴짐을 최대 총 일량의 50%까지 운동시켜 그때까지의 반복 횟수와 지속 시간과 총 일량을 측정하였다.

이 연구 결과를 보면 60°/sec에서의 펴짐근이 가장 높은 총 일량을 나타내며, 180°/sec의 굽힘근이 가장 낮은 총 일량을 나타냈다. 그리고 펴짐근에서 초당 총 일량은 180°/sec가 더 컸고, 1회 반복시 총 일량은 60°/sec가 더 크게 나타났다. 그리고 굽힘근에서 초당 총

일량이 폐집근에서와 마찬가지로 180°/sec에서 더 컸지만, 1회 반복시 총 일량은 각속도간에 유의한 차이가 없었다. 또한 총일량을 예측하는데는 지속시간이나 반복횟수는 설명력이 떨어지고 오히려 허벅지 두께와 다리 길이가 설명력있는 변수로 채택되었다.

따라서 근지구력의 평가와 훈련은 빠른 속도에서만 아니라 느린 속도에서도 수행되어야 하며 근 지구력의 지표로는 총일량을 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

인용문헌

- 황수관. 운동생리. 강두희(편집자). 생리학. 제3판. 신광출판사. 1988:1410-1412.
- Barnes WS. Comparison of isokinetic fatigue curves at different contractile velocities. Arch Phys Med Rehabil. 1981;62:66-69.
- Davies GJ, Glould J, Ross D. Cybex II isokinetic dynamometer and digital work integrator evaluation of muscular endurance in prospective professional football players. Med Sci Sports Exerc. 1982;14:177.
- DeLateur BJ. Therapeutic exercise to develop strength and endurance. In Kottke FJ, Stillwell GK and Lehmann JF(eds). Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation, 3rd ed. WB Saunders, Philadelphia. 1982.
- Hegeman PA, Gillaspie DM, Hill LD. Effects of speed and limb dominance on eccentric and concentric isokinetic testing of the knee. J Orthoped Sports Phys Ther. 1988;59-65.
- Holmes JR, Alderink GJ. Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring muscles in high school students. Phys Ther. 1984;64(6):914-918.
- Johnson MA, Weightman PD, Appleton D. Data on the distribution of fiber typers in thirty-six human muscles, An autopsy study. J Neuro Sci. 1973;18:111-129.
- Kaufman KR, An K, Litchy WJ, et al. Dynamic joint forces during knee isokinetic exercise. Am J Sports Med. 1991;19(3):305-316.
- Milner-Brown HS, Mellenthin M, Miller RG. Quantifying human muscle strength, endurance and fatigue. Arch Phys Med Rehabil. 1986;67:530-535.
- Norkin C, Levangie P. The knee complex: Joint structure & function; A comprehensive analysis. 1st ed. F.A.Davis. 1988:314-320.
- Patton RW, Hinson MM, Arnold BR Jr, et al. Fatigue curves of isokinetic contractions. Arch Phys Med Rehabil. 1978;59:507-509.
- Prietto CA, Caiozzo VJ. The in vivo force-velocity relationship of the knee flexor and extensor. Am J Sports Med. 1989;17(5):607-611.
- Rothstein JM. Outcome assessment of therapeutic exercise. In Basmajian JV and Wolf SL(eds). Therapeutic Exercise, 5th ed. Williams & Wilkins. 1990:98-99.