

정상 성인의 팔꿈치 관절 신근 및 굴근에 대한 등속성 근력평가

Isokinetic evaluation of the elbow flexors and extensors in healthy adults

유병철* 박재민** 이상도**

I. 서론

최근 일상생활이나 산업현장에서 생산공정의 기계화 또는 자동화로 인하여 수작업이 많이 감소하였으나 아직도 정형화 되지 못한 물건의 운반, 부품조립 등 위험요소를 내포한 여러가지 형태로 상지 동작(arm exertion)이 요구되는 인력운반(manual material handling) 작업이 실제 작업현장에서 행해지고 있는 실정이며, 이러한 작업으로 인해 작업자들의 근골격계 부상으로 신체장애의 사례가 늘어나고 있다.

근육의 생리적 특성은 수축이며 근 활동의 기본적 요소가 되는 근력은 근 수축에 의해서 발생한다. 근력은 사용하지 않으면 약해지는 반면, 저항을 주고 운동을 하면 강해진다.

1960년대 후반에 Hislop, Perrine에 의해 등속성(isokinetic)이란 개념이 처음 소개되었는데, 등속성의 개념은 근육의 수축이 어떤 장력에 의하여 근육의 길이가 짧아지면서 수축하는 등장성 수축(isotonic contraction)과 길이가 변하지 않는 등척성 수축(isometric contraction)이 일어나는 근육의 훈련과는 다른 일정한 운동속도에서 전 범위에 장력 및 근육이 변화할 수 있는 등속성 훈련이라고 할 수 있다. 즉 근 수축의 속도를 일정하게 유지토록 하는 것이 기본원리이며 운동속도를 미리 정하여 운동시 운동속도가 변화함에 따라 근육이 받는 저항이 달라지도록 고안된 기계에서 실시하는 운동방법이다. 등속성 운동기구를 이용한 근력측정은 측정하는 근육의 객관적이며 비교적 정확한 최대 우려치를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 관절운동중 관절의 각 위치에서 근력을 알 수 있는 이점이 있는 동시에 한 관절에서 서로 반대되는 작용을 하고 있는 근육간이나 또는 근육의 좌우치를 비

* 양산전문대학

** 동아대학교 산업공학과

교할 수 있으며 또한 근력과 체중과의 관계를 비교할 수 있기 때문에 매우 중요한 근력평가 방법의 하나로 활용되고 있다. Thistle 등은 등속성운동이 등장성운동이나 등척성운동 보다 근력강화에 더 뛰어난 효과를 볼 수 있는 방법이라고 하였고, Watkins 등은 등속성 운동기구에 의한 근력평가로 근력의 약화정도 및 가동범위를 정확하게 객관적으로 알 수 있다고 하였으며, Burdett 등은 신뢰성이 높아 다양한 분야에 응용되고 있다고 하였다. 그러나 우리나라에서는 활용도가 낮을 뿐만 아니라 근력 평가에 있어서 정상치가 표준화되어 있지 않은 실정이므로 근력측정을 통한 근력 표준자료가 구축되어야 하며 이를 기반으로 작업에 대한 과학적이고 체계적인 인간공학적인 분석이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 등속성 운동기구를 이용하여 팔꿈치 관절 신근 및 굴근의 등속성 운동 근력평가를 하여 이 분야의 기초자료로써 활용하고자 한다.

II. 측정 방법 및 내용

본 연구에서는 팔꿈치 관절 신근 및 굴근의 등속운동을 평가하여 표준자료를 구축함에 있어 정상 성인을 대상으로 최대 우력, 최대 우력비, 최대 우력시의 관절각도, 일의 총량, 근지구력을, 평균 일률 등을 측정하였다.

1. 측정 대상

팔꿈치 관절의 등속성 운동을 평가하기 위해 피측정자는 임상적으로 팔꿈치 관절의 외상이나 근육 및 신경계통의 질환 경력이 없고, 상지에 특별한 운동을 하고 있지 않는 건강한 20대 성인 남녀 20명(남자 10명, 여자 10명)을 대상으로 하였으며, 측정자 모두 우측이 dominant side였다.

2. 측정 장비

측정에 사용된 장비는 등속성 운동기구인 CYBEX와 upper body exercise and testing table(U.B.X.T.)를 이용하였다. 이 장비로서 근육의 힘과 지구력 그리고 관절운동의 각도 등을 측정할 수 있으며 얻은 수치를 보존할 수 있는 기록장치와 이들을 비교분석 할 수 있는 컴퓨터가 내장되어 있고 또한 피측정자가 근력측정을 하면서 우력이나 일의 총량등이 수치나 그래프로 화면에 나타나 자신의 근력 측정치를 직접 볼 수 있도록 되어 있다.

3. 측정 절차

측정 자세는 피측정자를 U.B.X.T.에 양와위로 눕혀 상체를 고정시킨 후, 전완(fore arm)을 회외전(supination)시킨 상태에서 기계의 운동축과 팔꿈치 관절의 운동축이 일치되도록 하였다.

시행 과정은 팔꿈치 관절이 굴곡된 위치에서 시작하여 신전시킨 후 다시 굴곡

하여 재자리에 왔을 때를 1회 운동으로 하였다. 측정전 피측정자에게 측정의 목적과 기기의 작동원리, 측정 순서 및 방법, 측정과정 등을 상세히 설명하고 4회 연습시켜 팔꿈치 관절을 최대한 신전 및 굴곡하게 하였다. 측정은 대상 근육 양측에 대하여 실시하였으며 dominant side부터 느린 속도 60°/sec에 4회 실시하고 3분 휴식 후 빠른 속도로 180°/sec에서 16회 반복운동 시켰으며 본 실험을 위한 측정의 block diagram은 Fig.1과 같다.

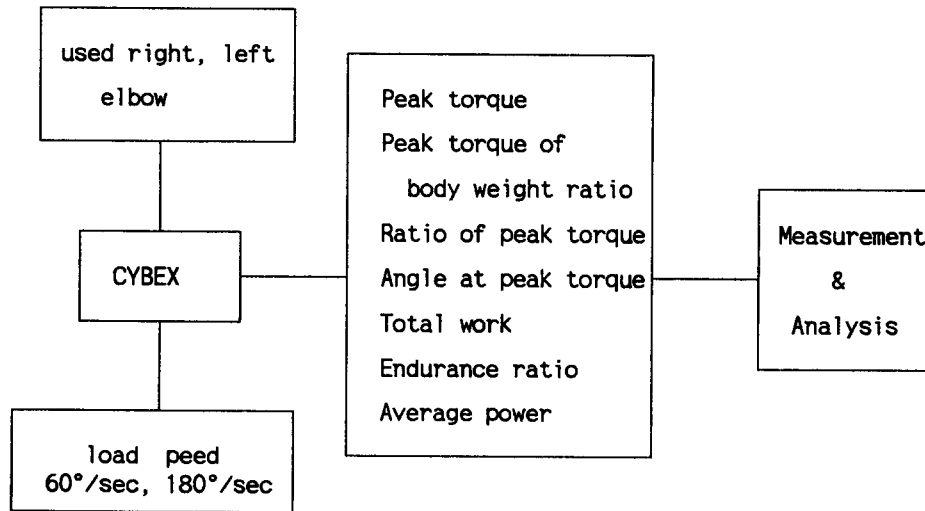


Fig.1 Experimental block diagram

III. 측정 자료분석

1. 피측정자의 일반적 특성

측정대상자의 평균연령은 남자 27.3세, 여자 24.6세였고, 평균체중은 136.8lbs, 110.2lbs였으며 피측정자 모두 우측이 dominant side였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Sex	Age(years)	Weight(lbs)	Height(Cm)
Male	27.3±3.4	136.8±21.4	171.6±5.4
Female	24.6±2.6	110.2±16.7	159.6±4.2

mean±s. d.

2. 최대 우력

피측정자의 팔꿈치 관절 신근의 평균 최대 우력 (peak torque)은 Table 2에서 보는 바와 같이 dominant side에서 느린 운동속도 60°/sec에서 실시하였을 때 신근의 경우 남녀 각각 24.3±4.3 ft-lbs, 12.8±2.4 ft-lbs였으며, 굴근의 최대 우력은 남자 16.9±5.1 ft-lbs, 여자 8.4±1.9 ft-lbs 였다. 한편 운동 속도를 180°/sec의 빠른 속도에서 실시하였을 때는 신근은 남녀 각각 16.9±5.1 ft-lbs, 8.4±1.9 ft-lbs 였고, 굴근의 경우는 남녀 각각 19.4±5.9 ft-lbs, 7.5±1.8 ft-lbs로 느린 속도에 비하여 신근 및 굴근 모두에서 유의하게 감소하였다.

Table 2. Peak torque of isokinetic test of elbow joint

Sex	Velocity Side	60°/sec		180°/sec	
		Extensor	Flexor	Extensor	Flexor
Male	Right	24.3±4.3	27.5±4.8	16.9±5.1	19.4±5.9
	Left	23.1±5.4	25.2±5.2	15.6±5.7	15.4±6.1
Female	Right	12.8±2.4	11.9±2.5	8.4±1.9	7.5±1.8
	Left	12.0±2.9	11.4±2.2	7.1±1.7	6.3±1.9

mean±s.d. (ft-lbs)

남자의 최대 우력에 대한 여자의 최대 우력을 백분율로 환산했을 때, Table 3과 같이 신근의 경우 느린 운동속도 60°/sec에서 53%, 빠른 운동속도 180°/sec에서 50%였으며, 굴근의 경우 각각 43%, 39%로 남자에 비해 여자에서 신근 및 굴근의 최대 우력이 모두 유의하게 감소하였으며 일반적으로 여자의 최대 우력이 남자의 66.3%라는 Laubach의 보고와는 큰 차이를 보였다.

Table 3. Ratio of peak torque of subjects

Velocity	Extensor	Flexor
60°/sec	53	43
180°/sec	50	39

mean (%)

3. 최대 우력과 체중과의 관계

체중과 최대 우력과의 관계는 단위 체중당(pound) 근육에서 발휘할 수 있는 힘을 말하며 체중에 대한 최대 우력치(ft-lbs)를 백분율로 표시하는데, 피측정자의 체중에 대한 측정 근육의 최대 우력비는 저속도 검사 60°/sec에서 신근의 경우 남녀 각각 17.7±2.1%, 11.6±2.1%였고, 굴근의 경우는 20.1±2.3%, 10.7±2.2%였다.

또한 고속도 검사 180°/sec에서는 신근의 경우 남녀 각각 12.3±2.3%, 7.6±1.7%였고, 굴근의 경우는 14.1±2.5%, 6.8±1.9%였다.

Table 4. Peak torque of body weight ratio

Velocity	Extensor		Flexor	
	Male	Female	Male	Female
60°/sec	17.7±2.1	11.6±2.1	20.1±2.3	10.7±2.2
180°/sec	12.3±2.3	7.6±1.7	14.1±2.5	6.8±1.9

mean±s.d. (x)

4. 최대 우력비

Table 5는 팔꿈치 관절 굴근에 대한 신근의 최대 우력비를 나타내고 있는데 남자에서는 운동속도 60°/sec에서 남녀 각각 88.3±13.6%, 107.5±17.3%이었고, 운동속도 180°/sec에서는 남자 87.1±14.2%, 여자 112.0±16.5%로 느린 속도에 비해 신근의 우력이 더욱 높아진 결과를 나타냈다. 특히 여자에서 굴근에 비해 신근의 근력이 강함을 보였다. Davies는 미국 스키선수들의 팔꿈치관절부 근력평가 결과 45°/sec에서 155%, 240°/sec에서 196%로 본 연구와 마찬가지로 운동속도가 빨라질수록 굴근에 대한 신근의 우력비가 더욱 증가하는 결과였지만 이와 반대로 Beasley의 연구결과는 10대 청소년을 대상으로 한 검사에서 굴근과 신근의 근력비가 1.2:1 (83%)로 굴근의 근력이 신근의 근력보다 더욱 강하였다. 이들의 연구결과를 종합해 보면 상지의 근력이 필요한 운동선수나 활발한 활동을 하는 청년기에는 일반적으로 신근이 발달하는 것으로 생각된다.

Table 5. Ratio of peak torque of extensor flexor

Velocity	Male	Female
60°/sec	88.3±13.6	107.5±17.3
180°/sec	87.1±14.2	112.0±16.6

mean±s.d. (x)

5. 최대 우력시의 관절각도

우측 및 좌측간 팔꿈치관절 신근 및 굴근의 최대 우력 비교시 남녀 운동 속도에 관계없이 피측정자 모두의 dominant side인 우측에서 최대 우력이 좌측에 비해 컸으며, Table 6에서 보는 바와 같이 최대 우력 발생시 팔꿈치 관절 각도는

운동속도 60°/sec에서 신근은 남녀 각각 58.4°, 61.7°였고, 굴근은 94.5°, 109.2°였으며, 180°/sec에서 신근은 남녀 각각 55.1°, 45.6°, 굴근은 각각 92.5°, 95.1°였다. 대부분의 근육들은 안정된 때의 길이에서 최대 우력을 나타내므로 등장성 운동을 실시한 경우에는 관절의 각도가 최대 우력을 결정하는 주요한 인자로 작용하는데 Basmajjian은 상완두갈래근(biceps brachii)의 경우 팔꿈치 관절 90° 굴곡위에서 우력이 최대가 된다고 하였고, Van Zuylen 등은 80°에서 최대 우력이 발생된다고 보고하였는데 본 측정에서 최대 우력이 다른 연구결과에 비해 굴곡된 위치에서 발생된 이유는 측정시 관절운동 전범위에서 최대의 힘을 동일하게 발휘하지 못하였기 때문으로 생각된다.

Table 6. Angles at peak torque generated

	Extensor		Flexor	
	Male	Female	Male	Female
60°/sec	58.4±17.6	61.7±16.8	94.5±10.7	109.2±11.4
180°/sec	55.1±18.4	45.6±17.4	92.5±13.5	95.1±10.2

mean±s.d. (degree)

6. 일의 총량, 근 지구력율, 평균 일률

일의 총량(total work)은 빠른 운동속도 180°/sec에서 16회 반복운동중 근육이 할 수 있었던 일의 총량을 말하는데 신근의 경우 남녀 각각 348.7±13.5ft-lbs, 124.5±3.6 ft-lbs였고, 굴근의 경우 301.4±13.9 ft-lbs, 86.7±3.3ft-lbs로서 남자 및 신근에서 유의하게 컸다.

근 지구력율(endurance ratio)은 빠른 운동속도에서 16회 반복운동중 처음 4회 반복운동에서 얻어진 일의 총량에 대한 마지막 4회 반복운동에서 얻어진 일의 총량을 백분율로 계산하여 얻어지는데, 신근의 경우 남녀 각각 62.4±12.6%, 53.1±15.8%, 굴근의 경우는 53.3±13.4%, 41.2±18.2%로서 남녀간 유의한 차이가 없었다.

평균 일률(average power)은 단위시간에 근육이 할 수 있었던 수행능력으로서 신근의 경우 남녀 각각 34.7±13.8watt, 12.6±3.7watt였고, 굴근의 경우 31.1±14.1watt, 8.6±3.4watt로서 일의 총량과 마찬가지로 남자 및 신근에서 유의한 차이를 보였다.

Table 7. Total work, Endurance ratio, Average power

	Male	Female
Total work (ft-lbs)		
Extensor	348.7±13.5	124.5±3.6
Flexor	301.4±13.9	86.7±3.3
Endurance ratio (%)		
Extensor	62.4±12.6	53.1±15.8
Flexor	53.3±13.4	41.2±18.2
Average power (watts)		
Extensor	34.7±13.8	12.6±3.7
Flexor	31.1±14.1	8.6±3.4

mean±s. d.

IV. 결론 및 추후 연구방향

정상 성인 남녀의 팔꿈치 관절 신근 및 굴근의 근력측정 및 평가를 등속성 운동기구를 이용하여 근력의 약화정도와 가동범위 등의 기초자료를 신뢰성있고 객관적으로 도출하였다.

본 연구에서 팔꿈치 관절 근육에 대한 등속성 운동평가를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 팔꿈치 관절 신근의 최대 우력치는 60°/sec에서 남녀 각각 24.3ft-lbs, 12.8ft-lbs였으며, 굴근의 경우 27.5ft-lbs, 11.9ft-lbs였다. 또한 180°/sec에서 신근의 최대 우력치는 남자에서 16.9ft-lbs, 여자에서 8.4ft-lbs였으며, 굴근의 경우에는 남녀 각각 19.4ft-lbs, 7.5ft-lbs로서 팔꿈치 관절 신근 및 굴근의 최대 우력은 남자에 비해 여자에서, 또한 느린 속도에 비하여 빠른 속도에서 감소를 보였다.

둘째, 체중에 대한 최대 우력비는 느린 속도에서는 남녀간에 유의한 차이가 없었으나 빠른 속도에서는 남자가 여자에 비해 높았다.

셋째, 신근과 굴근간의 근력 비교시 남자에서는 굴근의 근력이 강하였으나 여자에서는 신근의 근력이 강하였고, 또한 느린 속도에 비해 빠른 속도에서 남녀 모두 굴근에 대한 신근의 근력비가 상대적으로 증가하였다.

넷째, dominant side와 nondominant side간의 최대 우력 비교시 성별 및 운동 속도에 관계없이 유의한 차이가 있었다.

다섯째로 근 지구력율은 신근의 경우 남녀 각각 62.4%, 53.1%였고, 굴근의 경우 53.3%, 41.2%로서 여자의 굴근을 제외하고는 모두 50% 이상을 나타냈다.

추후 연구방향으로는 인력운반작업에 종사하는 작업자들을 대상으로 주요 부위에 대한 근력평가를 하여 표준자료를 구축하고, 최근 우리나라에서도 출산을 저하

와 평균 수명의 연장에 따라 고령자의 비율이 증가하여 고령화 사회로 변화하고 있으며 실제 산업현장에서 취업해 있는 중.고연령 근로자가 많고 취업가능한 인력도 점차 고령화 추세에 있으므로 인간공학 목표중의 하나인 인간복지 및 사회복지 측면에서 고려해 볼 때 생산성 제고 및 산업재해예방 차원에서의 연구도 필요하다. 따라서 연령증가에 따른 근력 평가와 성별, 나이, 신장, 체중에 따른 다중회귀분석을 통해 근력측정치와 이에 영향을 줄 수 있는 요소들 간의 관계 파악, 정신 근로자와 육체 근로자간의 비교 등 보다 다양한 기초자료를 이용한 연구가 계속 이루어져야 할 것이고 운동방법, 운동량, 운동기간 등의 차이로 아직까지 이상적인 등속성 운동을 위한 최적의 반복회수, 운동빈도, 휴식시간 등도 정확히 확립되어 있지 않은 상태이므로 이에 대한 연구도 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Hislop H.J., Perrine J.J., The isokinetic concept of exercise, Phys. Ther., Vol.47, 1967, pp.114-117
2. Thistle H.G., Hislop H.J., Mafford M., Lowman E.W., Isokinetic contraction ; A new concepts of resistive exercise, Arch. phys. Med. Rehabil., Vol.48, 1967, pp.279-282
3. Moffroid M., Whipple R., Hofkosh J., Lowman E., Thistle H., A study of isokinetic exercise, Phys. Ther., Vol.49, 1969, pp.735-746
4. Burdett R.G., Swearingen J.V., Reliability of isokinetic muscle tests, J. orthopaedic sports physical therapy, Vol.8, 1987, pp.484-488
5. M.Patricia Murray, Age-related differences in knee muscle strength in normal women, Journal of gerontology, Vol.40, No.3, 1985, pp.275-280.
6. Murray,M.P.,Gardner, G.M.,Mollinger,L.A., Strength of isometric and isokinetic contractions. Knee muscles of men aged 20 to 86, Physical therapy, Vol. 60, 1980, pp.412-419.
7. Burnie J., Brodie D.A., Isokinetic in the assesment of rehabilitation, Clinical Biomechanics, 1986, pp.140-146.
8. Baltzopoulos V., Brodie D.A., Isokinetic dynamometer applications and limitation, Sports Medicine Vol.8, No.2, 1989, pp.101-116.