

주관절 굴곡각도에 의한 집는 힘의 생체 역학적 분석

노태환 · 권은화¹ · 박은은¹ · 이행은¹

울산대학교 물리학과, 선린대학 물리치료과¹

Analysis of Biomechanics for Pinch Strength due to Elbow Flexion Degree

Tae-hwan Rho, PhD, Eun-hwa Kwon¹, Eun-eun Park¹, Hang-eun Lee¹

Department of Physics, University of Ulsan

¹*Department of Physical Therapy, Sunlin University*

<Abstract>

Purpose : We have investigated to analysis biomechanics for pinch strength due to elbow flexion degree.

Methods : Pinch strength was measured by Electro Dynamometer(G-100) using four elbow flexion degree (0°, 45°, 90°, 135°).

Results : In experimental results, we found that pinch strengths were 5.4kg(0°), 4.8kg(45°), 5.6kg(90°) and 5.2kg(135°), respectively. The Pinch strengths got maximum at 90°degree, minimum at 45°degree. We have calculated F₁ values using $\Sigma T=0$. As a result F₁ values were 540N(0°), 480N(45°), 560N(90°) and 520N(135°), respectively. F₁ values got maximum at 90° degree, minimum at 45° degree. Data curve line of F₁ values was increased in 45~90 section and decreased in 0~45, 90~135 sections, respectively.

Conclusion : F₁ (Flexor digitorum superficialis and profundus) values were 10 times bigger than pinch strengths. Data curve line of F₁ values was similar to active length-tension curve in 45~90, 90~135 sections.

Key Words : Analysis of biomechanics, Pinch strength, Active length-tension curve.

I. 서 론

손은 일상생활에서 인체의 다른 기관처럼 고유한 특성이 있고, 매우 섬세한 구조로 동적인 기관으로 이용되나 기능적 손상을 입으면 생활의 문제가 나

타나 궁극적으로 삶의 질에 영향을 줄 수 있다. 상지의 길이와 견관절, 주관절의 위치 및 형태는 일차적으로 손의 기능을 나타내기 위하여 구조화되어 있고 어깨, 상완, 주관절은 손의 일부는 아니지만 손과 직접적인 관련이 있다(Ramadan, 1997).

교신저자 : 노태환, E-mail: thrho@ulsan.ac.kr

논문접수일 : 2009년 11월 15일 / 수정접수일 : 2009년 11월 18일 / 게재승인일 : 2009년 11월 19일

손은 운동성이 많은 기관으로 손을 구성하는 부분과 연관된 다른 부분들이 이러한 손의 다양한 움직임을 조정하며, 19개의 뼈와 14개의 관절이 독자적으로 배열되어 있어 유연성을 제공 할 뿐 아니라 기능적 적응을 위한 구조적인 기초를 제공한다(Frankel과 Nordin, 1989).

손의 운동기능은 주먹을 꽉 쥐는 동작(grip), 여러 가지 물건을 살짝 잡는 동작(pinch), 그리고 물건을 들어 올리는 고리 동작(hook) 등의 세 가지로 대별할 수 있으며 이들이 조화를 이루어야 원활한 손가락 운동이 가능해진다(이광석 등, 1995).

손 기능의 평가는 주로 손의 쥐는 힘(grip strength)이나 손끝으로 잡는 힘(pinch strength)을 측정함으로써 이루어진다(Mathiowetz 등, 1985). 손의 동작 중 복잡 미묘한 집기동작은 일상생활에서 필요로 하는 여러 동작 가운데서 기본이 된다(문명상 등, 1982).

주관절과 손목의 각도 즉, 위치에 따라 쥐는 힘과 잡는 힘에 영향을 미칠 수 있다. Smith 등은 근육의 기시부와 정지부가 서로 가까워질 때 근육의 수축력이 약해지는 능동 불충분(active insufficiency) 상태를 언급하였다. 따라서 손목을 충분히 굴곡 한 상태에서 쥐는 힘과 잡는 힘을 측정하였을 때, 천지굴근과 심지굴근(flexor digitorum superficialis and profundus)의 능동 불충분과 길항근인 지신근(extensor digitorum)의 수동 불충분(passive insufficiency)에 의해 약해질 수 있다. 또한 지레에 대한 길이-장력의 상호작용(leverage length - tension interaction)을 들 수 있는데, 이는 관절각도가 90°일 때 최대 돌림힘을 나타낼 수 있다(Smith 등, 1996).

성인의 주관절 굴곡 각도가 파악력과 잡는 힘에 미치는 영향(이규리 등, 2008)에 관한 연구 등은 있지만 생체 역학적으로 분석한 연구들은 부족하다. 따라서 본 연구는 주관절을 0°와 45°, 90°, 135° 굴곡 각도에 잡는 힘을 측정하고, 이를 생체 역학적으로 계산하여 얻은 자료들을 통해 잡는 힘의 연구에 대한 기초자료 및 일상생활 활동을 위한 손의 치료 계획 설정에 지침을 제공하고자 한다.

II. 연구대상 및 실험장비

본 연구의 대상은 실험에 대한 취지와 설명을 듣고 참여에 동의한 20대 정상 성인 여성을 대상으로, 현재 집기 측정에 기질적 기능장애가 없고 과거에 상지 또는 수부의 손상, 변형 등이 없는 자로 실험하였다.

Fig 1은 정확한 잡는 힘을 측정하기 위해 전자연결 수부평가를 이용한 잡는 힘 측정계(Electro Pinch meter G-100(Biometrics. Ltd., UK)를 사용하였다. 이 기기는 정형화된 잡는 힘을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 수치의 객관적 신뢰성과 정확성을 더욱 높인 측정 기구이다.

Fig 2는 주관절의 각도를 측정하기 위해 사용된 관절 각도계(Goniometer(Sammons Preston., USA)를 보여주고 있다.



Fig 1. Electro Pinch meter G-100 (Biometrics. Ltd., UK)



Fig 2. Goniometer(Sammons Preston., USA)

III. 실험

실험자들은 엄지와 검지를 이용한 Pulp Pinch 자세(Fig 3)를 취한 후 집는 힘 측정계에 최대의 힘을 가하게 하였으며, 검사자세는 외부의 힘을 최소화하기 위해 바로 선 자세에서 시선은 정면을 향하게 하고, 측정 시 일어날 수 있는 불필요한 운동을 방지하기 위해 등척성 수축을 이용하였다. 그리고 몸의 흔들림이나 반대 측 상지의 움직임에 제한하여 대 상작용을 방지하였다.

주관절 각도에 변화(0°, 45°, 90°, 135°)에 따른 움직임을 한 번씩 측정하는 것을 1회로 하였으며 각도만을 변수로 두기 위해 실험자의 조건(환경적, 심리적)을 고려하여 매회 측정 당 2일의 간격을 두어 총 3회 실시하였다. 또한 대상자의 근피로 방지를 위해 각 각도 사이에 2분의 간격을 두었다.

측정자는 측정 기구를 쥐고 있는 연구 대상자의 손의 움직임을 방지하기 위하여 가볍게 집는 힘 측정계를 받쳐주고, 순간적인 최대 힘을 얻기 위해 집기 자세를 취한 후 ‘핍’이라는 구두지시를 하였다.



Fig 3. Pulp pinch position

IV. 계 산

집기 힘은 근위지절관절(proximal inter phalanges, PIP)의 돌림힘(torque)에 의해 생성되는데 이 때 굴곡근인 천지굴근과 심지굴근(flexor digitorum superficialis and profundus)의 근육의 길이가 짧아지

며 PIP의 굴곡현상이 일어난다. 또한 PIP의 굴곡 시 지신근(extensor digitorum)의 길이가 늘어나면서 상호작용한다.

Fig 4의 F_1 과 F_2 (굵은 화살표)는 중수지절관절의 장측(앞쪽)을 지나는 천지굴근과 심지굴근의 당김에 의해 발생된다. 여기서 F_2 의 경우 F_1 의 돌림 힘을 위해 각도를 줄여 주는 역할을 한다. 그러므로 F_1 과 반지름(r)에 의한 돌림 힘은 집기 힘에 영향을 준다 (Donald, 2004).

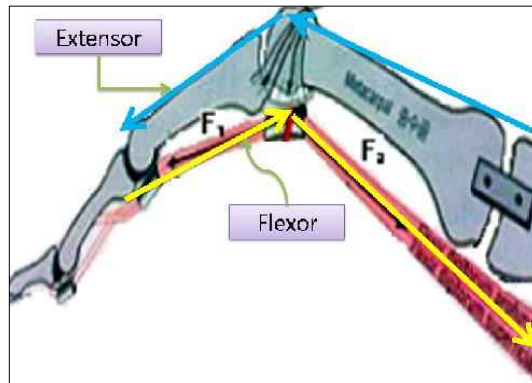


Fig 4. Pinch picture 1

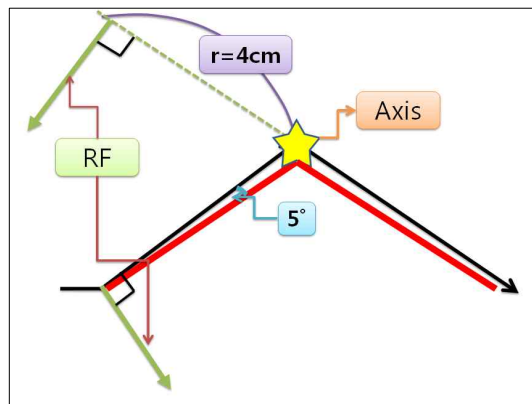


Fig 5. Pinch picture 2

F_1 을 구하는 공식

$$r \times RF \times \sin 90 = r \times F_1 \times \sin \theta$$

$$RF(N) = \text{핀치력}$$

$$r = 4\text{cm} = 0.04\text{m}$$

$$\sin 5^\circ = 0.1$$

1) 주관절 굴곡 각도 : 0도

$$0.04 \times 54 \times \sin 90 = 0.04 \times F_1 \times \sin 5$$

$$54 = 0.1F_1$$

$$F_1 = 540N$$

2) 주관절 굴곡 각도 : 45도

$$0.04 \times 48 \times \sin 90 = 0.04 \times F_1 \times \sin 5$$

$$48 = 0.1F_1$$

$$F_1 = 480N$$

3) 주관절 굴곡 각도 : 90도

$$0.04 \times 56 \times \sin 90 = 0.04 \times F_1 \times \sin 5$$

$$56 = 0.1F_1$$

$$F_1 = 560N$$

4) 주관절 굴곡 각도 : 135도

$$0.04 \times 52 \times \sin 90 = 0.04 \times F_1 \times \sin 5$$

$$52 = 0.1F_1$$

$$F_1 = 520N$$

V. 결과 및 분석

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구에 참가한 대상자의 일반적인 신체특성은 Table 1에 나타내었다. 대상자의 연령은 21세 이었으며, 신장은 163cm이고, 체중은 46kg이다.

Table 1. General characteristics of subjects

Age(year)	21
Height(cm)	163
Weight(kg)	46

2. 주관절 굴곡 각도에 따른 집는 힘

각각 0°, 45°, 90°, 135°의 주관절 굴곡 정도에 따른 집는 힘은 주관절 굴곡 90°일 때 5.6kg으로 가장 높게 나타났고, 주관절 굴곡 0°일 때는 5.4kg이었으며, 주관절 굴곡 135°일 때 5.2kg이었고, 주관절 굴곡 45°일 때 4.8kg으로 가장 낮게 나타났다

(Table 2, Fig 6).

Table 2. Pinch strength due to elbow flexion degree (kg)

Degree	0°	45°	90°	135°
Pinch strength	5.4	4.8	5.6	5.2

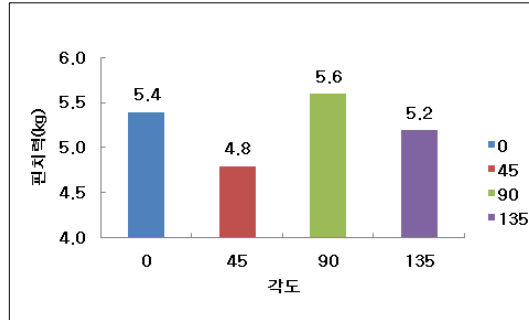


Fig 6. Pinch strength due to elbow flexion degree.

3. 주관절 굴곡 각도에 따른 F₁ 실험치

실험치 결과 F₁의 값이 0°에서 540N, 45도에서 480N, 90°에서 560N, 135°에서 520N으로 나타났다. F₁의 값은 90°에서 가장 높고, 45°에서 가장 낮게 나타났다(Table 3). 그림 6에서 보여 주듯이 F₁의 값이 0°와 90° 근처에서 다른 각도에 비해 높게 나타났다.

Table 3. F₁ value due to elbow flexion degree (N)

Degree(°)	0°	45°	90°	135°
F ₁	540	480	560	520

4. 집는 힘 측정치와 F₁의 비

4가지 측정 각도(0°, 45°, 90°, 135°)의 계산치로 얻은 F₁의 값과 집는 힘 측정치의 비는 1:10으로 나타났다. 이는 집는 힘 자체가 순수한 근육의 힘이 아니라 반지름(r)과 각도(sinθ)가 함께 영향을 받은 돌림힘의 값이다. 즉, 순수한 근육의 힘은 측정치보다 10배 크게 작용한다. 이 sin 값의 각도에 따라

측정치의 배수가 결정 된다는 것으로 측정치가 근육 값 보다 더 큰 값이 나와야 되는데 생체역학적 구조로 인하여 반대의 현상이 나왔다. 이 점을 차후에 더욱 깊게 연구할 필요성이 있다고 본다.

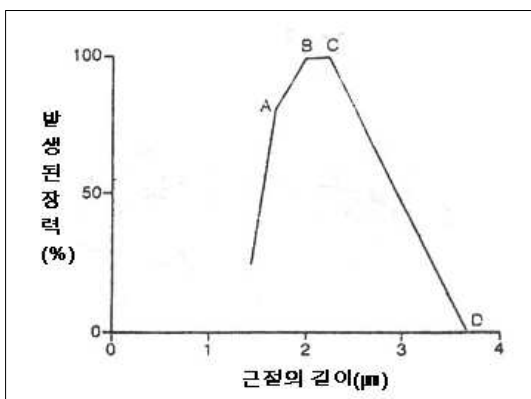
- 1) 주관절 굴곡 각도: 0° 54:540
 = 1 : 10
- 2) 주관절 굴곡 각도: 45° 48:480
 = 1 : 10
- 3) 주관절 굴곡 각도: 90° 56:560
 = 1 : 10
- 4) 주관절 굴곡 각도: 135° 52:520
 = 1 : 10

5. 능동적인 길이-장력 곡선과 F₁ 곡선 비교

본 연구 결과 능동적인 길이-장력 곡선과 F₁ 곡선은 차이를 보였다(Fig 7, 8)

<Fig 7>은 근절에서의 능동적인 길이-장력 곡선이다. 이는 근섬유나 근절에서의 이상적인 안정 길이(resting length)는 가장 많은 수의 교차연결 부착과 이에 따라 가장 큰 능동적인 힘을 허용하는 길이를 말한다. 근절이 안정 길이 보다 길어지거나 짧아짐에 따라, 교차연결 부착의 수는 감소되고 완전히 활성화 되었다 하더라도 보다 적은 양의 능동적인 힘이 발생된다. 이로써 힘은 근육이 안정 길이를 향해 신장될 때 빠르게 상승한다(Donald, 2004).

연구 결과 F₁ 곡선은 Fig 8에서 나타나있다. 이



Y axis : tension(%), X axis : length(μm)

Fig 7. Active length-tension curve

는 주관절 굴곡 각도가 증가함에 따라 근 길이가 짧아지는 것을 뜻하며, 90°에서 충분한 교차연결(Cross-bridge)을 형성한 것으로 보인다. 주관절 굴곡 0°~45°는 감소, 45°~90°는 증가, 90°~135°는 감소하는 양상을 보였다.

Fig 7, 8을 비교했을 때 45°~90° 구간은 증가, 90°~135° 구간은 감소하는 양상이 일치하였으나, 다른 부분은 다른 양상을 보이고 있다. 이 부분도 이 연구의 새로운 실험 값으로 보여진다.

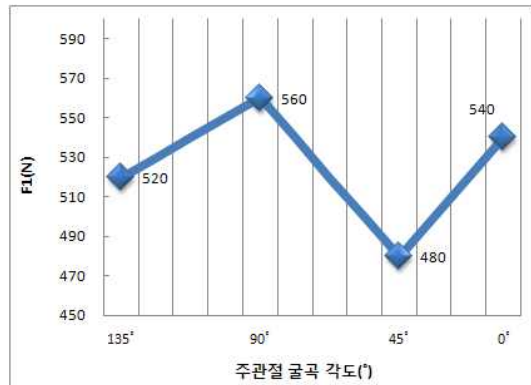


Fig 8. Data curve line of F₁ values

VI. 결 론

본 연구는 20대 정상 성인 여성을 임의로 선정하여 주관절 굴곡 각도의 변화에 따른 집는 힘을 측정하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 측정치 결과 실험 대상자는 주관절 굴곡 90°에서 5.6kg으로 집는 힘이 가장 높게 나타났다.
2. 측정치 결과 실험 대상자는 주관절 굴곡 45°에서 4.8kg으로 집는 힘이 가장 낮게 나타났다.
3. 계산치 결과 F₁의 값이 0°에서 540N, 45°에서 480N, 90°에서 560N, 135°에서 520N으로 나타났다.
4. 계산치 결과 F₁의 값이 90°에서 가장 높고 45°에서 가장 낮게 나타났다.
5. 능동적인 길이-장력 곡선과 계산치의 F₁ 곡선은 45°~90° 구간은 증가, 90°~135° 구간은 감소하는 양상이 일치하였다.

6. 실험치, 계산치를 통해 얻어진 F_1 곡선에서 새롭게 얻은 것은 $0^\circ \sim 45^\circ$ 구간은 증가한다는 것이다.
7. 계산치를 통해 얻은 F_1 의 값은 짙은 짐은 힘 측정치보다 10배 크게 나타났다.

본 연구는 4가지 주관절 굴곡 각도(0° , 45° , 90° , 135°)에서 측정하였으나 더 나아가 세분화된 주관절 굴곡 각도에 따른 짙은 짐은 힘 측정이 필요하다. 대상자가 한 명에 불과하여 F_1 의 값이 불일치가 예상되므로 많은 대상자로 실험이 이루어진다면 더욱 세밀한 일치성을 보일 것이다.

참 고 문 헌

문명상, 옥인영, 김한주 등. 정상 한국인의 짙은 힘의 검토. 1982:206.
이광석, 우경조, 심재학 등. 정상 한국 성인의 악력

및 파지력의 측정결과. 대한정형외과학회지. 1995; 30(6):1589-97.
Frankel VH, Nordin M. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Philadelphia. London : Lea & Febiger. 1989:275.
Mathiowetz V, Rennells C, Donahoe L. Effect of Elbow position on grip and pinch Strength. J Hand Surg. 1985;10(5); 694-7.
Moneim RA. Assessment in Occupational Therapy and Physical Therapy. Philadelphia, W.B. Saunders Co. 1997:78-80.
Neumann DA. Kinesiology of the Musculoskeletal System. Mosby. 2004:51-2.
Smith LK, Weiss EL, Lehmkuhl LD. Brunnstrom's Clinical Kinesiology, 5th ed. Portland, F.A. Davis Company, 1996.