

## 골격근에서 최대 수의적 등척성 수축력과 근 두께와의 관계

정진규

(정 가정의학과의원 물리치료실)

김양호

(능주외과의원 물리치료실)

김태열

(동신대학교 물리치료학과)

## Maximal Voluntary Contraction and Muscle Thickness Relationship in Skeletal Muscle

Jeong Jin-Gyu, P.T., M.P.H.

(Dept. of Physical Therapy, Jeong's FM Clinic)

Kim Yang-Ho, P.T.

(Dept. of Physical Therapy, Neongju GS Clinic)

Kim Tae-Youl, P.T., Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Dongshin University)

### ABSTRACT

To provide reflection diagnostical basic-data by ultrasonography intended for 38 male/female students used by ultrasound imaging system and dynamometer, compared the MVIC and muscle thickness take an accurate measurement of elbow flexor and knee extensor of thickness and MVIC, in confirmity with distinction of sex and then analysed

of correlation in muscle thickness-MVIC, MVIC-weight, weight-muscle thickness, it shows statistically significant difference MVIC and muscle thickness according to sex. Also there is a high interrelation between two. As well as it shows that there is a difference between sex in the MVIC of same thickness and MVIC of same weight. This difference will be related with proportions of muscle fiber type in view of the results by preceded research, it needs to be prerequisite analysis of difference in sex with a great variety of ways hereafter.

**Key Words** : Muscle Thickness, MVIC, Ultrasonography.

## 1. 서론

근력(strength)은 근육이 발휘할 수 있는 최대의 힘(force)이라고 정의 되어진다. 근력에 영향을 미치는 인자로서 근 횡단면적(cross-sectional area; CSA)(Alway 등, 1990; Giannini 등, 1990; Iki와 Fukunaga, 1968; Narici 등, 1992; Narici 등, 1988) 및 근 체적(muscle volume)(Nutter와 Thorland, 1987)등이 검토 되어 왔으며, 또한 근의 횡단면적(CSA)은 최대 수의적 수축력(maximal voluntary contraction; MVC)을 결정하는 하나의 중요한 인자임이 이미 오래전부터 받아 들여져 왔다. 또한 근 횡단면적과 등척성 근력 및 등속성 근력 간에는 상관관계가 성립되는 것이 보고되었다(Alway 등, 1990; Giannini 등, 1990; Maughan과 Nimmo, 1984; Narici 등, 1992). 오래전부터 근력이 향상된다는 것은 근육 크기의 증가에 따른 직접적인 결과로 간주하였다. 트레이닝에 의해서 근섬유의 굵기가 증가하는 것을 근 비대

(hypertrophy)라고 하는데, 이러한 주장은 어떤 형태의 근력 트레이닝을 규칙적으로 실시한 결과 근육의 크기가 증가한다는 관점에서 논리적으로 받아들여진다. 또한 수주일 혹은 수개월 동안 근육의 사용을 제한하면 근육의 크기가 감소하게 되는데, 이러한 현상을 근위축(atrophy)이라고 한다. 즉, 근육의 사용을 제한할 때 근육크기 감소에 비례해서 근력의 손실이 나타나므로 근력과 근육의 두께는 높은 상관관계를 가지는 것으로 볼 수 있다(Gollnick, 1983). 이러한 근력의 손실은 근섬유와 밀접한 관계가 있는데 Booth와 Weeden(1992)은 근 두께의 감소는 type II 섬유의 크기의 감소와 근섬유의 소실일 것이라 하였는데, 일반적으로 type II는 type I보다 큰 힘을 낼 수 있는 것으로 알려져 있다.

근육과 같은 연부조직을 관찰하는 영상장치로 CT나 MRI, 초음파가 있는데 이 중 CT나 MRI는 연부조직의 질 좋은 영상을 제공해 줌으로 근육의 두께나 근 횡단면적을 측정할 수 있다. 하지만 이러한 장치는 가격과 유용성의 문제로 인해 근육의 두께

측정 시 기본적인 검사로 부적절하며, 또한 CT 주사(scanning) 시 불필요한 방사선에 과도하게 노출되는 문제가 있다. 그러나 초음파 영상기법은 적용이 간편하고 안전하며, 비 침습적이며 비싸지 않다는 장점이 있다. 많은 선행 연구에서 초음파 영상은 근 횡단면과 근 두께를 측정하는 방법으로 신뢰도가 높은 것으로 평가하고 있으며, Montes(2001)는 초음파 영상을 이용하여 근 단면적을 측정하여 근력을 간접적으로 추정하기도 하였다. Natalia 등(2003)은 초음파 영상을 이용한 연령별 남녀 상완이두근과 대퇴사두근의 두께의 변화 연구에서 모든 연령층에서 남자가 여자보다 근육의 크기가 크고, 상완 이두근의 경우 남녀 모두에서 체중이 증가함에 따라 근육두께의 증가를 보았으며, Freiliche 등(1995)은 대퇴사두근의 두께와 근력과의 연관성 연구에서 높은 상관성을 밝혔으며 성별간의 차이를 근섬유의 차이로 설명하기도 하였다. 또한, Gloria 등(2004)도 근력강화 프로그램에 의한 근력향상을 초음파영상을 이용하여 평가할 수 있다고 보고하였으며, 근력의 측정과 함께 근 형태와 같은 질적, 양적 정보를 제공해 줄 수 있을 것이라 주장하였다.

본 연구에서는 초음파영상 장치와

dynamometer를 이용하여 주관절 굴곡근과 슬관절 신전근의 두께와 최대 수의적 등척성 수축력(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 측정하여 성별에 따른 근력과 근 두께를 비교하고, 근 두께와 최대 수의적 등척성 수축력, 최대 수의적 등척성 수축력과 체중, 근 두께와 체중 간의 상관관계를 분석하여 골격근에 대한 영상진단학적 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 실험대상

주관절 굴곡근과 슬관절 신전근의 두께와 최대 수의적 등척성 수축력과의 관계를 알아보기 위하여 근골격계 질환이 없고, 최근 6개월 이내에 규칙적으로 운동을 하지 않았으며, 정기적인 약물 복용을 하지 않은 신체 건강한 20대 남녀 대학생 38명을 대상으로 하였다(Table 1). 실험에 참여하기 전에 모든 대상자는 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 한 후 동의를 얻어 실험에 참여시켰다.

**Table 1.** Characteristics of subjects

	Male(n=20)	Female(n=18)	Total(n=38)
Age(year)	24.30±3.06	22.26±2.66	23.34±3.02
Weight(kg)	66.95±8.88	53.00±7.04	60.34±10.63
Height(cm)	174.15±3.61	161.55±3.74	168.18±7.33

All value are showed mean±SD

## 2. 최대 수의적 등척성 수축력 측정

주관절 굴곡근과 슬관절 신전근의 최대 수의적 등척성 수축력을 측정하기 위해 Edwards 등(1997)이 고안한 방법을 변형시켜 자체 제작한 의자를 사용하였다(Fig 1). 최대 수의적 등척성 수축력을 측정하기 위하여 대상자를 측정 의자에 앉게 한 후 체간부 정렬을 바르게 하여 안정적 자세를 취하게 하였다. 주관절 굴곡근의 수축력 측정 시에는 견관절이 해부학적 위치에 오게 한 다음 주관절이 90도 굴곡위에 위치하도록 하였으며, dynamometer와 연결된 커프를 전완 원위부에 걸게 하고 최대 주관절 굴곡 운동을 실시토록 하였다. 슬관절 신전근의 수축력 측정 시에는 고관절과 슬관절이 90도 굴곡위에 위치하도록 하였으며,



Figure 1. Measurement of MVIC of elbow flexor

dynamometer와 연결된 커프를 대퇴 원위부에 걸게 하고 최대 슬관절 신전운동을 실시토록 하였다. 최대 수의적 등척성 수축력 측정 시 검사자는 대상자로 하여금 최대의 힘을 낼 수 있도록 큰 소리로 독려 하였으며, 세 번의 측정 후 가장 높은 값을 최대 수축력으로 정하였다.

## 3. 근 두께 측정

근 두께 측정은 초음파영상장치(SONOACE 6000C, Medison Co., Korea)를 이용하였으며, 주파수는 7.5 MHz, transducer는 linear type을 이용하였다(Fig 2). 대상자는 의자에 앉아 주관절 굴곡근 측정 시 견관절을 해부학적 위치에 오게 한 다음 주관절이 90도 굴곡위에 위치하도록 하였다. 주관절 굴곡근 근부 중 가장 두꺼운 지점을 수술 펜으로 표시한 다음 transducer 적용하여 영상을 획득하였다. 슬관절 신전근 측정 시에는 고관절과 슬관절을 90도 굴곡시킨 상태에서 전상장골극과 슬개골을 잇는 중간지점을 수술 펜으로 표시한 다음 영상을 획득하였다. 영상획득을 위해 transducer 적용 시 피부의 압박을 최소화하기 위하여 충분한 양의 초음파 젤을 피부에 도포하였고, 측정된 영상을 규격화하기 위해 transducer는 피부에 직각을 유지 하였으며, 내장된 전자 캘리퍼를 이용하여 근막(facia)과 상완골 또는 대퇴골 간의 거리를 측정하였다(Fig 3). 세 번을 측정 한 후 평균값을 근 두께 값으로 정하였다.

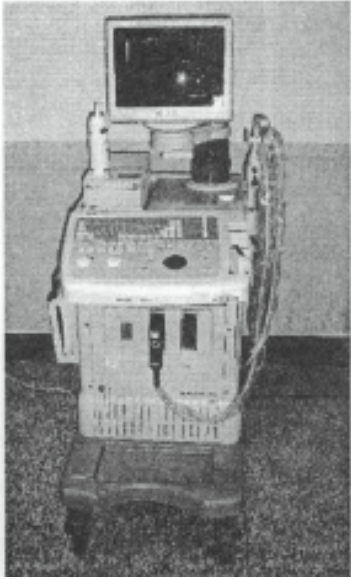


Figure 2. Ultrasound imaging system

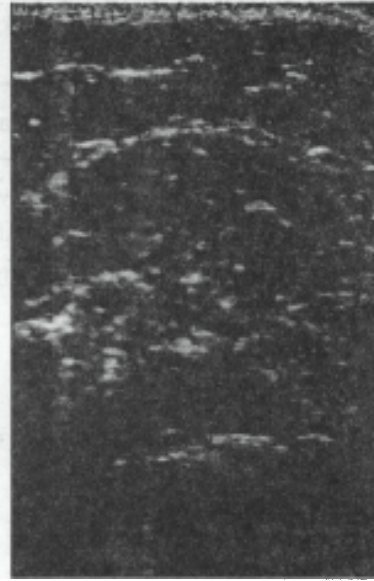


Figure 3. Measurement of muscle thickness using electrical calliper.

#### 4. 통계분석

모든 통계는 윈도우즈용 SPSS 10.0 프로그램으로 분석하였으며, 각 측정항목들이 정규분포 하는지 여부를 단일표본 콜모고로프-스미노프검정(Kolmogorov-Smirnov one sample test)으로 분석하였다. 그 결과 정규분포 하여 성별 간의 비교는 독립표본 T 검정(independent t-test), 성별에 따른 체중, 근 두께, 근 수축력 간의 상관관계는 피어슨 상관분석(Pearson's correlation)을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 성별 간 근 두께의 비교

초음파 영상분석을 이용한 성별 간 근 두께로 주관절 굴곡근의 경우에 남자는  $37.26 \pm 3.86$ , 여자는  $27.51 \pm 3.26$ 로 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며( $p < .001$ ), 슬관절 신전근의 경우에는 남자는  $50.01 \pm 3.81$ , 여자는  $40.29 \pm 5.55$ 로 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다( $p < .001$ ) (Table 2).

**Table 2.** Comparison of thickness of elbow flexor and knee extensor (mm)

	Male(n=20)	Female(n=18)
Elbow Flexor	37.26±3.86	27.51±3.26 *
Knee Extensor	50.01±3.81	40.29±5.55 *

All value are showed mean±SD

\* : p<.001

**2. 성별 간 최대 수의적 등척성 수축력의 비교**

Dynamometer를 이용한 성별 간 최대 수의적 등척성 수축력으로 주관절 굴곡근의 경우에는 남자는 28.30±4.16, 여자는 14.21±

2.78로 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며(p<.001), 슬관절 신전근의 경우에는 남자는 49.13±5.32, 여자는 26.24±4.14로 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.001)(Table 3).

**Table 3.** Comparison of MVIC of elbow flexor and knee extensor(kg)

	Male(n=20)	Female(n=18)
Elbow Flexor	28.30±4.16	14.21±2.78 *
Knee Extensor	49.13±5.32	26.24±4.14 *

All value are showed mean±SD

\* : p<.001

**3. 성별에 따른 최대 수의적 등척성 수축력과 체중의 상관관계**

성별에 따른 최대 수의적 등척성 수축력과 체중 사이의 상관계수가 주관절 굴곡근

의 경우 남자가 r=.657(p<.01), 여자가 r=.746(p<.001), 슬관절 신전근의 경우 남자가 r=.619(p<.01), 여자가 r=.588(p<.05)로 남녀 모두에서 모두 높은 상관관계를 나타내었다.

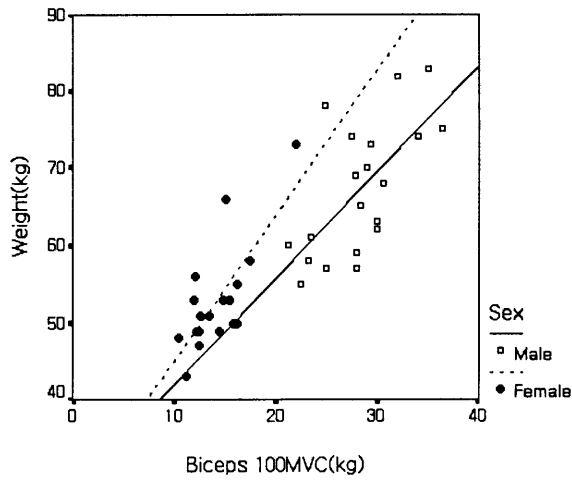


Fig 4. The Biceps MVIC-weight relationships for male and female.

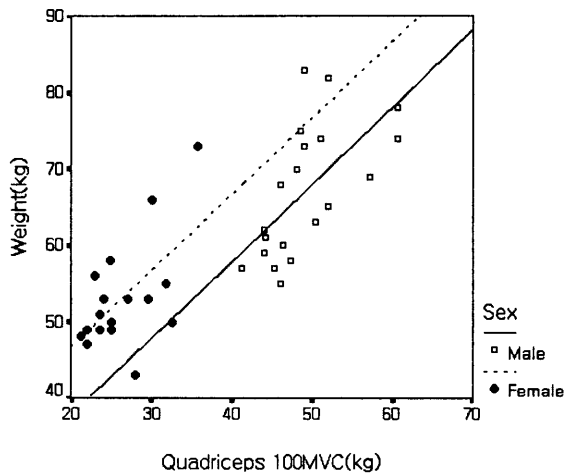


Fig 5. The quadriceps MVIC-weight relationships for male and female.

**4. 성별에 따른 두께와 체중의 상관관계**

성별에 따른 두께와 체중 사이의 상관관계가 주관절 굴곡근의 경우 남자가

$r=.606(p<.01)$ , 여자가  $r=.582(p<.05)$ , 슬관절 신전근의 경우 남자가  $r=.692(p<.01)$ , 여자가  $r=.757(p<.001)$ 로 남녀 모두에서 높은 상관관계를 나타내었다

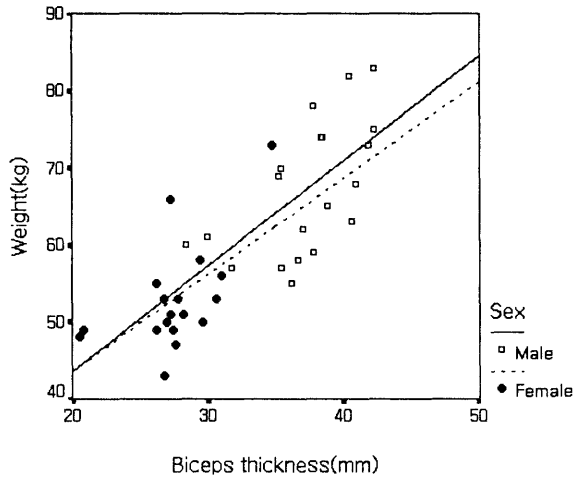


Fig 6. The Biceps thickness-weight relationships for male and female.

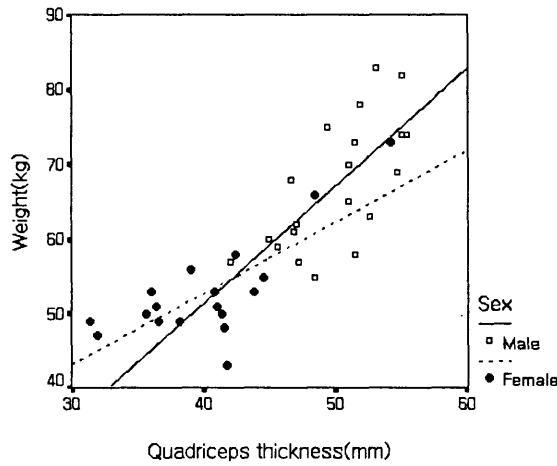


Fig 7. The Quadriceps thickness-weight relationships for male and female.

**5. 성별에 따른 근 두께와 최대 수의적 등척성 수축력의 상관관계**

성별에 따른 근 두께와 최대 수의적 등척성 수축력 사이의 상관관계가 주관절 굴곡

근의 경우 남자가  $r=.765(p<.001)$ , 여자가  $r=.502(p<.05)$ , 슬관절 신전근의 경우 남자가  $r=.788(p<.001)$ , 여자가  $r=.789(p<.001)$ 로 남녀 모두에서 높은 상관관계를 나타내었다.



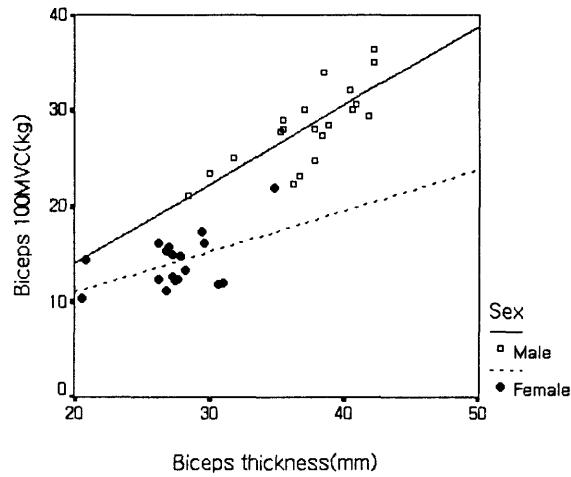


Fig 8. The Biceps thickness-MVIC relationships for male and female.

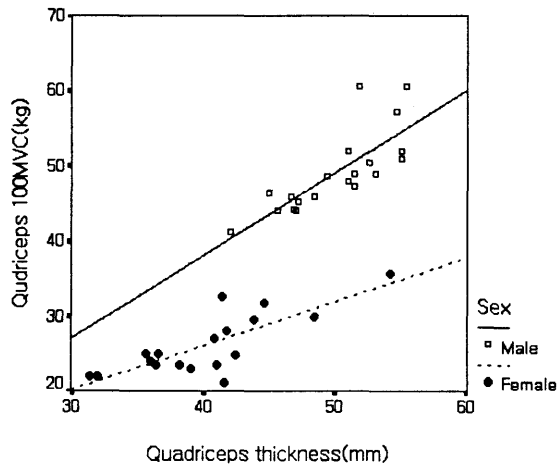


Fig 9. The Quadriceps thickness-MVIC relationships for male and female.

#### N. 고찰

초음파영상이 골격근의 두께를 평가하는데 매우 신뢰도가 높은 방법이라는 것은 많은 연구결과를 통하여 증명되었다

(Fukunaga, 1976; Kanehisa 등, 1994). 더욱이 피하지방의 두께를 측정함에 있어서 캘리퍼 보다 더 정확하다고 하였다(Black 등, 1988; Kuzmarski 등, 1987). 초음파영상은 골격근을 평가하는데 다른 영상기법이나 다

른 장비에 비해 심부근과 표재근을 측정하는데 용이하며, 근 수축과 이완에 따른 근 골격계의 모든 형태와 구조를 시각화 할 수 있으며, 다양하고 공간적인 시각화와 정량화를 할 수 있다(Montes, 2001). 최근의 연구에서 건강한 젊은 성인을 대상으로 근횡단면을 MRI와 초음파를 이용해 측정 비교한 결과 두 기법간에 차이가 없다고 보고하고 있다(Bemben, 2002). Real time B-mode 초음파 기법을 이용한 근두께의 측정은 빠르고 간단한 반면에, 원형의 형태를 가진 근육을 scan 하는데는 세심한 주의가 요구되는데 Pernille 등(2000)은 초음파영상을 획득할 때 정확한 위치, 동일한 위치, 반복적인 측정 등을 강조 하였다. 선행 연구자들은 초음파를 이용한 근육의 두께 측정은 CT(Koskelo 등, 1991)와 초음파를 이용해 근횡단면적을 측정한 결과와 밀접한 관련성이 있다고 보고하였는데, 이것은 근두께와 근횡단면적간의 밀접한 관계가 근력과 근육의 두께간의 관련성 평가 시 근두께의 사용을 정당화 하고 있다. 하지만 Coyle 등(1979)만이 노인 남성의 근력-근육의 크기의 관계를 측정하는데 근육의 두께보다는 근횡단면이 최대 근수축력과 밀접한 관련성이 있다고 보고 하였다.

본 연구의 결과 중 상완이두근과 대퇴사두근의 최대 근 수축력과 몸무게와의 관계에서 남녀 모두에게서 유의한 상관성을 보였는데 이는 Edwards 등(1997)과 Freiliche 등(1995)의 연구 결과와 일치하고 있으며, 대퇴사두근에서 최대 근수축력과 몸무게와의 상관성은 체중부하 역할과 밀접한 관련이 있으며 더욱이 몸무게, 근력 모두는 근

육의 크기와 관련이 있다고 하였다. Natalia 등(2003)은 초음파를 이용한 근육의 분석에서 상완이두근의 두께는 몸무게와 체지방지수와 밀접한 관련이 있다고 보고하였는데, 본 연구의 결과 남녀 모두에서 중등도 이상의 상관관계를 보였다. 성별간 주어진 몸무게에서 남자가 여자보다 높은 최대 근수축력을 보였는데 이는 남자에게서 단위 무게당 근육의 크기가 크며, 또한 단위 크기당 남자가 더 큰 근력을 낼 수 있는 것으로 설명 되어질 수 있다. 근두께와 최대 근수축력과의 관계에서 남녀 모두에게서 높은 상관성을 보였으며, 같은 근 두께에서 각기 다른 최대 수축력을 보였는데 이것은 남녀간 근섬유 type의 조성비로 설명 되어질 수 있다. Dubowitz(1985)는 남성과 여성의 골격근에서 근육을 구성하는 섬유의 크기에 차이가 있는데 여성보다 남성에게서 type IIb섬유의 크기가 더 크다고 하였다. Type IIb섬유는 type I섬유보다 더 큰 힘을 낼 수 있는 능력을 가지고 있으며, 비록 이러한 차이가 type IIb섬유가 type I섬유보다 크다는 사실로 부분적으로나마 설명되어질 지라도 단위면적당 힘에서 type I섬유보다 type IIb섬유가 더 큰 힘을 낼 수 있다는 문헌에서 증명되어진다. 근섬유 type의 특성의 차이는 동물실험에서 찾아볼 수 있는데, Barany와 Close(1971)는 쥐의 장지신근(속근)이 soleus(지근)보다 단위면적당 최대 등척성 twitch 장력이 크다는 결과를 보였으며, Maughan 등(1983)은 6명의 마라토너와 6명의 단거리 선수를 대상으로 근력과 면적의 비에 관한 연구에서 단거리 선수에게서 근력과 면적의 비가 크다는 것을 발견

했다. 비록 근육의 생검은 이루어지지 않았지만 단거리 선수는 type IIb, 마라톤 선수는 type I의 우세성을 가진다고 추정하였다.

표면근전도를 이용한 연구에서는 근섬유의 구성이나 크기는 근전도상의 주파수에 영향을 미친다고 하였는데 주파수 스펙트럼 분석을 통한 중앙주파수는 type II의 분포가 많은 근육에서 높게 나타났으며, type II는 여성보다 남성에 많으며 대퇴사두근 중에서도 내측광근이나 대퇴직근보다 외측광근에 많이 분포되어 있다고 하였다.

이에 본 연구는 초음파 영상을 이용하여 골격근의 두께를 측정하고 최대 수의적 등척성 수축력과 상관성을 분석하여 골격근의 구조적 변화를 측정하고 기능적 변화를 예측할 수 있는 영상진단방법으로 활용하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## V. 결론

본 연구에서는 20대 남·여 성인의 주관절 굴곡근과 슬관절 신전근을 대상으로 초음파 영상장치와 dynamometer를 이용하여 근 두께와 최대 수의적 등척성 수축력을 측정하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 골격근의 두께와 수축력은 성별 간에 차이가 있었으며, 체중, 근 두께, 근 수축력 간에 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 향후 골격근에 대한 임상연구에서 골격근의 구조적 특성과 기능적 특성을 분석하는데 초음파영상을 이용한 분석방법이

매우 유용하게 적용 될 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 김훈, 손태열 : 대퇴사두근의 근체적 및 근 횡단면적이 최대근력에 미치는 영향. 1995.
- 차영남 : 하지근의 횡단면적과 등척성 근력 및 순발력과의 상관관계. 1995.
- Always SE., Stray-Gundersen j., Grumbt WH. et al : Muscle crosssectional area and torque in resistance-trained subjects. Eur. J. Appl. Physiol. 60;86-90, 1990.
- Barany M, Close RI. : The transformation of myosin in cross-innervated rat muscles. J Physiol. 213;455-474, 1971.
- Bemben MG. : Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. J Strength Cond Res. 16;103-108, 2002.
- Black D, Vora J, Hayward M, et al. : Measurement of subcutaneous fat thickness with high frequency pulsed ultrasound: comparisons with a caliper and a radiographic technique. Clin Phys Physiol Meas. 9;57-64, 1988.
- Booth FH, Weeden SH. : Structure aspects of aging human skeletal muscle. In: Buckwalter JA, Goldberg VM, Woo SLY, eds. Musculoskeletal soft-tissue aging: Impact on mobility. Rosemont, IL: AAOS. 195-200, 1992.
- Coyle EF, Costill DL, Lesmes GR. : Leg

- extension power and muscle fiber composition. *Med Sci Sports*. 11;12-15, 1979.
- Edwards RHT, Young A, Hosking GP, et al. : Human skeletal muscle and function: description of tests and normal values. *Clin Sci Mol Med*. 52;283-290, 1997.
- Enoka RM. : Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Med*. 6(3);146-168, 1988.
- Ferretti G., Ishii M., Moia CL. et al. : Effects of temperature on the maximal instantaneous muscle power of humans. *EJAP*. 64;112-116, 1992.
- Fukunaga T. : Die absolute Muskelkraft und das Muskelkrafttraining. *Sportarzt Sportmed*. 11;255-265, 1976.
- Giannini F., Landoni L. Merella N. et al. : Estimation of specific tension of human knee extensor muscles from in vivo physiological CSA and strength measurements. *J. Physiol*. 423;86, 1990.
- Gloria CF, Jeanne EH, Holly MC. et al. : Ultrasound Imaging distinguishes between normal and weak muscle. *Arch Phys Med Rehabil*. 85;980-986, 2004.
- Gollnick PD., Parsons D., Riedy M. et al. : Fiber number and size in overloaded chicken anterior latissimus dorsi muscle. *JAP*. 54;1292-1297, 1983.
- Iki M and Fukunaga : Calculation of muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z. angew. Physiol. Arbeitsphysiol*. 26;26-32, 1968.
- Kanehisa H, Ikegawa S, Fukunaga T. : Comparison of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *Eur J Appl Physiol*. 68;148-154, 1994.
- Koskelo EK, Kivisaari LM, Saarinen UM. et al. : Quantitation of muscles and fat by ultrasonography: a useful method in the assessment of malnutrition in children. *Acta Paediatr Scand*. 80;682-687, 1991.
- Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. : Strength and power training: Physiological mechanism of adaptation. *Exerc Sport Sci Rev*. 24;363-398, 1996.
- Kuczmarski RJ, Fanelli MT, Koch GG. : Ultrasonic assessment of body composition in obese adults: overcoming the limitations of the skinfold caliper. *Am J Clin Nutr*. 45;717-724, 1987.
- Freilich RJ., Kirsner RLG., Byrne E. : Isometric strength and thickness relationships in human quadriceps muscle. *Neuromusc Disord*. 5;415-422, 1995.
- Maughan RIJ and Nimmo MA. : The influence of variations in muscle fiber composition on muscle strength and cross-sectional area in untrained males. *J Physiol*. 351;299-311, 1984.
- McDonagh MFN., and Davies CTM. : Adaptive response of mammalian

- skeletal muscle to exercise with high loads. *EJAP*. 52;139-155, 1984.
- Montes R. : Changes in the Cross-sectional diameter of muscle ultrasonography between relaxation and maximum voluntary isometric contraction in normal young subject. *Physiotherapy*. 87(4);172-178, 2001.
- Narici MV., Landoni L. and Minetti AE. : Assessment of human extensor muscles stress from in vivo physiological cross-sectional area and strength measurements. *Eur. J Appl. Physiol*. 65;438-444, 1992.
- Narici MV., Roi GS and Landoni L. : Force knee extensor and flexor muscles and cross-sectional area determined by nuclear magnetic resonance imaging. *Eur. J. Appl. Physiol*. 57;39-44, 1988.
- Maurits NM., Bollen AE., Windhausen A. et al. : Muscle ultrasound analysis: Normal values and differenciariation between myopathies and neuropathies. *Ultrasound in Med & Biol*. 29;215-225, 2003.
- Nutter J. and Thorland WG. : Body composition and anthropometric correlates of isokinetic leg extension strength of young adult males. *Res. Q. Exerc. Sport*. 58;47-51, 1987.
- Pernille KN, Bente RJ, Darvann T. et al. : Quantitative ultrasound image analysis of the supraspinatus muscle. *Clin Biomechanics*. 15supp1;13-16, 2000.
- Sipila S, Suominen H : Quantitative ultrasonography of muscle: detection of adaptations to training in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*. 77;1173-1178, 1996.
- Sipila S, Suominen H : Muscle ultrasonography and computed tomography in elderly trained and untrained women. *Muscle Nerve*. 16;294-300, 1993.
- Thorstensson A., Sjodin B., and Karsson J. : Enzyme activities and muscle strength after sprint training in man. *APS*. 94;313-318, 1975.