

성별에 따른 몸통근육의 초음파 영상 구조 비교

임재헌·최수희¹·서삼기[†]

서남대학교 물리치료학과

¹서남대학교 작업치료학과

The Comparison of Ultrasound Images on Trunk Muscles According to Gender

Jae-Heon Lim, Su-Hee Choi¹, Sam-Ki Seo[†]

Department of Physical Therapy, Seonam University

¹Department of Occupational Therapy, Seonam University

Received: April 20, 2015 / Revised: April 28, 2015 / Accepted: May 19, 2015

© 2015 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study is to compare ultrasound images of trunk muscles according to gender in healthy subjects.

METHODS: Twenty six subjects(13 males and 13 females) were enrolled in this study. The thickness of trunk muscles was measured for transverse abdominis (TrA), external oblique abdominis (EOA), internal oblique abdominis (IOA), and multifidus (MF) using ultrasound. The thickness of the muscles was measured for the length of cross-section except for fascia. The muscle thickness was measured at the both side, then the mean value was calculated. Also, each of trunk muscle was analysed by echodensity, white area index.

RESULTS: As a results, there was significant difference in muscle thickness of EOA, IOA according to gender ($p < 0.05$).

The male was significant increase than female of EOA, IOA in muscle thickness. There was significant difference in echo intensity of TrA, MF according to gender ($p < 0.05$). The female was significant increase than male of TrA, MF in echo intensity. There was significant difference in white area index of EOA according to gender ($p < 0.05$). The female was significant increase than male of EOA in white area index.

CONCLUSION: The findings of this study suggest that healthy male have a greater EOA, IOA trunk muscle thickness than female. However, the difference of muscle quality between male and female was showed through this experiment. Therefore, the ultrasonography images will be useful tool for seeing quantitative and qualitative difference of trunk muscles according to gender.

Key Words: Ultrasonography, Muscle thickness, Echodensity, White area index

[†]Corresponding Author : hydropt@korea.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

몸통근육은 허리부위를 안정화 하는데 가장 중요한 역할을 하며, 요통의 예방과 관리에 중요한 메시지를 준다(Hodges, 1999). 요통을 일으키는 요인들 중 허리근력이 높은 비중을 차지하는데, 근력을 알아볼 수 있는 방법은 힘을 측정하는 것이다(Sung 등, 1999). 근육을 직접적으로 수축시켜 힘의 크기를 측정할 있지만, 초음파를 통한 단면적이거나 근 두께를 파악하여 근육의 힘 향상을 알아볼 수 있다. 근력과 단면적, 근 두께는 밀접한 상관관계가 있으며(Chi-Fishman 등, 2004), 등속성 및 등척성 회전력을 통한 측정근육은 단면적이 클수록 더 큰 힘을 발생시킨다. 그러므로, 더 큰 힘을 발생시키는 것인지 알아보기 위해서 초음파를 이용하면 근육의 크기를 손쉽게 측정해 볼 수 있다.

초음파를 사용하면 골격근의 단면 크기를 파악하는데 도움이 되고 근육의 조직을 파악하는데 유용한 방법이 된다(Emshoff 등, 1999). 또한 실시간으로 근육을 시각화할 수 있으며 휴식하고 있을 때와 움직이고 있을 때 뿐만 아니라 다른 유형으로 근육이 수축하고 있을 때에도 근육을 측정할 수 있는 장점이 있다(Harcke 등, 1988; Rezasoltani 등, 2002). 초음파는 척추 주변의 근육 중에서 뒷갈래근의 진단 도구로 사용되기도 한다(Hides 등, 1995). 초음파 영상을 통한 근육 분석을 하게 되면 근육의 양적, 질적 특성 및 신경이나 근육병증 변화를 포함한 골격근의 병리적 문제를 파악할 수 있다(Maurits 등, 2003). 모든 초음파는 근육을 영상화 시킬 수 있는 캘리퍼가 장착되어 있으므로 경계선이 구분되며 측정이 가능하다. 근육의 단면적 및 두께의 검사-재검사 신뢰도는 0.98-0.99의 상관계수를 나타내었으며, 근육의 MRI 측정과는 상관계수 0.99의 상관성을 나타내었다(Pillen 등, 2008; Reeves 등, 2004; Reimers 등, 1998; Sanada 등, 2006). 초음파는 사지 근육이나 골반바닥근육, 가로막 근육의 비대를 측정하는데 신뢰성과 타당도가 입증되었다(Braekken 등, 2010; Enright 등, 2006).

근 두께 이외에 백색영역지수와 근육영상밀도는 근육의 질적인 특성을 알아볼 수 있는 측정이다. 근육의 상대적인 음영강도를 평가하기 위해 객관적인 지표로

써 다른 조직들을 포함한 단면으로 관찰하는 것이 도움이 된다(Heckmatt 등, 1982). 선명하고 밝은 선이 있는 근육은 훈련이 잘 된 건강한 근육이라 할 수 있지만, 손상을 받거나 문제가 있는 근육은 산만하고 뚜렷하지 않는 특징을 보인다. 또한 신경근 병리 정도를 알아보는 양적인 측정은 회색조 초음파 검사(gray-scale ultrasonography)가 사용되고 있다(Aydinli 등, 2003; Brockmann 등, 2007).

질병과 노화에 따른 몸통 근육의 구조적 변화, 몸통 좌우 근육의 대칭성 등을 초음파로 측정하여 알아보는 연구가 진행되고 있으며, 이에 더불어 성별에 따른 사지 근육의 특성을 알아본 연구들도 진행되고 있다. 남성 25명, 여성 30명을 대상으로 안쪽 장딴지 근육을 초음파 영상을 이용하여 성별에 따라 근 두께(thickness), 근육영상밀도(echodensity), 백색영역지수(white area index; WAI)를 측정하여 알아본 결과 최대수의 적등척성 수축과 근 두께에서 성별에 따른 차이와 근육영상밀도와 백색영역지수에서 성별에 따른 차이가 있는 것으로 나타났다(Lee 등, 2007). 건강한 참가자를 대상으로 몸통근 두께와 대칭성을 알아본 연구에서 남성은 여성보다 휴식시와 수축시 배가로 근의 두께가 더 크게 나타났으며, 특히 여성은 남성에 비해 배가로 근의 비율이 더 크게 나타났다(Springer 등, 2006). 성별에 따른 아래 등세모근 두께의 변화를 알아본 연구에서는 남성이 여성보다 어깨관절 130도 벌림위치에서 수축시와 안정시 모두 더 두껍게 나타났다고 보고하였다(Song 등, 2012). 또한 나이와 성별, 척추 수준에 따라 273명의 카테바를 통해 디스크 퇴행과의 상관성을 알아본 연구에서는 남성의 디스크가 여성보다 퇴행되었다고 보고하였다(Miller 등, 1988).

지금까지 연구들을 살펴보면, 몸통근 두께의 성별에 따른 차이, 대칭성을 알아 본 연구는 있었지만 몸통근의 밀도와 백색영역지수를 포함한 질적 특성을 함께 알아본 연구들은 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 성별에 따른 몸통근 두께와 질적특성인 밀도와 백색영역지수를 분석하여 몸통 골격근의 영상진단학적 기초 자료를 제공하고자 한다.

Table 1. General characteristics of the subjects

	Male (N=13)	Female (N=13)
Age (yrs)	24.76±1.01	22.69±0.48
Height (cm)	171.53±7.75	161.38±5.04
Weight (kg)	65.30±13.19	53.03±9.04

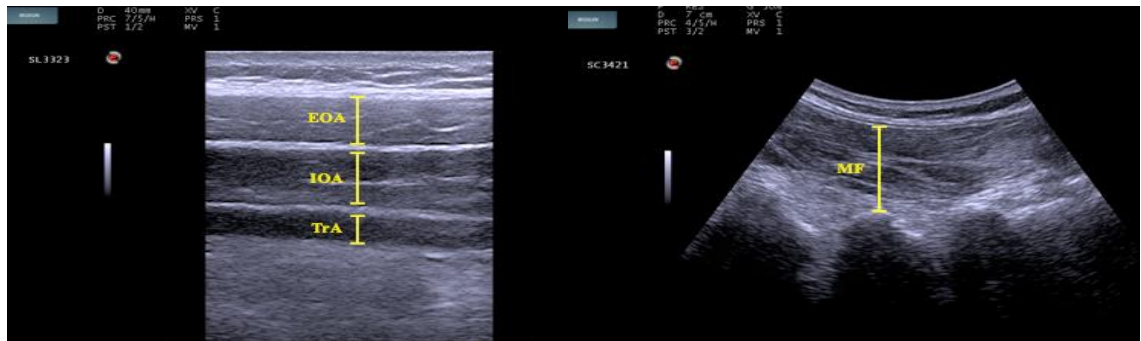


Fig 1. The ultrasonography of EOA, IOA, TrA, and MF in trunk muscles.

EOA; external oblique abdominis
 IOA; internal oblique abdominis
 TrA; transverse abdominis
 MF; multifidus

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 연구기간

이 연구의 대상자는 건강한 성인남녀 26명(남자 13명, 여자 13명)을 대상으로 진행하였다. 모든 대상자는 연구 동의서에 서명한 후 실험에 참여하였으며, 실험에 참여하기 전 실험에 관한 모든 사항을 상세히 전달하였다. 척추에 염증이 있거나 골반 및 하지의 정형외과적 질환이 있는 자, 초음파를 적용할 부위에 상처가 있거나 복부 수술을 한 과거력이 있는 자, 현재 허리 통증이 있는 자는 이 연구에서 배제한 후 선발하였다. 대상자의 일반적 특성은 Table 1에 제시하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구

근육의 영상학적 측정을 위해 초음파 영상장치(MyL abOne, esoate, Italy) 이용하여 근 두께, 근육영상 밀도, 백색영역지수를 측정하였다. 근 두께는 각 근육의 횡단

면에서 근막을 제외하고 길이(mm)를 측정하였으며, 근육영상 밀도는 건막이 포함되지 않도록 사각모양을 선택하여 이 곳의 평균 화소수를 정하였다. 백색영역지수는 사각모양의 선택영역의 영상에서 화소수가 70이상인 부위가 백색으로 보이는데, 전체화소수(0-255)중 170이상인 부위에서 백색으로 보이는 부분을 나누는 값으로 하였다.

2) 측정방법

각 근육별 자세는 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근을 측정할 때는 바로 누운자세에서 측정하였고, 못갈래근은 엎드린 자세에서 시행하였다. 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근은 겨드랑이 선에서 아래로 그은 선과 배꼽이 만나는 점에서 앞쪽 2.5cm(Ota 등, 2012)에서 측정하였고, 못갈래근은 허리뼈 4,5번 가시돌기 사이의 바깥쪽 2cm 부분에서 두께를 측정하였다(Vasseljen 등, 2006). 모든 측정은 좌우 근육을 대상으로 측정하였고, 좌우 근육의 평균을 구하였다. 복부의 근 두께는 날숨동안 증가될 수 있기 때문에(Misuri 등, 1997), 복부 근육

Table 2. The comparison of trunk muscle thickness according to gender

(units : mm)

Muscle	Male	Female	t	P
EOA	5.94±1.44	3.77± 0.44	5.22	0.00
IOA	8.10± 1.83	5.69± 0.73	4.40	0.00
TrA	3.42± 0.96	3.53± 0.77	-0.32	0.75
MF	24.79±3.42	23.82±2.83	5.22	5.22

EOA; external oblique abdominis

IOA; internal oblique abdominis

TrA; transverse abdominis

MF; multifidus

Table 3. The comparison of trunk muscle echodensity according to gender

Muscle	Male	Female	t	P
EOA	116.77±20.62	130.65±18.85	-1.79	0.09
IOA	89.88±20.43	101.10±9.08	-1.81	0.08
TrA	81.23±17.05	93.17±10.66	-2.14	0.04
MF	66.73±13.09	86.88±6.59	-4.95	0.00

EOA; external oblique abdominis

IOA; internal oblique abdominis

TrA; transverse abdominis

MF; multifidus

두께의 측정은 편안한 날숨 끝 지점에서 수행되었다. 또한 근육의 혈액량이 근육의 크기에 영향을 줄 수 있으므로 측정 전 충분한 휴식 후에 측정하였다(Fig 1).

주파수 변조범위는 6-9MHZ 이고, 게인(gain)의 범위는 20~80이다. 초음파 변환기는 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근을 측정할 때 13MHz ~ 6MHz 선형탐촉자(linear transducer, SL3323)를 사용하였고, 못갈래근은 10MHz ~ 6MHz의 원형탐촉자(convex transducer, SC3123)를 이용하였다. 특히 이완된 상태에서 초음파의 도자가 압박하는 힘이 근육의 크기를 변화시킬 수 있으므로 충분한 양의 젤을 도자에 적용하였다. 근육영상 밀도를 알아보기 위해 사각형 모양의 평균화소수를 통해 알아볼 수 있으며, 선택된 화소가 순수한 검정색이면 추출된 부분의 회색조 검사의 평균값이 0이 되고, 순수한 흰색이면 평균값이 255가 된다.

3) 자료분석

모든 자료는 window용 SPSS 12.0 버전을 사용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성은 기술통계를 사

용하였으며, 성별에 따른 몸통근 두께, 밀도, 백색영역 지수의 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-검정을 사용하여 분석하였다. 유의수준 α 는 0.05로 정하였다.

III 연구 결과

1. 성별에 따른 몸통 근두께 비교

성별에 따른 몸통 근 두께를 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 시행한 결과 배바깥빗근과 배속빗근에서 남녀 간에 유의한 차이를 나타내었다(Table 2). 배바깥빗근은 남성이 5.94±1.44, 여성이 3.77±0.44 이었으며, 배속빗근은 남성이 8.10±1.83, 여성이 5.69±0.73으로 남성이 여성보다 근 두께가 유의하게 두꺼운 것으로 나타났다($p<0.05$). 배가로근과 못갈래근은 성별에 따른 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

2. 성별에 따른 근 밀도 비교

성별에 따른 몸통 근 밀도를 비교하기 위해 독립표본

Table 4. The comparison of trunk muscle WAI according to gender

Muscle	Male	Female	t	P
EOA	0.08±0.07	0.15±0.09	-2.26	0.03
IOA	0.02±0.03	0.02±0.02	0.28	0.78
TrA	0.06±0.15	0.02±0.02	0.88	0.38
MF	0.02±0.01	0.02±0.02	-0.32	0.75

EOA; external oblique abdominis

IOA; internal oblique abdominis

TrA; transverse abdominis

MF; multifidus

WAI; white area index

t-검정을 시행한 결과 배가로근과 못갈래근에서 남녀 간에 유의한 차이를 나타내었다(Table 3). 배가로근은 남성이 81.23±17.05, 여성이 93.17±10.66 이었으며, 못갈래근은 남성이 66.73±13.09, 여성이 86.88±6.59으로 여성이 남성보다 유의하게 높은 근밀도를 나타냈다(p<0.05). 배바깥빗근과 배속빗근은 성별에 따른 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05).

3. 성별에 따른 백색영역지수 비교

성별에 따른 몸통 백색영역지수를 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 시행한 결과 배바깥빗근에서 남녀 간에 유의한 차이를 나타내었다(Table 4). 배바깥빗근은 남성이 0.08±0.07, 여성이 0.15±0.09으로 여성이 남성보다 배바깥빗근에서 유의하게 높은 백색영역지수를 나타냈다(p<0.05). 배속빗근, 배가로근, 못갈래근은 성별에 따른 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05).

IV. 고 찰

이 연구에서는 정상 성인을 대상으로 몸통안정화에 기여하는 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근 그리고 못갈래근의 초음파 영상 분석을 통해 성별에 따른 몸통근육의 구조적 특성을 비교하고자 근 두께, 밀도, 백색영역지수를 알아보았다. 근 두께 측정은 근육의 양적인 특성을 파악할 수 있는 것으로 초음파 영상을 보면 근육 조직은 어둡게 보이지만, 뼈와 결합조직은 밝게 보인다. 초음파 영상을 통한 근 두께 및 디지털 영상 방법을

통한 구조적 특성을 평가하는 것은 골격근의 기능적 변화를 알아보는 데 유용한 방법이다. 영상을 추출할 때, 전체를 선택하지 않고 사각형 모양만을 선택한 이유는 전체 영상을 추출한 것과 값의 차이가 없을 뿐 아니라, 전체를 알아보는 데 사각형 모양으로 추출해도 값에 변화가 없으며 신뢰성이 입증되었기 때문이다.

몸통 근육의 크기를 알아보기 위해 측정이 용이하고 비침습적이며 통증 없이 사용할 수 있는 초음파를 사용하여 측정하였다. 이에 반해 자기공명영상은 초음파보다 해상도가 좋으며 못갈래근과 같이 초음파로 측정하기 위해서 엎드린 자세를 취할 필요없이 바로 누운 자세에서도 가능하나 초음파로 측정하기 위해서는 특히 못갈래근의 근 두께를 측정을 하려면 엎드린 자세를 취해야 한다. 하지만 초음파를 사용하면 빠른 측정이 가능하고, 비침습적이며 통증 없이 시행할 수 있는 장점이 있으므로 본 연구에 적용하여 몸통근육을 분석하였다.

이 연구의 첫 번째 결과인 성별에 따른 근 두께 비교에서 배바깥빗근과 배속빗근은 남자가 여자보다 근 두께가 유의하게 두꺼운 것으로 나타났지만, 배가로근과 못갈래근은 성별에 따른 유의한 차이를 나타내지 않았다. 건강한 성인 남자 55명, 여자 68명 총 123명을 대상으로 성별에 따른 몸통 근육의 크기와 대칭성을 조사한 연구에서 남성은 여성보다 근두께가 유의하게 두꺼운 것으로 나타났다(Rankin 등, 2006). 남녀 모두 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근 순으로 나타나 본 연구와 일치된 결과를 나타내었다. 근육 두께 측정을 두가지 자세에서 측정하였는데, 본 연구와 측정부위가 동일한 자세의 측정 결과에서 남성이 여성보다 배속빗근의 상대적 근

두께가 더 크게 나타나 본 연구의 결과와 유사한 결과를 나타내었다(Rankin 등, 2006). 절대 근크기는 남성이 여성보다 큰 두께가 유의하게 더 두꺼웠으며, 상대적 근 크기에서는 남녀 모두 배곧은근, 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근 순으로 나타나 성별에 따른 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 배속빗근의 상대적 근크기는 남성에서 더 유의하게 크게 나타나 본 연구의 배속빗근의 결과와 일치하였다. 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근과 성별과의 관련성을 알아본 연구에서 남성의 배바깥빗근과 배속빗근 두께는 여성보다 더 두껍다고 보고하여 본 연구의 결과와 일치하였으나, 배가로근은 전체 비율에서 여성이 더 높은 비율을 차지하였다고 보고하여 본 연구의 결과와 다르게 나타났다(Springer 등, 2006).

체질량 지수를 정규화하였을 때 배가로근의 근 두께는 성별에 따라 차이가 없다고 하였다(Rankin 등, 2006). 본 연구에서의 배가로근의 두께가 유의한 차이를 보이지 않았던 이유는 절대적 근 두께만을 비교했기 때문으로 생각되며, 이는 측정할 모든 근육에서 배가로근이 차지하는 백분율을 계산한 Rankin 등(2006)의 상대적 근 크기와 본 연구에서 계산한 절대 근 크기와는 다른 방식으로 값을 산출했기 때문인 것으로 생각된다. Rankin 등(2006)의 연구에서 상대적 근크기를 구하는 방식으로 전체 근육에서 차지하는 배가로근의 백분율을 서로 비교하는 연구도 필요할 것으로 생각된다. 건강한 대학생을 대상으로 남녀 배곧은근과 배빗근의 근력을 비교한 결과 여성은 남성보다 60% 정도의 근력을 가지는 것으로 나타나 배빗근에서 남성이 여성보다 더 높은 근력을 나타냈다(Chen 등, 2012).

Hansen 등(1993)은 성별에 따라 서로 다른 몸통 근력 운동 프로그램을 통해 근력 강화시키는 근육의 비율에 차이가 있다고 보고하였는데, 크기는 나이와 관련되지 않았으며 배곧은근이 가장 두꺼웠으며, 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근 순이었다. 본 연구에서도 근 두께는 성별에 상관없이 배속빗근이 가장 두꺼웠으며, 배바깥빗근, 배가로근 순이었다.

성별에 따른 몸통근육의 근밀도 비교에서 배가로근과 못갈래근은 여자가 남자보다 유의하게 높은 근밀도의 증가를 나타내었지만, 배바깥빗근과 배속빗근은 성

별에 따른 차이를 나타내지 않았다. 근육을 평가하는데 또 다른 유용한 지침은 근밀도인데, 건강한 근육 조직일 수록 어둡게 보인다(Pillen과 van Alfen, 2011). 근밀도의 범위는 0~255인데, 0에 가까울수록 즉 어둡게 보이는 근육일수록 건강한 근육이고, 밀도가 낮으면 낮을수록 근육량이 더 많다는 것을 의미한다. 본 연구의 배가로근과 못갈래근의 근 밀도 결과에서 여성이 남성보다 유의하게 높은 근 밀도를 나타낸 것은 남성이 여성보다 두 근육의 근육량이 더 많다는 것으로 추론할 수 있다.

Jeong 등(2006)은 위팔두갈래근의 근 밀도를 알아본 결과 남녀 밀도의 차이는 20~29세, 30~59세, 60세 이상 각 연령대에 따라 성별의 차이를 나타내어 연령에 따른 변화를 확인하였지만, 본 연구와 동일한 연령대인 20~29세의 위팔두갈래근의 근밀도와 백색영역지수는 차이를 나타내지 않아 20대의 위팔두갈래근의 질적특성에서는 성별에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다. 연령이 증가할수록 근 섬유가 섬유지방 조직으로 변환되면서 근육의 반사강도에 영향을 주어 연령이 골격근의 질적 특성에 중요 변인으로 작용하였지만, 동일한 연령대에서 성별에 따른 근밀도에서 차이가 발생하지 않았다. 하지만 본 연구에서 동일한 연령대의 배가로근과 못갈래근밀도에서 남녀 간의 차이를 보인 것은 심부근육의 근육량과 지방량의 차이가 있기 때문인 것으로 사료된다.

성별에 다른 몸통근육의 백색영역지수의 비교에서 배바깥빗근을 제외한 나머지 근육 모두 성별에 따른 차이가 나타나지 않았다. 배바깥빗근에서 남자가 여자보다 유의하게 낮은 백색영역지수를 나타내었는데, 백색영역지수가 낮을수록 더 어두운 것을 의미하며 어두운 것은 반사되지 않는, 즉 지방이나 결합조직이 아닌 근육조직으로 구성되면 될수록 더 어둡게 보이는 것을 나타낸다.

근 두께가 감소할수록 흰색을 띠게 되어 백색영역지수가 증가한다고 보고하였다(Pillen 등, 2008). 본 연구에서 근 두께는 배바깥빗근은 남성이 여성보다 더 두꺼우므로 여성의 백색영역지수가 남성보다 크다는 것을 뒷받침한다. 성별에 따라 근육의 양적, 질적 특성의 차이를 본 연구를 통해 제시하였는데, 밀도와 백색영역지

수는 근육내섬유증이나 지방조직 변화로 야기될 수 있지만 섬유증이나 지방 또는 이 두 가지 모두로 기인한 변화인지는 확인하기 어려우므로 정확한 차이를 알기 위해서는 근육조직검사가 추가로 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 휴식 시 성별의 두께를 비교했으나 실제 수축 시 발생하는 근육의 크기를 측정하지 못한 점과 연령이 20대 젊은 성인이었다는 점이다. 또한 대상자의 표본수가 적어 일반화하기에는 어려움이 있다. 추후 연구에서는 이런 부분을 보완하여 몸통 근육의 성별에 따른 휴식 시와 수축시의 근육의 질적 특성과 두께를 비교할 수 있는 연구와 신경학적 질환 유무, 연령에 따른 몸통근육의 특성을 비교할 필요가 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 성별에 따른 몸통근 두께의 변화와 질적 특성을 확인하고자 하였다. 본 연구를 통해 몸통 근 두께는 배마갈빗근과 배속빗근에서 남성이 여성보다 더 두꺼웠으며, 근육의 질적 특성인 근육 밀도와 백색영역지수 또한 성별에 따른 차이를 나타내었다. 그러므로 향후 성별에 따른 몸통 근육의 양적, 질적 차이를 알아보는데 초음파가 유용한 도구가 될 수 있을 것이다.

References

Aydinli N, Baslo B, Caliskan M, et al. Muscle ultrasonography and electromyography correlation for evaluation of floppy infants. *Brain Dev.* 2003;25(1):22-4.

Braekken IH, Májida M, Engh ME, et al. Morphological changes after pelvic floor muscle training measured by 3-dimensional ultrasonography: a randomized controlled trial. *Obstet Gynecol.* 2010;115(2 Pt 1):317-24.

Brockmann K, Becker P, Schreiber G, et al. Sensitivity and

specificity of qualitative muscle ultrasound in assessment of suspected neuromuscular disease in childhood. *Neuromuscul Disord.* 2007;17(7):517-23.

Chen G, Liu L, Yu J. A comparative study on strength between American college male and female students in caucasian and asian populations. *Sport Science Review.* 2012;21(3-4):153-65.

Chi-Fishman G, Hicks JE, Cintas HM, et al. Ultrasound imaging distinguishes between normal and weak muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(6):980-6.

Emshoff R, Bertram S, Trobl H. Ultrasonographic cross-sectional characteristics of muscles of the head and neck. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;87(1):93-106.

Enright SJ, Unnithan VB, Heward C, et al. Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Phys Ther.* 2006;86(3):345-54.

Hansen FR, Bendix T, Skov P, et al. Intensive, dynamic back-muscle exercises, conventional physiotherapy, or placebo-control treatment of low-back pain. A randomized, observer-blind trial. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(1):98-108.

Harcke HT, Grissom LE, Finkelstein MS. Evaluation of the musculoskeletal system with sonography. *AJR Am J Roentgenol.* 1988;150(6):1253-61.

Heckmatt JZ, Leeman S, Dubowitz V. Ultrasound imaging in the diagnosis of muscle disease. *J Pediatr.* 1982;101(5):656-60.

Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle. Comparison of two different modalities. *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20(1):54-8.

Hodges PW. Is there a role for transverses abdominis in lumbo-pelvic stability? *Man Ther.* 1999;4(2):74-86.

Jeong JG, Kim KY, Kim JM, et al. Age related analysis of ultrasound images of normal skeletal muscle. *Phys*

- Ther Korea. 2006;13(1):47-53.
- Lee JW, Seo SK, Yoon SW, et al. The architecture characteristics of ultrasonography on the skeletal muscle by gender in normal subject. *Journal of coaching development*. 2007;9(2):259-67.
- Maurits NM, Bollen AE, Windhausen A, et al. Muscle ultrasound analysis: normal values and differentiation between myopathies and neuropathies. *Ultrasound Med Biol*. 2003;29(2):215-25.
- Miller JA, Schmatz C, Chultz AB. Lumbar disc degeneration: correlation with age, sex, and spine level in 600 autopsy specimens. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;13(2):173-8.
- Misuri G, Colagrande S, Gorini M, et al. In vivo ultrasound assessment of respiratory function of abdominal muscles in normal subjects. *Eur Respir J*. 1997;10(12):2861-7.
- Ota M, Ikezoe T, Kaneoka K, et al. Age-related changes in the thickness of the deep and superficial abdominal muscles in women. *Arch Gerontol Geriatr*. 2012;55(2):e26-30.
- Pillen S, Arts IM, Zwarts MJ. Muscle ultrasound in neuromuscular disorders. *Muscle Nerve*. 2008;37(6):679-93.
- Pillen S, van Alfen N. Skeletal muscle ultrasound. *Neurol Res*. 2011;33(10):1016-24.
- Rankin G, Stokes M, Newham DJ. Abdominal muscle size and symmetry in normal subjects. *Muscle Nerve*. 2006;34(3):320-6.
- Rankin G, Stokes M, Newham DJ. Size and shape of the posterior neck muscles measured by ultrasound imaging: normal values in males and females of different ages. *Man Ther*. 2005;10(2):108-15.
- Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(1):116-8.
- Reimers CD, Harder T, Saxe H. Age-related muscle atrophy does not affect all muscles and can partly be compensated by physical activity: an ultrasound study. *J Neurol Sci*. 1998;159(1):60-6.
- Rezasoltani A, Ylinen J, Vihko V. Isometric cervical extension force and dimensions of semispinalis capitis muscle. *J Rehabil Res Dev*. 2002;39(3):423-8.
- Sanada K, Kearns CF, Midorikawa T, et al. Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96(1):24-31.
- Song WR, Kim SY, Jang HJ. A comparison of change in thickness for lower trapezius muscle during lower trapezius muscle isometric exercise and reliability of ultrasound imaging. *Phys Ther Korea*. 2012;19(3):31-9.
- Springer BA, Mielcarek BJ, Nesfield TK, et al. Relationships among lateral abdominal muscles, gender, body mass index, and hand dominance. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(5):289-97.
- Sung KH, Kim MJ, Sok HK. The effect of progressive resistance exercise between laser discectomy and non-op group in HIVD for 12wks. *Korean J Sports Med*. 1999;17(1):165-75.
- Vasseljen O, Dahl HH, Mork PJ, et al. Muscle activity onset in the lumbar multifidus muscle recorded simultaneously by ultrasound imaging and intramuscular electromyography. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2006;21(9):905-13.