

외복사근과 다열근에 대한 초음파 영상과 표면 근전도 측정방법의 신뢰도와 타당도

김창용

대전대학교 대학원 물리치료학과

최종덕, 김선엽, 오덕원

대전대학교 보건의스포츠과학대학 물리치료학과

김진경

한서대학교 작업치료학과

Abstract

Reliability and Validity of Ultrasound Imaging and sEMG Measurement to External Abdominal Oblique and Lumbar Multifidus Muscles

Chang-yong Kim, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Daejeon University

Jong-duk Choi, Ph.D., P.T.

Suhn-yeop Kim, Ph.D., P.T.

Duck-won Oh, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of Health Sports Science, Daejeon University

Jin-kyung Kim, Ph.D., O.T.

Dept. of Occupational Therapy, Hanseo University

The purpose of this study was to investigate intra-rater reliability and determine the validity of electromyography (EMG) measurements to represent muscle activity and ultrasonography (US) to represent muscle thickness during manual muscle testing (MMT) to external abdominal oblique (EO) and lumbar multifidus (MF). Twenty healthy subjects were recruited for this study and asked to perform MMT at differing levels. The subjects' muscle activity using EMG was measured by a ratio to maximum voluntary contraction (MVC) and root mean square (RMS) methods. The subjects' muscle thickness using US was measured by raw muscle thickness and change ratio of thickness to maximum (MVC) or resting condition. In three trials, measurements were performed on each subject by one examiner. The intra-rater reliability of measurements of EMG and US to EO and MF was calculated using intra-class coefficients. The intra-rater reliability of all measurements was excellent ($ICC=.75\sim.98$) in EMG and US. The conduct validity was calculated by one-way ANOVA with repeated measurements to compare whether the EMG and US measurements were different between MMT at different levels. There was only a significant difference between all grades at %MVC thickness measurement of US. These results suggest that a %MVC thickness measurement of US was a more sensitive and discriminate in all manual muscle testing grades. This information will be useful for the selection of US measurement and analysis methods in clinics.

Key Words: Electromyography; Reliability; Ultrasonography imaging; Validity.

통신저자: 최종덕 choidew@dju.kr

이 논문은 2009학년도 대전대학교 신진교수연구비 지원에 의하여 쓰여진 것임.

I. 서론

자세 안정성(stability)에 있어 체간 주변에 있는 근육들의 적절한 활동 패턴과 기능적 역할 분담은 매우 중요하다(Cholewicki와 McGill, 1996; Wilke 등, 1995). 이들 근육들의 효율적인 측정 및 분석을 통해 임상적으로 가치 있는 중재방법의 선택 및 효과 입증과 같은 평가적 절차는 체간의 안정성을 달성하기 위해 필수적인 요소라 할 수 있다(Axler과 McGill, 1997; Butcher 등, 2007; Leetun 등, 2004; O'Sullivan 등, 1997; Rasmussen-Barr 등, 2009).

체간의 안정성에 기여하는 근육들을 분석하는 방법으로 근육 내 근전도(intramuscular electromyography)가 사용되어 왔다. 이 방법은 초음파를 이용하여 근전도 전극 침을 삽입해야 하는 방식으로 사용된다. 근육 내 근전도가 정확성을 가지고 있지만 절차상 복잡성과 침습적인 방법으로 인해 임상에서 사용하기에는 적합하지 않고 실용적이지 못하다(Vasseljen 등, 2006). 따라서 임상에서와 연구자의 접근성을 고려할 때 표면 근전도(surface electromyography)는 비용이 적게 들고 실용적이며 근 활성도를 측정하는데 있어 널리 사용되고 있다(Roy 등, 1997).

최근에 초음파는 근육의 형태와 반응을 정량화하고 특히 복부와 요부 근육들의 수축을 비침습적인 방법으로 평가할 수 있어 연구와 임상적인 환경에서 널리 사용되고 있는 장비 중의 하나이다(Ferreira 등, 2004; Hodges 등, 2003; Rankin 등, 2006; Whittaker, 2008). 이전의 연구 결과를 토대로 복부와 요부 근육에 있어 근육의 두께 변화를 측정하는 초음파는 컴퓨터 단층촬영, 자기공명영상(Hides 등, 2006) 그리고 근전도(Hodges 등, 2003; McMeeken 등, 2004)와 비교하였을 때 신뢰도가 높고 타당성이 있는 평가 시스템이라고 보고하였다. 특히 초음파로부터 측정할 수 있는 근육 두께는 표면 근전도를 이용하여 측정되는 근 활성도와 연관성이 있고, 초음파로부터 얻을 수 있는 근육 두께는 근육 수축 시 발생하는 힘의 지표라고 해석할 수 있다(Brown과 McGill, 2010).

근전도와 초음파를 통한 분석 연구들에서 근전도는 근 활성도를 측정하는 일반적인 방법으로 최대 수의적 수축(maximum voluntary contraction; %MVC)이 사용되는 반면, 초음파의 경우 근육 두께를 측정하는 분석 방법이 보편화되거나 특정화 되어 있지 않다. Mannion 등(2008)의 연구에서는 초음파를 이용하여 복식 호흡 동안에 복횡근, 내복사근 그리고 외복사근의 근육 두께

변화를 이완자세를 기준으로 변화된 두께증가율로 측정하였고, Brown과 McGill(2010)의 연구에서는 외복사근과 다열근의 근육 두께 변화를 최대 근수축 값을 기준으로(%MVC) 측정하였다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째 20대 남성을 대상으로 체간 안정성에 기여하는 외복사근과 다열근에 표면 전극을 통해 근 활성도를 측정하는 표면 근전도와 초음파 시스템을 통해 근육 두께를 측정하는 초음파의 각각 다른 측정방법을 이용하여 측정자 내 신뢰도를 평가하고자 하였다. 둘째 각 근육의 수축을 유도하는 도수 근력 검사를 시행하여 도수 근력 검사 등급에 따라 수축하는 근육의 근 활성도와 근육 두께를 측정하는 측정방법들이 차이가 있는지 분석하여 가장 타당성이 있는 측정방법을 찾아 임상에서 효과적으로 활용할 수 있게하고자 하였다. 위의 연구 목적을 규명하기 위하여 다음과 같은 가설을 설정하였다. 첫째, 외복사근과 다열근에 대해서 근전도의 근 활성도와 초음파의 근육 두께 측정방법들의 측정자 내 신뢰도는 높을 것이다. 둘째, 외복사근과 다열근의 근 수축을 유도하는 도수 근력 검사를 시행하여 근활성도 신호와 초음파 영상 분석 방법에 따라 타당성 및 임상적 효율성에 차이가 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구 대상자는 실험 전에 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 설명을 듣고, 자발적으로 실험 참여에 동의한 대전시에 소재하고 있는 대학교의 20대 건강한 성인 남성 20명을 대상으로 시행되었다. 근전도와 초음파에서 측정되는 근 활성도와 근육 두께의 측정방법을 향상시키기 위해 신체질량지수(body mass index; BMI)를 이용하여 계산된 점수가 18.5에서 24.9사이에 해당되는 대상으로 선정하여 연부 조직의 동질성을 최대한 유지하였다(John과 Beith, 2007). 근골격계 및 신경계 관련 질환이 있는 자, 최근 3개월 동안 요통을 경험한 자, 복부와 요부 관절에 수술 병력이 있는 자, 심각한 자세 기형이 있는 대상자는 연구 대상에서 제외하였다.

2. 실험기기 및 도구

가. 근전도 시스템

외복사근과 다열근의 근 활성도 측정을 위해 근전도

장비 Myosystem 1400A¹⁾ 를 사용하였고, 수집된 자료의 개인용 컴퓨터와 연동하여 근전도 소프트웨어 MyoResearch XP Master 1.06를 사용하였다. 표본 추출률(sampling rate)은 1024 Hz로 하였으며, 대역통과(band-pass) 필터는 80~250 Hz, 노치(filter) 필터는 60 Hz로 처리하였다.

나. 초음파 시스템

외복사근과 다열근의 근육 두께를 측정하기 위하여 초음파 검사 기기는 B(Brightness)-모드를 이용한 LOGIQ Book XP²⁾를 사용하였고, 근육 조직을 관찰하는데 용이한 7.5 MHz 선형 도자(linear array transducer)를 사용하였다. 초음파의 B-모드 스캔은 전체 선형 도자 길이를 통해 근육의 정적 단면적을 나타낸다.

다. 도수 근력 검사

본 연구에서 사용된 도수 근력 검사는 Hislop 등(2003)이 제시한 방법으로 숙련된 한 명의 물리치료사가 외복사근은 편안하게 누운 자세에서, 다열근은 엎드린 자세에서 대상자로 하여금 각각의 근육을 수축하게 하였다.

3. 측정 및 분석 방법

가. 근전도 측정 및 분석

표면 근전도 신호에 대한 피부 저항을 감소시키기 위해 체모와 각질을 제거하고, 의료용 알코올 솜으로 닦은 후 전극 배치를 하였다. 각각의 근섬유의 방향과 평행하게 부착하였다. 전극 간 거리는 2 cm로 하였다. 전극 부착부위는 다음과 같다. 외복사근은 장골능과 능골 사이에서 약간 사선 방향으로 근 섬유가 평행하게 주행하므로 전상장골극(anterior superior iliac spine) 위 복직근 외측에 있는 부분으로 배꼽에서 외측 15 cm 지점에 부착하였다(Cram 등, 1998; Ng 등, 1998). 다열근은 후 장골극의 끝 부분에서 L1과 L2사이의 공간까지 있는 선상 위에 있는 L5 극돌기로부터 외측으로 3 cm 떨어진 지점(Queiroz 등, 2010)에 각각의 근섬유와 같은 방향으로 직접 부착하였다. 접지(ground) 전극은 전상장골극(ASIS) 위에 부착하였다. 도수 근력 검사 등급에 따른 1회 근전도 신호 측정 시간은 5초였으며 반복 측정된 각각의 검사는 3회씩 측

정하여 평균화하고, 그 평균값을 측정치로 이용하였다. 모든 실험에서 수집된 근 활성화 자료는 RMS(root mean square) 신호처리를 통해 분석되었다. RMS값을 정규화하기 위하여 %MVC을 이용하였다. %MVC는 수(normal)등급에서 수축된 근 활성화 값에 대한 우(good), 양(fair) 그리고 가(poor) 등급에서의 근 활성화 비율을 의미하고 raw RMS는 원자료(raw) 값을 RMS처리 과정만 수행하였다.

나. 초음파 측정 및 분석

B-모드를 이용한 외복사근과 다열근의 초음파 영상의 깊이는 피부로부터 각각 5 cm와 6 cm로 기록되었다(Vasseljen 등, 2006). 검사자 간의 차이를 최소화하기 위해 초음파 검사에 숙달된 물리치료사 1인의 측정자가 복부와 요부의 기본적인 해부학 지식에 근거하여 검사하였다. 초음파 겔(gel)을 선형 도자와 피부 사이에 바르고, 초음파 영상을 통한 시진(inspection)과 측정자의 손에 의한 촉진(palpation)으로 외복사근과 다열근을 확인한 후, 외복사근은 몸의 정중선에서 액와선을 잇는 선으로부터 외측으로 25 mm 떨어진 지점에(Mannion 등, 2008), 다열근은 후상장골극(posterior superior iliac spine)에서 L1/L2 극돌기 간격을 잇는 선상의 표면 전극 옆에 위치시킨 후 가장 선명한 영상도(echogenicity)가 보일 때까지 확인하였다(Vasseljen 등, 2006). 잠재적으로 대상자에게 학습되거나 근육 피로도와 연관된 순서 효과를 없애기 위해 외복사근과 다열근 측정은 무작위 순서로 진행되었고, 각 측정 사이에 근전도 표면 전극을 기준점으로 하여 도자를 재 위치시켰다. 초음파 영상 출력 후, 외복사근은 도자를 종단면으로 대고 근막이 시작되는 경계 부분에서 10 mm 떨어진 지점의 두께를 측정하였고(Mannion 등, 2008), 다열근은 도자를 횡단면으로 대고 L1과 L2 극돌기 사이의 뼈 부착 부위(bony insertion)에서 두께를 측정하였다(Vasseljen 등, 2006). 대상자가 등급별 도수 근력 검사를 5초간 수행하는 동안 초음파 기기의 영상을 캡처하고 캡처된 영상으로부터 근육 두께를 분석하였다. 도수 근력 검사 등급에 따라 각 3회씩 측정하고, %MVC 두께(최대수축자세 기준), 원자료 두께, 두께 증가율(이완자세 기준)로 나타냈다. %MVC 두께는 최대수축자세

1) Myosystem 1400A, Noraxon U.S.A. Inc., Scottsdale AZ, U.S.A.

2) LOGIQ Book XP, GE Healthcare, Princeton NJ, U.S.A.

에서 측정된 근육 두께에 대해 각 등급에서 측정된 근육 두께의 비율을, 원자료 두께는 각 등급에서 측정된 근육 두께를, 두께 증가율은 이완자세에서 측정된 근육 두께에 대해 각 등급에서 측정된 근육 두께의 비율을 의미한다.

4. 연구절차

모든 대상자들은 외복사근과 다열근에 대해 근전도를 이용한 근 활성화도와 초음파를 이용한 근육 두께를 동시에 측정하는 동안 등급에 따라 근육 수축을 유도하는 도수 근력 검사를 수행하도록 하였다

(Mannion 등, 2008; Vasseljen 등, 2006). 외복사근과 다열근의 측정자 내 신뢰도와 타당도를 측정하기 위해 대상자는 호흡을 정지한 편안한 상태로 각각 누운 자세와 엎드린 자세에서 천천히 근육을 수축하고 5초간 유지하고 5초간 휴식 후, 이를 3회 반복하였다. 한 등급에서 소요되는 전체 시간은 약 30초이고, 다음 등급을 수행하기 전에 1분의 휴식을 취하도록 하였다. 또한 상태에 따라 대상자가 한 등급에서 3회 반복할 때와 다음 등급을 수행하기 전에 피로감을 느끼면 충분한 휴식시간을 두도록 하였다. 전체 적용 시간은 5분 가량이 되도록 하였다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(N=20)

일반적 특성	평균±표준편차	범위
연령(세)	22.8±2.2	19.0~29.0
신장(cm)	177.9±4.9	170.0~185.0
체중(kg)	68.9±8.4	55.0~80.0
신체질량지수(kg/m ²)	22.0±2.1	18.9~24.8

표 2. 근전도 근활성도 측정 방법에 따른 도수근력 검사 등급별 측정자 내 신뢰도 비교

(N=20)

근육	측정방법	도수 근력 검사 등급별 측정자 내 신뢰도		
		우(good)등급	양(fair)등급	가(poor)등급
외복사근	%MVC ^a RMS ^b (%) ^c			
	평균±표준편차	71.61±15.42	42.43±14.08	22.66±10.52
	급내 상관계수	.77*	.80*	.91*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.53~.93(.02)	.62~.91(.02)	.82~.96(.01)
	원자료 RMS(mV) ^d			
	평균±표준편차	95.56±56.41	56.21±37.75	26.56±12.50
급내 상관계수	.98*	.98*	.94*	
95% 신뢰구간(표준오차)	.96~.99(7.34)	.96~.99(4.87)	.87~.97(1.61)	
다열근	%MVC RMS(%)			
	평균±표준편차	73.07±11.26	41.94±13.32	25.86±12.27
	급내 상관계수	.76*	.83*	.95*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.60~.90(.01)	.69~.92(.02)	.90~.98(.02)
	원자료 RMS(mV)			
	평균±표준편차	106.89±47.94	58.53±24.65	34.74±17.27
급내 상관계수	.98*	.94*	.96*	
95% 신뢰구간(표준오차)	.96~.99(6.19)	.89~.98(3.18)	.91~.98(2.23)	

^a최대 수의적 수축(maximum voluntary contraction), ^broot mean square.

^c%MVC RMS=[(등급에서 측정된 근 활성화도 값)/(수(normal) 등급에서 측정된 근 활성화도 값)]×100.

^d원자료 RMS=각 등급에서 측정된 근 활성화도 값, *p<.05.

5. 분석 방법

본 연구에서의 자료 통계처리는 상용 통계프로그램인 윈도우용 SPSS ver. 12.0 프로그램을 사용하였다. 20명의 대상자에서 도수 근력 검사 등급에 따라 근전도와 초음파의 측정방법에 대한 측정자내 신뢰도를 알아보기 위해 각 측정방법마다 근 활성화도와 근육 두께를 세 번씩 측정하여, 급내 상관계수(ICC(3,1)), 측정의 표준 오차(standard error of measurement; SEM), 평균차 95% 신뢰구간(95% CI)을 이용하여 검증하였다(Shrout와 Fleiss, 1979). 또한 도수 근력 검사 등급 사이에 근 활성화도와 근육 두께 측정 방법간의 차이를 보는 구성 타당도를 알아보기 위하여 반복 측정된 일요인 분산분석(repeated one-way ANOVA)를 사용하였다. 사후 검증은 본페로니 사후 검정 분석을 이용하였고, 가설 검정을 위한 모든 통계학적인 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

이 연구에 참여한 대상자는 남자 20명으로 평균 연령은 22.8세이었고, 평균 신장은 177.9 cm, 평균 체중은 68.9 kg, 신체질량지수는 22.0 kg/m²이었다. 모든 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(표 1).

2. 근전도의 측정방법에 따른 측정자 내 신뢰도

급내 상관계수를 통해 근전도를 이용한 도수 근력 검사 등급별 근 활성화도 측정방법에 따른 측정자 내 신뢰도를 알아본 결과는 표 2와 같다. %MVC RMS로 외복사근을 측정하였을 때 우(good) 등급은 .77, 양(fair) 등급은 .80 그리고 가(poor) 등급은 .91를, 원자료 RMS로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .98, 양(fair) 등급은 .98 그리고 가(poor) 등급은 .94의 신뢰도로 모든 측정방법에서 높은 등급의 신뢰도를 보였다. 다열근의 경우 %MVC RMS로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .76, 양(fair) 등급은 .83 그리고 가(poor) 등급은 .95를, 원자료 RMS로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .98, 양(fair) 등급은 .94 그리고 가(poor) 등급은 .96의 신뢰도로 역시 모든 측정방법에서 높은 등급의 신뢰도를 보였다.

3. 초음파의 측정방법에 따른 측정자 내 신뢰도

급내 상관계수를 통해 초음파를 이용한 도수 근력

검사 등급별 근육 두께 측정방법에 따른 측정자 내 신뢰도를 알아본 결과는 표 3과 같다. %MVC두께로 외복사근을 측정하였을 때 우(good) 등급은 .94, 양(fair) 등급은 .83 그리고 가(poor) 등급은 .77를, 원자료 두께로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .94, 양(fair) 등급은 .92 그리고 가(poor) 등급은 .90를, 두께 증가율로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .84, 양(fair) 등급은 .77 그리고 가(poor) 등급은 .98의 신뢰도로 모든 측정방법에서 높은 등급의 신뢰도를 보였다. 다열근의 경우 %MVC두께로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .95, 양(fair) 등급은 .89 그리고 가(poor) 등급은 .90를, 원자료 두께로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .80, 양(fair) 등급은 .91 그리고 가(poor) 등급은 .95를, 두께 증가율로 측정하였을 때 우(good) 등급은 .75, 양(fair) 등급은 .84 그리고 가(poor) 등급은 .76의 신뢰도로 모든 측정방법에서 높은 등급의 신뢰도를 보였다.

4. 도수 근력 검사 등급에 따른 근전도와 초음파 측정방법의 차이

반복 측정된 일요인 분산분석을 통해 도수 근력 검사 등급에 따른 근 활성화도와 근육 두께 측정방법의 차이를 알아본 결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 사후분석 결과 근 활성화도 측정방법의 경우 외복사근과 다열근의 모든 도수 근력 검사 등급에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 근육 두께 측정방법의 경우 %MVC두께로 측정하였을 때 외복사근과 다열근의 모든 도수 근력 검사 등급에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고($p < .05$), 두 근육에서 원자료 두께로 측정하였을 때 우(good)등급과 양(fair)등급에서와 두께 증가율로 측정하였을 때 양(fair)등급과 가(poor)등급에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$)(표 4).

IV. 고찰

체간 안정성의 중요한 역할을 하는 심부 근육들의 평가는 다양하게 연구되어 왔지만 각 근육들의 효율적인 측정 및 분석을 위한 표준화된 평가 방법은 객관적으로 제시되지 않았다. 예를 들어 근육의 근활성도를 측정하는 표면 근전도의 경우 신뢰도와 타당도에 있어 체계적으로 분석되어 있지 않고, 근육의 두께를 측정하는 초음파의 측정방법은 표준화 되어있지 않다. 이에

본 연구는 외복사근과 다열근에 대해 근 수축을 유도하는 도수 근력 검사를 등급에 따라 시행하는 동안 근골격계 초음파를 이용한 근육 두께 측정방법과 이전부터 연구 되어온 표면 근전도를 이용한 근 활성화 측정방법의 측정자내 신뢰도와 타당도를 구하고, 또한 각각의 초음파와 근전도의 측정방법이 도수 근력 등급에 따라

차이가 나타나는지 비교하여 초음파를 이용한 근육 두께 측정 방법들 중 어떤 측정방법이 효과적으로 근육 두께를 측정할 수 있는지 알아보고자 시도하였다.

체간의 근육들이 척추 움직임이나 자세, 안정성에 있어 중요한 역할을 한다고 보고되었다. 기능적인 관점에서 볼 때, 체간 근육은 대근육(global muscle)과 소근육(local

표 3. 초음파 근 두께 측정방법에 따른 도수근력 검사 등급별 측정자 내 신뢰도 (N=20)

근육	측정방법	도수 근력 검사 등급별 측정자 내 신뢰도		
		우(good)등급	양(fair)등급	가(poor)등급
외복사근	%MVC ^a 두께(%) ^b (최대수축자세 기준)			
	평균±표준편차	80.61±8.46	70.35±7.65	60.41±11.49
	급내 상관계수	.94*	.83*	.77*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.89~.98(.18)	.69~.92(.02)	.59~.89(.01)
	원자료 두께(mm) ^c			
	평균±표준편차	4.76±1.04	4.13±0.82	3.50±0.71
	급내 상관계수	.94*	.92*	.90*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.87~.97(.13)	.84~.96(.11)	.80~.96(.09)
	두께 증가율(%) ^d (이완자세 기준)			
	평균±표준편차	35.71±32.01	31.14±20.48	12.73±10.32
	급내 상관계수	.84*	.77*	.98*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.71~.93(.04)	.59~.89(.03)	.96~.99(9.77)
다열근	%MVC 두께(%) (최대수축자세 기준)			
	평균±표준편차	93.46±6.78	83.39±9.66	73.09±10.56
	급내 상관계수	.95*	.89*	.90*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.89~.98(.06)	.79~.95(.02)	.81~.96(.01)
	원자료 두께(mm)			
	평균±표준편차	37.25±4.35	33.16±4.34	33.00±4.47
	급내 상관계수	.80*	.91*	.95*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.63~.91(.06)	.83~.96(.06)	.89~.98(.06)
	두께 증가율(%) (이완자세 기준)			
	평균±표준편차	16.26±11.71	13.73±8.61	10.87±7.98
	급내 상관계수	.75*	.84*	.76*
	95% 신뢰구간(표준오차)	.54~.91(.02)	.70~.93(.02)	.60~.90(.02)

^a최대 수의적 수축(maximum voluntary contraction).

^bMVC 두께=[(각 등급에서 수축된 근육 두께)/(수(normal)등급에서 수축된 근육 두께)]×100.

^c원자료 두께=각 등급에서 수축된 근육 두께.

^d두께 증가율=[(각 등급에서 수축된 근육 두께)-(수축 전 근육 두께)/수축 전 근육 두께]×100, *p<.05.

표 4. 측정 방법에 따른 도수근력 검사 등급별 근 활성도와 근육 두께 비교 (N=20)

근육	측정방법	도수 근력 검사 등급			F
		우(good)등급	양(fair)등급	가(poor)등급	
외복사근	%MVC RMS(%)	71.28±14.01 ^{ab}	42.21±13.14 ^c	22.48±0.99 ^d	127.17**
	원자료 RMS(mV)	95.65±56.52 ^b	56.21±38.12 ^c	26.56±12.42 ^d	39.82**
	%MVC 두께(%) (최대수축자세 기준)	80.44±6.89 ^b	70.16±6.16 ^c	60.26±10.72 ^d	58.06**
	원자료 두께(mm)	4.76±1.03 ^b	4.13±0.81	3.92±0.70 ^d	39.62**
	두께 증가율(%) (이완자세 기준)	32.44±12.84	29.05±11.14 ^c	10.73±6.90 ^d	46.57**
다열근	%MVC RMS(%)	72.97±10.07 ^b	41.83±12.63 ^c	25.81±12.41 ^d	174.37**
	원자료 RMS(mV)	106.99±48.38 ^b	58.53±24.57 ^c	34.74±12.24 ^d	43.58**
	%MVC 두께(%) (최대수축자세 기준)	93.42±5.18 ^b	83.37±9.36 ^c	73.05±10.36 ^d	20.74**
	원자료 두께(mm)	37.25±4.11 ^b	33.16±4.27	33.00±4.46 ^d	23.46**
	두께 증가율(%) (이완자세 기준)	16.44±9.70	13.18±5.57 ^c	10.23±5.43 ^d	6.31*

^a평균±표준편차, *p<.05, **p<.01.

^b우(good)등급과 양(fair)등급 사이에 유의한 차이를 보임.

^c양(fair)등급과 가(poor)등급 사이에 유의한 차이를 보임.

^d가(poor)등급과 우(good)등급 사이에 유의한 차이를 보임.

muscle)으로 분류된다(Bergmark, 1989). 복직근이나 외복사근과 같은 대근육은 토크를 발생시키고 흉곽과 골반 사이에 직접적으로 부하를 전달한다. 본 연구에서는 외복사근과 다열근을 측정 부분으로 축소하였고 각각 전외측과 후부의 대표적 근육으로 대근육 및 소근육을 대표한다고 할 수 있다. 특히 외복사근은 근육 내 근전도나 표면 근전도 장비를 통해 체간 축 회전에 있어 주요한 역할을 한다고 보고하였다(Peach 등, 1998). 다열근과 같은 소근육은 척추 분절에 가깝게 위치해 있고, 척추에 잠재적인 손상이나 갑작스런 자세 동요 시 수축을 한다(Hodges 등, 1996; Moseley 등, 2002). 이들 근육은 몸 전체가 움직일 때나 자세 적응 동안에 요추의 안정성과 연관이 있다(Behm 등, 2002; Hodges과 Richardson, 1996; Hodges과 Richardson, 1999; McGill, 2001). 특히, 요부 다열근은 척추 안정성에 있어 중요한 역할을 한다(Hodges과 Richardson, 1999; Hungerford 등, 2003). 본 연구에서는 표면근전도 시스템으로 측정 가능한 체간 전외측에 위치하는 외복사근과 후부에 위치하는 다열근을 측정 대상으로 하였고 체지방의 오염 요인을 최소화하고 근육 성질의 동질성을 유지하기 위해 체지방지수를 기준으로 한 남성 20명을 연구대상으로 국한 하였다.

임상적 접근의 원칙으로 평가자의 다양한 환경에서의 효율성을 평가하기 위해 획일적 평가 환경을 지양하고 다양한 환경에서의 평가를 위해 4단계의 근 수축 환경을 제공하였다. 즉, 근전도의 %MVC RMS, 원자료 RMS 측정 방법과 초음파의 %MVC 두께(최대수축기준), 원자료 두께, 두께 증가율(이완자세기준) 측정 방법에 따른 도수 근력 검사를 시행 시 급내상관계수를 통해 측정자내 신뢰도를 비교하였다.

신뢰도의 결과에서는 모든 측정방법에서 급내상관계수가 .75이상으로, 결과적으로 다섯 가지 측정 방법 모두 측정자내 신뢰도는 높았고 통계학적으로 유의하였다(p<.01). 하지만 측정의 표준 오차는 각 측정방법에 따라 큰 차이를 보였다. 근전도의 측정방법에서 외복사근과 다열근 모두 %MVC RMS는 각각 최소 .01에서 최대 .02의 오차를, 원자료 RMS는 최소 1.61에서 최대 7.34까지 오차를 나타냈으며, 초음파의 측정방법에서는 %MVC 두께(최대수축기준)는 최소 .01에서 최대 .18의 오차를, 원자료 두께는 최소 .06에서 최대 .18의 오차를 그리고 두께 증가율(이완자세기준)은 최소 .02에서 최대 9.77까지 측정의 표준 오차 범위를 나타냈다. 결과적으로 근전도의 %MVC RMS와 초음파의 %MVC 두께 측정방법이 상

대적으로 낮은 측정의 표준 오차 범위를 나타냈다. 표준 오차가 작다는 것은 비교적 추정값이 정확함을 말해 준다(이충휘, 2008). 또한 측정의 표준 오차(SEM)는 (표준편차) \times (1-신뢰도 계수)로 구해지고 본 연구에서는 이들의 측정방법 표준 편차가 다른 측정방법들에 비해 작았다. 표준편차는 원자료와 동일한 측정단위를 사용하면서 산포성을 나타낼 수 있는 지수로 표준편차가 작다는 것은 표본 안에서 측정값들의 변이정도가 작다는 것을 의미한다(이충휘, 2008). 특히 초음파 근육두께 분석에서는 %MVC 두께(최대수축기준) 보다 두께 증가율(이완자세기준)에서 평균값이 감소 했지만 표준편차는 증가하는 경향을 보임으로써 측정의 신뢰성 %MVC 두께(최대수축기준)가 효율적이라고 할 수 있다. 그러므로, 근전도의 %MVC RMS와 초음파의 %MVC 두께 측정방법이 다른 측정방법보다 신뢰할 수 있다고 고려될 수 있다.

구성 타당도의 전체적인 분산분석 결과에서는 외복사근과 다열근의 도수 근력 등급 사이에 각 측정방법들 모두 동일하게 통계학적으로 유의한 차이가 있었지만 ($p < .01$) 세부적인 사후검정에서는 차이를 보였다. 사후 분석 결과 근전도의 %MVC RMS, 원자료 RMS와 초음파의 %MVC 두께 측정방법은 모든 도수 근력 등급에서 차이가 있는 반면, 초음파의 원자료(raw) 두께는 우(good)등급과 양(fair)등급에서만, 초음파의 두께 증가율은 양(fair)등급과 가(poor)등급에서만 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 그러므로 초음파의 %MVC 두께(최대수축기준) 측정방법이 도수 근력 검사를 수행하는 동안 각 등급 사이의 근육 두께를 판별하는데 타당하다고 할 수 있다. 이와 같은 최대자발적 근 수축상태를 기준으로 하여 근육 두께 변화량을 분석하는 방법은 Mannion 등(2008)의 연구에서 사용되었고, 미세한 운동조절(motor control)의 연구에서 사용되는 근전도 분석 방법에서도(Imai 등, 2010; John과 Beith, 2007) 정규화 및 일반화의 상대적 비교를 위해 기준적인 지표로 사용되어 지고 있다. 본 연구의 결과에서도 이러한 기전의 원리가 그대로 적용되어 효율성을 높일 수 있는 방법으로 분석되었다.

근 수축을 유발하는 도수 근력 검사 동안 초음파를 이용한 근육 두께를 측정하는 방법 중에서 %MVC 두께 측정방법이 측정자내 신뢰도가 가장 높고, 도수 근력 등급에 따라 유의한 두께 변화를 측정할 수 있기 때문에 원자료 두께나 두께 증가율 측정방법 보다 효과적인 방법이라고 제시할 수 있다. 본 연구는 일반화 되지 않는 초음파

근육 두께 측정방법에 대한 연구를 수행함으로써 실제 임상에서도 %MVC 두께 측정방법(최대수축기준)을 사용하여 근육 두께를 효율적으로 분석할 수 있을 것이다.

이 연구는 몇 가지 제한점이 있는데, 첫째, 20대 건강한 남성만을 대상으로 하여 인간을 대상으로 하는 일반성의 결과를 제시하지 못한다는 점과 근 활성도와 근육 두께는 외복사근과 다열근에 한정하여 다양한 부위의 측정이 이루어지지 못하였다는 점이다. 따라서 임상적으로 더 유용한 자료가 되기 위해서는 다른 근육들에 대한 연구와 더불어 더 많은 대상자들을 바탕으로 남성 뿐 만 아니라 여성을 포함한 연구가 이루어져야 할 것이며, 이를 통해 근전도의 근 활성도와 초음파의 근육 두께를 측정하는 방법들 사이의 상관관계를 구하는 연구가 필요하다고 생각한다.

V. 결론

본 연구에서는 외복사근과 다열근에 근전도를 이용한 근 활성도 측정방법과 초음파를 이용한 근육 두께 측정방법들의 측정자 내 신뢰도를 구하고, 도수 근력 검사 등급에 따라 측정방법들 사이의 구성 타당도를 비교하여 초음파의 근육 두께 측정방법들 중 어떤 측정방법이 타당하는지 알아보려고 하였다. 근 활성도를 측정하는 근전도와 근육 두께를 측정하는 초음파의 측정 방법 별 측정자 내 신뢰도가 급내 상관계수 .75~.98의 범위를 나타내어 비교적 높은 신뢰도를 보였다. 또한 도수 근력 검사 등급에 따른 근전도와 초음파의 측정방법 차이를 비교하는 구성 타당도 결과 초음파의 %MVC 두께 측정방법이 모든 도수 근력 검사 등급에서 유의한 차이를 보였고($p < .05$), 타당도가 높은 것으로 나타났다. 위의 결과를 통해 본 연구에서 측정된 초음파의 %MVC 두께 방법이 근육계의 초음파 평가 시 근육의 두께 변화 정도를 객관적으로 평가할 수 있는 지표로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

인용문헌

- 이충휘. 물리치료사와 작업치료사를 위한 연구방법론. 제 3판. 서울, 계축문화사, 2008:194-195.
Axler CT, McGill SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: Searching for the

- safest abdominal challenge. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(6):804-811.
- Behm DG, Anderson K, Curnew RS. Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res.* 2002;16(3):416-422.
- Bergmark A. Stability of the lumbar spine: A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1989;230:1-54.
- Brown SH, McGill SM. A comparison of ultrasound and electromyography measures of force and activation to examine the mechanics of abdominal wall contraction. *Clin Biomech(Bristol, Avon).* 2010;25(2):115-123.
- Butcher SJ, Craven BR, Cilibeck PD, et al. The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(5):223-231.
- Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech(Bristol, Avon).* 1996;11(1):1 - 15.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Maryland, Aspen Publishers Inc, 1998:360-374.
- Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: Ultrasound measurement of muscle activity. *Spine(Phila Pa 1976).* 2004;29(22):2560 - 2566.
- Hides J, Wilson S, Stanton W, et al. An MRI investigation into the function of the transversus abdominis muscle during 'drawing-in' of the abdominal wall. *Spine(Phila Pa 1976).* 2006;31(6):175 - 178.
- Hislop HJ, Montgomery J, Connolly B. Daniels and Worthingham's Muscle Testing: Techniques of manual examination. 6th ed. Philadelphia, PA, W.B. Saunders Co., 2003:35-48.
- Hodges P, Richardson C, Jull G. Evaluation of the relationship between laboratory and clinical tests of transversus abdominis function. *Physiother Res Int.* 1996;1(1):30-40.
- Hodges PW, Pengel LH, Herbert RD, et al. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve.* 2003;27(6):682 - 692.
- Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(9):1005-1012.
- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine(Phila Pa 1976).* 1996; 21(22):2640-2650.
- Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine(Phila Pa 1976).* 2003;28(14):1593-1600.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(6):369-375.
- John EK, Beith ID. Can activity within the external abdominal oblique be measured using real-time ultrasound imaging? *Clin Biomech(Bristol, Avon).* 2007;22(9):972-979.
- Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, et al. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(6):926-934.
- Mannion AF, Pulkovski N, Gubler D, et al. Muscle thickness changes during abdominal hollowing: An assessment of between-day measurement error in controls and patients with chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2008;17(4):494-501.
- McGill SM. Low back stability: From formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29(1):26-31.
- McMeeken JM, Beith ID, Newham DJ, et al. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech(Bristol, Avon).* 2004;19(4):337-342.
- Moseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements.

- Spine(Phila Pa 1976). 2002;27(2):E29 - 36.
- Ng JK, Kippers V, Richardson CA. Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1998;38(1):51-58.
- O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, et al. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine(Phila Pa 1976).* 1997;22(24):2959-2967.
- Peach JP, Sutarno CG, McGill SM, Three-dimensional kinematics and trunk muscle myoelectric activity in the young lumbar spine: A database. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(6):663 - 669.
- Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, et al. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(1):86-92.
- Rankin G, Stokes M, Newham DJ. Abdominal muscle size and symmetry in normal subjects. *Muscle Nerve.* 2006;34(3):320 - 326.
- Rasmussen-Barr E, Ang B, Arvidsson I, et al. Graded exercise for recurrent low-back pain: A randomized, controlled trial with 6-, 12-, and 36-month follow-ups. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(3):221-228.
- Roy SH, De Luca CJ, Emley M, et al. Classification of back muscle impairment based on the surface electromyographic signal. *J Rehabil Res Dev.* 1997;34(4):405-414.
- Shrout PE, Fleiss JL, Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.* 1979;86(2):420 - 428.
- 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.
- Whittaker JL. Ultrasound imaging of the lateral abdominal wall muscles in individuals with lumbopelvic pain and signs of concurrent hypocapnia. *Man Ther.* 2008;13(5):404 - 410.
- Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, et al. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups: A biomechanical in vitro study. *Spine(Phila Pa 1976).* 1995;20(2):192-198.

논문접수일	2011년 1월 3일
논문게재승인일	2011년 2월 5일