

청년과 노인 연령군에 따른 척주세움근에 대한 마이오톤의 측정자 간, 측정자 내 신뢰도

한효경¹ · 최예주² · 정성호³ · 이나경^{4*}

¹ 한양대병원 물리치료사, ² 일상중심병원 물리치료사, ³ 청주상당시니어클럽 물리치료사,
^{4*} 건양대학교 물리치료학과 교수

Inter-and Intra-rater Reliabilities of Myotonometric Measurement of the Erector Spinae Muscles in the Young and Old Age Groups

Hyo-Gyeong Han, PT¹ · Ye-Ju Choe, PT² · Seong-Ho Jeong, PT³
Na-Kyung Lee, DPT^{4*}

¹*Hanyang University Hospital, Physical Therapist*

²*Ilsan Central Hospital, Physical Therapist*

³*Cheongju Sandang Senior Club, Physical Therapist*

^{4*}*Dept. of Physical Therapy, Konyang University, Professor*

Abstract

Purpose : The purpose of this study is to examine inter-and intra-rater reliabilities of myotonometric measurements of tone, elasticity and stiffness for the erector spinae muscles of the young and the elderly populations.

Methods : A total of 102 (69 young adults from K university and 33 older adults from the D community center in Daejeon) were enrolled in this study. The two different raters measured each side of the erector spinae muscles at prone position. After each rater performed first measurement for a subject, 30 minutes of rest was given. The same rater then repeated the second myometric measurement on the subject. The collected data on the tone, elasticity, and stiffness of the erector spinae were analyzed using intraclass correlation coefficient (ICC) to determine inter- and intra- rater reliabilities.

Results : The inter-and intra-rater reliabilities of the myotonometric measurement of the erector spinae for the total subjects were excellent (ICC > 0.9, p < 0.001). Within each of the elderly group and the young group, inter- and intra-rater reliabilities were also excellent (ICC > 0.8~0.9 / p < 0.001, ICC > 0.75~0.9 / p < 0.001, each).

Conclusion : The measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness for the erector spinae muscles using the myotonometer had excellent reliability. It was confirmed that a highly reliable myometric measurement on the erector spinae can be obtained regardless of whether it is from young or elderly people. This suggests that the myotonometer can be a useful tool to measure muscular properties of the erector spinae of the young and old as an evaluative instrument.

Key Words : erector spinae muscle, inter-rater reliability, intra-rater reliability, myotonometer, young old age groups

*교신저자: 이나경, wmcg_nkl@konyang.ac.kr

논문접수일 : 2021년 2월 3일 | 수정일 : 2021년 2월 15일 | 게재승인일 : 2021년 2월 19일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

신체 활동 기능을 최적화하여 삶의 질을 향상하게 하려는 목적을 가진 재활에 있어서 활동을 위한 움직임에 관여하는 근육의 역할은 중요하다. 척주세움근(erector spinae)의 경우에는 요추를 뒤로 젖히는 동작을 구성하거나 앞으로 굽히는 동작을 조절하며, 바르게 앉거나 서 있을 때와 아울러 보행 시에도 활성화되어 자세를 유지하는 역할을 한다(Levengie & Norkin, 2011; Neumann, 2010).

척주세움근을 포함하여 전반적인 근육에 대한 진단과 평가는 재활의 방향을 수립하고 효과적인 재활 관리 과정을 운영하는 데 있어서 매우 중요하게 작용한다. 근육을 평가하는 방법으로서 근력, 근지구력, 유연성, 신경학적 근 긴장도 평가 등 논리적인 체계와 점수 척도를 사용한 평가도구가 전통적으로 사용되어왔으며, 과학적인 계측기들의 발달을 통해 더 자세한 근 정보를 얻을 수 있게 되었다. 근전도기(electromyography)를 활용하여 근 활성화도, 근피로도, 활성화시간 등의 측정 등 생리적인 계측을 할 수 있게 되었고 근래에는 MRI(magnetic resonance imaging)나 초음파기(ultrasound)를 이용하여 근육의 두께와 결의 방향 등 더욱 정밀한 해부학적 구조를 분석하는 방법들이 발달하였다.

근육의 물리적인 특성을 관찰할 수 있는 기기들도 개발되고 있는데, 그중에 마이오톤미터(myotonometer) 또는 마이오톤(myoton) 기기는 빠르고 객관적으로 근육의 기계적이고 물리적인 특성을 비침습적으로 검사할 수 있는 도구이며 근육의 긴장도(tone), 탄성도(elasticity), 경직도(stiffness) 등 다양한 계측 변수(parameter)로 근육의 상태를 알아볼 수 있다(Mullix 등, 2012).

마이오톤은 이완 또는 수축상태에서 기기의 작동을 통해 근육에 주는 자극에 대하여 근육이 나타내는 고유 반응을 기록하고 변환하여 대상 근육의 물리적 성질을 측정한다. 마이오톤에 의하여 측정하는 근육의 긴장도는 비신경학적이고 물리적인 계측치로서의 긴장도를 의미하며 진동 주파수(frequency; Hz)로서 나타내고 주파수가

높을수록 근 긴장도는 높아진다(Chuang 등, 2012). 탄성도는 조직의 모양이 변형된 후에 회복할 수 있는 능력을 나타내며 로그 감소율(logarhythmic decrement)에 의해 특징지어진다. 로그 감소율 값이 작을수록 탄성이 크다(Masi 등, 2010). 경직도는 근육의 모양을 변형시키는 외력에 저항하는 근육의 능력으로서 단위 길이당 힘(N/m)으로 측정하며 값이 클수록 경직도가 크다(Masi 등, 2010).

종래에는, 주로 신경계통의 임상과 관련해서, 근 긴장도의 임상적 측정은 Ashworth Scale (AS)와 Modified Ashworth Scale(MAS)이 많이 사용됐다. 이들은 수동적인 신장에 대한 근육의 저항력을 몇 개로 분류한 단계적 척도로 평가하는데, 이러한 척도들에 대하여 여러 가지 문제점이 제기되어왔다. 즉, 수동 검사에서 신장 속도에 대한 비표준화, 저항값에 대한 비 정량화, 활성화된 근육의 긴장도를 평가할 수 없는 점, 점수의 주관적 채점, 사지에만 적용 가능한 점, 작은 변화에 대한 민감도의 부족 등이 비판적으로 거론되었다(De Vlugt 등, 2010). 이에 반하여 이러한 부족을 보완할 수 있는 평가 기구로서의 가능성을 마이오톤미터에서 찾을 수 있음이 제시되었는데, 여러 연구에서 마이오톤은, 근전도 등의 기기와 마찬가지로, 입증된 실험을 기반으로 근육의 특성들을 정량화하여 근 진단 및 평가에 도움이 될 수 있으리라는 것을 시사하는 결과들을 보여왔다(Andonian 등, 2015; Ditroilo 등, 2011; Frohlich-Zwahlen 등, 2014; Marusiak 등, 2012). 또한 마이오톤은 휴대하기 간편하고 데이터를 얻기 위해 컴퓨터에 연결할 필요가 없는 이점이 있다. 마이오톤은 상대적으로 경제적이기도 하다. 비교적 최근에 발달한 초음파 SWE(Sheer wave elastography)와 비교할 때, SWE를 통해 마이오톤으로 측정되는 지표 중의 하나인 경직도에 대하여 더 정밀한 검사 값을 측정하는 것이 가능하긴 하지만 초음파 SWE는 일반적인 임상 환경에서 상용화하여 쓰이기에는 경제적인 부담이 큰 편이다. 마이오톤은 합리적인 경제성으로 근육의 물리적 성질에 대하여 긴장도, 탄성, 경직도 등 여러 관련한 특성치를 한꺼번에 간편하면서도 객관적으로 측정할 수 있는 장점이 있는 기기라고 할 수 있을 것이다.

이러한 마이오톤이 과연 타당하고 신뢰할 만한 기기인가에 대하여 타당도 및 신뢰도가 조사되었는데, 타당

성에 대하여서는 Pruyn 등(2016), Chuang 등(2012)이 긍정적인 결과를 제시하였다. 신뢰도 조사는 주로 팔과 다리의 여러 근육에 대하여 이루어졌는데, 등세모근, 위팔두갈래근, 위팔세갈래근, 넓다리네갈래근, 넓다리두갈래근, 넓다리곧은근, 장딴지근 등에서 모두 신뢰도가 있다는 연구결과를 얻었다(Aird 등, 2012; Bailey 등, 2013; Chuang 등, 2012; Mullix 등, 2012; Smaczniak 등, 2012).

자세 유지 근육인 척주세움근에 대하여서는, 마이오톤을 이용한 측정의 임상적 유용성에 대한 가능성은 연구된 바 있으나(Nair 등, 2016; Oliva-Pascual-Vaca 등, 2014), 신뢰도 평가 측면에서는 측정자 내 신뢰도에 한해서만 청년~중년을 포함하는 특정 연령층을 대상으로 조사되었을 뿐(Lohr 등, 2018) 측정자 간 신뢰도에 관한 연구는 진행되지 않았으며 다른 연령층에 대한 신뢰도 조사 역시 이루어지지 않았다.

한편 최근에 질환에 대한 정의, 평가, 의학적 중재와 예방 등 전방위적인 측면에서 관심이 증대되어온 근감소증과 관련해서도 근육에 대한 다양한 측정과 평가 방법에 대한 발굴 및 개발은 지속되고 있는데, 근감소증을 구성하는 여러 원인 중에 주목하여야 할 중요한 요인 중 한 가지는 나이 즉 노령화에 따는 변화요인이다(Cruz-Jentoft 등, 2019). 이에 관련한 연구 발달을 위해서는 나이에 따른 근육의 정량적 또는 정성적 측정과 비교 분석 자료의 축적이 필요하고, 그러려면 측정법이 나이와 관계없이 여러 연령층에 대하여 신뢰도 있는 측정을 할 수 있어야 할 것이다. 위에서 언급한 것처럼, 근육에 대한 마이오톤 측정법은 근육의 속성을 객관적으로 파악할 수 있는 평가도구로서의 가능성이 있는데, 마이오톤 측정이 청장년층에서뿐 아니라 노인층을 비롯한 다른 연령층에서도 신뢰도 있는 측정을 할 수 있다면 마이오톤 측정의 결과는 나이에 따른 대상 근육의 변화를 관찰하는 목적으로 분석될 수 있을 것이다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 마이오톤를 이용하여 척주세움근을 측정 대상 근육으로 하여 긴장도, 경직도, 탄성도에 대한 측정자 간 신뢰도와 측정자 내 신뢰도를 모두 조사하고자 한다. 또한 대상자를 서로 다른 연령군인 청년군과

노인군으로 구성하여 두 군을 모두 포함한 전체 대상자 군에 대한 신뢰도를 구하고 나아가서 각각의 연령군에 대하여서도 분석함으로써 근육의 노화도가 서로 다른 청년군과 노인군에게 있어서 신뢰도는 각각 어떻게 나타날 것인지도 알아보하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상은 대전광역시에 있는 K 대학에 재학 중인 건강한 20 대 성인 남녀와 D 복지관의 건강한 60 대 이상 성인 남녀로서 독립적으로 움직일 수 있는 자로 하였다(Table 1). 제외기준은 근골격계 및 신경계상 6 개월 이내의 급성, 아급성 손상이 있는 경우, 척주세움근의 근 긴장도나 근수축 등에 영향을 주는 것으로 알려진 약물 복용이나 질환이 있는 경우를 포함하였다.

마이오톤 측정은 피부 위에서 표면적으로 이루어지므로 근육 위 연부조직 두께의 차이로 인한 영향을 최소화하도록 BMI 30kg/m² 이상인 자는 대상자에서 제외하였다(Aird 등, 2012). 노인군의 경우, 연구를 이해하고 동의를 하는 데 어려움이 있는 때도 있어서 최종적인 대상자 수가 청년군에 비해서 적은 인원이 참여하게 되었다. 참여한 모든 대상자는 연구 절차, 연구 기간, 연구에 따른 주의점에 대하여 충분한 설명을 들은 후 자발적으로 참여 의사를 밝혔으며 동의서에 서명하였다. 본 연구는 헬싱키 선언의 원칙을 준수하여 진행되었다.

2. 연구 도구

1) 마이오토나미터(마이오톤)

본 연구에서는 척주세움근의 긴장도 (Hz), 탄성 (log decrement), 경직도 (N/m)를 측정하기 위하여 마이오톤(MyotonPRO, Myoton AS, Estonia)을 사용하였다(Ditroilo 등, 2011).

MyotonPRO 는 비침습적인 장치로서 기기의 아래쪽 끝부분인 탐침(probe)을 피부에 대면 기기로부터 기계적

자극이 매우 짧은 시간(15 ms) 동안 최소한의 힘(pre-load 0.18 + impulse 0.40 = 0.58(N))으로 근육에 가해지고, 이 자극은 인체의 근육을 포함한 연부조직의 성질을 반영하는 자연적인 기계적 공진동 반응을 일으킨다. 이 진동은 다시 가속도계에 전달되어 근육의 긴장도, 탄성, 경직도에 대한 값을 산출하게 된다(Chuang 등, 2012; Masi 등, 2010; Mullix 등, 2012).

2) EMG

본 연구에서는 척주세움근의 활성(수축)이 마이오톤 측정값인 긴장도, 탄성, 경직도에 영향을 미치지 않거나 최소한도로 반영되게 하려고, 근육이 이완된 상태에서 마이오톤 측정이 이루어짐을 확인할 수 있도록 측정 시 척주세움근의 활성화 정도를 근전도계(electromyography:EMG) (WEMG-8, LAXTHA, South Korea)를 사용하여 모니터링하였다(Andonian 등, 2015). 척주세움근의 근 이완에 대한 전위는 sampling rate 20 KHz로 수집하고 band pass filter 20-450 Hz를 적용하였다(Andonian 등, 2015; Nair 등, 2016).

3. 연구 절차

MyotonPRO를 이용해서 대상자의 오른쪽, 왼쪽 각각의 척주세움근에 대하여 긴장도, 탄성, 경직도를 측정하였고, 측정 시 자세는 척주세움근을 이완된 상태로 유도하기 위하여 엎드려 누운 자세에서 측정하였다(Andonian 등, 2015; Schneider 등, 2015).

대상자는 엎드려 누운 자세에서의 측정을 위해 측정 테이블 위에 편안히 엎드려 누웠다. 머리 쪽에 구멍이 있는 측정 테이블을 사용하여 경추의 왜곡을 최소화하도록 하였고 안정된 자세를 취하기 위해 종아리 밑쪽에 쿠션을 받쳤다. 대상자의 양팔은 테이블 가장자리로 편안하게 떨어뜨려 놓았다. 측정자는 측정 전에 지시 멘트를 통하여 대상자가 충분히 근육을 이완하도록 유도하였다.

마이오톤 측정지점은 올바른 측진법을 통해 L3~L4 지점으로 하였다. 피험자의 엉덩뼈능선(ilic crest) 높이를 따라 세 번째 허리뼈 가시돌기를 짚은 후 양쪽 가쪽으로

약 2 cm 떨어진 부분에 있는 오른쪽과 왼쪽 척주세움근의 근 힘살(muscle belly)에 각각 수성펜으로 표시하였다. 측정자는 바르게 앉아서 편안히 자세를 취하고 양손으로 마이오톤을 잡은 후 어깨와 팔목관절을 안정적으로 고정해서 움직임 최소화한 상태에서 마이오톤을 피부 위 표시 부위에 수직으로 갖다 대어 기기의 자동측정이 이뤄지도록 하였다. 매 측정 시 마이오톤 기기가 자동으로 5회 측정을 반복하여 평균값을 산출하도록 설정하였으며, 오른쪽과 왼쪽 척주세움근을 각각 측정하였다.

근육의 이완 상태 및 활성화도 모니터링을 위한 EMG의 기록 전극은 L3~L4 허리뼈 부위(lumbar)의 마이오톤 측정 예정 지점으로부터 2.5 cm 위쪽 부분의 왼쪽과 오른쪽 척주세움근 힘살(muscle belly)에 각각 부착하였고 L1 허리뼈 가시돌기(spinal process)에 기준전극을 부착하였다. 전극을 붙이기 전에 부착 부위의 피부를 닦은 뒤 근육과 수직인 방향으로 붙였다. EMG 모니터링을 통하여 근육에 대한 EMG의 RMS(Root Mean Square)의 값이 <5 μV 때에만 마이오톤 측정을 하였다.

측정자 간 신뢰도 분석을 위하여 측정자(rater) 1과 2가 측정하였고, 측정자 1이 측정한 후 측정자 2가 측정하였다. 측정자들은 마이오톤나미터 사용 매뉴얼을 학습하고 3일 이상에 걸쳐 5회 이상의 절차 습득 및 여러 번의 연습을 통한 측정 훈련을 하였다. 측정자 내 신뢰도 분석을 위하여, 대상자가 30분간 휴식을 취한 후(Chuang 등, 2012; Chuang 등, 2013) 같은 방법으로 측정자 1과 2가 각각 한 번씩 재측정을 수행하였다(Fig 1).

4. 분석방법

본 연구의 자료들은 윈도우 용 SPSS ver 20.0을 이용하여 통계처리를 하였다. 대상자의 특성을 비교하기 위해 기술 통계량을 사용하였다. 급내상관계수(Intraclass Correlation Coefficient; ICC)로 측정자 간 신뢰도, 측정자 내 신뢰도를 분석하였다. 급내상관계수 평균척도가 0.75 이상이면 매우 우수한 신뢰도, 0.4~0.74이면 중간~좋은 신뢰도를 의미한다(Chuang 등, 2013).

III. 결 과

1. 전체 대상자에 대한 척주세움근의 마이오톤 측정 신뢰도

척주세움근의 긴장도, 탄성, 경직도 세 측정 변수 모두에 있어서 측정자 1 과 측정자 2 사이의 측정자 간 신뢰도는 급내상관계수 0.9 이상의 매우 높은 신뢰도를 나타냈다 ($p < 0.001$)(Table 2). 측정자 내 신뢰도 역시 측정자 1 과 측정자 2 모두에서 세 변수 각각 급내상관계수 0.9 이상의 매우 높은 신뢰도를 보였다($p < 0.001$)(Table 3). 이러한 결과는 오른쪽과 왼쪽 양측의 척주세움근에서 공통으로 나타났다(Table 2, 3).

2. 청년군에서의 척주세움근의 마이오톤 측정 신뢰도

청년군 ($n=69$) 만을 대상으로 신뢰도를 분석하였을 때, 측정자 간, 측정자 (1 또는 2) 내 신뢰도가 왼쪽, 오른쪽 양측의 척주세움근에서 모두 매우 높았다 ($ICC > 0.8 \sim 0.9$)(Table 4, 5).

3. 노인군에서의 척주세움근의 마이오톤 측정 신뢰도

노인군 ($n=33$)을 대상으로 분석한 신뢰도에서도 측정자 간, 측정자 내 신뢰도가 매우 높았다. 왼쪽 척주세움근의 탄성 측정에 대한 측정자 내 (측정자 2) 급내상관계수는 0.77 을 기록하였고 그 외는 모두 0.8~0.9 이상이었다(Table 4, 5).

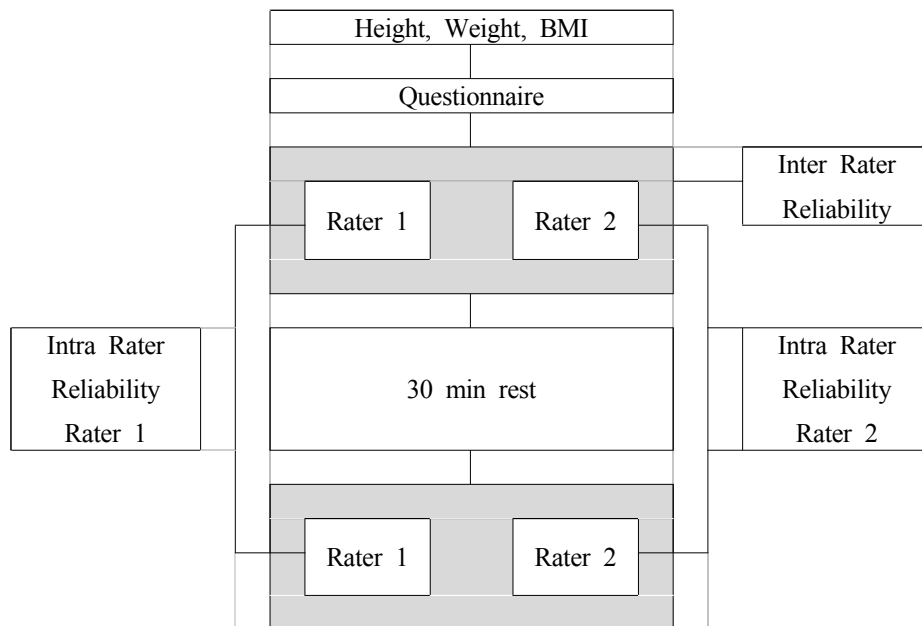


Figure 1. Flow chart

Table 1. General characteristics of the subjects

	Young	Old
n	69	33
Age (years)	21.26±2.08	75.48±4.62
Weight (kg)	63.14±12.07	59.21±9.04
Height (cm)	167.2±8.06	157.73±10
BMI (kg/m ²)	22.43±3.02	23.77±2.52

Table 2. Inter-rater Reliability measured for all subjects

		Inter-rater Reliability					
		Rater 1	Rater 2	ICC	95% CI		p-value
					lower	upper	
	T	15.36±3.02	15.45±3.13	0.98	.97	.98	.00***
R	E	1.14±0.39	1.15±0.38	0.96	.94	.97	.00***
	S	287.58±103.92	290.66±105.51	0.98	.97	.98	.00***
	T	15.33±3.07	15.46±3.20	0.97	.96	.98	.00***
L	E	1.15±0.41	1.16±0.41	0.97	.96	.98	.00***
	S	283.26±106.59	288.61±111.14	0.98	.97	.99	.00***

*** p<.001, T = Tone(Hz), E = Elasticity(logarithmic decrement), S = Stiffness(N/m)
 ICC: Intraclass Correlation Coefficient

Table 3. Intra-rater Reliability of the Rater 1 / Rater 2 for all subjects

		Intra-rater Reliability (Rater 1 / Rater 2)					
		Rater 1-1st	Rater 1-2nd	ICC	95% CI		p-value
					lower	upper	
	T	15.36±3.02	15.31±2.96	0.95	.92	.96	.00***
R	E	1.14±0.39	1.14±0.40	0.95	.93	.97	.00***
	S	287.58±103.92	284.38±104.24	0.97	.95	.98	.00***
Rater 1	T	15.33±3.07	15.30±3.05	0.97	.96	.98	.00***
	E	1.15±0.41	1.15±0.43	0.96	.94	.97	.00***
	S	283.26±106.59	282.06±106.71	0.97	.95	.98	.00***
		Rater 2-1st	Rater 2-2nd	ICC	95% CI		p-value
					lower	upper	
	T	15.45±3.13	15.45±3.00	0.96	.94	.97	.00***
R	E	1.15±0.38	1.17±0.40	0.98	.97	.99	.00***
	S	290.66±105.51	291.76±103.55	0.96	.95	.98	.00***
Rater 2	T	15.46±3.20	15.35±3.13	0.98	.97	.98	.00***
	E	1.16±0.41	1.18±0.43	0.96	.94	.97	.00***
	S	288.61±111.14	286.72±106.15	0.97	.96	.98	.00***

***p<.001, T = Tone (Hz), E = Elasticity (logarithmic decrement), S = Stiffness (N/m)
 ICC: Intraclass Correlation Coefficient

Table 4. Inter-rater Reliability in each age group

		Inter-rater Reliability					
		Young					
		Rater1	Rater2	ICC	95% CI		p-value
					lower	upper	
R	T	14.14±1.68	14.15±1.82	0.96	.94	.98	.00***
	E	0.93±0.21	0.94±0.21	0.94	.90	.96	.00***
	S	242.93±68.14	244.86±71.44	0.98	.96	.99	.00***
L	T	14.00±1.67	14.02±1.70	0.97	.95	.98	.00***
	E	0.94±0.25	0.94±0.27	0.95	.93	.97	.00***
	S	234.17±67.72	235.78±69.76	0.97	.95	.98	.00***
		Old					
		Rater1	Rater2	ICC	95% CI		p-value
					lower	upper	
R	T	17.90±3.61	18.15±3.56	0.97	.93	.98	.00***
	E	1.60±0.27	1.58±0.27	0.84	.70	.92	.00***
	S	380.94±104.55	386.42±101.53	0.95	.89	.97	.00***
L	T	18.12±3.47	18.46±3.51	0.95	.90	.98	.00***
	E	1.61±0.27	1.61±0.26	0.89	.79	.95	.00***
	S	385.91±100.27	399.06±100.21	0.96	.92	.98	.00***

***p<.001

T = Tone (Hz), E = Elasticity (logarithmic decrement), S = Stiffness (N/m)

ICC: Intraclass Correlation Coefficient

Table 5. Intra-rater Reliability f the Rater 1 / Rater 2 in each age group

		Intra-Rater Reliability (Rater 1 / Rater 2)												
		Young						Old						
		Rater 1-1st	Rater 1-2nd	ICC	95% CI			Rater 1-1st	Rater 1-2nd	ICC	95% CI			
					lower	upper	p-value				lower	upper	p-value	
Rater 1	T	14.14±1.68	14.10±1.73	0.92	.88	.95	.00***	17.90±3.61	17.82±3.40	0.92	.84	.96	.00***	
	R	E	0.93±0.21	0.87±0.18	0.89	.83	.93	.00***	1.60±0.27	1.61±0.25	0.81	.65	.90	.00***
	S	242.93±68.14	238.80±71.06	0.97	.95	.98	.00***	380.94±104.55	379.70±98.58	0.92	.84	.96	.00***	
	L	T	14.00±1.67	13.99±1.63	0.94	.91	.97	.00***	18.12±3.47	18.05±3.50	0.96	.92	.98	.00***
	E	0.94±0.25	0.87±0.20	0.94	.90	.96	.00***	1.61±0.27	1.66±0.27	0.82	.67	.91	.00***	
	S	234.17±67.72	231.52±67.55	0.96	.93	.97	.00***	385.91±100.27	387.73±96.04	0.84	.70	.92	.00***	
		Rater 2-1st	Rater 2-2nd	ICC	95% CI			Rater 2-1st	Rater 2-2nd	ICC	95% CI			
					lower	upper	p-value				lower	upper	p-value	
Rater 2	T	14.15±1.82	14.20±1.73	0.95	.91	.97	.00***	18.15±3.56	18.06±3.40	0.92	.85	.96	.00***	
	R	E	0.94±0.21	0.95±0.24	0.90	.84	.93	.00***	1.58±0.27	1.63±0.24	0.82	.67	.91	.00***
	S	244.86±71.44	245.49±68.56	0.96	.94	.98	.00***	386.42±101.53	388.52±97.91	0.91	.83	.96	.00***	
	L	T	14.02±1.70	13.93±1.68	0.96	.94	.98	.00***	18.46±3.51	18.31±3.39	0.96	.92	.98	.00***
	E	0.94±0.27	0.94±0.27	0.96	.94	.97	.00***	1.61±0.26	1.67±0.26	0.77	.58	.88	.00***	
	S	235.78±69.76	234.75±66.52	0.96	.94	.98	.00***	399.06±100.21	395.36±90.38	0.93	.87	.97	.00***	

***p<.001, T = Tone (Hz), E = Elasticity (logarithmic decrement), S = Stiffness (N/m), ICC: Intraclass Correlation Coefficient

IV. 고 찰

이 연구의 결과는 마이오톤이 척추세움근의 물리적 성질인 근 긴장도, 탄성, 경직도를 객관적이고 과학적인 방법으로 평가하는 도구로서 기능할 수 있을 만한 신뢰도 있는 측정값을 제공할 수 있음을 말해준다.

대체적으로 ICC가 0.75 이상일 때 매우 높은 신뢰도를 나타내는 것으로 간주하며(Chuang 등, 2013) 이러한 기준으로 볼 때, 척추세움근에 대한 마이오톤에 의한 긴장도, 탄성, 경직도의 측정은 이 세 가지 측정변수 모두에 대해서 매우 신뢰도가 높게 나타났다. 측정자 간과 측정자 내 (측정자 1 내, 측정자 2 내 모두 포함)에 공통적으로 이처럼 높은 수준의 신뢰도를 보였다. 전체 연구 참여자를 대상으로 분석했을 때뿐만 아니라 청년군, 노인군별로 각 집단 내에서 분석했을 때도 높은 신뢰도 수준은 지속되었다. 이것은 서로 다른 측정자가 측정해도, 시차를 두고서 측정을 반복해도, 그리고 대상자가 청년이든 아니면 근육에 노화로 인한 변화가 있을 노인이든 믿을 만하고 재현되는 측정값을 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 마이오톤이 청년군과 노인군 사이의 나이 차에 따른 척추세움근의 성질 변화를 비교하는 데 신뢰도 있는 도구로 사용될 수 있을 것으로 생각되며, 이것을 통하여 노화에 대한 근육의 성질 변화를 연구 관찰하는 데 활용할 수 있을 것이다.

노인군에서 ICC 값이 여전히 0.75 이상으로 높은 신뢰도 수준에 들긴 하지만, 다만 그 수치 크기에 있어서 청년군보다 ICC 값이 다소 작아지는 경향을 보였다. 노화에 따른 근육 섬유 구성, 구조, 근육 내부 지방 조직 등 근육의 성질에 영향을 미칠 수 있는 요소들의 변화(McGregor 등, 2014) 및 전반적인 체력의 변화가 마이오톤 측정에 대한 반응도를 달리하게 하거나 하여, 비록 통계적으로 의미가 없는 정도로 작은 수준이긴 하지만, 측정 간 일관적인 재현성이 노인군에서 다소 감소하는 경향을 유발하는 원인이 되었을 가능성을 생각해 볼 수 있다. 다만 노인군의 ICC 값 오차범위가 청년군보다 넓은 편이라는 점을 고려해서 결과를 살펴보아야 할 것인데, 본 연구에서 노인군 대상자 수(33명)는 청년군(67명)보다 적었기에, 두 연령군 모두 통계적인 분석에 필

요한 수는 충분히 충족하긴 해도(Lohr 등, 2018), 통계분석의 특성상 대상자 수가 적을 때 상대적으로 오차범위가 더 큰 분석값을 얻게 되는 면이 있다.

오른쪽과 왼쪽의 척추세움근 중에서는 양쪽 모두 높은 신뢰도를 기록하였으나 전반적으로 오른쪽의 급내상관계수가 더 높은 편이었다.

긴장도, 탄성, 경직도, 이 세 가지 마이오톤 측정변수 사이에서 비교하자면, 한 경우를 제외하면 (노인군에서의 왼쪽 척추세움근 탄성 측정의 ICC>0.75) 긴장도와 경직도가 대체적으로 ICC 0.9 이상의 수준으로 측정되었고 탄성은 ICC 0.75~0.8 이상의 수준이 측정됨으로써 긴장도와 경직도 측정이 탄성도 보다 신뢰도 수준이 더 높은 경향이 있었다.

측정자 내 신뢰도에 있어서 측정-재측정 사이의 시간 간격을 구성할 때, 본 연구에서는 청년군과 노인군 공통으로 간격을 30 분으로 하여 당일 내(within-day) 두 측정이 이루어지는 것으로 실험하였으므로 시간 간격이 서로 다른 두 날 간(between-day)으로 하루 이상 벌어질 때도 척추세움근 측정자 내 신뢰도가 지속될지에 대하여 관찰하지는 않았다. 청년~중년 대상자에 한해서는 Lohr 등(2018)이 일 내(3분 간격), 일 간(하루 간격) 두 가지 시간 간격으로 척추세움근 마이오톤 측정자 내 신뢰도를 조사한 바 있는데(n=38), 보고된 결과에 의하면 하루 간격을 두었을 때 ICC의 수치가 다소 감소하기는 하나, 두 가지 시간 간격 모두에서 ICC 값이 0.75 이상의 수준 범위에 들어가는 우수한 신뢰도를 나타내었다. 이러한 보고를 미루어 추정하건대, 본 연구를 통해 높은 수준으로 나타난 대상자가 노인일 때의 척추세움근에 대한 30분 간격을 둔 측정자 내 신뢰도 역시 그 간격이 하루로 길어진다고 하더라도 유사하게 높거나 다소 감소하는 수준으로 유지되리라고 예상해 볼 수 있을 것이다.

척추세움근이 아닌 다른 근육에 대하여서는, 이전의 타 연구에서 상당히 높은 마이오톤 신뢰도가 보고되어 왔다. 건강한 청장년 대상자인 경우, 장딴지근과 위팔두갈래근에서 높은 측정자 내(ICC=0.84~0.99), 측정자 간(ICC=0.75~0.96) 신뢰도가 있는 것으로 조사되었고, 넙다리곧은근과 넙다리두갈래근에서 측정자 내 신뢰도의 경우 일 내 신뢰도는 ICC>0.99이며 하루 간격을 두고 측정한 일 간 신뢰도는 ICC=0.72~0.87 수준이었다(Mullix

등, 2012). 노인을 대상으로 하여 넙다리곧은근을 조사한 결과는 일 내 신뢰도가 ICC>0.9, 일주일 간격으로 측정 한 일 간 신뢰도는 ICC>0.7 이었다(Aird 등, 2012). 뇌졸 중, 소아마비, 척추손상 등의 질환자를 대상으로 한 마이 오톤 측정에서도 대체로 높은 신뢰도를 보여왔다 (Chuang 등, 2012; Ko 등, 2018). 앞으로 계속 더 많은 자 료가 축적되어야 하겠지만 본 연구의 결과를 비롯한 현 재까지의 연구 결과들을 놓고 볼 때 마이오톤은 나이, 질환, 대상 근육 등에 크게 영향받지 않고 신뢰도 있는 측정을 할 수 있는 기기인 것으로 생각된다.

마이오톤이 근육의 상태와 특성을 평가하는데 효용성 이 있음이 알려지고 있는 만큼 임상적 유효성 평가 연구 와 더불어 신뢰도에 대하여서도 다양한 근육, 연령군, 질 환을 대상으로 한 연구가 지속되어야 할 것이다.

V. 결 론

척추세움근에 대한 마이오톤을 이용한 근 긴장도, 탄 성, 경직도의 측정은 신뢰도가 높았다. 척추세움근에 대 하여, 마이오톤 대상 근육이 이완하도록 한 자세, 즉, 옆 드려 누운 자세에서 측정할 때 청년군이나 노인군 모두 에서 매우 신뢰성 있는 측정치를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

이것은 마이오톤이 척추세움근의 근 특성을 측정하는 데에 있어서 신뢰도 있는 기기로서, 노화도가 다른 청년 군과 노인군 간 척추세움근의 특성을 측정하고 비교 연 구하는데 유용한 평가도구로 활용될만한 가능성을 제시 해준다고 볼 수 있을 것이다.

참고문헌

Aird L, Samuel D, Stokes M (2012). Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males: reliability and symmetry using the MyotonPRO. *Arch Gerontol Geriat*, 55(2), 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2012.03.005>.

Andonian BJ, Masi AT, Aldag JC, et al(2015). Greater resting lumbar extensor myofascial stiffness in younger ankylosing spondylitis patients than age-comparable healthy volunteers quantified by myotonometry. *Arch Phys Med Rehabil*, 96(11), 2041-2047. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.07.014>.

Bailey L, Samuel D, Warner M, et al(2013). Parameters representing muscle tone, elasticity and stiffness of biceps brachii in healthy older males: symmetry and within-session reliability using the MyotonPRO. *J Neurol Disord*, 1(1), 1-7. <https://doi.org/10.4172/jnd.1000116>.

Chuang LL, Wu CY, Lin KC, et al(2012). Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 93(3), 532-540. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.09.014>.

Chuang LL, Lin KC, Wu CY, et al(2013). Relative and absolute reliabilities of the myotonometric measurements of hemiparetic arms in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 94(3), 459-466. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.08.212>.

Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al(2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*, 48(1), 16-31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>.

De Vlugt E, de Groot JH, Schenkeveld KE, et al(2010). The relation between neuromechanical parameters and Ashworth score in stroke patients. *J Neuroeng Rehabil*, 7(1), 1-16.

Ditroilo M, Hunter AM, Haslam S, et al(2011). The effectiveness of two novel techniques in establishing the mechanical and contractile responses of biceps femoris. *Physiol Meas*, 32(8), 1315.

Frohlich-Zwahlen AK, Casartelli NC, Item-Glatthorn JF, et al(2014). Validity of resting myotonometric assessment of lower extremity muscles in chronic stroke patients with limited hypertonia: a preliminary study. *J Electromyog Kines*, 24(5), 762-769. <https://doi.org/>

- 10.1016/j.jelekin.2014.06.007.
- Ko CY, Choi HJ, Ryu J, et al(2018). Between-day reliability of MyotonPRO for the non-invasive measurement of muscle material properties in the lower extremities of patients with a chronic spinal cord injury. *J Biomech*, 73, 60-65. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.03.026>.
- Levengie PK, Norkin CC(2011). Joint structure and function. 5th ed, Philadelphia, F.A. Davis Company, pp.180-181, pp.510-511.
- Lohr C, Braumann K-M, Reer R, et al(2018). Reliability of tensiomyography and myotonometry in detecting mechanical and contractile characteristics of the lumbar erector spinae in healthy volunteers. *Eur J Appl Physiol*. 118(7), 1349-1359. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3867-2>.
- McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD(2014). It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longevity & healthspan*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/2046-2395-3-9>.
- Marusiak J, Jaskolska A, Koszewicz M, et al(2012). Myometry revealed medication-induced decrease in resting skeletal muscle stiffness in Parkinson's disease patients. *Clin Biomech*, 27(6), 632-635. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.02.001>.
- Masi AT, Nair K, Evans T, et al(2010). Clinical, biomechanical, and physiological translational interpretations of human resting myofascial tone or tension. *Int J Ther Massage Bodywork*, 3(4), 16-28. <https://doi.org/10.3822/ijtm.v3i4.104>.
- Mullix J, Warner M, Stokes M, et al(2012). Testing muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps femoris using a novel hand held MyotonPRO device: relative ratios and reliability. *Working Papers in Health Sciences*, 1(1), 1-8.
- Nair K, Masi AT, Andonian BJ, et al(2016). Stiffness of resting lumbar myofascia in healthy young subjects quantified using a handheld myotonometer and concurrently with surface electromyography monitoring. *J Bodyw Mov Ther*, 20(2), 388-396. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.12.005>.
- Neuman DA(2010). Kinesiology of the musculoskeletal system. 2th ed, Missouri, F.A. Mosby, pp.650.
- Oliva-Pascual-Vaca A, Heredia-Rizo AM, Barbosa-Romero A, et al(2014). Assessment of paraspinal muscle hardness in subjects with a mild single scoliosis curve: a preliminary myotonometer study. *J Manip Physiol Ther*, 37(5), 326-333. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2014.03.001>.
- Pruyn EC, Watsford ML, Murphy AJ(2016). Validity and reliability of three methods of stiffness assessment. *J Sport Health Sci*, 5(4), 476-483. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.12.001>.
- Schneider S, Peipsi A, Stokes M, et al(2015). Feasibility of monitoring muscle health in microgravity environments using myoton technology. *Med Biol Eng Comput*, 53, 57-66. <https://doi.org/10.1007/s11517-014-1211-5>.
- Smaczniak C, Immink RG, Muino JM, et al(2012). Characterization of MADS-domain transcription factor complexes in Arabidopsis flower development. *P Nat Acad Sci*, 109(5), 1560-1565. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112871109>.