

# Tensiomyography를 이용한 아마추어 남자 축구선수의 장딴지근과 앞정강이근의 수축 특성 분석

이삼준, 방현석, 황부근

동명대학교 체육학과

## Analysis of Contractile Properties in Gastrocnemius, Tibialis Anterior Muscle of Amateur Male Soccer Players Using Tensiomyography

Sam-Jun Lee, Hyun-Seok Bang, Boo-Geun Hwang

Department of Physical Education, Tongmyong University, Busan, Korea

**Background:** Tensiomyography (TMG) is a relatively new technique that assesses the contractile properties of muscles in response to a single electrical stimulus. This study aimed to evaluate the contractile properties of the gastrocnemius and tibialis anterior (TA) muscles in amateur soccer players using TMG.

**Methods:** We recruited 41 male soccer players (high school group, n=21; college group, n=20). The gastrocnemius medialis (GM), gastrocnemius lateralis (GL), and TA muscles of both lower extremities were assessed using TMG. The maximal displacement (Dm), delay time, contraction time (Tc), sustained time, and half-relaxation time were obtained and compared between the two groups.

**Results:** First, both groups showed low Dm for the GM and TA muscles, which indicated high stiffness of the muscle tone. Second, the Tc and contraction velocity (Vc) were high for all muscles, except for the GL showing lower speed than the other muscles, which represented the sports-specific characteristics of the soccer players. Third, there were no significant differences in the measurement variables between the dominant and non-dominant sides, except for the Tc of the GM in high school athletes and Vc of the TA in college athletes.

**Conclusions:** These results reflected the sports-specific needs and characteristics of soccer players. A risk of injury is associated with a high degree of stiffness, and various methods for preventing it should be considered.

**Korean J Health Promot 2019;19(2):114-120**

**Keywords:** Elasticity imaging techniques, Gastrocnemius muscle, Tibialis anterior muscle, Muscle contraction

### 서론

오늘날 스포츠과학은 효율적인 훈련방법, 신속한 피로 회복, 상해 예방 및 재활프로그램 등 다양한 분야에서 이루어지고 있으며, 이를 통해 운동선수가 최고의 경기력을 발휘

하는 데 공헌하고 있다. 일반적으로 운동선수의 경기력에 중요한 영향을 미치는 체력적 특성에는 운동 종목에 따라 다양하게 보고되고 있지만 그중에서도 근육의 기능은 운동 선수의 경기력을 결정하는 중요한 요인으로써 이는 선수 발굴, 훈련 강도 및 프로그램 구성, 상해 예방을 위한 근거로 활용될 수 있다.<sup>1)</sup>

Tensiomyography (TMG)는 비침습적인 근신경학적 평가 방법으로 특정 근육을 선택적으로 검사하여 수축 특성을 평가하는 상대적으로 새로운 도구로 소개되고 있다. 또한 측정이 비교적 간단하고 이동이 쉬워 현장에서의 활용도가 높아<sup>3)</sup> 이미 유럽을 중심으로 스포츠의학 및 선수 트레이닝

■ Received: Jun. 26, 2019 ■ Revised: Jul. 5, 2019 ■ Accepted: Jul. 6, 2019

■ Corresponding author : **Boo-Geun Hwang, PhD**  
Department of Physical Education, Tongmyong University, 428  
Sinseon-ro, Nam-gu, Busan 48520, Korea  
Tel: +82-51-629-2145, Fax: +82-51-629-2019  
E-mail: hwangbg@tu.ac.kr

분야에서 널리 사용되고 있다. TMG 방법은 측정하고자 하는 근육에 단일 전기 자극을 주었을 때 근육(muscle belly)이 최대로 이동하는 거리(displacement)를 측정하여<sup>4)</sup> 주로 근육의 경직도(stiffness) 또는 긴장도(tone)와 근수축 속도, 우세적인(predominant) 근섬유 형태 그리고 근피로(muscle fatigue)에 대해 보다 구체적인 정보를 확인할 수 있다.<sup>4,5)</sup> 이에 따라 선행연구에서는 크게 근육 생리학 연구, 근손상과 근피로, 인대손상, 근육 관련 질환, TMG 장비의 타당도와 신뢰도 측정 등 총 5가지 범주에서 다양한 분야의 연구가 진행되고 있으며, 이를 통해 운동선수의 상해 예방 및 훈련프로그램 계획에 유용한 기초 자료를 제공하고 있다.

한편, 축구경기는 전력질주, 점프, 방향전환, 태클, 슈팅, 킥과 패스 등이 반복적으로 일어나고, 90분 동안 10 km 이상의 움직임이 요구되는 등 유·무산소적 체력능력을 발휘해야 하는 운동이다.<sup>6)</sup> 이와 같은 축구의 기술을 수행함에 있어 신체 중심을 유지하고 순발력과 민첩성을 발휘하는 데 필요한 무릎과 발목관절에 대한 근육의 상호작용은 선수의 경기력에 중요한 영향을 미치는 요소라 할 수 있으며, 이 중에서도 발목은 체중을 지지할 뿐만 아니라 슈팅, 패스, 드리블, 점프, 방향전환과 같은 축구 기술이 시작되는 부위라 할 수 있다. 선행연구<sup>7)</sup>에 의하면 축구에서 점프와 발의 디딤 동작은 발목의 저측굴곡(plantar flexion)과 가쪽번짐(eversion) 움직임에 관여하는 장딴지근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)의 작용으로 이루어지며, 착지와 킥은 족배굴곡(dorsi flexion)과 내번(inversion) 움직임에 관여하는 앞정강이근(tibialis anterior)의 작용으로 이루어진다. 그러나 과도한 훈련 및 경기 중 발생하는 발목의 반복적인 손상은 근육의 구축과 발목 움직임에 대한 감각 저하와 고유수용성감각 저하,<sup>8)</sup> 앞정강이근의 기능 약화,<sup>9)</sup> 하지 정렬의 이상<sup>10)</sup> 등을 유발하여 축구선수의 경기력에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.

그럼에도 불구하고 운동선수에 대한 근육의 수축 특성을 규명한 그동안의 TMG 연구들을 살펴보면 주로 하지 근육 중에서도 무릎 신전근(quadiceps)과 굴곡근(hamstring)에서의 연구가 대부분으로 하퇴(lower leg) 근육에 대한 연구가 상대적으로 부족한 실정이다. 또한 국내의 경우 TMG 방법

에 대한 소개가 비교적 최근에 진행되어 이를 이용한 연구는 단지 몇 편만이 보고되고 있다.<sup>11-13)</sup> 따라서 축구선수에서 나타나는 하퇴부 근육에 대한 특성을 살펴보는 것은 향후 상해 예방 및 경기력 향상을 위한 훈련프로그램 작성에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 목적은 TMG를 이용하여 아마추어 남자 축구선수의 장딴지근과 앞정강이근에서 나타나는 근육의 수축 특성을 규명하는 데 있다.

## 방 법

### 1. 연구 대상

본 연구는 학교 운동부에 소속되어 아마추어 선수로 활동하고 있는 남자 축구선수 총 41명(고등부 21명, 대학부 20명)을 대상으로 하였다. 본 연구에 참여한 모든 피험자는 최근 3개월 이내에 심한 근골격계 손상 경험이 없는 자로 한정하였으며, 실험에 참여하기 전 본 연구에 대한 목적, 내용 및 방법, 측정 절차에 대하여 충분한 설명을 듣고 자발적으로 참여할 것을 서면으로 동의하였다. 피험자들의 우세측(dominant side)은 고등부의 경우 왼쪽 1명, 오른쪽 20명, 대학부의 경우 왼쪽 5명, 오른쪽 15명이었으며, 구체적인 신체적 특성은 아래와 같다(Table 1).

### 2. 측정도구

본 연구를 위해 사용된 TMG (GK40, Panoptik d. o. o., Ljubljana, Slovenia)는 1980년대 후반 슬로베니아(Slovenia) Ljubljana 대학의 전자공학과에서 개발되었으며, 1996년 이후 스포츠의학 및 선수 트레이닝을 위한 방법으로 널리 사용되고 있다. TMG 시스템은 110 mA까지 설정되어 있는 전기자극기(electrical stimulator)와 피부에 전기적인 자극을 전달하는 전극(electrode), 근수축 반응을 컴퓨터로 전달하는 TMG 센서(sensor), 근육의 반응을 확인할 수 있는 소프트웨어 프로그램(software program)으로 구성되어 있다. TMG 측정을 통해 확인할 수 있는 기본적인 변인들(para-

**Table 1.** Physical characteristics of subjects

	High school (n=21)	College (n=20)
Age, y	17.43±0.51	21.35±0.93
Weight, kg	66.10±7.09	68.45±6.92
Height, cm	176.05±4.62	175.65±5.86
BMI, kg/m <sup>2</sup>	21.29±1.77	22.14±1.23

Abbreviation: BMI, body mass index.

Values are presented as mean±standard deviation.

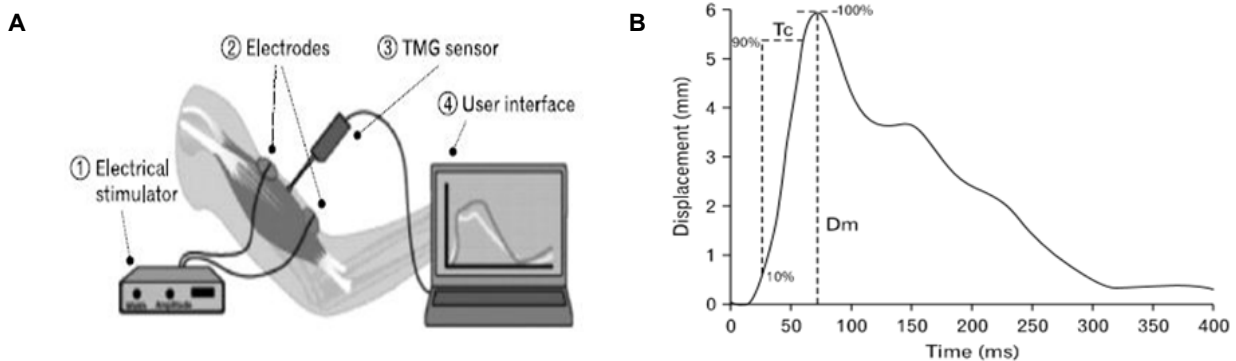
meters)은 1) displace maximum (Dm; 근수축에 의한 근복의 이동거리), 2) delay time (Td; Dm의 0%에서 10%까지 이르는 시간으로 자극에 의해 근육이 수축을 시작하는 데 소요되는 시간), 3) contraction time (Tc; Dm의 10%에서 90%까지 이르는 시간으로 근육의 실제 수축시간), 4) sustain time (Ts; Dm의 50% 구간에서 수축과 이완을 유지하는 시간), 5) relaxation time (Tr; Dm의 90%에서 50%에 이르는 시간으로 근육이 이완하는 시간) 등 총 5가지이다(Figure 1). TMG 기기에 대한 타당도와 신뢰성은 그동안의 많은 선행연구<sup>3,5,14-17)</sup>에서 증명되었다.

### 3. 측정 절차 및 방법

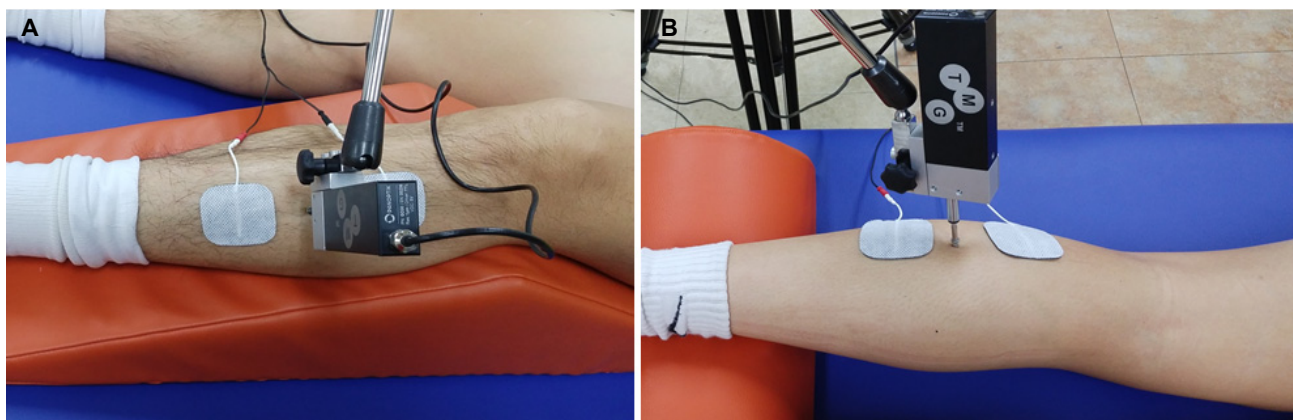
본 연구를 위한 측정은 모두 20-22°C의 적정 온도를 유지한 상태의 실험실에서 진행하였으며, 측정 당일 모든 피험자는 측정 1시간 전에 도착하여 실험에 대한 절차 및 방법에 대하여 설명을 듣고 동의서를 작성한 후에 실험에 참여하였다. 또한, 측정 전날에는 격렬한 운동을 삼가고, 측정

3시간 전에는 카페인 섭취와 음식 섭취를 제한하여 TMG 측정변인에 대한 외생변수를 최소화하였으며, 측정 직전에는 5분 동안 침상에서 안정을 취한 상태에서 시작하였다.

TMG 측정을 위한 근육은 발목 저측굴곡근인 안쪽장딴지근(gastrocnemius medialis, GM), 가쪽장딴지근(gastrocnemius lateralis, GL), 발목 배측 굴곡근인 앞정강근(tibialis anterior, TA)이었으며, 우세측과 비우세측(non-dominant side) 모두에서 진행하였다. TMG 측정 방법은 먼저 측정 근육의 근복을 중심으로 약 5 cm 간격으로 근위부(proximal)와 원위부(distal)에 각각 전극을 부착한 후 중앙에 센서를 위치시키고, 전기자극기를 통하여 1 ms의 자극에 의해 수축(twitch)되는 근육의 움직임을 측정하였다. 이때 해부학적 근복의 위치는 Delagi 등<sup>18)</sup>에 기초하였으며, 센서의 위치는 지속적으로 동일 지점에서 측정이 이루어질 수 있도록 펜을 가지고 마크하였다. 또한 전기 자극은 최초 30 mA에서 시작하여 10 mA씩 증가시켜 Dm이 최대 수치가 도달할 때까지 점진적으로 증가시켰다. 측정을 위한 피험자의 자세는 앞정강이근(TA)은 바로 누운 자세(supine position)에서 측정하는



**Figure 1.** (A) Components of tensiomyography system and (B) TMG record with parameters. Dm, maximal displacement; Tc, contraction time; Td, delay time; Tr, relaxation time; Ts, sustain time.



**Figure 2.** Positioning of the subject during tibialis anterior (A) and gastrocnemius medialis (B) measurements.

다리 부위 아래에 쿠션을 대고 무릎을 120° 편 상태로 측정하였으며, 장딴지근(GM, GL)의 경우 엎드린 자세(prone position)에서 무릎을 180° 편 상태에서 측정하였다(Figure 2).

본 연구를 위해 사용된 변인으로는 TMG 측정에서 나타나는 기본적인 변인 중 중요한 지표로 사용<sup>19)</sup>되고 있는 Dm 과 Tc 그리고 Dm 증가에 따른 Tc의 증가를 보정하기 위해 새로 제시한<sup>20)</sup> 단위시간당 이동거리인 contraction velocity (Vc;  $Vc=Dm \times 0.8/Tc$ )를 측정변인으로 하였다.

#### 4. 자료처리방법

본 연구의 모든 자료는 SPSS 24.0 통계 프로그램(SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 먼저 모든 측정변인에 대한 평균과 표준편차에 대한 기술통계량을 산출하였으며, 고등부와 대학부 축구선수 간에는 독립표본 *t*-

검정(independent *t*-test)을 이용하여 차이를 비교하였다. 또한, 고등부와 대학부 축구선수 각 집단 내에서 우세측과 비우세측 간의 차이를 알아보기 위하여 대응표본 *t*-검정(two-tailed paired *t*-test)을 실시하였다. 본 연구의 모든 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

## 결 과

TMG를 이용하여 아마추어 고등부 및 대학부 남자 축구선수의 장딴지근 및 앞정강이근에 대한 수축 특성(Dm, Tc, Vc)을 비교한 결과는 다음과 같다(Table 2). Dm의 경우 두 집단 모두 우세측과 비우세측에서 동일하게 안쪽장딴지근(GM)은 2.2 mm 이하의 낮은 수축 상태를 보였으며, 특히 고등부의 경우 비우세측은 대학부에 비해서도 유의하게( $P<0.01$ ) 낮게 나타났다. 가쪽장딴지근(GL)은 두 집단 모두 3.6-4.5 mm의

**Table 2.** Dm, Tc, Vc values for the analyzed muscles in each group

TMG	Muscle	High-school soccer player (n=21)	College soccer player (n=20)	<i>P</i>
Dm, mm	Dominant side			
	GM	1.86±0.53	2.17±0.87	0.178
	GL	3.60±1.14 <sup>a</sup>	4.42±1.38 <sup>a</sup>	0.043 <sup>a</sup>
	TA	1.15±0.67	1.11±0.76	0.855
	Non-dominant side			
	GM	1.62±0.55 <sup>a</sup>	2.17±0.64 <sup>a</sup>	0.005 <sup>a</sup>
	GL	4.07±1.60	4.03±0.99	0.921
	TA	1.41±0.69 <sup>a</sup>	0.83±0.82 <sup>a</sup>	0.020 <sup>a</sup>
Tc, ms	Dominant side			
	GM	21.49±2.81	21.53±4.73	0.976
	GL	27.80±11.92	26.67±14.98	0.977
	TA	16.70±2.67	20.97±14.38	0.189
	Non-dominant side			
	GM	20.14±3.05	20.49±2.70	0.695
	GL	29.05±13.11	23.62±2.76	0.077
	TA	20.60±11.48	22.45±14.94	0.659
Vc, mm/s	Dominant side			
	GM	0.11±0.03 <sup>a</sup>	0.08±0.03 <sup>a</sup>	0.008 <sup>a</sup>
	GL	0.17±0.05 <sup>a</sup>	0.14±0.04 <sup>a</sup>	0.014 <sup>a</sup>
	TA	0.09±0.05 <sup>a</sup>	0.04±0.03 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>
	Non-dominant side			
	GM	0.10±0.03	0.08±0.02	0.052
	GL	0.18±0.05 <sup>a</sup>	0.14±0.03 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>
	TA	0.09±0.05 <sup>a</sup>	0.03±0.02 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>

Abbreviations: Dm, displacement maximum; GL, gastrocnemius lateralis; GM, gastrocnemius medialis; TA, tibialis anterior; Tc, contraction time; TMG, tensiomyography; Vc, contraction velocity.

Values are presented as mean±standard deviation.

<sup>a</sup> $P<0.05$ .

비교적 양호한 수축 상태를 보였지만 대학부는 우세측에서 고등부에 비해 유의하게( $P<0.05$ ) 높게 나타났다. 앞정강이근(TA)은 두 집단 모두 1.5 mm 이하의 낮은 수축 능력을 보였으며, 특히 대학부의 경우 비우세측은 고등부에 비해서도 유의하게( $P<0.05$ ) 낮게 나타났다. Tc의 경우에는 두 집단의 모든 근육에서 30 ms 이하의 비교적 빠른 수축시간을 보였으며, 이는 앞정강이근(TA), 안쪽장딴지근(GM), 가쪽장딴지근(GL) 순이었다. 두 집단 간에는 우세측과 비우세측 모두 안쪽장딴지근(GM)과 앞정강이근(TA)은 대학부에서, 가쪽장딴지근(GL)은 고등부에서 상대적으로 빠르게 나타났으나, 이러한 Tc에 대한 두 집단 간 차이는 모두 통계적으로 유의한 것은 아니었다. 또한, Vc의 경우에는 두 집단의 우세측과 비우세측 모두에서 앞정강이근(TA), 안쪽장딴지근(GM), 가쪽장딴지근(GL) 순으로 빠르게 나타났으며, 이러한 수축 속도는 비우세측 안쪽장딴지근(GM)을 제외한 대부분의 측정 근육에서 대학부가 고등부보다 유의하게(각각  $P<0.01$ ,  $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ,  $P<0.001$ ) 빠른 것으로 나타났다.

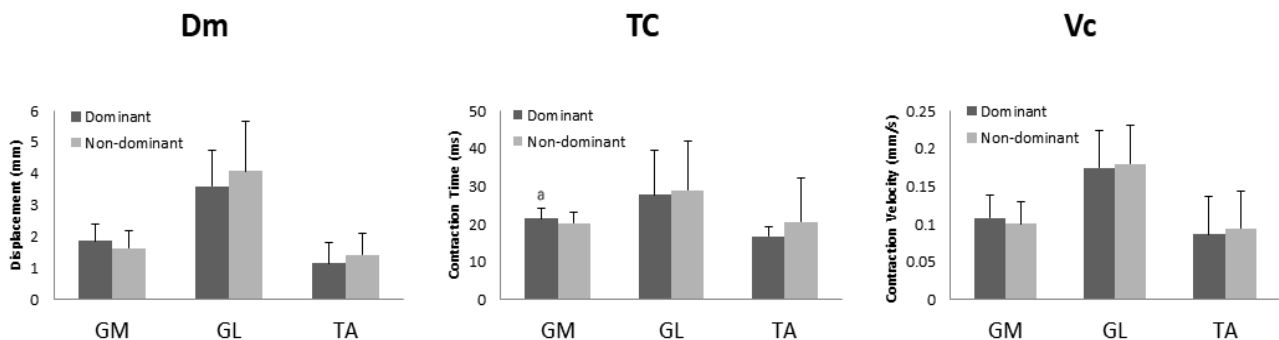
한편, 고등부와 대학부 각 집단 내에서 장딴지근(GM, GL)과 앞정강이근(TA)의 수축 특성(Dm, Tc, Vc)에 대한 우세측과 비우세측 간의 차이를 살펴본 결과(Figure 3, 4)

에 의하면 대부분의 변인에서 유의한 차이가 없었지만 고등부의 경우 우세측 안쪽장딴지근(GM)의 Tc는 비우세측에 비해, 대학부의 경우 비우세측 앞정강이근(TA)의 Vc는 우세측에 비해 유의하게(각각  $P<0.05$ ,  $P<0.05$ ) 빠르게 나타났다.

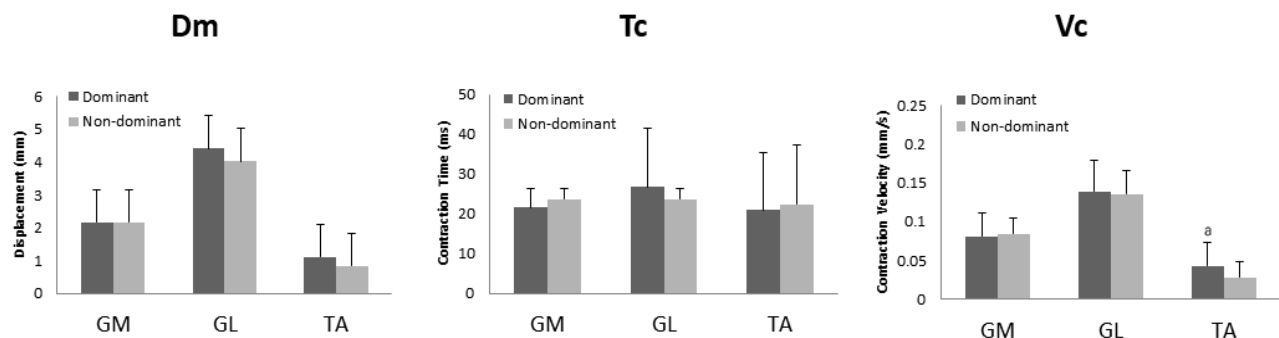
## 고 찰

운동선수에서 근신경 조절 능력은 우수한 경기력을 발휘하는 중요한 요인<sup>21)</sup>이라 할 수 있다. TMG는 비침습적인 방법으로 근신경계 특성을 평가하는 것으로 특정 근육의 개별화된 트레이닝 프로그램뿐만 아니라 상해 예방, 근육의 불균형 및 비대칭을 찾기 위한 유용한 도구로 사용되고 있다.<sup>22)</sup> 그러나 국내 운동선수들을 대상으로 진행된 연구는 매우 부족할 뿐만 아니라 하퇴부 근육에 대한 수축 특성을 규명한 연구가 없는 실정이다.

TMG 방법은 특정 근육이 수축할 때 나타나는 근복이 변위되는 것을 통해 근신경계의 특성을 파악하는 방법으로 근복의 최대 이동거리(Dm)에 기초하여, Tc, Ts, Tr, Td를 측정할 수 있다. 이 때 Dm은 근육이 수축하는 능력으로써 근



**Figure 3.** Comparison between dominant and non-dominant on Dm, Tc, Vc of high-school. Dm, displacement maximum; GL, gastrocnemius lateralis; GM, gastrocnemius medialis; TA, tibialis anterior; Tc, contraction time; Vc, contraction velocity. <sup>a</sup> $P<0.05$ .



**Figure 4.** Comparison between dominant and non-dominant on Dm, Tc, Vc of collegiate. Dm, displacement maximum; GL, gastrocnemius lateralis; GM, gastrocnemius medialis; TA, tibialis anterior; Tc, contraction time; Vc, contraction velocity. <sup>a</sup> $P<0.05$ .

육의 경직도 또는 긴장도가 증가할수록 Dm이 감소하며,<sup>2,16)</sup> 근육의 위축이 심할수록 Dm이 크게 증가하는 것으로 보고되고 있다.<sup>23)</sup> 본 연구 결과에 의하면 안쪽장딴지근(GM)과 가쪽장딴지근(GL)의 경우 프로축구선수들을 대상으로 Dm을 평가한 연구<sup>24)</sup>와 비교할 때 가쪽장딴지근(GL)은 고등부에서 다소 낮았고 안쪽장딴지근(GM)은 두 집단 모두 매우 낮은 결과를 보였다. 또한 앞정강이근(TA)의 경우에서도 연구자료가 부족하여 직접 비교할 수 없지만 1만 명을 대상으로 기준치를 마련한 TMG 기기에 대한 기준치보다 다소 낮게 나타났다. 이러한 결과는 아마도 프로선수에 비해 아마추어 선수들에서 빈번한 훈련 과정에서 발생될 수 있는 근육 경직 상태에 대한 불충분한 회복을 하나의 원인으로 고려할 수 있으며, 이는 근육의 손상<sup>25)</sup> 및 인대 손상<sup>14)</sup>과 매우 높은 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서 이러한 근육에서 나타나는 경직도 증가로 인해 발생하는 상해 예방을 위해서는 평소 훈련 전후 근육의 경직도를 감소시킬 수 있는 마사지(massage) 또는 자가근막이완법(self-myofascial release)과 같은 적절한 대처 방안이 필요할 것으로 생각된다.

Tc는 근육이 수축하는 속도로서 우세적인 근섬유 비율과 높은 상관관계(Tc값이 >30 ms인 경우 지근[slow twitch] 섬유가 지배적인 근육)가 있으며,<sup>2,16)</sup> 근육의 피로와 유의한 관련성(근피로는 근육의 수축능력을 감소시켜 수축시간이 길게 나타남)이 있는 것으로 보고되고 있다.<sup>26)</sup> 본 연구 결과에 의하면 두 집단의 모든 근육에서 30 ms 이하의 비교적 빠른 수축시간이 나타났으며(특히, 앞정강이근[TA]은 다른 근육에 비해서도 더 빠르게 나타남), 두 집단 간에는 유의한 차이가 없었지만 대학부 선수가 다소 빠른 경향을 보였다. 이는 보통 장딴지근의 근섬유는 type II 형태가 많이 분포되어 족저굴곡근이 폭발적인 힘 또는 빠른 속도의 움직임을 필요로 때 활성화되며, 축구선수의 특성상 폭발적인 파워를 발휘하기 위해 근수축시 힘을 빠르게 생성하기 위한 스포츠-특이적인(sports-specificity) 능력을 가진다<sup>16)</sup>는 점을 고려할 때 당연한 결과라 생각된다.

Vc는 근육이 수축할 때 “단위시간당 이동거리”로써 Tc값은 Dm이 커지면 같이 증가하는 경향이 있어 이를 보정한 방법이다.<sup>20)</sup> 이는 근육의 수축 속도가 빠를수록 힘이 적어지는 힘-속도 관계(force-velocity relation)에 근거하고 있다.<sup>27)</sup> 본 연구 결과에 의하면 우세측과 비우세측 대부분의 근육에서 고등부 선수가 대학부 선수에 비해 수축시간이 유의하게 느린 것으로 나타났으며, 특히 가쪽장딴지근(GL)의 경우 프로축구선수를 대상으로 한 결과<sup>24)</sup>보다 수축시간이 느렸을 뿐만 아니라 다른 근육에 비해서도 상대적으로 느린 것이었다. 이러한 결과는 선수경력이 부족한 결과로 미루어볼 때 축구에 대한 체력 및 기술이 잘 갖추어진 프로축구선수들에 비해 스포츠-특이적인 적응력이 부족한 데서 그 원

인을 찾아볼 수 있을 것이며, 가쪽장딴지근(GL)이 다른 근육에 비해 수축시간이 느린 이유는 축구선수의 경우 이들 근육의 활성화도(muscle activity)가 상대적으로 느리게 나타나는 스포츠-특이적인 특성을 보이는 것인지 아니면 이들 근육에 대한 훈련 부족으로 기인된 것인지에 대한 보다 명확한 결론을 도출하기 위해서는 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

한편, Alvarez-Diaz 등<sup>24)</sup>은 건강한 프로축구선수들을 대상으로 대퇴부 근육에 대한 우세측과 비우세측 차이를 비교한 결과 대부분의 측정변인에서 유의한 차이가 없음을 보고하며 축구선수에서 트레이닝 반응과 손상 위험이 있는 근육 관찰을 위해 TMG를 이용할 때 특별한 경우를 제외하고 양측에 대한 평가는 불필요하다고 하였다. 본 연구에서도 선행연구와 비록 동일한 근육은 아니었지만 각 집단 내에서 Dm, Tc, Vc에 대한 측정 근육별 우세측과 비우세측 간에는 일부(고등부 GM-Tc, 대학부 TA-Vc)를 제외하고 대부분의 측정변인에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 건강한 축구선수를 대상으로 TMG 평가에 이들 근육을 적용할 경우 시간적인 측면을 고려할 때 우세측 또는 비우세측 만의 평가도 유용할 것으로 생각된다. 그러나 특정 상해 부위에 대한 평가 또는 재활운동프로그램 중 근육의 수축 능력을 알아보기 위한 평가 등 연구자의 관점에 따라 세심한 조절이 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

**연구배경:** TMG는 단일 전기자극에 대한 반응으로 근육의 수축 특성을 평가하기 위해 개발된 상대적으로 새로운 평가 방법이다. 본 연구는 TMG를 이용하여 아마추어 남자 축구선수의 앞정강이근과 장딴지근의 수축 특성을 살펴보고자 하였다.

**방법:** 총 41명(고등부 21명, 대학부 20명)의 아마추어 축구선수가 본 연구에 참여하였다. TMG는 안쪽 및 가쪽장딴지근(GM, GL)과 앞정강이근(TA)의 왼쪽과 오른쪽 모두를 측정하였으며, Dm, Td, Tc, Ts, Tr을 측정하여 두 집단 간 비교 및 집단 내 우세측과 비우세측 부위를 비교하였다.

**결과:** 첫째, 두 집단 모두 안쪽장딴지근(GM)과 앞정강이근(TA)은 Dm이 낮아 근경직도가 높은 것으로 나타났다. 둘째, 수축시간(Tc) 및 속도(Vc)는 모든 근육에서 빠르게 나타나 축구선수의 스포츠-특이적인 특성이 내재하는 것으로 나타났지만 가쪽장딴지근(GL)은 다른 측정 근육에 비해 상대적으로 느렸다. 셋째, 측정 근육별 우세측과 비우세측 간에는 일부(고등부 GM-Tc, 대학부 TA-Vc)를 제외한 대부분의 측정변인에서 유의한 차이가 없었다.

**결론:** GM과 TA 근육에서 빠른 수축시간으로 인한 스포

츠-특이적인 특성이 가지고 있다. 그러나 근경직도가 높아 상해 위험성이 존재하며, 이를 예방하기 위한 다양한 방법이 강구되어야 할 것이다.

중심 단어: 탄성 이미징 기법, 장판지근, 앞정강이근, 근수축

## REFERENCES

- Kim KJ. Effective training strategy for the improvement of exercise performance. *Journal of Coaching Development* 2013; 15(1):72-83.
- Valenčič V, Knez N. Measuring of skeletal muscles' dynamic properties. *Artif Organs* 1997;21(3):240-2.
- Tous-Fajardo J, Moras G, Rodríguez-Jiménez S, Usach R, Doutres DM, Maffiuletti NA. Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *J Electromyogr Kinesiol* 2010;20(4):761-6.
- Rusu LD, Cosma GG, Cernaianu SM, Marin MN, Rusu PF, Ciocănescu DP, et al. Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training. *J Neuroeng Rehabil* 2013;10:67.
- Križaj D, Šimunič B, Žagar T. Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *J Electromyogr Kinesiol* 2008;18(4):645-51.
- Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 2006;24(7):665-74.
- Manolopoulos E, Papadopoulos C, Salonikidis K, Katartzis E, Poluha S. Strength training effects on physical conditioning and instep kick kinematics in young amateur soccer players during preseason. *Percept Mot Skills* 2004;99(2):701-10.
- Kaminski TW, Buckley BD, Powers ME, Hubbard TJ, Ortiz C. Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *Br J Sports Med* 2003;37(5):410-5; discussion 415.
- Ebig M, Lephart SM, Burdett RG, Miller MC, Pincivero DM. The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in the chronically unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;26(2):73-7.
- Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait Posture* 2007;25(1):127-34.
- Chai JH, Kim BK, Kim C, Kim CH, Bae SW. Analysis of body-builder's skeletal muscle characteristics using tensiomyography. *Korean J Sports Med* 2016;34(2):146-52.
- Eo ES, Hwang BG. The comparison of contractile properties between knee flexor and extensor muscles in highschool basketball players using tensiomyography(TMG). *Journal of Sport and Leisure Studies* 2017;69:387-94.
- Kim BK, Chai JH, Kim C, Kim CH, Bae SW. Analysis of lower extremity contraction according to gender using tensiomyography. *Korean J Sports Med* 2017;35(3):181-9.
- Alentorn-Geli E, Alvarez-Diaz P, Ramon S, Marin M, Steinbacher G, Rius M, et al. Assessment of gastrocnemius tensiomyographic neuromuscular characteristics as risk factors for anterior cruciate ligament injury in male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23(9):2502-7.
- Carrasco L, Sañudo B, de Hoyo M, Pradas F, Da Silva ME. Effectiveness of low-frequency vibration recovery method on blood lactate removal, muscle contractile properties and on time to exhaustion during cycling at VO<sub>2</sub> max power output. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(9):2271-9.
- Rey E, Lago-Peñas C, Lago-Ballesteros J. Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players. *J Electromyogr Kinesiol* 2012;22(6):866-72.
- Rodríguez-Matoso D, Rodríguez-Ruiz D, Sarmiento S, Vaamonde D, Da Silva-Grigoletto ME, García-Manso JM. Reproducibility of muscle response measurements using tensiomyography in a range of positions. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2010;3(3):81-6.
- Delagi EF, Lazzetti J, Perotto AO. Anatomical guide for the electromyographer: the limbs and trunk. 5th ed. Springfield: Charles C Thomas; 2011. p. 5-85.
- Dahmane R, Valenčič V, Knez N, Eržen I. Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Med Biol Eng Comput* 2001;39(1):51-5.
- Rodríguez-Ruiz D, García-Manso JM, Rodríguez-Matoso D, Sarmiento S, Da Silva-Grigoletto M, Pisot R. Effects of age and physical activity on response speed in knee flexor and extensor muscles. *Eur Rev Aging Phys Act* 2013;10(2):127.
- Speed C. High-performance sports medicine. *Clin Med (Lond)* 2013;13(1):47-9.
- Reilly T, Mujika I. Science and football in an applied context. *ICSSPE Bull* 2006;47:8-14.
- Pisot R, Narici MV, Šimunič B, De Boer M, Seynnes O, Jurdana M, et al. Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *Eur J Appl Physiol* 2008;104(2):409-14.
- Alvarez-Diaz P, Alentorn-Geli E, Ramon S, Marin M, Steinbacher G, Rius M, et al. Comparison of tensiomyographic neuromuscular characteristics between muscles of the dominant and non-dominant lower extremity in male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(7):2259-63.
- Hunter AM, Galloway SD, Smith IJ, Tallent J, Ditroilo M, Fairweather MM, et al. Assessment of eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors by tensiomyography. *J Electromyogr Kinesiol* 2012;22(3):334-41.
- Dahmane R, Djordjevič S, Šimunič B, Valenčič V. Spatial fiber type distribution in normal human muscle: histochemical and tensiomyographical evaluation. *J Biomech* 2005;38(12):2451-9.
- Mitani Y. Gender-related differences in lower limb alignment, range of joint motion, and the incidence of sports injuries in Japanese university athletes. *J Phys Ther Sci* 2017;29(1):12-5.