

Tensiomyography를 이용한 남녀 하지 근육의 특성 분석

고려대학교 사회체육과¹, 순천향대학교 스포츠의학과², 을지대학교 의과대학 생리학교실³, 글로벌튼튼병원⁴

김보경^{1*} · 채정훈^{2*} · 김 찬³ · 김철현² · 배상원⁴

Analysis of Lower Extremity Contraction According to Gender Using Tensiomyography

Bo-Kyeong Kim^{1*}, Jung-Hun Chai^{2*}, Chan Kim³, Chul-Hyun Kim², Sang-Won Bae⁴

¹Department of Sport and Leisure Studies, Korea University, Sejong, ²Department of Sports Medicine, Soonchunhyang University, Asan, ³Department of Physiology and Biophysics, Eulji University School of Medicine, Daejeon, ⁴Global Teun Teun Hospital, Daejeon, Korea

Tensiomyography (TMG) is used to evaluate the contraction characteristics of the thigh muscles according to gender. Our hypothesis is that male's maximal displacement (Dm) will be lower than the control because the Dm increases when the muscle becomes stiff or hypertrophied. TMG evaluated 15 males and 12 females. The biceps femoris, semitendinosus, vastus lateralis, vastus medialis, and rectus femoris were evaluated. The TMG parameters obtained for each muscle were Dm and contraction time (Tc). And we calculated contraction velocity (Vc) as the rate of the radial displacement occurring during the time period of Tc with respect to Tc. Dm and Vc values of biceps femoris muscles were significantly lower in males than in controls, whereas Dm and Vc values of vastus medialis muscles were significantly lower in females than males. The Tc values of males were significantly higher in right and bilateral sum than females. This is the first report on TMG assessment by gender. We found that it is the most effective in finding muscle contraction characteristics according to gender and can induce the difference between the Dm and Vc of each muscle.

Keywords: Contraction velocity, Gender, Maximal displacement, Tensiomyography

Received: August 7, 2017 Revised: November 27, 2017

Accepted: November 27, 2017

Correspondence: Sang-Won Bae

Global Teun Teun Hospital, 516 Gyejok-ro, Dong-gu, Daejeon 34542, Korea

Tel: +82-42-220-2300, Fax: +82-42-226-0128

E-mail: yodeo@hanmail.net

*Bo-Kyeong Kim and Jung-Hun Chai contributed equally to this study as first authors.

Copyright ©2017 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

허벅지 근육은 관절의 동적 안정성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 신체의 효율적인 움직임을 수행하는데 기여를 하며, 특히 넙다리네갈래근육과 넙다리 뒤근육의 경우 무릎관절의 안정성을 높이며 부상을 예방하는데 많은 영향을 미친다^{1,2}. 남성은 여성에 비해 무릎관절의 손상이나 장애 유병률이 낮으며 그 원인은 성별에 따른 구조적인 차이와 근육량, 호르몬의 차이라고 할 수 있다. 특히 근육 크기 및 뻣뻣한 정도 차이로 인해 남성이 여성보다 무릎의 상해율이 낮다고 할 수 있다^{3,4}. 이와 관련된 하지 근기능에 대한 선행 연구들은 하지 근피로,

근력, 근활성도 등의 근기능에 대한 연구가 진행되었으며 주로 표면 근전도(surface electromyogram), mechanomyogram를 이용하였다^{5,9}. 근기능의 평가를 하기 위한 대표적인 방법인 표면 근전도의 경우 주변의 소리에 민감하여 외부 환경적 제한이 크며 신호처리와 분석이 복잡한 단점이 있다. Mechanomyogram는 다양한 대상자에게 적용할 수 있지만, 측정 시 결과값이 일관성이 없기 때문에 객관적인 평가에 어려움이 있으며 신호 양식에 대한 개선이 필요하다는 단점이 있다⁵⁻¹⁰.

최근 유럽에서 사용이 많이 되고 있는 tensiomyography (TMG)는 비침습적인 방법으로 측정하고자 하는 근육을 선택적으로 검사할 수 있는 측정 장비로써 이동이 쉬워 현장에서의 활용도가 높다는 장점이 있다^{6,7}. 또한 측정 결과를 나타내는 변인들의 지표가 간단하여 근기능을 이해하기 쉽다⁶. 결과를 나타내는 변인 중 특히 maximal displacement (Dm), delay time (Td), contraction time (Tc)의 경우 매우 높은 신뢰도를 나타내어 근기능 평가를 하기 위한 매우 효율적인 측정 도구라 할 수 있다⁷.

TMG를 이용한 선행연구들의 주제로는 크게 생리적 연구, 근손상과 근피로 인대 손상, 근육 관련 질환 및 TMG 기계의 타당도와 신뢰도 측정 등에 대한 연구가 활발히 진행되었으며 주로 선수에 대한 연구가 주를 이루고 있다⁶. TMG에서 제시하는 변인으로 (1) Dm (근 수축 시 일어나는 근배위의 최대이동거리), (2) Tc (Dm의 10%에서 90%까지 이르는 시간), (3) Td (Dm의 10%에 이르는 시간), (4) Ts (sustain time; Dm의 50% 구간에서 수축과 이완되는 과정까지의 시간), (5) Tr (relaxation time; 90% Dm에서 이완기의 50%까지 이르는 시간) 등 총 5가지로 나타나며, 이 중 주요한 변인은 Dm과 Tc라 할 수 있다¹¹. Dm은 근배위(muscle belly)의 최대 이동 변위로서 근강직도(stiffness)와 관련이 있는 것으로 알려져 있고, 근위축이 심할수록 Dm이 크게 증가하며, 근비대가 뚜렷하게 나타나는 경우에는 Dm이 낮아진다^{6,11,12}. Tc는 근수축 시간을 나타내며, 근섬유의 유형 중 지근섬유의 비율(%)과 Tc 간에 매우 높은 상관계수($r=0.93$)가 보고되었다¹¹. 또한 최근의 연구에 의하면

수축 속도가 증가했음에도 불구하고 Dm의 증가에 따른 Tc의 증가를 보정하기 위해 Dm을 Tc로 나눈 contraction velocity (Vc)를 제시하기도 하였다^{6,13}. TMG 개발 이후 근기능에 대한 연구들이 진행됨에 따라 새로운 변인에 대한 연구들이 발표되고 있다^{6,13,14}. 하지만 연구에 참여한 대상들의 성별을 살펴보면, 대부분 남성에 대한 연구들로 국한되어 있어 여성이나 성별에 따른 근기능에 대한 연구는 미흡한 상황이다.

따라서 이 연구는 TMG를 이용하여 남성과 여성을 대상으로 하지 근기능의 차이를 평가하여 TMG 변인들과 어떤 차이가 있는지를 확인하고, 각 변인과 성별과의 관계를 알아보고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구대상자는 신체 활동이 가능하며 정형외과 질환이 없는 대학생을 대상으로 S대 재학 중인 남학생($n=15$)과 K대에 재학 중인 여학생($n=12$)을 최종 선정하였다. 모든 대상자에게 실험 참여 의사를 묻고 연구의 배경과 목적을 설명하였으며, 자발적으로 참여 의사를 밝힌 대상자들에게 동의서를 받아 실험을 진행하였다. 연구 대상자의 정보는 Table 1과 같다.

2. 실험 도구

TMG S1 모델은 근육에 전기적 자극을 발생시키는 자극기(stimulator)와 근육의 반응을 컴퓨터로 전달하는 센서(sensor), 그리고 근육의 반응을 확인할 수 있는 소프트웨어 프로그램으로 구성되어 있다. TMG는 비침습적인 방법을 이용하여 근육의 수축속도(Vc)와 변위(muscle belly displacement)를 그래프와 수치로 제시해주며, 기본 구성은 Fig. 1에 제시하였다.

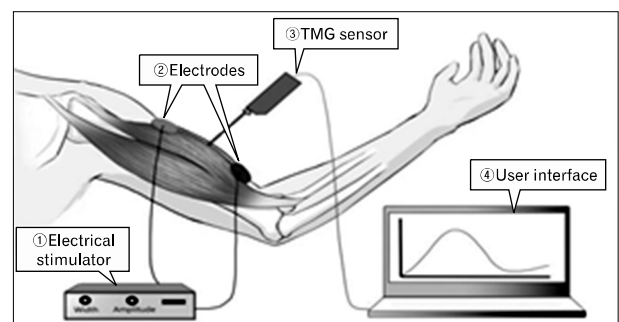


Fig. 1. System components of tensiomyography (TMG) include electrical stimulator, electrodes, TMG sensor, and user interface.

Table 1. Subject information

Variable	Male (n=15)	Female (n=12)
Age (yr)	22.27±4.25	21.58±1.73
Weight (kg)	75.46±14.48	54.29±4.38
Height (cm)	174.28±4.39	161.97±2.85

Values are presented as mean±standard deviation.

센서를 통해 컴퓨터로 전달된 내용은 소프트웨어 프로그램을 통해 총 5개의 변인으로 나눌 수 있으며 이는 Fig. 2와 같다. 주요한 변인은 자극에 의한 근육의 최대 변위(Dm)와 근육의 수축 시간(Tc)이다. 이때, Dm은 근수축에 의한 근배위의 최대 이동 거리(mm)를 나타내며, 근수축 시간인 Tc는 Dm의 10%에서 90%까지 이르는 시간(ms)이다. 또한 각 근육의 실제적인 수축속도를 평가하기 위해 근배위의 이동 변위를 근수축 시간으로 나누어 근수축 속도(V_c , mm/s)를 산출하였다($V_c = Dm \times 0.8 / Tc$).

측정방법은 확인하고자 하는 근배위를 중심으로 약 5 cm 간격으로 이격시켜 근위부(proximal)와 원위부(distal)에 각각 전극(electrode)을 부착한 후 배위 중앙에 센서를 고정시킨다. 최초 20 mA의 자극에서 시작하여 10 mA씩 서서히 증가시켜 Dm이 최대수치에 이를 때까지 실시하였다.

3. 측정 방법

사전교육으로 측정 전 24시간 동안 과도한 운동과 음주 및 카페인 섭취를 금지했으며, 중도 탈락이나 포기에 대한 불이익이 없음을 교육하였으며, 측정 전 근육의 휴식을 위해 5분 이상의 침상 안정 시간(bed rest)을 유지한 뒤 측정하였다. 측정 시 넙다리네갈래근(quadriceps muscles)은 양와위자세(supine posture), 넙다리 뒤근육은 복와위자세(prone posture)를 유지한 상태에서 측정하였다(Fig. 3). 측정부위로는 하지 근육 중 넙다리네갈래근의 가쪽넓은근(vastus lateralis), 넙다리곧은근(rectus femoris), 안쪽넓은근(vastus medialis)을 측정하였고, 넙다리뒤근육(hamstring muscles)에서는 넙다리두갈래근(biceps femoris), 반힘줄모양근(semi-tendinosus)을 측정하였다. TMG 소프트웨어에서 제공하지 않는 중간넓은근(vastus intermedius)과 반막모양근(semimembranous muscle)은 제외하였으며, 총

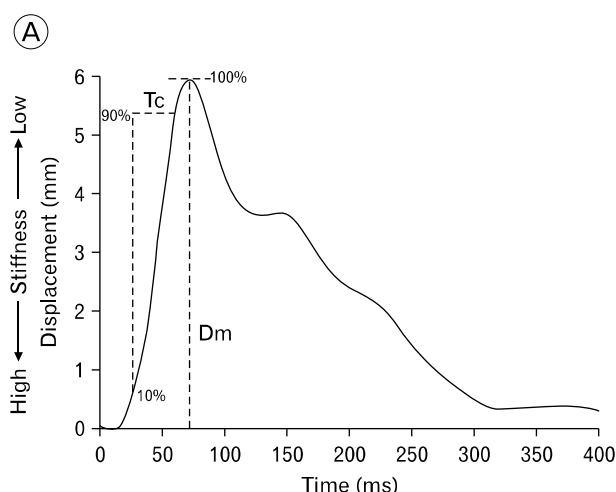


Fig. 2. (A) Tensiomyography record with parameters' definitions. (B) Tensiomyography assessment in the vastus medialis. Tc: contraction time, Dm: maximal displacement.

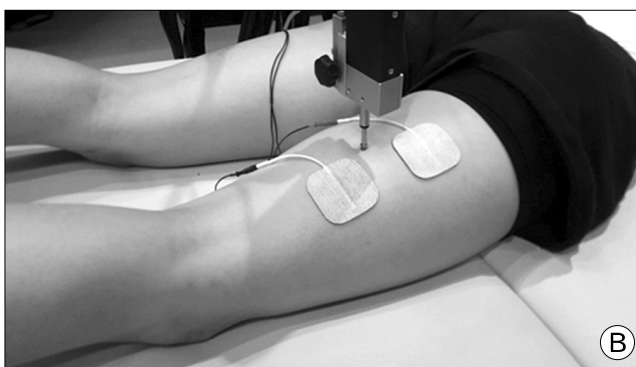


Fig. 3. Tensiomyography assessment in the (A) vastus lateralis and (B) biceps femoris.

5개 근육을 측정하였다. 좌우 근육의 우세성(dominancy)의 영향을 배제하기 위하여 양 쪽 다리의 합을 비교하였다.

4. 자료 처리 방법

실험을 통해 얻은 결과들은 Microsoft Program Excel

(Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용하여 입력하였으며, 기술통계(mean±standard deviation)로 산출하였다. IBM SPSS ver. 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 집단별 연령의 정규성 검정을 위해 Kolmogorov-Smirnov test (KS 검정)을 실시하였으며, 변인의 동질성 검정을 위해 독립표본 t 검정

Table 2. Maximal displacement values for the analyzed muscles in each group

Maximal displacement		Male (n=15)	Female (n=12)	p-value
Lt	RF	8.87±3.32	7.16±1.95	0.108
	VM	7.78±1.72*	5.99±2.13	0.023
	VL	7.00±2.07	5.76±1.76	0.111
	BF	8.03±2.43*	9.94±2.03	0.021
	ST	10.08±3.21	8.23±2.93	0.134
Rt	RF	6.61±2.49	6.73±1.75	0.891
	VM	8.40±1.68***	5.99±0.86	0.000
	VL	6.41±2.12	5.70±2.49	0.431
	BF	7.11±3.35**	10.53±1.86	0.001
	ST	8.63±2.59	10.20±2.68	0.135
Sum	RF	15.48±4.89	13.89±3.08	0.335
	VM	16.18±3.00**	11.98±2.62	0.001
	VL	13.42±3.89	11.47±3.39	0.183
	BF	15.14±4.93**	20.47±3.48	0.001
	ST	18.71±5.10	18.43±4.65	0.885

Values are presented as mean±standard deviation.

Lt: left leg, RF: rectus femoris, VM: vastus medialis, VL: vastus lateralis, BF: biceps femoris, ST: semitendinosus, Rt: right leg, Sum: summation of right and left.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

Table 3. Contraction velocity values for the analyzed muscles in each group

Contraction velocity		Male (n=15)	Female (n=12)	p-value
Lt	RF	27.29±3.54	29.99±4.06	0.077
	VM	22.28±1.80	23.82±2.36	0.065
	VL	25.71±2.83	26.26±4.35	0.696
	BF	43.40±16.78	35.97±7.64	0.141
	ST	41.11±9.85	38.32±10.23	0.478
Rt	RF	29.93±3.35	28.48±4.11	0.324
	VM	22.92±1.75	24.06±2.88	0.213
	VL	25.45±4.52	24.89±3.22	0.717
	BF	54.37±17.19**	34.23±6.06	0.004
	ST	39.80±8.83	39.11±5.43	0.816
Sum	RF	57.21±4.46	58.47±7.42	0.591
	VM	45.20±3.17	47.89±4.16	0.068
	VL	51.16±5.07	51.14±5.92	0.992
	BF	97.77±26.90**	70.20±12.53	0.002
	ST	80.91±16.06	77.44±12.34	0.543

Values are presented as mean±standard deviation.

Lt: left leg, RF: rectus femoris, VM: vastus medialis, VL: vastus lateralis, BF: biceps femoris, ST: semitendinosus, Rt: right leg, Sum: summation of right and left.

**p<0.01.

(independent t-test)을 이용하여 Levene's 검정을 하였다. 실험에 이터는 남자대학생과 여자대학생의 TMG 결과 비교를 위해 independent t-test를 실시하였다. 이때 정규성분포가 확인되지 않은 자료들은 비모수통계인 Mann-Whitney U-test를 실시하였으며, 이 연구의 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

결 과

남자 대학생과 여자 대학생을 대상으로 TMG 분석한 결과는 Tables 2-4에 제시하였다. Dm의 경우 넙다리네갈래근 중 안쪽 넓은근에서 남자 대학생이 여자 대학생보다 높은 결과를 보였으며, 왼쪽 다리, 오른쪽 다리와 양쪽 다리에서 통계적으로 유의성을 보였다($p < 0.05$). 또한, 넙다리두갈래근 결과에서는 여자 대학생이 남자 대학생에 비교해 높은 결과를 보였으며,

Table 4. Contraction velocity values (mm/s) for the analyzed muscles in each group

Contraction velocity		Male (n=15)	Female (n=12)	p-value
Lt	RF	0.26±0.09	0.20±0.07	0.053
	VM	0.28±0.06**	0.20±0.08	0.009
	VL	0.22±0.08	0.18±0.06	0.088
	BF	0.16±0.06**	0.23±0.05	0.009
	ST	0.20±0.05	0.17±0.04	0.150
Rt	RF	0.18±0.07	0.19±0.06	0.602
	VM	0.30±0.07**	0.20±0.05	0.001
	VL	0.21±0.07	0.19±0.09	0.602
	BF	0.11±0.05***	0.24±0.04	0.000
	ST	0.18±0.04	0.21±0.05	0.068
Sum	RF	0.44±0.13	0.39±0.11	0.277
	VM	0.58±0.11**	0.41±0.11	0.001
	VL	0.43±0.13	0.37±0.12	0.229
	BF	0.27±0.10***	0.46±0.09	0.000
	ST	0.37±0.08	0.38±0.08	0.869

Values are presented as mean±standard deviation.

Lt: left leg, RF: rectus femoris, VM: vastus medialis, VL: vastus lateralis, BF: biceps femoris, ST: semitendinosus, Rt: right leg, Sum: summation of right and left.

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

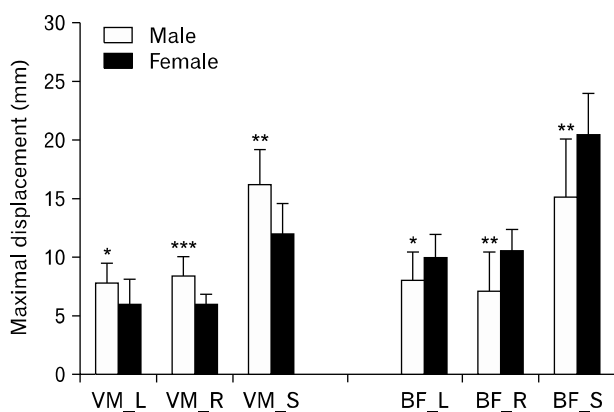


Fig. 4. Comparison of maximal displacement between male and female. VM: vastus medialis, L: left site, R: right site, S: sum of right and left site, BF: biceps femoris. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

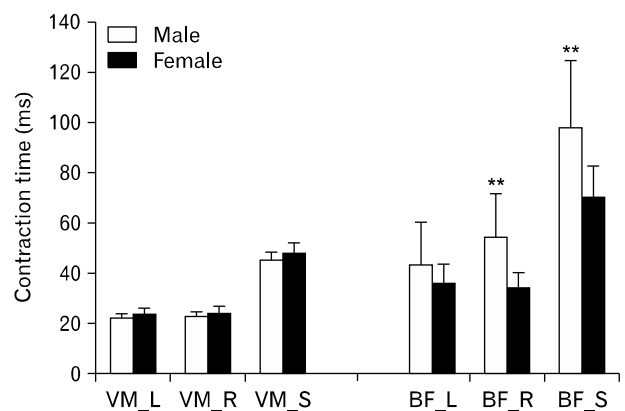


Fig. 5. Comparison of contraction time between male and female. VM: vastus medialis, L: left site, R: right site, S: sum of right and left site, BF: biceps femoris. ** $p < 0.01$.

왼쪽 다리, 오른쪽 다리와 양쪽 다리에서 에서 통계적으로 유의성($p<0.05$)을 보였으며, Table 2와 Fig. 4와 같다.

Tc의 경우 넙다리두갈래근에서 오른쪽 다리와 양쪽 다리에서 통계적으로 유의한 결과를 보였으며($p<0.01$), 남자대학생이 여자 대학생에 비해 높은 경향을 보였으며, Table 3과 Fig. 5와 같다.

Vc의 경우 안쪽넓은근에서 남자 대학생이 여자 대학생보다 높은 결과를 보였으며, 왼쪽 다리, 오른쪽 다리와 양쪽 다리에서 통계적으로 유의성을 보였다($p<0.01$). 또한, 넙다리두갈래 결과를 살펴보면, 여자 대학생이 남자 대학생에 비해 높은 결과를 보였으며, 왼쪽 다리, 오른쪽 다리와 양쪽 다리에서 통계적으로 유의성($p<0.05$)을 보였으며, Table 4와 Fig. 6과 같다.

남자대학생과 여자대학생의 안쪽넓은근과 넙다리두갈래근의 가장 대표적인 결과 그래프를 Fig. 7에 제시하였다. 두

그룹의 가장 큰 특징은 Dm의 결과가 유의하게 나온 것으로, 남자 대학생의 경우 안쪽넓은근에서, 여자 대학생의 경우 넙다리두갈래근에서 높은 값을 나타내었다.

고 찰

이 연구는 비침습적으로 근기능을 평가할 수 있는 TMG를 이용하여 20대 남성과 여성의 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근을 비교하여 근육의 특성을 확인하고자 설계되었다. 선수나 환자를 대상으로 한 TMG 연구는 국외에 보고된 바 있으나, 성별에 대한 TMG 측정 결과는 국내 및 국외를 통틀어 처음 시도되는 것이다.

20대 남성과 여성의 하지 근육에 대한 TMG 결과를 다시 살펴보면, Dm의 안쪽넓은근에서는 대조군인 여성에게서 낮게 나타났으며($p<0.05$), 넙다리두갈래근의 경우 남성이 유의하게 낮은 수치를 확인하였으며, 이는 안쪽넓은근은 여성이 남성에게 비해 근 강직도가 높다는 것으로 볼 수 있다. 또한 근수축 속도를 나타내는 Vc에서도 여성의 안쪽넓은근, 남성의 넙다리두갈래근에서 낮은 수치를 나타내었으며($p<0.05$), 수치가 낮을수록 근비대가 크다는 것을 알 수 있다($p<0.05$). Tc의 경우 남성의 넙다리두갈래근에서 유의한 결과 ($p<0.05$)를 나타냈으며, 이는 남성의 넙다리두갈래근의 지근섬유의 비율이 보다 높다고 할 수 있다.

TMG를 이용하여 Dm을 비교한 선행연구를 살펴보면 Chai 등⁶은 보디빌더와 일반인을 대상으로 근비대가 클수록 Dm이 낮은 경향을 보이며, 이는 근육과 건의 강직도 및 근 긴장도(muscle tone)가 증가한 것이라고 보고하고 있다. 이와 반대로 Pisot¹² 등은 35일간의 침상 안정을 실시한 뒤 Dm이 크게 증가한 근위축에 대해 보고하였다.

성별에 따른 안쪽넓은근의 차이에 대해서는 정확한 원인은

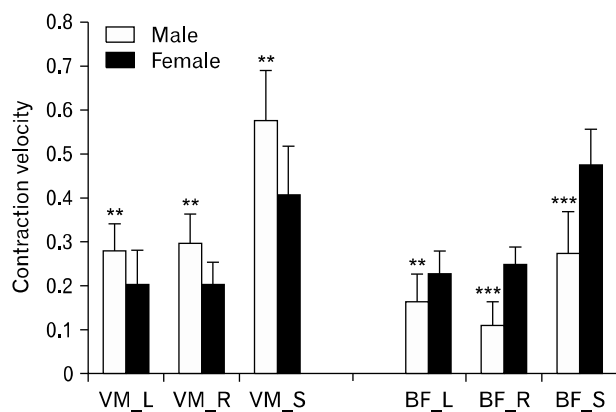


Fig. 6. Comparison of contraction velocity between male and female. VM: vastus medialis, L: left site, R: right site, S: sum of right and left site, BF: biceps femoris. ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

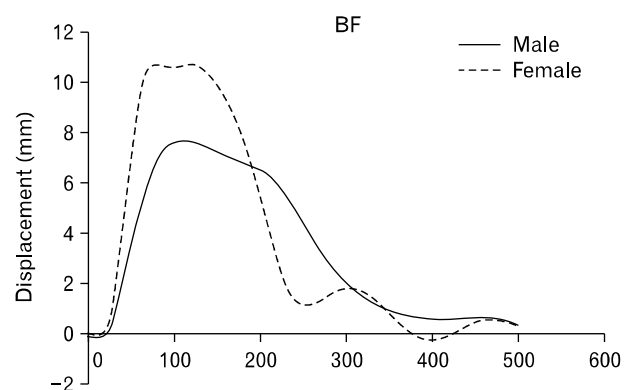
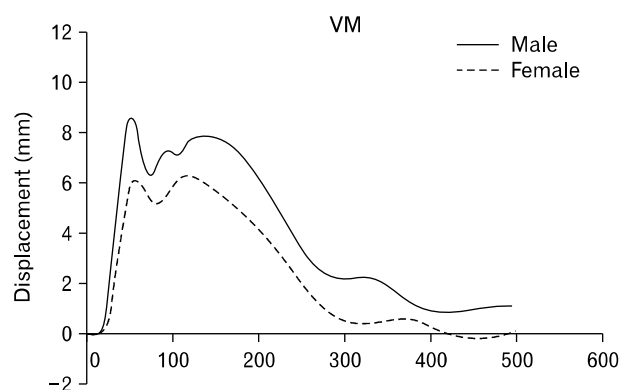


Fig. 7. Representative tensiomyography records of male and control groups. VM: vastus medialis, BF: biceps femoris.

밝혀지지 않았으나, 남성과 여성의 신체 구조적인 차이로 인한 이상각, 근육 길이와 두께에 따라서 차이가 있다고 보고하고 있다¹⁵. 또한, 성별에 따른 하지 구조의 대표적인 차이는 Q-angle이라 할 수 있으며, 여성은 15.8°, 남성은 11.2°로 여성이 남성에 비해 높은 각도인 것을 확인할 수 있다¹⁶. 자세와 같은 안정성에 많은 영향을 미치는 안쪽넓은근의 Dm의 결과는 근긴장도 차이로 여성이 남성에 비해 높은 Q-angle로 인한 영향으로 성별에 따른 구조적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다¹⁷. 넙다리두갈래근에 관한 연구를 살펴보면 남성이 여성보다 탄성계수(elastic modulus)가 높지만 통계적으로는 유의한 결과를 보이지 않았으며³, 이는 본 연구에 참여한 피험자와의 신체적 차이로 인해 본 연구와는 다른 결과를 나타낸 것으로 생각한다. 또한 성별에 따라 동작 수행 시 전략적인 차이를 보이는데 뛰거나 두 발 점프하였을 때 여성은 넙다리 내갈래근, 남성은 넙다리뒤근을 주로 사용하여 성별에 따라 주로 사용하는 근육이 다르다는 것을 보고하였다^{18,19}. 한 발 스쿼트를 하였을 때 성별에 따른 하지 근육의 우월성(dominance)을 비교한 연구결과를 보면 여성의 넙다리 내갈래근과 남성의 넙다리뒤근에서 유의한 차이를 나타내었으며²⁰, 본 연구와 더불어 안쪽넓은근의 경우 남성보다 여성이 우월하며, 성별에 따라 차이를 나타내는 것을 알 수 있다.

근육의 수축 시간을 나타내는 Tc는 지근섬유와 높은 상관관계를 가지는 것으로 보고되고 있으며^{14,21}, 본 연구에서는 남성의 넙다리두갈래근이 여성보다 근수축시간이 유의하게 증가하였으며, 대부분은 통계적인 차이가 없었다. 성별에 따른 근생검 연구는 대부분 가쪽넓은근에 대해 진행되었으며, 남성은 여성보다 근면적이 넓으며 여성에 비해 지근섬유(type 1) 양이 많다고 보고하고 있다²².

연구에서 유의한 결과가 나온 넙다리두갈래근에 대한 연구가 없어 확인할 수는 없지만, 남성만을 대상으로 근섬유를 분석한 결과를 살펴보면 안쪽넓은근의 경우 지근섬유 43.9%, 넙다리두갈래근의 경우 지근 섬유가 66.9%를 차지하였다²³. 이를 바탕으로 본 연구의 남자 대학생의 Tc 결과를 비교하였을 때 가쪽넓은근에 비해 지근섬유가 많은 넙다리두갈래근의 Tc가 길어지는 결과를 뒷받침하고 있는 것을 알 수 있다. 또한, 기존의 연구에서 비교한 가쪽넓은근의 경우 본 연구결과와는 두 그룹 간의 차이를 나타내지 못하였다.

Tc값은 Dm이 커지면 같이 증가하는 영향을 받음으로, 이를 보정하기 위해 근배위의 이동변위(Dm)을 근수축 시간(Tc)로 나눈 공식을 적용하여 '단위시간 당 이동 거리'인 근수축 속도

($Vc = Dm \times 0.8 / Tc$)를 제시하였다^{6,13,14}. 근수축 속도는 힘과 반비례 관계로 속도가 빠를수록 발생하는 힘은 적어지며, 이는 근수축 특성으로 근수축 시 발생하는 액틴(actin)과 미오신(myosin) 근원섬유의 결합으로 두 근원섬유가 빠른 속도로 진행될 때 교차결합(cross bridge)의 형성이 감소되기 때문이라 할 수 있다^{6,17}. 본 연구결과와 Vc는 안쪽넓은근에서는 대조군인 여성에게서 낮게 나타났으며($p < 0.05$), 넙다리두갈래근의 경우 남성이 유의하게 낮은 수치를 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 이 결과는 성별에 따른 하지 근육의 근수축 속도가 다르다는 것을 의미하며, Jee와 Lim²⁴은 하지 근육 중 가쪽넓은근에 대해 근섬유의 횡단면적과 근수축 속도가 남성이 여성보다 하지 근육의 면적이 넓으며, 근수축 속도가 빠르다고 보고 있다.

TMG를 이용하여 도출된 Vc의 결과는 일반적으로 발생하는 신경근 손상을 수치화하기 유용한 점이 있으며, 보디빌더와 일반인을 대상으로 진행한 연구를 살펴보면 근비대가 많을수록 Vc는 낮아진다고 보고하고 있다^{6,14}. 본 연구처럼 TMG를 이용한 선행연구는 없지만, 초음파를 이용하여 넙다리두갈래근의 근육 두께를 비교한 결과 남성이 여성보다 더 두꺼운 것을 알 수 있으며³, 남성이 여성에 비해 근육량이 많아 낮은 Vc를 보여준 것으로 생각한다. 하지만 자기공명영상을 이용하여 남성과 여성의 하지 근육량(muscle volume)을 비교한 결과를 보면 여성은 남성보다 전체적인 하지 근육의 양이 적은 것을 알 수 있으며²⁵, 본 연구에서의 안쪽넓은근의 결과와는 상반된 결과를 나타낸다. 이는 연구에 참여한 피험자의 신체적인 특성과 고관절과 슬관절의 각도가 차이라고 추측할 수 있다. 따라서 TMG를 이용한 근수축 속도의 결과는 성별에 따라 다른 경향을 보이며, 이는 남성과 여성의 하지 근육량과 구조적 차이 등의 복합적인 변인이 영향을 미친다고 추측할 수 있다.

본 논문의 결론으로 남녀 대학생을 대상으로 TMG를 이용하여 하지 근기능을 분석한 결과, 여성의 안쪽넓은근, 남성의 넙다리두갈래근이 근긴장도가 높다고 할 수 있다. 수축시간은 넙다리두갈래근에서 유의하게 길게 나타났으며, 수축 속도가 낮을수록 근비대가 있다고 할 수 있는 Vc의 경우 여성의 안쪽넓은근, 남성의 넙다리두갈래근에서 낮은 수치를 나타내었다. 이러한 결과는 성별에 따른 근육의 양뿐만 아니라 하지 구조적인 차이가 근기능에 영향을 미친다고 할 수 있다.

근기능 측정 기술이 발전하는 동안 연구들의 대부분은 근전도를 이용하였으며, 근육 운동의 유형, 운동 속도, MVC의 측정 수준 및 관절의 각 등이 측정에 영향을 미치며 특히

운동유형에 따라 결과치가 달라 정량화하여 연구 간의 비교가 어려움 등의 문제점이 있다. 본 연구에서 사용된 TMG는 비침습적인 방법으로 측정하고자 하는 근육을 선택적으로 측정할 수 있으며, 근 기능 결과의 정량화가 가능하며 이동이 편리하기 때문에 측정이 필요한 현장에서 즉시 측정을 할 수 장점이 있다²⁶. 국내외에서 성별에 따른 TMG 특성을 최초로 보고하는 본 연구를 기반으로 향후 스포츠 현장에서는 근력 강화 훈련 및 현장복귀, 임상에서는 환자들의 전방십대인대 손상 등의 손상에 대한 정확한 진단을 하는데 도움이 될 것이며, 추후 다양한 피험자와 현장에서 더욱 다양한 연구가 필요할 것이다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Harput G, Soyulu AR, Ertan H, Ergun N, Mattacola CG. Effect of gender on the quadriceps-to-hamstrings coactivation ratio during different exercises. *J Sport Rehabil* 2014;23:36-43.
2. Medina JM, Valovich McLeod TC, Howell SK, Kingma JJ. Timing of neuromuscular activation of the quadriceps and hamstrings prior to landing in high school male athletes, female athletes, and female non-athletes. *J Electromyogr Kinesiol* 2008;18:591-7.
3. Blackburn JT, Bell DR, Norcross MF, Hudson JD, Kimsey MH. Sex comparison of hamstring structural and material properties. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009;24:65-70.
4. Granata KP, Wilson SE, Padua DA. Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part I. Quantification in controlled measurements of knee joint dynamics. *J Electromyogr Kinesiol* 2002;12:119-26.
5. Ibitoye MO, Hamzaid NA, Zuniga JM, Abdul Wahab AK. Mechanomyography and muscle function assessment: a review of current state and prospects. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2014;29:691-704.
6. Chai JH, Kim BK, Kim C, Kim CH, Bae SW. Analysis of bodybuilder's skeletal muscle characteristics using tensiomyography. *Korean J Sports Med* 2016;34:146-52.
7. Martin-Rodriguez S, Loturco I, Hunter AM, Rodriguez-Ruiz D, Munguia-Izquierdo D. Reliability and measurement error of tensiomyography to assess mechanical muscle function: a systematic review. *J Strength Cond Res* 2017;31:3524-36.
8. Islam MA, Sundaraj K, Ahmad RB, Ahamed NU. Mechano-myogram for muscle function assessment: a review. *PLoS One* 2013;8:e58902.
9. Serpell BG, Scarvell JM, Pickering MR, et al. Medial and lateral hamstrings and quadriceps co-activation affects knee joint kinematics and ACL elongation: a pilot study. *BMC Musculoskelet Disord* 2015;16:348.
10. Kim C, Chai JH, Kim BK, Kim CH, Bae SW. A novel method for the assessment of muscle injuries. *Korean J Sports Med* 2015;33:59-66.
11. Dahmane R, Valen i V, Knez N, Er en 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;39:51-5.
12. Pisot R, Narici MV, Simunic B, et al. Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *Eur J Appl Physiol* 2008;104:409-14.
13. Rodriguez-Ruiz D, Garcia-Manso JM, Rodriguez-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;10:127-32.
14. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, et al. Muscle contraction velocity: a suitable approach to analyze the functional adaptations in elite soccer players. *J Sports Sci Med* 2016;15:483-91.
15. Chow RS, Medri MK, Martin DC, Leekam RN, Agur AM, McKee NH. Sonographic studies of human soleus and gastrocnemius muscle architecture: gender variability. *Eur J Appl Physiol* 2000;82:236-44.
16. Horton MG, Hall TL. Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. *Phys Ther* 1989;69:897-901.
17. 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;29:12-5.
18. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001;16:438-45.
19. Padua DA, Carcia CR, Arnold BL, Granata KP. Gender differences in leg stiffness and stiffness recruitment strategy during two-legged hopping. *J Mot Behav* 2005;37:111-25.
20. Youdas JW, Hollman JH, Hitchcock JR, Hoyme GJ, Johnsen JJ. Comparison of hamstring and quadriceps femoris electromyographic activity between men and women during a single-limb squat on both a stable and labile surface. *J*

- Strength Cond Res 2007;21:105-11.
21. Valencic V, Knez N, Simunic B. Tensiomyography: detection of skeletal muscle response by means of radial muscle belly displacement. Biomed Eng 2001;1:1-10.
22. Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, et al. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. J Histochem Cytochem 2000;48:623-9.
23. Johnson MA, Polgar J, Weightman D, Appleton D. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles: an autopsy study. J Neurol Sci 1973;18:111-29.
24. Jee H, Lim JY. Discrepancies between skinned single muscle fibres and whole thigh muscle function characteristics in young and elderly human subjects. Biomed Res Int 2016; 2016:6206959.
25. Nakatani M, Takai Y, Akagi R, et al. Validity of muscle thickness-based prediction equation for quadriceps femoris volume in middle-aged and older men and women. Eur J Appl Physiol 2016;116:2125-33.
26. Martin-Rodriguez S, Alentorn-Geli E, Tous-Fajardo J, et al. Is tensiomyography a useful assessment tool in sports medicine? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017;25: 3980-1.