

단시간의 스쿼트 운동으로 피로 유발된 대퇴사두근에 대한 키네시오 테이핑의 즉각적 효과

안익근¹⁾, 전재국²⁾, 김동야²⁾

모커리 한방병원 도수운동치료실¹⁾, 강남 우리들병원 척추건강치료실²⁾

The Immediate Effects of Kinesio Taping on Quadriceps Induced Fatigue by Short-term Squat

Ick-keun Ahn¹⁾, Jae-guk Jeon²⁾, Dong-ya Kim²⁾

Dept. of Physical Therapy, Mokhuri Oriental Medicine Hospital¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Gangnam Wooidul Spine Hospital²⁾

Key Words:

Fatigue, Joint position sense, Kinesio taping, Squat

ABSTRACT

Background: The purpose is to investigate the immediate effects of kinesio taping on quadriceps induced fatigue by short-term squat. **Methods:** This research is cross-over designed study and conducted as a single-blind. Eleven students (Age: 18.91±0.49yrs, height: 167.09±8.46cm, 62.55±11.32kg) were participated in this study. All the participants were applied short-term squat for inducing fatigue, and then intervened all three conditions (kinesio taping applied condition, placebo taping applied condition, non-taping applied condition). The interval of each intervention was at least a seven days to prevent carry-over effects. The participants were tested peak torque (isometric contracture) and active joint position sense (active JPS) pre-post intervention. A paired t-test was used to find the significance of pre-post intervention results and one-way ANOVA was used to find the significance between interventions with significant level as .05. **Results:** Peak torque was significantly increased on KT condition (p<.05). But there were no significant effects on active JPS. Because kinesio taping facilitates Ia afferent by tactile stimulation with stretched skin, reduced muscle power by short term squat which induce muscle fatigue was increased. But kinesio taping does not affect mechanoreceptor in muscles, induced active JPS by short-term squat had no changes.

I. 서론

스쿼트는 주로 달리고, 뛰고, 던지는데 중요한 엉덩이, 허벅지와 등 근육을 강화시키는 운동이다(Manabe 등, 2007). 특히, 스쿼트 동작의 주동근 중 하나인 대퇴사두근은(Ebben 등, 2008)은 무릎 동작을 조정하고, 관절의 안정성을 부여하며, 관절에 부하를 줄여주는 역할을 한다(Lewek 등, 2004; Murdock과 Hubley-Kozey, 2012; Slemenda 등, 1998; Syed와 Davis, 2000). 선행 연구들에서 건강한 대상자의 대퇴사두근을 연구할 때

통증 완화, 삼출물 감소와 근피로 완화 등의 3가지 방식이 사용되었다(Henriksen 등, 2007; Murdock과 Hubley-Kozey, 2012; Parijat와 Lockhart, 2008; Torry 등, 2000). 그 중 근피로는 고유수용성 능력을 저하시키고, 근 활성도를 저하시키며, 근력을 떨어뜨린다(Bjorklund 등, 2003; Lee 등, 2003).

고유수용감각이란 용어는 1907년에 Sherrington에 의해 처음 제안되었다(Chang 등, 2010; McCloskey, 1978). 고유수용감각은 신체의 기계적수용기가 제공하는 관절의 위치와 움직임, 힘에 대한 정보의 중추신경계에 의한 인지로 묘사되어진다. 고유수용감각은 관절 위치감각, 운동감각, 근력감각을 포함한다(Chang 등, 2010; Jones, 1994; Riemann과 Lephart, 2002).

교신저자: 전재국(강남 우리들병원, ptjeon@hanmail.net)
 논문접수일: 2015.03.08, 논문수정일: 2015.03.27
 게재확정일: 2015.04.14

관절위치감각은 사지가 능동 또는 수동적으로 관절 각도를 재현했을 때, 대상자가 해당 각도를 인지하는 능력으로 정의된다(Ribeiro 등, 2007; Rozzi 등, 2000). 여러 연구에서 단시간 고강도의 운동을 통한 근피로가 능동 관절위치감각 능력을 저하시켰다(Allen과 Proske, 2006; Bjorklund 등, 2003; Forestier와 Bonnetblanc, 2006; Lee 등, 2003; Ribeiro 등, 2007).

키네시오 테이핑(Kinesio taping)은 일본 의사 켄조 카세(Dr. Kenzo Kase) 박사에 의해 개발된 새로운 접착성 테이핑 법이다. 이것은 원래 길이의 130~140%까지 최대로 늘어나며, 기능적 지지를 위해 근육 위나 주변에 적용한다.(Gomez-Soriano 등, 2014; K. Kase 등, 1996). 여러 연구들에서 키네시오 테이핑에 관한 연구가 환자, 운동선수, 일반인들을 대상으로 이루어져 왔다. 그러나 몇몇 연구에서 건강한 대상자에 키네시오 테이핑을 적용했을 때, 대상자의 근력, 고유수용성 기능에 효과가 없었다(Fu 등, 2008; Gómez-Soriano 등, 2014; Les Almeida Lins 등, 2013; Wong 등, 2012).

그래서 본 연구는 키네시오 테이핑을 단시간의 스쿼트 운동으로 피로를 유발한 대퇴사두근에 키네시오 테이핑을 적용하였을 때 대퇴사두근의 최대 근력과 고유수용성에 대한 효과를 알아보았다.

II. 연구방법

본 연구는 교차설계(cross-over design) 연구로서, 선정 기준에 적합한 젊은 남녀 11명의 대상자들에게 키네시오 테이핑(kinesio taping applied condition; KT condition), 플라시보 테이핑(placebo taping applied condition, PT condition), 키네시오 테이핑을 적용하지 않는(non-taping applied condition; NT condition) 세 가지 중재를 모두 적용하였다. 다만, 대상자의 편견을 최소화하기 위해 인원수 상관없이 무작위로 세 가지 중재를 적용하였으며, 이월효과를 없애기 위해 7일 이상의 기간을 간격으로 하여 총 3번의 실험을 진행하였고, 모든 대상자에게 세 가지 중재를 모두 적용하여 실험하였다(Chang 등, 2010).

처치 전 일반적인 특성인 나이, 체중, 신장을 기록하였고, 실험 대상자들에게 처치 방법, 목적과 효과 등을 숨겼으며, 검사 시에는 검사 방법을 2회 오리엔테이션 실시 후 시행하였다.

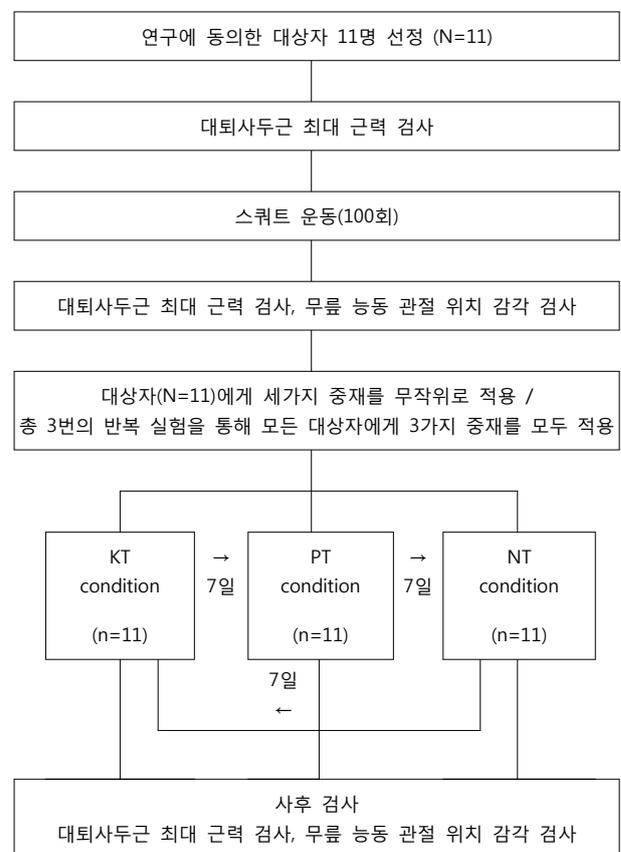
1. 연구대상자

본 연구는 K 대학교를 재학 중인 건강한 학생을 대

상으로 남자 6명, 여자 5명 총 11명을 대상으로 실시하였으며, 모두 본 연구를 이해하고, 적극적으로 참여의사를 밝힌 대상자들이었다. 모든 대상자의 동의를 구한 후 무작위로 선정하여 실험을 실시하였다.

연구대상자의 선정조건은 나이가 20-30세 사이인 건강한 성인 남녀였으며, 실험기간동안 실험에 시간을 충분히 할당할 수 있는 자로 하였다.

연구대상자의 제외조건은 무릎 관절에 손상이 있거나 안정성이 떨어지는 자, 무릎에 건염, 건 손상, 과사용 증후군, 염좌, 골절, 신경 손상 등이 6개월 이내 발생했던 자, 그 외 무릎관절을 움직일 때 통증이 발생하는 자로 하였다.



2. 중재방법

본 연구에서 대상자의 대퇴사두근에 피로를 유발하기 위해 스쿼트 운동을 총 100회 시행했다. 스쿼트 운동은 스탠다드 스쿼트 방법으로 별도의 무게 없이 시행했다.

본 연구에서 키네시오 테이핑을 내측광근, 외측광근, 대퇴직근에 대해 적용한 후 실험하였다(Les Almeida Lins 등, 2013). KT condition에서는 키네시오 테이프를

40% 늘어 사용하였고(Fratocchi 등, 2013), PT condition에서는 같은 키네시오 테이핑을 전상장골극에서 5cm 아래와 슬개골 상부 대퇴사두근의 근복에 가로로 늘리지 않고 적용했다(Fig 2). NT condition에서는 테이핑을 적용하지 않고 실험했다. 키네시오 테이핑은 대퇴사두근에 적용하는 전통적인 Y형 테이핑 방법을 사용했다(Fig 1)(Les Almeida Lins 등, 2013; Wong 등, 2012). 또한, 사후 검사는 KT condition과 PT condition에서 테이핑 적용 후 즉시 시행 하였는데(Chang 등, 2010; Fratocchi 등, 2013; Fu 등, 2008; Konishi, 2013; Wong 등, 2012), NT condition에서는 다른 중재에서 테이핑을 적용하는데 소요되는 시간인 1분 간 대기 후 사후 검사를 시행하였다. 키네시오 테이프 부착 시 대퇴사두근 상부 피부를 신장시켜 적용하였는데, 대퇴사두근의 신장으로 인한 효과를 방지하기 위해, 두 관절(고관절과 슬관절)을 동시에 신장하지 않고, 각 관절을 별도로 신장하여 테이프를 부착했다.



Fig 1. Kinesio taping applied condition



Fig 2. placebo taping applied condition

3. 측정방법

1) 대퇴사두근의 최대 근력

연구에서는 대상자의 근력을 알아보기 위해 등척성 근력 검사를 시행했다. 측정은 등속성 운동 장비(Biodex System 4, Biodex Medical, New York, USA)를 통해 시행하였고, 우성 다리를 90도 굴곡 상태에서 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 또한, 각 중재 별 사후 결과에 대한 비교 시에는 근피로 지수(fatigue index)(Ribeiro 등, 2007)를 비교하여 유의한 값을 구하였다. 사후 근피로 지수 = (피로 전 최대 근력 - 사후 최대 근력) / 피로 전 최대 근력 × 100

2) 무릎 관절위치감각

대상자의 관절위치감각(joint position sense)을 알아보기 위해 관절각도재현 검사(joint angle reproduction test)를 시행하였다.

모든 검사는 등속성 운동 장비(Biodex System 4)를 이용하였으며, 장비 내 능동 관절위치감각 프로그램(active joint position sense program)을 이용하여 시행하였다. 해당 프로그램을 통해 최초 목표 각도를 기계적 되먹임이 있는 상태에서 시행한 다음, 기계적 되먹임을 없애고 재현하였으며, 대상자는 재현각도가 옳다고 생각이 들면 장비의 Hold 버튼을 눌러 컴퓨터에 기록하였다. 검사는 앉은 자세로 무릎관절 90도 굴곡 상태에서 시작하였고, 대상자의 목표 각도는 135도로 설정하였다. 결과 값은 3회 실시하여 평균값을 구하였다.

능동 관절위치감각은 상대 능동 관절위치감각 오차(variable active joint position sense error)와 절대 능동 관절위치감각 오차(absolute active joint position sense error)를 측정하여 각 중재 간 비교하였다(Vuillerme 등, 2007). 상대 능동 관절위치감각 오차는 재현 각도의 목표 각도에 대한 방향성이 나타나고, 절대 능동 관절위치감각 오차는 재현 각도와 목표 각도의 오차 수치만 알 수 있다(Vuillerme 등, 2007).

4. 자료분석

본 연구의 모든 작업과 통계는 SPSS ver. 12.0을 이용하여 집단 간 차이를 알아보기 위해 일원분산분석을 실시하였다. 집단 내의 사전-사후 검증을 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성 및 동질성 검정

대상자가 모든 중재를 시행하는 교차설계 논문이므로 3가지 비교 군에서 모든 일반적 특성이 일치한다 (Table 1).

Table 1. The general characteristics of the subjects

	KT condition (n=11)	NT condition (n=11)	PT condition (n=11)	X ² /p
Sex (male/ female)	(6/5)	(6/5)	(6/5)	1
Age	18.91±.49 ^a	18.91±.49	18.91±.49	1
Height(cm)	167.09±8.46	167.09±8.46	167.09±8.46	1
Weight(kg)	62.55±11.32	62.55±11.32	62.55±11.32	1
Dominant leg (left/right)	(0/11)	(0/11)	(0/11)	1
Peak torque (Nm)	161.06±57.68	155.02±49.99	162.07±47.03	.942

^aMean±SD

2. 스쿼트 운동 전·후의 대퇴사두근 최대 근력 변화

대상자들의 대퇴사두근에 대한 스쿼트 운동 시행 전·후 근력의 변화는 다음과 같다(Table 2). 스쿼트 운동 전 KT condition의 대퇴사두근 최대 근력은 161.06Nm이었으며, 스쿼트 운동 후 114.40Nm로 최대 근력이 27.86% 감소하였다. NT condition의 스쿼트 운동 전 대퇴사두근 최대 근력은 155.02Nm이었으며, 스쿼트 운동 후 116.09Nm로 최대 근력이 25.19% 감소하였다. 또한, PT condition의 스쿼트 운동 전 대퇴사두근 최대 근력은 162.07Nm이었으며, 스쿼트 운동 후 128.71Nm로 최대 근력이 평균 20.31 % 감소하였다. 실험 간 모든 군의 스쿼트 운동 전 대퇴사두근 최대 근력은 159.38Nm이었으며, 스쿼트 운동 후 119.74Nm로 최대 근력이 24.46% 감소하여 통계적으로 유의하였다.

Table 2. Differences of peak torque pre-post squat

	KT condition (n=11)	NT condition (n=11)	PT condition (n=11)
Peak torque			
Pre	161.06±57.68 ^a	155.01±47.03	162.07±49.98
Post	114.40±41.46	116.09±38.72	128.71±46.12
Difference	46.65±33.49	38.92±14.87	33.35±26.36
Ratio of peak torque decline	27.86±13.29	25.19±7.26	20.31±14.50
t	4.619	8.678	4.196
p	.001	.000	.002
All subjects			
Pre		159.38±50.22	
Post		119.74±41.39	
Differences		39.65±25.84	
Ratio of peak torque decline		24.46±12.14	
t		8.814	
p		.000	

^aMean±SD

3. 피로 유발된 대퇴사두근의 중재 전·후 최대 근력 변화

대상자들의 피로 유발된 대퇴사두근에 대한 중재 시행 전·후 근력의 변화는 다음과 같다(Table 3). KT condition에서 피로 대퇴사두근 최대 근력은 키네시오 테이핑 적용 전 71.56Nm에서 적용 후 111.35Nm으로 약 27.91% 회복되었다. NT condition은 테이핑을 적용한 같은 시간 동안 68.33Nm에서 70.00Nm으로 약 2.3% 회복되었다. 또한 PT condition은 플라시보 테이핑 적용 전 66.64Nm에서 72.64Nm으로 약 3.80% 회복되었다. 대퇴사두근의 최대 근력의 회복률은 KT condition에서 NT·PT condition보다 높게 나왔으며, 통계적으로 유의하였다(p<.05).

Table 3. Comparison of peak torque

	KT condition (n=11)	NT condition (n=11)	PT condition (n=11)	F(p)
Peak torque				
Pre(N.m)	71.56±18.52 ^a	68.33±16.99	66.64±16.04	
Post(N.m)	111.35±31.58	70.00±16.64	72.64±16.18	
Differences (N.m)	39.79±18.27	4.09±9.57	6.76±1.83	43.016 (.000)
Differences of fatigue index(%)	27.91±11.25	2.30±3.52	3.80±2.32	44.409 (.000)
t	-8.431	-1.747	-7.686	
p	.000	.108	.000	

^aMean±SD

4. 피로 유발된 대퇴사두근에 대한 중재 전·후 무릎의 상대 능동 관절 위치감각 변화

대상자들의 피로 유발된 대퇴사두근에 대한 중재 시행 전·후 상대 능동 관절 위치감각의 변화는 다음과 같다 (Table 4). 피로 유발된 대퇴사두근의 상대 관절위치 감각에 대한 키네시오 테이핑의 효과는 어떤 중재에서도 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 4. Comparison of variable active JPS

	KT condition (n=11)	NT condition (n=11)	PT condition (n=11)	F(p)
Variable active JPS error				
Pre	1.00±4.08 ^a	-.10±2.52	.76±3.21	
Post	1.53±2.29	-.63±2.65	-1.50±2.74	
Differences	-.52±2.64	.52±2.93	-2.27±3.47	2.384 (.109)
t	-.658	.596	2.169	
p	.525	.564	.055	

^aMean±SD, JPS : joint position sense

5. 피로 유발된 대퇴사두근에 대한 중재 전·후 무릎의 절대 능동 관절 위치감각 변화

대상자들의 피로 유발된 대퇴사두근에 대한 중재 시행 전·후 상대·절대 관절 위치감각의 변화는 다음과 같다 (Table 5). 피로 유발된 대퇴사두근의 상대 관절위치 감각에 대한 키네시오 테이핑의 효과는 어떤 중재에서도 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 5. Comparison of absolute active JPS

	KT condition (n=11)	NT condition (n=11)	PT condition (n=11)	F(p)
Absolute active JPS error				
Pre	3.86±1.79 ^a	2.86±1.54	3.11±1.39	
Post	3.81±1.56	3.24±1.66	3.45±1.34	
Differences	.05±1.69	.43±1.70	.34±1.78	.77 (.926)
t	.101	-.857	-.636	
p	.922	.411	.592	

^aMean±SD, JPS : joint position sense

IV. 고 찰

본 연구는 짧은 시간의 스쿼트 운동을 통해 피로 유발된 대퇴사두근에 키네시오 테이핑을 적용하고 대퇴사두근의 최대 근력과 관절 위치감각을 비교하여, 키네시오 테이핑이 짧은 시간의 운동을 통한 피로로 능력이 저하된 근육에 어떤 효과가 있는지를 알아보기 위해 실시하였다.

여러 연구들에서 건강한 일반인들을 대상으로 키네시오 테이핑의 근력강화 효과를 알아보았을 때, 유의할 만한 효과는 없었다(Fratocchi 등, 2013; Fu 등, 2008; Les Almeida Lins 등, 2013; Wong 등, 2012). 그러나 최근 연구에서 피부에 대한 진동자극으로 대퇴사두근의 최대 근력과 근활성도를 저하시킨 후 키네시오 테이핑을 적용한 연구에서는 두 종속변수 모두에 유의할 만한 효과가 있었다(Konishi, 2013). 이와 유사하게 짧은 시간의 스쿼트 운동 역시 대퇴사두근에 피로를 유발하여 근력을 저하시킨다(Bjorklund 등, 2003; Lee 등, 2003).

피로 유발된 근육은 최대 수축이나 목표 근력으로 수축을 할 때 모두에서 H-반사의 크기가 감소한다 (Duchateau 등, 2002; Duchateau와 Hainaut, 1993; Enoka 등, 2011; Klass 등, 2008). H-반사의 크기 감소는 운동신경 흥분의 감소로 인해 기인하기 보다는, 운동신경의 부족으로 원심성 되먹임의 조절로 나타난다 (Enoka 등, 2011; Lévénez 등, 2008). 게다가 Ia 구심성 입력이 줄어들었을 때, 이러한 반응은 피로 유발된 근육의 수축 동안 척수 흥분의 단계적 저하를 가리킨다 (Enoka 등, 2011). 척수 흥분성의 감소는 역설적으로 피질 흥분의 증가를 동반하여 나타난다(Enoka 등, 2011). 이러한 발견은 근육의 수의적 활동은 피로 유발

된 근육의 수축동안 손실될 수 있으며, 척수에서의 활성의 저하가 가장 주요 원인이 된다(Enoka 등, 2011).

본 연구에서 대상자들은 스쿼트 운동을 통해 대퇴사두근의 최대 근력이 평균 24.46% 감소하였다. 이는 스쿼트 운동이 대퇴사두근의 Ia 구심성 입력을 저하시켰다는 의미이다. 그러나 키네시오 테이핑을 적용하였을 때가 다른 중재를 적용하였을 때에 비해 대퇴사두근의 최대 근력의 회복도를 유의하게 높였다. 이는 키네시오 테이핑이 저하된 대퇴사두근의 Ia 구심성 입력을 향상시켰다는 의미이다.

선행연구에서 피부를 눌러 테이프를 붙였을 때, 표피의 구심성 자극을 통해 운동 신경의 활성화 되었다는 보고가 있었다(Macgregor 등, 2005). 본 연구에서도 키네시오 테이핑 적용 시 대퇴사두근의 스트레칭과 함께 키네시오 테이프를 40% 신장하여 적용하였다. 이를 통해 표피의 구심성 자극을 하였을 것이며, 대퇴사두근의 Ia 구심성 입력을 향상시켰을 것이다.

본 연구에서 키네시오 테이핑은 능동 관절위치감각에 유의한 효과를 보이지 못했다. 이는 스쿼트 운동이 무릎의 능동 관절위치감각을 충분히 저하시키지 못했거나, 키네시오 테이핑이 근육의 기계적 수용기를 충분히 자극하지 못했을 가능성이 있다. 그러므로 차후 연구에서는 첫째, 피로 유발 운동 전·후에 능동 관절위치감각을 측정할 필요가 있고, 둘째, 근육의 기계적 수용기를 자극할 수 있는 새로운 키네시오 테이핑의 부착 방법에 대해 연구할 필요가 있다고 생각된다.

본 연구의 제한사항으로는 첫째, 키네시오 테이핑 적용 후 바로 사후검사를 시행했기 때문에 보다 긴 시간 테이핑을 적용했을 때, 어떠한 효과가 있는지에 대해서는 알 수가 없었으며, 둘째, 실험자 수가 11명으로 적어 일반화하여 해석하기에 한계가 있다는 점, 마지막으로 본 연구의 플라시보 테이핑은 일반적인 키네시오 테이핑 방법과 눈에 띄게 달라 맹검의 유지에 한계가 있다는 점이다.

V. 결론

짧은 시간의 스쿼트 운동으로 대퇴사두근에 피로를 유발한 11명의 대상자에게 KT condition, PT condition, NT condition을 모두 적용하여 비교 실험하였다. 각 중재를 무작위로 시행하여 모든 대상자가 3번에 걸쳐 실험하였고, 각 실험 간에는 최소한 7일의 기간을 두고 시행하였다. 그 결과 키네시오 테이핑은 피로 유발된 대퇴사두근의 최대 근력에는 유의한 효과가 있었으나,

능동 관절위치감각에는 효과가 없었다.

결론적으로 키네시오 테이핑은 피로 유발되어 약해진 근육의 최대 근력에 효과가 있으므로, 스포츠 현장, 산업 현장, 병원에서 물리치료사의 중요한 중재도구로 제시될 수 있을 것이다.

참고문헌

Allen TJ, Proske U. Effect of muscle fatigue on the sense of limb position and movement. *Exp Brain Res.* 2006;170(1):30-38.

Bjorklund M, Crenshaw AG, Djupsjobacka M, et al. Position sense acuity is diminished following repetitive low-intensity work to fatigue in a simulated occupational setting: a critical comment. *Eur J Appl Physiol.* 2003;88(4-5):485-486.

Chang HY, Chou KY, Lin JJ, et al. Immediate effect of forearm Kinesio taping on maximal grip strength and force sense in healthy collegiate athletes. *Phys Ther Sport.* 2010;11(4):122-127.

Duchateau J, Balestra C, Carpentier A, et al. Reflex regulation during sustained and intermittent submaximal contractions in humans. *J Physiol.* 2002;541(Pt 3):959-967.

Duchateau J, Hainaut K. Behaviour of short and long latency reflexes in fatigued human muscles. *J Physiol.* 1993;471:787-799.

Ebben WP, Feldmann CR, Dayne A, et al. Using squat testing to predict training loads for the deadlift, lunge, step-up, and leg extension exercises. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1947-1949.

Enoka RM, Baudry S, Rudroff T, et al. Unraveling the neurophysiology of muscle fatigue. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011;21(2):208-219.

Forestier N, Bonnetblanc F. Compensation of lateralized fatigue due to referent static positional signals in an ankle-matching task. A feedforward mechanism. *Neurosci Lett.* 2006;397(1-2):115-119.

Fratocchi G, Di Mattia F, Rossi R, et al. Influence of Kinesio Taping applied over biceps brachii on

- isokinetic elbow peak torque. A placebo controlled study in a population of young healthy subjects. *J Sci Med Sport*. 2013;16(3):245-249.
- Fu TC, Wong AM, Pei YC, et al. Effect of Kinesio taping on muscle strength in athletes-a pilot study. *J Sci Med Sport*. 2008;11(2):198-201.
- Gomez-Soriano J, Abian-Vicen J, Aparicio-Garcia C, et al. The effects of Kinesio taping on muscle tone in healthy subjects: a double-blind, placebo-controlled crossover trial. *Man Ther*. 2014;19(2):131-136.
- Henriksen M, Alkjaer T, Lund H, et al. Experimental quadriceps muscle pain impairs knee joint control during walking. *J Appl Physiol*. 2007;103(1):132-139.
- Jones LA. Peripheral mechanisms of touch and proprioception. *Can J Physiol Pharmacol*. 1994;72(5):484-487.
- Kase K, Tatsuyuki H, Tomoko O. Development of kinesio tape. *kinesio taping perfect manual*. Kinesio Taping Assoc. 1996;117-118.
- Klass M, Levenez M, Enoka R, et al. Spinal mechanisms contribute to differences in the time to failure of submaximal fatiguing contractions performed with different loads. *J Neurophysiol*. 2008;99(3):1096-1104.
- Konishi Y. Tactile stimulation with kinesiology tape alleviates muscle weakness attributable to attenuation of Ia afferents. *J Sci Med Sport*. 2013;16(1):45-48.
- Lee HM, Liao JJ, Cheng CK, et al. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2003;18(9):843-847.
- Levenez M, Garland S J, Klass M, et al. Cortical and spinal modulation of antagonist coactivation during a submaximal fatiguing contraction in humans. *J Neurophysiol*. 2008;99(2):554-563.
- Lewek MD, Rudolph KS, Snyder-Mackler L. Quadriceps femoris muscle weakness and activation failure in patients with symptomatic knee osteoarthritis. *J Orthop Res*. 2004;22(1):110-115.
- De Almeida Lins CA, Neto FL, De Amorim AB, et al. Kinesio Taping((R)) does not alter neuromuscular performance of femoral quadriceps or lower limb function in healthy subjects: randomized, blind, controlled, clinical trial. *Man Ther*. 2013;18(1):41-45.
- Macgregor K, Gerlach S, Mellor R, et al. Cutaneous stimulation from patella tape causes a differential increase in vasti muscle activity in people with patellofemoral pain. *J Orthop Res*. 2005;23(2):351-358.
- Manabe Y, Shimada K, Ogata M. Effect of slow movement and stretch-shortening cycle on lower extremity muscle activity and joint moments during squat. *J Sports Med Phys Fitness*. 2007;47(1):1-12.
- McCloskey DI. Kinesthetic sensibility. *Physiol Rev*. 1978;58(4):763-820.
- Murdock GH, Hubble-Kozey CL. Effect of a high intensity quadriceps fatigue protocol on knee joint mechanics and muscle activation during gait in young adults. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(2):439-449.
- Parijat P, Lockhart T E. Effects of quadriceps fatigue on the biomechanics of gait and slip propensity. *Gait Posture*. 2008;28(4):568-573.
- Ribeiro F, Mota J, Oliveira J. Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee in the elderly. *Eur J Appl Physiol*. 2007;99(4):379-385.
- Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*. 2002;37(1):71-79.
- Rozzi, Yuktananandan, Pincevero, et al. Role of fatigue on proprioception and neuromuscular control. In: Lephart SM, Fu FH (eds) *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. Human Kinetics, Champaign. 2000;375-384.
- Slemenda C, Heilman DK, Brandt KD, et al. Braunstein, E. M., et al. Reduced quadriceps

안익근. 단시간의 스쿼트 운동으로 피로 유발된 대퇴사두근에 대한 키네시오 테이핑의 즉각적 효과

strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis Rheum.* 1998;41(11):1951-1959.

Syed IY, Davis BL. Obesity and osteoarthritis of the knee: hypotheses concerning the relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking. *Med Hypotheses.* 2000;54(2):182-185.

Torry MR, Decker MJ, Viola RW, et al. Intra-articular knee joint effusion induces quadriceps avoidance gait patterns. *Clin Biomech (Bristol, Avon).*

2000;15(3):147-159.

Vuillerme N, Boisgontier M, Chenu O, et al. Tongue-placed tactile biofeedback suppresses the deleterious effects of muscle fatigue on joint position sense at the ankle. *Exp Brain Res.* 2007;183(2):235-240.

Wong OM, Cheung RT, Li RC. Isokinetic knee function in healthy subjects with and without Kinesio taping. *Phys Ther Sport.* 2012;13(4):255-258.