

단거리 남자 육상선수의 뒤넙다리근 테이핑 적용에 따른 크라우칭 스타트 동작의 운동학적 분석

부경대학교 해양스포츠학과¹, 한국체육대학교 스포츠청소년지도학과², 한국스포츠정책과학원 스포츠과학연구실³

김태규¹ · 박종철¹ · 박재명² · 최호경³

Kinetic Analysis of Crouching Start Depending on Taping Applied to Hamstring in Elite Male Sprinters

Taegu Kim¹, Jong-Chul Park¹, Jae Myoung Park², Hokyung Choi³

¹Department of Marine Sports, Pukyong National University, Busan, ²Department of Youth Guidance and Sport Education, Korea National Sport University, Seoul, ³Department of Sport Science, Korea Institute of Sport Science, Seoul, Korea

Purpose: This study was aimed to identify the effect of taping applied to both hamstring on the horizontal velocity of the center of mass (COM) and the angle and peak angular velocity of the knee and hip joints in the sagittal plane during the crouching start.

Methods: Seven elite sprinters (three male 100-m sprinters and four male 400-m sprinters) who enrolled in Korea National Sport University and placed in the National Sports Festival participated in this study. The crouching start is divided into four separate phases by the five events: set position (E1), rear block exit (E2), initial contact of rear leg (E3), take-off of rear leg (E4), and initial contact of front leg (E5). The angle (°) of knee and hip joints in each event and the velocity of COM (m/sec) and peak angular velocity (°/sec) in each phase were analyzed before and after the application of kinesiology taping (KT) on both hamstring and placebo taping (PT).

Results: There were no significant differences in the velocity of COM and the angle and peak angular velocity of knee joint among the taping conditions. In 400-m sprinters, the front hip joint with KT or PT flexed less than without taping at E1 ($p=0.039$), E4 ($p=0.018$), and E5 ($p=0.018$). Also, during the phase from E1 to E2, the rear hip joint with both KT and PT extended at lower angular velocity compared to without taping ($p=0.018$).

Conclusion: While taping may be a beneficial practice for elite sports performance, the application of KT on both hamstring does not enhance sprinters' start performance.

Keywords: Sprinter, Crouching start, Kinesio-taping, Hamstring

Received: May 17, 2021 Revised: July 13, 2021 Accepted: July 14, 2021

Correspondence: Hokyung Choi

Department of Sport Science, Korea Institute of Sport Science, 727 Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul 01794, Korea

Tel: +82-2-970-9572, Fax: +82-2-970-9502, E-mail: ghruddl82@gmail.com

This work was supported by a research grant from Pukyong National University (2019) (No. CD20201423).

Copyright ©2021 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

정지된 상태에서 신체 움직임의 속도를 최대화할 수 있는 능력은 많은 스포츠 종목에서 경기력을 결정하는 중요한 요소 중 하나이다¹. 특히, 60 m와 100 m, 200 m 및 400 m의 단거리 육상 세부종목에서는 크라우칭 스타트 동작 수행능력과 스타트 동작 이후 가속하는 능력이 경기 결과에 매우 큰 영향을 미치고², 실제 100 m 육상경기 종목에서 스타팅 블록을 벗어나는 시점(block clearance)부터 경기 기록의 5%가 되는 시점 이내에 스프린트 선수가 시합에서 발휘하는 최고 속도의 1/3이 달성되므로 스타팅 블록을 벗어나는 동안 위쪽/아래쪽 또는 안쪽/가쪽으로 발생하는 신체 움직임을 조절하여 앞으로 움직이는 속도를 최대화할 수 있는 특정 기술이 매우 중요하다 할 수 있다^{3,4}. 이러한 이유로 많은 선행연구에서는 크라우칭 스타트 준비자세(set position)에서의 블록과 신체분절 위치, 출발신호 후의 체간과 하지 움직임 등을 포함하여 스프린트 스타트와 관련된 다양한 생체역학적 측면을 확인하였고⁵, 그 결과 빠른 스프린터가 그렇지 않은 스프린터보다 준비자세에서 양쪽 엉덩관절과 앞쪽 무릎관절은 더 굽힘(flexion)이 되어있고 뒤쪽 무릎관절은 더 펴(extension)이 되어있는 것으로 보고되었으며⁵⁻⁷, 100 m 기록이 10.8 sec 이하인 우수한 선수가 그렇지 않은 선수에 비해 스타팅 블록을 벗어나는 시점에서 신체 무게중심(center of mass, COM)의 전방(forward) 움직임 속도가 더 높은 것으로 보고되었다⁷. 기록이 비슷한 선수집단 내에서도 신체적 특성과 같은 다양한 원인에 따라 스프린트 스타트 동작에서의 운동학적 차이가 있다고 설명되기도 하나³, 준비자세(set position)와 첫 번째 및 두 번째 스텝 등 스타트 동작에서 하지 관절 움직임의 시기(timing)와 크기(magnitude)는 스프린트 운동수행능력을 결정하는 요인으로 여전히 강조되고 있다⁸.

스타팅 블록을 벗어난 후 첫 입각 구간(first stance phase)을 포함한 변환 구간(transition phase)은 속도가 가장 빠르게 증가하는 구간으로⁹, 최고 속도 구간에 비해 지면접촉시간(contact time)은 길고 비행 시간(flight time)은 짧은 것으로 보고되었고⁴, 우수한 선수의 경우 이러한 특성이 더 두드러지게 나타나는 것으로 확인되었다³. 이는 추진력이 생성되는 구간을 증가함으로써 가속도를 높이기 위한 전략으로 생각되는데³, 이러한 추진력을 발생하는데에 뒤넵다리근과 볼기근(둔근, gluteus muscles)과 같은 엉덩관절 펴기가 주된 역할을 하는 것으로 알려져 있다¹⁰. 또한 스프린트 수행능력과 강한 정적 관계가 있는 무릎관절 펴기의 최대 토크값이 커질수록 이에 대한 길항근인 뒤넵다리근의 크기 또한 증가한다고 설명하며, 스프린트 수행능력을 향상함에 있어 뒤넵다리근

의 중요성을 강조하였다¹¹. 한 선행연구에서는 스프린터의 뒤넵다리근 횡단면적(cross-sectional area)은 40 m 스프린트의 최고속도(maximum velocity) 및 기록시간과 밀접한 관련성이 있다고 설명하였고^{12,13}, 스프린팅 동안 수평적 지면반력(horizontal ground reaction force)이 큰 스프린터는 다른 하지 근육에 비해 뒤넵다리근 활성도가 높은 것이 확인되었다¹⁴.

테이핑은 외적 안정성 제공과 움직임 조절, 고유수용감각 활성화 및 연부조직에 가해지는 스트레스 재분배(redistribution) 등의 목적으로 스포츠 현장에서 흔히 활용되는 빠르고 간단한 방법이다¹⁵. 특히, 스포츠 현장에서 널리 사용되고 있는 키네시올로지 테이핑(kinesiology taping, KT)은 비탄력성 테이프를 사용하는 전통적인 테이핑(traditional taping)과는 달리 피부와 유사한 탄력성을 지닌 신축성이 있는 면 소재의 테이프를 사용하는 방법으로, 통증 완화와 림프 및 혈액순환 촉진, 근 경련(muscle spasm) 감소뿐 아니라 균형과 제자리 멀리뛰기 등 스포츠와 관련된 기능적 운동수행능력에도 긍정적인 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹⁶. 또한 KT 적용은 피부의 기계적 수용기(mechanoreceptor)를 활성화하여 중추신경계 내 조절 메커니즘(modulatory mechanism)을 자극함으로써 근육 긴장도(tone)를 조절하거나 근 활성도를 향상시킬 수 있다고 보고되었다^{17,18}. 그러나, KT를 자주 적용하는 건강한 성인을 대상으로 테이핑 적용 전후의 악력(grip strength)을 비교분석한 연구에서는 테이핑 적용 후의 악력이 테이핑 전보다 증가하였으나 그 효과는 미미하다고 언급하였고¹⁹, 건강한 20대 여성을 대상으로 시행한 연구에서도 넵다리네갈래근(quadriceps femoris)의 테이핑 적용이 근 활성도의 변화나 하지 기능 향상에 기여하지 않는다²⁰고 설명하는 등 많은 선행연구에서 KT의 효과에 대해 일치하지 않는 결과를 보여주고 있다. 또한 대부분의 선행연구는 환자 또는 레크리에이션 스포츠에 참여하는 비운동선수를 대상으로 수행한 연구이므로, 확인된 결과를 엘리트 운동선수에게 일반화하는 데에는 어려움이 있고¹⁶, 엘리트 운동선수를 대상으로 수행한 선행연구에서 종목의 특성을 고려하지 않은 특정한 움직임의 근 활성도를 확인한 것은 운동선수의 운동수행 능력에 미치는 효과에 대한 기전을 설명하는 데에 한계가 있을 것으로 생각된다²¹.

따라서, 본 연구에서는 건강한 20대 남자 단거리 엘리트 선수를 대상으로 뒤넵다리근의 근 활성도를 높여주는 KT 적용에 따른 크라우칭 스타트 동작에서의 COM 이동속도와 엉덩관절과 무릎관절 각도 및 최대 가속도의 차이를 비교분석함으로써, 스프린터의 크라우칭 스타트 수행능력 향상을 통한 경기력 향상을 위한 과학적 근거를 마련하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

한국체육대학교에 소속된 남자 단거리 육상선수 중 전국대회 입상 경력이 있는 우수 선수를 대상으로 측정 시작 3개월 이내에 허리와 하지 손상 및 통증을 경험하지 않은 7명(100 m 3명, 400 m 4명)을 연구대상자로 선정하였고, 연구대상자의 인구통계적 특성은 Table 1과 같다. 본 연구 절차는 부경대학교의 생명윤리 위원회로부터 승인을 얻었고(No. 1041386-202106-HR-29-02), 모든 선수는 연구의 목적과 절차에 대해 자세한 설명을 들은 후 자발적인 참여에 대해 동의하였다.

2. 연구절차 및 방법

모든 실험은 1.22 m 너비와 15 m 길이의 타탄(tartan)이 깔려있고 충격을 흡수할 수 있는 벽 매트(clash mat)가 설치된 실험실에서 진행되었고 실험 전 충분한 준비운동을 통해 연구대상자가 실험실 환경에 적응할 수 있도록 하였다¹. 준비운동이 종료된 후 10 m 스프린트를 시합과 동일한 수준으로 3회 수행하도록 교육하

였고, 각 10 m 스프린트 시도 간 충분한 휴식을 취할 수 있도록 하였다⁴. 모든 선수는 자신의 스파이크화(spiked shoes)를 신고 시합 상황과 동일한 방식으로 스타팅 블록을 조정하였으며, 출발 신호탄(start pistol)은 손뼉 소리로 대체하여 제공하였다⁴. 모든 실험은 동일한 날에 수행되었다.

1) 3차원 영상 분석

스타팅 블록을 중심으로 적외선 카메라(7+; Qualisys AB, Göteborg, Sweden) 10대와 컬러 비디오 카메라(Oqus 2c; Qualisys AB) 1대가 포함된 Qualisys Motion capture system (Qualisys AB)을 배치하였고, 카메라로부터 전송된 자료는 Qualisys Track Manager 2.15 (Qualisys AB)를 사용하여 수집하였으며, 노이즈를 제거하기 위하여 저역 통과 필터(Butterworth low-pass filter)를 활용하여 차단 주파수(cut-off frequency)를 10 Hz로 설정하였다²².

연구대상자의 키와 몸무게 측정을 포함한 모든 기초 조사가 종료된 후, 동일한 검사자가 연구대상자의 주요관절 및 분절에 총 47개의 반사 마커를 부착하였다¹: 앞쪽/뒤쪽 머리 양옆, 봉우리뼈(acromion), 빗장뼈(clavicle), 복장뼈(sternum), 7번째 목뼈, 1번째 허리뼈, 안쪽/가쪽 팔꿈관절, 안쪽/가쪽 손목관절, 2번째/5번째 손허리뼈 머리(metacarpal heads), 위앞/뒤엉덩뼈가시(anterior/posterior superior iliac spine), 엉덩뼈능선(ilic crest), 안쪽/가쪽 무릎관절, 안쪽/가쪽 발목관절, 발꿈치뼈(calcaneus), 중간발 가쪽(lateral midfoot), 1번째/5번째 발허리뼈 머리(metatarsal heads), 엄지발가락 머리(head of the first toe).

크라우칭 스타트 동작은 출발신호 후 첫 움직임이 발생한 시점(set position, E1)과 뒷발이 스타팅 블록에서 떨어지는 시점(rear block exit, E2), 뒷발이 지면에 접촉하는 시점(initial contact of rear leg, E3), 뒷발이 지면에서 떨어지는 시점(take-off of rear leg, E4), 앞발이 지면에 접촉하는 시점(initial contact of front leg, E5) 등 5개의 이벤트로 구분하였고, 각 이벤트를 기준으로 양하지 푸싱 구간(both leg pushing phase, P1)과 앞발 푸싱 구간

Table 1. Characteristics of participants

Variable	100 m sprinter (n=3)	400 m sprinter (n=4)
Age (yr)	20.33±0.57	20.75±0.50
Height (cm)	174.33±4.04	180.25±4.50
Weight (kg)	69.00±6.08	70.50±2.51
Career (yr)	4.67±2.08	6.00±2.16
Personal best (sec)	10.75±0.06	48.51±0.44
Rear leg in set position		
Right	2 (66.7)	4 (100)
Left	1 (33.3)	None

Values are presented as mean±standard deviation or frequency (%).

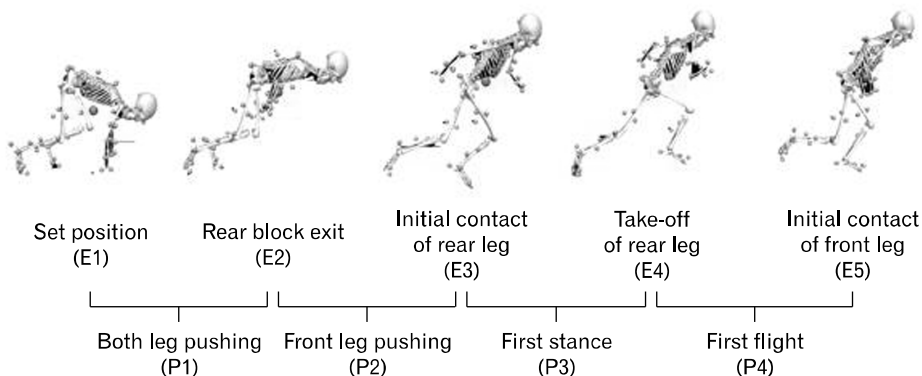


Fig. 1. Definition of the events and associated phases during the crouching start.

(front leg pushing phase, P2), 첫 입각 구간(stance phase of rear leg, P3), 첫 비행 구간(first flight phase of front leg, P4) 등 4개의 구간을 정의하였다(Fig. 1)³. 5개의 이벤트 시점에 대해서는 시상면에서의 엉덩관절과 무릎관절의 각도(°)를 확인하였고, 4개의 구간에 대해서는 COM의 이동속도(m/sec)와 시상면에서의 엉덩관절 및 무릎관절의 최대 각속도(°/sec)를 확인하였다. COM

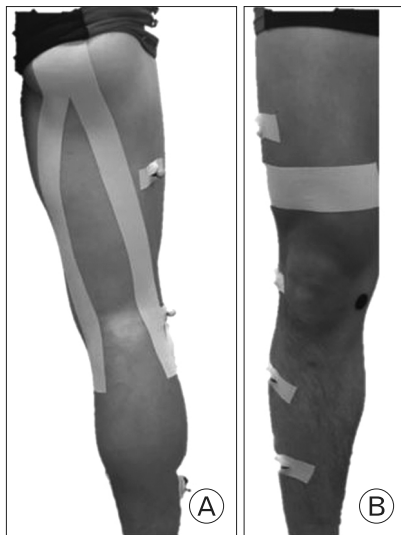


Fig. 2. Kinesiology taping (A) and placebo taping (B).

은 de Leva²³가 제안한 방법을 통해 해부학적 분절 자료를 사용하여 산출하였고, 엉덩관절 각도는 체간과 넓적다리(thigh)의 사잇각으로 정의하였으며, 무릎관절 각도는 넓적다리와 아래다리(lower leg)의 사잇각으로 정의하였다.

2) 테이핑 기법

동일한 검사자가 모든 연구대상자에게 KT와 플라시보 테이핑(placebo taping, PT)을 적용하였고, 테이핑을 적용하기 전 알코올 솜으로 테이핑 부착 부위를 깨끗이 닦아주었다²⁴.

KT는 3-inch (7.5-cm) beige tape (MSSM; Kino Soft Inc., Seoul, Korea)를 사용하여 양쪽 뒤넓다리근에 적용하였다. 우선, 연구대상자는 편하게 선 자세에서 상체를 약간 앞으로 구부려 엉덩관절이 굽힘 되도록 교육하였고, 엉덩뼈가시(ischial tuberosity)부터 오금까지 길이의 테이프를 Y자 모양으로 만든 후, 둔부 중간부위부터 종아리뼈머리(fibular head)와 정강뼈(tibia)의 안쪽관절융기(medial condyle) 방향으로 부착하였다²⁵. 테이프는 25% 신장력(tension)을 적용하여 피부에 주름이 생기지 않도록 적용하였다(Fig. 2A)²⁶.

KT 적용에 대한 선수의 기대감을 통한 플라시보 효과를 통제하고자 PT를 적용하였다²⁷. 2-inch (5-cm) beige tape (MSSM)를 사용하여 양하지에 적용하였고, 무릎뼈 바닥(patellar base)으로

Table 2. Velocity of the center of mass in the upward and forward direction depending on taping conditions

Sprinter	Direction	Taping condition	Velocity (m/sec)			
			P1	P2	P3	P4
100 m (n=3)	Upward	NT	0.01±0.02	0.10±0.22	-0.01±0.12	0.01±0.25
		KT	0.01±0.01	0.10±0.22	0.02±0.11	0.04±0.28
		PT	0.01±0.02	0.10±0.23	0.03±0.12	0.04±0.31
		Z (p)	2.000 (0.368)	0.667 (0.717)	2.000 (0.368)	2.000 (0.368)
	Forward	NT	0.34±0.10	2.66±0.10	3.47±0.01	4.07±0.87
		KT	0.27±0.18	2.69±0.05	3.58±0.08	4.22±0.06
		PT	0.38±0.24	2.67±0.11	3.52±0.07	4.16±0.04
		Z (p)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)	4.667 (0.097)	4.667 (0.097)
400 m (n=4)	Upward	NT	-0.03±0.09	0.06±0.12	-0.04±0.10	-0.18±0.16
		KT	-0.03±0.06	0.11±0.14	-0.01±0.11	-0.10±0.16
		PT	-0.03±0.07	0.06±0.15	-0.04±0.13	-0.20±0.23
		Z (p)	1.500 (0.472)	1.500 (0.472)	3.500 (0.174)	6.000 (0.050)
	Forward	NT	0.58±0.52	2.56±0.14	3.42±0.22	3.97±0.24
		KT	0.48±0.34	2.57±0.26	3.41±0.25	3.93±0.32
		PT	0.39±0.18	2.66±0.11	3.45±0.24	3.97±0.29
		Z (p)	0.001 (0.999)	3.500 (0.174)	0.001 (0.999)	0.500 (0.779)

Values are presented as mean±standard deviation unless otherwise specified. Positive value (+) means upward and forward direction.

NT: non-taping, KT: kinesiology taping, PT: placebo taping, P1: from set position to rear block exit, P2: from rear block exit to initial contact of rear leg, P3: from initial contact of rear leg to take-off of rear leg, P4: from take-off of rear leg to initial contact of front leg.

부터 위쪽으로 15 cm 떨어진 위치에 신장력 없이 적용하였다 (Fig. 2B)²⁸.

3. 자료 분석

모든 측정값과 산출값은 IBM SPSS Statistics version 23 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 기술통계량을 산출하였고, 각 이벤트와 구간에 대해 테이핑 적용 상태에 따른 운동학적 변인의 차이를 확인하기 위해 프리드만 검정 (Friedman test)을 실시하였으며, 사후검정은 윌콥슨의 부호순위 검정 (Wilcoxon signed rank test)을 사용하였다. 모든 가설의 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 테이핑 적용에 따른 신체중심 이동속도 차이

테이핑 적용에 따른 크라우칭 스타트의 구간별 COM 이동속도 차이를 비교분석한 결과, 세부종목 관계없이 모든 구간에서 COM 이동속도에 대한 차이는 나타나지 않았다 (Table 2).

2. 테이핑 적용에 따른 시상면에서의 엉덩관절 각도와 최대 각속도 차이

테이핑 적용에 따른 크라우칭 스타트의 이벤트별 엉덩관절

각도 차이를 비교분석한 결과, 100 m 스프린터는 모든 시점에서 앞발과 뒷발의 엉덩관절 각도 차이를 보이지 않았으나 400 m 스프린터는 뒷발의 엉덩관절 각도만 차이를 보이지 않았다 (Table 3). 그러나, 400 m 스프린터 앞발의 경우, E1 시점에서 KT 적용 후의 엉덩관절 각도($106.12^{\circ} \pm 4.84^{\circ}$)가 테이핑 적용 전($85.07^{\circ} \pm 5.29^{\circ}$, $p=0.048$)과 PT 적용 후($81.96^{\circ} \pm 9.18^{\circ}$, $p=0.048$)보다 더 큰 것으로 나타나 엉덩관절의 굽힘이 덜 되어 있음을 확인하였고 ($Z=6.500$, $p=0.039$), E4와 E5 시점에서도 KT 적용 후의 엉덩관절 각도(각각 $105.71^{\circ} \pm 13.37^{\circ}$ 와 $139.58^{\circ} \pm 4.91^{\circ}$)가 PT 적용 후(각각 $94.02^{\circ} \pm 8.86^{\circ}$ 와 $128.56^{\circ} \pm 6.93^{\circ}$; 각각 $p=0.048$ 과 $p=0.048$)보다 컸으며 테이핑 적용 전(각각 $90.85^{\circ} \pm 11.71^{\circ}$ 와 $122.53^{\circ} \pm 9.78^{\circ}$; 각각 $p=0.048$ 과 $p=0.048$)보다도 큰 것으로 확인되었다(각각 $Z=-8.000$, $p=0.018$ 과 $Z=-8.000$, $p=0.018$).

테이핑 적용에 따른 크라우칭 스타트의 구간별 엉덩관절 최대 각속도 차이를 비교분석한 결과, 100 m 스프린터는 모든 시점에서 앞발과 뒷발의 엉덩관절 각속도 차이를 보이지 않았으나 400 m 스프린터는 앞발의 엉덩관절 각속도만 차이를 보이지 않았다 (Table 4). 그러나, 400 m 스프린터 뒷발의 경우, P1 구간에서 테이핑 적용 전의 엉덩관절 각속도($-327.27^{\circ} \pm 36.34^{\circ}/\text{sec}$)는 KT ($-277.56^{\circ} \pm 25.88^{\circ}/\text{sec}$, $p=0.048$)와 PT ($-196.86^{\circ} \pm 76.60^{\circ}/\text{sec}$, $p=0.048$) 적용 후보다 낮은 것으로 확인되어, 테이핑 적용 전의 엉덩관절에서 펌 각속도가 더 높은 것으로 나타났다($Z=-8.000$, $p=0.018$).

Table 3. Hip joint angle of rear and front leg in the sagittal plane depending on taping conditions

Sprinter	Leg	Taping condition	Angle (°)				
			E1	E2	E3	E4	E5
100 m (n=3)	Rear	NT	112.54±5.49	140.15±4.70	108.01±6.72	178.48±8.88	137.83±11.83
		KT	114.18±5.69	141.20±7.46	107.25±5.04	181.20±9.48	148.99±24.87
		PT	113.24±4.22	141.32±6.41	109.65±9.24	182.03±8.23	157.97±21.67
		Z (p)	2.000 (0.368)	0.667 (0.717)	0.001 (0.999)	2.000 (0.368)	0.667 (0.717)
	Front	NT	81.72±3.12	120.04±5.59	170.60±7.40	89.45±7.67	137.44±6.14
		KT	100.44±7.28	107.71±7.28	143.91±1.04	91.73±7.17	118.25±12.18
		PT	80.81±3.75	114.58±14.36	168.26±2.95	88.08±6.32	121.97±14.01
		Z (p)	6.000 (0.050)	2.667 (0.364)	4.667 (0.097)	4.667 (0.097)	4.667 (0.097)
400 m (n=4)	Rear	NT	108.90±11.55	127.63±12.76	102.24±5.62	170.53±4.59	156.42±10.19
		KT	108.54±11.23	129.05±11.10	102.14±4.16	171.85±5.95	147.49±19.84
		PT	105.87±10.71	130.96±9.70	100.73±6.53	170.93±3.01	157.65±10.68
		Z (p)	3.500 (0.174)	0.500 (0.779)	2.000 (0.368)	0.001 (0.999)	2.000 (0.368)
	Front	NT	85.07±5.29	110.36±11.17	167.58±6.81	90.85±11.71	122.53±9.78
		KT	106.12±4.84	115.37±2.13	137.16±9.87	105.71±13.37	139.58±4.91
		PT	81.96±9.18	113.30±6.98	168.71±4.14	94.02±8.86	128.56±6.93
		Z (p)	6.500 (0.039)	2.000 (0.368)	6.000 (0.050)	8.000 (0.018)	8.000 (0.018)

Values are presented as mean±standard deviation unless otherwise specified.

NT: non-taping, KT: kinesiology taping, PT: placebo taping, E1: set position, E2: rear block exit, E3: initial contact of rear leg, E4: take-off of rear leg, E5: initial contact of front leg.

Table 4. Hip joint angular velocity of rear and front leg in the sagittal plane depending on taping conditions

Sprinter	Leg	Taping condition	Angular velocity (°/sec)			
			P1	P2	P3	P4
100 m (n=3)	Rear	NT	-282.35±44.85	506.21±59.80	-491.33±49.46	237.44±112.03
		KT	-331.67±53.02	552.92±27.75	-495.68±38.23	316.79±111.96
		PT	-231.16±57.82	535.98±24.76	-493.86±16.96	318.05±76.31
		Z (p)	2.667 (0.264)	2.667 (0.264)	0.001 (0.999)	4.667 (0.097)
	Front	NT	-293.98±52.96	-445.21±13.50	631.72±38.88	-594.99±249.97
		KT	-284.59±24.78	-451.84±35.31	615.01±27.81	-601.47±167.76
		PT	-291.20±57.84	-447.09±23.38	638.82±17.60	-455.06±73.64
		Z (p)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)
400 m (n=4)	Rear	NT	-327.27±36.34	331.62±128.32	-420.07±51.92	97.75±151.87
		KT	-277.56±25.88	354.29±138.84	-439.77±60.51	144.71±116.70
		PT	-196.86±76.60	387.77±113.97	-414.61±38.52	190.15±113.45
		Z (p)	8.000 (0.018)	1.500 (0.472)	1.500 (0.472)	4.500 (0.105)
	Front	NT	-225.29±104.52	-433.88±62.92	543.94±17.79	-356.79±125.42
		KT	-244.33±102.17	-433.70±96.80	555.69±30.89	-444.63±175.55
		PT	-271.73±61.36	-444.10±55.21	551.59±44.82	-345.88±133.09
		Z (p)	3.500 (0.174)	2.000 (0.368)	0.001 (0.999)	2.000 (0.368)

Values are presented as mean±standard deviation unless otherwise specified. Positive values represent angular velocity toward hip flexion.

NT: non-taping, KT: kinesiology taping, PT: placebo taping, P1: from set position to rear block exit, P2: from rear block exit to initial contact of rear leg, P3: from initial contact of rear leg to take-off of rear leg, P4: from take-off of rear leg to initial contact of front leg.

Table 5. Knee joint angle of rear and front leg in the sagittal plane depending on taping conditions

Sprinter	Leg	Taping condition	Angle (°)				
			E1	E2	E3	E4	E5
100 m (n=3)	Rear	NT	122.70±9.96	130.75±9.08	108.04±9.59	155.45±6.54	73.90±24.53
		KT	123.88±6.91	136.30±5.06	105.28±6.78	151.00±7.41	82.84±30.06
		PT	123.86±10.12	139.02±8.64	103.43±8.89	156.00±3.12	98.10±22.68
		Z (p)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)	2.000 (0.368)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)
	Front	NT	101.44±10.59	109.43±2.65	142.26±5.44	93.75±10.78	130.90±13.51
		KT	100.44±7.28	107.71±2.28	143.91±1.04	91.73±7.17	118.25±12.18
		PT	100.79±9.85	110.08±1.93	136.73±17.75	98.53±6.88	119.45±14.65
		Z (p)	0.667 (0.717)	2.667 (0.264)	0.667 (0.717)	2.000 (0.368)	4.667 (0.097)
400 m (n=4)	Rear	NT	120.80±10.19	129.82±10.98	128.72±7.40	162.29±4.56	97.25±12.57
		KT	121.39±8.61	131.06±12.07	126.62±6.60	160.51±1.55	85.40±16.97
		PT	114.55±8.06	129.99±11.97	127.07±7.78	158.12±1.40	100.01±10.47
		Z (p)	4.500 (0.105)	1.500 (0.472)	3.500 (0.174)	1.500 (0.472)	2.000 (0.368)
	Front	NT	107.33±3.53	114.39±3.36	140.53±8.64	110.54±16.76	139.56±4.21
		KT	106.12±4.84	115.37±2.13	137.16±9.87	105.71±13.37	139.58±4.91
		PT	103.06±6.97	113.67±2.97	140.06±8.52	108.07±10.76	141.57±7.31
		Z (p)	3.500 (0.174)	1.500 (0.472)	2.000 (0.368)	2.000 (0.368)	2.000 (0.368)

Values are presented as mean±standard deviation unless otherwise specified.

NT: non-taping, KT: kinesiology taping, PT: placebo taping, E1: set position, E2: rear block exit, E3: initial contact of rear leg, E4: take-off of rear leg, E5: initial contact of front leg.

3. 테이핑 적용에 따른 시상면에서의 무릎관절 각도와 최대 각속도 차이

테이핑 적용에 따른 크라우칭 스타트의 이벤트별 무릎관절 각도 차이를 비교분석한 결과, 세부종목 관계없이 모든 구간에서 무릎관절 각도에 대한 차이는 나타나지 않았고(Table 5), 구간별 무릎관절 최대 각속도 차이 또한 세부종목 관계없이 모든 구간에서 확인되지 않았다(Table 6).

고 찰

본 연구는 건강한 20대 남자 100 m와 400 m 단거리 운동선수를 대상으로 뒤넵다리근의 KT와 PT 적용에 따른 크라우칭 스타트 동작에서의 운동학적 차이를 통해 테이핑의 효과를 확인하고자 하였다. 그 결과, 세부종목 관계없이 COM 이동속도와 무릎관절의 굽힘각도 및 최대 각속도에는 차이를 보이지 않았으나, 400 m 스프린터는 출발신호 후 첫 움직임이 발생하는 시점과 뒷발이 지면에서 떨어지는 시점 및 앞발이 지면에 접촉하는 시점에서 KT 적용 후 앞발의 엉덩관절이 굽힘이 덜 되어 있었고, 양하지 푸싱 구간에서 KT와 PT 적용 후 뒷발의 엉덩관절은 테이핑 적용 전보다 폼 방향의 최대 각속도가 더 감소함을 보였다.

앞서 언급한 바와 같이 크라우칭 스타트 수행능력은 100 m 경기기록과 매우 밀접한 관련성이 있고, 이러한 이유로 스타트 동작에 대해 기술연구(descriptive study) 및 실험연구(experimental study)가 광범위하게 진행되어 왔다³. 이러한 선행연구에서 스타트 수행능력을 평가하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 변인은 스타팅 블록을 벗어나는 시점의 COM 이동속도로, 이 속도가 빠를수록 푸싱 구간에서 신체에서 발생하는 힘(force)이 크다는 것으로 해석할 수 있다³. 슬로바니아 국가대표팀 소속 남자 스프린터(100 m 기록 10.66 sec)의 경우, 블록에서 벗어나는 시점의 COM 이동속도는 3.38 m/sec로 슬로바니아 클럽 소속 스프린터(100 m 기록 11.00 sec)의 속도(3.16 m/sec)보다 빠른 것으로 확인되었고²⁹, 국제적 수준의 남녀 스프린터(100 m 기록 각각 10.03 sec와 11.10 sec)의 COM 이동속도는 각각 4.16 m/sec와 3.11 m/sec로 확인되었다⁵. 본 연구에서는 테이핑 적용 전 100 m 스프린터(기록 10.75 sec)와 400 m 스프린터(기록 48.51 sec)의 첫 입각 구간 동안 COM 이동속도는 각각 3.47 m/sec와 3.42 m/sec로 확인되었고, KT 적용 후 100 m 스프린터와 400 m 스프린터의 속도는 각각 3.58 m/sec와 3.41 m/sec로 확인되었다. 비슷한 100 m 기록에 대한 선행연구보다 본 연구에서의 테이핑 적용 전후 COM 이동속도가 높은 것으로 생각되나, 이는 블록에서 벗어나는 시점에서 COM 이동속도를 확인한 선행연구와는 달리 본 연구에서는 첫

Table 6. Knee joint angular velocity of rear and front leg in the sagittal plane depending on taping conditions

Sprinter	Leg	Taping condition	Angular velocity (°/sec)			
			P1	P2	P3	P4
100 m (n=3)	Rear	NT	-296.30±01.33	701.33±50.24	-463.40±136.03	312.89±226.08
		KT	-235.85±124.42	743.24±55.88	-494.07±68.25	209.85±243.31
		PT	-274.30±108.32	779.61±66.81	-524.20±55.49	269.43±293.66
		Z (p)	0.667 (0.717)	2.000 (0.368)	2.000 (0.368)	0.667 (0.717)
	Front	NT	-149.07±74.76	-621.41±74.36	710.58±38.96	-810.96±262.51
		KT	-134.91±42.79	-627.01±57.93	695.52±15.90	-878.05±87.10
		PT	-160.25±68.37	-626.32±83.82	761.62±60.06	-892.32±39.10
		Z (p)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)	0.667 (0.717)
400 m (n=4)	Rear	NT	-330.92±137.97	515.64±74.72	-982.54±42.01	209.12±90.31
		KT	-363.20±121.26	558.92±108.22	-403.13±72.19	210.55±456.92
		PT	-290.21±109.50	554.05±118.72	-371.62±71.27	92.27±492.37
		Z (p)	0.001 (0.999)	1.500 (0.472)	0.500 (0.779)	1.000 (0.607)
	Front	NT	-146.11±102.22	-654.19±49.64	643.06±38.96	-667.86±169.36
		KT	-169.88±91.29	-648.50±75.07	709.01±101.06	-723.45±155.29
		PT	-175.84±100.73	-658.20±66.52	664.95±75.27	-652.02±184.45
		Z (p)	0.001 (0.999)	0.500 (0.779)	1.500 (0.472)	1.500 (0.472)

Values are presented as mean±standard deviation unless otherwise specified. Positive values represent angular velocity toward knee flexion.

NT: non-taping, KT: kinesiology taping, PT: placebo taping, P1: from set position to rear block exit, P2: from rear block exit to initial contact of rear leg, P3: from initial contact of rear leg to take-off of rear leg, P4: from take-off of rear leg to initial contact of front leg.

입각 구간에서 속도를 확인한 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. 또한 단거리 경기기록은 스타트 수행능력뿐 아니라 가속구간에서 큰 순간 속도를 내는 능력과 밀접한 연관성이 있다고 보고되었으므로³, 추후 연구에서는 테이핑 적용에 따른 가속구간에서의 COM 이동속도 차이를 확인한다면 더 유의미한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

1982년 Atwater³⁰의 연구를 시작으로 스프린트 경기기록을 향상하기 위해 준비자세(set position)에서 가장 이상적인 신체분절의 위치를 확인하고자 하였으나, 스프린터의 신체적 특성에 따라 준비자세 또한 달라지므로 최적의 준비자세에 대한 정보를 제공하는 데에는 어려움이 있다. 그러나, 일반적으로 엉덩관절은 어깨관절보다 높이 위치하고 어깨관절은 출발선보다는 앞쪽에 위치해야 하며, 앞발과 뒷발의 무릎은 각각 90°-110°와 120°-135° 정도의 각도를 유지하여 체중이 앞쪽 발에 위치하도록 해야 한다고 설명되고 있다³¹. 로마에서 열린 국제육상경기연맹(International Amateur Athletic Federation) 다이몬드 리그 육상경기 대회 결승전에 출전한 남자 스프린터(100 m 기록 10.03 sec)의 스타트 동작을 분석한 연구⁵에서는 시작 자세에서 앞쪽과 뒤쪽 무릎관절은 각각 91.0°와 120.7°, 앞쪽과 뒤쪽 엉덩관절은 각각 37.6°와 71.2°인 반면 이탈리아 선수권 대회 결승전에 출전한 남자 스프린터의 시작 자세에서 앞쪽과 뒤쪽 무릎관절은 각각 93.0°와 116.1°, 앞쪽과 뒤쪽 엉덩관절은 44.9°와 62.6°로 확인되어, 경기력이 우수한 선수의 준비자세는 뒷발 무릎관절의 펌이 증가되고 앞발 엉덩관절의 굽힘이 감소되므로 엉덩관절의 위치가 더 높고 체중이 더 앞쪽으로 위치할 수 있는 자세를 취하는 것으로 생각된다. 본 연구에서는 뒤넙다리근 테이핑 적용에 따른 앞쪽과 뒤쪽 무릎관절과 뒤쪽 엉덩관절의 각도에는 차이를 보이지 않았으나, 앞쪽 엉덩관절은 테이핑 적용 전(85.07°)과 PT 적용 후(81.96°)보다 KT 적용 후(106.12°)의 각도가 더 증가하여 엉덩관절의 굽힘이 오히려 감소하는 것으로 확인되었고, 뒷발이 지면에서 떨어지는 시점과 앞발이 지면에 접촉하는 시점에서도 엉덩관절 굽힘이 감소하는 것이 확인되었다. 이러한 결과는 엉덩관절과 무릎관절의 움직임에 모두 관여하여 상대적으로 큰 신장성(extensibility)이 요구되는 뒤넙다리근에 25% 정도의 신장력을 사용하여 KT를 적용한 것과 관련이 있는 것으로 생각되고, 이러한 신장력은 관절의 움직임 제한을 유도했을 것으로 판단된다. 그러나 레크리에이션 스포츠에 참여하는 20대 건강한 성인의 뒤넙다리근에 KT를 적용하여 그 효과를 확인한 연구²⁶에서 테이핑 적용 30분 및 3일 후에 뒤넙다리근의 신장성이 증가되었다고 보고하였고, 이는 KT가 피부의 기계수용기를 장시간 자극함으로써 응력 완화(stress relaxation) 현상이 발생한 것일 수 있다고 설명하였다.

관절의 각속도(angular velocity)는 보행 또는 스포츠 활동 중 각 관절이 얼마나 빠르게 움직이는지를 확인하는 방법 중 하나로³², 관련 관절의 각속도 관절 모멘트(moment)를 곱하여 관절에서 발생하는 힘(power)을 산출할 수 있다⁸. 이는 관절 모멘트가 일정한 경우에는 각속도와 관절에서 발생하는 힘은 정적 상관관계를 보인다고 해석할 수 있고, 보행속도가 증가함에 따라 관절의 최대 각속도 또한 증가하므로³² 관절에서 발생하는 힘 또한 증가한다고 해석할 수 있다. 미국 대학 스프린터를 대상으로 블록에서 벗어나는 동안 경기력에 따른 생체역학적 차이를 확인한 연구³¹에서는 우수 스프린터의 엉덩관절과 무릎관절 펌에 대한 각속도(각각 307.6°/sec와 416.2°/sec)가 비우수 스프린터(각각 133.1°/sec와 148.5°/sec)보다 높은 것으로 나타났고, 벨기에 우수 성인 스프린터(100 m 기록 10.65 sec)와 18세 이하 스프린터(100 m 기록 11.21 sec) 및 16세 이하 스프린터(100 m 기록 11.56 sec)를 대상으로 블록에서 벗어나는 시점부터 앞발이 지면 접촉하는 시점까지 관절에서 발생하는 힘의 차이를 비교분석한 결과, 성인 스프린터가 첫 입각 구간 동안 뒷발의 무릎관절에서 더 큰 힘이 발생하는 것으로 확인되었다⁸. 본 연구에서는 뒤넙다리근 테이핑 적용 여부에 따른 앞발과 뒷발 무릎관절과 뒷발 엉덩관절의 각속도 차이는 확인되지 않았고, 앞발의 엉덩관절에서는 양하지 푸싱구간 동안 KT (-277.56°/sec)와 PT (-196.86°/sec) 적용이 테이핑 적용 전(-327.27°/sec)보다 펌 방향으로 각속도를 오히려 감소시켰음을 확인할 수 있었다. 비운동선수를 대상으로 뒤넙다리근의 KT 적용 시간에 따른 등척성 근력 차이를 확인한 연구²⁵에서는 테이핑 적용 직후보다 48시간 이후에 등척성 근력이 더 증가한 것을 보고하였고, 이러한 결과는 한 고찰연구³³에서 테이프에 의해 제공되는 피부 자극은 2형 기계수용기를 자극하고 이것이 운동단위(motor unit)를 동원함으로써 근력이 증가할 수도 있다는 주장과 관련이 있을 것으로 생각된다. 추후 연구에서는 스포츠 활동을 기반으로 한 본 연구방법을 바탕으로 테이핑 적용 시간을 고려하여 그 효과를 검증할 필요가 있을 것으로 생각된다.

1970년대 Kenzo Kase에 의해 개발된 KT는 1988년 서울올림픽 대회를 시점으로 스포츠 현장에서 근골격계 치료 및 재활, 부상 예방 및 경기력 향상 등의 다양한 목적으로 널리 사용되기 시작하였고, KT의 효과를 검증하기 위한 다양한 연구가 수행되어 왔으나 그 효과에 대해서는 지속적으로 논쟁이 되고 있다³³. 적용 목적과 부위에 따라 테이핑을 적용하는 기법이 다양하고, 특히 운동수행 능력에 대한 테이핑 효과를 검증하기 위해 등척성/등속성 근력을 확인하거나 점프 능력 또는 균형능력을 확인하는 등 스포츠 종목의 특성을 고려하지 않은 평가방법을 사용하였다¹⁶. 그러나 본 연구에서는 엘리트 단거리 육상선수를 대상으로 선행연구를 토대

로 뒤넙다리근 활성도를 향상시키기 위한 KT를 적용하여 경기 기록과 관련이 높은 것으로 보고된 스타트 동작에서의 운동학적 움직임 분석을 통해 테이핑의 효과를 검증함으로써 근거기반의 테이핑 기법을 사용하여 종목의 특성을 고려하여 평가하고자 하였다. 그러나 다리길이 등 스타트 동작에 영향을 미칠 수 있는 신체적 특성³을 고려하지 못하였고, 단거리 경기 기록과 관련성이 높고 뒤넙다리근의 활동성이 높은 가속구간에서의 보폭(step length), 보속(step frequency), 지면 지지 시간(support time), 비행 시간 등에 대한 분석은 시행하지 못하였다^{4,7}. 또한, 연구대상을 엘리트 단거리 육상선수로 한정하여 경기력 수준이 연구결과에 영향을 미치는 것을 최소화하고자 하였으나, 표본수가 적어 이를 단거리 육상선수에게 일반화하기에는 어려움이 있을 것으로 생각된다. 추후 연구에서는 통계적인 유의성을 얻기 위한 표본수를 확인하고, 테이핑 적용 시간을 고려하여 가속구간에서의 특성을 비교분석한다면 KT 효과에 대한 현장성 높은 연구결과를 도출할 수 있을 것이다.

결론으로, 단거리 운동선수의 뒤넙다리근 활성도를 향상시키기 위한 테이핑 적용은 COM의 이동속도와 엉덩관절과 무릎관절의 움직임 및 각속도의 변화를 확인하지 못하였으므로 크라우칭 스타트 수행능력을 향상함에 있어 긍정적인 효과를 보이지 않는 것으로 판단된다. 추후 연구에서는 단거리 경기기록에 영향을 미치는 다양한 변인을 고려하여 테이핑 효과를 확인할 필요가 있을 것이다.

Conflict of Interest

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

ORCID

Taeyu Kim <https://orcid.org/0000-0002-4406-4415>
 Jong-Chul Park <https://orcid.org/0000-0002-2530-0339>
 Jae Myoung Park <https://orcid.org/0000-0003-2035-5805>
 Hokyung Choi <https://orcid.org/0000-0001-6324-7893>

Author Contributions

Conceptualization: TK, HC. Data curation: JCP, JMP. Funding acquisition: TK. Writing-original draft: all authors. Writing-review & editing: TK, HC.

References

1. Sandamas P, Gutierrez-Farewik EM, Arndt A. The effect of a reduced first step width on starting block and first stance power and impulses during an athletic sprint start. *J Sports Sci* 2019;37:1046-54.
2. Pavlovic R. Differences in time of start reaction and achieved result in the sprint disciplines in the finals of the Olympic Games in London and the World Championship in Moscow. *Sport Sci Pract Asp* 2015;12:25-36.
3. Bezodis NE, Willwacher S, Salo AIT. The biomechanics of the track and field sprint start: a narrative review. *Sports Med* 2019;49:1345-64.
4. Debaere S, Delecluse C, Aerenhouts D, Hagman F, Jonkers I. From block clearance to sprint running: characteristics underlying an effective transition. *J Sports Sci* 2013;31:137-49.
5. Ciacci S, Merni F, Bartolomei S, Di Michele R. Sprint start kinematics during competition in elite and world-class male and female sprinters. *J Sports Sci* 2017;35:1270-8.
6. Mero A, Luhtanen P, Komi PV. A biomechanical study of the sprint start. *Scandinavian J Sports Sci* 1983;5:20-8.
7. Slawinski J, Bonnefoy A, Leveque JM, et al. Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *J Strength Cond Res* 2010;24:896-905.
8. Debaere S, Vanwanseele B, Delecluse C, Aerenhouts D, Hagman F, Jonkers I. Joint power generation differentiates young and adult sprinters during the transition from block start into acceleration: a cross-sectional study. *Sports Biomech* 2017;16:452-62.
9. Colyer SL, Nagahara R, Salo AI. Kinetic demands of sprinting shift across the acceleration phase: novel analysis of entire force waveforms. *Scand J Med Sci Sports* 2018;28:1784-92.
10. Prince C, Morin JB, Mendiguchia J, et al. Sprint specificity of isolated hamstring-strengthening exercises in terms of muscle activity and force production. *Front Sports Act Living* 2021;2:609636.
11. Miyake Y, Suga T, Otsuka M, et al. The knee extensor moment arm is associated with performance in male sprinters. *Eur J Appl Physiol* 2017;117:533-9.
12. Nuell S, Illera-Dominguez V, Carmona G, et al. Sex differences in thigh muscle volumes, sprint performance and mechanical properties in national-level sprinters. *PLoS One* 2019;14:e0224862.
13. Nuell S, Illera-Dominguez V, Carmona G, et al. Hamstring muscle volume as an indicator of sprint performance. *J Strength Cond Res* 2021;35:902-9.

14. Morin JB, Gimenez P, Edouard P, et al. Sprint acceleration mechanics: the major role of hamstrings in horizontal force production. *Front Physiol* 2015;6:404.
15. Song CY, Huang HY, Chen SC, Lin JJ, Chang AH. Effects of femoral rotational taping on pain, lower extremity kinematics, and muscle activation in female patients with patellofemoral pain. *J Sci Med Sport* 2015;18:388-93.
16. Lau KK, Cheng KC. Effectiveness of taping on functional performance in elite athletes: a systematic review. *J Biomech* 2019;90:16-23.
17. Kase K, Wallis J, Kase T. Clinical therapeutic applications of the Kinesio taping method. 2nd ed. Albuquerque (NM): 2003.
18. 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;19:131-6.
19. Mak DN, Au IP, Chan M, et al. Placebo effect of facilitatory Kinesio tape on muscle activity and muscle strength. *Physiother Theory Pract* 2019;35:157-62.
20. Lins CA, Neto FL, Amorim AB, Macedo Lde B, Brasileiro JS. 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;18:41-5.
21. Hsu YH, Chen WY, Lin HC, Wang WT, Shih YF. The effects of taping on scapular kinematics and muscle performance in baseball players with shoulder impingement syndrome. *J Electromyogr Kinesiol* 2009;19:1092-9.
22. Robertson DG, Dowling JJ. Design and responses of Butterworth and critically damped digital filters. *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13:569-73.
23. de Leva P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *J Biomech* 1996;29:1223-30.
24. Someeh M, Norasteh AA, Daneshmandi H, Asadi A. Immediate effects of Mulligan's fibular repositioning taping on postural control in athletes with and without chronic ankle instability. *Phys Ther Sport* 2015;16:135-9.
25. Lumbroso D, Ziv E, Vered E, Kalichman L. The effect of Kinesio tape application on hamstring and gastrocnemius muscles in healthy young adults. *J Bodyw Mov Ther* 2014;18:130-8.
26. Farquharson C, Greig M. Temporal efficacy of kinesiology tape vs. Traditional stretching methods on hamstring extensibility. *Int J Sports Phys Ther* 2015;10:45-51.
27. Simmonds MJ. Pain and the placebo in physiotherapy: a benevolent lie? *Physiotherapy* 2000;86:631-7.
28. Kim TG, Kim EK, Park JC. Immediate effects of sports taping applied on the lead knee of low- and high-handicapped golfers during golf swing. *J Strength Cond Res* 2017;31:981-9.
29. Coh M, Peharec S, Bacic P, Mackala K. Biomechanical differences in the sprint start between faster and slower high-level sprinters. *J Hum Kinet* 2017;56:29-38.
30. Atwater AE. Kinematic analyses of sprinting. *Track Field Q Rev* 1982;82:12-6.
31. Lee M, Chan M, Otsuka M, Boey D. The effect of visual gaze location on block-start biomechanics in athletics. *ISBS Proceed Arch* 2020;38:508.
32. Mentiplay BF, Banky M, Clark RA, Kahn MB, Williams G. Lower limb angular velocity during walking at various speeds. *Gait Posture* 2018;65:190-6.
33. Csapo R, Alegre LM. Effects of Kinesio(R) taping on skeletal muscle strength: a meta-analysis of current evidence. *J Sci Med Sport* 2015;18:450-6.