



A Comparative Study on Neuromuscular Control Patterns during Side Cutting Depending on Direction Prediction Presence or Absence and Gender

Sabin Chun¹, Sangha Park¹, Duhyun Kim¹, Jae Myoung Park² and Jong Chul Park^{3*}

¹Department of Physical Education, Pukyong National University

²Department of Youth Guidance and Sport Education Korea National Sport University

³Major of Marine-Sports, Division of Smart Healthcare, Pukyong National University

Article Info

Received 2022.10.16.

Revised 2022.12.01.

Accepted 2022.12.22.

Correspondence*

Jong Chul Park

jcpark@pknu.ac.kr

Key Words

Side cutting,

Gender,

Direction prediction presence

or absence,

Neuromuscular control patterns

PURPOSE This study aimed to identify the lower limb muscle activity based on direction prediction presence or absence and gender during side cutting in healthy college students. **METHODS** The study participants included 14 healthy males and females (8 males; 6 females). All participants ran at full speed for a distance of 12m, and side-cutting was carried out at 45 degrees in a randomly indicated direction and in a fixed direction. Simultaneously, data regarding vastus medialis, vastus lateralis, semitendinosus, and biceps femoris muscle activity of the dominant leg were collected using an electromyography sensor, and data regarding vertical acceleration were collected using an inertial sensor attached to the pelvis. A sync webcam was used for obtaining the initial contact of side cutting and the stance period time. During the 10 milliseconds (pre-activation) prior to the initial contact and 50% of the stance phase (loading phase), vastus medialis, vastus lateralis, semitendinosus, and biceps femoris average muscle activity and hamstring to quadriceps ratio included as variables. **RESULTS** During the pre-activation and loading phase, the vastus medialis muscle activity of the male group was higher in the unexpected condition than in the expected condition. Furthermore, hamstring to quadriceps ratio was confirmed to be lower under unexpected condition compared to under expected condition during on loading phase. **CONCLUSIONS** The study results suggest that the risk of anterior cruciate ligament injury may increase with side cutting under unpredictable conditions. It is expected to provide useful information for identifying factors related to knee injury in the general population.

서론

앞십자인대(Anterior cruciate ligament) 손상은 스포츠와 밀접한 관련이 있으며, 전체 앞십자인대 손상 중 약 70%가 갑작스러운 감속과 방향전환이 요구되는 사이드 커팅(Side cutting)과 같은 비접촉 조건에서 발생한다(Agel et al., 2005). 특히, 여성 운동선수는 생물학적 이유로 인해 남성 운동선수보다 앞십자인대 손상에 4배 이상 취약한 것으로 확인된다(Arendt et al., 1999). 앞십자인대 손상

메커니즘은 무릎이 완전히 신전된 상태에서 정강이뼈(Tibia)가 외회전 또는 내회전 되어 강제로 외반이 붕괴되는 것으로 알려져 있으며(LaBella et al., 2014; Olsen et al., 2004), 이러한 메커니즘과 관련이 있는 것으로 확인되는 신경근 불균형(Neuromuscular imbalances) 중 넙다리네갈래근 우성(Quadriceps dominance)은 무릎 관절을 안정화시키기 위해 넙다리네갈래근(Quadriceps)에 우선적으로 의존하는 확립된 이론으로 설명된다(Hewett et al., 2010; Sigward & Powers, 2006).

무릎 관절의 동적 안정성은 조화로운 움직임의 발달과 실행에 필수적이기 때문에(Smith et al., 2021), 무릎을 둘러싼 굴곡근과 신전근은 동시에 수축하거나 활성화되어 관절의 안정성을 유지하며(Bencke & Zebis, 2011), 사이드 커팅과 같은 동작 동안 뒤넙다리근

© 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.

(Hamstring)은 넙다리네갈래근과 공동활성화하면서 정강이뼈의 앞쪽 당김에 대한 길항근 역할을 가지고 넙다리네갈래근의 수축으로 인해 앞십자인대에 가해지는 스트레스를 잠재적으로 낮추는데 기여한다(Baratta et al., 1988). 하지만, 악화 된 길항근이 비대 된 주동근에 대해 감소 된 공동활성화 패턴을 나타내는 경우 앞십자인대 손상과 미래의 비접촉 앞십자인대 파열 및 손상 위험이 증가할 수 있다(Baratta et al., 1988; Oliveira et al., 2013). 따라서, 스포츠 관련 전문가들은 손상의 기전을 이해하고 부상 예방을 목표로 하는 특정 개입을 실행하기 위해(Hewett et al., 2010), 성별, 피로 정도에 따른 뒤넙다리근과 넙다리네갈래근의 공동수축을 비교하고(Hosseini et al., 2021), 스포츠 관련 동작 동안 방향 예측 유무에 따른 하지 근육 활성을 확인하여 위험 요소를 평가하는 것으로 확인된다(Hanson et al., 2008; Otsuki et al., 2021; Smith et al., 2021).

한편, 부상을 예방하고 기전을 이해하기 위한 노력과 과학적 근거에 대한 요구는 운동선수를 대상으로 했을 때, 실용과 효율을 고려하기 위해 많은 관심이 기울여졌으며, 근거와 지식수준을 확보하기 위한 노력은 지속적으로 이루어지고 있다(Bencke & Zebis, 2011; Sigward & Powers, 2006). 하지만, 일반인 역시 앞십자인대 손상이 점프와 사이드 커팅이 요구되는 스포츠 활동에서 가장 흔하게 발생하고, 스포츠 참여 및 일상생활에 장기간 악영향을 미치는 것을 고려했을 때(Gianotti et al., 2009), 부상을 예방하고 기전을 이해하기 위한 근거를 마련할 필요성이 강조된다고 할 수 있지만, 일반인을 대상으로 이를 뒷받침하는 근거는 상대적으로 부족한 실정이다(Gianotti et al., 2009). 이는 운동선수와 일반인 사이 앞십자인대 손상과 관련된 지식의 격차가 존재하는 것을 의미할 수 있다(Smith et al., 2021). 따라서 본 연구는 건강한 대학생을 대상으로 성별과 방향예측 유무에 따른 하지 근활성도 차이를 비교분석 하여 일반인에게 발생하는 앞십자인대 손상의 위험 요인을 규명하고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구는 부산광역시 P대학에 재학 중인 건강한 대학생 남성(n=8)과 여성(n=6) 총 14명이 참여했고, 모든 참가자는 지난 6개월 동안 하지에 신경학적 또는 근골격계 손상이 없었다. 본 연구의 모든 절차는 본교 생명윤리위원회로부터 승인을 받았으며(IRB 승인번호: 1041386-202207-HR-40-02), 모든 참가자로부터 본 연구에 자발적으로 참여한다는 서면 동의서를 받았다. 연구대상자의 인구통계학적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristic subjects

Variables	Male (n=8)	Female (n=6)	t (p)
Age (years)	21.13±10.72	20.67±2.06	0.453 (.659)
Height (m)	1.74±0.05	1.59±0.05	3.167 (.008)
Weight (kg)	75±14.79	54.03±7.35	5.103 (.001)

실험절차

1. 근전도

각 근육의 근활성도 수집을 위해 무선 근전도(mini DTS, Noraxon, USA) 4채널이 사용되었다. 모든 참가자는 준비된 반바지를 착용한 후, 우세측 다리의 안쪽넓은근(Vastus Medialis; VM), 가쪽넓은근(Vastus Lateralis; VL), 반힘줄모양근(Semitendinosus; ST), 넙다리두갈래근(Biceps Femoris; BF) 근육에 근육의 비침습적 평가를 위한 표면 근전도 검사(Surface Electromyography for the non-invasive Assessment of Muscles; SENIAM, n.d.)의 가이드라인을 참조하여 전극(single electrode T246)을 부착하였다. 이때 저항을 최소화하기 위해 피부 표면의 털을 제거하고 알코올 솜을 사용해 피부를 정돈하였으며, 우세측 다리는 참가자가 축구공을 차는 다리로 구분하였다(Mok et al., 2018). 사이드 커팅 측정에 앞서 각 근육의 자발적 기준 수축(Reference voluntary contraction; RVC)을 수집하기 위해 5m 거리를 스스로 선택한 속도로 걷도록 요청하였고, 보행 주기 중 입각기에 해당하는 구간의 3회 평균값을 기준으로 설정하였다.

2. 관성센서

수직 가속도를 수집하기 위해 관성센서(myo MOTION, Noraxon, USA) 1채널이 사용되었다(Reenalda et al., 2021). myoMOTION의 가이드라인에 따라 X축이 위로 향하도록 골반에 부착하였고 테이프를 통해 단단히 고정하였다. 모든 대상자는 똑바로 선 상태를 10초간 유지하여 보정(Calibration)하였다.

3. 사이드 커팅

사이드 커팅은 12m의 질주 구간과 좌측 또는 우측 방향 45도로 설정하였다(Sigward & Powers, 2006; Figure 1). 비예측 조건을 연출하기 위해 스마트 방향지시등(Witty SEM, Microgate Slr, Bolzano, Italy)이 사용되었으며, 질주 구간 중 2/3지점을 통과하는 순간 전방에 위치한 스마트 방향지시등에 무작위로 방향이 지시되도록 설정하였다. 예측 조건은 대상자에게 커팅 방향을 사전에 지시하여 정해진 방향으로 사이드 커팅을 수행하는 방식으로 진행하였다. 질주 구간에서 속도를 모니터링 하기 위해 무선 속도·시간 측정 타이머(Witty, Microgate Slr, Bolzano, Italy)가 사용되었으며, 속도가 3.5~4m/s 이

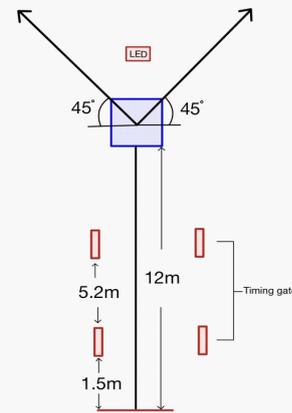


Fig. 1. Experimental set-up

하로 떨어지는 경우 분석에서 제외하였다(Jeong et al., 2021). 사이드 커팅 시점과 동작 동조를 위해 웹캠(C922, Logitech)이 사용되었다.

모든 대상자는 실내 체육관에서 평소애 자신이 사용하던 운동화를 착용하고, 땀을 흡수하기 위해 충분한 시간이 주어졌으며, 사이드 커팅 절차에 익숙해 질 수 있도록 3회 연습을 허용하였다. 진행순서는 비예측 조건에서 사이드 커팅 후 예측 조건에서 사이드 커팅을 진행하였으며, 예측과 비예측 조건에서 각 2회 총 4회의 성공적인 데이터를 수집할 때까지 사이드 커팅을 수행하도록 요청하였다(Figure 2). 각 시도 사이 최대 5분의 휴식을 제공하였다.

4. 자료처리

하지 근육 활성, 골반 수직 가속도 및 영상은 MyoResearch 3.8 (MyoResearch 3.8, Noraxon, USA) 소프트웨어를 이용하여 수집되었다. 무선 근전도는 샘플링율(Sampling rate) 1500Hz로 설정하였고, 50-500Hz의 대역통과필터(Band pass filter, BPF)를 거쳐 노이즈를 제거하고 제곱평균제곱근(Root mean square; RMS)을 100



Fig. 2. Side cutting task

밀리초(Milliseconds; ms)로 근활성도 신호를 평활화(Smoothing)하였다. 관성센서는 샘플링율을 200Hz로 설정하였으며, 초기접촉을 결정하기 위해 골반에 부착한 관성센서의 수직 가속도가 사용되었다(Reenalda et al., 2021). 또한, 웹캠은 초당 프레임 수(Frame per second; fps)를 30fps로 설정하였으며, 입각기의 50% 시간을 구하기 위해 영상으로 확인되는 달리기 입각기 시간 2회 평균을 백분율(%)로 정규화하여 50%에 해당하는 시간을 산출하였다. 모든 근활성도 데이터는 관성센서로 구분된 초기접촉 시점으로부터 10ms 전(Oliveira et al., 2013; Zebis et al., 2009)과 입각기 50% 동안 2회 평균값을 산출하였고, 자발적 기준 수축에 대한 백분율(%RVC)로 계산하여 정규화하였다. 공동활성화 지수는 자발적 기준 수축에 대해 정규화된 근육 활성을 사용하여 파생되었으며 단위가 없는 비율로 표시된다(Smith et al., 2021). 뒤넙다리근 대 넙다리네갈래근 비율(Hamstring quadriceps ratio; H/Q ratio)은 넙다리네갈래근에 대한 뒤넙다리근((ST+BF)/[VM+VL])으로 계산하였다(Jeong et al., 2021).

통계처리

본 연구에서 수집된 모든 자료는 SPSS 27.0(IBM, Armonk, USA) 통계프로그램을 사용하여 분석하였고, ShapiroWilk의 정규성 검정 결과에 따라 모수 또는 비모수 검정법을 실시하였다. 성별에 따른 인구통계학적 특성과 하지 근활성도 차이를 확인하기 위해 독립표본 *t* 검정(Independent *t*-test) 또는 맨휘트니 U검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였고, 방향 예측 유무에 따른 차이를 확인하기 위해 대응표본 *t*검정(Paired *t*-test) 또는 윌콕슨 부호순위검정(Wilcoxon signed rank test)을 실시하였다. 모든 결과는 평균±표준편차로 표시하였으며, 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Table 2. Pre-activation at 10ms before initial contact

	Group	Male (n=8)	Female (n=6)	<i>t</i> (<i>p</i>)/ <i>Z</i> (<i>p</i>)
VM	Unexpected condition	457.2±482.76	415.73±552.76	-0.775 (.439) ^s
	Expected condition	352.09±359.44	604.93±825.15	-1.033 (.302) ^s
	<i>t</i> (<i>p</i>)/ <i>x</i> ² (<i>p</i>)	-1.96 (.050) ^s	-1.153 (.249) ^s	
VL	Unexpected condition	607.56±894.86	452.45±474.51	-0.146 (.884) ^s
	Expected condition	417.5±482.37	561.30±615.45	-0.258 (.796) ^s
	<i>t</i> (<i>p</i>)/ <i>x</i> ² (<i>p</i>)	-1.54 (.123) ^s	-0.529 (.625)	
ST	Unexpected condition	446.42±305.25	409.69±212.27	0.251 (.806)
	Expected condition	319.49±161.63	357.3±289.65	-0.312 (.760)
	<i>t</i> (<i>p</i>)/ <i>x</i> ² (<i>p</i>)	0.987 (.357)	0.535 (.615)	
BF	Unexpected condition	187.55±68.66	259.83±201.51	-0.896 (.389)
	Expected condition	348.40±258.79	231.79±157.56	-1.162 (.245) ^s
	<i>t</i> (<i>p</i>)/ <i>x</i> ² (<i>p</i>)	-1.352 (.176) ^s	0.314 (.767)	
H/Q ratio	Unexpected condition	1.03±0.92	1.2±0.83	-0.301 (.771)
	Expected condition	0.91±0.52	0.99±0.74	-0.216 (.833)
	<i>t</i> (<i>p</i>)/ <i>x</i> ² (<i>p</i>)	0.164 (.878)	2.423 (.094)	

^snon-parametric statistics

연구결과

사이드 커팅 시 성별과 방향예측 유무에 따른 하지 근육 활성을 비교분석한 결과는<Table 2, 3>과 같다. 방향 예측 유무에 따라 남성집단은 사전활성화와 체중수용기 동안 예측보다 비예측 조건에서 안쪽넓은근 근육 활성이 유의하게 높게 나타났다(각각 $p=.050$ 와 $p=.032$). 또한, 체중수용기 동안 뒤넓다리근 대 넓다리네갈래근 비율은 방향 예측보다 비예측 조건에서 유의하게 낮게 나타났다($p=.032$). 한편, 여성집단은 사전활성화와 체중수용기 동안 방향 예측 유무에 따른 유의미한 차이를 나타내지 않았다. 사전활성화와 체중수용기 동안 근육 활성은 성별에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았다.

논의

본 연구는 건강한 20대 대학생을 대상으로 사이드 커팅 시 성별과 방향 예측 유무에 따른 하지 근육 활성을 비교분석 하였다. 그 결과, 사전활성화와 체중수용기 동안 남성집단의 안쪽넓은근 근육 활성은 예측보다 비예측 조건에서 높게 나타났다. 또한, 체중수용기 동안 뒤넓다리근 대 넓다리네갈래근 비율은 예측조건보다 비예측 조건에서 낮게 나타났다.

무릎에서 발생하는 비접촉 앞십자인대 손상 시기는입각기 50%에 해당하는 체중수용기 약 초기접촉 후 50ms 범위 동안 발생하기 때문에(Krosshaug et al., 2007; Jeong et al., 2021), 기계감각 피드백 메커니즘이 부상을 예방할 수 있는 충분한 시간을 확보하는데 어려움이 있다(Zebis et al., 2009). 따라서 빠른 움직임 중 지면 접촉

직전 무릎 굴곡근의 사전활성화는 동적관절 안정성을 유지하고 부상을 예방하기 위해 중요한 역할을 가지는 것으로 확인된다(Otsuki et al., 2021; Zebis et al., 2009). 하지만, 예상할 수 없는 돌발적인 움직임은 사전에 하지 신경근을 조절하는데 충분한 시간을 제공하지 못하기 때문에(Mornieux et al., 2014), 예상 가능한 조건보다 예상하지 못한 조건에서 무릎 관련 부상의 위험은 증가할 수 있으며(Ford et al., 2005), 이러한 요인으로 Andrews et al.(1977)과 Colby et al.(2000)는 더 큰 전단력과 근육 활성을 포함할 수 있다고 설명했다. 실제, 본 연구에서 남성집단은 사전활성화와 체중수용기 동안 안쪽넓은근 근육 활성이 예측보다 비예측 조건에서 더 높게 타났고, 체중수용기 동안 뒤넓다리근 대 넓다리네갈래근 비율은 예측 조건 보다 비예측 조건에서 더 낮게 나타났다. 이러한 결과는 예측 불가한 조건에서 하지 근육 활성이 사전에 조정하기 위한 불충분한 시간을 확보했다는 점을 고려했을 때(Mornieux et al., 2014), 복잡한 동적 작업 동안 무릎 관절에 가해지는 부하를 적절하게 대응하기 위한 전략으로 넓다리네갈래근을 우선으로 사용한 결과일 수 있으며(Mornieux et al., 2021; Sankey et al., 2020), 무릎 신전근의 수축이 정강이뼈를 앞으로 당기고 낮은 무릎 굴곡 각도에서 앞십자인대에 스트레스를 가하는 역할을 가진다는 점을 고려했을 때(Colby et al., 2000), 증가한 안쪽넓은근 활성은 앞십자인대 손상에 잠재적으로 기여할 수 있다(Landry et al., 2009). 하지만, 무릎 신전근의 수축으로 발생하는 힘만으로 앞십자인대를 손상시킬 수 있는지는 불분명한 것으로 알려져 있으며(Landry et al., 2009), 근육 활성과 근육의 힘이 직접적으로 연관될 수 없으므로 결과를 해석할 때 이러한 한계를 염두 해야 한다고 생각된다.

앞십자인대 손상은 생물학적 및 환경적 요인으로 인해 남성보다 여성에게서 더 많이 발생하며(Arendt et al., 1999; Hewett et al.,

Table 3. 50% loading phase of stance phase after initial contact

	Group	Male (n=8)	Female (n=6)	<i>t(p)/Z(p)</i>
VM	Unexpected condition	695.9±565.44	904.89±1225.36	-0.129(.897) [§]
	Expected condition	550.52±488.61	861.72±1039.66	-0.516(.606) [§]
	<i>t(p)/x²(p)</i>	2.66(.032)	-0.314(.753) [§]	
VL	Unexpected condition	1125.9±1503.54	578.08±553.48	-1.033(.302) [§]
	Expected condition	746.3±869.89	896.11±958.31	-0.129(.897) [§]
	<i>t(p)/x²(p)</i>	-1.26(.208) [§]	-1.153(.249) [§]	
ST	Unexpected condition	741.29±433.37	542.11±339.75	0.929(.371)
	Expected condition	632.73±366.8	521.92±351.93	0.569(.578)
	<i>t(p)/x²(p)</i>	1.140(.292)	0.269(.798)	
BF	Unexpected condition	444.68±321.41	524.7±440.97	-0.516(.606) [§]
	Expected condition	509.89±288.08	496.27±455.92	-0.516(.606) [§]
	<i>t(p)/x²(p)</i>	-1.26(.208) [§]	-0.943(.345) [§]	
H/Q ratio	Unexpected condition	0.98±0.78	1.21±0.55	-0.590(.567)
	Expected condition	1.56±1.21	0.68±0.20	2.006(.082)
	<i>t(p)/x²(p)</i>	-2.783(.032)	2.424(.072)	

[§]non-parametric statistics

2010), 관련된 다양한 신경근 불균형 중 대퇴사두근 우성은 남성보다 여성 운동선수에게서 흔하게 관찰할 수 있는 신경근 불균형 중 하나이다(Hewett et al., 2010; Hewett et al., 1996; Hughes & Dally, 2015). 하지만, 본 연구에서 건강한 일반인을 대상으로 성별에 따른 하지 근육 활성을 확인한 결과 사전활성화와 체중수용기 모두에서 차이를 나타내지 않았다. 이는 본 연구의 남성과 여성이 가지는 키와 체중의 차이로 인해 남성이 사이드 커팅 시 신경근 조절에 대한 수요가 증가했을 수 있으며(LaBella et al., 2014; Uhorchak et al., 2003), 요구한 동작의 난이도가 각 성별에게 동일하게 적용되지 않았을 수 있다. 따라서 진정한 차이를 반영할 가능성을 감소시켰을 수 있다(Otsuki et al., 2021). 실제, 사이드 커팅과 착지 동작 중 앞십자인대 손상과 관련된 근육 활성 패턴에 대한 성별의 차이를 분석한 체계적 고찰연구(Otsuki et al., 2021)에서도 연구 대상자와 요청하는 작업에 대한 큰 변동성을 언급하면서 성별에 따른 차이를 확인한 연구들과 유사한 수의 연구들이 신경근 패턴의 차이를 발견하지 못하였다고 설명했다(Bencke & Zebis, 2011; Fagenbaum & Darling, 2003). 그러므로, 정확한 결과 해석을 위해 대상자의 키와 몸무게를 통제하거나 작업조건 및 난이도를 적절하게 설정할 필요성이 강조된다고 할 수 있다(Otsuki et al., 2021).

스포츠 현장에서 발생하는 무릎 부상의 발생률은 운동선수와 일반인 모두에게서 높은 것으로 확인된다(Gray & Buford, 2015). 하지만, 대부분의 연구가 운동선수를 대상으로 앞십자인대와 관련된 위험요인을 식별하는 것으로 확인되므로, 일반인에게 부상 예방을 목적으로 적용 가능한 처치 방법 및 접근에 대한 과학적 근거는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 건강한 대학생을 대상으로 사이드 커팅 시 하지 근활성도를 성별과 예측유무에 따라 비교분석하여 일반인에게 발생하는 앞십자인대 손상의 위험요인을 규명하고 부상 예방을 위한 유용한 정보를 제공하고자 하였다. 하지만, 본 연구는 오직 하지 근활성도만을 이용하여 앞십자인대 손상과 관련된 위험요인을 조사하였으며, 하지 근활성도에 영향을 미칠 수 있는 대상자의 키와 몸무게를 통제하거나 작업의 난이도를 적절하게 설정하지 못하였다. 또한, 표본수가 적어 건강한 대학생에게 일반화 하기에 어려움이 있을 것으로 생각된다. 추후 연구에서는 통계적인 유의성을 얻기 위한 표본수를 확인하고, 하지 근활성도와 더불어 운동학 및 운동역학적 변인을 고려하여 사이드 커팅 시 성별과 예측유무에 따른 차이를 비교분석한다면 보다 유의미한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

결론 및 제언

건강한 20대 대학생을 대상으로 사이드 커팅 시 방향 예측 유무와 성별에 따른 하지 근육 활성을 비교분석한 결과 남성집단은 사전활성화와 체중수용기 동안 안쪽넓은근의 근육 활성이 예측보다 비예측 조건에서 높게 나타났으며, 체중수용기 동안 뒤넓다리근 대 넓다리네갈래근 비율은 예측보다 비예측 조건에서 낮게 나타났다. 이러한 결과는 방향 예측 유무가 앞십자인대 손상의 위험을 증가시키는데 어느 정도 영향을 미친다고 판단할 수 있으며, 추후 연구에서는 하지 근육 활성과 더불어 운동학 및 운동역학적 변인을 고려하고, 결과에 영향을 미칠 수 있는 다양한 변인이 통제되어야 할 필요가 있다.

CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: SB Chun, SH Park, JM Park, JC Park, Data curation: SB Chun, DH Kim, Formal analysis: SB Chun, DH Kim, JC Park, Methodology: SB Chun, JM Park, JC Park, Projectadministration: SH Park, JM Park, JC Park, Visualization: SB Chun, SH Park, DH Kim, Writing-original draft: SB Chun, DH Kim, JC Park, Writing-review&editing: SB Chun, JC Park

참고문헌

- Agel, J., Arendt, E. A., & Bershadsky, B. (2005). Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: A 13-year review. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 524-531.
- Andrews, J. R., McLeod, W. D., Ward, T., & Howard, K. (1977). The cutting mechanism. *The American Journal of Sports Medicine*, 5(3), 111-121.
- Arendt, E. A., Agel, J., & Dick, R. (1999). Anterior cruciate ligament injury patterns among collegiate men and women. *Journal of Athletic Training*, 34(2), 86.
- Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, B. H., Letson, D., Chuinard, R., & D'Ambrosia, R. J. T. A. (1988). Muscular coactivation: The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 113-122.
- Bencke, J., & Zebis, M. K. (2011). The influence of gender on neuromuscular pre-activity during side-cutting. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 371-375.
- Colby, S., Francisco, A., Bing, Y., Kirkendall, D., Finch, M., & Garrett, W. (2000). Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers: Implications for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(2), 234-240.
- Fagenbaum, R., & Darling, W. G. (2003). Jump landing strategies in male and female college athletes and the implications of such strategies for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(2), 233-240.
- Ford, K. R., Myer, G. D., Toms, H. E., & Hewett, T. E. (2005). Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(1), 124-129.
- Gianotti, S. M., Marshall, S. W., Hume, P. A., & Bunt, L. (2009). Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(6), 622-627.
- Gray, A. M., & Buford, W. L. (2015). Incidence of patients with knee strain and sprain occurring at sports or recreation venues and presenting to United States emergency departments. *Journal of Athletic Training*, 50(11), 1190-1198.
- Hanson, A. M., Padua, D. A., Troy Blackburn, J., Prentice, W. E., & Hirth, C. J. (2008). Muscle activation during side-step cutting maneuvers in male and female soccer athletes. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 133-143.
- Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J., & Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 5(4), 234.
- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric training in female athletes: Decreased impact forces and increased hamstring torques. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 765-773.
- Hosseini, E., Daneshjoo, A., Sahebozamani, M., & Behm, D. (2021). The effects of fatigue on knee kinematics during unanticipated change of direction in adolescent girl athletes: A comparison between dominant and non-dominant legs. *Sports Biomechanics*, 1-10.
- Hughes, G., & Dally, N. (2015). Gender difference in lower limb muscle activity during landing and rapid change of direction. *Science & Sports*, 30(3), 163-168.
- Jeong, J., Choi, D. H., & Shin, C. S. (2021). Core strength training can alter neuromuscular and biomechanical risk factors for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(1), 183-192.
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., ... & Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: Video analysis of 39 cases. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 359-367.
- LaBella, C. R., Hennrikus, W., Hewett, T. E., Council on Sports Medicine and Fitness, and Section on Orthopaedics, Brenner, J. S., Brookes, M. A., ... & Wells, L. (2014). Anterior cruciate ligament injuries: Diagnosis, treatment, and prevention. *Pediatrics*, 133(5), e1437-e1450.
- Landry, S. C., McKean, K. A., Hubley-Kozey, C. L., Stanish, W. D., & Deluzio, K. J. (2009). Gender differences exist in neuromuscular control patterns during the pre-contact and early stance phase of an unanticipated side-cut and cross-cut maneuver in 15-18 years old adolescent soccer players. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(5), e370-e379.
- Mok, K. M., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2018). Reliability of lower limb biomechanics in two sport-specific sidestep cutting tasks. *Sports Biomechanics*, 17(2), 157-167.
- Mornieux, G., Gehring, D., & Gollhofer, A. (2021). Is there a sex difference in trunk neuromuscular control among recreational athletes during cutting maneuvers? *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(4), 743.
- Mornieux, G., Gehring, D., Tokuno, C., Gollhofer, A., & Taube, W. (2014). Changes in leg kinematics in response to unpredictability in lateral jump execution. *European Journal of Sport Science*, 14(7), 678-685.
- Oliveira, A. S., Silva, P. B., Lund, M. E., Gizzi, L., Farina, D., & Kersting, U. G. (2013). Effects of perturbations to balance on neuromechanics of fast changes in direction during locomotion. *PLoS one*, 8(3), e59029.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: A systematic video analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002-1012.
- Otsuki, R., del Bel, M. J., & Benoit, D. L. (2021). Sex differences in muscle activation patterns associated with anterior cruciate ligament injury during landing and cutting tasks: A systematic

review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 60, 102583.

- Reenalda, J., Zandbergen, M. A., Harbers, J. H., Paquette, M. R., & Milner, C. E. (2021).** Detection of foot contact in treadmill running with inertial and optical measurement systems. *Journal of Biomechanics*, 121, 110419.
- Sankey, S. P., Robinson, M. A., & Vanrenterghem, J. (2020).** Whole-body dynamic stability in side cutting: Implications for markers of lower limb injury risk and change of direction performance. *Journal of Biomechanics*, 104, 109711.
- SENIAM (n.d.).** Retrieved August 10, 2022 from <http://www.seniam.org>
- Sigward, S., & Powers, C. M. (2006).** The influence of experience on knee mechanics during side-step cutting in females. *Clinical biomechanics*, 21(7), 740-747.
- Smith, S., Rush, J., Glaviano, N. R., Murray, A., Bazett-Jones, D., Bouillon, L., ... & Norte, G. (2021).** Sex influences the relationship between hamstrings-to-quadriceps strength imbalance and co-activation during walking gait. *Gait & Posture*, 88, 138-145.
- Uhorchak, J. M., Scoville, C. R., Williams, G. N., Arciero, R. A., Pierre, P. S., & Taylor, D. C. (2003).** Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(6), 831-842.
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Bencke, J., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2009).** Identification of athletes at future risk of anterior cruciate ligament ruptures by neuromuscular screening. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 1967-1973.

사이드 커팅 시 방향 예측 유무와 성별에 따른 신경근 조절 패턴 비교분석 연구

천사빈¹, 박상하², 김두현², 박재명³, 박종철⁴

¹부경대학교, 박사과정

²부경대학교, 석사과정

³한국체육대학교, 조교수

⁴부경대학교, 조교수

[목적] 본 연구는 건강한 일반인을 대상으로 사이드 커팅 시 방향 예측 유무와 성별에 따른 하지 근육 활성을 비교분석하는데 있다.

[방법] 총 14명의 건강한 남녀(남자 8명, 여자 6명)가 참여했다. 12m의 거리를 전속력으로 달려 무작위로 지시한 방향과 고정된 방향으로 45도 사이드 커팅을 실시하였다. 동시에 골반 부착된 관성센서를 통해 수직 가속도를 수집하고, 사이드 커팅 시점 및 입각기 시간을 구하기 위해 동작 동조 웹캠이 사용되었으며, 무선 근전도 센서를 통해 우세측 다리의 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 반힘줄모양근, 넙다리두갈래근 근육 활성을 수집하였다. 관성센서 및 동조 웹캠을 통해 확인된 초기접촉 전 10ms(사전활성화)와 입각기 50%(체중수용기) 동안 모든 근육의 평균 근육 활성과 뒤넙다리근 대 넙다리네갈래근 비율을 변인으로 포함하였다.

[결과] 사전활성화와 체중수용기 동안 남성집단의 안쪽넓은근 근육 활성은 예측보다 비예측 조건에서 높게 나타났다.

체중수용기 동안 뒤넙다리근 대 넙다리네갈래근 비율은 예측조건보다 비예측 조건에서 낮은 것으로 나타났다.

[결론] 본 연구의 결과는 예측할 수 없는 조건에서 사이드 커팅 시 앞십자인대 손상의 위험을 증가시키는데 기여할 수 있다는 것을 시사하며, 일반인을 대상으로 무릎 손상과 관련된 요인을 규명하는데 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

주요어

사이드 커팅, 방향 예측 유무, 성별, 신경근 조절 패턴