



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

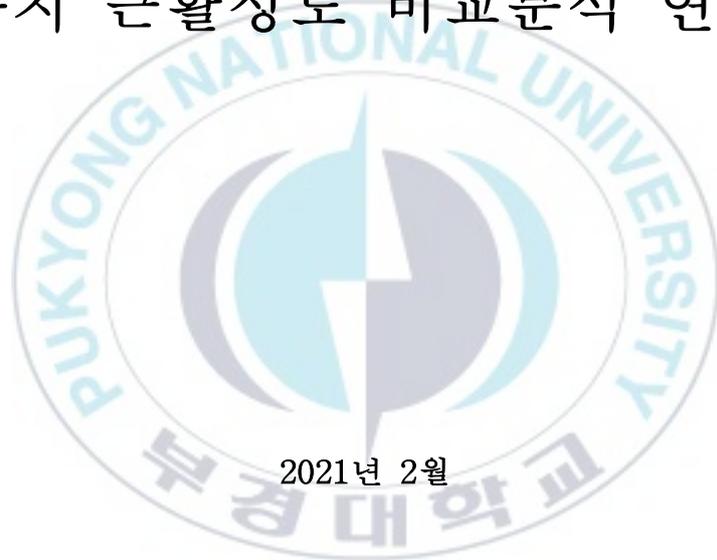
저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

체 육 학 석 사 학 위 논 문

윈드서퍼의 플레이닝 시  
풋스트랩 위치와 경기력에 따른  
하지 근활성도 비교분석 연구



2021년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

체 육 학 과

천 사 빈

체 육 학 석 사 학 위 논 문

윈드서퍼의 플레이닝 시  
풋스트랩 위치와 경기력에 따른  
하지 근활성도 비교분석 연구

지도교수 김 태 규

이 논문을 체육학석사 학위논문으로 제출함.

2021년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

체 육 학 과

천 사 빈

천사빈의 체육학 석사 학위논문을 인준함.

2021년 2월 19일



위원장	체육학박사	박종철	
위원	체육학박사	김대환	
위원	이학박사	김태규	

# 목 차

목차 .....	i
표 목차 .....	iv
그림 목차 .....	v
Abstract .....	viii
<b>I. 서론 .....</b>	<b>1</b>
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	4
3. 연구 문제 .....	4
4. 연구의 제한점 .....	5
5. 용어의 정의 .....	6
가. 범주 방향(Tack) .....	6
나. 풋스트랩(Footstrap) .....	6
다. 근전도 검사(Electromyography) .....	6
라. 근활성도(Muscle activity) .....	6
<b>II. 이론적 배경 .....</b>	<b>7</b>
1. 윈드서핑 .....	7
가. 윈드서핑의 역사 .....	7
나. 윈드서핑의 개념 .....	8
다. 윈드서핑의 국내 현황 .....	8
라. 윈드서핑의 추진원리 .....	9

마. 윈드서핑의 플레이닝(Planing) .....	11
2. 범주 방향(Tack) .....	11
가. 범주 방향과 항해(Sailing) .....	11
나. 범주 방향과 규정(Sailing Regulation) .....	12
3. 풋스트랩(Footstrap) .....	13
가. 풋스트랩 사용법 .....	13
나. 풋스트랩 위치 .....	14
4. 근전도(Electromyogram) .....	14
가. 근전도의 원리 .....	14
나. 표면전극(Surface electrode) 부착 .....	16
5. 윈드서핑과 근전도 .....	16
가. 윈드서핑의 근활성도 .....	16
<b>Ⅲ. 연구방법</b> .....	<b>18</b>
1. 연구절차 .....	18
2. 연구대상 .....	19
3. 측정도구 및 측정방법 .....	20
가. 측정도구 .....	20
(1) 시뮬레이터 장비 .....	20
(2) 근전도 장비 .....	21
나. 측정방법 .....	22
(1) 표면전극(Surface electrode) 부착부위 .....	23
(2) 최대 수의적 근수축 측정(Maximum Voluntary Isometric Contraction) .....	25
(3) 근활성도 측정 .....	27

(4) 근활성도 자료처리 .....	28
4. 자료처리 방법 .....	28
<b>IV. 연구결과 .....</b>	<b>29</b>
1. 플레이닝 시 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이 .....	29
가. 엘리트 윈드서퍼의 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이 .....	29
나. 아마추어 윈드서퍼의 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이 .....	34
2. 플레이닝 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 .....	38
가. 스타보드 방향 범주 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 .....	38
나. 포트 방향 범주 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 .....	42
3. 범주 방향(Tack)에 따른 하지 근활성도 차이 .....	46
가. 엘리트 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이 .....	46
나. 아마추어 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이 .....	49
<b>V. 논의 .....</b>	<b>52</b>
<b>VI. 결론 및 제언 .....</b>	<b>58</b>
1. 결론 .....	58
2. 제언 .....	59
<b>참고문헌 .....</b>	<b>61</b>
<b>국문초록 .....</b>	<b>67</b>

## 표 목차

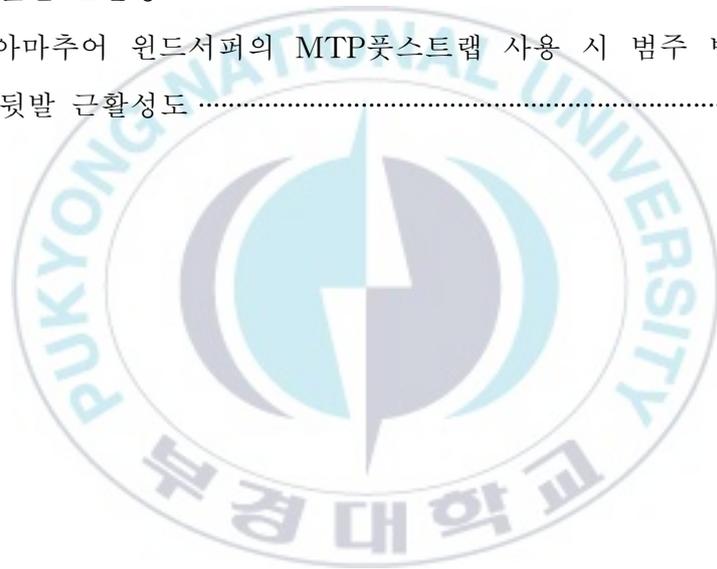
표 1. 연구대상자의 일반적 특성 .....	19
표 2. 근전도 장비 .....	22
표 3. 표면근전도 부착부위 .....	24
표 4. MVIC 측정방법 .....	26
표 5. 엘리트 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 하지 근활성도 차이 .....	30
표 6. 엘리트 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 하지 근활성도 차이 .....	32
표 7. 아마추어 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 하지 근활성도 차이 .....	34
표 8. 아마추어 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 하지 근활성도 차이 .....	36
표 9. 스타보드 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 .....	38
표 10. 스타보드 방향 범주 중 MTP풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 .....	40
표 11. 포트 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 .....	42
표 12. 포트 방향 범주 중 MTP풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 .....	44
표 13. 엘리트 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 .....	46
표 14. 아마추어 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이 .....	49

## 그림 목차

그림 1. 추진원리 .....	10
그림 2. 풍압중심과 수중횡저항 중심에 따른 진로 변경 .....	10
그림 3. 권리정과 의무정 .....	13
그림 4. 풋스트랩 .....	13
그림 5. Metatarsophalangeal joint .....	14
그림 6. Tarsometatarsal joint .....	14
그림 7. 연구절차 .....	18
그림 8. 플레이닝 시뮬레이터 .....	21
그림 9. 플레이닝 시 하지 근활성도 측정 .....	27
그림 10. 엘리트 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 앞발 근활성도 .....	31
그림 11. 엘리트 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도 .....	31
그림 12. 엘리트 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 앞발 근활성도 .....	33
그림 13. 엘리트 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도 .....	33
그림 14. 아마추어 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 앞발 근활성도 .....	35
그림 15. 아마추어 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도 .....	35
그림 16. 아마추어 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른	

앞발 근활성도 .....	37
그림 17. 아마추어 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도 .....	37
그림 18. 스타보드 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도 .....	39
그림 19. 스타보드 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도 .....	39
그림 20. 스타보드 방향 범주 중 MTP풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도 .....	41
그림 21. 스타보드 방향 범주 중 MTP풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도 .....	41
그림 22. 포트 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도 .....	43
그림 23. 포트 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도 .....	43
그림 24. 포트 방향 범주 중 MTP풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도 .....	45
그림 25. 포트 방향 범주 중 MTP풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도 .....	45
그림 26. 엘리트 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도 .....	47
그림 27. 엘리트 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도 .....	47
그림 28. 엘리트 윈드서퍼의 MTP풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도 .....	48

그림 29. 엘리트 윈드서퍼의 MTP풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도 .....	48
그림 30. 아마추어 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도 .....	50
그림 31. 아마추어 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도 .....	50
그림 32. 아마추어 윈드서퍼의 MTP풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도 .....	51
그림 33. 아마추어 윈드서퍼의 MTP풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도 .....	51



**A Comparative Study on Lower Limb Muscle Activity  
during Planing depending on Different Position of Footstrap  
and Skill Level among Windsurfers**

Chun, sabin

Department of Physical Education, The Graduate School

Pukyong National University

Directed by Professor Kim, Taegyul, Ph.D.

**Abstract**

This study aimed to identify the lower limb muscle activity during windsurfing planing depending on the different position of footstrap and their skill level among windsurfers and to provide the useful information on the development of training programs for enhancing windsurfers' performance.

Seven elite and 6 amateur windsurfers who had no neurological or musculoskeletal impairment in the past two years in lower extremities participated in this study. The muscle activation of their tibialis anterior, peroneus longus, medial gastrocnemius, and biceps femoris in the front and rear legs were measured during the starboard and port tacks of windsurfing planing. All participants used two footstraps located in metatarsophalangeal joint and tarsometatarsal joint in any order they wanted. The mean value of each muscle in 15s was calculated and analyzed.

The results are as follows.

1. Both elite and amateur windsurfers had no difference in the muscle activity of front and rear legs depending on the planing directions regardless of positions of footstrap.

2. Elite windsurfers had the higher activity of tibialis anterior or peroneus longus compared to medial gastrocnemius or biceps femoris on the front leg during both starboard and port tacks. But, amateurs had no differences among the muscles in the low extremities.

3. Tibialis anterior in elite windsurfers showed higher activity than in amateurs, but both medial gastrocnemius and biceps femoris in amateurs showed higher activation than in elites, regardless of different positions of footstrap and planing directions.

4. Both elite and amateur windsurfers had no difference in the muscle activity of front and rear legs depending on positions of footstrap regardless of the planing directions.

These results can explain that amateur windsurfers used the larger muscles such as medial gastrocnemius and biceps femoris in the front leg for controlling their board and maintaining the balance on board, whereas elites used the tibialis anterior or peroneus longus more

strongly compared to amateurs for maintaining board control with an ankle strategy. These information can help windsurfers and coaching to understand the motion for planning and improve windsurfing-related skills.



---

**Keyword: Windsurfing, Muscle activity, Lower Limb, Skill Level**

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

윈드서핑(windsurfing)은 바람을 동력으로 추진하는 요트(sailing)의 장점과 서핑(surfing)의 간편함이 결합된 무동력 해양스포츠로 1967년 미국 캘리포니아 해안지방에서 시작되었다(Encyclopædia Britannica, 2021). 자연을 매개로 하는 많은 스포츠 중 최고의 익스트림스포츠로 비약적인 발전을 이루며(Van Bergen, Commandeur, Weber, Haverkamp & Breederveld, 2016), 1984년 LA 하계 올림픽에 정식종목으로 채택되었고, 1992년 바르셀로나 하계 올림픽에서는 여자 종목이 추가되었다(Encyclopædia Britannica, 2021). 국내에는 1988년 서울 하계 올림픽의 개막식에서 윈드서핑을 사용한 퍼레이드를 선보이며 대중들에게 윈드서핑을 알리게 되었고, 이를 계기로 국내 보급이 시작되었다고 한다(조찬호, 2015). 윈드서핑의 경기는 자연조건에서 이루어지는 특성상 일정한 규격의 경기장이 존재하지 않기 때문에 모든 대회는 범주지시서(sailing instruction)에 정해진 규정과 코스를 준수하며 진행된다. 출발지점(start line)으로부터 코스에 따른 부표(mark)를 돌고 가장 빠르게 도착지점(finish line)까지 완주하는 배에게 가장 낮은 벌점이 부여되며, 모든 경기의 벌점을 합산하여 가장 낮은 벌점을 가진 선수가 우승하게 된다(Encyclopedia Wikipedia, 2021). 따라서 경기를 진행하는 동안 변화하는 해상조건에 맞는 순간 판단력과 스타보드(starboard)와 포트(port) 방향 모두에서 빠른 속도와 보드조절 능력이 필수적으로 요구된다(박만석, 2014).

보드를 추진시키는 방법 중 충분하지 않은 바람에서 사용되는 펌핑(pumping)은 세일(sail)을 리드미컬하게 밀고 당기며 바람을 생성하는 방법

이다(Vogiatzis, Vito, Rodio & Marchetti, 2006). 세일을 올바른 위치에 고정하고 움직이는 동안 윈드서퍼의 상지에서 높은 근활성도가 요구된다고 하였고(Campillo, Leszczynski, Marthe & Hespel, 2007), 풍상과 풍하코스에서 펌핑 동안 근활성도를 확인한 연구(Buchnan, Cunningham, Dyson & Hurrion, 1996)에서 하지(16~40%MEVC)보다 요측수근굴근(전완굴근, flexor carpi radialis), 장요측수근신근(전완신근, extensor carpi radialis), 위팔두갈래근(이두박근, biceps brachii)과 같은 상지의 전완근 근육에서는 높은 근활성도(66~94%MEVC)를 확인하였다고 한다. 한편 10노트(시속 약 19km)가 넘는 충분한 바람에서는 바람을 동력으로 추진하는 플레이닝(planing) 방법이 사용된다(Feletti, 2017). 바람을 이용해 추진하는 경우 풍압중심(center of effort)과 수중측면저항 중심(center of lateral resistance)의 위치에 따라 바람을 거슬러 오르거나 바람의 방향을 따라 나아가게 되는데(이충일, 2007), 일반 요트와 달리 윈드서핑은 세일에 고정장치가 없기때문에 지속적으로 올바른 위치에서 세일을 지탱하기 위해 하네스(harness)와 풋스트랩(footstrap)과 같은 세일링 보조장비를 사용하게 된다. 하네스는 체중으로 세일의 무게를 지탱하는것을 도와 상지의 부담을 줄여주며(Walls & Gale, 2001), 세일에 실리는 일방적인 풍압을 상쇄시킨다(Feletti, 2017). 더불어 풋스트랩은 보드에 실리는 체중 최소화 시키고, 체중을 이용한 조절을 효율적으로 돕기 위해 상체를 보드 밖으로 기울이는 동안 하지를 안정적으로 고정하고 보드의 조절을 돕는다(Buchhorn, Ziai, Felder & Fehske, 2009; Feletti, 2017; Hetsroni, Mann, Ayalon, Frankl & Nyska, 2006; Kristen et al., 2007; Kristen, 2018). 하지만 이러한 풋스트랩의 사용은 펌핑에 비해 하지의 잦은 움직임을 요구한다고 하였다(Kristen et al., 2007).

풋스트랩은 발의 크기에 알맞게 제작되어 보드에 고정된 끈(strap)으로(Feletti, 2017; Hetsroni et al., 2006; Kristen, 2018), 풋스트랩에 양발을 고정

하게 되면 무릎의 굽힘(flexion)과 펴(extension)으로 보드의 방향을 조절할 수 있고, 발바닥굽힘(plantarflexion)과 발등굽힘(dorsiflexion)으로 보드의 기울기를 조절할 수 있다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 플레이닝 동안 체중을 보드 밖으로 이동하기 위해 상체가 뒤쪽으로 기울여지기 때문에 발목관절은 발바닥굽힘 되고, 추진하는 방향에 있는 앞발은 풋스트랩이 보드에 고정된 방향에 따라 외회전(externalrotation)되어 내외축(mediolateral axis)과 수직축(longitudinal axis)의 비틀림 모멘트(torsional moment)가 발생하게 된다(Kristen et al., 2007; Philbin, 2014). 또한 무릎과 발목관절은 경기시간인 30~40분 동안(Dyson, Buchanan, Farrington & Hurrion, 1996), 과도와의 마찰과 점프에 의해 보드에 전달되는 충격을 지속적으로 완충해야 하므로(Kristen et al., 2007), 하지에 가해지는 하중을 분산시키기 위해서는 펴근과 굽힘근 등 하지 근육의 상호협력 작용이 필요하다(Bowerman, Smith, Carlson & King, 2006).

풋스트랩은 개인의 선호도와 감각에 따라 다양하게 사용되는데(Campillo et al., 2007), 대표적으로 발목발허리관절(족근중족관절, tarsometatarsal joint)과 발허리발가락관절(중족지절관절, metatarsophalangeal joint)에서 사용되고 있다(Hetsroni et al., 2006). 발목발허리관절에서 풋스트랩을 사용하는 경우 발목의 모멘트(moment)로 움직임 발생시키고, 발허리발가락관절에서 풋스트랩을 사용하는 경우 발목과 발가락 모멘트로 움직임을 발생시키게 되어(Hetsroni et al., 2006), 위치에 따라 각기 다른 모멘트를 확인할 수 있으나, 각 위치에 따른 근활성도를 확인하거나 차이를 분석한 연구는 부족한 실정이다.

특정 스포츠의 근육 활동에 대한 정보는 기술 습득과 적절한 움직임 진행 및 컨디셔닝을 위한 프로그램 개발에 필수적이며(Müller, 1994), 최근 각 종목의 동호인들은 엘리트 선수 못지않은 상당한 수준의 실력을 갖추게 되었

으나, 체계적인 교육과 지도가 부족하다고 하였다(Deleciuse, Coeckelberghs & Vranken, 2001). 더불어 이충일(2007)은 초보자와 경력자 간 자세와 원리의 이해 차이로 불필요한 에너지 소비에 따라 안쪽장딴지근의 통증을 유발한다 하였고, 자연스러운 움직임이 아닌 잘못된 모방으로 무리한 동작을 구사하면서 부상에 노출될 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구는 플레이닝 동안 풋스트랩의 위치와 경기력에 따른 하지 근활성도를 확인하고 비교분석하여 엘리트 윈드서퍼 뿐만 아닌 아마추어 윈드서퍼의 경기력 향상에 도움이 될 수 있는 트레이닝 프로그램 개발에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 실업팀 소속으로 활동 중인 엘리트 윈드서퍼와 부산광역시 동호회에서 활동 중인 아마추어 윈드서퍼를 대상으로 플레이닝 동안 대표적으로 사용되고 있는 풋스트랩 위치인 발허리발가락관절과 발목발허리관절의 사용과 경기력에 따른 하지 근활성도를 확인하고 비교분석하여, 경기력 향상에 도움이 될 수 있는 트레이닝 프로그램 개발에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 3. 연구문제

본 연구의 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

첫째, 풋스트랩 위치에 따라 하지 근활성도에 차이가 있는가?

둘째, 풋스트랩을 사용하는 하지 근육 간 근활성도에 차이가 있는가?

셋째, 경기력에 따라 하지 근활성도에 차이가 있는가?

넷째, 범주 방향에 따라 하지 근활성도에 차이가 있는가?

#### 4. 연구의 제한점

본 연구를 수행함에 있어 다음과 같은 제한점을 두었다.

첫째, 본 연구에서는 연구대상자의 안전상의 이유로 육상 기반 시뮬레이터를 사용하여 근활성도를 확인하였으나 세일에 영향을 미치는 바람의 가변성과 윈드서퍼의 균형에 영향을 미치는 파도 같은 외부적인 환경은 모방하지 못하였다.

둘째, 본 연구는 시뮬레이터를 사용한 측정으로 정적인 자세 동안의 근활성도가 수집되어 실제 상황과 같은 동적인 움직임 동안의 근활성도는 수집하지 못하였다.

셋째, 본 연구는 바람과 파도의 영향이 적은 풍상코스 동안 하지 근활성도를 수집하였기 때문에 다른 코스 동안 수집된 하지 근활성도와 비교에는 어려움이 있다.

넷째, 본 연구는 특정 지역을 한정하여 진행된 연구로 엘리트 윈드서퍼와 아마추어 윈드서퍼를 모집하는 데에 있어 대상자의 나이를 한정하지 못하였다.

## 5. 용어의 정의

본 연구에의 목적과 연구 내용에서 사용된 용어는 다음과 같이 정의하였다.

### 가. 범주 방향(Tack)

바람이 불어오는 방향을 등지고 우측을 스타보드 방향(starboard tack) 좌측을 포트 방향(port tack)이라고 한다(대한요트협회, 2020).

### 나. 풋스트랩(Footstrap)

보드와 몸을 연결하고 보드의 조절을 돕는데 사용되는 끈(strap)이다. (Feletti, 2017; Hetsroni et al., 2006).

### 다. 근전도 검사(Electromyography)

신체의 움직임에 주관하는 골격근의 수축 정도를 정량화하는 방법으로 근육에서 발생하는 전위차를 전극으로 감지하여 증폭하고 기록하며 분석을 다룬다(Roy, De Luca & Schneider, 1986).

### 라. 근활성도(Muscle activity)

근섬유(muscle fibers) 수축에 의해 발생한 전위차를 의미하며, 근육이 발현하는 힘이 증가할수록 근전도 시스템에서 측정되는 근전도의 전위차도 높게 측정된다.

## II. 이론적 배경

### 1. 윈드서핑

#### 가. 윈드서핑의 역사

윈드서핑의 초기 기록에 따르면 바람과 파도에 능숙했던 폴리네시아 섬 사람들이 수직 세일에 고정된 단단한 보드를 타고 똑바로 서서 섬 근처 바다를 여행했다고 한다. 이후 보급을 위해 본격적으로 윈드서핑의 디자인과 구축을 시작한 것은 1948년 뉴먼 다비(Newman Darby)와 1958년 피터 칠버스(Peter Chilvers)이며, 지금의 모습은 1964년 짐 드레이크(Jim Drake)와 호일 슈바이처(Hoyle Schweitzer)의 바람을 동력으로 추진하는 수상스키라는 발상에서 시작되었다(Encyclopedia Wikipedia, 2021). 수상스키는 이내 서핑보드(surfing board)로 변경되었고, 요트의 추진원리를 적용하여 바람을 동력으로 추진하도록 하도록 고심한 끝에 세일을 직접 조절하고 활동 반경을 넓히기 위한 유니버설 조인트와 세일 전체를 둘러 힘과 방향 조절을 위한 붐 그리고 세일이 물에 빠졌을 때 효율적으로 들어 올리는 업홀라인(uphaul line)을 발명하게 되었다(Feletti, 2017). 1970년 윈드서핑이 정식으로 보급되기 시작하면서 출범과 동시에 북미를 시작으로 1980년대에 걸쳐 세계적으로 사랑받으며(Encyclopædia Britannica, 2021), 스포츠 역사상 최단 시간에 올림픽 정식종목으로 채택되었다. 1984년 로스앤젤레스 하계 올림픽 채택 이후 1992년 바르셀로나 하계 올림픽에서는 여자 종목이 추가되었고(조찬호, 2015), 금메달 2개가 걸린 비중 있는 종목이며(World Sailing, 2021), 아시안게임에는 금메달 3개가 걸려있다.

## 나. 윈드서핑의 개념

윈드서핑은 요트(sailing)와 서핑(surfing)이 결합된 해양스포츠로 평평한 보드(board)에 요트의 세일(sail)을 연결하여 바람을 동력으로 추진하는 해양스포츠이다. 360도 회전이 가능한 유니버설 조인트를 사용하므로 인해 요트와 다르게 세일을 광범위하게 움직일 수 있으며 세일의 양방향을 돌려 마스트에 고정된 붐은 손잡이 역할을 하며 직접적으로 세일을 조절할 수 있게 돕는다(Encyclopædia Britannica, 2021; Feletti, 2017).

## 다. 윈드서핑의 국내 현황

1979년 대한요트협회가 창립되면서 윈드서핑은 요트의 세부종목으로 자리매김하게 되었다. 윈드서핑은 1970년 중반 국내에서 처음 소개되었으며 1984년 로스엔젤레스 올림픽에 출전한 조진섭 선수를 시작으로 현재까지 꾸준히 올림픽 출전을 이어가고 있다(대한요트협회, 2020). 더불어 1986년 서울 아시안게임을 시작으로, 1990년 베이징 아시안게임에서 서용근 선수와 주순안 선수가 값진 동메달을 목에 걸었고, 1994년 히로시마 아시안게임에서 주순안 선수가 다시 한번 동메달을 쾌거를 이루었다. 이후 1989년 방콕 아시안게임에서는 옥덕필 선수와 홍아람 선수가 나란히 동메달을 획득하였고, 2002년 부산 아시안게임에서 옥덕필 선수가 금메달을 획득하였다(옥덕필, 2008). 최근의 업적으로는 2010년 광저우 아시안게임과 2018년 자카르타 아시안게임에서 이태훈 선수의 동메달이 있으며(Encyclopedia Wikipedia, 2021), 다가오는 2021년 도쿄 올림픽에는 2011년과 2012년 세계청소년요트 선수권대회에서 금메달을 획득했던 조원우 선수의 출전이 확정되어 역대 최고 성적을 기대하고 있다.

윈드서핑을 대중들에게 처음 선보인 것은 권희범의 1980년 대한해협과

1982년 도버해협을 단독 횡단하였다. 그리고 1988년 서울 올림픽 개막식에서 한강을 무대로 참가국 국기를 붙인 윈드서핑 퍼레이드를 성공적으로 선보이며 윈드서핑 대중화를 앞당겼다. 현재 윈드서핑을 즐기기 위한 동호인 클럽은 서울에 60개, 전국적으로 300개의 클럽이 운영되고 있다. 바람의 명소에는 윈드서핑 클럽이 있고, 특히 제주도의 삼양해수욕장이나, 신양해수욕장은 매년 많은 윈드서퍼들이 찾는 윈드서핑의 명소로 손꼽히고 있다. 매년 윈드서핑 동호인을 위해 문화관광부장관배, 국민생활체육회장배, 전국연합회장배 등 각 시도에서 해마다 10회 이상의 소규모 대회가 개최되고 있다(조찬호, 2015).

#### 라. 윈드서핑의 추진원리

윈드서핑은 요트의 추진원리를 적용해 바람을 거슬러 오르기 때문에 기본적인 추진원리는 요트와 동일하다고 할 수 있다. 요트종목의 추진원리는 바람의 힘으로 나아간다는 점에서 돛단배와 같지만 바람을 거슬러 오른다는 점에서 성능이 훨씬 뛰어나며 바람을 거슬러 나아갈 수 있게 됨으로써 스포츠가 될 수 있었다. 세일은 비행기 날개와 비슷한 모양을 하고 있는데 이러한 구조상의 이유로 세일 주위에 공기 속도는 볼록한 면에서 빠르고 오목한 면에서 느리게 흐르게 된다(그림 1). 공기 속도는 빠른 부분에서 압력이 낮아지고 느린 부분에서 압력이 높아지게 되는데 압력은 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하려 하며 압력의 차이는 윈드서핑을 추진시키는 총합력을 발생시키고 이러한 원리를 양력(lift, 베르누이의 법칙)이라고 한다. 총합력은 전진력과 횡압력으로 분산되지만 보드 중앙 물밑에서 횡압을 방지시켜주는 센터보드(center board)와 스케그(skeg)에 의해 상쇄되기 때문에 전진력만 남아 바람이 불어오는 방향으로부터 좌우 45도 방향으로 나아갈수있게 되는 것이다(대한요트협회, 2020). 이러한 원리를 기반으로 오목한 세일 면의 총합력 중심점을 풍압중심(center of effort, CE)이라 하며, 센터보드와 스케그와 같

은 횡압 방지장치의 저항력의 중심점을 수중횡저항 중심(center of lateral resistance, CLR) 이라고 하는데, 풍압중심과 수중횡저항 중심의 위치에 따라 바람이 불어오는 정면방향을 제외하고 어떤 방향으로든 범주가 가능하다 (대한요트협회, 2020; 조찬호, 2015). 풍압중심과 수중횡저항 중심이 일치하게 될 경우 바람이 부는 방향에 대해 직각으로 나아갈 수 있으며, 풍압중심이 수중횡저항 중심보다 뒤에 있을 경우 바람을 거슬러오르는 방향(up wind)으로 나아갈 수 있고, 풍압중심이 수중횡저항 중심보다 앞에 있을 경우 바람이 부는 방향으로(down wind) 나아갈 수 있게된다(이충일, 2007; 그림 2). 진로의 조정은 세일을 기울이는 것(sail trim)으로 가능하다.



그림 2. 추진원리

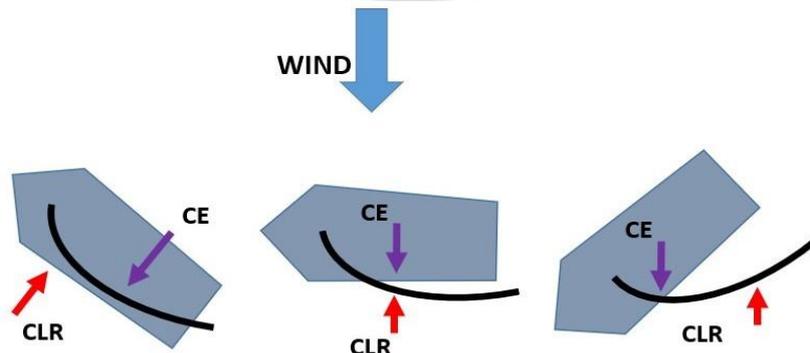


그림 3. 풍압중심과 수중횡저항 중심에 따른 진로 변경

## 마. 윈드서핑의 플레이닝(Planing)

플레이닝은 바람 속도가 10노트(시속 약 19km)를 넘을 때 보드를 빠른 속도로 활주 시키는 방법으로(Feletti, 2017), 풍속에 비례하여 속도가 증가하며, 7~9노트의 바람에서 펌핑을 통해 추진력을 얻어 사용되기도 한다. 일반 세일링보다 바람을 거슬러 오르는 각은 좋지 않으나 중급자 기준 시속 60~70km의 속도를 낼 수 있으며(Kristen et al., 2007), 최대 기록은 100km에 이른다(조찬호, 2015).

10노트 이상의 강한 바람에서 세일의 오목한 면에 머무르는 바람은 강한 힘으로 전진력을 방해한다. 따라서 오목한 깊이를 줄이고 세일의 리치(leech)를 개방하여 바람의 흐름을 빠르게 순환시킴으로써 저항을 줄이고 속력을 높이게 된다. 더불어 센터보드를 제거하여 스케그만을 이용해 횡압을 방지하게 되므로 추진하는 방향은 총합력에 가까워 지고, 센터보드를 사용해 바람을 거슬러 오르는 것 보다 각이 감소하게 된다. 풍속이 강할수록 세일의 무게가 증가하게 되고 장시간 동안 자세를 유지하고 지탱하기 위해 하네스와 풋스트랩과 같은 보조장비를 사용하게 되며, 하네스는 붓에 고정된 하네스라인과 연결하여 체중을 이용해 세일의 조절을 돕고, 풋스트랩은 체중을 보다 효율적으로 이용하고, 보드를 직접적으로 조절하기 위해 상체를 뒤쪽으로 기울이는 동안 사용된다(Feletti, 2017; International Windsurfing Association, 2021).

## 2. 범주 방향(Tack)

### 가. 범주 방향과 항해(Sailing)

모든 코스는 바람이 불어오는 방향을 기준으로 구성되며, 바람과 지형조건

그리고 경기가 진행되는 수역에 따라 경기는 삼각코스, 사다리꼴코스, 소시지 코스, 등으로 상황과 환경에 적합한 코스가 선정된다(World Sailing, 2021). 해당 코스의 마크에 도달하기 위해 윈드서퍼는 스타보드와 포트 방향 모두 기본적인 조절능력이 필요하며 어느 한 방향에 조절능력이 부족할 경우 마크에 도달하는데 오랜시간이 소요되어 경쟁력이 떨어지며 원활한 경기의 진행이 어려울 수 있다.

## 나. 범주 방향과 규정(Sailing Regulation)

경기가 시작되고 모든 윈드서퍼는 더 나은 바람을 받으며 추진하기 위해 각자의 감각과 전략에 알맞게 범주한다. 하지만 동일한 출발지점에서 동일한 코스의 마크를 목표로 경기를 진행하기 때문에 부득이하게도 보드는 마주치게 된다. 그중 보드의 우측면이 풍 측을 향하는 상태로 범주하는 스타보드인 보드와 좌측면이 풍 측을 향하는 상태로 범주하는 포트인 보드가 마주하는 상황은 가장 혼란 상황으로 보드의 충돌 방지와 원활한 경기진행을 위해 요트의 규정(racing rules of sailing)에는 권리정과 의무정이 존재한다(World Sailing, 2021; 그림 3). 스타보드인 보드는 항해 경로를 정할 수 있는 우선적 권리가 부여되며 포트인 보드는 권리정을 피해 항해해야 하는 의무가 부여된다. 즉 스타보드인 보드와 포트인 보드가 마주쳤을 경우 포트인 보드는 스타보드인 보드의 항로를 방해하지 않도록 피하거나 멈추어 스타보드인 보드를 보내주어야 한다. 그렇지 않을 경우 의무정은 권리정에게 항의(protest)를 받아 해당경기에서 실격(disqualified, DSQ)처리 될 수 있다(International Windsurfing Association, 2021; World Sailing, 2021).

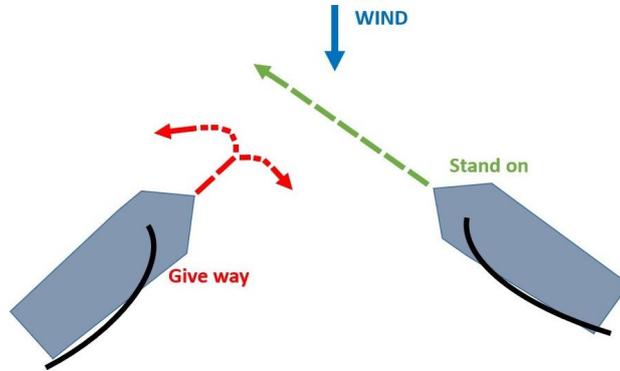


그림 4. 권리정과 의무정

### 3. 풋스트랩(Footstrap)

#### 가. 풋스트랩 사용법

보드와 몸을 연결하고 보드의 조절을 돕는데 사용되는 끈(strap)으로 (Feletti, 2017; Hetsroni et al., 2006; Kristen, 2018; 그림 4), 미세한 위치와 크기 조절이 가능하다. 중풍 이상의 바람에서 세일(sail)에 실리는 바람의 힘이 보드와 선원의 체중을 초과할 때 보드가 기울어지게 되는데, 이때 보드 가장자리에 있는 풋스트랩에 발을 걸고 보드 밖으로 몸을 이동시켜 보드의 기울기를 평행하게 한다(Feletti, 2017). 풋스트랩은 중풍 이상의 바람에서 주로 사용되지만 때때로 펌핑 도중 보드의 기울기를 조절하는 용도로 사용되기도 한다.



그림 5. 풋스트랩

## 나. 풋스트랩 위치

풋스트랩은 개인의 선호도에 따라 발허리발가락관절(중족지절관절, metatarso phalangeal joint)에서 사용되거나 발목발허리관절(족근중족관절, tarsometatarsal joint)에서 사용되고 있다(Hetsroni et al., 2006; 그림 5와 그림 6).



그림 6. Metatarsophalangeal joint



그림 7. Tarsometatarsal joint

## 4. 근전도(Electromyogram)

### 가. 근전도의 원리

인체는 심장에서 기인하여 발생하는 심전도(electrocardiogram, ECG), 뇌에서 기인하여 발생하는 뇌전도(electroencephalogram, EEG), 근육의 활동에서 기인하여 발생하는 근전도(electromyogram, EMG)와 같이 다양한 생

체신호(bio-signal)를 발생시킨다(Kim et al., 2013). 이 중 근섬유(muscle fibers) 수축에 의해 발생한 전위차를 검출하고 증폭하고 기록하는 것을 근전도 검사(electromyography, EMG)라고 한다. 근전도는 1666년 프란체스코 레디(Francesco Redi, 1626~1697)가 근육에서 전기신호가 만들어진다는 것을 처음 발견하였고 1700년대 후반 루이지 갈바니(Luigi Galvani, 1737~1798)의 근수축과 전기신호의 연관성을 개구리 근육을 사용해 밝혀내면서 본격적으로 연구되기 시작하였다(Kim et al., 2013).

골격근(skeletal muscles)을 구성하는 모든 근섬유에는 운동신경이 분포해 있다. 한 가닥의 운동신경의 말단은 많은 가지로 나누어져 근섬유를 지배하며 한 가닥의 운동신경에 지배되는 신경과 근섬유와 그룹을 운동단위라고 한다. 근섬유(muscle fibers)는 수백 개의 운동단위로 이루어져 있으며, 근육의 수축으로 인해 발생하는 변화, 세포막의 나트륨, 칼륨 등은 이온교환을 통해 이온 조성 차이를 지속시킨다. 아무런 자극을 받지 않았을 때 세포 내외 전위 -70의 전위를 띄지만 막 사이의 전위 차이가 안정막 전위인 -70보다 적어졌을 때 세포 밖의 양이온인 나트륨이 세포 내로 확산되어 세포 안쪽이 +30의 양성으로 뛰어오르는 탈분극이 발생한다. 그리고 탈분극으로 인해 양전위로 전위되는 것을 활동전위(muscle action potential, MAP)라고 한다. 근육을 수축시키기 위해 뇌, 척수에서 운동뉴런을 흥분시키고 그 지배하의 운동단위 및 구성 근섬유가 동시에 흥분하거나 수축할 때 이온교환이 발생하고 이때 전기적 자극이 발생한다. 전기적 자극은 매우 미약한 수준이지만, 동시에 움직이는 많은 근섬유들이 피부 아래에서 탈분극과 재분극을 발생시킴으로 전극에 의해 검출하기에 충분하다. 전극의 종류는 가는 전선전극(fine wire electrode), 바늘전극(needle electrode) 그리고 표면전극(surface electrode)이 있다. 가는 전선전극과 바늘전극은 피부에 직접 바늘을 찔러 넣고 근육 활동을 기록하는 방법으로, 분리된 파형과 심근의 분

석이 가능하지만 일반인의 사용이 불가능하며 삽입의 위험이 있다. 더불어 동적인 움직임동안의 측정이 어려운 반면 표면전극은 피부 표면에 부착하는 비침습적인 방법으로 인체의 동적 근활성도 연구에 가장 많이 사용된다. 하지만 표면 근육의 기록만 가능하다는 단점을 가지고 있다(Kim et al., 2013).

#### 나. 표면전극(Surface electrode) 부착

전극의 정확한 위치와 전달되는 생체신호는 최대한 손실(reduction) 없이 받아들이는 것이 중요하며 표면으로부터 검출된 생체신호는 크기와 파워가 매우 작아 왜곡되기 쉽다. 따라서 측정하고자 하는 근육에 정확하게 부착하는 것이 가장 중요하다. 전극 위치는 해당 근육의 근섬유가 가장 밀집한 근육 다발 중심에 위치해야 하며 근섬유의 방향이 근육의 역할과 위치에 따라 다른 경우가 많으므로 근섬유 방향과 일치하지 않을수록 전위의 진폭은 줄어들게 된다(Roy et al., 1986). 전극의 위치가 적절할수록 측정되는 근활성도 신호가 크게 측정되고, 다른 근육으로부터 전해지는 교차잡음의 영향도 줄일 수 있다(De Luca, 1997).

### 5. 윈드서핑과 근전도

#### 가. 윈드서핑의 근활성도

윈드서핑에서 근전도를 사용한 연구는 물 위에서 펌핑 동안 근활성도를 수집한 Dyson et al., (1996)의 연구가 대표적이라고 할 수 있다. Dyson et al., (1996)의 연구는 풍상 코스와 풍하 코스에서 펌핑과 세일 업 동안 근활

성도를 측정하였고 그 결과, 넓은등근(승모근, trapezius), 요측수근굴근(전완굴근, flexor carpi radialis), 장요측수근신근(전완신근, extensor carpi radialis), 위팔두갈래근(이두박근, biceps brachii), 앞정강이근(전경골근, tibialis anterior), 큰볼기근(대둔근, gratus maximus)에서 높은 근활성도가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 같은 해 시뮬레이터를 사용하여 펌핑 동안 근활성도를 측정한 연구(Buchnan et al., 1996) 또한 요측수근굴근(전완굴근, flexor carpi radialis), 장요측수근신근(전완신근, extensor carpi radialis) 그리고 위팔두갈래근(이두박근, biceps brachii)의 매우 높은 활성화도(66~94%MEVC)와 어깨세모근(삼각근, deltoid) 또는 넓은등근(승모근, trapezius)에서 MVEC의 58~75%인 높은 근활성도를 확인할 수 있었고, 주요 하지 근육인 안쪽장딴지근(내측비복근, medial gastrocnemius), 앞정강이근(전경골근, tibialis anterior), 넓다리곧은근(대퇴직근, rectus femoris), 넓다리두갈래근(대퇴이두, biceps femoris), 큰볼기근(대둔근, gratus maximus)에서 MEVC의 16~40%인 상지 근육과 비교하여 유의하게 낮은 분포를 나타내었다고 한다. 이러한 결과는 시뮬레이터를 사용한 연구에서도 충분히 유사한 결과를 도출해 낼 수 있음을 시사한다. 더불어 윈드서퍼에게 발생하는 전완근의 통증을 줄이고자 붓의 두께와 세일에 무게에 따른 전완근의 근활성도를 비교분석하는 연구(Campillo et al., 2007)가 진행되었고 그 결과, 붓의 두께가 얇을수록 상대적으로 두꺼운 붓을 사용하는 것보다 무게와 상관없이 전완근의 근활성도가 감소하는 결과를 확인하였다고 한다.

### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 연구절차

본 연구는 관찰연구(observational research)로서 실업팀 소속으로 활동 중인 엘리트 윈드서퍼 7명과 부산광역시 윈드서핑 동호회에 활동 중인 아마추어 윈드서퍼 6명을 모집하여 윈드서핑 시뮬레이터를 사용하는 동안 근활성도를 수집하고 풋스트랩 위치와 경기력에 따른 차이를 비교분석하였다(그림 7).

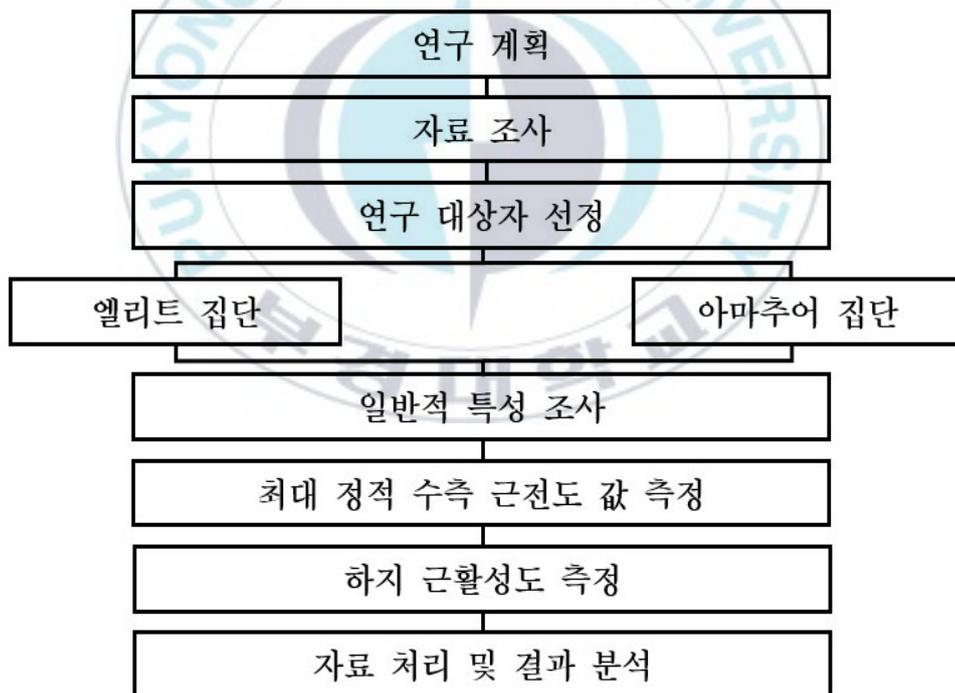


그림 8. 연구절차

## 2. 연구대상

본 연구의 대상은 실업팀 소속으로 활동 중인 엘리트 윈드서퍼 7명과 부산광역시 윈드서핑 동호회에서 활동 중인 아마추어 윈드서퍼 6명을 대상으로 하였다. 부경대학교 스포츠과학연구소에서 2020년 11월 3일부터 2020년 12월 10일까지 측정이 진행되었으며, 측정 전 대상자에게 본 연구의 목적과 방법, 절차 등에 대해 상세히 알리고 연구 참여 동의서에 서명을 받았다. 연구대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(표 1). 본 연구에서 균형장애와 자세 제어에 영향을 미칠 수 있는 의료기록 그리고 2년 이내의 신경 또는 근·골격계 손상을 경험한 대상자는 제외기준에 포함되었다(Anthony et al., 2016).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (M±SD)

집단	성별 (n, %)		우세발 (n, %)		나이 (yrs.)	신장 (cm)	체중 (kg)	경력 (yrs.)
	남	여	오른발	왼발				
					<b>Elite (n=7)</b>	7 (100)	0 (0)	5 (71.4)
<b>Amateur (n=6)</b>	4 (66.7)	2 (33.3)	6 (100)	0 (0)	30.33 ±10.28	174.33 ±6.53	71.83 ±6.94	4.50 ±2.34
$\chi^2(p)$	2.758		2.026		-0.072 <sup>\$</sup>	1.576	1.597	-2.514 <sup>\$</sup>
$/Z(p)$	(.097)		(.155)		(.943)	(.143)	(.138)	(.012)

\$: non-parametric statistics,

우세발:공을 차는 발

### 3. 측정도구 및 측정방법

#### 가. 측정도구

본 연구는 윈드서퍼의 풋스트랩 위치와 경기력에 따른 하지 근활성도를 분석하기 위해 다음과 같은 측정도구를 사용하였다.

##### (1) 시뮬레이터 장비

플레이닝 상황을 연출하기 위해 풋스트랩에 발을 걸고 체중을 보드 밖으로 보내는 동안 세일이 기울 수 있도록 170cm의 고정용 거치대 상단에 고무밴드를 고정하고 진행 방향의 반대 방향에 있는 붐과 연결했다. 고무밴드는 최대 80cm까지 늘어나 체간이 기울어지는 상황을 모방하였으며 탄성을 가지고 있어 붐을 조절하는 동안 미세한 반응이 가능했다. 붐과 연결되는 고무밴드의 위치는 풍압중심을 의미하여 개인의 특성에 맞게 시뮬레이터가 조절될 때 풍압중심 또한 함께 조절되었다. 플레이닝 동안 하네스 사용을 위해 하네스라인이 붐에 장착되었고 하네스라인 또한 개인의 특성에 맞게 조절되었다. 보드는 고정용 거치대로부터 110cm에 보드의 2/3부분 중앙에 위치하였으며 평평한 상태로 고정되었다. 시뮬레이터에 사용된 보드는 트랙이 없고 앞과 뒤의 풋스트랩 사이 거리 40cm이며 너비는 100cm였다 (Campillo et al., 2007). 또한 앞에 있는 풋스트랩을 기준으로 양 범주방향의 풋스트랩이 보드 중앙에서 만나 마스트까지의 거리는 57cm였다. 리그는 마스트와 붐으로 구성되어 마스트 상단으로부터 연결된 줄이 붐을 고정하고 마스트 하단에 위치한 익스텐션과 연결되어 붐을 통해 마스트의 조절이 가능했다(Buchanan et al., 1996; Jaszczur-Nowicki, 2004; 그림 8).



그림 9. 플레이닝 시뮬레이터

1:고정용 시뮬레이터, 2:고무밴드, 3:마스트, 4:뿔, 5:조인트, 6:보드

(2) 근전도 장비

플레이닝 동안 하지 근활성도를 수집하기 위해 본 연구에서 선정된 하지 근육에 은/염화은(Ag/AgCl)재질의 일회용 표면전극(single electrode T246H, seedtech, KOR)을 부착하였고, 근전도 장비(mini DTS, Noraxon, USA)를 사용하여 모든 근활성도를 수집하였다. 수집된 자료는 Noraxon MR3 3.14 소프트웨어를 이용하여 자료를 처리하였으며, 본 연구에서 사용된 장비는 다음과 같다(표 2).

표 2. 근전도 장비

모델명	명칭	사진	제작사
근전도 측정 프로그램	Noraxon MR3 3.14		Noraxon, USA
	DTS Sensors		
mini DTS	Mini Receiver		Noraxon, USA
표면전극	Single Electrode T246H		SeedTech, Korea

## 나. 측정방법

모든 연구대상자는 신발과 양말을 탈의하고 준비된 반바지를 착용 후 표면전극(surface electrode)으로부터 전달되는 생체신호의 손실을 최소화하기 위해 피부 표면의 털을 제모하고 알코올 솜을 사용하여 피부를 정돈하였다 (Roy et al., 2007). 근육의 기시점(origin)과 정지점(insertion)의 중앙에서 근육이 가장 발달 된 근복(bell of the muscle)에 근섬유 방향과 평행한 상태

가 되도록 표면전극을 부착하였고(De Luca, 1997), 각 전극 사이 간격은 2cm로 하였다(Dyson et al., 1996). 또한 대상자가 움직이는 동안 어떠한 제약도 가해지지 않도록 기기를 단단히 고정하였다(Buchanan et al., 1996). 시뮬레이터에서 수집된 하지 근활성도를 표준화하고 상대적인 평가를 위해 통증이 나타나지 않는 범위에서 최대 수의적 근수축(Maximum Voluntary Isometric Contraction, MVIC)을 측정하였다. 근육의 피로로 인한 오류를 방지하기 위해 10분간의 휴식이 주어지고 그동안 시뮬레이터에 대한 사용법과 주의사항에 관해 설명하였다. 휴식이 끝난 후 각 대상자의 특성에 맞게 시뮬레이터를 조절하고 익숙한 상태와 위치를 찾도록 요구하였다(Campillo et al., 2007). 시뮬레이터 숙달을 위한 연습시간이 10분간 제공되었고, 시뮬레이터에서 플레이닝 동안 근활성도를 수집하였다.

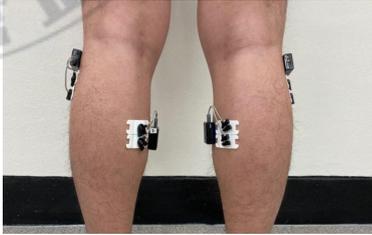
#### (1) 표면전극(surface electrode) 부착부위

본 연구의 측정 부위는 총 4개의 하지 근육으로 윈드서핑 동안 풋스트랩(footstrap)을 걸고 발등굽힘(배측굴곡, dorsiflexion)시 사용되는 앞정강이근(전경골근, tibialis anterior)과 발바닥굽힘(저측굴곡, plantarflexion)시 사용되는 긴종아리근(장비골근, peroneus longus), 안쪽장딴지근(내측비복근, gastrocnemius), 그리고 무릎 굽힘(flexion)시 사용되는 넙다리두갈래근(대퇴이두, biceps femoris)이 선정되었다.

부위별 표면전극 부착부위로 앞정강이근(전경골근, tibialis anterior)은 경골거친면(tibial tuberosity)에서 아래로 손가락 4개 너비만큼 떨어진 지점에서 경골능선(tibial crest) 외측으로 손가락 1개 너비만큼 떨어진 지점이 사용되었고, 긴종아리근(장비골근, peroneus longus)은 비골두를 촉진하여 비골두에서 측면으로 손을 뺀 세 번째 손가락이 위치한 곳이 사용되었다(Kim et al. 2013). 안쪽장딴지근(내측비복근, medial gastrocnemius)은 슬와

부 중심으로부터 2cm 거리의 내측 표면이 사용되었고(Ko, Park, Lim, Lee & Park, 2015), 넓다리두갈래근(대퇴이두, biceps femoris)은 좌골조면과 비골두 사이의 중앙부위가 사용되었다(Kim et al. 2013; 표 3).

표 3. 표면근전도 부착부위

부위	부착위치	사진
앞정강이근 (tibialis anterior)	경골거친면을 촉진하여 방향으로 네 번째 손가락이 위치한 지점에서 경골 능선 외측 방향으로 손가락 한 개 너비만큼 떨어진 표면	
긴종아리근 (peroneus longus)	비골두를 촉진하여 측면으로 손을 뻗어 세 번째 손가락이 위치한 표면	
안쪽장딴지근 (medial gastrocnemius)	슬와부 중심으로부터 2cm 거리의 내측 표면	
넓다리두갈래근 (biceps femoris)	좌골조면과 비골두 사이의 중앙부위 지점	

(2) 최대 수의적 근수축 측정(Maximum Voluntary Isometric Contraction, MVIC)

본 연구에서는 표준화된 적분 근전도 값(%MVIC)을 구하기 위해 측정 전 최대 수의적 근수축(MVIC)을 도수 근력검사(Manual Muscle Test, MMT)방법을 사용하여 구하였다(Byrne, O'keeffe, Donnelly & Lyons, 2007). 5초간 등척성 수축에서 측정된 값은 앞과 뒤 1초를 제외한 3초간의 평균값이 사용되었고(Lee & Lee, 2018), 3회 평균값을 산출하여 자료 분석에 사용하였다. 대상자가 최대 근수축을 할 수 있도록 모든 시도마다 언어적 조언을 주었다(Hertel, Earl, Tsang & Miller, 2004).

각 부위별 최대 수의적 근수축 측정 방법으로 앞정강이근(전경골근, tibialis anterior)은 대상자에게 발등굽힘과 발가락굽힘 자세를 취하도록 요구하였고 측정자는 반대 방향으로 저항을 주었으며(Kim et al., 2013), 긴종아리근(장비골근, peroneus longus)은 대상자를 앉혀 무릎을 90도 굽힌 후, 발목 외전을 취하도록 하여 측정자는 반대 방향으로 저항을 주면서 근활성도를 기록하였다(Lee & Powers, 2013). 안쪽장딴지근(내측비복근, medial gastrocnemius)은 대상자를 바르게 서게한 후, 체중을 저항으로 발바닥굽힘 하게 하였고, 넓다리두갈래근(대퇴이두, biceps femoris)은 대상자를 엎드리게 한 후 무릎을 굽히도록 요구하고 종아리 후면 발목에서 무릎 펴 방향으로 저항하는 동안 근활성도를 기록하였다(Kim et al., 2013; 표 4).

표 4. MVIC 측정방법

부위	측정방법	사진
<p>앞정강이근 (tibialis anterior)</p>	<p>대상자는 걸터앉아 무릎을 90도 굽히고 발등굽힘, 발가락굽힘을 취함, 등척성 수축 동안 측정자는 발바닥굽힘, 방향으로 저항</p>	
<p>긴종아리근 (peroneus longus)</p>	<p>대상자는 걸터앉아 무릎을 90도 굽히고 발목 가쪽 들림을 취함, 측정자는 안쪽 들림 방향으로 저항</p>	
<p>안쪽 장딴지근 (medial gastrocnemius)</p>	<p>양발로 바르게 선 상태에서 까치발을 지시, 체중을 저항으로 등척성 수축 동안 기록</p>	
<p>넙다리 두갈래근 (biceps femoris)</p>	<p>대상자는 엎드려 누운 후 무릎 굽힘을 취함, 등척성 수축 동안 측정자는 종아리 후면에서 무릎 펴기 방향으로 저항</p>	

### (3) 근활성도 측정

대상자의 키에 알맞게 붐의 위치를 변경하고 하네스라인 위치를 조정하며 익숙한 상태와 위치를 찾도록 요구하였다(Campillo et al., 2007; 그림 9). 그다음 사전 교육된 방법대로 발허리발가락관절과 발목발허리관절에 풋스트랩이 올 수 있도록 하였으며 대상자의 발 사이즈에 맞게 풋스트랩을 조정하고 스타보드와 포트 방향에서 30초 동안 하지 근활성도를 수집하였다(Dyson et al., 1996; Buchanan et al., 1996). 대상자가 시뮬레이터를 사용하는 동안 올바른 자세를 취하고 최선을 다할 수 있도록 구두 격려와 피드백을 지속해서 제공하였으며(Buchanan et al., 1996), 플레이닝 동안 수집된 하지 근활성도 자료는 처음과 마지막 7초를 제외한 15초간의 평균값을 사용하였다. 앞발과 뒷발의 기준은 추진하는 방향으로부터 가까운 발을 앞발, 멀리 있는 발을 뒷발로 하였다.



그림 9. 플레이닝 시 하지 근활성도 측정

#### (4) 근활성도 자료처리

플레이닝 동안 기록된 하지 근활성도는 근전도 장비(mini DTS, Noraxon Inc., USA)를 통해 수집되었고, Noraxon MR3 3.14 소프트웨어를 이용하여 자료를 처리하였다. 원자료(raw EMG)에서 20-450Hz의 대역통과필터(Band Pass Filter, BPF)를 사용하여 노이즈를 제거한 신호를 추출하였으며, 제곱 평균(Root Mean Square, RMS) 100ms를 사용해 산출하였다. 수집된 데이터를 표준화하기 위해 최대 수의적 근수축에 대한 백분율(%MVIC)로 계산하여 분석에 사용하였다.

## 4. 자료처리 방법

본 연구에서 측정을 통해 얻은 모든 자료는 SPSS 23.0(IBM, SPSS Statistics, IBM Corporation, Armonk, NY) 통계프로그램을 사용하여 분석하였고, Shapiro-Wilk의 정규성 검정의 결과에 따라 비모수 검정법 또는 모수 검정법을 실시하였다. 연구대상자의 일반적 특성과 하지 근활성도 차이를 확인하기 위해 카이제곱검정( $\chi^2$  test) 및 독립표본  $t$ -검정(Independent  $t$ -test) 또는 맨-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였고, 각 윈드서퍼 집단 내 하지 근육 간 근활성도 차이를 확인하기 위해 반복측정변량분석(Repeated measures of ANOVA) 또는 프리드먼 검정(Friedman test)을 사용하였다. 각 윈드서퍼 집단 내 풋스트랩 위치에 따른 차이를 확인하고 범주 방향에 따른 근활성도 차이를 확인하기 위해 대응표본  $t$ -검정(Paired  $t$ -test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였으며, 모든 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

## IV. 연구결과

본 연구는 엘리트 윈드서퍼와 아마추어 윈드서퍼를 대상으로 플레이닝 동안 하지 근육의 근활성도를 확인하고 풋스트랩 위치와 경기력에 따른 차이를 비교 분석하여 경기력 향상을 위한 트레이닝 프로그램 개발에 기초자료를 제공하고자 하였다. 분석 결과는 다음과 같으며, 수집된 근활성도 측정값은 Shapiro-Wilk의 정규성 검정의 결과에 따라 비모수 검정법과 모수 검정법이 사용되었다.

### 1. 플레이닝 시 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이

#### 가. 엘리트 윈드서퍼의 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이

풋스트랩 위치에 따른 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였고, 각 집단 내 하지 근육 간 근활성도 차이를 확인하기 위해 반복측정변량분석(Repeated measures of ANOVA) 또는 프리드먼 검정(Friedman test)을 사용하였다. <표 5>는 엘리트 윈드서퍼의 스타보드 방향(starboard tack) 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발에서는 TM과 MTP풋스트랩을 사용한 경우 모두 근육 간 근활성도에 대해 유의한 차이를 보였으나(각각  $F=5.753$ ,  $p=.006$ 과  $Z=15.857$ ,  $p=.001$ ), 각 근육의 근활성도는 풋스트랩 위치에 따른 차이를 보이지 않았다(그림 10). 뒷발에서는 TM과 MTP 풋스트랩을 사용한 경우 모두 근육 간 근활성도에 대해 유의한 차이를 보이지 않았고, 각 근육의 근활성도 또한 풋스트랩 위치에 따른 차이를 보이지 않았다(그림 11).

표 5. 엘리트 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 하지 근활성도 차이

(단위: %MVIC)

구분		TA <sup>a</sup>	PL <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	BF <sup>d</sup>	<i>F(p)</i> <i>/Z(p)</i>	<i>post hoc</i>
Front	TM	25.33 ±17.98	17.64 ±12.52	5.46 ±2.49	4.78 ±4.45	5.753 (.006)	a,b>c* a>d*
	Leg MTP	30.64 ±11.39	22.80 ±22.45	7.95 ±7.47	4.02 ±4.44	15.857 <sup>\$</sup> (.001)	a,b>d* b>c*
Starboard tack	<i>t(p)/Z(p)</i>	-1.372 (.219)	-0.822 (.442)	-0.169 <sup>\$</sup> (.866)	-0.845 <sup>\$</sup> (.398)		
	Rear Leg MTP	23.77 ±16.55	15.75 ±7.30	12.69 ±14.29	14.74 ±10.62	2.143 <sup>\$</sup> (.543)	-
		23.72 ±19.79	22.62 ±13.91	22.90 ±20.38	23.78 ±20.37	1.457 <sup>\$</sup> (.692)	-
	<i>t(p)/Z(p)</i>	0.015 (.988)	-2.056 (.085)	-0.507 <sup>\$</sup> (.612)	-1.363 <sup>\$</sup> (.116)		

\*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ , \*\*\*:  $p < .001$

\$: non-parametric statistics,

MTP:Metatarsophalangeal joint, TM:Tarsometatarsal joint,

TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

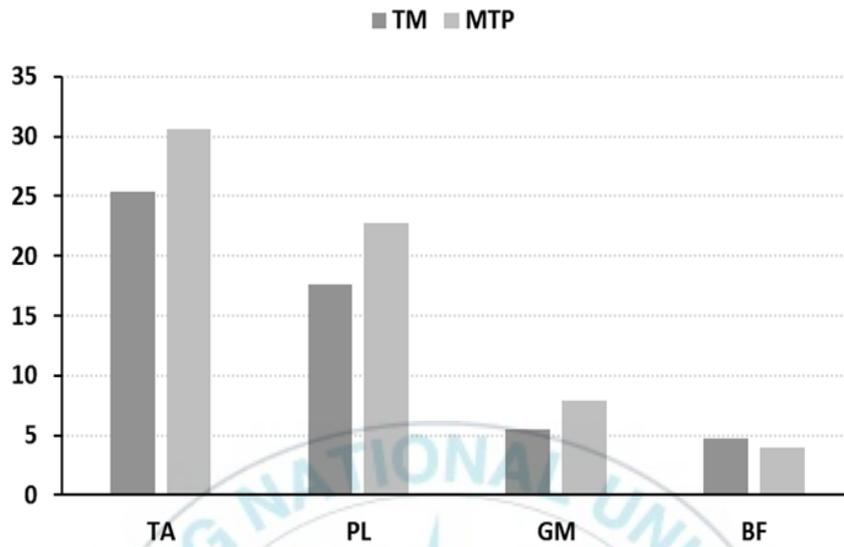


그림 10. 엘리트 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 앞발 근활성도

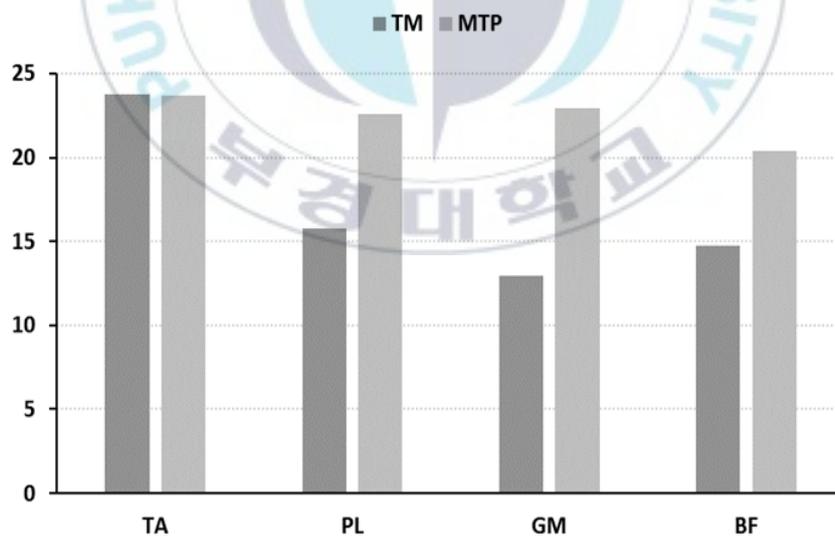


그림 11. 엘리트 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도

<표 6>은 엘리트 윈드서퍼의 포트 방향(port tack) 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발에서는 TM과 MTP 풋스트랩을 사용한 경우 모두 근육 간 근활성도에 대해 유의한 차이를 보였으나(각각  $Z=12.771$ ,  $p=.005$ 와  $Z=17.571$ ,  $p=.001$ ), 각 근육의 근활성도는 풋스트랩 위치에 따른 차이를 보이지 않았다(그림 12). 뒷발에서는 TM풋스트랩을 사용한 경우 근육 간 근활성도에 대해 유의한 차이를 보였으나( $F=3.321$ ,  $p=.043$ ), 각 근육의 근활성도는 풋스트랩 위치에 따른 차이를 보이지 않았다(그림 13).

표 6. 엘리트 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 하지 근활성도 차이

(단위: %MVIC)

구분		TA <sup>a</sup>	PL <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	BF <sup>d</sup>	$F(p)$ $/Z(p)$	<i>post hoc</i>	
Front	TM	30.85	23.16	7.90	6.65	12.771 <sup>\$</sup>	a,b>c*	
		±11.06	±19.35	±5.60	±7.38	(.005)	a>d*	
	MTP	28.11	18.67	5.48	4.65	17.571 <sup>\$</sup>	a,b>c,d*	
		±11.93	±13.04	±2.94	±3.48	(.001)		
Port tack	$t(p)/Z(p)$	0.344 (.743)	-1.014 <sup>\$</sup> (.310)	1.001 (.355)	-0.338 <sup>\$</sup> (.735)			
	Rear	TM	26.51	18.90	7.57	14.74	3.321	a,b>c*
			±13.21	±12.79	±4.56	±12.38	(.043)	
	Leg	MTP	20.49	15.79	15.37	16.14	0.257 <sup>\$</sup>	-
±14.77			±8.20	±18.94	±10.16	(.968)		
	$t(p)/Z(p)$	1.191 (.279)	0.631 (.552)	-0.845 <sup>\$</sup> (.398)	-1.026 (.345)			

\*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ , \*\*\*:  $p < .001$

\$: non-parametric statistics,

MTP:Metatarsophalangeal joint, TM:Tarsometatarsal joint,

TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

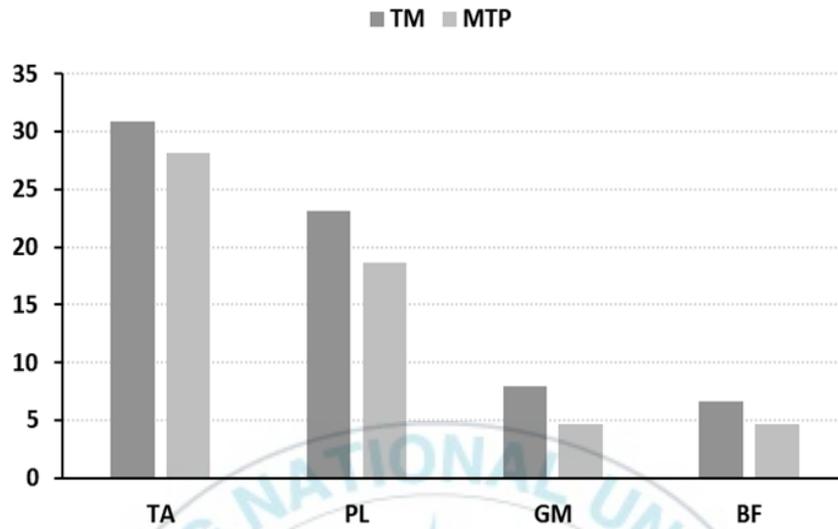


그림 12. 엘리트 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시  
풋스트랩 위치에 따른 앞발 근활성도

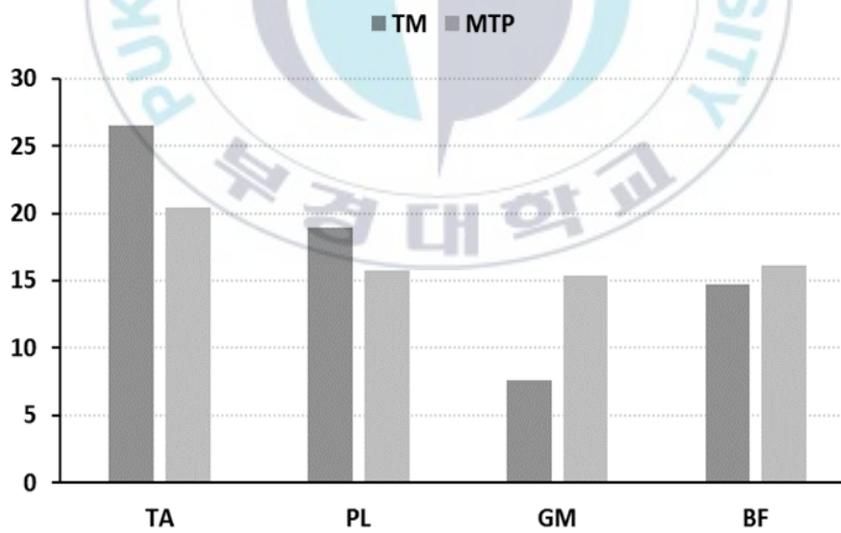


그림 13. 엘리트 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시  
풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도

나. 아마추어 윈드서퍼의 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이

<표 7>는 아마추어 윈드서퍼의 스타보드 방향(starboard tack) 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발과 뒷발에서 TM과 MTP풋스트랩을 사용한 경우 모두 근육 간 근활성도에 대해 유의한 차이를 보이지 않았고, 각 근육의 근활성도는 풋스트랩 위치에 따른 차이를 보이지 않았다(그림 14와 그림 15).

표 7. 아마추어 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시 하지 근활성도 차이

(단위: %MVIC)

구분		TA <sup>a</sup>	PL <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	BF <sup>d</sup>	F(p) /Z(p)	post hoc
Front	TM	22.61 ±15.49	22.21 ±12.37	23.67 ±26.65	14.47 ±8.95	3.600 <sup>\$</sup> (.308)	-
	Leg MTP	18.86 ±18.06	26.11 ±16.00	26.45 ±30.99	10.60 ±12.33	4.600 <sup>\$</sup> (.204)	-
Starboard tack	t(p)/Z(p)	-1.572 <sup>\$</sup> (.116)	-0.706 (.512)	-0.943 <sup>\$</sup> (.345)	-1.153 <sup>\$</sup> (.249)		
	Rear	25.79 ±26.19	27.64 ±17.65	34.02 ±24.85	20.28 ±16.56	0.419 (.588)	-
	Leg MTP	23.72 ±26.76	30.61 ±19.89	37.26 ±33.43	25.85 ±22.89	0.409 (.594)	-
	t(p)/Z(p)	0.744 (.490)	-1.143 (.305)	-0.667 (.534)	-1.892 (.117)		

\*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ , \*\*\*:  $p < .001$

\$: non-parametric statistics,

MTP:Metatarsophalangeal joint, TM:Tarsometatarsal joint,

TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

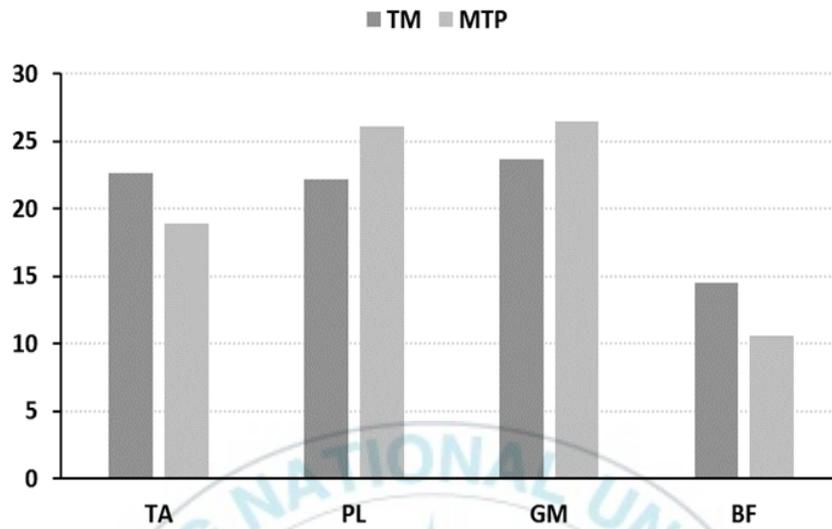


그림 14. 아마추어 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시  
 풋스트랩 위치에 따른 앞발 근활성도

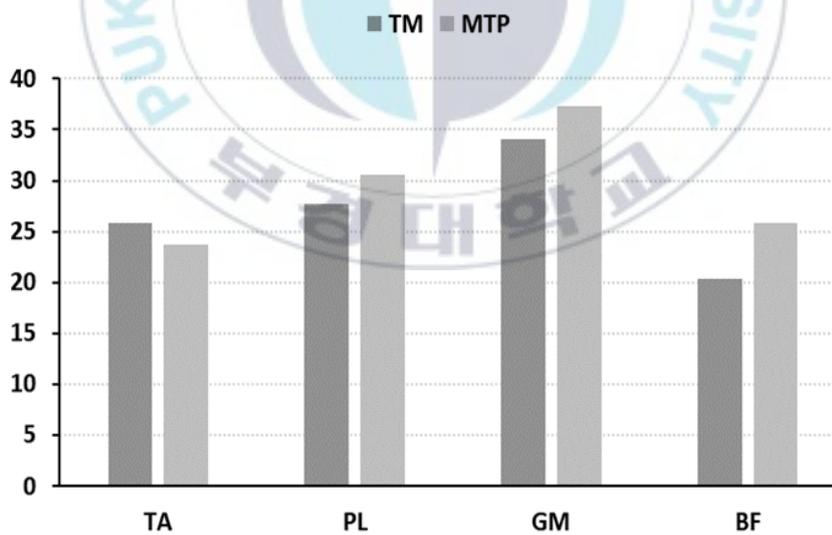


그림 15. 아마추어 윈드서퍼의 스타보드 방향 범주 시  
 풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도

<표 8>는 아마추어 윈드서퍼의 포트 방향(port tack) 범주 시 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발과 뒷발에서 TM과 MTP풋스트랩을 사용한 경우 모두 근육 간 근활성도에 대해 유의한 차이를 보이지 않았고, 각 근육의 근활성도는 풋스트랩 위치에 따른 차이를 보이지 않았다(그림 16와 그림 17).

표 8. 아마추어 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시 하지 근활성도 차이

(단위: %MVIC)

구분		TA <sup>a</sup>	PL <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	BF <sup>d</sup>	<i>F(p)</i> <i>/Z(p)</i>	<i>post hoc</i>	
Front	TM	15.14	34.34	29.87	13.29	3.000 <sup>\$</sup>	-	
		±23.25	±31.83	±25.85	±14.20	(.392)		
Leg	MTP	15.55	31.37	27.80	17.32	2.600 <sup>\$</sup>	-	
		±19.64	±19.64	±15.03	±13.52	(.457)		
Port tack	<i>t(p)/Z(p)</i>	-0.524 <sup>\$</sup>	0.439	0.355	-0.338 <sup>\$</sup>			
		(.600)	(.679)	(.737)	(.735)			
	Rear	TM	26.95	31.37	27.80	17.32	0.288	-
			±26.04	±19.64	±15.03	±13.52	(.875)	
Leg	MTP	21.06	29.78	27.33	16.25	0.627	-	
		±22.45	±20.87	±19.48	±16.97	(.609)		
	<i>t(p)/Z(p)</i>	0.919	-0.064	1.339	1.117			
		(.400)	(.951)	(.238)	(.315)			

\*:  $p < .05$ , \*\*:  $p < .01$ , \*\*\*:  $p < .001$

\$: non-parametric statistics,

MTP:Metatarsophalangeal joint, TM:Tarsometatarsal joint,

TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

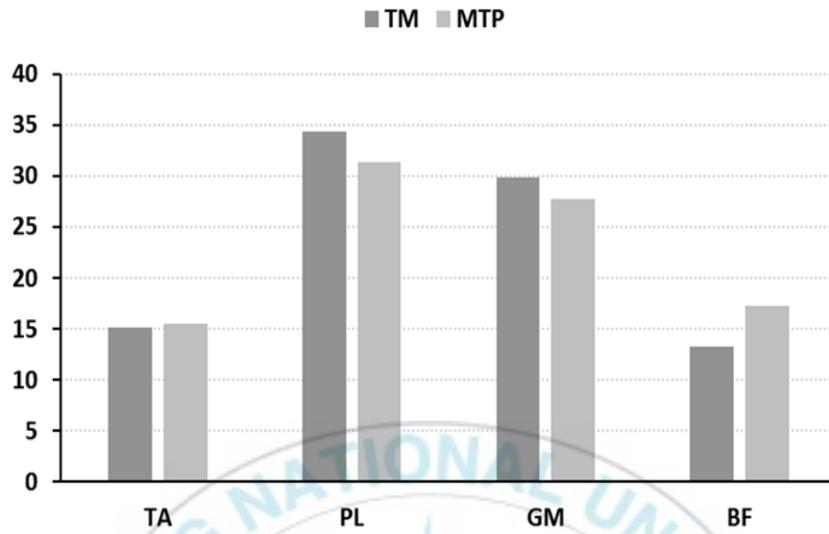


그림 16. 아마추어 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시  
 풋스트랩 위치에 따른 앞발 근활성도

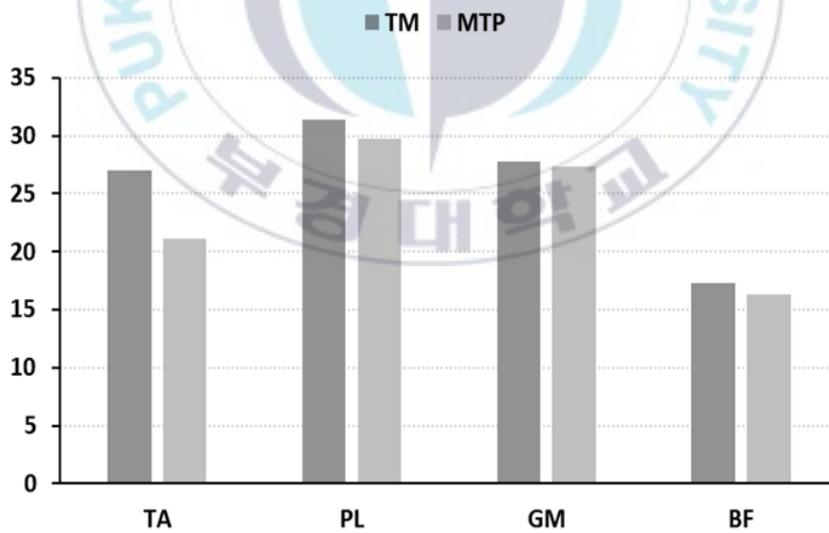


그림 17. 아마추어 윈드서퍼의 포트 방향 범주 시  
 풋스트랩 위치에 따른 뒷발 근활성도

## 2. 플레이닝 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이

### 가. 스타보드 방향(Starboard Tack) 범주 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이

경기력에 따른 하지 근활성도 차이를 확인하기 위해 독립  $t$ -검정(Independent  $t$ -test) 또는 맨-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. <표 9>는 스타보드 방향 범주 중 TM풋스트랩을 사용한 엘리트와 아마추어 윈드서퍼의 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발에서는 아마추어의 안쪽장딴지근( $23.67 \pm 26.65\%MVIC$ )과 넙다리두갈래근( $14.47 \pm 8.95\%MVIC$ )의 근활성도가 엘리트서퍼(각각  $5.46 \pm 2.49\%MVIC$ 와  $4.78 \pm 4.45\%MVIC$ )보다 높게 나타났으나(각각  $Z = -2.143$ ,  $p = .032$ 와  $t = -2.534$ ,  $p = .028$ ; 그림 18), 뒷발에서는 경기력에 따른 집단 간 근활성도 차이를 보이지 않았다(그림 19).

표 9. 스타보드 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 (단위: %MVIC)

구분		Elite	Amateur	$t(p)/Z(p)$	
TM	Front	TA	25.33±17.98	22.61±15.49	-0.143 <sup>S</sup> (.886)
		PL	17.64±12.52	22.12±12.37	-0.647(.531)
	Leg	GM	5.46±2.49	23.67±26.65	-2.143 <sup>S</sup> (.032)
		BF	4.78±4.45	14.47±8.95	-2.534(.028)
	Rear	TA	23.77±16.55	25.79±26.19	-0.169(.869)
		PL	15.75±7.30	27.64±17.65	-1.635(.130)
		GM	12.69±14.29	34.02±24.85	-1.714 <sup>S</sup> (.086)
		BF	14.74±10.62	20.28±16.56	-0.729(.481)

§: non-parametric statistics

TM:Tarsometatarsal joint, TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris



그림 18. 스타보드 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도

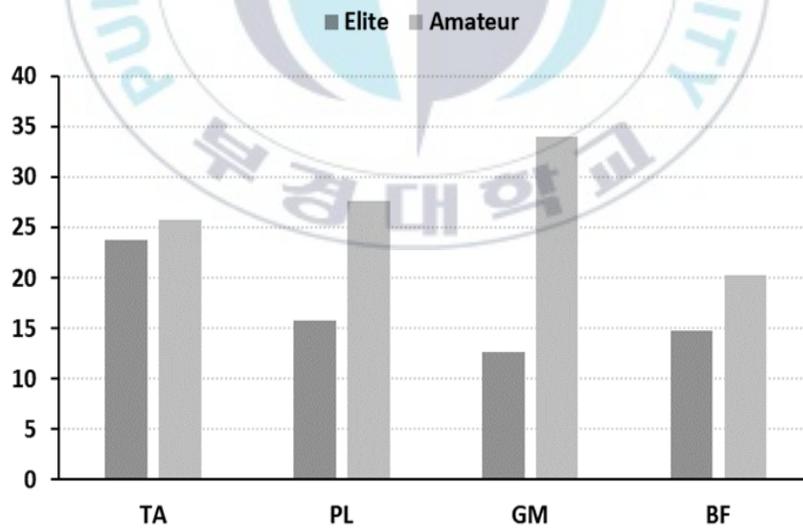


그림 19. 스타보드 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도

<표 10>는 스타보드 방향 범주 중 MTP풏스트랩을 사용한 엘리트와 아마추어 윈드서퍼의 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발에서는 아마추어의 넙다리두갈래근 근활성도(10.60±12.33%MVIC)가 엘리트서퍼(4.02±4.44%MVIC)보다 높게 나타났으나( $Z=-2.000$ ,  $p=.046$ ; 그림 20), 뒷발에서는 경기력에 따른 집단 간 근활성도 차이를 보이지 않았다(그림 21).

표 10. 스타보드 방향 범주 중 MTP풏스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 (단위: %MVIC)

구분		Elite	Amateur	$t(p)/Z(p)$
MTP	TA	30.64±11.39	18.86±18.06	1.430(.181)
	Front PL	22.80±22.45	26.11±16.00	-1.000 <sup>§</sup> (.317)
	Leg GM	7.95±7.46	26.45±30.99	-1.571 <sup>§</sup> (.116)
	BF	4.02±4.44	10.60±12.33	-2.000 <sup>§</sup> (.046)
	TA	23.72±19.79	23.72±26.76	0.001(.999)
	Rear PL	22.62±13.91	30.61±19.89	-0.850(.413)
	Leg GM	22.90±20.38	37.26±33.43	-0.952(.362)
	BF	23.78±20.37	25.85±22.89	-0.172(.866)

§: non-parametric statistics

MTP:Metatarsophalangeal joint, TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris



그림 20. 스타보드 방향 범주 중 MTP풏스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도



그림 21. 스타보드 방향 범주 중 MTP풏스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도

나. 포트 방향(Port Tack) 범주 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이

<표 11>는 포트 방향 범주 중 TM풋스트랩을 사용한 엘리트와 아마추어 윈드서퍼의 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발에서는 엘리트서퍼의 앞정강인근 근활성도(30.85±11.06%MVIC)가 아마추어(15.14±23.25%MVIC)보다 높게 나타났으나( $Z=-2.000, p=.046$ ), 안쪽장딴지근에서는 아마추어의 근활성도(29.87±25.85%MVIC)가 엘리트서퍼(7.90±5.60%MVIC)보다 높게 나타났다( $Z=-2.205, p=.050$ ; 그림 22). 뒷발에서는 아마추어의 안쪽장딴지근 근활성도(34.60±25.63%MVIC)가 엘리트서퍼(7.57±4.56%MVIC)보다 높게 나타났다( $Z=-2.549, p=.049$ ; 그림 23).

표 11. 포트 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 (단위: %MVIC)

구분		Elite	Amateur	$t(p)/Z(p)$	
TM	Front	TA	30.85±11.06	15.14±23.25	-2.000 <sup>§</sup> (.046)
		PL	23.16±19.35	34.34±31.83	-0.779(.452)
	Leg	GM	7.90±5.60	29.87±25.85	-2.205 <sup>§</sup> (.050)
		BF	6.65±7.38	13.29±14.20	-1.571(.116)
	Rear	TA	26.51±13.21	26.95±26.04	-0.037(.971)
		PL	18.90±12.79	29.08±22.00	-1.040(.321)
		GM	7.57±4.56	34.60±25.63	-2.549 <sup>§</sup> (.049)
		BF	14.74±12.38	23.17±22.09	-0.867(.405)

§: non-parametric statistics

TM:Tarsometatarsal joint, TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus, GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

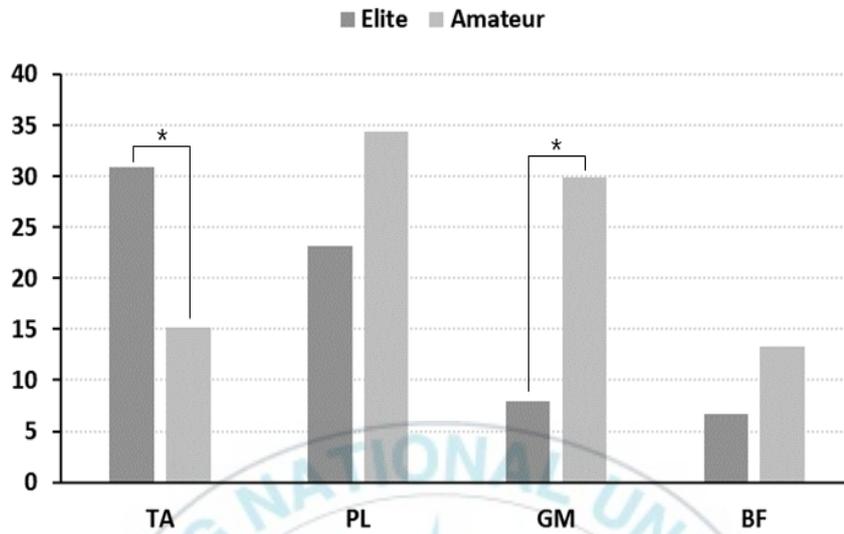


그림 22. 포트 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도

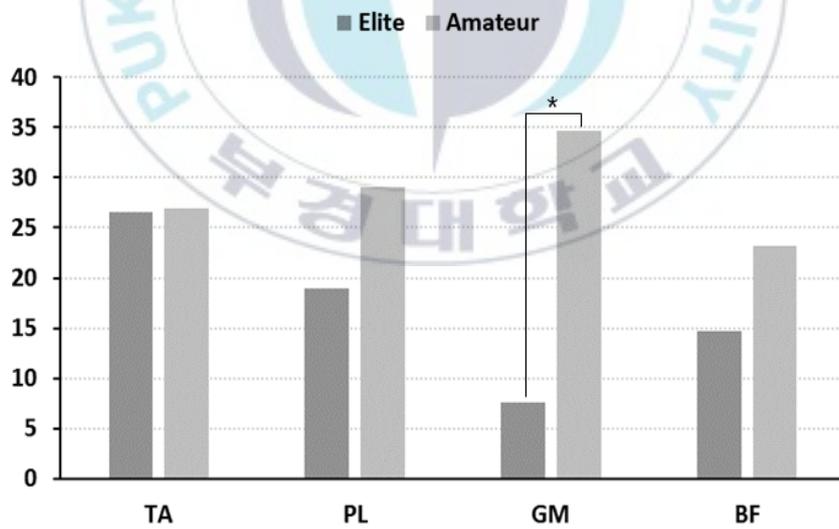


그림 23. 포트 방향 범주 중 TM풋스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도

<표 12>는 포트 방향 범주 중 MTP풏스트랩을 사용한 엘리트와 아마추어 윈드서퍼의 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발에서는 엘리트서퍼의 앞정강이근(28.11±11.93%MVIC)이 아마추어(15.55±16.36%MVIC)보다 높게 나타났으나( $Z=-2.000$ ,  $p=.046$ ), 아마추어의 안쪽장딴지근(27.80±15.03% MVIC)과 넓다리두갈래근 근활성도(17.32±13.52%MVIC)는 엘리트서퍼(각각 5.48±2.94% MVIC와 4.65±3.48%MVIC)보다 높게 나타났다(각각  $t=-3.579$ ,  $p=.014$  와  $t=-2.403$ ,  $p=.035$ ; 그림 24). 뒷발에서는 경기력에 따른 집단 간 근활성도 차이를 보이지 않았다(그림 25).

표 12. 포트 방향 범주 중 MTP풏스트랩 사용 시 경기력에 따른 하지 근활성도 차이 (단위: %MVIC)

구분		Elite	Amateur	$t(p)/Z(p)$	
MTP	Front	TA	28.11±11.93	15.55±16.36	-2.000 <sup>§</sup> (.046)
		PL	18.67±13.04	31.37±19.64	-1.000 <sup>§</sup> (.317)
	Leg	GM	5.48±2.94	27.80±15.03	-3.579(.014)
		BF	4.65±3.48	17.32±13.52	-2.403(.035)
Rear	Leg	TA	20.49±14.77	21.06±22.45	-0.055(.957)
		PL	15.79±8.20	29.78±20.87	-1.641(.129)
	Leg	GM	15.37±18.94	27.33±19.48	-1.143 <sup>§</sup> (.253)
		BF	16.14±10.16	16.25±16.97	-0.015(.988)

§: non-parametric statistics

MTP:Metatarsophalangeal joint, TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

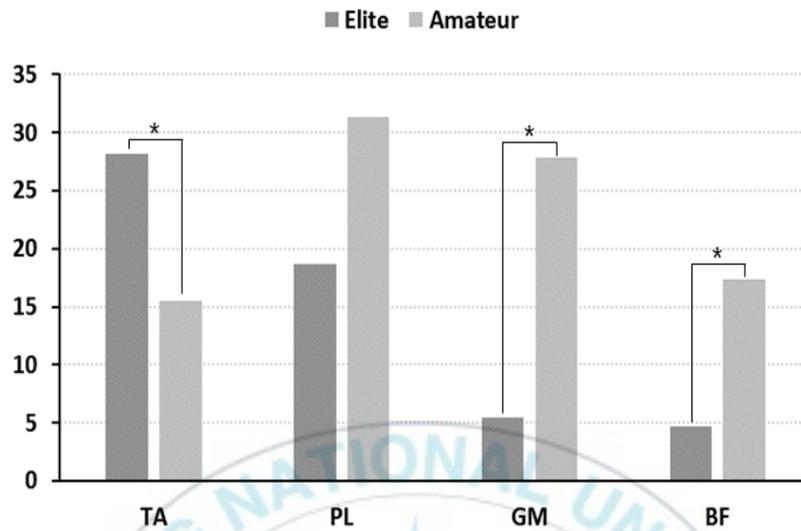


그림 24. 포트 방향 범주 중 MTP풏스트랩 사용 시 경기력에 따른 앞발 근활성도

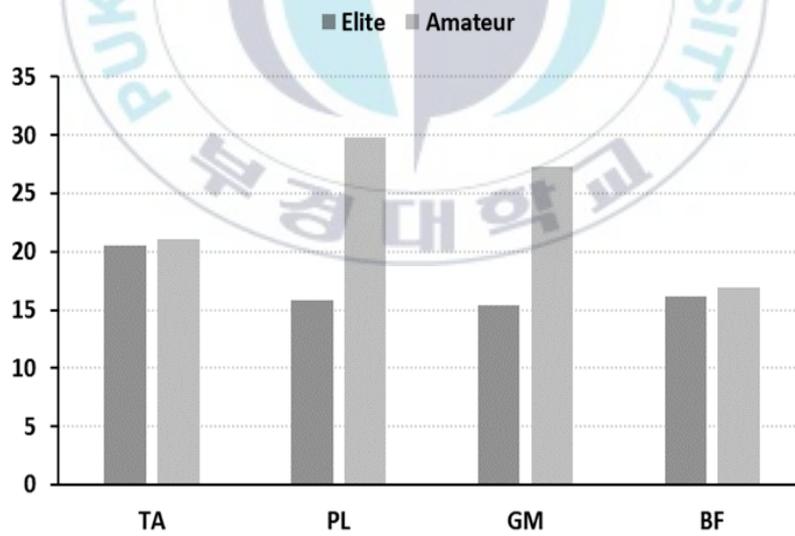


그림 25. 포트 방향 범주 중 MTP풏스트랩 사용 시 경기력에 따른 뒷발 근활성도

### 3. 범주 방향(tack)에 따른 하지 근활성도 차이

#### 가. 엘리트 윈드서퍼의 범주 방향(Tack)에 따른 하지 근활성도 차이

범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 13>은 엘리트 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발과 뒷발에서 TM과 MTP풏스트랩을 사용한 경우 모두 범주 방향에 따른 유의한 근활성도 차이를 보이지 않았다(그림 26; 그림 27; 그림 28; 그림 29).

표 13. 엘리트 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이

구분		TA <sup>a</sup>	PL <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	BF <sup>d</sup>
TM	Front Starboard	25.33±17.98	17.65±12.52	5.46±2.49	4.78±4.45
	Leg Port	30.85±11.03	23.16±19.35	7.90±5.60	6.65±7.38
	<i>t(p)/Z(p)</i>	-0.812(.448)	-0.882(.412)	-1.300(.241)	-0.676 <sup>\$</sup> (.499)
	Rear Starboard	23.77±16.55	15.75±7.30	12.69±14.29	14.74±10.62
	Leg Port	26.51±13.21	18.90±12.79	7.57±4.56	14.74±12.29
<i>t(p)/Z(p)</i>	-0.655(.537)	-1.016(.349)	-0.845 <sup>\$</sup> (.398)	-0.003(.998)	
MTP	Front Starboard	30.64±11.39	22.80±22.45	7.95±7.46	4.02±4.44
	Leg Port	28.11±11.93	18.67±13.04	5.48±2.94	4.65±3.48
	<i>t(p)/Z(p)</i>	0.451(.668)	-0.169 <sup>\$</sup> (.866)	-0.338 <sup>\$</sup> (.735)	-1.014 <sup>\$</sup> (.310)
	Rear Starboard	23.72±19.79	22.62±13.91	22.90±20.38	23.78±20.37
	Leg Port	20.49±14.77	15.79±8.20	15.37±18.94	16.14±10.16
<i>t(p)/Z(p)</i>	0.229(.828)	0.072(.946)	-0.507 <sup>\$</sup> (.612)	-0.845 <sup>\$</sup> (.398)	

\$: non-parametric statistics

MTP:Metatarsophalangeal joint, TM:Tarsometatarsal joint,

TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

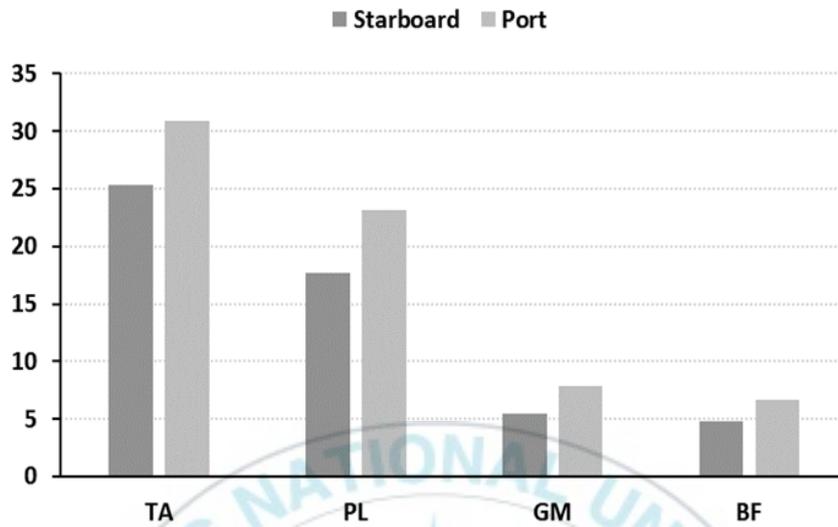


그림 26. 엘리트 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도

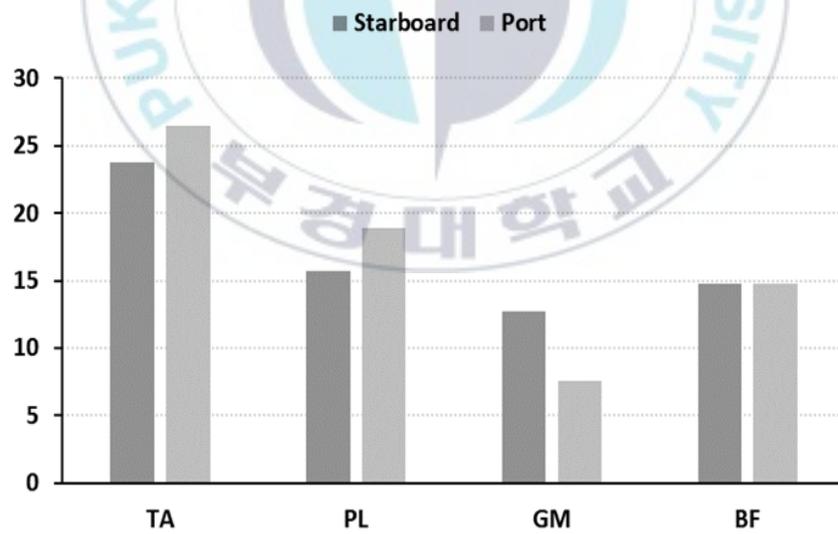


그림 27. 엘리트 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도

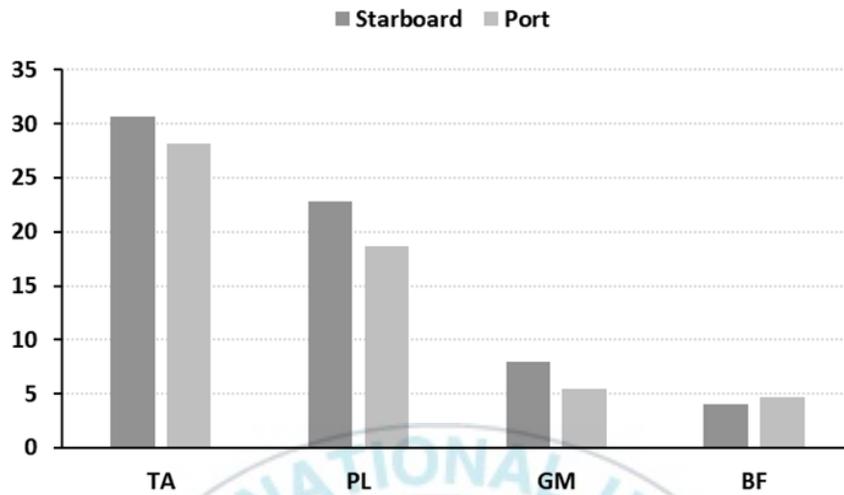


그림 28. 엘리트 윈드서퍼의 MTP풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도

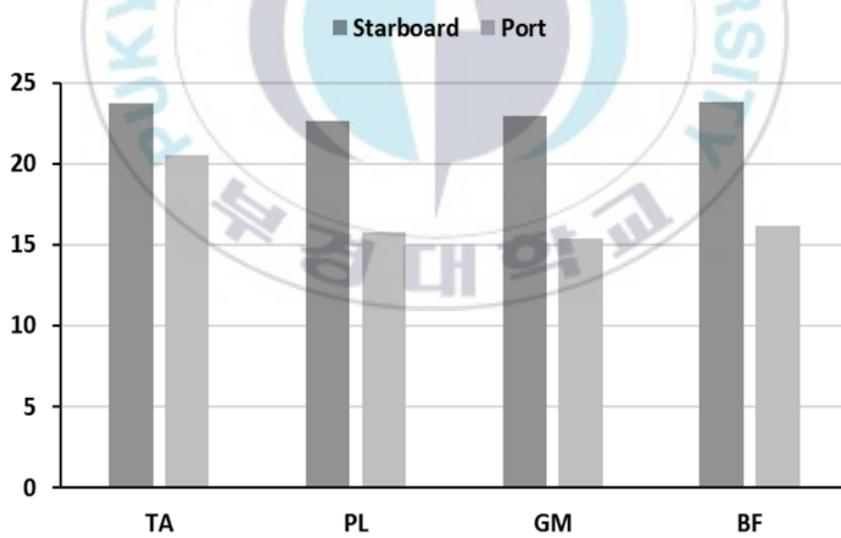


그림 29. 엘리트 윈드서퍼의 MTP풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도

나. 아마추어 윈드서퍼의 범주 방향(Tack)에 따른 하지 근활성도 차이

<표 14>는 아마추어 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이를 확인한 결과이다. 앞발과 뒷발에서 TM과 MTP풏스트랩을 사용한 경우 모두 범주 방향에 따른 유의한 근활성도 차이를 보이지 않았다(그림 30; 그림 31; 그림 32; 그림 33).

표 14. 아마추어 윈드서퍼의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이

(단위: %MVIC)

구분		TA <sup>a</sup>	PL <sup>b</sup>	GM <sup>c</sup>	BF <sup>d</sup>
TM	Front Starboard	22.61±15.49	22.12±12.37	23.67±26.65	14.47±8.95
	Leg Port	15.14±23.25	34.34±31.83	29.87±25.85	13.29±14.20
	<i>t(p)/Z(p)</i>	-1.153 <sup>\$</sup> (.249)	-0.829(.445)	-0.524 <sup>\$</sup> (.600)	-0.943 <sup>\$</sup> (.345)
	Rear Starboard	25.79±26.19	27.64±17.65	34.02±24.85	20.28±16.56
	Leg Port	26.95±26.04	29.08±22.00	34.60±25.63	23.17±22.09
	<i>t(p)/Z(p)</i>	-0.115(.913)	-0.225(.831)	-0.104(.921)	-0.941(.390)
MTP	Front Starboard	18.86±18.06	26.11±16.00	26.45±30.99	10.60±12.33
	Leg Port	15.55±16.36	31.37±19.64	27.80±15.03	17.32±13.52
	<i>t(p)/Z(p)</i>	-0.734 <sup>\$</sup> (.463)	-0.455(.668)	-0.314 <sup>\$</sup> (.753)	-1.153 <sup>\$</sup> (.249)
	Rear Starboard	23.72±26.76	34.34±31.83	37.26±33.43	25.85±22.89
	Leg Port	21.06±22.45	29.78±20.87	27.33±19.48	16.25±16.97
	<i>t(p)/Z(p)</i>	0.229(.828)	0.072(.946)	1.019(.355)	1.090(.325)

\$: non-parametric statistics

MTP:Metatarsophalangeal joint, TM:Tarsometatarsal joint,

TA:Tibialis Anterior, PL:Peroneus longus,

GM:Gastrocnemius Medial, BF:Biceps femoris

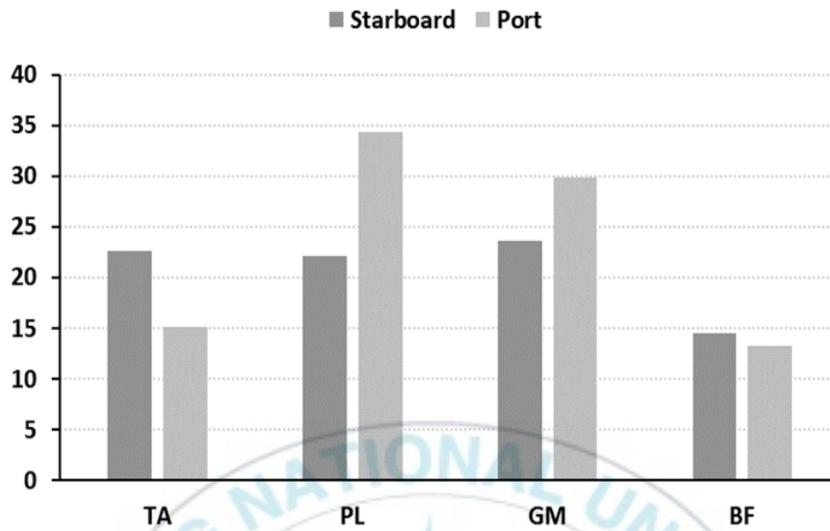


그림 30. 아마추어 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도

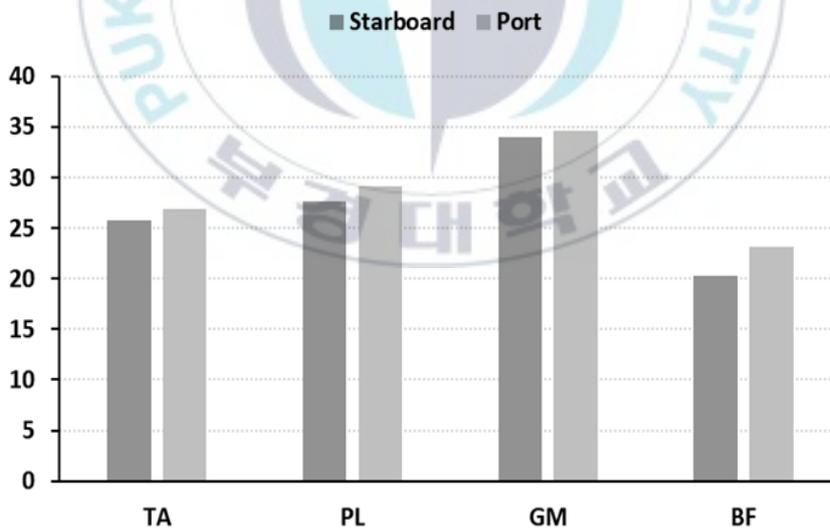


그림 31. 아마추어 윈드서퍼의 TM풋스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도

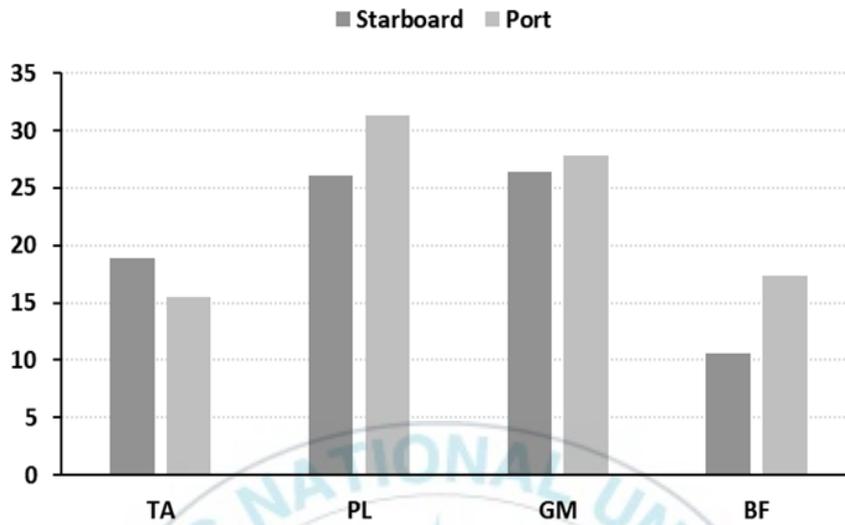


그림 32. 아마추어 윈드서퍼의 MTP풏스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 앞발 근활성도

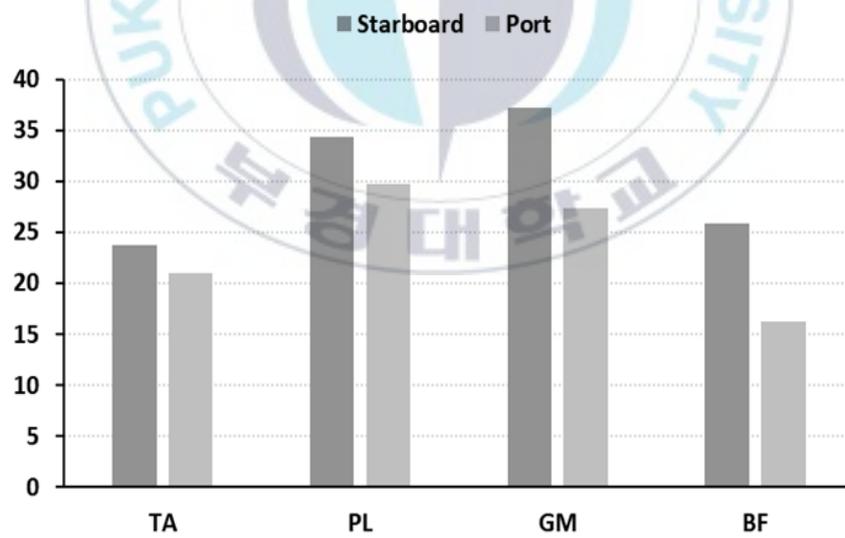


그림 33. 아마추어 윈드서퍼의 MTP풏스트랩 사용 시 범주 방향에 따른 뒷발 근활성도

## V. 논의

본 연구는 실업팀 소속으로 활동 중인 엘리트 윈드서퍼 7명과 부산광역시 윈드서핑 동호회에 활동 중인 아마추어 윈드서퍼 6명을 대상으로 플레이닝 시 하지 근활성도를 확인하여 풋스트랩 위치 및 경기력에 따른 차이를 비교분석하였다. 그 결과, 스타보드와 포트 방향 범주 중 풋스트랩 위치와 상관없이 엘리트 집단에서 앞정강이근과 긴종아리근이 안쪽장딴지근 또는 넓다리두갈래근보다 높은 근활성도를 나타내었고 아마추어 집단에서는 근육간 차이를 나타내지 않았다. 하지만 아마추어 집단은 범주 방향과 상관없이 앞발에서 안쪽장딴지근 또는 넓다리두갈래근의 근활성도 사용이 엘리트 집단보다 높은 것으로 나타났다. 풋스트랩 위치에 따른 근활성도는 앞발과 뒷발 그리고 범주 방향에 상관없이 유의한 차이를 보이지 않았다.

최근 각 종목의 동호인들은 엘리트 선수 못지않은 상당한 수준의 실력을 갖추게 되었으나, 체계적인 교육과 지도가 부족한 실정이며(Deleciuse et al., 2001), 원리의 이해 차이로 동작을 모방하여 잘못된 동작을 만들어낸다고 하였다. 본 연구에서 근전도 장비를 사용해 동작의 차이를 가늠할 수는 없으나 근활성도의 양상을 확인하고 비교하는 것으로 개선점을 찾을 수 있을 것으로 생각된다. 비전문 스노우보더와 전문 스노우보더를 대상으로 백 턴과 프런트 턴 동안 넓적다리곧은근, 앞정강이근, 넓다리두갈래근, 장딴지근의 근활성도 차이를 비교한 연구(박선우, 안순재, 차백동, 김영호, 2015)에 따르면 비전문 스노우보더와 전문 스노우보더의 넓적다리곧은근에서 유의한 근활성도 차이를 보였으며, 태권도 숙련자와 비숙련자의 근활성도 차이를 비교한 연구(권태원, 조혜수, 유병호, 2020)에서 옆차기 시 집단 간 앞정강이근, 장딴지근, 넓다리두갈래근, 넓적다리곧은근의 유의한 근활성도 차이를

보였다. 본 연구결과 또한 엘리트 윈드서퍼와 아마추어 윈드서퍼의 플레이  
 링 시 하지 근활성도는 유의한 차이를 나타내었으며, 특히 아마추어 집단에  
 서 안쪽장딴지근 또는 넓다리두갈래근이 유의하게 높은 근활성도를 나타내  
 었다. 비숙련자 집단에서 높은 근활성도가 나타나는 이유는 안정적인 자세  
 를 유지하기 위해 주동근과 협응근이 아닌 상대적으로 큰 근육을 사용해 움  
 직임을 모방했기 때문이라 하였고(전현식, 이호성, 2015), 본 연구결과 또한  
 유사한 이유로 집단 간 유의한 차이가 나타난 것으로 생각된다. 주동근과  
 협응근으로 만들어진 동작이 아닌 모방으로 만들어진 동작은 결과적으로 수  
 행능력을 저하시키는 데에 영향을 미친다고 하였으며(권태원, 조혜수, 유병  
 호, 2020; Homan, Norcross, Goerger, Prentice & Blackburn, 2013). 본 연  
 구결과를 통해 풋스트랩을 사용하는 주동근과 협응근의 이해를 도울 수 있  
 을 것으로 생각된다. 한편 변화하는 자연조건과 불안정한 지면에서의 보드  
 조절을 위해 윈드서퍼는 지속적으로 균형(balance ability)을 유지해야 한다  
 (신승우, 박태진, 서국은, 2018). 불안정한 지면에서 균형유지를 위한 관절들  
 의 운동은 하지와 체간 근육의 상호작용에 의해 조절되며(Shimada, Obuchi,  
 Kamide, Shiba & Okamoto, 2003), 기울기의 변화가 다소 적을 때 발목관절  
 주변의 근육이 균형을 유지하기 위해 사용되는 것을 발목전략(ankle  
 strategy)이라고 하며, 변화가 큰 때에 엉덩관절 주변 근육이 균형유지를 위  
 해 사용되는 것을 엉덩전략(hip strategy)이라고 한다(Horak & Nashner,  
 1986). 발목전략은 균형을 유지하기 위해 능동적으로 대응할 경우 발바닥과  
 발등굽힘근의 동심성 수축이 발목관절 움직임에 직접적으로 관여하게 되면  
 서 높은 근활성도를 확인할 수 있다고 하였으며(Seo, Jung, Jung & Lim,  
 2018), 본 연구에서 엘리트집단의 앞정강이근과 긴종아리근의 근활성도가  
 안쪽장딴지근 또는 넓다리두갈래근보다 높게 나타난 것과, 아마추어 집단보  
 다 높은 앞정강이근의 근활성도는 엘리트집단이 발목전략을 사용하여 능동

적으로 평형을 유지하는 것으로 생각할 수 있다. 또한 아마추어 집단의 안쪽장딴지근과 넓다리두갈래근의 근활성도가 엘리트 집단보다 높게 나타나는 것은 평형 유지가 어려울수록 발목보다는 큰 근육을 사용한다는 연구(김진해, 2012; Cornillon et al., 2002; Homan et al., 2013)와 유사한 결과라고 생각되며, 특히 넓다리두갈래근의 근활성도는 엉덩전락을 사용해 균형을 유지한다고 생각할 수 있다. 균형유지를 위해 나타나는 전략의 차이는 대응의 차이가 능동적인지 수동적인지에 따른 차이라고 언급하였으며(Seo et al., 2018), 본 연구결과는 집단 간 전략의 차이가 근활성도에 차이를 나타내는 것으로 생각할 수 있다.

플레이닝은 10노트(시속 약 19km)가 넘는 바람에서 보드를 빠른 속도로 추진시키는 방법으로 상체를 보드 밖으로 기울이고 양발을 풋스트랩에 고정하면서(Feletti, 2017), 발목관절은 발바닥굽힘되고, 보드를 추진하는 방향에 위치한 앞발은 뒷발과는 달리 외회전 된 상태로 비틀림모멘트를 유지하며 체중을 지지한다고 하였다(Philbin, 2014). 본 연구 결과에서 풋스트랩 위치와 상관없이 엘리트 집단의 앞발에서 하지 근활성도는 앞정강이근과 긴종아리근이 안쪽장딴지근 또는 넓다리두갈래근보다 높은 근활성도를 보였으며, 포트 범주 중 유일하게 발목발허리관절에서 풋스트랩을 사용하는 동안 앞정강이근과 긴종아리근이 안쪽장딴지근보다 높은 근활성도 차이를 보였다. 이러한 이유는 플레이닝 동안 앞정강이근 또는 긴종아리근을 사용해 보드와 몸을 고정시키는 것으로 생각할 수 있으며, 이러한 양상이 뒷발보다 앞발에서 많이 나타나는 이유는 플레이닝 동안 범주 하는 방향을 확인하고 보드의 앞머리(bow)가 추진 속력과 파도에 의해 뜨지 않도록 상체를 범주 방향으로 기울기 때문이라고 생각되며, 앞발을 외회전시키는 것과는 관련이 있을 것으로 생각된다. 아마추어 집단의 하지 근육 간 유의한 차이는 나타나지 않았으나 집단 간 비교와 전반적인 근활성도 결과 하지의 모든 근육이 범주

방향과 풋스트랩 위치와 상관없이 엘리트 집단에 비해 높게 활동하는 양상을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 앞서 말한 비숙련자 집단에서 숙련자 집단보다 크고 많은 근육을 동원한다는 연구(박종성, 유동훈, 김아람, 이호성, 2018; 전현식, 이호성, 2015)와 유사한 결과라고 생각할 수 있다.

풋스트랩은 개인의 감각과 선호도에 따라 다양하게 사용되고 있으며 가장 대표적으로 발허리발가락관절과 발목발허리관절에서 사용되고 있다. Hetsroni et al., (2006)에 따르면 발목발허리관절에서 풋스트랩을 사용할 경우 발목의 모멘트만 발생하게 되지만, 발허리발가락관절에서 풋스트랩을 사용할 경우에는 발목과 발가락에서 모멘트가 발생하게 되어 발의 부담이 증가한다고 하였다. 하지만 발의 부담을 줄일 수 있는 풋스트랩 위치에 대한 연구는 부족한 실정으로 본 연구는 풋스트랩이 하지 근육에 미치는 영향에 대한 평가를 위해 위치에 따른 하지 근활성도를 확인하고자 하였다. 그러나 연구결과 각 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도의 유의한 차이는 엘리트 윈드서퍼와 아마추어 윈드서퍼 모두에서 보이지 않는데 이러한 이유는 발목 발허리관절에서 풋스트랩을 사용하는 경우 발목 모멘트가 앞정강이근, 긴엄지편근, 긴발가락편근, 셋째 종아리근을 통해 발등굽힘을 발생시키고 긴종아리근, 짧은종아리근, 장딴지근, 가자미근, 뒤정강근, 긴엄지굽힘근, 긴발가락굽힘근을 통해 발바닥굽힘을 발생시킨다. 하지만 발허리발가락관절에서 풋스트랩을 사용하는 경우 추가적으로 사용되는 발가락 모멘트는 짧은발가락굽힘근, 엄지모음근, 짧은엄지굽힘근, 새끼굽힘근으로 발가락굽힘을 발생시키고 짧은발가락편근을 사용하여 발가락굽힘을 발생시키게 된다(Mansfield & Neumann, 2013). 즉, 본 연구에서 선정한 앞정강이근, 긴종아리근, 안쪽 장딴지근, 넓다리두갈래근은 각 풋스트랩을 사용하는 동안 발현되는 근육을 대표하지 못하였고 따라서 각 풋스트랩 위치에 따른 차이를 확인할 수 없었던 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 사용된 표면전극은 피부 표면에 위

치한 근활성도를 기록하는데 특화되어 있으나 발가락 모멘트 근육은 발등의 심부(deep)에 위치하였고 표면전극을 이용한 연구에서 심부에 위치한 근육의 측정에는 어려움이 있다고 한다(원형진, 오창석, 2018). 심부 근육의 근활성도를 수집하기 위해서는 가는 전선전극 또는 바늘전극을 사용해야 하지만 피하로 바늘을 직접 삽입하여 근육의 근활성도를 수집하기 때문에 동적인 활동을 측정하는 데에 제약이 뒤따르고, 의료 면허를 소지한 사람만이 침습적인 방법의 적용가능하다고 한다(Kim et al., 2013). 따라서 발의 부담을 줄일 수 있는 풋스트랩 위치를 확인하기 위해, 발가락 모멘트 근육을 수집하는 방법보다 다양한 하지 근육을 선정하여 풋스트랩 위치에 따른 차이를 확인한다면 풋스트랩 위치에 따른 유의한 차이를 확인할 수 있을 것으로 생각 된다.

윈드서핑 경기는 때때로 바람을 거슬러 오르며 코스를 진행하게 되며 바람을 거슬러 올라 목표한 마크에 도달하기 위해서는 스타보드 방향과 포트 방향 모두 최고의 기량과 조절능력이 요구된다. 따라서 스타보드 방향과 포트 방향의 근활성도 비교는 각 방향의 근육사용 정도와 차이를 가늠할 수 있다. 하지만 본 연구결과 스타보드와 포트 방향 앞발과 뒷발 모두에서 하지 근활성도 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 시뮬레이터에서 윈드서핑 동안 근활성도 및 심박수를 기록한 연구(Buchanan et al., 1996)에서 전반적인 물리적 부하가 실제 상황보다 크지 못하고 준정적인 연구로 진행되었기 때문에, 같은 해 실제 물 위에서 동적인 움직임 동안 근활성도와 심박수를 기록한 연구(Dyson et al., 1996)보다 현저하게 낮은 심박수를 확인한 것과 관련이 있다고 생각된다. 본 연구 또한 물리적 부하가 실제 상황보다 크지 못하였고, 준정적인 연구로 진행되어 범주 방향이 하지 근활성도에 영향을 미치지 않은 것으로, 바람의 영향과 파도의 영향과 같은 외부적인 환경이 적용된다면 범주 방향에 따른 유의미한 차이를 보일 것으로 생각된다.

더불어 플레이닝 시 보조장비의 사용으로 인해 상지보다 하지의 역할이 강조된다고 하였으나(Walls & Gale, 2001; Kristen et al., 2007), 본 연구결과 하지 근활성도는 MVIC의 5~30% 수준으로 펌핑 동안 근활성도를 기록한 연구(Buchanan et al., 1996)의 하지 근활성도와 비슷한 근활성도를 확인할 수 있었다. 이러한 이유는 앞서 언급한 이유와 마찬가지로 외부적인 환경을 연출하지 못한 것과 관련이 있다고 생각된다.

윈드서핑은 물과 바람이 있는 곳 어디서나 즐길 수 있는 해양스포츠로 바람을 거슬러 오르며 시속 60~70km의 속력을 낼 수 있다. 1967년 윈드서핑이 탄생한 이후 짧은 기간 동안 급속히 발전되어 1984년 LA올림픽 정식 종목으로 채택되었고 현재까지 윈드서핑의 인기는 계속되고 있으나 장비의 발전뿐 동작을 이해하기 위한 과학적인 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 윈드서퍼의 경기력 향상과 윈드서핑 트레이닝 프로그램에 기초자료를 제공하기 위해 플레이닝 시 윈드서퍼의 하지 근활성도를 비교분석하였다. 하지만 본 연구는 충분한 대상자 수를 확보하지 못하였고, 하지 근활성도에만 초점을 맞추어 설계와 분석을 수행하였으며 외부적인 영향을 연출하지 못하였다. 그럼에도 불구하고 이러한 한계점을 보완하여 추가적인 연구가 진행된다면 풋스트랩을 사용하는 근활성도에 대한 정보를 보다 명확하게 규명할 수 있을 것으로 판단된다.

## VI. 결론 및 제언

본 장에서는 연구결과와 논의를 통해 얻어진 최종적인 결론을 요약, 제시하였으며 연구의 수행과정을 통하여 나타난 문제점을 토대로 후속연구를 위한 발전적인 제언을 하였다.

### 1. 결론

본 연구는 윈드서퍼의 풋스트랩 위치와 경기력에 따른 하지 근활성도 차이를 비교분석하기 위해 실업팀 소속으로 활동 중인 7명의 엘리트 윈드서퍼와 동호회에 활동 중인 아마추어 윈드서퍼 6명을 대상으로 윈드서핑 시뮬레이터에서 플레이닝 동안 앞정강이근, 긴종아리근, 안쪽장딴지근, 넙다리두갈래근의 근활성도를 확인하여 비교분석하였다.

그 결과는 다음과 같다.

첫째, 엘리트 집단과 아마추어 집단의 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이는 범주 방향과 앞·뒷발 모두에서 발견하지 못하였다.

둘째, 엘리트 집단은 범주 방향과 풋스트랩 위치와 상관없이 앞발에서 앞정강이근 또는 긴종아리근의 근활성도가 안쪽장딴지근 또는 넙다리두갈래근보다 높게 나타났으며, 아마추어 집단은 유의한 차이를 보이지 않았다.

셋째, 엘리트 집단은 범주 방향과 풋스트랩 위치와 상관없이 앞발에서 앞

정강이근의 사용이 아마추어 집단보다 높은 것으로 나타났으며, 아마추어 집단은 범주 방향과 풋스트랩 위치와 상관없이 앞발의 안쪽장딴지근 또는 넓다리두갈래근의 근활성도 사용이 엘리트 집단보다 높은 것으로 나타났다.

넷째, 엘리트 집단과 아마추어 집단의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이는 풋스트랩 위치와 앞·뒷발 모두에서 발견하지 못하였다.

본 연구에서 확인된 결과는 하지 근활성도에 초점을 맞춘 결과로 명확한 차이를 규명할 수는 없으나, 엘리트 집단의 앞발에서 확인된 앞정강이근 또는 긴종아리근의 높은 근활성도는 보드조절 및 균형유지를 위해 발목전략을 사용하는 것을 확인할 수 있는 반면, 아마추어 집단의 앞발에서 나타난 안쪽장딴지근 또는 넓다리두갈래근의 높은 근활성도는 보드를 조절하고 균형을 유지하는데 주동근과 협응근이 아닌 상대적으로 큰 근육 사용하는 것과 발목전략이 아닌 무릎전략 또는 엉덩전략을 사용하는 것을 확인할 수 있다. 본 연구 결과를 바탕으로 플레이닝 동작을 이해하고 경기력 향상을 위한 훈련프로그램이 설계된다면 보다 효율적으로 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

## 2. 제언

본 연구는 윈드서퍼의 풋스트랩 위치와 경기력에 따른 하지 근활성도 차이를 비교분석하여 경기력 향상을 돕는 트레이닝 프로그램에 기초자료를 제공하는데 의의가 있다. 또한 장비의 발전뿐 장비를 사용하는 윈드서퍼의 움직임에 대한 과학적인 연구는 부족한 실정으로 본 연구를 통해 동작의 이해를 도울 수 있는 근활성도 정보를 제공하고자 하였다. 본 장에서는 연구수

행에 있어 제기될 수 있는 문제를 지적하고 차후 수행되어야 할 연구과제에 대해 다음과 같이 제언하였다.

첫째, 본 연구는 앞정강이근, 긴종아리근, 안쪽장딴지근, 넓다리두갈래근의 근육만을 선정하여 풋스트랩 위치에 따른 근활성도를 비교분석 하였으나, 풋스트랩 위치에 따른 차이를 확인하지 못하였다. 따라서 다양한 하지 근육을 통해 발의 부담을 줄일 수 있는 풋스트랩 위치를 규명하는 후속연구가 필요하다.

둘째, 본 연구는 육상 기반 시뮬레이터를 사용하여 하지 근활성도를 수집하였고 바람과 과도와 같은 외부적인 환경과 물리적인 부하를 연출하지 못하였다. 따라서 실제 환경과 같은 물리적 부하를 연출 하여 결과를 도출하는 후속연구가 필요하다.

셋째, 본 연구는 충분하지 못한 대상자를 통해 결과를 도출하였으므로, 명확한 결과를 확인하기 위해 충분한 대상자를 확보한 후속연구가 필요하다.

본 연구에서 확인된 한계점을 보완하여 추가적인 연구가 진행된다면 경기력 향상을 위한 트레이닝 프로그램에 보다 명확한 기초자료를 제공하고, 풋스트랩을 사용하는 동안 발현되는 근육을 규명하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

- 김진해 (2012). 동계 훈련 프로그램이 스키 선수들의 평형전략 및 운동조절 기능에 미치는 효과. **한국체육과학회지**, 21(1), 971-983.
- 권태원, 조혜수, 유병호 (2020). 태권도 앞 꼬아서기 자세의 옆차기 숙련자와 비숙련자의 근 활성화도 비교 분석. **한국체육과학회지**, 29(4), 1195-1204.
- 대한요트협회 (2020). “대한요트협회 공식 홈페이지” <http://www.ksaf.org>. (2020-10-14).
- 박만석 (2014). **엘리트 요트선수의 운동기능관련체력 및 등속성 근기능 특성**. 충남대학교 석사 학위 논문.
- 박선우, 안순재, 차백동, 김영호 (2015). 스노보드 시뮬레이터 운동 시 전문가와 비전문가의 하지 운동특성. **한국정밀공학회 학술발표대회 논문집**, 950-950.
- 박종성, 유동훈, 김아람, 이호성 (2018). 숙련자와 비숙련자 간의 진검 베기의 기본 동작별 근활성도 분석. **대학무도학회지**, 20(1), 31-42.
- 신승우, 박태진, 서국은 (2018). 윈드서핑 운동이 남자 대학생의 정적 균형능력과 발목근력에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 27(2), 1259-1267.
- 옥덕필 (2008). 윈드서핑 선수의 운동능력 지표와 경기력과의 관계. **스포츠과학연구논문집**, 26, 11-21.
- 이충일 (2007). 윈드서핑 동작유형별 압력분포 분석. **한국사회체육학회지**, 29, 481-489.
- 원형진, 오창석 (2018). 짧은발가락뿔근과 짧은엄지뿔근의 근육변이와 앞발목굴증후군. **해부·생물인류학**, 31(1), 35-39.
- 조찬호 (2015). 생활체육 : 수상레포츠의 꽃. **스포츠과학연구**, 131(4), 50-54.

- 전현식, 이호성 (2015). 숙련자와 비숙련자의 벤치프레스 운동 중에 강도별 근활성도, 근피로도 및 반복횟수의 비교. *한국운동생리학회*, 24(4), 339-405.
- Anthony, C. C., Brown, L. E., Coburn, J. W., Galpin, A. J., & Tran, T. T. (2016). Stance affects balance in surfers. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(3), 446-450.
- Bowerman, S. J., Smith, D. R., Carlson, M., & King, G. A. (2006). A comparison of factors influencing ACL injury in male and female athletes and non-athletes. *Physical Therapy in Sport*, 7(3), 144-152.
- Buchanan, M., Cunningham, P., Dyson, R. J., & Hurrion, P. D. (1996). Electromyographic activity of beating and reaching during simulated boardsailing. *Journal of sports sciences*, 14(2), 131-137.
- Buchhorn, T., Felder, J., Ziai, P., & Fehske, K. (2009). Orthopädische Checkliste: Windsurfing. *Sportorthopädie und Traumatologie*, 25(3), 45-46.
- Byrne, C. A., O'keeffe, D. T., Donnelly, A. E., & Lyons, G. M. (2007). Effect of walking speed changes on tibialis anterior EMG during healthy gait for FES envelope design in drop foot correction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(5), 605-616.
- Campillo, P., Leszczynski, B., Marthe, C., & Hespel, J. M. (2007). Electromyographic analysis on a windsurfing simulator. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 135-141
- Cornillon, E., Blanchon, M. A., Ramboatsisetraina, P., Braize, C., Beauchet, O., Dubost, V., Gonthier, P., & Gonthier, R. (2002). Effectiveness of falls prevention strategies for elderly subjects who

- live in the community with performance assessment of physical activities (before-after). In *Annales de readaptation et de medecine physique: revue scientifique de la Societe francaise de reeducation fonctionnelle de readaptation et de medecine physique*, 45(9), 493-504.
- Delecluse, C., Coeckelberghs, T., & Vranken, R. (2001). Effects of the different position of the feet in slalom and freestyle snowboarding on muscle activity of knee extensors. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, 13(2), 135-163.
- Dyson, R. J., Buchanan, M., Farrington, T. A., & Hurrion, P. D. (1996). Electromyographic activity during windsurfing on water. *Journal of sports sciences*, 14(2), 125-130.
- Encyclopædia Britannica. (2021). "An official website of Encyclopædia Britannica" <https://www.britannica.com/sports/windsurfing>. (2021-01-10).
- Encyclopedia Wikipedia. (2021). "An official website of Encyclopedia Wikipedia" <https://en.wikipedia.org/wiki/Windsurfing>. (2021-01-09).
- Feletti, F. (2017). Windsurfing Medicine. *Extreme Sports Medisine*, 18(17), 257-274.
- Hertel, J., Earl, J. E., Tsang, K. K. W., & Miller, S. J. (2004). Combining isometric knee extension exercises with hip adduction or abduction does not increase quadriceps EMG activity. *British journal of sports medicine*, 38(2), 210-213.
- Hetsroni, I., Mann, G., Ayalon, M., Frankl, U., & Nyska, M. (2006).

- Extensor digitorum longus tendonitis in windsurfing due to footstrap fixation. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(1), 74-75.
- Hoeger, W. W., Hopkins, D. R., Barette, S. L., & Hale, D. F. (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 4(2), 47-54.
- Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of neurophysiology*, 55(6), 1369-1381.
- Homan, K. J., Norcross, M. F., Goerger, B. M., Prentice, W. E., & Blackburn, J. T. (2013). The influence of hip strength on gluteal activity and lower extremity kinematics. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(2), 411-415.
- International Windsurfing Association. (2021). "An official website of International Windsurfing Association" [http://www.internationalwindsurfing.com/windsurfing\\_competition\\_0395v01.htm](http://www.internationalwindsurfing.com/windsurfing_competition_0395v01.htm). (2021-01-09).
- Jaszczur-Nowicki, J. (2004). The cardiorespiratory responses and energy expenditure of windsurfers during cycle ergometer and windsurfing simulator exercise Tests. *Journal of Human Kinetics*, 12, 147-154.
- Kim, T. W., Gong, S. J., Gil, S. G., Park, J., Jeon, H., Song, J., & Chae, W. S. (2013). *Electromyographic analysis: theory and application*. Seoul: Hanmi Med, 43, 28-43.
- Ko, Y. M., Park, S., Lim, C. H., Lee, W. J., & Park, J. W. (2015). Study on the Correlation Between the Imbalance of Muscle Strength and

- the Score of EMG-Biofeedback Game at Ankle Joint in Healthy Adults. *The Journal of Korean Physical Therapy*, 27(6), 386-391.
- Kristen, K. H., Syré, C. S., & Kröner, A. (2007). Windsurfen-sport medizinische Aspekte. *Sport-Orthopädie-Sport-Traumatologie-Sports- Orthopaedics and Traumatology*, 23(2), 98-104.
- Kristen, K. H. (2018). Foot and ankle injuries in surfing, windsurfing, Kitesurfing: A follow up study and review of the literature. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 34(3), 265-270.
- Lee, H. K., & Lee, J. C. (2018). Comparison of Triceps Surae EMG in Plantar Flexion Test of MMT at Different Knee Angles. *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*, 10(1), 40-47.
- Lee, S. P., & Powers, C. (2013). Fatigue of the hip abductors results in increased medial -lateral center of pressure excursion and altered peroneus longus activation during a unipedal landing task. *Clinical biomechanics*, 28(5), 524-529.
- Mansfield, P. & Neumann, D. (2013). *Essentials of kinesiology for the physical therapist assistant*. St. Louis, Missouri: Elsevier/Mosby.
- Müller, E. (1994). Analysis of the biomechanical characteristics of different swinging techniques in alpine skiing. *Journal of sports sciences*, 12(3), 261-278.
- Philbin, T. M. (2014). Sports Injuries of the Foot: Evolving Diagnosis and Treatment. *Springer Science & Business Media*.
- Roy, S. H., De Luca, C. J., & Schneider, J. O. C. H. E. N. (1986). Effects of electrode location on myoelectric conduction velocity and median

- frequency estimates. *Journal of applied physiology*, 61(4), 1510–1517.
- Roy, S. H., De Luca, G., Cheng, M. S., Johansson, A., Gilmore, L. D., & De Luca, C. J. (2007). Electro-mechanical stability of surface EMG sensors. *Medical & biological engineering & computing*, 45(5), 447–457.
- Seo, H., Jung, H., Jung, D., & Lim, D. (2018). Characteristics of Ankle Strategy Responses to Dynamic Tilting Perturbations. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 35(2), 203–210.
- Shimada, H., Obuchi, S., Kamide, N., Shiba, Y., Okamoto, M., & Kakurai, S. (2003). Relationship with dynamic balance function during standing and walking. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 82(7), 511–516.
- Van Bergen, C. J., Commandeur, J. P., Weber, R. I., Haverkamp, D., & Breederveld, R. S. (2016). Windsurfing vs kitesurfing: Injuries at the North Sea over a 2-year period. *World Journal of Orthopedics*, 7(12), 814.
- Vogiatzis, I., Vito, G. D., Rodio, A., & Marchetti, M. (2006). Comparison of the physiological responses to upwind and downwind sail pumping in windsurfers. *NZJ Sport Medicine*, 33(2), 66–69.
- Walls, J. T., & Gale, T. J. (2001). A technique for the assessment of sailboard harness line force. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(3), 348–356.
- World Sailing. (2021). “An official website of World Sailing” <https://www.sailing.org/rrs>. (2021-01-09).

## 국문 초록

# 윈드서퍼의 플레이닝 시 풋스트랩 위치와 경기력에 따른 하지 근활성도 비교분석 연구

체육학전공 천 사 빈  
지도교수 김 태 규

본 연구는 윈드서퍼를 대상으로 육상 기반 시뮬레이터를 사용하여 플레이닝 시 풋스트랩 위치와 경기력 및 범주 방향에 따른 하지 근활성도를 확인하고 이를 기반으로 경기력 향상과 트레이닝을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

실업팀 소속으로 활동 중인 건강한 엘리트 윈드서퍼 7명과 동호회 소속으로 활동 중인 건강한 아마추어 윈드서퍼 6명을 선정하여 사전 교육된 방법대로 발허리발가락관절과 발목발허리관절에서 풋스트랩을 사용하는 동안 스타보드와 포트 방향에 따라 앞정강이근, 긴종아리근, 안쪽장딴지근, 넙다리두갈래근의 근활성도를 수집하였다. 모든 자료는 15초의 평균값을 산출 하였다.

결과는 다음과 같다.

1. 엘리트 집단과 아마추어 집단의 풋스트랩 위치에 따른 하지 근활성도 차이는 범주 방향과 앞·뒷발 모두에서 발견하지 못하였다.

2. 엘리트 집단은 범주 방향과 풋스트랩 위치와 상관없이 앞발에서 앞정강이근 또는 긴종아리근의 근활성도가 안쪽장딴지근 또는 넙다리두갈래근보다 높게 나타났으며, 아마추어 집단은 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 엘리트 집단은 범주 방향과 풋스트랩 위치와 상관없이 앞발에서 앞정강이근의 사용이 아마추어 집단보다 높은 것으로 나타났으며, 아마추어 집단은 범주 방향과 풋스트랩 위치와 상관없이 앞발의 안쪽장딴지근 또는 넙다리두갈래근의 근활성도 사용이 엘리트 집단보다 높은 것으로 나타났다.

4. 엘리트 집단과 아마추어 집단의 범주 방향에 따른 하지 근활성도 차이는 풋스트랩 위치와 앞·뒷발 모두에서 발견하지 못하였다.

본 연구결과에서 엘리트 윈드서퍼는 앞발의 앞정강이근과 긴종아리근을 사용한 발목전략으로 보드조절하는 반면, 아마추어 윈드서퍼는 안쪽장딴지근과, 넙다리두갈래근 같은 상대적으로 큰 근육을 사용해 무릎과 엉덩이전략으로 보드조절하는 것을 설명할 수 있다. 이러한 정보는 풋스트랩을 사용하는 플레이닝 동작을 이해하고 경기력 향상을 위한 트레이닝 프로그램 개발에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

**주요어:** 윈드서핑, 근활성도, 하지근육, 플레이닝, 경기력