



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 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

카약 에르고미터 간
동호인 패들링 동작의
운동역학적 비교 분석



2022년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

체 육 학 과

김 진 수

체 육 학 석 사 학 위 논 문

카약 에르고미터 간
동호인 패들링 동작의
운동역학적 비교 분석

지도교수 박 종 철

이 논문을 체육학석사 학위논문으로 제출함.

2022년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

체 육 학 과

김 진 수

김진수의 체육학 석사학위 논문을 인준함.

2022년 2월 25일



위원장 의학박사 김영훈 (인)

위원 체육학박사 박종철 (인)

위원 이학박과 김태규 (인)

목 차

목차	i
표 목차	v
그림 목차	vi
Abstract	vii
I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	5
3. 연구 문제	6
4. 연구의 제한점	10
5. 용어의 정의	11
II. 이론적 배경	12
1. 카약	12
1) 카약의 역사	12
2) 대한민국 카약의 역사	13
2. 카약 에르고미터	14
3. 카약에서의 족저압	15
4. 카약에서의 동작 분석	16

III. 연구방법	17
1. 연구절차	17
2. 연구대상	18
3. 연구장비 및 측정방법	19
1) 연구 장비	19
(1) 공식 인증을 받은 카약 에르고미터	19
(2) 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터	20
(3) 인솔형 족저압 센서	22
(4) 4선식 호환 로드셀	22
(5) 적외선 카메라	23
2) 측정방법	25
4. 분석 구간	26
5. 자료처리 방법	27
IV. 연구 결과	28
1. 에르고미터 간 잡기에서 관절 각도의 차이	28
1) 에르고미터 간 잡기에서 팔꿈치 각도의 차이	28
2) 에르고미터 간 잡기에서 어깨 각도의 차이	29
3) 에르고미터 간 잡기에서 수평 회전된 몸통 각도의 차이	28
4) 에르고미터 간 잡기에서 수평 회전된 골반 각도의 차이	29
5) 에르고미터 간 잡기에서 무릎 각도의 차이	29
2. 에르고미터 간 빼기에서 관절 각도의 차이	32
1) 에르고미터 간 빼기에서 팔꿈치 각도의 차이	32
2) 에르고미터 간 빼기에서 어깨 각도의 차이	33
3) 에르고미터 간 빼기에서 수평 회전된 몸통 각도의 차이	33

4) 에르고미터 간 빼기에서 수평 회전된 골반 각도의 차이	34
5) 에르고미터 간 빼기에서 무릎 각도의 차이	34
3. 에르고미터 간 당기기에서 관절 가동범위 차이	36
1) 에르고미터 간 당기기에서 팔꿈치 가동범위의 차이	36
2) 에르고미터 간 당기기에서 어깨 가동범위의 차이	37
3) 에르고미터 간 당기기에서 몸통 수평 회전 가동범위 차이	37
4) 에르고미터 간 당기기에서 골반 수평 회전 가동범위 차이	38
5) 에르고미터 간 당기기에서 무릎 가동범위의 차이	38
4. 에르고미터 간 회복에서 관절 가동범위의 차이	40
1) 에르고미터 간 회복에서 팔꿈치 가동범위의 차이	40
2) 에르고미터 간 회복에서 어깨 가동범위의 차이	41
3) 에르고미터 간 회복에서 몸통 수평 회전 가동범위의 차이	41
4) 에르고미터 간 회복에서 골반 수평 회전 가동범위의 차이	42
5) 에르고미터 간 회복에서 무릎 가동범위의 차이	42
5. 에르고미터 간 당기기에서 평균 각속도 차이	44
1) 에르고미터 간 당기기에서 팔꿈치 평균 각속도 차이	44
2) 에르고미터 간 당기기에서 어깨 평균 각속도 차이	45
3) 에르고미터 간 당기기에서 몸통 수평 회전 평균 각속도 차이	45
4) 에르고미터 간 당기기에서 골반 수평 회전 평균 각속도 차이	46
5) 에르고미터 간 당기기에서 무릎 평균 각속도 차이	46
6. 에르고미터 간 회복에서 평균 각속도 차이	48
1) 에르고미터 간 회복에서 팔꿈치 평균 각속도 차이	48
2) 에르고미터 간 회복에서 어깨 평균 각속도 차이	49
3) 에르고미터 간 회복에서 몸통 수평 회전 평균 각속도 차이	49
4) 에르고미터 간 회복에서 골반 수평 회전 평균 각속도 차이	50

5) 에르고미터 간 회복에서 무릎 평균 각속도 차이	50
7. 에르고미터 간 당기기에서 최대 각속도 차이	52
1) 에르고미터 간 당기기에서 팔꿈치 최대 각속도 차이	52
2) 에르고미터 간 당기기에서 어깨 최대 각속도 차이	53
3) 에르고미터 간 당기기에서 몸통 수평 회전 최대 각속도 차이	53
4) 에르고미터 간 당기기에서 골반 수평 회전 최대 각속도 차이	54
5) 에르고미터 간 당기기에서 무릎 최대 각속도 차이	54
8. 에르고미터 간 회복에서 최대 각속도 차이	56
1) 에르고미터 간 회복에서 팔꿈치 최대 각속도 차이	56
2) 에르고미터 간 회복에서 어깨 최대 각속도 차이	57
3) 에르고미터 간 회복에서 몸통 수평 회전 최대 각속도 차이 ..	57
4) 에르고미터 간 회복에서 골반 수평 회전 최대 각속도 차이 ..	58
5) 에르고미터 간 회복에서 무릎 최대 각속도 차이	58
9. 에르고미터 간 당기기과 회복 구간의 시간 차이	60
1) 에르고미터 간 당기기 구간의 시간 차이	60
2) 에르고미터 간 회복 구간의 차이	61
10. 에르고미터 간 당기기에서 평균 족저압 차이	62
1) 에르고미터 간 당기기에서 전족부 영역의 평균 족저압 차이	62
2) 에르고미터 간 당기기에서 중족부 영역의 평균 족저압 차이	63
3) 에르고미터 간 당기기에서 후족부 영역의 평균 족저압 차이	63
4) 에르고미터 간 당기기에서 전체 영역의 평균 족저압 차이	64
11. 에르고미터 간 당기기에서 최대 족저압 차이	65
1) 에르고미터 간 당기기에서 전족부 영역의 최대 족저압 차이	65
2) 에르고미터 간 당기기에서 중족부 영역의 최대 족저압 차이	66
3) 에르고미터 간 당기기에서 후족부 영역의 최대 족저압 차이 ..	66

4) 에르고미터 간 당기기에서 전체 영역의 최대 족저압 차이	67
10. 에르고미터 간 당기기에서 스트로크 힘의 차이	68
1) 에르고미터 간 당기기에서 평균 스트로크 힘의 차이	68
2) 에르고미터 간 당기기에서 최대 스트로크 힘의 차이	69

V. 논의	71
-------	----

VI. 결론 및 제언	77
-------------	----

1. 결론	77
2. 제언	79

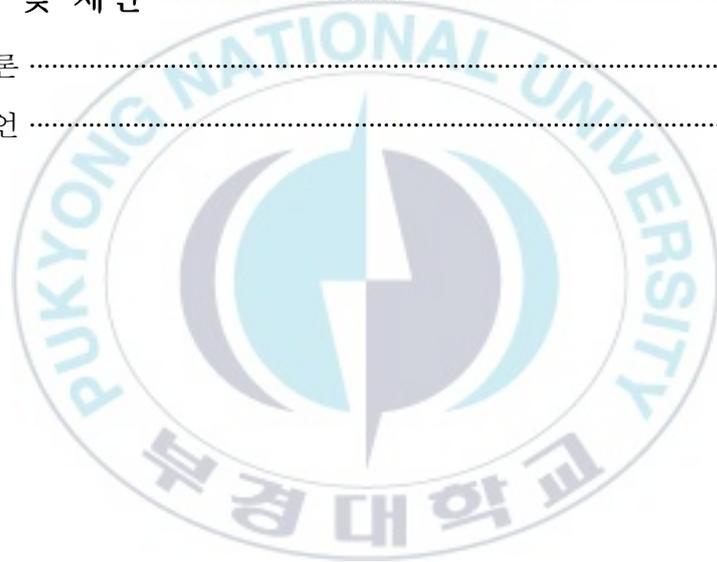


표 목차

표 1. 연구대상자의 일반적 특성	18
표 2. 카약 에르고미터 장비 제원	21
표 3. 에르고미터 간 잡기에서 관절 각도의 차이	31
표 4. 에르고미터 간 빼기에서 관절 각도의 차이	35
표 5. 에르고미터 간 당기기에서 관절 가동범위의 차이	39
표 6. 에르고미터 간 회복에서 관절 가동범위의 차이	43
표 7. 에르고미터 간 당기기에서 평균 각속도의 차이	47
표 8. 에르고미터 간 회복에서 평균 각속도의 차이	51
표 9. 에르고미터 간 당기기에서 최대 각속도의 차이	55
표 10. 에르고미터 간 회복에서 최대 각속도의 차이	59
표 11. 에르고미터 간 당기기와 회복 구간의 시간 차이	61
표 12. 에르고미터 간 당기기에서 평균 족저압의 차이	64
표 13. 에르고미터 간 당기기에서 최대 족저압의 차이	67
표 14. 에르고미터 간 당기기에서 스트로크 힘의 차이	69

그림 목차

그림 1. 카약 에르고미터	14
그림 2. 연구 절차	17
그림 3. 공식 인증을 받은 카약 에르고미터	20
그림 4. 자체 제작된 카약 에르고미터	21
그림 5. 스트로크 힘 측정을 위한 로드셀	23
그림 6. 반사마커 부착부위	24
그림 7. 당기기 구간(위)과 회복 구간(아래)	26
그림 8. 에르고미터 간 잡기에서 관절 각도의 차이	32
그림 9. 에르고미터 간 빼기에서 관절 각도의 차이	36
그림 10. 에르고미터 간 당기기에서 관절 가동범위의 차이	40
그림 11. 에르고미터 간 회복에서 관절 가동범위의 차이	44
그림 12. 에르고미터 간 당기기에서 평균 각속도의 차이	48
그림 13. 에르고미터 간 회복에서 평균 각속도의 차이	52
그림 14. 에르고미터 간 당기기에서 최대 각속도의 차이	56
그림 15. 에르고미터 간 회복에서 최대 각속도의 차이	60
그림 16. 에르고미터 간 당기기와 회복 구간의 시간 차이	62
그림 17. 에르고미터 간 당기기에서 평균 족저압의 차이	65
그림 18. 에르고미터 간 당기기에서 최대 족저압의 차이	68
그림 19. 에르고미터 간 당기기에서 스트로크 힘의 차이	70

Biomechanical Comparison Analysis of Recreational Kayaker's Paddling Between Kayak Ergometer

Kim Jin Soo

Department of Physical Education, The Graduate School

Pukyong National University

Directed by Professor Park, Jong Cheol, Ph.D.

Abstract

The purpose of this study was to compare and identify the kinetic and kinematic differences between newly developed kayak ergometer and commercially available kayak ergometer. Seven recreational kayakers who had no neurological or musculoskeletal impairment in past six month participated in this study. 3D motion capture system was used to compare the kinematic variables such as joint angles at catch and exit, joint range of motion and joint velocity in pull and recovery phase, and phase time in pull and recovery phase when paddling on two different kayak ergometer. Also insole foot pressure sensor and loadcell were used to compare the forces exerted on the footrest and stroke forces when pulling the paddle shaft in pull phase between kayak ergometers.

The conclusions are as follows :

1. When paddling on kayak ergometer, there were no difference in joint angle at catch and exit. Also there were no differences in joint range of motion, mean angular velocity, and phase time in pull and recovery phase.

However significant difference was found in trunk rotation peak angular velocity in pull phase between kayak ergometer.

2. In foot force exerted on the footrest, commercially available kayak ergometer had higher mean foot force in the left & right midfoot, left & right rearfoot, and left & right total area. Also Commercially available kayak ergometer had higher peak foot force in left & right forefoot, right midfoot, left & right rearfoot, and left & right total area.

3. Furthermore, commercially available kayak ergometer had higher mean and peak stroke force on the left side in pull phase, but there were no significant difference in mean and peak stroke force on the right side.

As a result of this study, there were no differences such as joint angle, joint range of motion, joint mean angular velocity and phase time between kayak ergometers except trunk rotation peak angular velocity. However significant differences were found in kinetic variables between kayak ergometer such as forces exerted on the footrest and stroke force when pulling the paddle shaft. These results will provide information in the future kayak ergometer design and development.

I. 서론

1. 연구의 필요성

카누(canoe)는 토마스 더갯에 의해 1715년 스포츠로서 카누에 관한 내용이 최초로 기록되었고, 1890년대에 들어서 스포츠로서 카누가 발달하게 되었으며, 1920년대부터 독일 중심으로 접이식 카누가 인기를 일으켜 서서히 세계 각국으로 퍼지기 시작했다. 올림픽에서 카누는 1924년 파리 올림픽에서 시범종목으로 채택되었으며, 이후 1936년 베를린 올림픽에서 정식 종목으로 채택되었다(체육지도자 훈련지도서, 2010). 올림픽에서의 카누는 유속이 2m/sec이고 거리가 250~400m 인공 경기장에서 18~25개의 기문을 통과하는 슬라럼 카누와 잔잔한 물 같은 정수지역에서 정해진 코스를 따라 속도를 겨루어 선착순으로 순위를 결정하는 스프린트 카누로 나누어지며, 스프린트 카누의 종목으로는 한쪽 무릎을 꿇고 반대쪽 무릎을 세워 앉은 자세에서 한쪽 블레이드(blade)가 달린 패들(paddle)을 사용하여 편측으로 패들링하는 캐나다인(canadian) 카누와 다리를 보트 안에 앞으로 하고 앉아 양쪽에 블레이드가 달린 패들로 좌우로 반복적으로 젓는 카약(kayak) 카누가 있다. 이때, 코스 길이의 종류로는 200m, 500m, 그리고 1000m가 있고, 보트 안에 몇 명이 탑승하는가에 따라 1명이 탑승하는 K1, 2명이 탑승하는 K2, 4명이 탑승하는 K4 종목으로 구분된다(대한카누연맹, 2021).

카약에서 보트를 전진시키기 위해 반복적으로 젓는 동작을 패들링(paddling)이라고 하며, 블레이드가 입수되는 쪽 동측의 팔꿈치를 앞으로 최대한 뻗어서 블레이드를 물속에 넣는 동작인 잡기(catch)로 시작하여, 골반과 몸통을 수평 회전시키면서 저항이 걸린 패들을 끌어당겨서 보트의 추

진력을 얻는 당기기(pull), 당기는 쪽의 손목이 골반 위치에 도달했을 때 입수된 블레이드를 수면 밖으로 빼내는 빼기(exit) 동작, 그리고 반대쪽에 있는 블레이드를 반대편 입수지점으로 가져가는 회복(recovery) 등 4가지 국면으로 나눌 수 있다(류지선 & 이정수, 1997). 이러한 일련의 동작을 연속적으로 하기 위해서는 보트에서의 좌우 흔들림을 적게 하기 위한 균형감각과 스트로크를 더 길게 가져가기 위해 체간 회전이 무엇보다 중요하며(심재진 & 김병로, 2009), 한편 회복에서는 패들의 양쪽 블레이드가 공중에 있어서 스트로크 힘이 적용되지 않아 앞으로 가는 추진력이 없으므로 공기저항과 유체 저항의 영향을 받아 보트의 속도가 감소한다고 보고되었고(Mann & Kearney, 1980), 그러므로 보트의 속도를 꾸준히 유지 또는 증가시키기 위해서 같은 시간 내 더 많은 스트로크 빈도 또는 스트로크 길이를 증가시켜야 한다고 보고되었으며(Baudouin & Hawkins, 2002), 실제 레이스 완주 시간과 스트로크 길이 간 상관관계를 분석한 선행연구에서 두 변인 간 강한 선형관계가 나타나므로 인해 레이스 완주 시간을 결정하는 중요한 요인으로 스트로크 길이를 유지하는 것이라고 하였다(Pickett et al., 2020).

더불어 패들링 시 힘 출력의 결정적인 역할은 발을 지지하는 풋레스트와 안장의 힘으로부터 시작한다고 하였으며(Shephard 1987; Caplan & Gardner, 2005; Mann & Kearney, 1980), 발로 풋레스트를 차면서 골반과 몸통의 수평 회전을 통해 상지로 힘이 전달된다고 보고되었다(Shepherd, 1987). 특히 발로 풋레스트를 강하게 차면서 반작용의 힘이 발생하고, 이 과정에 의해 무릎의 신전이 일어나면서 골반과 몸통의 더 큰 수평 회전이 일어나며(Smith & Loschner, 2002), 이러한 몸통과 골반의 큰 가동범위로 인해 더 큰 각운동량을 만들고 스트로크 길이를 더 길게 가져갈 수 있다고 보고되었다(Greene et al., 2009). 실제 카약 에르고미터에서 풋레스트에 가해지는 힘과 스트로크 길이 및 힘 간 상관관계를 분석한 선행연

구에서 풋레스트에 가해지는 힘과 스트로크 길이 및 힘 사이에 매우 강한 상관관계를 확인하였다(Nemet et al., 2021).

특히, 불안정한 수상에서 패들을 좌우로 반복적으로 저어서 보트를 전진 시키기 위한 패들링 동작은 신체적 능력뿐만 아니라 기술적인 능력을 필요 하며(Hofmijster, Landman, Smith, & Van Soest, 2007), 카약 같이 대칭 적인 움직임이 필요한 스포츠에서 약간의 비대칭적인 움직임 패턴은 보트의 균형에 부정적인 영향을 미치며 보트의 직선 운동에 영향을 미칠 수 있다고 보고되었다(Nemet et al., 2021). 특히, 카약에서 수직축을 중심으로 한 보트의 회전인 요(yaw), 전후축을 중심으로 한 보트의 회전인 롤(roll), 그리고 좌우축을 중심으로 한 보트의 회전인 피치(pitch)를 최소화하기 위해서는 패들의 양쪽 블레이드에 가해지는 힘을 대칭적으로 출력해야 한다고 보고되었으며(Michael et al., 2012), 실제 좌우 스트로크 길이의 비대칭이 증가하면서 보트의 전진 속도가 감소하는 것을 확인함으로써 비대칭적인 움직임 패턴이 증가할수록 보트의 속도는 느려진다고 보고되었다(Lovell & Lauder, 2001). 또한, 비대칭적인 움직임 패턴은 병리학적 관점에서 한쪽 근육 조직 또는 관절에 과부하를 유발하고 이로 인해 부상을 유발할 수 있다고 하였으며(Limonta et al., 2010), 그러므로 대칭적인 움직임을 가지고 힘을 균등하게 분배하는 패들링이 효율적이고 부상을 예방할 수 있는 패들링 기술이라고 보고되었다(Lovell & Lauder, 2001).

한편, 수상스포츠인 카약의 특성상 악천후 및 거친 강 조건과 같은 위험한 환경에서는 수상에서의 훈련이 제한적이며, 수상에서의 훈련이 제한적일 경우 선수들은 카약 에르고미터를 사용하여 실내에서 훈련을 대체한다(Hashimoto et al., 2018). 실제 수상에서와 카약 에르고미터에서 패들링을 생리학적으로 비교한 선행연구에서는 최대 산소 섭취량, 심박수, 매분 환기량이 두 조건 간 유사함을 보고하였으며(Larsson et al., 1988), Paez et

al. (2010)은 심박수 및 혈중 젖산 농도 변인들이 카약 에르고미터에서 패들링과 수상에서의 패들링 간 높은 상관관계가 나타난다고 보고하였다. 또한, 하지가 보트 안에 있고 수면에 의한 반사 마커 속성의 변화 등으로 인해 반사 마커 추적이 어려우므로 실제 수상에서의 패들링 동작을 운동학적으로 분석하기 한계가 있으며(Nedergaard et al., 2014), 그러므로 하지를 포함한 전신의 패들링 동작을 운동학적으로 분석하기 위해 실내에서 카약 에르고미터를 사용한다(Begon et al., 2009). 더불어 에르고미터는 통제된 환경에서 연속적인 패들링 동작을 측정하기 때문에 운동학적 및 운동역학적 분석이 더 정확하며(Therrien & Begon, 2012), 이러한 이유로 카약 에르고미터는 약천후 시 야외 훈련을 대체하는 것뿐만 아니라 퍼포먼스 측정 시 신뢰도 있는 정보도 제공한다고 하였다(Michael et al., 2012).

최근 각 종목의 동호인들은 여가 시간의 증가에 따라 특정 여가 활동에 많은 시간을 투자하며 상당한 수준의 실력을 갖추게 되었으나 체계적인 교육과 지도가 부족하다고 보고되었으며(Deleciuse, Cockelberghe & Vranken, 2001), 또한, 현재 시중에 있는 카약 에르고미터는 국가 대표팀 훈련 센터에는 일반적이지만, 장비의 높은 가격으로 인해 일반인 그리고 동호인들에게는 접근성이 어려운 실정이다(Barsalou et al., 2006). 최근 국내기업 MarineX에서 동호인과 일반인도 쉽게 접근할 수 있는 카약 에르고미터를 자체 제작하였고, 현재 시중에 있는 공식 인증을 받은 카약 에르고미터와 운동역학적으로 비교 분석하여 카약 에르고미터에서의 패들링을 잘 구현했는지 확인하고자 한다. 따라서 본 연구의 목적은 카약 동호인들 대상으로 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위, 당기기와 회복 구간에서 관절의 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 차는 족저압과

패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘이 에르고미터 간 차이가 있는지 운동역학적으로 비교 분석을 통해 국산 카약 에르고미터 개발 및 제작 완성도를 높이는데 추가적인 정보를 제공하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 부산광역시 동호회에서 활동 중인 카약 동호인들을 대상으로 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위, 당기기와 회복 구간에서 관절의 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘이 에르고미터 간 차이가 있는지 운동역학적으로 비교 분석을 통해 국산 카약 에르고미터 개발 및 제작 완성도를 높이는데 추가적인 정보를 제공하고자 한다.

3. 연구 문제

본 연구의 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 카약 에르고미터 간 패들링 시 잡기 시점에서 관절의 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

1-1. 잡기 시점에서 팔꿈치 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

1-2. 잡기 시점에서 어깨 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

1-3. 잡기 시점에서 수평 회전된 몸통 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

1-4. 잡기 시점에서 수평 회전된 골반 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

1-5. 잡기 시점에서 무릎 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

둘째, 카약 에르고미터 간 패들링 시 빼기 시점에서 관절의 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

2-1. 빼기 시점에서 팔꿈치 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

2-2. 빼기 시점에서 어깨 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

2-3. 빼기 시점에서 수평 회전된 몸통 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

2-4. 빼기 시점에서 수평 회전된 골반 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

2-5. 빼기 시점에서 무릎 각도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

셋째, 카약 에르고미터 간 패들링 시 당기기 구간에서 관절 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

3-1. 당기기 구간에서 팔꿈치 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

3-2. 당기기 구간에서 어깨 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

3-3. 당기기 구간에서 몸통 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

3-4. 당기기 구간에서 골반 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

3-5. 당기기 구간에서 무릎 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

넷째, 카약 에르고미터 간 패들링 시 회복 구간에서 관절 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

4-1. 회복 구간에서 팔꿈치 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

4-2. 회복 구간에서 어깨 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

4-3. 회복 구간에서 몸통 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

4-4. 회복 구간에서 골반 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

4-5. 회복 구간에서 무릎의 가동범위는 에르고미터 간 차이가 있는가?

다섯째, 카약 에르고미터 간 패들링 시 당기기 구간에서 관절의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

5-1. 당기기 구간에서 팔꿈치의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

5-2. 당기기 구간에서 어깨의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

5-3. 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

5-4. 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

5-5. 당기기 구간에서 무릎의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

여섯째, 카약 에르고미터 간 패들링 시 회복 구간에서 관절의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

6-1. 회복 구간에서 팔꿈치의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

6-2. 회복 구간에서 어깨의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

6-3. 회복 구간에서 몸통의 수평 회전 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

6-4. 회복 구간에서 골반의 수평 회전 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

6-5. 회복 구간에서 무릎의 평균 및 최대 각속도는 에르고미터 간 차이가 있는가?

일곱째. 카약 에르고미터 간 패들링 시 당기기과 회복 구간의 시간은 에르고미터 간 차이가 있는가?

7-1. 당기기 구간의 시간은 에르고미터 간 차이가 있는가?

7-2. 회복 구간의 시간은 에르고미터 간 차이가 있는가?

여덟째, 카약 에르고미터 간 패들링 시 당기기 구간에서 영역에 따른 평균 및 최대 족저압은 에르고미터 간 차이가 있는가?

8-1. 당기기 구간에서 전족부 영역의 평균 및 최대 족저압은 에르고미터 간 차이가 있는가?

8-2. 당기기 구간에서 중족부 영역의 평균 및 최대 족저압은 에르고미터 간 차이가 있는가?

8-3. 당기기 구간에서 후족부 영역의 평균 및 최대 족저압은 에르고미터 간 차이가 있는가?

8-4. 당기기 구간에서 전체 영역의 평균 및 최대 족저압은 에르고미터 간 차이가 있는가?

아홉째. 카약 에르고미터 간 패들링 시 당기기 구간에서 스트로크 힘은 에르고미터 간 차이가 있는가?

6-1. 당기기 구간에서 평균 스트로크 힘은 에르고미터 간 차이가 있는가?

6-2. 당기기 구간에서 최대 스트로크 힘은 에르고미터 간 차이가 있는가?

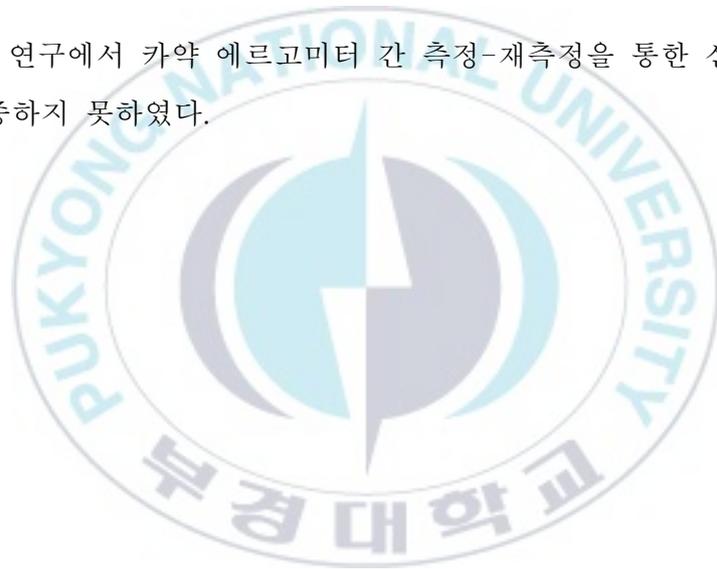
4. 연구의 제한점

본 연구를 수행함에 있어 다음과 같은 제한점을 두었다.

첫째, 코로나 19 대유행으로 인해 충분한 대상자를 모집하지 못하였다

둘째, 연구 대상자의 생리적, 심리적 요인을 완전히 통제하지 못하였다

셋째, 본 연구에서 카약 에르고미터 간 측정-재측정을 통한 신뢰도 및 타당도를 검증하지 못하였다.



5. 용어의 정의

본 연구에의 목적과 연구 내용에서 사용된 용어는 다음과 같이 정의하였다.

1) 에르고미터(Ergometer)

특정 스포츠와 관련된 생체역학적 움직임과 생리학적 부하를 시뮬레이션할 수 있도록 설계되어 실내에서도 dnssehd을 수행할 수 있도록 제작된 장비를 의미(Dal Monte & Leonardi, 1976).

1) 패들링(Paddling)

카약에서 보트를 전진시키기 위해 반복적으로 패들을 젓는 동작이며, 블레이드가 입수되는 잡기로 시작해서, 패들을 당기는 당기기, 블레이드를 수면 밖으로 빼내는 빼기, 그리고 반대편 입수지점으로 가져가는 회복 등 4가지 동작으로 구성되어 있다(류지선 & 이정수, 1997).

3) 풋레스트(Footrest)

보트나 카약 에르고미터에서 패들할 때 발을 버티는 발판(대한카누연맹, 2021).

Ⅱ. 이론적 배경

1. 카약

1) 카약의 역사

카약이란 에스키모어로 “사람-보트”를 의미하며 지구의 북부쪽인 북미, 시베리아 및 그린란드에서 주로 발견되었고, 초기 카약은 개인 수송에 이상적이었기 때문에 주로 사냥과 낚시에 사용되었다고 기록되었다(국제카약협회, 2021). 당시 카약 형태는 나무 및 고래뼈 프레임 위에 물개 또는 다른 동물들의 가죽을 서로 꿰매어 덮어서 제작되었고(위키백과, 2021), 현재 카약과 같은 형태는 존 매크리거가 에스키모 카약을 기반으로 한 가벼운 카누를 고안하는 데서 비롯되었다. 매크리거는 좌석 이외에는 모두 갑판을 덮음으로써 1인승 보트로 바꾸었고 카약의 이름을 록 로이(Rob roy)라고 지었다. 이후 영국 해협뿐만 아니라 다른 나라들까지 여행하면서 여행기를 저술했는데, 이때 많은 사람이 록 로이에 대해 관심을 가지기 시작했다. 관심을 가진 많은 사람 중 웨일즈의 왕자도 있었고, 웨일즈 왕자의 후원으로 로열 카누 클럽(Royal Canoe Club)이 탄생하면서 영국카누협회 설립되었고, 이 계기로 스포츠로서 카약이 영국과 독일 중심으로 여러 유럽 국가에 보급되었다. 이후 미국카누협회 설립까지 이르게 되면서 1924년 덴마크 코펜하겐에서 미국인 클라우센에 의해 국제카누조직위원회가 결성되었으며, 같은 해인 1924년 파리 올림픽에서 카누 경기는 시범종목으로 채택되었고, 이후 1936년 베를린 올림픽에서 정식 종목으로 채택되었다(체육지도자 훈련지도서, 2010).

2) 대한민국 카약의 역사

우리나라에서 카누가 최초로 경기형태로 도입된 것은 1980년대이며(김도화, 2015), 1983년 대한카누협회가 설립되면서 대한체육회에 준회원으로 가입하였고, 10월에 경기도 수원 원천저수지에서 전국카누선수권대회 전신인 제1회 체육부장관배 전국카누경기대회가 열렸다. 1984년에 들어서 대한카누협회에서 대한카누연맹으로 개칭을 했으며, 같은 해 10월에 국제카누연맹(International Canoe Federation)에 정식으로 가입한 동시에 대한체육회에 정식으로 가입했다. 우리나라 카누 종목의 첫 올림픽 참가는 1984년 로스앤젤레스 하계 올림픽부터 참가하였으며, 1985년부터 세계카누선수권대회와 아시아선수권대회에 줄곧 참가하였다. 국제대회 성적은 1985년 제1회 아시아선수권대회에서 천인식 선수가 은메달을 획득으로 시작해서, 1986년 제2회 아시아인선수권대회에서는 은메달 1개와 동메달 1개, 그리고 제3회 아시아선수권대회에서는 금메달 2개, 은메달 3개, 그리고 동메달 5개를 획득하였다. 1988년 서울올림픽대회에서 한국 대표팀은 전 종목에 출전하여 4종목에서 준결승까지 진출하는 성적을 기록하였다. 최근 대한민국 카누의 국제대회 성적은 2014년 인천아시안게임과 2018년 자카르타-팔렘방아시안 게임에서 조광희 선수가 K1-200m 종목에서 2연패를 달성하면서 아시아 정상급 수준에 도달하였다고 볼 수 있다. 한편 국내 카약 동호인 인구는 2009년부터 본격적으로 증가하기 시작했으며, 2012년 기준으로 공식적으로 동호회 구성원으로 활동하는 카약 인구는 대략 1만 명 정도로 추정되고, 동호회에 가입하지 않고 개인적으로 즐기는 사람까지 모두 합친다면 대략 1만 5000여 명에서 2만 명 사이인 것으로 추정된다(김태곤, 2012).

2. 카약 에르고미터

에르고미터란 특정 스포츠와 관련된 생체역학적 움직임과 생리학적 부하를 시뮬레이션하도록 설계되어 실내 환경에서도 운동을 수행할 수 있도록 제작된 것이며(Dal Monte & Leonardi, 1976), 카약은 야외 스포츠이기 때문에 악천후 및 거친 강 조건과 같은 위험한 상황에서는 수상에서의 훈련이 제한되고(Hashimoto et al., 2018), 그러므로 날씨가 좋지 않아 수상에서의 훈련이 제한될 경우 선수들은 실내에서 카약 에르고미터를 사용하여 수상에서의 훈련을 대체한다(Yun Loi Lok, 2013). 대다수 카약 에르고미터의 형태는 프레임 앞에 플라이휠(flywheel)이 장착되어 있고, 플라이휠 양쪽 옆에 로프가 롤러를 통과해서 패들 샤프트 양쪽 끝에 연결되어 있다. 패들 샤프트를 당기게 되면 롤러에 걸쳐있는 로프가 감기고 풀리는 게 반복되면서 플라이휠이 회전하고 공기저항이 만들어지는 방식의 에르고미터이다.



그림 1. 카약 에르고미터

1:플라이휠, 2:롤러, 3:패들 샤프트, 4:풋레스트

3. 카약에서의 족저압

최근에 카약에서 패들링 시 하지의 기여도에 관한 연구들이 증가하고 있으며, 실제 수상에서 패들링 시 다리 움직임을 제한했을 경우 평균 스트로크 힘이 최대 21% 감소하였고 평균 보트 속도가 16% 감소했다고 보고되었고(Nilsson & Rosdahl, 2016), 보트의 풋레스트에 로드셀을 장착하여 실제 수상에서 풋레스트를 차는 힘과 보트 속도 간 상관관계를 조사한 연구에서는 풋레스트를 차는 힘이 증가할수록 보트의 속도도 증가하였다고 보고되었다(Klitgaard et al., 2021). 또한, 수상에서 풋레스트가 있는 조건과 없는 조건에서 패들링을 비교한 연구에서는 보트의 전후축을 중심으로 한 움직임인 롤이 풋레스트가 없는 조건에서 더 크게 나타났으며, 보트의 속도를 꾸준히 유지 또는 증가시킬 수 있는 스트로크 빈도와 스트로크 속도는 모두 풋레스트가 있는 조건에서 크게 나타났다(Lee Chong Hoon, 2014). 더불어 카약 에르고미터에서 풋레스트를 밟는 힘과 스트로크 길이 및 스트로크 힘과의 상관관계를 분석한 연구에서는 풋레스트를 밟로 밟는 힘과 스트로크 길이 및 힘 간 강한 선형관계가 나타났으며(Nemet et al., 2021), 수상에서의 패들링을 할 때 밟로 풋레스트를 밟는 힘과 패들을 당기는 스트로크 힘 간 상관관계를 분석한 선행연구에서도 두 변인 간에 유의한 상관관계가 나타났다고 보고되었다(Sturm et al., 2010). 또한, 카약 에르고미터에서 숙련자 집단과 초보자 집단을 비교한 선행연구에서는 하지의 굴곡 신전 관절 가동범위와 최대 족저압 및 반력 모두 숙련자 집단에서 더 큰 수치가 나타났으며, 이는 숙련자 집단이 초보자 집단보다 발판을 강하게 차면서 반작용력을 스트로크 동작에 이용하기 때문이라고 보고되었다(이중훈, 류재진, & 남기정. 2012).

4. 카약에서의 동작 분석

기계적 양을 기반으로 하는 성능 평가에는 운동학적과 운동역학적 데이터가 모두 필요하며, 특히 카약에서는 성공적인 패들링 기술과 관련된 요소들을 식별하기 위해 동작 분석을 사용한다. 과거 카약에서 동작 분석이 이루어졌던 연구들은 한 대의 카메라를 사용해서 2차원적으로 동작 분석이 주로 이루어졌고, 이러한 2차원적 동작 분석을 통해 잡기(catch)와 빼기(exit) 동작에서 패들 및 관절의 각도, 손목의 궤적에 따른 스트로크 길이 같은 퍼포먼스와 관련된 중요한 정보를 수집할 수 있었다(Sperlich & Baker, 2002). Kendal & Sanders(1992)는 두 대의 카메라를 사용함으로써 이마면에서 신체 분절들의 움직임 패턴뿐만 아니라 패들 샤프트의 경로에 대한 보다 더 많은 정보를 얻을 수 있었고, Baker et al. (1999)는 수상에서 엘리트 선수의 패들링을 두 대의 고정 카메라와 APA 디지털화 시스템을 사용하여 DLT(Direct linear transformation) 방법을 통해 실제 3차원 좌표로 변환하여 캘리브레이션된 지역을 통과할 때의 패들링을 기록함으로써 카약에서의 동작 분석을 한 단계 더 발전시켰다. 기술의 진보로 인해 적외선 카메라의 등장함으로써 NLT(Non-linear transformation) 방식의 3차원적 모션 캡처가 가능해졌으며, 2차원 캡처에서 가려질 수 있는 해부학적 부위에 반사 마커를 직접 배치함으로써 패들링 시 각 분절의 움직임을 더 정확하게 측정할 수 있게 되었다. 더불어 카약 에르고미터를 사용함으로써 수상에서는 확인하기 어려운 하지의 움직임을 포함한 전신의 패들링 동작을 3차원적 캡처가 가능하게 되었으며(Begon et al., 2009), 또한 IMU 센서의 등장으로 인해 실제 수상 환경에서 패들링 동안 신체 분절의 움직임을 확인할 수 있게 되었다(Klitgaard et al., 2020).

Ⅲ. 연구방법

1. 연구절차

본 연구는 관찰연구(observational research)로서 부산광역시 카약 동호회에서 활동 중인 카약 동호인 7명을 모집하여 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복에서 관절 가동범위, 당기기와 회복에서 관절의 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘이 에르고미터 간 차이가 있는지 운동역학적으로 비교 분석하였다(그림 2).



그림 2. 연구절차

2. 연구대상

본 연구의 대상은 부산광역시 카약 동호회에서 활동 중인 카약 동호인 7명을 대상으로 하였다. 측정 전 연구 윤리 위원회의 승인을 받았으며(IRB No.: 1041386-202107-HR-38-01), 부경대학교 스포츠과학연구소에서 2021년 7월 24일부터 2021년 7월 25일까지 측정이 진행되었다. 모든 연구 대상자한테 본 연구의 목적과 방법, 절차 등에 대해 상세히 알리고 연구 참여 동의서에 서명을 받았으며, 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(표 1). 본 연구에서 6개월 이내 외과적 수술을 받았거나 동작을 수행하는 데 지장이 있는 근골격계 질환이 있는 대상자는 제외기준에 포함되었다(이종훈, 류재진, 남기정, 2012).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (M±SD)

집단	성별	우세측	연령 (yrs.)	신장 (cm)	체중 (kg)	경력 (yrs.)
S1	남자	우측	48	170	71	8
S2	남자	우측	50	180	80	10
S3	남자	우측	49	166	78	5
S4	남자	우측	48	175	78	5
S5	남자	우측	45	172	74	4
S6	남자	우측	58	178	75	10
S7	남자	좌측	53	175	84	8

우세측 : 우세손이 있는 측

3. 연구장비 및 측정방법

1) 연구장비

본 연구는 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위, 당기기와 회복 구간에서 관절의 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘이 에르고미터 간 차이가 있는지 분석하기 위해 다음과 같은 연구 장비를 사용하였다.

(1) 공식 인증을 받은 카약 에르고미터

본 연구에서는 국내 자체 제작된 카약 에르고미터를 운동역학적으로 비교 분석하기 위해 공식 인증을 받은 카약 에르고미터(Speedstroke, Kayakpro, USA)를 사용하였다. 공식 인증을 받은 카약 에르고미터는 프레임 앞부분에 플라이휠(flywheel)이 장착되어 있고, 플라이휠이 회전하면서 공기저항을 만드는 방식의 에르고미터이며, 로프가 양쪽 옆에 있는 롤러를 통과하여 패들 샤프트 양쪽 끝에 연결되어 있다. 2004년, 2008년, 2012년 하계올림픽에서 정식 채택되어 공식 인증을 받았으며, 다수 선행연구에서도 사용되었다(Borges et al., 2017; Winchcombe et al., 2019). 또한, 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에는 시간(time), 거리(distance), 스트로크 힘(watts), 분당 거리(m/s), 스트로크 횟수(number of strokes), 분당 스트로크(stroke rate), 스트로크 길이(stroke length) 같은 데이터들을 수집하는 콘솔이 탑재되어 있으며, 플라이휠 공기 흡입망의 개방 정도에 따라 운동 강도가 가장 낮은 강도인 1부터 가장 높은 강도인 9까지 조절할 수 있다.



그림 3. 공식 인증 받은 카약 에르고미터(Speedstroke, Kayakpro, USA)

(2) 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터

본 연구에서 패들링 시 공식 인증을 받은 카약 에르고미터와 운동역학적으로 차이가 있는지 확인하기 위해 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터 (IMPACTRAK, MarineX, KOR)를 사용하였고, 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터는 현재 시중에 있는 카약 에르고미터와 마찬가지로 프레임 앞부분에 플라이휠(flywheel)이 회전하면서 공기저항을 만드는 방식이다. 공식 인증을 받은 카약 에르고미터와 마찬가지로 플라이휠 옆 부분에 있는 공기 흡입망 개방 정도에 따라 운동 강도를 가장 낮은 강도인 1부터 가장 높은 강도인 5까지 조절할 수 있으며, 비교를 위해 두 에르고미터의 공기 흡입망은 모두 개방된 상태로 패들링을 실시하였다. 더 자세한 장비의 제원은 다음 <표2.>와 같다.



그림 4. 자체 제작된 카약 에르고미터(IMPACTRAK, MarineX, ROK)

표 2. 카약 에르고미터 장비 제원

	Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPTRACK
프레임 길이 x 너비	292cm x 8cm	200cm x 22cm
플라이휠	지름 : 45cm 무게 : 4kg	지름 : 45cm 무게 : 4kg
롤러 크기	5cm	8cm
풋레스트 각도	61° (고정)	60° ~ (조절 가능)
안장과 풋레스트 사이 거리	최단 거리 : 65cm 최장 거리 : 100cm	최단 거리 : 80cm 최장 거리 : 90cm
패들 샤프트 길이	167cm	150cm
공기 흡입망 개방 정도	1~9 단계	1~5 단계
번지 코드 장력	1.5kg	2kg

(3) 인솔형 족저압 센서

본 연구에서 카약 에르고미터에서 패들링 시 족저압 정보를 수집하기 위해 인솔형 족저압 센서(Pedar-X, Novel, GER)를 사용하였다. 본 연구에서 사용한 인솔형 족저압 센서의 질량은 0.36kg이고 두께는 1.9mm이며, 각 인솔에는 면적의 100%를 덮는 99개의 전기용량 센서가 내장되어있다. 또한, 15-1200kPa 압력 측정 범위에서 50Hz 또는 100Hz 샘플링 (sampling)이 가능하며, 정보들을 컴퓨터로 전송하는 방법은 유선 케이블, 블루투스, 또는 메모리 카드 등 3가지 방법이 있다. 본 연구에서는 100Hz로 샘플링하여 정보를 수집했으며, 수집한 모든 족저압 정보들은 블루투스 방법을 사용해서 컴퓨터로 전송했다. 컴퓨터로 수집된 모든 정보들은 Pedar-X Expert 전용 소프트웨어를 사용하여 처리하였고, 소프트웨어의 영역(mask) 기능을 사용하여 전족부(forefoot), 중족부(midfoot), 그리고 후족부(rearfoot) 3개의 영역을 구분하여 분석을 시행하였다.

(4) 4선식 호환 로드셀

본 연구에서 카약 에르고미터에서 패들링 시 패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘을 측정하기 위해 4선식 호환 로드셀을 사용하였다(CSO-40, Mechasolution, ROK). 로드셀이 힘을 받으면 압축되거나 늘어나는 등 모양이 변하면서 전기신호를 출력하고, 출력된 전기신호는 Hx711 앰프를 통해서 검출되고 증폭되며, 증폭된 전기신호는 Arduino Uno Board를 통해 디지털 신호로 컴퓨터에 전송되었다. 컴퓨터로 전송된 모든 정보는 Excel 기능 중 Data Streamer 기능을 사용하여 정보들을 수집 및 처리하였다.

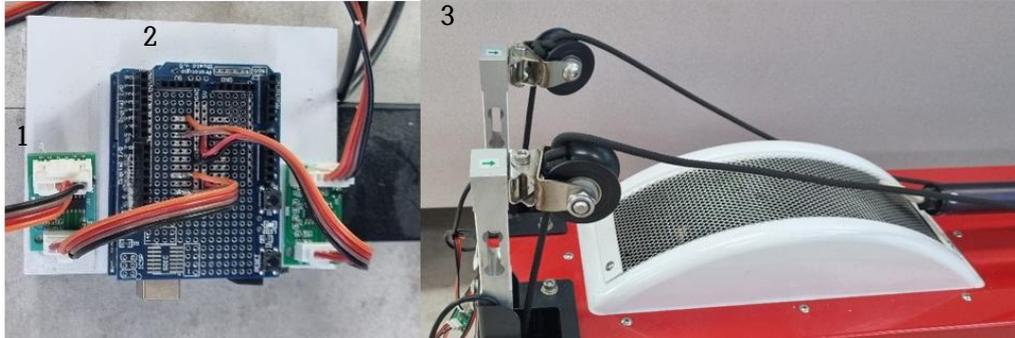


그림 5. 스트로크 힘 측정을 위한 로드셀

1: Hx711 앰프, 2: 아두이노 우노 보드, 3: 4선식 호환 로드셀

(5) 적외선 카메라

본 연구에서 카약 에르고미터에서 패들링 시 팔꿈치, 어깨, 몸통, 골반, 무릎의 각도, 관절 가동범위, 그리고 각속도 같은 운동학적 정보를 수집하기 위해 적외선 카메라(Oqus 7+, Qualisys, SWE) 10대를 사용하였고, 카약 에르고미터 중심으로 3m x 5m x 2m 거리의 공간을 확보하여 패들링 동작이 충분히 촬영될 수 있도록 배치하였다. 인체에 부착된 개별 반사마커의 위치좌표를 다수의 적외선 카메라로 획득하기 위해 반사마커가 붙어있는 L자형 프레임(frame)과 T자형 완드(wand)를 사용하여 가상공간을 설정하였으며, 패들링 동작을 3차원적으로 수집하기 위해 인체에 부착된 반사마커 부착 부위는 척골 경상돌기와 요골 경상돌기, 전완의 1/2지점, 주관절의 외측상과와 내측상과, 견봉, 견갑골 하각, 전상장골극과 후상장골극, 슬개골 기준 전상장골극 방향으로 대퇴의 1/3지점, 슬관절의 외측상과와 내측상과, 슬개골 기준 족관절 방향으로 하퇴의 1/3 지점과 2/3 지점, 슬관절 외측상과와 족관절 외과 사이의 1/2 지점, 족관절의 외과와 내과, 제5 중족골의 경상돌기, 그리고 제2 중위지절골과 제3 중위지절골 사이에 부착하였다. 모든 자료는 Qualisys Track Manager(Qualisys, SWE) 소프트웨어를 사용하

여 120Hz로 샘플링하여 수집하였고, 수집된 모든 자료는 Visual3D(C-motion, USA)를 사용하여 관절 가동범위와 각속도 변인들을 산출하였으며, 각 반사 마커의 위치 좌표 값은 Visual 3D의 Filter tool 중 저역필터(low-pass filter) 10Hz를 적용하여 피부 움직임에 대한 노이즈를 제거하였다.

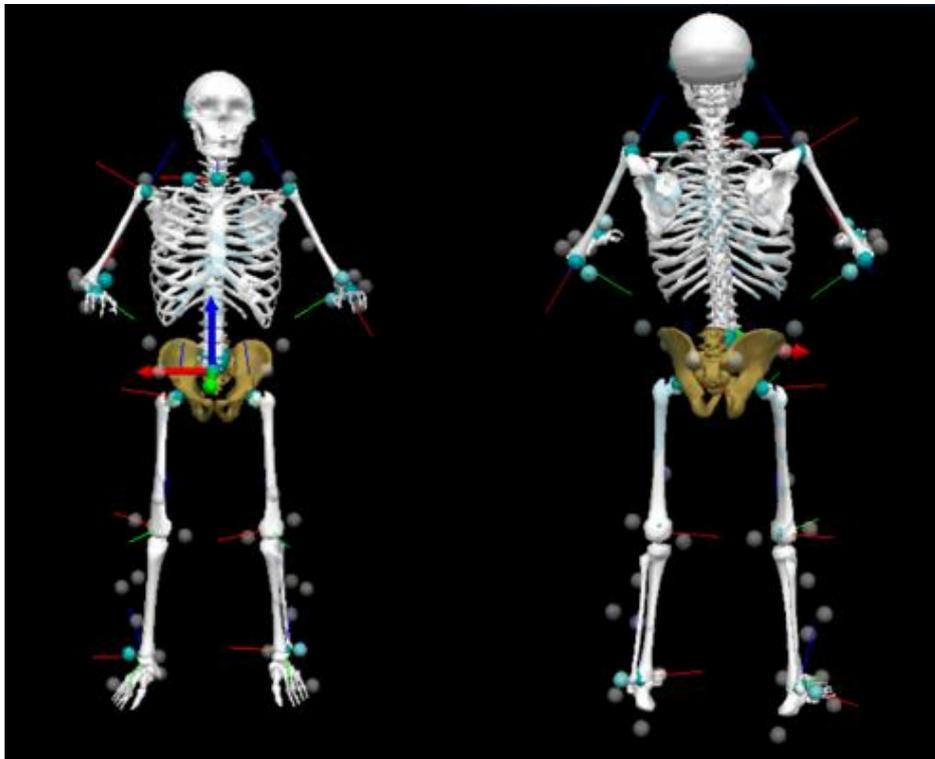


그림 6. 반사마커 부착부위

2) 측정방법

연구 대상자가 실험실에 도착하면 설명서와 동의서를 제공하였으며, 연구의 목적, 실험 과정, 개인정보 보호 등의 전반적인 안내사항을 구두로 설명한 후 동의서에 서명할 수 있도록 안내하였다. 연구 내용과 목적을 충분히 설명한 다음 동의서에 서명을 받고 심박수 센서를 사용해서 안정 시 심박수를 5분간 측정하였고, 심박수 측정이 끝나면 신체조건에 맞는 실험복을 착용하고 간단한 스트레칭과 준비운동으로 카약 에르고미터에서 5분간 패들링을 실시하였다. 준비운동이 끝나면 신체 주요 관절 및 분절에 반사마커를 부착하였으며, 반사마커 부착이 완료된 다음 인체의 각 분절의 지역 좌표를 설정하기 위해 연구 대상자는 static 촬영을 5초간 실시하게 되는데 촬영이 진행되는 동안 연구 대상자들에게 해부학적 자세에서 움직이지 않도록 요구하였다. 촬영이 완료되면 팔꿈치, 손목, 무릎, 발목 관절 내측에 붙어있는 반사마커들은 제거한 다음, 패들링 동안 족저압 자료를 수집하기 위해서 연구 대상자의 신발 안에 기본적으로 있는 인솔을 빼고 인솔형 족저압 센서(Pedar-X, Novel, GER)를 삽입하고 신발끈을 묶지 않은 상태에서 한 발씩 들어서 영점 조절(zeroing)을 하였다. 본 측정 전 연구 대상자들은 무작위로 선정된 카약 에르고미터에서 개인이 선호하는 안장과 풋레스트 사이의 거리와 패들을 잡는 선호하는 그립 너비를 조절한 다음 전자 메트로놈에 맞춰 카약 에르고미터에서 유산소 훈련에 사용되는 케이던스(cadence)인 92spm(strokes per minute)으로 1분간 패들링을 실시하였다(Szanto, 2004). 패들링이 끝나고 안정 시 심박수까지 회복한 것을 확인한 다음, 연구 대상자들에게서 다시 패들링을 할 수 있다는 신호를 받게 되면 다른 카약 에르고미터에서 동일한 안장 풋레스트 사이 거리와 그립 너비를 맞추고 1분간 패들링을 실시하였다.

4. 분석 구간

본 연구에서 수집한 모든 변인은 카약 에르고미터에서 패들링을 시작하고 40초 뒤 20번 연속(왼쪽 스트로크 10개와 오른쪽 스트로크 10개)적으로 스트로크한 자료들을 분석에 사용하였으며, 분석 구간은 전후 방향에서 양의 x 방향으로 패들 위치의 최대 지점인 잡기, 전후 방향에서 양의 x 방향으로 패들 위치의 최대 지점에서부터 전후 방향에서 음의 x 방향으로 패들 위치의 최대 지점까지인 당기기, 전후 방향에서 음의 x 방향으로 패들 위치의 최대 지점인 빼기, 전후 방향에서 음의 x 방향으로 패들 위치의 최대 지점으로부터 반대편 전후 방향에서 양의 x 방향으로 패들 위치의 최대 지점인 회복을 분석에 사용하였다(Michael et al., 2012). 족저압과 스트로크 힘 같은 운동역학적 변인들은 실제 발로 풋레스트를 차면서 패들 샤프트를 당기는 힘이 출력되는 당기기 구간을 분석에 사용하였다.

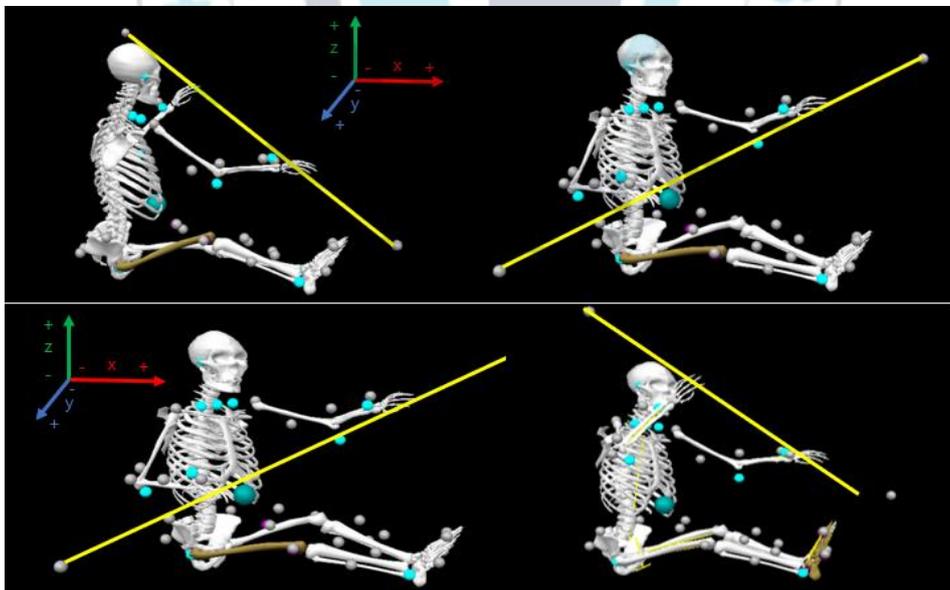


그림 7. 당기기 구간(위)과 회복 구간(아래)

5. 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 모수 또는 비모수 검정법을 실시하였다. 연구 대상자의 일반적 특성과 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위, 당기기와 회복 구간에서 관절의 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘이 에르고미터 간 차이가 있는지 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였으며, 모든 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

IV. 연구결과

본 연구는 카약 동호인을 대상으로 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위, 당기기와 회복 구간에서 관절의 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당기는 스트로크 힘이 에르고미터 간 차이가 있는지 확인하고자 하였고 분석 결과는 다음과 같다.

1. 에르고미터 간 잡기에서 관절 각도의 차이

1) 에르고미터 간 잡기에서 팔꿈치 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 3.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기 시점에서 팔꿈치 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 잡기 시점에서 좌측 팔꿈치의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=1.358$, $p=.223$), 우측 잡기 시점에서 우측 팔꿈치 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.601$, $p=.570$).

2) 에르고미터 간 잡기에서 어깨 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 3.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기 시점에서 어깨 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 잡기 시점에서 좌측 어깨의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.130$, $p=.901$), 우측 잡기 시점에서 우측 어깨의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=1.031$, $p=.342$).

3) 에르고미터 간 잡기에서 수평 회전된 몸통 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 3.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기 시점에서 수평 회전된 몸통 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 잡기 시점에서 우측으로 수평 회전된 몸통의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-1.521$, $p=.128$), 우측 잡기 시점에서 좌측으로 수평 회전된 몸통의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($Z=-0.676$, $p=.499$).

4) 에르고미터 간 잡기에서 수평 회전된 골반 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 3.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기 시점에서 수평 회전된 골반의 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 잡기 시점에서 우측으로 수평 회전된 골반의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.414$, $p=.693$), 우측 잡기 시점에서 좌측으로 수평 회전된 골반의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.269$, $p=.797$).

5) 에르고미터 간 잡기에서 무릎 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 3.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기 시점에서 무릎 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 잡기 시점에서 좌측 무릎의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.471$, $p=.654$), 우측 잡기 시점에서 우측 무릎의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.091$, $p=.930$).

표 3. 에르고미터 간 잡기에서 관절 각도의 차이

단위:deg

Angle Variable	Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Elbow	L 123.13 ±8.98	125.83 ±8.86	$t=1.358$ $p=.223$
	R 127.87 ±5.50	128.69 ±7.38	$t=0.601$ $p=.570$
Shoulder	L 51.43 ±10.51	51.34 ±9.83	$t=0.130$ $p=.901$
	R 53.65 ±9.90	52.13 ±7.91	$t=1.031$ $p=.342$
Trunk	L -30.39 ±7.97	-33.15 ±9.73	$Z=-1.521$ $p=.128$
	R 21.90 ±24.30	22.89 ±26.89	$Z=-0.676$ $p=.499$
Pelvic	L -10.97 ±3.92	-11.49 ±4.29	$t=-0.414$ $p=.693$
	R 7.97 ±6.03	7.70 ±4.29	$t=0.269$ $p=.797$
Knee	L 140.3 ±4.06	140.76 ±5.58	$t=0.471$ $p=.654$
	R 141.57 ±8.30	141.48 ±6.29	$t=-0.091$ $p=.930$

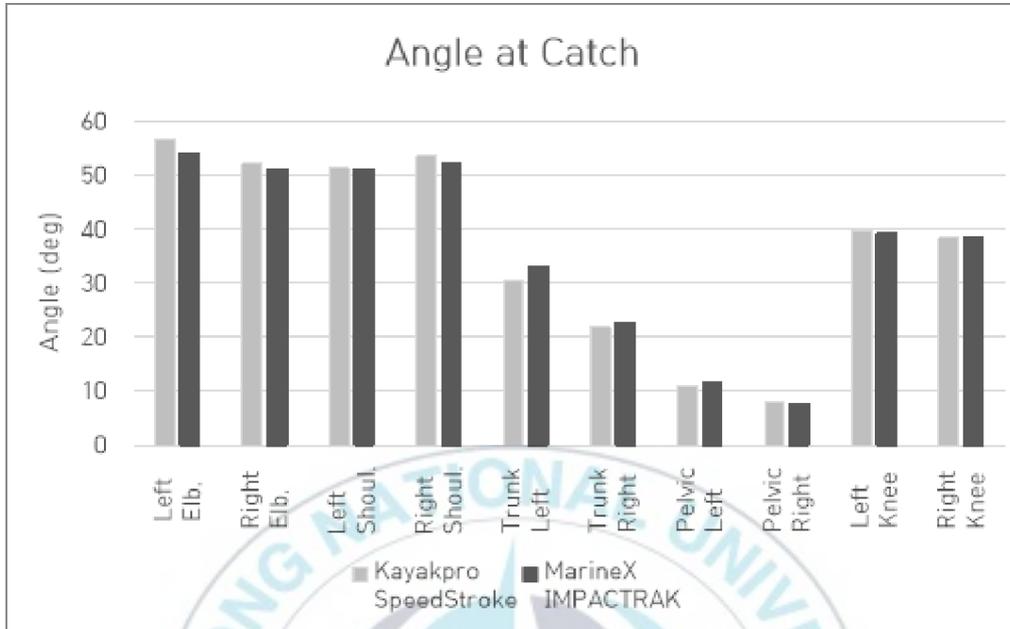


그림8. 에르고미터 간 잡기에서 관절의 각도 차이

2. 에르고미터 간 빼기에서 관절 각도의 차이

1) 에르고미터 간 빼기에서 팔꿈치 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 5.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 빼기 시점에서 팔꿈치 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 빼기 시점에서 좌측 팔꿈치 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=2.014$, $p=.091$), 우측 빼기 시점에서 우측 팔꿈치의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=1.239$, $p=.262$).

2) 에르고미터 간 빼기에서 어깨 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 5.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 빼기 시점에서 어깨의 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 빼기 시점에서 좌측 어깨의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-0.014$, $p=.310$), 우측 빼기 시점에서 우측 어깨의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.359$, $p=.732$).

3) 에르고미터 간 빼기에서 수평 회전된 몸통 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 5.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 빼기 시점에서 몸통의 수평 회전된 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 빼기 시점에서 좌측으로 수평 회전된 몸통의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-1.014$, $p=.310$), 우측 빼기 시점에서 우측으로 수평 회전된 몸통의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.015$, $p=.989$).

4) 에르고미터 간 빼기에서 수평 회전된 골반 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 5.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 빼기 시점에서 카약 동호인 골반의 수평 회전된 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 빼기 시점에서 좌측으로 수평 회전된 골반의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.145$, $p=.890$), 우측 빼기 시점에서 우측으로 수평 회전된 골반의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($Z=-0.338$, $p=.735$).

5) 에르고미터 간 빼기에서 무릎 각도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 5.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 빼기 시점에서 카약 동호인 무릎의 각도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 빼기 시점에서 좌측 무릎의 각도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.264$, $p=.800$), 우측 빼기 시점에서 우측 무릎의 각도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.638$, $p=.547$).

표 4. 에르고미터 간 뺨기에서 관절 각도의 차이

단위:deg

Angle Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMPACTTRACK	Between Ergometer
Elbow	L	81.64 ±13.49	85.36 ±12.30	$t=2.014$ $p=.091$
	R	79.45 ±11.29	81.6 ±13.26	$t=1.239$ $p=.262$
Shoulder	L	-7.59 ±9.62	-8.61 ±7.94	$Z=-0.014$ $p=.310$
	R	-9.59 ±7.32	-8.96 ±5.99	$t=-0.359$ $p=.732$
Trunk	L	23.52 ±23.38	28.57 ±8.29	$Z=-1.014$ $p=.310$
	R	-32.70 ±10.06	-32.73 ±7.58	$t=-0.015$ $p=.989$
Pelvic	L	20.15 ±7.96	20.45 ±8.44	$t=-0.145$ $p=.890$
	R	-14.44 ±6.56	-13.88 ±4.62	$Z=-0.338$ $p=.735$
Knee	L	162.29 ±10.82	162.81 ±11.98	$t=0.264$ $p=.800$
	R	164.4 ±9.20	166.08 ±9.79	$t=0.638$ $p=.547$

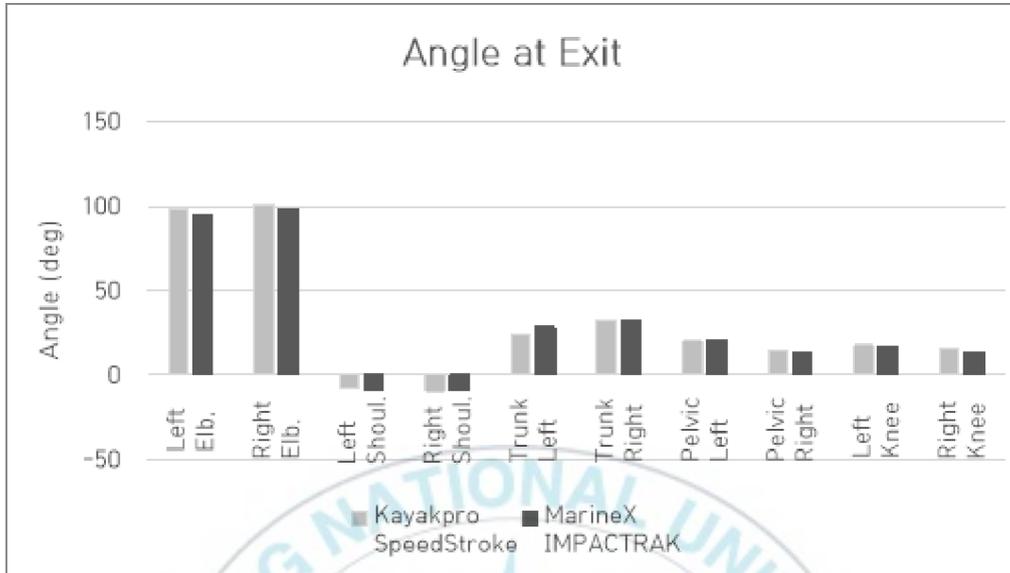


그림9. 에르고미터 간 빼기에서 관절 각도의 차이

3. 에르고미터 간 당기기에서 관절 가동범위의 차이

1) 에르고미터 간 당기기에서 팔꿈치 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 4.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 팔꿈치의 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 팔꿈치의 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.494$, $p=.639$), 우측 당기기 구간에서 우측 팔꿈치의 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.794$, $p=.457$).

2) 에르고미터 간 당기기에서 어깨 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 4.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 어깨의 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 어깨의 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-0.169$, $p=.866$), 우측 당기기 구간에서 우측 어깨의 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.717$, $p=.501$).

3) 에르고미터 간 당기기에서 몸통 수평 회전 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 4.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 몸통 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.834$, $p=.436$), 우측 당기기 구간에서 몸통 수평 회전 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.399$, $p=.704$).

4) 에르고미터 간 당기기에서 골반 수평 회전 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 4.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.145$, $p=.890$), 우측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.471$, $p=.654$).

5) 에르고미터 간 당기기에서 무릎 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 4.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 무릎의 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 무릎의 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.990$, $p=.360$), 우측 당기기 구간에서 우측 무릎의 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-1.121$, $p=.305$).

표 5. 에르고미터 간 당기기에서 관절 가동범위의 차이

단위:deg

ROM Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMPACTRACK	Between Ergometer
Elbow	L	46.38 ±10.73	45.06 ±5.43	$t=0.494$ $p=.639$
	R	51.85 ±7.76	50.50 ±7.67	$t=0.794$ $p=.457$
Shoulder	L	59.06 ±10.90	59.40 ±10.60	$Z=-0.169$ $p=.866$
	R	61.74 ±12.00	63.03 ±7.99	$t=-0.717$ $p=.501$
Trunk	L	61.18 ±15.23	57.85 ±21.68	$t=0.834$ $p=.436$
	R	63.22 ±16.71	61.38 ±22.76	$t=0.399$ $p=.704$
Pelvic	L	20.15 ±7.96	20.45 ±8.44	$t=-0.145$ $p=.890$
	R	21.33 ±8.30	22.14 ±8.74	$t=-0.471$ $p=.654$
Knee	L	23.96 ±12.66	27.61 ±16.92	$t=-0.990$ $p=.360$
	R	24.52 ±10.81	29.51 ±16.58	$t=-1.121$ $p=.305$

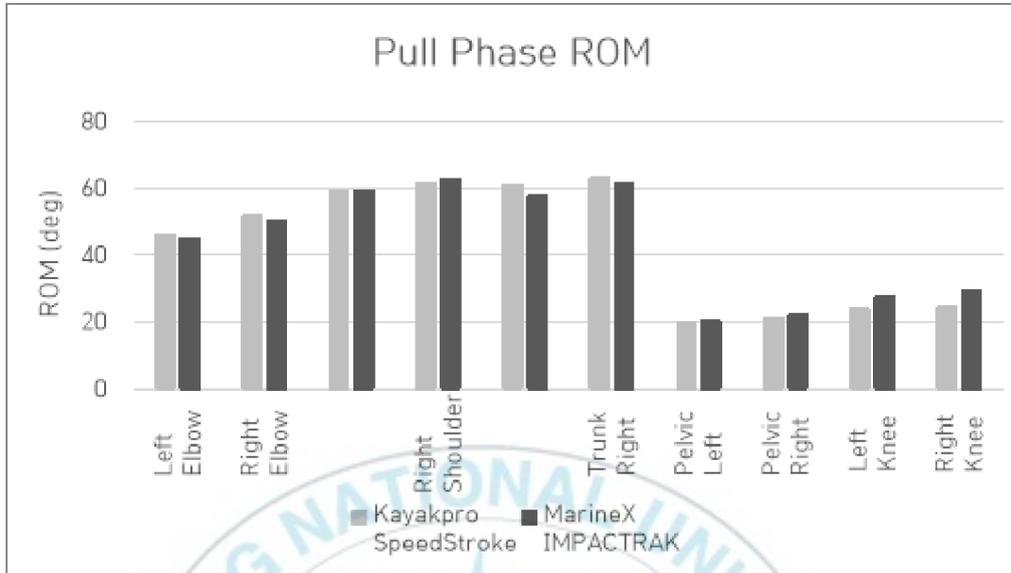


그림10. 에르고미터 간 당기기에서 관절 가동범위의 차이

4. 에르고미터 간 회복에서 관절 가동범위의 차이

1) 에르고미터 간 회복에서 팔꿈치 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 6.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 팔꿈치의 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 좌측 팔꿈치의 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.389$, $p=.711$), 우측 회복 구간에서 우측 팔꿈치의 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-1.329$, $p=.232$).

2) 에르고미터 간 회복에서 어깨 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 6.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 어깨의 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 좌측 어깨의 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.446$, $p=.671$), 우측 당기기 구간에서 우측 어깨의 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.241$, $p=.818$).

3) 에르고미터 간 회복에서 몸통 수평 회전 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 6.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 몸통의 수평 회전 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 몸통의 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.263$, $p=.801$), 우측 회복 구간에서 몸통의 수평 회전 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($Z=-0.734$, $p=.463$).

4) 에르고미터 간 회복에서 골반 수평 회전 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 6.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 골반의 수평 회전 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 골반의 수평 회전 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.646$, $p=.542$), 우측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.661$, $p=.533$).

5) 에르고미터 간 회복에서 무릎 가동범위의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 6.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 무릎의 관절 가동범위를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 좌측 무릎의 가동범위는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-0.845$, $p=.398$), 우측 회복 구간에서 우측 무릎의 가동범위도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.114$, $p=.913$).

표 6. 에르고미터 간 회복에서 관절 가동범위의 차이

단위:deg

ROM Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Elbow	L	17.35 ±4.04	16.51 ±6.40	$t=0.389$ $p=.711$
	R	19.58 ±9.89	21.99 ±10.42	$t=-1.329$ $p=.232$
Shoulder	L	47.57 ±10.12	45.01 ±13.50	$t=0.446$ $p=.671$
	R	45.79 ±10.99	46.60 ±9.19	$t=-0.241$ $p=.818$
Trunk	L	7.85 ±4.98	7.34 ±3.24	$t=0.263$ $p=.801$
	R	8.64 ±5.39	6.77 ±2.86	$Z=-0.734$ $p=.463$
Pelvic	L	2.82 ±2.00	2.41 ±1.02	$t=0.646$ $p=.542$
	R	4.24 ±3.10	3.51 ±1.53	$t=0.661$ $p=.533$
Knee	L	7.23 ±1.96	7.12 ±5.55	$Z=-0.845$ $p=.398$
	R	10.36 ±2.03	10.12 ±4.95	$t=0.114$ $p=.913$

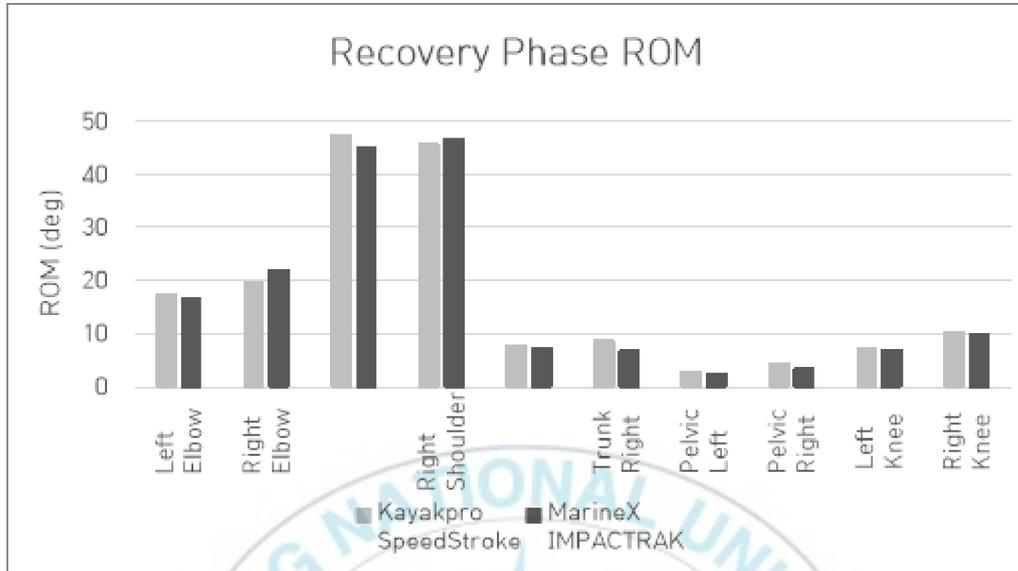


그림11. 에르고미터 간 회복에서 관절 가동범위의 차이

5. 에르고미터 간 당기기에서 평균 각속도의 차이

1) 에르고미터 간 당기기에서 팔꿈치 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 7.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 팔꿈치의 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 팔꿈치의 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.389$, $p=.711$), 우측 당기기 구간에서 우측 팔꿈치의 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-1.329$, $p=.232$).

2) 에르고미터 간 당기기에서 어깨 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 7.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 어깨의 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 어깨의 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.914$, $p=.396$), 우측 당기기 구간에서 우측 어깨의 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.362$, $p=.730$).

3) 에르고미터 간 당기기에서 몸통 수평 회전 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 7.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 카약 동호인 몸통의 수평 회전 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.574$, $p=.587$), 우측 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.332$, $p=.751$).

4) 에르고미터 간 당기기에서 골반 수평 회전 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 7.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.434$, $p=.679$), 우측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.368$, $p=.725$).

5) 에르고미터 간 당기기에서 무릎 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 7.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 무릎의 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 무릎의 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.054$, $p=.959$), 우측 당기기 구간에서 우측 무릎의 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.174$, $p=.867$).

표 7. 에르고미터 간 당기기에서 평균 각속도의 차이

단위:deg/s

Angle Velocity Variable	Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMACTRACK	Between Ergometer
Elbow	L	95.52 ±26.15	89.59 ±9.98 $t=0.771$ $p=.470$
	R	102.32 ±25.11	98.91 ±23.59 $t=0.538$ $p=.610$
Shoulder	L	52.91 ±13.11	49.44 ±14.75 $t=0.914$ $p=.396$
	R	57.34 ±23.54	55.65 ±22.98 $t=0.362$ $p=.730$
Trunk	L	131.62 ±39.24	128.32 ±35.34 $t=0.574$ $p=.587$
	R	130.26 ±34.19	128.20 ±28.88 $t=0.332$ $p=.751$
Pelvic	L	53.69 ±23.24	51.84 ±20.48 $t=0.434$ $p=.679$
	R	54.40 ±23.32	52.40 ±18.03 $t=0.368$ $p=.725$
Knee	L	48.20 ±23.18	48.43 ±25.27 $t=-0.054$ $p=.959$
	R	47.40 ±17.84	48.39 ±17.90 $t=-0.174$ $p=.867$

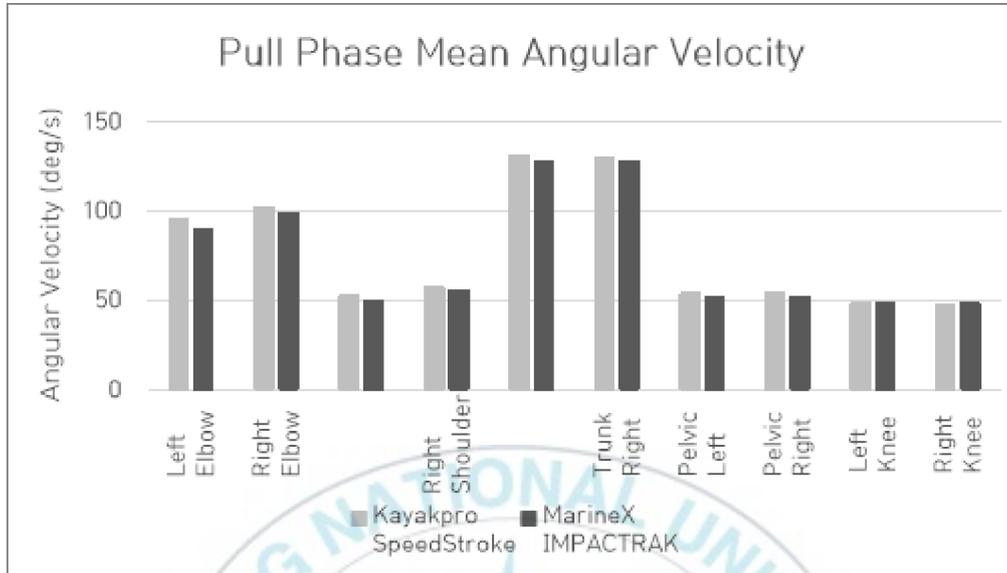


그림12. 에르고미터 간 당기기에서 평균 각속도의 차이

6. 에르고미터 간 회복에서 평균 각속도의 차이

1) 에르고미터 간 회복에서 팔꿈치 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 8.>은 카약 에르고미터에서 패들링시 당기기 구간에서 팔꿈치의 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 팔꿈치의 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-2.046$, $p=.087$), 우측 당기기 구간에서 우측 팔꿈치의 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.672$, $p=.527$).

2) 에르고미터 간 회복에서 어깨 평균 각속도의 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 8.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 어깨의 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 어깨의 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.137$, $p=.896$), 우측 당기기 구간에서 우측 어깨의 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($Z=-0.338$, $p=.735$).

3) 에르고미터 간 회복에서 몸통 수평 회전 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 8.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-0.169$, $p=.866$), 우측 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($Z=-1.352$, $p=.176$).

4) 에르고미터 간 회복에서 골반 수평 회전 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 8.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.335$, $p=.749$), 우측 당기기 구간에서 골반의 우측 수평 회전 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.898$, $p=.404$).

5) 에르고미터 간 회복에서 무릎 평균 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 8.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 무릎의 평균 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 무릎의 평균 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-0.338$, $p=.735$), 우측 당기기 구간에서 우측 무릎의 평균 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.362$, $p=.729$).

표 8. 에르고미터 간 회복에서 평균 각속도의 차이

단위:deg/s

Angle Velocity Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Elbow flex. & exten.	L	78.81 ±38.15	94.71 ±52.17	t=-2.046 p=.087
	R	78.87 ±60.34	88.57 ±52.38	t=-0.672 p=.527
Shoulder flex. & exten.	L	190.39 ±66.04	191.94 ±45.51	t=-0.137 p=.896
	R	193.00 ±85.50	199.11 ±59.49	Z=-0.338 p=.735
Trunk horizontal rotation	L	26.53 ±19.23	34.38 ±28.51	Z=-0.169 p=.866
	R	32.55 ±27.21	19.67 ±14.12	Z=-1.352 p=.176
Pelvic horizontal rotation	L	14.95 ±9.01	14.08 ±7.44	t=0.335 p=.749
	R	21.61 ±14.81	16.71 ±8.52	t=0.898 p=.404
Knee flex. & exten.	L	46.72 ±20.69	44.84 ±33.25	Z=-0.338 p=.735
	R	58.10 ±6.87	54.71 ±21.12	t=0.362 p=.729

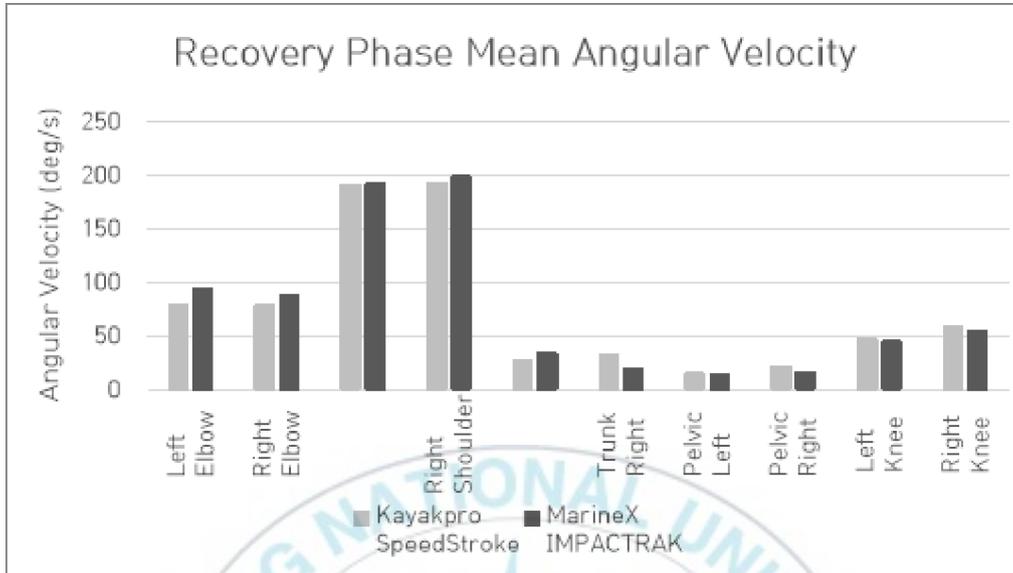


그림13. 에르고미터 간 회복에서 평균 각속도의 차이

7. 에르고미터 간 당기기에서 최대 각속도의 차이

1) 에르고미터 간 당기기에서 팔꿈치 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 9.>은 카약 에르고미터에서 패들링시 당기기 구간에서 팔꿈치의 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 팔꿈치의 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.155$, $p=.882$), 우측 당기기 구간에서 우측 팔꿈치의 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-1.066$, $p=.327$).

2) 에르고미터 간 당기기에서 어깨 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 9.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 어깨의 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 어깨의 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.772$, $p=.470$), 우측 당기기 구간에서 우측 어깨의 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($Z=-0.676$, $p=.499$).

3) 에르고미터 간 당기기에서 몸통 수평 회전 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 9.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았지만($t=-0.248$, $p=.813$), 우측 당기기 구간에서 몸통의 수평 회전 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=2.539$, $p=.044$).

4) 에르고미터 간 당기기에서 골반 수평 회전 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 9.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.767$, $p=.472$), 우측 당기기 구간에서 골반의 수평 회전 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=1.270$, $p=.251$).

5) 에르고미터 간 당기기에서 무릎 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 9.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 무릎의 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 무릎의 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.733$, $p=.491$), 우측 당기기 구간에서 우측 무릎의 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-1.324$, $p=.234$).

표 9. 에르고미터 간 당기기에서 최대 각속도의 차이

단위:deg/s

Angle Velocity Variable	Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMPACTTRACK	Between Ergometer
Elbow	L	231.24 ±27.94	$t=-0.155$ $p=.882$
	R	253.25 ±32.82	$t=-1.066$ $p=.327$
Shoulder	L	163.51 ±34.25	$t=0.772$ $p=.470$
	R	151.22 ±19.59	$Z=-0.676$ $p=.499$
Trunk	L	176.61 ±51.79	$t=-0.248$ $p=.813$
	R	179.93 ±42.16	$t=2.539$ $p=.044$
Pelvic	L	92.08 ±36.83	$t=-0.767$ $p=.472$
	R	92.42 ±36.49	$t=1.270$ $p=.251$
Knee	L	101.62 ±45.89	$t=-0.733$ $p=.491$
	R	103.08 ±32.47	$t=-1.324$ $p=.234$

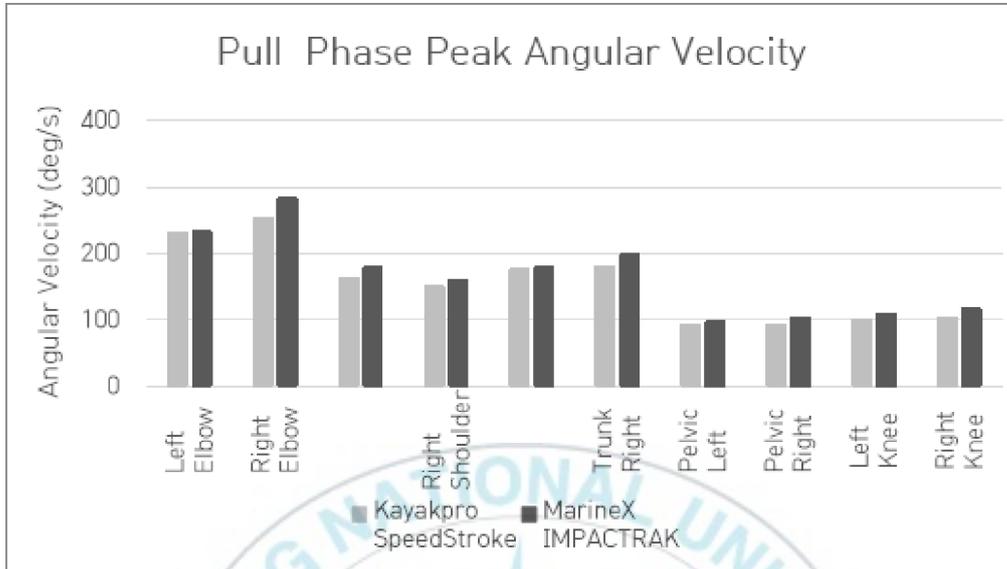


그림14. 에르고미터 간 당기기에서 최대 각속도의 차이

8. 에르고미터 간 회복에서 최대 각속도의 차이

1) 에르고미터 간 회복에서 팔꿈치 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 10.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 팔꿈치의 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 좌측 팔꿈치의 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-0.507$, $p=.612$), 우측 회복 구간에서 우측 팔꿈치의 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.586$, $p=.579$).

2) 에르고미터 간 회복에서 어깨 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 10.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 어깨의 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 좌측 어깨의 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.042$, $p=.968$), 우측 회복 구간에서 우측 어깨의 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.560$, $p=.596$).

3) 에르고미터 간 회복에서 몸통 수평 회전 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 10.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 몸통의 수평 회전 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 몸통의 수평 회전 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-1.614$, $p=.158$), 우측 회복 구간에서 몸통의 수평 회전 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.787$, $p=.461$).

4) 에르고미터 간 회복에서 골반 수평 회전 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 10.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 골반의 수평 회전 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 골반의 수평 회전 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=-0.733$, $p=.491$), 우측 회복 구간에서 골반의 수평 회전 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.614$, $p=.562$).

5) 에르고미터 간 회복에서 무릎 최대 각속도 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 10.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 회복 구간에서 무릎의 최대 각속도를 에르고미터 간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간에서 좌측 무릎의 최대 각속도는 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($Z=-0.676$, $p=.499$), 우측 회복 구간에서 우측 무릎의 최대 각속도도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-0.358$, $p=.998$).

표 10. 에르고미터 간 회복에서 최대 각속도의 차이

단위:deg/s

Angle Velocity Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Elbow flex. & exten.	L	215.65 ±31.08	207.49 ±46.11	Z=-0.507 p=.612
	R	230.67 ±92.13	242.43 ±59.49	t=-0.586 p=.579
Shoulder flex. & exten.	L	270.58 ±95.60	269.09 ±84.08	t=0.042 p=.968
	R	282.26 ±127.38	299.71 ±87.87	t=-0.560 p=.596
Trunk horizontal rotation	L	92.85 ±49.19	67.23 ±47.80	t=-1.614 p=.158
	R	103.44 ±53.99	91.88 ±32.27	t=0.787 p=.461
Pelvic horizontal rotation	L	45.11 ±14.38	38.58 ±27.26	t=-0.733 p=.491
	R	57.24 ±25.20	51.76 ±19.32	t=0.614 p=.562
Knee flex. & exten.	L	78.27 ±30.58	72.07 ±44.92	Z=-0.676 p=.499
	R	89.72 ±8.44	84.62 ±31.01	t=-0.358 p=.998

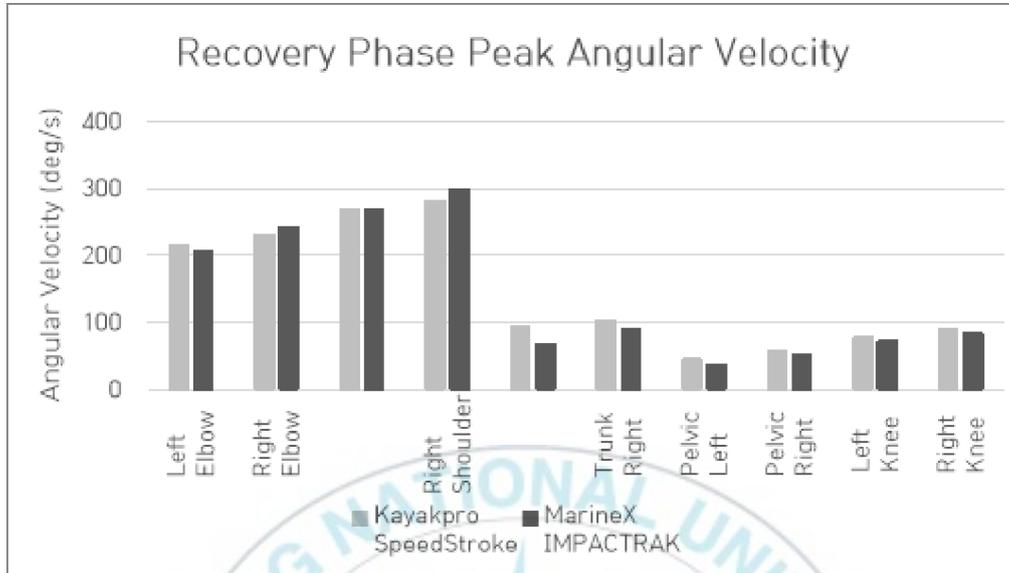


그림15. 에르고미터 간 회복에서 최대 각속도의 차이

9. 에르고미터 간 당기기와 회복 구간의 시간 차이

1) 에르고미터 간 당기기 구간의 시간 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 11.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 에르고미터 간 당기기 구간의 시간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간의 시간은 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며 ($Z=-0.338$, $p=.735$), 우측 당기기 구간의 시간도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-1.362$, $p=.222$).

2) 에르고미터 간 회복 구간의 시간 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 11.>은 카약 에르고미터에서 패들링 시 에르고미터 간 회복 구간의 시간 차이를 확인한 결과이다. 좌측 회복 구간의 시간은 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=0.991$, $p=.360$), 우측 회복 구간의 시간도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=0.390$, $p=.710$).

표 11. 에르고미터 간 당기기와 회복 구간의 시간 차이

단위:sec

Phase Time Variable	Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Drive Time	L 0.46 ±0.05	0.47 ±0.02	Z=-0.338 p=.735
	R 0.47 ±0.04	0.50 ±0.04	t=-1.362 p=.222
Recovery Time	L 0.17 ±0.04	0.16 ±0.02	t=0.991 p=.360
	R 0.18 ±0.03	0.17 ±0.03	t=0.390 p=.710

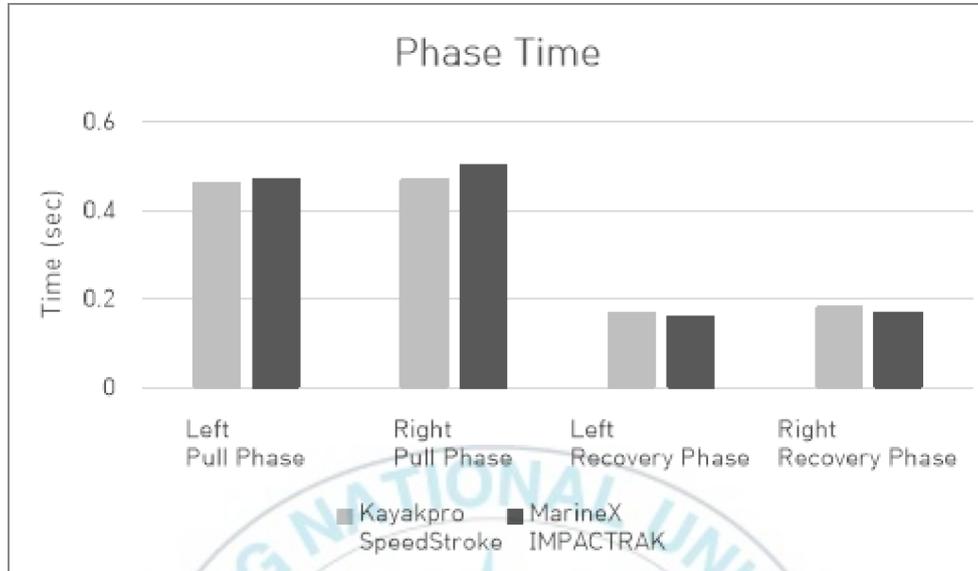


그림16. 에르고미터 간 당기기와 회복 구간의 시간 차이

10. 에르고미터 간 당기기에서 평균 족저압의 차이

1) 에르고미터 간 당기기에서 전족부 영역의 평균 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 12.>는 카약 에르고미터에서 패들링시 당기기 구간에서 에르고미터 간 전족부 영역의 평균 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 전족부 영역의 평균 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았으며($t=2.218$, $p=.068$), 우측 당기기 구간에서 우측 전족부 영역의 평균 족저압도 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($Z=-1.521$, $p=.128$).

2) 에르고미터 간 당기기에서 중족부 영역의 평균 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 12.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 중족부 영역의 평균 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 중족부 영역의 평균 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났으며($Z=-1.992$, $p=.046$), 우측 당기기 구간에서 우측 중족부 영역의 평균 족저압도 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=3.925$, $p=.008$).

3) 에르고미터 간 당기기에서 후족부 영역의 평균 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 12.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 후족부 영역의 평균 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 후족부 영역의 평균 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났으며($t=2.900$, $p=.027$), 우측 당기기 구간에서 우측 후족부 영역의 평균 족저압도 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=2.820$, $p=.030$).

4) 에르고미터 간 당기기에서 전체 영역의 평균 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 12.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 전체 영역의 평균 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 전체 영역의 평균 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났으며($t=3.031$, $p=.023$), 우측 당기기 구간에서 우측 전체 영역의 평균 족저압도 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=2.623$, $p=.039$).

표 12. 에르고미터 간 당기기에서 평균 족저압의 차이

단위:%(N/kg)

Foot force Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Fore-foot Foot Force	L	0.48 ±0.32	0.30 ±0.22	t=2.218 p=.068
	R	0.55 ±0.37	0.32 ±0.15	Z=-1.521 p=.128
Mid-foot Foot Force	L	0.46 ±0.37	0.23 ±0.25	Z=-1.992 p=.046
	R	0.74 ±0.45	0.35 ±0.27	t=3.925 p=.008
Rear-foot Foot Force	L	3.07 ±1.28	1.97 ±0.64	t=2.900 p=.027
	R	2.81 ±1.26	1.86 ±0.80	t=2.820 p=.030
Total Area Foot Force	L	4.02 ±1.75	2.50 ±0.81	t=3.031 p=.023
	R	4.67 ±2.46	2.54 ±0.91	t=2.623 p=.039

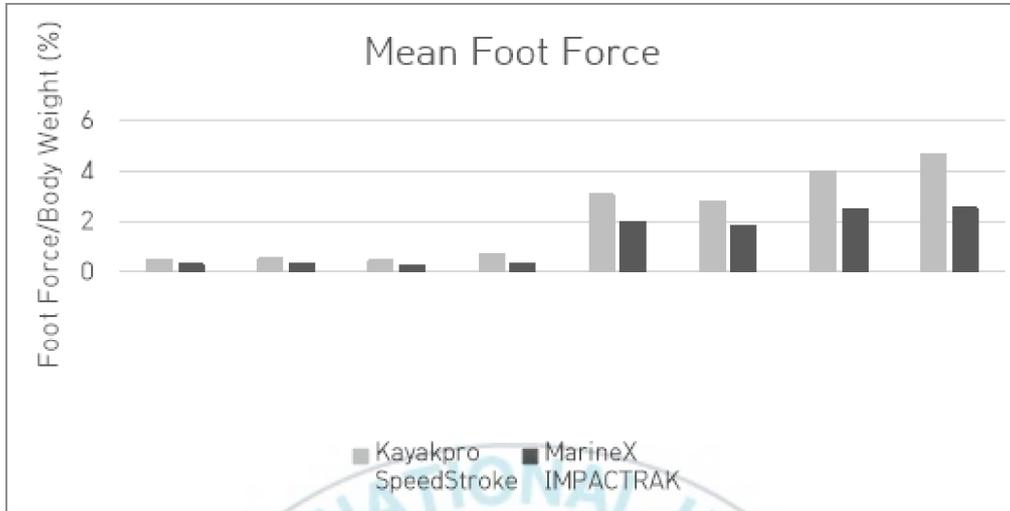


그림17. 에르고미터 간 당기기에서 평균 족저압의 차이

11. 에르고미터 간 당기기에서 최대 족저압의 차이

1) 에르고미터 간 당기기에서 전족부 영역의 최대 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 13.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 전족부 영역의 최대 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 전족부 영역의 최대 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났으며($t=2.497$, $p=.047$), 우측 당기기 구간에서 우측 전족부 영역의 최대 족저압도 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=2.475$, $p=.048$).

2) 에르고미터 간 당기기에서 중족부 영역의 최대 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 13.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 중족부 영역의 최대 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 중족부 영역의 최대 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았지만($Z=-1.690$, $p=.091$), 우측 당기기 구간에서 우측 중족부 영역의 최대 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=3.665$, $p=.011$).

3) 에르고미터 간 당기기에서 후족부 영역의 최대 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 13.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 후족부 영역의 최대 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 후족부 영역의 최대 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났으며($t=2.721$, $p=.035$), 우측 당기기 구간에서 우측 후족부 영역의 최대 족저압도 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=2.850$, $p=.029$).

4) 에르고미터 간 당기기에서 전체 영역의 최대 족저압 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 13.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 전체 영역의 최대 족저압 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 전체 영역의 최대 족저압은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났으며($t=3.203$, $p=.019$), 우측 당기기 구간에서 우측 전체 영역의 최대 족저압도 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났다($t=3.409$, $p=.014$).

표 13. 에르고미터 간 당기기에서 최대 족저압의 차이

단위:%(N/kg)

Foot force Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Fore-foot Foot Force	L	0.76 ±0.43	0.49 ±0.33	$t=2.497$ $p=.047$
	R	0.90 ±0.58	0.56 ±0.28	$t=2.475$ $p=.048$
Mid-foot Foot Force	L	0.79 ±0.54	0.46 ±0.39	$Z=-1.690$ $p=.091$
	R	1.11 ±0.63	0.63 ±0.44	$t=3.665$ $p=.011$
Rear-foot Foot Force	L	3.85 ±1.52	2.59 ±0.76	$t=2.721$ $p=.035$
	R	3.51 ±1.31	2.50 ±0.79	$t=2.850$ $p=.029$
Total Area Foot Force	L	5.35 ±2.19	3.48 ±1.16	$t=3.203$ $p=.019$
	R	5.51 ±2.36	3.59 ±1.08	$t=3.409$ $p=.014$

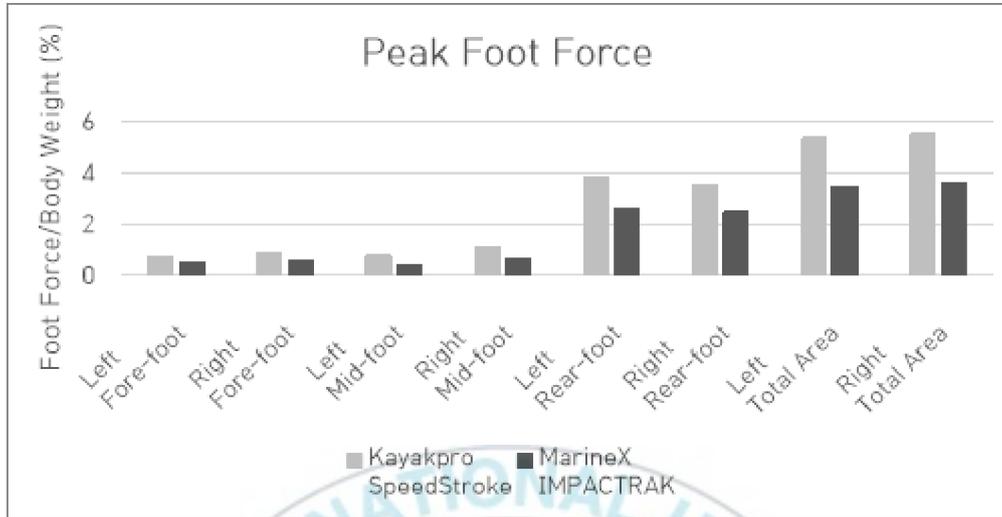


그림18. 에르고미터 간 당기기에서 최대 족저압의 차이

12. 에르고미터 간 당기기에서 스트로크 힘의 차이

1) 에르고미터 간 당기기에서 평균 스트로크 힘 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 14.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 평균 스트로크 힘 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 평균 스트로크 힘은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났지만($t=2.635$, $p=.039$), 우측 당기기 구간에서 우측 평균 스트로크 힘은 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=1.688$, $p=.142$).

2) 에르고미터 간 당기기에서 최대 스트로크 힘 차이

카약 동호인 집단 내 카약 에르고미터 간 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test) 또는 윌콕슨 부호 서열 검증(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였다. <표 14.>는 카약 에르고미터에서 패들링 시 당기기 구간에서 에르고미터 간 최대 스트로크 힘 차이를 확인한 결과이다. 좌측 당기기 구간에서 좌측 최대 스트로크 힘은 에르고미터 간 유의한 차이가 나타났지만($t=3.121$, $p=.021$), 우측 당기기 구간에서 우측 최대 스트로크 힘은 에르고미터 간 유의한 차이를 보이지 않았다($t=2.015$, $p=.091$).

표 14. 에르고미터 간 당기기에서 스트로크 힘의 차이

단위:%(N/kg)

Stroke Power Variable		Kayakpro SpeedStroke	MarineX IMAPACTRACK	Between Ergometer
Mean Force	L	4.35 ±3.30	1.14 ±0.70	$t=2.635$ $p=.039$
	R	4.12 ±2.90	2.13 ±1.16	$t=1.688$ $p=.142$
Peak Mean Force	L	6.72 ±4.22	2.10 ±0.65	$t=3.121$ $p=.021$
	R	5.90 ±3.63	2.96 ±1.27	$t=2.015$ $p=.091$

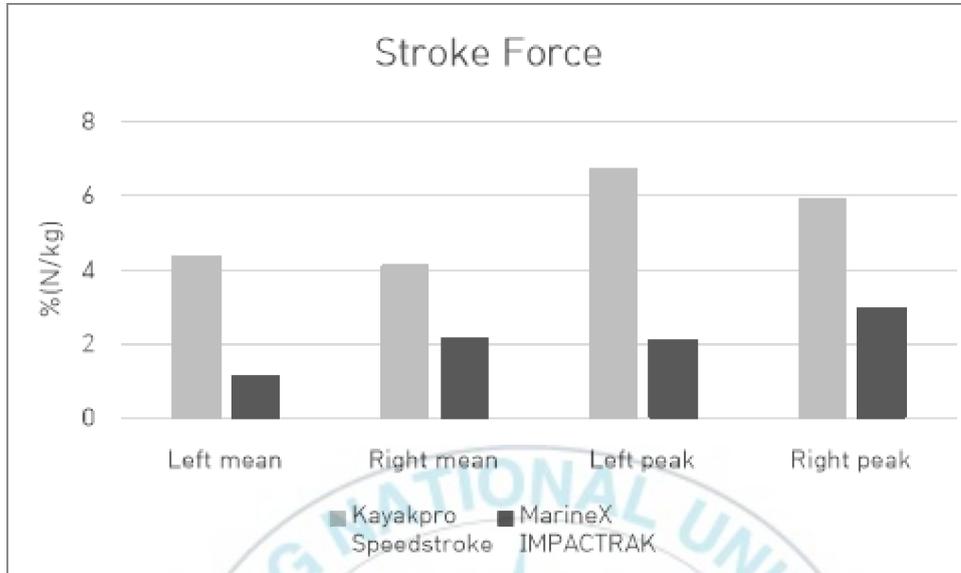


그림19. 에르고미터 간 당기기에서 스트로크 힘의 차이



V. 논의

본 연구에서는 부산광역시 카약 동호회에서 활동 중인 카약 동호인들을 대상으로 국내에서 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터 간 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위, 당기기와 회복 구간에서 관절의 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당기는 스트로크 힘이 에르고미터 간 차이가 있는지 확인하고자 하였다. 그 결과 운동학적 변인인 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위 및 평균 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간은 에르고미터 간 차이가 나타나지 않았지만, 당기기 구간에서 몸통 우측 수평 회전 최대 각속도는 자체 제작된 카약 에르고미터에서 유의하게 높게 나타났다. 반면, 당기기 구간에서 좌우 중족부, 좌우 후족부, 그리고 좌우 전체 영역의 평균 족저압과 좌우 전족부, 우측 중족부, 좌우 후족부, 그리고 좌우 전체 영역의 최대 족저압은 모두 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 유의하게 높게 나타났으며, 좌측 평균 및 최대 스트로크 힘 또한 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 유의하게 높게 나타났다.

카약에서 스트로크 한 주기는 잡기로 시작해서, 당기기, 빼기, 그리고 회복 등 4가지 국면으로 나누어지며, 잡기 시점에서는 블레이드가 입수된 동측 어깨 관절과 무릎 관절은 굴곡된 상태이고 팔꿈치 관절은 신전된 상태이며, 몸통과 골반은 입수된 블레이드의 반대쪽으로 회전된 상태이다. 당기기가 시작되면서 블레이드가 입수된 동측 발로 풋레스트를 차는 동시에 무릎 관절의 신전이 일어나고, 패들 샤프트를 당기면서 어깨 관절의 신전과 팔꿈치 관절의 굴곡이 일어나며, 몸통과 골반은 블레이드가 입수된 쪽으로 수평

회전이 일어난다. 손목의 위치가 골반까지 도달하게 되면 빼기가 일어나고, 회복 구간에서는 블레이드를 출수시키면서 반대쪽 손을 전방으로 쭉 뻗게 되면서 반대편 잡기 동작이 시작된다(Bjerkefors et al., 2017; Limonta et al., 2010). 본 연구에서도 마찬가지로 잡기, 당기기, 빼기, 그리고 회복 등 4 가지 국면으로 나누어서 관절의 각도, 관절 가동범위, 관절의 각속도, 그리고 구간의 시간 같은 운동학적 변인이 카약 에르고미터 간 차이가 있는지 확인하였고, 그 결과 몸통 우측 수평 회전 최대 각속도만 에르고미터 간 차이가 나타났으며, 그 외 운동학적 변인은 차이가 나타나지 않았으며, 위 결과들을 종합적으로 봤을 때 국내에서 자체 제작된 장비가 카약 에르고미터에서의 패들링 동작을 운동학적으로 잘 구현했다고 생각된다. 에르고미터 간 운동학적으로 차이가 있는지에 대해 조사한 연구 중 플라이휠이 고정된 로잉 에르고미터와 플라이휠이 앞뒤로 움직이는 로잉 에르고미터에서 로잉 시 운동역학적으로 차이가 있는지 조사한 연구에서는 드라이브 구간 중 피니쉬(finish) 시점에서 무릎 관절의 신전이 에르고미터 간 차이가 나타났고 (Steer & Bull, 2006), 실제 수상에서와 에르고미터 간 로잉 시 운동학적 차이를 조사한 연구에서는 몸통과 하지의 움직임은 차이가 나타나지 않았으나, 드라이브 구간 중 첫 시점인 캐치(catch)와 마지막 시점인 피니쉬(finish)에서 상지 움직임 패턴이 두 조건 간 차이가 나타났다고 보고되었다 (Lamb, 1989). 카약에서도 IMU 센서를 사용해서 두 조건 간 운동학적으로 차이가 있는지 조사한 연구가 진행되었고, 그 결과 당기기와 회복 구간에서 팔꿈치 움직임 패턴과 당기기 구간에서 어깨의 움직임 패턴이 차이가 나타나는 것을 확인하였으며(Klitgaard et al., 2020), Begon et al.(2008)은 두 조건 간 당기기와 회복 구간의 시간은 두 조건 간 차이가 나타나지 않은 것을 확인하였지만, 어깨 움직임 패턴이 차이가 나타나는 것을 발견하였다. 이러한 어깨 움직임 패턴의 차이가 나타나게 되는 이유는 카약 에르고미터

에서 패들 샤프트 양쪽에 연결된 로프에 의해 나타난 것이라고 하였고 (Fleming et al., 2012b), 그러므로 카약 에르고미터에서의 패들링이 실제 수상에서의 패들링을 완벽하게 구현하지 못했다고 보고되었으며(Klitgaard et al., 2020), 향후 연구에서는 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터와 수상에서의 패들링과 비교 분석하여 실제 수상에서의 패들링을 운동학적으로 잘 구현했는지 확인할 필요가 있다고 생각된다

한편, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당기는 스트로크 힘 같은 운동역학적 변인은 모두 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 크게 나타났고, 이러한 결과는 장비 간 기계적 구조의 차이에 의해 나타났다고 생각되며, 회전하면서 공기저항을 생성하는 플라이휠의 크기와 직경은 에르고미터 간 차이가 없지만, 패들 샤프트 길이는 공식 인증을 받은 카약 에르고미터가 더 길고 롤러의 크기와 직경은 자체 제작된 카약 에르고미터가 더 크기 때문에 힘 출력에 차이가 나타났다고 생각된다. 플라이휠 양옆에 연결되어 있는 롤러는 패들 샤프트를 당겼을 때 회전하면서 생성된 토크로 플라이휠을 회전시키는데, 자체 제작된 카약 에르고미터보다 상대적으로 롤러의 크기가 더 작은 공식 인증 카약 에르고미터에서 플라이휠을 한번 회전시키기 위해 더 많은 회전과 더 큰 힘이 요구되므로, 족저압과 스트로크 힘 같은 운동역학적 변인이 더 크게 나타난 것으로 생각된다. 또한, 본 연구에서는 에르고미터에서 패들링 시 연구대상자 개인이 선호하는 그림 너비로 에르고미터 간 동일하게 실시하였으나, 공식 인증을 받은 카약 에르고미터의 패들 샤프트 길이가 자체 제작된 카약 에르고미터의 패들 샤프트 길이보다 더 길어서 동일한 힘팔에 비해 저항팔이 클수록 더 큰 힘이 필요하므로(Tabassum & Mondal., 2016), 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 족저압과 스트로크 힘 같은 운동역학적 변인이 더 크게 나타난 것으로 생각된다.

본 연구에서는 패들 샤프트를 당겼을 때 힘을 받는 카약 에르고미터 롤러 부분에 4선식 호환 로드셀을 장착하여 스트로크 힘 정보를 수집하였으며, 공식 인증을 받은 카약 에르고미터 좌·우측 최대 스트로크 힘은 521N과 459N이 나타났고, 자체 제작된 카약 에르고미터의 좌·우측 최대 스트로크 힘은 161N과 228N이 나타났다. 카약 에르고미터에서 패들링 하는 동안 여러 주요 운동역학적 변수를 조사한 연구에서 볼 및 소켓 형태의 로드셀을 사용하여 최대 스트로크 힘이 307.9N까지 나온 것을 확인하였으나(Michael et al., 2012), 실제 수상에서 패들링 하는 동안 패들 샤프트 내에 탑재된 센서를 사용해서 스트로크 힘 정보를 수집한 연구에서는 최대 힘이 375N이 나온 것을 확인하였고(Sperlich & Baker, 2002), Fleming et al.,(2012a)은 수상에서와 카약 에르고미터에서 패들링 시 스트로크 힘 정보를 비교하기 위해 패들 샤프트 중심에서 양쪽으로 20cm 떨어진 곳에 4선식 호환 로드셀을 장착하여 패들 샤프트를 당겼을 때 샤프트가 휘어지면서 로드셀에서 출력되는 스트로크 힘 정보를 수집한 결과 스트로크 최대 힘이 두 조건 간 차이가 없다는 것을 확인하였다. 그러므로 카약 에르고미터에서 정확한 스트로크 힘 정보의 수집을 위해 패들 샤프트와 롤러 사이에 로드셀을 장착하는 것보다 패들 샤프트 내 로드셀을 장착하여 패들 샤프트를 휘는 순간 출력되는 정보를 수집하는 것이 더 정확하다고 생각된다. 또한, 본 연구에서는 동호인을 대상으로 신발 안에 족저압 센서를 삽입하여 실제 힘 출력이 일어나는 당기기 구간에서 풋레스트에 가해지는 힘을 측정 한 결과 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서는 좌·우측 최대 족저압이 각각 388N과 413N이 나타났고, 자체 제작된 카약 에르고미터에서는 좌·우측 각각 255N과 267N이 나타났으며, 마찬가지로 인솔형 족저압 센서를 사용하여 숙련자 집단과 초보자 집단 간 카약 에르고미터에서 패들링 시 풋레스트에 가해지는 힘을 조사한 연구에서는 숙련자 집단의 최대 좌·우측 최대

족저압이 275N과 286N이 나타났다(이종훈, 류재진, 남기정, 2012). Tornberg et al.,(2019)는 엘리트 선수들을 대상으로 에르고미터에서 패들링 시 풋레스트 위에 스트레인 게이지를 장착하여 풋레스트에 가해지는 힘을 측정된 결과 좌·우측 최대 족저압이 각각 584N과 667N이 나타났고, 엘리트 선수 10명을 대상으로 카약 에르고미터에서 패들링 시 단축 압전 센서를 카약 에르고미터 풋레스트에 직접 장착하여 풋레스트에 가해지는 힘을 측정된 결과 좌·우측 최대 족저압이 각각 212.5N과 215.0N이 나타났다(Begon et al., 2008). 실제 카약 보트 풋레스트에 로드셀을 장착하여 수상에서 패들링 시 풋레스트에 가해지는 힘을 조사한 연구에서는 좌·우측 최대 족저압이 527N과 538N이 나타난 것을 확인하였지만(Klitgaard et al., 2021b), 수상에서와 카약 에르고미터 간 풋레스트에 가해지는 힘을 비교한 연구는 없으므로, 향후 두 조건 간 풋레스트에 가해지는 힘을 비교한 연구가 이루어진다면 수상에서의 패들링을 운동역학적으로 반영한 카약 에르고미터 제작에 추가적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

카약 에르고미터는 거친 강 및 야외 환경에서 수상에서의 패들링이 제한될 경우 실내에서 훈련을 대체할 수 있도록 만들어진 장비이지만, 현재 시중에 있는 카약 에르고미터는 높은 가격으로 인해 동호인과 일반인한테는 접근성이 어려운 실정이며, 그러므로 본 연구에서 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터를 공식 인증을 받은 카약 에르고미터와 운동역학적으로 비교 분석하여 패들링 동작을 잘 구현했는지 확인하여 동호인과 일반인한테 접근성이 쉬운 국산 카약 에르고미터 제작에 추가적인 정보를 제공하고자 하였다. 하지만 본 연구에서 충분한 대상자 수를 확보하지 못하였고, 실제 운동량의 지표인 생리학적으로 장비 간 차이가 있는지 확인하지 못하였으며, 측정과 재측정을 통한 자체 제작된 카약 에르고미터의 신뢰도 및 타당도를 알아보지 못하였다. 이러한 한계점을 보완해서 추가적인 연구가 진행된다면

국산 카약 에르고미터 개발 및 제작 완성도를 높이는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.



VI. 결론 및 제언

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

1. 결론

본 연구는 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터 간 운동역학적으로 차이가 있는지 확인하기 위해 부산시 카약 동호회에서 활동 중인 동호인 7명을 대상으로 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기 및 회복 구간에서 관절 가동범위와 관절 각속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서의 족저압과 스트로크 힘을 확인하여 비교 분석하였다.

그 결과는 다음과 같다.

첫째, 잡기 및 빼기 시점에서 관절의 각도는 카약 에르고미터 간 차이가 나타나지 않았다.

둘째, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위는 카약 에르고미터 간 차이가 나타나지 않았다

셋째, 당기기와 회복 구간에서 관절 평균 각속도는 에르고미터 간 차이가 나타나지 않았지만, 최대 각속도는 몸통의 우측 수평 회전이 자체 제작된 카약 에르고미터에서 유의하게 높게 나타났다

넷째, 당기기와 회복 구간의 시간은 카약 에르고미터 간 차이가 나타나지 않았다.

다섯째, 당기기 구간에서 평균 족저압은 좌우 중족부, 좌우 후족부, 그리고 좌우 전체 영역 모두 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 유의하게 높게 나타났고, 최대 족저압은 좌우 전족부, 우측 중족부, 좌우 후족부, 그리고 좌우 전체 영역 모두 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 유의하게 높게 나타났다.

여섯째, 당기기 구간에서 스트로크 힘은 좌측 평균 및 최대 스트로크 힘 모두 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 높게 나타났다.

본 연구에서는 카약 에르고미터 간 운동역학적 차이에 초점을 맞추었지만, 향후 충분한 대상자를 모집해서 자체 제작된 장비와 검증된 장비 간 운동역학적 및 생리학적으로 측정과 재측정을 통한 신뢰도 및 타당도를 확인하는 연구가 진행된다면 국산 카약 에르고미터 개발 및 제작 완성도를 높이는 데 추가적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

2. 제언

본 연구는 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터 간 운동역학적 차이가 있는지 확인하고 비교 분석하여 국산 카약 에르고미터 개발 및 제작 완성도를 높이는데 추가적인 정보를 제공하고자 하였다. 본 장에서는 연구수행에 있어 제기될 수 있는 문제를 지적하고 차후 수행되어야 할 연구 과제에 대해 다음과 같이 제언하였다.

첫째, 본 연구는 자체 제작된 카약 에르고미터가 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 간 운동역학적으로 차이가 있는지 확인하고 비교 분석하였으나, 실제 운동량 지표인 생리학적으로 차이가 있는지 확인하지 못하였다. 따라서 향후 카약 에르고미터 간 생리학적으로 차이가 있는지 확인하고 비교 분석하여 실제 운동량에 차이가 있는지를 규명하는 후속연구가 필요하다.

둘째, 본 연구에서는 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터 간 측정과 재측정을 통한 신뢰도 및 타당도 검증을 수행하지 못하였다. 따라서 두 장비의 측정과 재측정을 통해 신뢰도 및 타당도를 검증하는 후속연구가 필요하다.

본 연구에서 확인된 한계점을 보완하여 추가적인 연구가 진행된다면 국산 카약 에르고미터 개발 및 제작 완성도를 높이는 데 추가적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 류지선, 이정수(1997). 카누 스트로크 동작의 운동학적 요인 분석. 체육과학연구소 논문집, 제16권 제1호, 1-9
- 류재진, 남기정, & 이종훈. (2012). 엘리트 카약 선수들의 에르고미터를 이용한 로잉 동작 시 안장과 페달의 거리가 로잉 패턴 및 근 활성화도에 미치는 영향. 한국운동역학회지, 22(1), 65-73.
- 심재신, 김병로(2009). 카누 선수의 카약 에르고미터 운동 시 상체 근육의 체표면 온도 변화. 체육과학연구, 제20권 제1호, 169-177
- 이종훈, 류재진, & 남기정. (2012). 숙련도에 따른 카약 진방 스트로크 동작의 비교 분석. 한국체육과학회지, 21(4), 1389-1401.
- 한국체육과학연구원. (2010). 체육지도자 훈련지도서(카누). 서울.
- Baker, J., Rath, D., Sanders, R., & Kelly, B. (1999). A three-dimensional analysis of male and female elite sprint kayak paddlers. In ISBS-conference proceedings archive.
- Barsalou, M., Cupka, M., Fedas, N., McGreevy, C., & Wojtowicz, A. (2006). Kayak exerciser machine.
- Baudouin, A., & Hawkins, D.(2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal of Biomechanics*, 37(7), 969-976.

- Begon, M., Colloud, F., & Lacouture, P. (2009). Measurement of contact forces on a kayak ergometer with a sliding footrest-seat complex. *Sports engineering*, 11(2), 67-73.
- Begon, M., Colloud, F., & Sardain, P. (2010). Lower limb contribution in kayak performance: modelling, simulation and analysis. *Multibody system dynamics*, 23(4), 387-400.
- Borges, T. O., Bullock, N., Aitken, D., & Coutts, A. J. (2017). Accuracy and validity of commercially available kayak ergometers. *International journal of sports physiology and performance*, 12(9), 1267-1270.
- Caplan, N., & Gardner, T. N. (2005). The influence of stretcher height on the mechanical effectiveness of rowing. *Journal of Applied Biomechanics*, 21(3), 286.
- Dal Monte, A. & Leonardi, L. (1976). Functional evaluation of kayak paddlers from biomechanical and physiological viewpoints. In Komi (Ed.) *Biomechanics* (pp258-267).
- 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*.

- Fleming, N., Donne, B., Fletcher, D., & Mahony, N. (2012a). A bio-mechanical assessment of ergometer task specificity in elite flatwater kayakers. *Journal of sports science & medicine*, 11(1), 16.
- Fleming, N., Donne, B., & Fletcher, D. (2012b). Effect of kayak ergometer elastic tension on upper limb EMG activity and 3D kinematics. *Journal of sports science & medicine*, 11(3), 430.
- Greene, A. J., Sinclair, P. J., Dickson, M. H., Colloud, F., & Smith, R. M.(2009). Relative shank to thigh length is associated with different mechanisms of power production during elite male ergometer rowing. *Sports Biomechanics*, 8(4), 302-317
- Hashimoto, T., Kondo, K., & Kikuchi, N. (2018). Development of Kayak Ergometer using Electromagnetic Brake for Indoor Training. In 2018 12th France-Japan and 10th Europe-Asia Congress on Mechatronics (pp. 342-345). IEEE.
- Hofmijster, M. J., Landman, E. H. J., Smith, R. M., & Van Soest, A. J. K. (2007). Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 403-411.
- Kendal, S. J., & Sanders, R. H. (1992). The technique of elite flatwater kayak paddlers using the wing paddle. *Journal of Applied Biomechanics*, 8(3), 233-250.

- Kertészné Német, B., Terebessy, T., Szóke, G. and Bejek, Z. (2021). Biomechanical Motion Analysis of Elite Flat Water Kayakers with Special Focus on Footrest. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 65, 3 (2021), 792–797.
- Kendal, S. J., & Sanders, R. H. (1992). The technique of elite flatwater kayak paddlers using the wing paddle. *Journal of Applied Biomechanics*, 8(3), 233–250.
- Klitgaard, K. K., Hauge, C., Oliveira, A. S., & Heinen, F. (2021a). A kinematic comparison of on-ergometer and on-water kayaking. *European Journal of Sport Science*, 21(10), 1375–1384.
- Klitgaard, K. K., Hansen, J., & de Zee, M. (2021b). A new device for measuring forces in the footrest during on-water kayaking. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 17543371211016983.
- Lamb, D. H. (1989). A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *The American journal of sports medicine*, 17(3), 367–373.
- LARSSON, B., Larsen, J. A. N., MODEST, R., SERUP, B., & SECHER, N. H. (1988). A new kayak ergometer based on wind resistance. *Ergonomics*, 31(11), 1701–1707.
- Lee, C. H. (2014). The effect of kayak foot brace on forward stroke and stability of boat in the kayak sprinting. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 6(5), 223–228.

- Limonta, E., Squadrone, R., Rodano, R., Marzegan, A., Veicsteinas, A., Merati, G., & Sacchi, M. (2010). Tridimensional kinematic analysis on a kayaking simulator: key factors to successful performance. *Sport Sciences for Health*, 6(1), 27-34.
- Lok, Y. L. (2013, July). Biomechanics study in sprint kayaking using simulator and on-water measurement instrumentation: An overview. In 3rd Malaysian Postgraduate Conference (pp. 216-223).
- Lovell, G., & Lauder, M. (2001). Bilateral strength comparisons among injured and noninjured competitive flatwater kayakers. *Journal of Sport Rehabilitation*, 10(1), 3-10.
- Mann, R. V., & Kearney, J. (1980). A biomechanical analysis of the Olympic-style flatwater kayak stroke. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 12(3), 183.
- Michael, J. S., Rooney, K. B., & Smith, R. M. (2012). The dynamics of elite paddling on a kayak simulator. *Journal of sports sciences*, 30(7), 661-668.
- Nedergaard, N., Heinen, F., Sloth, S., Hébert-Losier, K., Holmberg, H., & Kersting, U. (2014). The effect of light reflections from the snow on kinematic data collected using stereophotogrammetry with passive markers. *Sports Engineering*, 17(2), 97-102

- Nilsson, J. E., & Rosdahl, H. G. (2016). Contribution of leg-muscle forces to paddle force and kayak speed during maximal-effort flat-water paddling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 22-27.
- Shephard, R.(1987). Science and medicine of canoeing and kayaking. *Sports Medicine*, 4(1), 19.
- Smith, R. M., & Loschner, C.(2002). Biomechanics Feedback for Rowing. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 783-791.
- Steer, R. R., McGregor, A. H., & Bull, A. M. (2006). A comparison of kinematics and performance measures of two rowing ergometers. *Journal of sports science & medicine*, 5(1), 52.
- Sturm, D., Yousaf, K., & Eriksson, M. (2010). A kayak training system for force measurement on-water. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Szanto, C. (2004), *Racing canoeing*. International Canoe Federation
- Sperlich, J., & Baker, J. (2002). Biomechanical testing in elite canoeing. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Therrien, M., & Begon, M. (2012). Effect of stroke rate on paddle tip path in kayaking. *Movement Sport Sciences*, (1), 113-120.

- Tornberg, Å. B., Håkansson, P., Svensson, I., & Wollmer, P. (2019). Forces applied at the footrest during ergometer kayaking among female athletes at different competing levels—a pilot study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 11(1), 1-6.
- Van Someran. K.A., Phillips, G.R. and Palmerm G.S. (2000). Comparison of physiological responses to open water kayaking and kayak ergometry. *International Journal of Sports Medicine*. 21, 200-204.
- Winchcombe, C. E., Binnie, M. J., Doyle, M. M., Hogan, C., & Peeling, P. (2019). Development of an on-water graded exercise test for flat-water sprint kayak athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 14(9), 1244-1249.
- Zhang, J., Novak, A. C., Brouwer, B., & Li, Q. (2013). Concurrent validation of xsens mvn measurement of lower limb joint angular kinematics, *Physiological Measurement*, 34(8), 63-69

국문 요약

카약 에르고미터 간 동호인 패들링 동작의 운동역학적 비교 분석

체육학전공 김진수
지도교수 박종철

본 연구는 부산시 카약 동호회 소속으로 활동 중인 건강한 아마추어 카약 커 7명을 선정하여 국내에서 자체 제작된 카약 에르고미터와 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 패들링 시 잡기와 빼기 시점에서 관절의 각도, 당기기와 회복 구간에서 관절 가동범위, 당기기와 회복 구간에서 관절의 각 속도, 당기기와 회복 구간의 시간, 당기기 구간에서 발로 풋레스트를 미는 족저압과 패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘 같은 운동역학적 변인이 에르고미터 간 차이가 있는지 확인하고 비교 분석하여 국산 카약 에르고미터 제작 완성도를 높이는데 추가적인 정보를 제공하고자 하였다.

결과는 다음과 같다.

1. 잡기 및 빼기 시점에서 관절의 각도와 당기기 및 회복 구간에서 관절 가동범위는 에르고미터 간 차이가 나타나지 않았다.

2. 카약 에르고미터 간 패들링 시 당기기와 회복 구간에서 평균 각속도는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 몸통의 우측 수평 회전 최대 각속도가 자체 제작된 카약 에르고미터에서 더 크게 나타났다.

4. 당기기와 회복 구간의 시간은 카약 에르고미터 간 차이를 보이지 않았다.

5. 당기기 구간에서 좌우 중족부, 좌우 후족부, 좌우 전체 영역의 평균 족저압과 좌우 전족부, 좌측 중족부, 좌우 후족부, 좌우 전체 영역의 최대 족저압 모두 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 더 크게 나타났다.

6. 당기기 구간에서 좌측 평균 및 최대 스트로크 힘 모두 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 더 크게 나타났다.

본 연구결과 카약 에르고미터 간 운동학적 차이는 당기기 구간에서 몸통 우측 수평 회전 최대 각속도만 차이가 나타났으며, 당기기 구간에서 발로 플랫폼을 밟는 족저압과 패들 샤프트를 당길 때 스트로크 힘은 공식 인증을 받은 카약 에르고미터에서 크게 나타났다. 이러한 정보는 국산 카약 에르고미터 개발 및 제작 완성도를 높이는데 추가적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.