

컬링 드로우와 테이크아웃 기술 시 신체중심이동변위, 신체중심속도와 족저압력의 변화 비교 분석

김태완* · 문영진 · 송주호 · 이상철 · 길세기 · 문제현(한국스포츠개발원)

이 연구에서는 컬링의 중요 요소 중 하나인 딜리버리(Delivery) 동작에서, 드로우(Draw)와 테이크아웃(Take out) 기술 수행 시 피험자의 신체중심 이동 변위, 신체 중심 속도 및 족저압력의 변화를 실험을 통해 관찰 하였다. 피험자는 근골격계에 이상이 없는 20~30대 국가대표급 여자 컬링 선수 10명이며, 피험자들에게 백라인(Back line)에서 호그라인(Hog line)까지 속도 제한(드로우 3.80~3.90초, 테이크아웃 2.97~3.07초)을 둔 상태에서 드로우와 테이크아웃 기술을 출발 직전(왼발이 가장 뒤로 갔을 때)에서 핵에 지지하는 발이 떨어지는 순간을 1구간으로, 이후 출발 후 신체중심이동이 3m 거리에 도달하는 순간을 2구간으로 구분하여 분석한 결과, 드로우 기술 수행 시 신체중심의 좌우 변화가 크게 나타났고 통계적 유의수준은 1구간에서 차이($p<.011$)를 나타내었다. 또한 테이크아웃 기술에서는 신체 중심의 상하 변화가 크게 나타났으며, 1구간과 2구간 모두에서 유의한 차이($p<.008$, $p<.015$)를 나타내었다. 신체 중심의 최대 속도에서는 좌우, 상하 모두 테이크아웃 기술이 모든 구간에 걸쳐 빠르게 나타났으며, 구간 모두 유의한 차이($p<.008$)를 보였다.

두 가지 기술별 족저 압력을 분석한 결과 테이크아웃 수행 시 전족과 중족의 안쪽 부위에서 드로우 수행 경우 보다 큰 압력이 발생하였고, 드로우 기술에서는 후족 부위에서 더 큰 압력이 나타났다. 이러한 결과는 기술별 족저 압력 패턴과 압력 중심 이동이 목적에 따라 각기 다르게 나타남을 보여주고 있다.

연구를 통하여 딜리버리 동작은 드로우와 테이크아웃 기술 수행 시 기술구사 목적에 따라 피험자의 무게 중심의 이동 방향, 속도 및 족저 압력의 형태 등에 차이가 있음을 확인할 수 있었으며, 이러한 차이는 선수들의 훈련을 효과적으로 수행하기 위한 훈련 프로토콜의 개발에 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

주요어: 컬링, 드로우, 테이크아웃, 딜리버리, 신체중심, 족저압력

서 론

2018년 동계올림픽의 유치로 국내 스포츠는 하계 올림픽과 아시아 경기대회를 포함한 모든 국제 스포츠 대회를 유치하는 쾌거를 이루었다. 특히 2012년도 런던 올림픽에서 종합 순위 5위를 달성하여 역대 최고의 성적을 거두는 등 국제 사회에서 대한민국의 스포츠 역량은 그 위상을 더해가고 있다. 그러나 국내 스포츠는 한정된

선수층으로 인하여 일부 종목에 메달이 집중되는 구조적인 문제점을 안고 있으며, 이러한 문제점은 동계 종목도 자유로울 수 없다. 동계 올림픽에서 최초로 메달을 획득한 1992년 이후의 동계 올림픽 메달 획득 내용을 분석해 보면 일부 종목의 메달 집중화 현상을 확인할 수 있으며, 쇼트트랙 스케이팅에서 전체 획득 메달의 82%를 차지하고 있다. 쇼트트랙 이외의 종목으로는 스피드스케이팅과 피겨 스케이팅이 있으며, 2010년 밴쿠버올림픽에서 처음으로 양 종목에서 금메달이 추가 되었다.

이 같은 특정 종목의 메달 집중 현상은, 경쟁국들의 견제와 기량 향상 등에 의해서 상대적인 우위를 상실하는 순간, 전반적인 국제 스포츠 경쟁력 상실로 연결되는 심각한 문제점을 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하고 메달의 종목을 증가 시킬 수 있는 현

논문 투고일: 2014. 03. 10.

논문 수정일: 2014. 04. 29.

게재 확정일: 2014. 06. 03.

* 저자 연락처: 김태완(burumi@sports.re.kr).

* 이 논문은 김태완(2013)의 연구보고서 중 일부를 발췌하였으며 국민체육진흥공단 한국체육과학연구원원의 사업비에 의하여 연구되었음.

실적인 대책이 필요하다. 특히 동계 종목의 경우에는 국내 기반이 매우 취약하여 실질적으로 지원이 가능한 종목이 한정되어 있고, 국내 기록과 세계 기록 사이에도 큰 차이가 있는 종목들이 많아, 제한된 자원으로 지원을 집중할 경우 효과를 나타 낼 수 있는 종목의 선택이 중요하다. 이러한 종목 중 여자 컬링팀의 경기력은 타 종목(스키, 스키점프, 루지, 스켈레톤, 봅슬레이 등)에 비해(2012년 여자 컬링 세계선수권대회 4위, 2014년 소치동계올림픽 4위 입상) 세계 수준에 가깝게 접근하고 있어 메달권 진입이 가능한 종목이라 판단된다.

일반적으로 컬링종목은 얼음 위에서 경기가 진행되는 팀 단위의 스포츠로서 한 번의 샷(shot) 선택이 그 엔드의 경기흐름과 승패 여부를 결정하기도 한다고 해서 얼음판 위의 체스라고도 불린다(노성규 등, 2010).

컬링은 스톤(stone)을 목표물에 얼마나 지속적으로 전달하느냐가 가장 중요한 요인이라 할 수 있다(이현정, 2005). 컬링은 크게 딜리버리(delivery)와 스위핑(sweeping)으로 구분할 수 있으며, 특히 완벽한 투구를 위해서는 안정적인 딜리버리 동작은 선수들에게 아주 중요한 요인이다. 이러한 딜리버리 시 중요요인을 살펴보면, 핵(hack)에서 미끄러져 떨어지면서 자세가 무너지지 않도록 고도의 균형(balance) 감각, 두 눈이 보는 것과 두 손이 그것을 어떻게 다루는가에 대한 눈과 손의 협응(eye-hand coordination), 딜리버리 시 적절한 신체의 위치로 이동시킬 수 있는 유연성(flexibility), 그리고 핵을 발로 밀고 나와서 딜리버리 까지 신체를 제어할 수 있는 근력(strength) 등이 일관성 있게 이루어져야 하는 스포츠이다(Weeks, 2001).

기존의 컬링에 관한 국내외 연구동향을 살펴보면, 김종덕 등(2004)은 컬링의 노백스윙(no backswing) 딜리버리 시 각도와 각속도 변인을 분석 하였으며, 김유신과 조규권(2005)은 릴리스 자세에서 수평속도를 빠르게 하는 것이 평형성 및 동작 연결에 있어서 정확한 타이밍의 효과를 올릴 수 있는 주요한 관건이라고 하였다. 또한 김현경과 유경석(2006)은 컬링의 딜리버리 활주구간의 정확한 투구는 무게중심을 적절히 통제하고 일정한 속도를 유지하고 조절하는 것이 숙련된 기술자에게서 나타난다고 보고하였으며, 박건우 등(2006)의 연구에서 딜리버리 훈련과 평형성 훈련이 스톤의 원근 거리(y축)에서는 긍정적인 효과가 있다고 보고하였다.

Kivi & Auld(2012)은 컬링경력 평균 17년의 16명의 컬링인을 대상으로 딜리버리 동작의 방향의 정확도를 연구한 결과 셋업(setup)과 풀백(pull-back)구간 그리고 릴리즈(release)와 릴리즈 이후(after release)구간 간에 스톤 위치상의 차이가 있다고 보고하였으며, Yoo et al.(2012)은 5명의 엘리트와 5명의 준엘리트 선수 10명을 대상으로 딜리버리동작의 슬라이딩동작에 관한 운동역학적연구를 실시한 결과 딜리버리 수행동안 절제된 이동속도와 균형을 유지하기 위해 엘리트선수가 더 좋은 능력을 가지고 있을 보고하였다.

유경석(2009)은 활주속도제어능력이 안정적인 활주자세와 접지면의 하지말단 압력조절에 관한 관련성 연구에서 비우수선수는 속도변화가 큰 반면 우수선수는 속도변화 추이가 작고 등속에 가깝다고 보고하였다. 그 외에 기초 물리에 해당하는 스톤과 얼음의 상관관계(Harrington, 1924; Denny, 1999; Jensen & Shegelski, 2004; Penner, 2001; Shegelski, 1996), 브러쉬와 얼음의 상관관계(Marmo et al., 2006; Yanagi et al., 2012; Buckingham et al., 2006) 및 컬링 연구 전반에 관한 리뷰 연구가 수행되었다(Bradley, 2009).

이상의 선행연구들을 살펴보면, 딜리버리의 자세, 균형 및 안정성은 컬링에서 매우 중요한 요인으로 입증되고 있다. 하지만 기존의 연구들은 핵에서 출발하여 슬라이딩 될 때까지의 딜리버리에 대한 연구가 이루어져 있을 뿐 컬링경기에서 가장 중요시 되는 공격적 작전 기술(가드, 드로우, 레이즈, 컴 어라운드, 프리즈) 중 하나인 드로우(draw)와 수비적 작전(런백, 히엔롤, 히엔스테이, 테이크아웃, 필) 기술 중 하나인 테이크아웃(take out)에 대한 연구는 미미한 실정이다.

컬링 종목에서 경기 목적에 따라 드로우 기술과 테이크아웃 기술을 수시로 상황에 따라 시도하게 되며, 이 두 기술의 목적은 매우 다르나 동일하게 핵을 차면서 얼음을 미끄러지면서 딜리버리를 수행하게 된다. 이때 전방으로 진행하는 힘의 원천이라 할 수 있는 핵과 족저압력의 관계, 그 힘에 의하여 신체중심의 변화 양상 관찰은 컬링 종목을 분석하는데 매우 의미 있는 변인이라 할 수 있다. 따라서 컬링 득점 시 가장 많이 구사하는 드로우와 테이크아웃을 세부적으로 연구할 필요성이 있어 이 연구를 착수하게 되었다.

이 연구는 국가대표급 여자컬링선수들을 대상으로 드로우와 테이크아웃 기술 수행 시 신체중심위치(좌우, 상

하), 신체중심속도(수평, 수직), 족저압력(핵을 최대로 찰 때의 최대압력, 딜리버리 시 지지발의 평균압력, 접촉면적)변인 등을 분석하여 차이에 대한 요인 도출하는데 그 목적으로 둔다.

연구방법

연구대상

이 연구는 2013년 3월부터 동년 11월까지 대한컬링경기연맹에 소속된 국가대표 급 여자컬링선수 10명(나이 26.6±4.74, 체중 54.8±5.67, 신장 161.7±3.95, 경력 10.7±3.20) 대상으로 하였다. 모든 연구 대상자는 사전에 연구 참여 동의서에 서명을 한 대상자들로 한정하였다.

실험장비

이 연구에서 사용된 실험장비는 공간좌표 산출을 위한 장비, 촬영 및 분석 장비 그리고 힘 분석 장비로 구성하였으며, 세부 내용은 <표 1>에 제시하였다.

표 1. 실험장비 및 분석프로그램

측정 및 분석	실험 도구	제조회사	제조국
공간 좌표의 산출 및 획득	NLT	Motion Analysis	USA
	Reflection Marker	Motion Analysis	USA
동작 촬영	Motion Capture System	Motion Analysis	USA
	Digital Video Camera	Sony	JPN
족저압력 측정	Pedar system (Insole type)	Novel	GER
컬링속도 측정기	디지털 구간 속도 측정기 SR-500	SEED T.	KOR
동작 분석	Visual3D	C-motion	USA
족저압력 분석	Pedar X System	Novel	GER

실험 설계

이 연구는 실험과제는 컬링 딜리버리 수행동안 드로우와 테이크아웃 기술(그림 1) 구사 시 운동학적 요인과 운동역학적 요인을 비교 분석하는 것이며, 자세한 실험

설계 내용은 <그림 2>와 같다.

- ① 드로우 기술 : 백라인에서 호그라인까지 3.80~3.90 초에 통과한 스톤이 하우스의 티 라인(tee line) 안 (0.15m)에 정확하게 스톤이 안착시킨 것을 성공으로 인증한다.
- ② 테이크아웃 기술 : 백라인에서 호그라인까지 2.97~3.07초에 통과한 스톤이 하우스 티 라인 중앙 원 (0.15m)에 멈추어 있는 상대 스톤을 정확하게 쳐낸 것을 성공으로 인증한다.

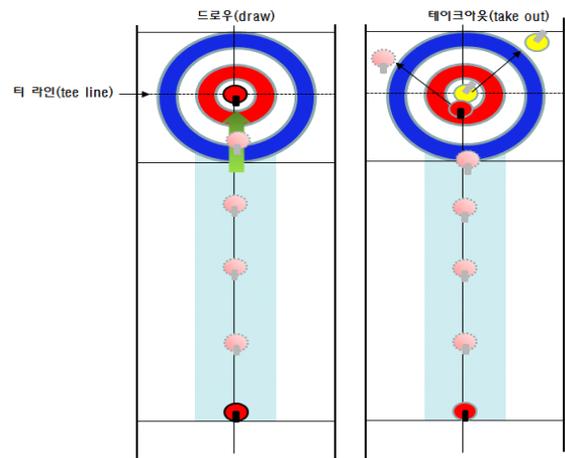


그림 1. 드로우 기술과 테이크아웃 기술

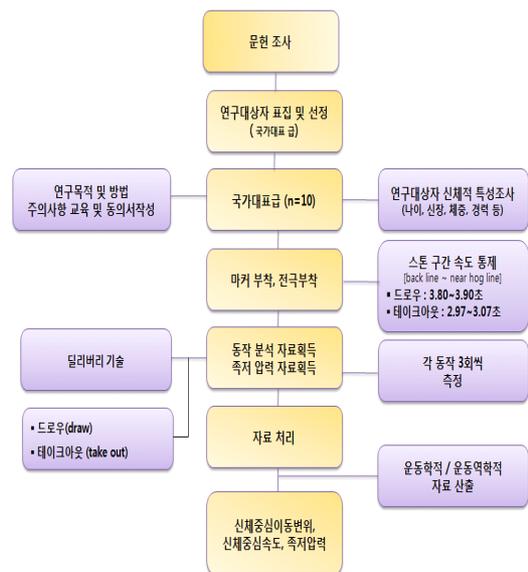


그림 2. 실험 설계 모식도

실험절차 및 자료처리

실험 전 연구대상자들에게 연구의 목적 및 주의사항 등에 대한 설명을 통해 연구의 이해를 높였으며, 실험동의서를 작성하였다. 실험 중 발생하는 부상을 최소화하기 위해 스트레칭 등의 준비운동을 실시한 후 본 실험을 실시하였다. 실험 전 대상자들의 컬링 드로우와 테이크아웃 동작을 포함할 수 있도록 컬링장의 좌, 우 측면에 각각 6대, 후면에 6대 총 카메라 12대를 <그림 3>과 같이 설치하였다.

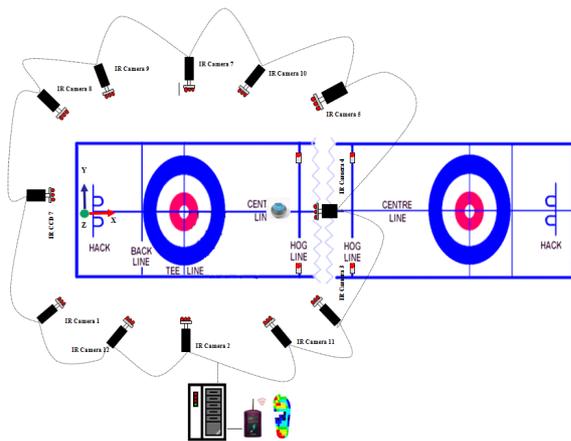


그림 3. 실험 장비 배치도

공간좌표 설정을 위하여 컬링 딜리버리 동작 준비 자세를 취하는 양발의 중심을 기준으로 스톤의 진행방향인 좌우방향을 X축, 전후방향을 Y축, 수직방향을 Z축으로 설정한 후 L자형 Frame과 T자형 Wand를 사용하여 60초 동안 캘리브레이션(Calibration)을 실시하였다. 전역좌표계(Global Coordinate System)의 기준점은 핵으로부터 운동방향인 Y축 방향으로 2.5m 떨어진 지점으로 설정하였다. 이때 카메라의 Sampling Rate는 120Hz로 설정하였으며, 12대의 카메라는 Data cable을 통하여 동조(Synchronization) 시킨 후 랜선을 통하여 측정용 데스크톱 컴퓨터로 데이터를 전송하게 된다. 전송된 데이터는 Cortex 3.0(Motion Analysis, USA) 프로그램을 이용해 통계하였다. 또한 딜리버리는 신체에 부착한 62개의 반사마커(Reflective marker)에 의하여 연속적인 위치자료를 산출한 후 산출된 3차원 원 자료(Raw data) 중 카메라가 마커를 인식하지 못한 부분이나 기타 사정에 의하여 확인이 어려운 데이터는 3

차 스플라인 보간법(Cubic spline interpolation)을 사용하여 각각의 시간에 따른 위치 좌표의 함수를 산출하였다. 이러한 과정에서 발생하는 실험실 환경적인 요인과 계산과정에서 발생하는 다양한 원인에 의한 노이즈(Noise)로 인한 오차를 최소화하기 위하여 Butterworth 4th order low pass filter 방법에 의하여 차단 주파수(Cut-off frequency) 10 Hz에 의하여 3차원 좌표 값을 획득하였다. 또한 드로우와 테이크아웃 기술 구사 시 족저압력분포 자료는 Novel사의 Padar-X System인 인솔 센서를 사용하여 컬링화에 삽입하였다. 여기서 사용된 인솔은 99개의 정전 용량 센스로 구성되어 있으며, 초당 100Hz의 샘플링 하였다. Padar-X System과 영상촬영(60 fps)을 동조시키기 위해 사전에 피험자에게 준비 사인을 주어 실험을 하였으며 영상과 족저압력 실험결과를 실험 후에 시간분석을 통해 재동조시켰다.

자료분석 및 통계검증

컬링 딜리버리 수행동안 드로우와 테이크아웃 기술의 특성을 비교 분석하기 위하여 신체중심위치(좌우, 전후, 상하), 신체중심속도(좌우, 전후, 수직), 핵을 최대로 찰 때의 최대압력, 딜리버리 시 지지발의 평균압력, 접촉면적 변인을 측정하기 위해 다음과 같이 이벤트 및 국면을 설정하였다(그림 4).

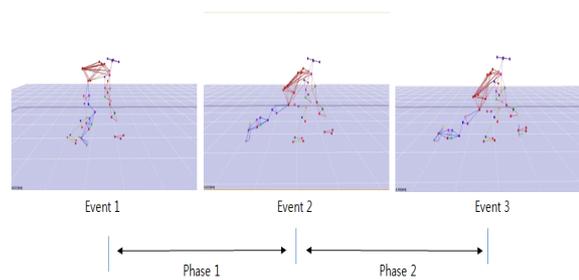


그림 4. 분석이벤트 및 국면

- ① Event 1 : 출발 직전 순간(왼발이 가장 뒤로 갔을 때)
- ② Event 2 : 오른발(차는 발)이 지면에서 떨어지는 순간
- ③ Event 3 : 출발 후 신체중심이동이 3m 거리에 도달하는 순간
- ④ Phase 1(핵을 차는 구간) : event 1에서 event 2까지의 국면

⑤ Phase 2(딜리버리 구간) : event 2에서 event 3까지의 국면

이 연구는 드로우와 테이크아웃 기술 구사 시 신체중심 이동변위(좌우, 전후, 상하), 신체중심최대속도(좌우, 전후, 수직)을 각 국면별로 분석하여 비교할 것이며, 지지발의 압력분포를 측정하기 위해 핵을 차주는 오른발에는 전족을 좌우(R1 : 전족의 안쪽영역, R2 : 전족의 바깥쪽영역)로 2개의 영역(mask)으로 구분하였다. 또한 딜리버리 시 지지발은 전족을 좌우(L1 : 바깥쪽영역, L2 : 안쪽영역), 중족(L3 : 바깥쪽영역, L4 : 안쪽영역), 후족(L5 : 바깥쪽영역, L6 : 안쪽영역)로 총 6개의 영역을 구분한 후 해당 영역의 분석동작에 따라 평균 압력(mean pressure), 최대 압력(peak pressure), 접촉면적(contacting area)을 분석하였다(그림 5).



그림 5. 족저압력 측정 위치

퀄링 드로우와 테이크아웃 기술의 특성을 비교 분석하기 위하여 신체중심위치(좌우, 전후, 상하), 신체중심속도(좌우, 전후, 수직), 족저압력변인(핵을 최대로 잘 때의 최대압력, 딜리버리 시 지지발의 평균압력, 접촉면적 변인) 등 측정된 변인의 자료를 평균과 표준편차를 구한 후 Wilcoxon Signed Ranks Test 방법을 사용하였다. 이때 분석을 위한 모든 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

결 과

신체중심의 이동 변위

신체중심의 변위 결과는 이벤트 1(출발 직전 순간)에서의 신체중심의 위치에서 이벤트 2(차는 발이 지면에서 떨어지는 순간)까지, 이벤트 2에서 이벤트 3(출발

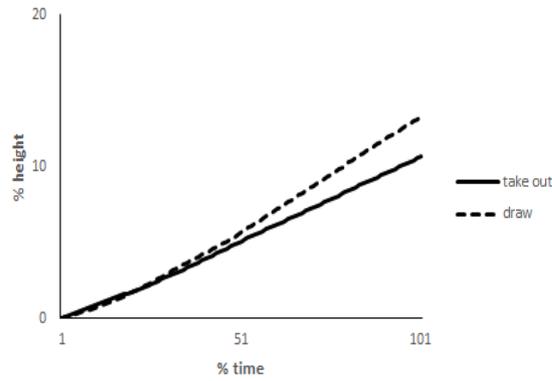
후 3 m 거리에 도달하는 순간)까지의 좌우, 상하 변위 차이를 구하여 퀄링 딜리버리 시 드로우와 테이크아웃 기술별 신체중심의 좌우, 전후, 상하 이동 변위와 Wilcoxon Signed Ranks Test 결과는 <표 2>에 제시하였다.

표 2. 신체중심의 이동 변위의 Wilcoxon Signed Ranks Test 결과

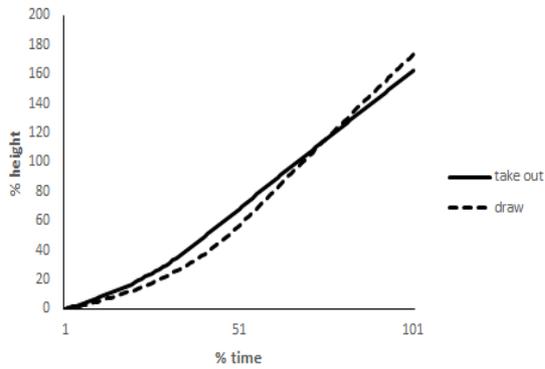
	구간	기술	M±SD (m)	z 값
좌 우	Phase 1	Draw	0.105±0.044	.011*
		Take out	0.073±0.028	
	Phase 2	Draw	0.110±0.046	.085
		Take out	0.100±0.042	
전 후	Phase 1	Draw	1.001±0.108	.011*
		Take out	0.875±0.069	
	Phase 2	Draw	1.813±0.552	.110
		Take out	1.752±0.456	
상 하	Phase 1	Draw	-0.076±0.021	.008*
		Take out	-0.107±0.031	
	Phase 2	Draw	0.001±0.032	.015*
		Take out	-0.017±0.028	

* $p < .05$

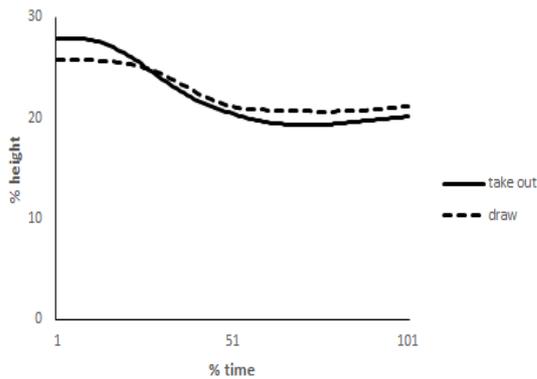
동작 간 좌우 이동 변위의 통계적 차이 검증 결과 1구간에서는 드로우 기술(0.105±0.044 m)이 테이크아웃 기술(0.073±0.028 m) 보다 우측방향으로 큰 이동 폭을 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .011$). 하지만 2구간에서는 드로우 기술이 우측방향으로 다소 높은 이동 폭을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 전후 이동 변위 결과 1구간에서는 드로우 기술(1.001±0.108)이 테이크아웃기술(0.875±0.069) 보다 전방방향으로 다소 높은 이동 폭을 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .011$). 하지만 2구간에서는 드로우 기술이 전방방향으로 다소 높은 이동 폭을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 또한 상하 이동 변위 결과 1구간에서는 드로우 기술(-0.076±0.021 m)이 테이크아웃 기술(-0.107±0.031 m) 보다 아래방향으로 큰 이동 폭을 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .008$). 2구간에서는 드로우 기술(0.001±0.032 m)에서 상하 이동 변위가 거의 없었지만, 테이크아웃 기술(-0.017±0.028 m)에서는 신체중심이 아래 방향으로 낮아졌고 두 동작에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .015$).



a. 신체중심 좌우 이동변위



b. 신체중심 전후 이동변위



c. 신체중심 상하 이동변위

그림 6. 신체중심 좌우, 전후, 상하 변위 변화

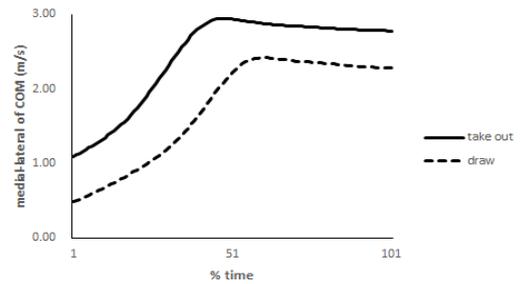
신체중심의 속도

컬링 딜리버리 시 드로우와 테이크아웃의 기술별 신체 중심의 최대 좌우, 전후, 수직속도와 Wilcoxon Signed Ranks Test 결과는 <표 3>에 제시하였다.

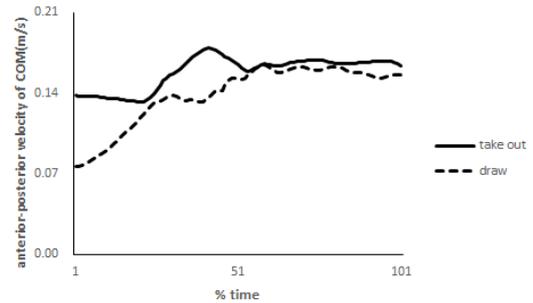
표 3. 신체중심의 최대속도의 Wilcoxon Signed Ranks Test 결과

구간	기술	M±SD (m/s)	z 값
좌우	Phase 1	Draw	0.07±0.04
		Take out	0.12±0.05
	Phase 2	Draw	0.15±0.08
		Take out	0.16±0.08
전후	Phase 1	Draw	2.40±0.19
		Take out	2.96±0.09
	Phase 2	Draw	2.49±0.09
		Take out	2.98±0.08
수직	Phase 1	Draw	-0.23±0.07
		Take out	-0.42±0.08
	Phase 2	Draw	-0.10±0.08
		Take out	-0.24±0.01

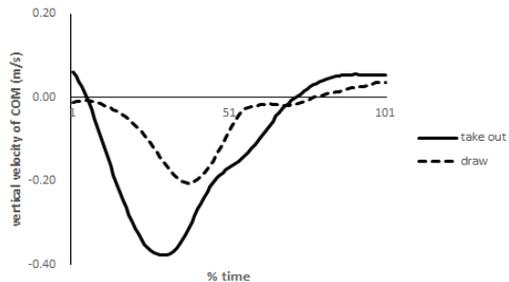
* $p < .05$



a. 신체중심 좌우 속도



b. 신체중심 전후 속도



c. 신체중심 수직 속도

그림 7. 신체중심 좌우, 전후, 수직 속도 변화

동작 간 전후, 좌우, 수직 속도의 통계적 차이 검증 결과 1구간에서 드로우 기술은 최대 좌우 속도(0.07 ± 0.04 m/s)를 보였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .028$). 2구간에서는 드로우 기술이 0.15 ± 0.08 m/s, 테이크아웃 기술이 0.16 ± 0.08 m/s로 나타났고, 테이크아웃 기술이 다소 빠르게 나타났으며, 유의한 차이는 나타나지 않았다. 최대 전후 속도에서는 1구간에서 드로우 기술은 2.40 ± 0.19 m/s를 보였고, 테이크아웃 기술에서는 2.96 ± 0.09 m/s로 나타났다. 1구간에서 최대 좌우 속도는 테이크아웃 기술이 유의한 차이로 더 빠르게 나타났다($p < .008$). 2구간에서는 드로우 기술이 2.49 ± 0.09 m/s, 테이크아웃 기술이 2.98 ± 0.08 m/s로 나타났고, 테이크아웃 기술이 유의한 차이로 더 빠르게 나타났다($p < .008$). 최대 수직 속도에서는 1구간에서 드로우 기술은 -0.23 ± 0.07 m/s 최대 수직 속도를 보였고, 테이크아웃 기술에서는 -0.42 ± 0.08 m/s로 나타났다. 1구간에서 최대 수평 속도는 테이크아웃 기술이 유의한 차이로 더 빠르게 나타났다($p < .008$). 2구간에서는 드로우 기술이 -0.10 ± 0.08 m/s, 테이크아웃 기술이 -0.24 ± 0.0 m/s로 나타났고, 테이크아웃 기술이 유의한 차이로 더 빠르게 나타났다($p < .008$).

족저압력변인

1구간의 오른발의 최대압력 및 접촉면적

드로우와 테이크아웃 기술 시 오른발의 최대 압력(peak pressure)과 접촉면적(contacting area)을 R1(엄지발가락 압력)과 R2(새끼발가락 압력)로 각각 체

표 4. 1구간의 오른발 최대압력과 접촉면적 Wilcoxon Signed Ranks Test 결과

1구간(오른발)		기술	M±SD	p값
최대 압력 (kPa)	R1	Draw	58.7±7.3	.187
		Take out	62.1±10.7	
	R2	Draw	41.3±7.3	.186
		Take out	37.9±10.7	
접촉 면적 (cm ²)	R1	Draw	43.5±1.3	.214
		Take out	42.9±1.9	
	R2	Draw	56.5±1.3	.214
		Take out	57.1±1.9	

중(weight)으로 표준화한 후 Wilcoxon Signed Ranks Test 결과를 <표 4>에 제시하였다.

1구간의 오른발 최대압력과 접촉면적의 통계적 차이 검증 결과 R1에서는 테이크아웃(62.1 ± 10.7 kPa) 기술의 최대 압력이 드로우(58.7 ± 7.3 kPa) 기술 보다 크게 나타났으나, R2에서는 드로우(41.3 ± 7.3 kPa) 기술이 테이크아웃(37.9 ± 10.7 kPa) 보다 크게 나타났다. 그러나 R1($p < .187$), R2($p < .186$) 모두 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 1구간에서 테이크아웃과 드로우 기술 사용 시 최대 압력은 R1, 즉 엄지발가락 쪽에 더 큰 힘을 쏟는 것으로 나타났고 두 기술에서 동일 패턴과 크기의 압력 값이 측정되었다.

1구간의 오른발 접촉면적에서는 R1에서 드로우 기술 시 43.5 ± 1.3 cm²의 접촉 면적이 나타났고, 테이크아웃에서는 42.9 ± 1.9 cm²의 접촉 면적이 나타났다. R2의 드로우 기술 그룹에서는 56.5 ± 1.3 cm²의 접촉 면적이 나타났고, 테이크아웃 기술에서는 57.1 ± 1.9 cm²이 나타났다. 그러나 R1($p < .214$), R2($p < .214$) 모두에서 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2구간의 지지발의 평균압력

왼발과 지면의 접촉면의 평균 압력(mean pressure)과 접촉면적을 분석하기 위하여 왼발에 총 6개의 마스크(L1~L6)로 나누었다. 각각의 마스크는 전족의 좌(L1), 우(L2), 중족의 좌(L3), 우(L4), 후족의 좌(L5), 우(L6)로 구분하여 각각 체중으로 표준화한 후 Wilcoxon Signed Ranks Test 로 분석한 결과를 <표 5>에 제시하였다.

2구간의 지지발 평균압력과 접촉면적의 통계적 차이 검증 결과 L1, L2, L3에서 드로우와 테이크아웃 기술에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 하지만 L4에서 드로우는 10.3 ± 3.2 kPa, 테이크아웃은 12.6 ± 4.1 kPa로 나타났고 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .009$). L5에서 드로우는 15.6 ± 5.0 kPa/weight, 테이크아웃은 13.8 ± 4.8 kPa로 나타났고 기술 간 유의한 차이를 보였다($p < .033$). L6에서 드로우는 13.0 ± 5.6 kPa, 테이크아웃은 11.2 ± 3.9 kPa로 드로우 동작의 평균 압력이 높았으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .031$). 2구간의 지지발의 접촉면적 결과 전구간(L1~6)에서 면적에 대한 어떠한 유의한 차이는 발견되지 않았다.

표 5. 2구간의 지지발 평균압력과 접촉면적 Wilcoxon Signed Ranks Test 결과

2구간(지지발)		기술	M±SD	p값
평균 압력 (kpa)	L1	Draw	17.9±3.9	.106
		Take out	16.7±4.1	
	L2	Draw	24.4±6.1	.173
		Take out	26.5±8.5	
	L3	Draw	18.7±8.4	.590
		Take out	19.3±8.3	
	L4	Draw	10.3±3.2	.009*
		Take out	12.6±4.1	
	L5	Draw	15.6±5.0	.033*
		Take out	13.8±4.8	
	L6	Draw	13.0±5.6	.031*
		Take out	11.2±3.9	
접촉면적 (cm ²)	L1	Draw	18.0±2.2	.584
		Take out	18.2±2.3	
	L2	Draw	15.8±1.6	.489
		Take out	15.6±1.9	
	L3	Draw	21.6±2.2	.903
		Take out	21.5±3.4	
	L4	Draw	12.0±2.5	.061
		Take out	12.6±2.1	
	L5	Draw	19.9±3.5	.073
		Take out	19.1±3.2	
	L6	Draw	12.7±3.0	.599
		Take out	13.0±2.3	

* p < .05

논 의

신체중심의 이동변위는 균형과 밀접한 관련성을 주는 요인으로 김유신과 조규권(2005)의 연구에 의하면 여자 선수들의 1구간에서의 신체중심의 상하 이동 변위는 평균 0.15 m라 보고하고 있다. 하지만 이 연구의 결과에 의하면 드로우 동작 평균 0.076 m, 테이크아웃 동작 평균 0.107 m로 드로우 동작에서의 편차가 큰 결과로 나타났다. 또한 박건우 등(2006)이 수행한 연구에서는 딜리버리 훈련과 평형성 훈련이 스톤의 원근 거리(y축)에서는 긍정적인 효과가 있다고 보고하였다. 이 연구를 통하여 동작과 경기력과의 관계에 대하여는 확인할 수 없지만 좌우 이동 폭이 큰 선수들은 박건우 등(2006)이 제시한 딜리버리 훈련과 평형성 훈련을 통하여 경기력

향상을 위한 기초 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

컬링에서 속도제어는 좋은 샷을 구사하기 위해 필수적인 요소 중 하나이다. 일반적으로 릴리즈 한 후 스톤이 백라인에서 호그라인까지 약 3.8~4.0초 사이에 들어오는 것을 권장하고 있다. 유경석(2009)은 딜리버리 시 속도제어(3.55초) 통제를 한 실험결과에서 슬라이딩 시 대표선수군은 2.16±0.10 m/s 평균속도를 나타내었다고 보고하였다. 이는 이 연구의 평균 수평속도(2.49±0.09)보다 다소 느린 것으로 나타났다. 또한 릴리스 자세에서 수평속도를 빠르게 하는 것이 평형성 및 동작 연결에 있어서 정확한 타이밍의 효과를 올릴 수 있는 주요한 관건이라고 하였다(김유신과 조규권, 2005). 이 연구의 결과에 따르면 1구간, 2구간에서 테이크아웃 기술사용 시 더 빠른 수평속도를 보였다. 이는 테이크아웃 기술을 사용할 때에 동작의 평형성 및 릴리스 구간까지의 동작 연결에 긍정적인 효과가 있을 것이라고 사료된다. 신체중심의 수직속도에서 김유신과 조규권(2005)은 딜리버리 구간에서에서 신체 중심 수직 속도는 매우 중요한 요인으로 작용하며, 수직 속도는 수평 속도와 반비례 관계에 있다고 하였다. 이 연구의 결과에 따르면 1구간, 2구간을 비롯하여 전체 구간에서 테이크아웃 기술사용 시 더 빠른 수직 속도가 나타났다. 1구간에서는 신체중심의 속도가 하방으로 점차 가속하는 것으로 나타났는데 이는 선행연구와 반하는 결과이다(그림 7 c). 그러나 2구간에 접어들면서 신체중심의 속도가 점차 줄어들게 나타났는데 이는 선행 연구에서 제시한 수평 속도와의 반비례 결과에 일치하는 결과를 보인다. 특히 테이크아웃 기술 시 이러한 현상이 뚜렷이 나타났는데 이는 목표 스톤을 쳐내기 위해 신체중심의 움직임을 이용하여 더 강한 스톤 릴리스를 위한 사전 동작으로 해석된다.

1구간에서는 왼발이 가장 뒤로 갔을 때 출발 직전 순간부터 차는 오른발이 지면(핵)에서 떨어지는 순간으로 오른발의 추진력이 필요한 구간으로 최대 압력에서는 R1에서 더 큰 압력 값을 보였는데(표 4), 이와는 반대로 접촉면적은 R2에서 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 오른발을 사용 시 즉, 차는 발을 사용 시에 엄지발가락 쪽에 집약적인 압력을 가하여 발을 차며 추진력을 확보하는 패턴이 두 기술 모두에서 발생하였다고 사료된다.

2구간은 슬라이딩 동작을 수행하고 있는 국면으로 슬라이딩 동작을 왼발이 지지하며 미끄러지는 동작을 수행할 때 지지발의 평균압력을 살펴본 결과 테이크아웃 기

술 시에 전족과 중족 안쪽 부위에서 드로우에서보다 큰 압력이 발생하였고, 후족에서 드로우의 압력이 테이크아웃보다 크게 나타났다. 이는 테이크아웃 기술사용 시 상대의 스톤을 쳐내기 위해 좀 더 앞으로 체중을 쏟으면서 스톤 딜리버리를 수행하는 것으로 사료된다. 이때, 균형유지를 위해 안쪽발의 체중 이동을 패턴을 보인다고 사료된다. 반면에 드로우 기술은 안전하게 돌을 정확한 거리와 방향에 가져다 놓아야 하는데 그 목적이 있기 때문에 체중을 뒤쪽에 싣고서 안정적인 체중이동 움직임을 보인다고 할 수 있다. 김현경과 유경석(2006)에 따르면 컬링의 딜리버리 활주구간의 정확한 투구는 무게중심을 적절히 통제하고 일정한 속도를 유지하고 조절하는 것이 숙련된 기술자에게서 나타난다고 하였는데, 이 연구에서도 피험자들은 기술의 목적에 따라 일정한 패턴을 보이며 신체중심 이동 기술을 발휘한 것으로 사료된다.

결 론

이 연구는 컬링에서 가장 중요한 요인이 되는 딜리버리 동작(드로우와 테이크아웃 기술)을 수행 한 후 신체중심위치(좌우, 전후, 상하), 신체중심속도(좌우, 전후, 수직), 족저압력변인(핵을 최대로 찰 때의 최대압력, 딜리버리 시 지지발의 평균압력, 접촉면적 변인) 등을 분석하여 차이에 대한 요인 도출과 더불어 경기력 향상을 도모하는데 그 목적을 두고 동작분석과 힘분석(족저압력) 결과를 토대로 도출한 결론은 다음과 같다.

첫째, 딜리버리 시 드로우와 테이크아웃 기술의 신체중심의 움직임을 분석한 결과 좌우 변위는 드로우 기술에서 크게 나타났고, 상하 변위는 테이크아웃 기술에서 크게 나타났다.

둘째, 신체중심의 최대 속도는 테이크아웃 기술이 모든 구간에 걸쳐 빠르게 나타났다. 신체중심의 상하 움직임의 경우 변위가 크면서 속도가 빠르게 나타난 테이크아웃 동작은 상대방의 스톤을 쳐내는 기술이기 때문에 더 강한 힘으로 핵을 차고 나오면서 드로우 기술보다 빠른 속도로 딜리버리 구간을 유지하며 던지는 스톤에 파워를 전달하는 기전의 특성이 나타난 것으로 사료된다.

셋째, 컬링 딜리버리 시 활주구간은 접지면적을 어떻게 효과적으로 활용하여 하지의 안정된 중심이동을 하느냐가 중요한 요인이라고 김현경과 유경석(2006)은 밝

힌 바 있다. 그러나 본연구의 결과에 따르면 슬라이딩 시에 발과 지면의 접지면적을 조절하며 딜리버리 동작 시 안정성을 유지하는 패턴은 나타나지 않았다. 오히려 발바닥의 전체를 바닥에 접촉한 상태에서 발바닥의 부위별 압력을 조절하여 기술의 목적에 따른 중심 이동을 수행하며 하지의 안정적인 중심이동을 하는 것으로 나타났다. 족저압력 분석 결과 테이크아웃 동작 시에 전족과 중족의 안쪽 부위에서 드로우에서보다 큰 압력이 발생하였고, 드로우 동작에서는 후족 부위에서 더 큰 압력이 나타났다. 이러한 결과는 기술 별 족저압력 패턴과 압력 중심이동이 기술의 목적에 따라 각기 다르게 나타나는 특성을 검증한 중요한 결과이다.

이상의 결론을 종합해 보면 드로우 기술에서는 신체중심의 움직임의 움직임은 작고 느리게 나타났고, 신체중심의 속도도 느리게 나타났으며 드로우 기술 시 딜리버리 동작 전 구간에 걸쳐 최대 압력이 후족부에 나타난 특징을 보인 것으로 보아 신체중심의 또한 뒤쪽에 위치하였음을 알 수 있었다. 반면에 테이크아웃 기술에서는 신체중심의 이동은 크고, 빠르게 나타났으며, 테이크아웃 기술의 딜리버리 시 중족의 안쪽에서 최대 압력이 나타나는 특징이 나타났는데, 이는 신체중심이 몸의 안쪽으로 위치하며 기술이 수행되는 특징을 나타내었다.

위와 같이 동일한 딜리버리 동작을 수행하는 동안 드로우 기술과 테이크아웃 기술 특성의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이를 명확히 이해하고 선수들의 경기력 향상을 위해서 기술의 특성에 맞는 훈련 프로토콜을 적용해야 효과적인 훈련이라고 할 수 있을 것이다. 또한 이후에 컬링 딜리버리 기술 특성과 스윙핑의 강도와 속도에 따라 스톤의 변화에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김종덕, 김현경, 김미영(2004). Curling의 no.backswing Delivery 동작의 운동학적 분석. 한국체육과학회지, 13(2), 857-863.
- 김유신, 조규권(2005). 컬링 딜리버리 동작에 관한 운동학적 분석. 한국체육과학회지, 44(1), 331-340.
- 김현경, 유경석(2006). 컬링 딜리버리 시 추진구간 및 활주구간에 대한 족저압력분포의 연구. 한국체육과학회지, 45(1), 725-734.

- 노성규, 문병용, 유근직, 문영진, 양세영(2010). 체육지도자 훈련지도서 : 컬링. 국민체육진흥공단 체육과학연구원.
- 박건우, 김원현, 김광희(2006). 컬링경기 선수들의 8주간 평형성 훈련이 스톤 컨트롤에 미치는 효과 분석. *운동과학*, 15(2), 163-170.
- 이현정(2005). 컬링 딜리버리 동작시 하지관절의 운동학적 분석. 성신여자대학교 미간행 석사학위논문.
- 유경석(2009). 인체역진자모델에 기초한 컬링 속도제어능력이 자세조절 및 접지면의 압력변화에 미치는 연구. *한국사회체육학회지*, 36, 737-746.
- Bradley, J. L. (2009). The sports science of curling: A practical review, *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 495-500.
- Buckingham, M-P, Marmo, B. A., & Blackford, J. R. (2006). Design and use of an instrumented curling brush. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials Design and Applications*, 220, 199-205.
- Denny, M. (1999). Curling rock dynamics. *Canadian Journal of Physics*, 76, 295-304.
- Harrington, E. L. (1924). An Experimental Study of the Motion of Curling Stones. *Royal Society of Canada, Proceedings and Transactions*.
- Jensen, E. T., & Shegelski, M. R. A. (2004). The motion of curling rocks: experimental investigation and semi-phenomenological description. *Canadian Journal of Physics*, 82, 791-809.
- Kivi, D., & Auld, T. (2012). Directional accuracy of the delivery in competitive curlers. *30th Annual Conference of Biomechanics in Sports*, 350-353.
- Marmo, B. A., Farrow, I. S., Buckingham, M-P., & Blackford, J. R. (2006). Frictional heat generated by sweeping in curling and its effect on ice friction. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials Design and Applications*, 220, 189-197.
- Penner, R. A. (2001). The physics of sliding cylinders and curling rocks. *American Journal of Physics*, 69, 332-339.
- Shegelski, M. R., Niebergall, R., & Watton, M. A. (1996). The motion of a curling rock. *Canadian Journal of Physics*, 74, 663-670.
- Weeks, B. (2001). *Curling for Dummies 2nd Edition*. John Wiley & Son, Mississauga, Ontario, CA.
- Yanagi, H., Miyakoshi, K., Fukuoka, M., & Yamamoto, N. (2012). Development of curling brush for measuring force exerted during sweeping. *30th Annual Conference of Biomechanics in Sports*, 354-356.
- Yoo, K. S., Kim, H. K., & Park, J. H. (2012). A Biomechanical Assessment of the Sliding Motion of Curling Delivery in Elite and Subelite Curlers. *Journal of Applied Biomechanics*, 228, 694-700.

Comparative Analysis of the Change CoM Displacement, CoM Velocity and Foot-Pressure in Draw and Takeout Curling Skills

Tae-Whan Kim, Young-Jin Moon, Joo-Ho Song, Sang-cheol Lee, Se-Kee Kil, & Je-Heon Moon
Korea Institutes of Sport Science

In this paper, we tried to find out the difference of CoM displacement, CoM velocity and Foot-pressure between draw motion and takeout motion in curling's delivery motion. To do this, we experimented for 10 female athletes of curling national team(all athletes are in her 20th~30th ages) to carry out draw motion and takeout motion from backline to near hogline in state of speed limit. The limited speed was 3.80~3.90 sec for draw and 2.97~3.07 sec for takeout.

From the experiments, we obtained the result like followings.

1. Draw motion is more increase than takeout motion in displacement of horizontal direction of CoM displacement.
2. Takeout motion is more increase than draw motion in displacement of vertical direction of CoM displacement.
3. Takeout motion is faster than draw motion in both of horizontal and vertical direction of CoM max. velocity.
4. Takeout motion is higher than draw motion in pressure of fore-foot and mid-foot of foot-pressure
5. Draw motion is higher than takeout motion in pressure of fore-foot and mid-foot of foot-pressure

These result means that the characteristics of techniques for draw motion and takeout motion is differ from each other and it is necessary to take different training protocol individually to enhance athletes's performance. And further research will contains another things like that the pursuit of curling stone's rut by various delivery techniques

Key Words: Curling, Draw, Takeout, Delivery, Com, Foot-Pressure 