

## 휠체어 배드민턴선수의 시트 높이가 휠체어 움직임 및 둔부 압력 중심에 미치는 효과

### Effects of Seat Height on Wheelchair Movement and Hip Center of Pressure in Wheelchair Badminton Players

김관태\*(Fila Advanced Science & Technology 센터 연구원)

Kwantae Kim\* Fila Advanced Science & Technology center, Researcher

#### 요약

본 연구의 목적은 휠체어 배드민턴선수의 시트 높이가 휠체어 움직임 및 둔부 압력 중심에 미치는 효과를 알아내는 데 있다. 총 5명의 흉추 손상을 갖고 있는 장애의 정도가 심한 지체장애인(1-3급)으로 구성된 휠체어 배드민턴 국가대표 후보 선수와 신인 선수들이 연구에 참가했다. 대상자들의 휠체어 움직임을 측정하기 위하여 전진이동, 후진이동, 왕복이동 테스트를 진행했다. 대상자가 평소 사용하는 스포츠용 휠체어와 쿠션을 이용하여 평소 사용하는 기존 쿠션 높이를 기준으로(0cm), +1cm, +2cm, -1cm, -2cm의 쿠션 높이가 주어졌다. 각 높이마다 2번의 기회 중 가장 빠른 시간으로 통과한 시도의 상체기울기와 둔부압력중심 방향변위를 분석해 기존 쿠션 높이(0cm)의 값들과 비교했다. 본 연구는 간단하면서 정확한 방법을 통해 휠체어 배드민턴 선수들에게 본인의 적정 시트높이를 제공함으로써 보다 나은 휠체어 전진-후진이동 퍼포먼스 통한 경기력 향상을 기대할 수 있고, 나아가 휠체어 배드민턴의 생활체육의 저변확대와 휠체어 사용자들의 신체활동 촉진을 기대할 수 있다.

#### Abstract

The purpose of this study was to determine the effects of seat height on wheelchair movement and hip center of pressure in wheelchair badminton players. A total of 5 members of the wheelchair badminton national team candidate and rookie players, who had severe physical disabilities (grades 1-3) with thoracic vertebrae injuries, participated in the study. Forward moving test, backward moving test, and 2-4-2 tests were conducted to measure the wheelchair agility performance of the subjects. The subjects were given seat heights of +1cm, +2cm, -1cm, and -2cm based on their ordinarily used seat height with their own sports wheelchair. In each seat height, subjects performed twice with their best effort. The upper body tilt values and hip center of pressure displacement of the best trial(fastest time) were analyzed and compared with the ordinary seat height(0cm) record. This study would be expected to improve performance through better wheelchair forward and backward moving performance by providing an appropriate seat height to wheelchair badminton players through a simple and accurate method. Moreover, it could be expected to promote their physical activity.

Key words : wheelchair badminton, seat height, wheelchair moving performance

**Acknowledgement** : 이 논문 또는 저서는 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-과제번호)(NRF-2020S1A5B5A17089971)

\* [ktkim@fila.com](mailto:ktkim@fila.com)

## I. 서론

장애인 생활체육 인구는 2020년 기준 24.2%였고, 이는 지난 2010년에 조사된 8.6%에 비해 약 3배 증가한 수치였다. 그 중 지체장애인의 참여율은 24.6%였다(문화체육관광부, 2021). 장애인 스포츠 중 휠체어를 이용해 참여하는 종목이 많지만, 그 중 휠체어 스포츠로 구분되는 종목으로는 휠체어 레이스, 휠체어 테니스, 휠체어 배드민턴, 휠체어 댄스스포츠, 휠체어 농구, 휠체어 럭비, 휠체어 펜싱, 휠체어 컬링이 있다.

우리나라를 포함한 전 세계적으로 경기력 향상을 위해서 많은 사람들이 노력을 하고 있다(배명진, 이후경, 이성모, 김정자, & 진주연, 2020). 경기력 향상을 위한 여러 가지 접근이 있지만 그 중에서도 스포츠과학적 분석을 통해 강조되고 있으며, 엘리트 스포츠의 경기력향상을 위해 실시되고 있는 기술훈련, 전술훈련, 체력훈련, 심리훈련 등이 있는데(백종철 & 한민규, 2022), 이를 위해서는 먼저 종목 특성을 파악하고 경기 중 선수들에게 나타나는 운동학적인 측면이 분석되어야 한다(성봉주, 고영구, & 이지영, 2015). 우리나라에서도 스포츠과학 기반 장애인 스포츠 활성화를 위해서 또 엘리트 선수들의 경기력 향상을 위해서 노력을 하고 있다. 휠체어 스포츠의 경기력 향상을 위해서는 휠체어의 빠른 추진과 신속한 방향전환이 중요하다(백진호, 2005). 휠체어 럭비, 휠체어 농구, 휠체어 테니스, 휠체어 배드민턴은 다른 휠체어 스포츠 종목들에 비해 방향전환 등의 역동적인 움직임이 많은 종목이다. 장애인 배드민턴은 2020도쿄 패럴림픽부터 정식종목으로 채택 되었고, 우리나라 장애인 배드민턴 선수들의 기량은 세계 수준이다. 휠체어 배드민턴은 특히 단식경기의 경우 코트 사용 규정에 따라 배드민턴 코트의 절반만 사용하기 때문에 회전 기술이 많은 다른 휠체어 스포츠 종목에 비해 전진과 후진 움직임이 많다.

스포츠용 휠체어는 장애인 체육의 핵심 요소 중 하나로서 지체 장애인들이 다양한 체육활동을 하는 데 꼭 필요한 용품이다. 하지만 유일하게 휠체어 농구와 휠체어 레이스만 휠체어 바퀴와 시트 높이 등에 제한이 있고, 나머지 대부분의 휠체어 스포츠 종목은 휠체어 규격에 대한 특별한 제한이 없다. 수동휠체어체계에서 질량중심과 추진 생체역학 간 종속성을 살펴본 이진복(2012)의 연구에 따르면 수동 휠체어의 추진은 탑승자의 상체에 의해 이루어지기 때문에 일반적으로 탑승자의 위치가 휠체어체계의 질량중심을 결정하는 절대적인 요소가 되며, 나이가 안전과 편의성이 중요한 일상생활용 휠체어와 달리 고활동성 휠체어는 경기력과 같은 역학적 성능이 더욱 중요하다고 언급하였다(이진복, 2012).

휠체어 좌석의 높이가 증가하면 추진 범위(push range)와 추진 시간(push duration)은 감소한다(임비오, 2018). 높이 싸움이 관건인 휠체어 농구의 경우 휠체어의 높이가 높을수록 유리하다. 반면에 추진력이 중요한 휠체어 레이스이나 럭비 같은 경우 휠체어의 높이를 낮춰 안정성을 높인다. 하지만 두 종목을 제외한 다른 종목의 대부분 선수들은 자신의 신체적 능력과 상황에 따라 자신에게 유리한 퍼포먼스를 위해 휠체어 방식을 이용하여 시트 높이를 조절한다. 예를 들어 휠체어 테니스와 휠체어 배드민턴에서 휠체어

시트가 높으면 공격 시 유리하겠지만, 무게중심이 높아 이동시 불안정하고, 낮은 공에 대한 수비는 상대적으로 어려워진다. 따라서 최적의 퍼포먼스를 위한 적정 시트 높이를 알아내는 것이 중요하다.

하지만 현재 배드민턴 선수들이 시트높이를 결정하는 기준에 대한 스포츠과학에 기반을 둔 근거가 부족하다. 스포츠과학은 자료를 정량화 하여 근거를 제공하는데 목적이 있다. 하지만, 안타깝게도 선수들이 본인의 경기용 휠체어를 제작할 때, 동료들의 높은 휠체어와 낮은 휠체어를 번갈아 가며 타 본 뒤 시트높이를 결정하고, 세부적인 조절은 방식을 이용하고 있다. 이는 스포츠과학을 기반으로 한 전문적이고 체계적인 지원이 엘리트 장애인선수들의 경기력을 효과적으로 증진 시킬 수 있다는 김지태, 서은철(2015)의 연구와 맥락을 같이한다.

휠체어 이동기술이나 조작기술에 대한 국내 선행 연구는 미비하게나마 있지만 일상생활과 관련된 조작기술(공진용 & 조재덕, 2010; 공진용, 정동훈, & 권철철, 2002; 송성재, 2013; 임비오, 2004; 황선홍, 김영호, & 이희영, 2010) 또는 휠체어 개발(임비오, 2018)에 관련된 내용이고, 휠체어 스포츠 종목의 이동기술 관한 연구, 특히 경기력 향상을 위한 이동기술의 운동역학적 자세분석을 위한 국내 연구는 휠체어레이스 관련 연구(홍석만, & 한민규, 2014) 외에는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구의 목적은 휠체어 배드민턴선수의 시트 높이가 휠체어 움직임 및 둔부 압력 중심에 미치는 효과를 알아내는 데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 장애인 배드민턴 국가대표 선수로 총 5명의 휠체어 배드민턴 선수들이 연구에 참가하였으며, 모두 홍추 손상을 갖고 있는 장애의 정도가 심한 지체장애인(1-3급)으로 구성되었다 <표1>. 또한 K대학의 생명윤리위원회(KMU-202102-HR-259)의 연구윤리 심의를 승인받았고, 대상자로부터 자발적 연구 참여 동의서를 얻은 후 실시하였다.

표1. 연구 대상자의 신체적 특성

|             | S1   | S2  | S3  | S4     | S5   |
|-------------|------|-----|-----|--------|------|
| 연령(yrs)     | 45   | 48  | 32  | 31     | 18   |
| 체중(kg)      | 51   | 49  | 84  | 53     | 52   |
| 스포츠등급       | WH1  | WH1 | WH1 | WH1    | WH2  |
| 손상 부위       | T12  | T8  | T12 | T11-12 | T2-3 |
| 전체 팔 길이(cm) | 167  | 160 | 179 | 160    | 161  |
| 위팔(cm)      | 좌 34 | 32  | 35  | 33     | 33   |
|             | 우 33 | 33  | 35  | 33     | 32   |
| 아래팔(cm)     | 좌 35 | 25  | 24  | 24     | 24   |
|             | 우 36 | 24  | 25  | 25     | 24   |
| 평소쿠션높이(cm)  | 7    | 5   | 4   | 5      | 7    |
| 비켜 축 손위치    | 손안   | 손안  | 손끝  | 손안     | 손밖   |

스포츠등급 WH1(밸런스-보통이거나 나쁨)은 상지 또는 몸통에는 가볍거나 중간 정도의 장애를 가지고 있지만, 하지에는 뚜렷한 강직/운동실조/무정위운동 편마비/양측 마비/사지마비 등을 보이며, 경기 또는 훈련 시 상지 및/또는 몸통에 근육긴장 이상 운동, 강직, 운동실조, 무정위 운동 등으로 인한 기능상의 한계를 나타낸다. 스포츠등급 WH2(밸런스- 좋음)은 상지 또는 몸통에는 전혀 장애가 없거나 약소한 장애가 있지만, 하지에는 심각한 강직/운동실조/무정위운동 편마비/양측마비/사지마비/단마비 등을 보이며, 보행 시 보조 장비가 필요한 다리에 강직, 운동실조, 무정위운동 또는 근육 긴장이상 운동으로 인한 기능상의 한계를 나타낸다. 또한 무게중심의 이동(돌거나 정지했다가 움직일 때 등)은 균형을 잃게 할 수 있기 때문에 보조 장비 없이 긴 거리를 걸을 때, 다리가 기능을 못하게 되는 것으로 나타나는 강직 수준3이 반드시 포함되어야 하고 경기를 위해서 일반적으로 휠체어를 사용한다.

일반적으로 수동휠체어의 좌석의 높이는 앉은 오금 높이 +10.08cm로 권장하고 있으며(김승언, & 송병섭, 2013), 이때 손을 자연스럽게 내려뜨리게 되면 손끝이 바퀴 축에 닿게 쿠션으로 세부 높이를 조절한다. 스포츠용 휠체어 역시 일반적으로 권장 높이를 따르긴 하나 선수들의 신체적 특성, 경기종목 특성, 그리고 선수들의 플레이 스타일에 따라 좌석의 높이가 각각 다르다. 즉 권장 높이보다 낮게 휠체어를 타는 경우 바퀴 축이 손 안에 오게 되고, 권장 높이보다 높게 휠체어를 타는 경우 바퀴축이 손 밖에 오게 된다 <그림1>.

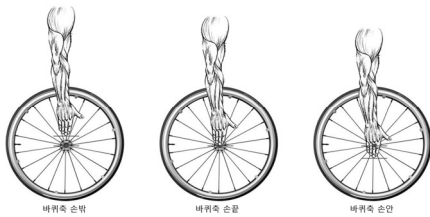


그림1. 바퀴 축과 손끝거리

## 2. 실험장비

### 1) 관성센서(Inertia Measurement Unit; IMU)

총 8개의 4D MOTION IMU 센서(4D Motion Sports, USA)가 양팔의 손등, 아래팔, 위팔, 몸통, 골반에 부착되었고 상지의 운동학적 변인을 관찰했다. 상지모델은 몸통, 골반, 위팔, 아래팔, 손의 분절로 이루어졌다. 4D MOTION IMU 센서에는 3차원 공간에서 앞뒤, 상하, 좌우 3축으로의 이동을 감지하는 가속도 센서와 피치(Pitch) 롤(Roll) 요(Yaw)의 3축 회전을 검출하는 자이로스코프 센서, 그리고 방위각(Azimuth)을 검출하는 지자기 센서를 포함 한다 <그림2>.

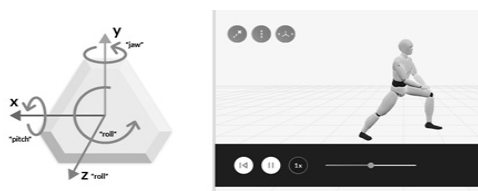


그림2. 관성센서

### 2) 압력센서(Pressure Mat)

둔부의 압력중심(Center of pressure; COP) 이동을 관찰 하기 위해 둔부 압력 측정 장치인 CONFORMat(Tekscan, Inc, USA)가 휠체어 시트 위에 설치되었고 그 위에 연구대상자가 평소와 같이 착석하였다. CONFORMat는 센서 매트로 44×46cm 규격으로 1,558개의 센서가 부착되어있다. CONFORMat는 앉은 자세에서 엉덩이와 넓적다리의 압력분포 및 압력중심 이동의 변화를 측정이 가능하다. CONFORMat 재질은 매우 얇아서 정확한 압력측정이 가능하고 컴퓨터와 연결, 소프트웨어를 이용하여 압력분포 및 압력중심이동의 변화를 정밀 분석이 가능하다. 또한 대상자의 정적 및 동적상태에서 압력분포 모두를 측정 가능하며 압력분포가 색 및 수치로 표현할 수 있다 <그림3>.

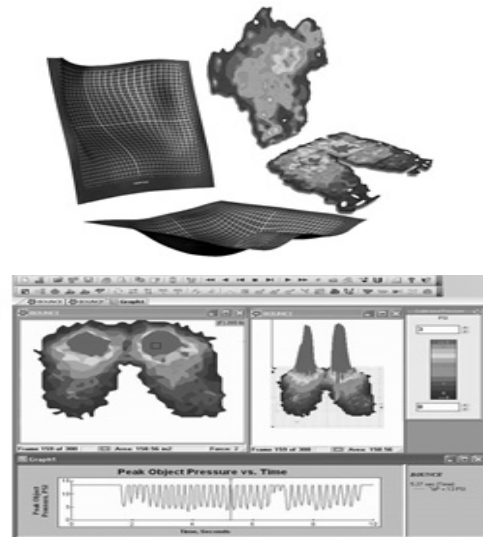


그림3. 압력센서

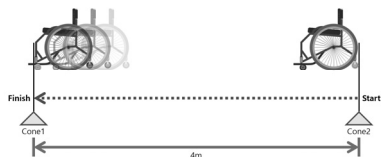


그림4. 측정사진

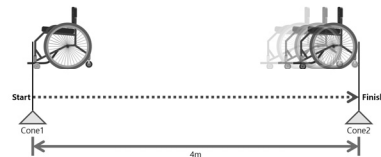
### 3. 측정절차

본 연구의 측정은 배드민턴 코트에서 실시되었다. 단식 경기 기준 반코트를 사용하는 휠체어 배드민턴 경기의 특성과 배드민턴 라켓 길이를 고려하면 선수들의 평균 전진-후진이동 직선거리는 서비스코트(숏 서비스라인부터 롱 서비스라인까지) 안에서 이루어지며 그 범위는 4미터이다. 따라서 대상자들의 휠체어 민첩성 퍼포먼스를 측정하기 위해 휠체어 배드민턴 상황에서 일어날 수 있는 동작을 응용한 전진이동, 후진이동, 왕복이동 테스트를 진행했다 <그림5>. 측정 전 선수들은 충분한 워밍업을 실시하였다. 측정 시 선수들은 각 상황마다 2번의 시도를 가능한 빠르게 테스트를 수행하도록 요구됐고, 각 시도 간 휴식시간은 3분, 각 상황 간 휴식시간은 10분이 주어졌다.

Task 1: Forward moving test



Task 2: Backward moving test



Task 3: 2-4-2 agility test

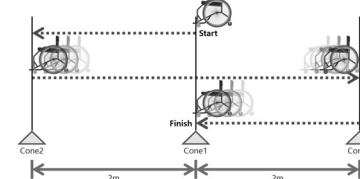


그림5. 휠체어 전진, 후진, 2-4-2 왕복 테스트

#### 1) 전진이동 테스트

롱 서비스 라인에서 숏 서비스라인까지 전진으로 빠르게 이동한다. 휠체어의 뒤 캐스터가 롱 서비스 라인에 닿은 상태에서 출발하고 휠체어의 앞 캐스터가 숏 서비스 라인을 통과하는 순간까지의 시간을 측정했다. 캐스터는 경기용 휠체어 앞, 뒤에 달린 작은 보조바퀴를 뜻한다.

#### 2) 후진이동 테스트

숏 서비스 라인에서 롱 서비스라인까지 후진으로 빠르게 이동한다. 휠체어의 앞 캐스터가 숏 서비스 라인에 닿은 상태에서 출발하고 휠체어의 뒤 캐스터가 롱 서비스 라인을 통과하는 순간까지의 시간을 측정했다.

#### 3) 2-4-2 왕복 테스트

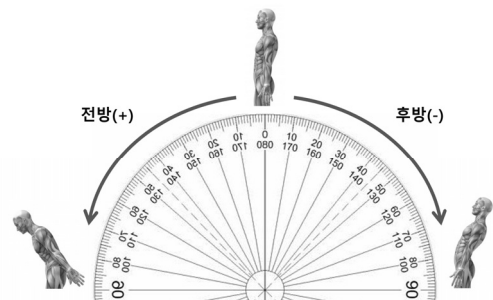
2-4-2 왕복 테스트는 이동속도와 민첩성을 측정할 수 있는 5-10-5 민첩성테스트를 착안하여 만들어졌다(Clark, Lucett & Kirkendall, 2010). 측정 범위가 4미터임(숏 서비스라인부터 롱 서비스라인까지)을 감안하여 2-4-2 왕복테스트라고 명칭 하였다. 서비스코트의 중간에 피험자가 위치한다. 이때 코트의 앞 캐스터가 위치한 곳에 선으로 표시한다. 그 표시를 기준으로 시작 구령과 동시에 숏 서비스 라인에 앞 캐스터가 닿는 순간까지 빠르게 전진이동, 이후 롱 서비스 라인에 뒤 캐스터가 닿는 순간까지 빠르게 후진이동, 그리고 다시 코트의 중간의 표시 지점으로 빠르게 전진이동하여 앞 캐스터가 표시 지점을 통과하는 순간까지의 시간을 측정했다.

#### 4) 쿠션 높이

대상자가 평소 사용하는 스포츠용 휠체어와 쿠션을 이용하여 실험을 진행했다. 평소 사용하는 쿠션 높이를 기준으로(0cm, +1cm, +2cm, -1cm, -2cm의 총 5개의 쿠션 높이가 주어졌다. 플러스(+)는 대상자가 평소 사용하는 쿠션 밑에 EVA폼 쿠션을 1cm 씩 추가하였다. 쿠션의 높이가 증가함에 따라 발의 들림을 방지하기 위해 발판에도 EVA폼 쿠션을 1cm 씩 추가하였다. 마이너스(-)는 대상자가 평소 사용하는 쿠션에 들어있는 추가 매트를 1cm 씩 제거하며 진행하였다. 대상자들의 대퇴는 본인이 평소에 사용하는 대퇴 고정 스트랩을 이용해 휠체어에 고정되었다.

### 4. 분석변인

관성센서를 이용해 운동학적인 변인인 몸통의 전방 기울기, 몸통의 측면 기울기, 몸통 전후방향 ROM (Range of Motion), 몸통 좌우방향 ROM을 분석하였다. 몸통 전방 기울기의 양의 값은 전방, 음의 값은 후방을 의미하며, 몸통 측면 기울기의 양의 값은 오른쪽, 음의 값은 왼쪽을 의미한다. 몸통 전후방향 ROM은 전방 기울기의 최댓값(절댓값)과 최솟값(절댓값)의 합으로, 몸통 좌우방향 ROM은 측면 기울기의 전방 기울기의 최댓값(절댓값)과 최솟값(절댓값)의 합으로 계산하였다 <그림6>.



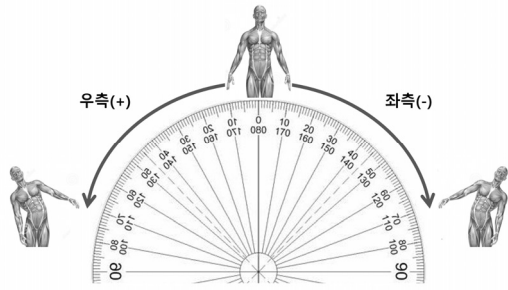


그림6. 몸통 전방기울기(왼쪽)와 몸통 측면기울기(오른쪽)

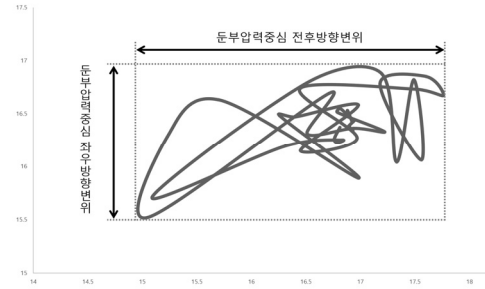


그림8. 둔부압력중심변위

그림7은 전진이동 테스트 시 최고기록 시 쿠션높이와 평소쿠션 높이의 전방 기울기, 후방 기울기, 그리고 전후ROM을 보여주는 그림이다.

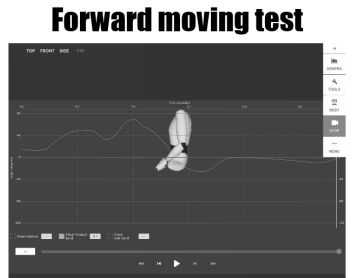


그림7. 전방, 후방 기울기 및 전후ROM  
최고기록 시 쿠션높이 (위), 평소 쿠션높이 (아래)

### III. 결과 및 논의

5명의 대상자들의 전진, 후진, 2-4-2 왕복 테스트에서 참가 대상자들의 최고 기록을 보인 쿠션높이를 각각 선정하였고, 최고 기록 수행 시의 쿠션 높이와 평소 사용하는 쿠션 높이(0cm)에서의 기록 수행 시 보였던 운동역학적, 운동역학적 변인들을 비교한 결과는 <표2>, <표3>, <표4>와 같다. 표의 값들은 소수점 둘째자리에서 반올림하여 표기하였다.

#### 1. 전진이동 테스트

전진이동 테스트는 통 서비스 라인에서 숏 서비스 라인까지 직선으로 이동했으며 휠체어의 앞 캐스터가 숏 서비스 라인을 통과하는 순간까지의 시간을 측정했다. S1은 전진이동 테스트에서 쿠션높이를 -2cm 낮췄을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S1의 전후ROM은 약 16.7° 줄었으며 특히 후방기울기가 많이 줄어들었다. 좌우ROM 역시 약 3.1°가 줄었고 특히 우측기울기가 줄어들었다. 이는 둔부 COP 이동에서도 살펴볼 수 있는데 전후COP 변위와 좌우COP 변위 각각 0.6cm, 1.2cm 씩 줄어들었다. S2는 전진이동 테스트에서 쿠션높이를 +2cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S2의 전후ROM과 좌우ROM은 각각 0.7°, 2.8°로 미미하게 줄었지만 최고기록 시 전후ROM이 전체적으로 전방 약 9.6° 이동하였고, 우측기울기가 약 4.8° 감소하였다. 둔부 COP 이동 역시 전후COP 변위와 좌우COP 변위에서 각각 0.8cm, 0.4cm 씩 줄어들었다. S3는 전진이동 테스트에서 쿠션높이를 +1cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S3의 경우 전후ROM에서 약 3°가 증가하였고, 특히 후방 기울기가 늘어났다. 좌우ROM은 약 4.3° 감소하였는데 특히 좌측 기울기에서 줄어들었음을 확인할 수 있다. 이는 둔부 COP 이동에서도 살펴볼 수 있다. 전후COP 변위는 약 0.2cm 증가하였고, 좌우COP 변위는 약 0.4cm 감소하였다. S4는 전진이동 테스트에서 쿠션높이를 +2cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S4의 전후ROM은 약 20.4°가 증가하였다. 전방기울기는 약 6.4°, 후방기울기는 약 14°가 증가하였다. 반면 좌우ROM은 약 1° 정도만 감소하였다. 둔부

둔부압력센서를 이용해 운동역학적 변인인 둔부 압력중심 (Center of Pressure; COP)의 전후방향변위 (COP Anterior-Posterior displacement)와, 좌우방향변위 (COP Left-Right displacement)를 비교했다. 둔부 압력중심의 전후방향변위는 x축에서 COP의 최대 변위로 x축 좌표의 최댓값과 최솟값의 차이로 정의하였다. 둔부 압력중심의 좌우방향변위는 y축에서 COP의 최대 변위로 y축 좌표의 최댓값과 최솟값의 차이로 정의하였다 <그림8>.

표2. 전진이동 테스트의 몸통 기울기와 둔부 압력중심이동 변위

|    | BRH (cm) | 기록 (sec) |      | 전방기울기 (°) |       | 후방기울기 (°) |        | 전후ROM (°) |        | 우측기울기 (°) |       | 좌측기울기 (°) |        | 좌우ROM (°) |       | 전후COP (cm) |      | 좌우COP (cm) |      |
|----|----------|----------|------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-------|------------|------|------------|------|
|    |          | OH       | BRH  | OH        | BRH   | OH        | BRH    | OH        | BRH    | OH        | BRH   | OH        | BRH    | OH        | BRH   | OH         | BRH  | OH         | BRH  |
| S1 | -2       | 1.98     | 1.91 | 70.39     | 70.52 | -27.39    | -10.53 | 97.78     | 81.07  | 4.21      | -5.05 | -4.33     | -10.43 | 8.54      | 5.38  | 3.43       | 2.78 | 3.02       | 1.78 |
| S2 | +2       | 2.34     | 2.15 | 52.98     | 62.67 | -40.99    | -30.45 | 93.91     | 93.12  | 3.55      | -1.28 | -8.25     | -10.22 | 11.80     | 8.94  | 2.90       | 2.04 | 1.54       | 1.09 |
| S3 | +1       | 2.24     | 2.05 | 42.96     | 39.45 | -5.54     | -12.11 | 48.50     | 51.56  | 2.73      | 2.91  | -6.74     | -2.16  | 9.47      | 5.07  | 3.26       | 3.47 | 3.35       | 2.89 |
| S4 | +2       | 2.08     | 1.90 | 75.17     | 81.61 | -22.89    | -36.90 | 98.06     | 118.50 | 5.42      | 4.54  | -6.03     | -5.69  | 11.45     | 10.23 | 3.00       | 3.21 | 4.38       | 3.76 |
| S5 | +1       | 2.14     | 2.11 | 79.36     | 60.74 | -17.39    | -6.52  | 96.76     | 67.26  | 7.21      | 6.65  | -6.25     | -5.19  | 13.45     | 11.84 | 1.66       | 3.32 | 1.53       | 1.81 |

OH: 평균쿠션높이, BRH: 최고기록 시 쿠션높이

COP 이동에서는 전후COP 변위에서 약 0.2cm 증가하였고, 좌우 COP 변위는 약 0.6cm 감소하였다. S5는 전진이동 테스트에서 쿠션높이를 +1cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S5의 전후ROM은 약 29.5°가 감소하였다. 전방기울기와 후방기울기 각각 약 18.6°, 10.8°씩 줄어들었다. 좌우ROM은 약 1.6°가 줄어들었고 좌측에서 약 1cm, 우측에서 약 0.5cm씩 줄어들었다. 둔부 COP 이동의 경우 전후COP 변위에서 약 1.6cm가 증가하였다.

선수들은 배드민턴 네트에 걸리지 않도록 숏 서비스 라인에서 휠체어를 멈춰야 했다. 전진이동 테스트에서 S1을 제외한 나머지 선수들은 쿠션의 높이를 높였을 때 기존의 쿠션 높이보다 좋은 기록을 보였다. 이는 시트의 높이가 낮았을 때 전진이동스피드가 빨랐다는 Van Der Slikke et al.(2018)의 연구 결과와는 상반된다. 하지만 Van Der Slikke et al.(2018)의 연구에서의 전진이동 테스트 실험설계는 12m의 거리를 통과하는 동작인 반면에 본 연구의 전진이동 테스트는 4m의 거리에 휠체어 캐스트가 도달했을 때 정지하는 동작임을 감안하면 쿠션의 높이가 높았을 때 브레이크 동작이 수월했을 경향으로 추측할 수 있다. 또한 본 연구에서는 선수들 대부분의 몸통 기울기가 좋은 기록에서 전반적으로 전방을 향하였음을 발견했는데 이는 높아진 시트와 더불어 높아진 무게중심에 따른 낮은 안정성을 보완하려는 동작으로 사료된다. 몸통의 좌우 기울기와 COP의 좌우 폭 역시 줄어들었음을 확인할 수 있었는데, 이는 전진 이동에 불필요한 좌우 움직임이 줄어들었다고 해석

할 수 있다. 정리하자면, 본 실험의 대상자들은 더 나은 전진 이동 퍼포먼스를 위해 시트높이를 높임으로서 불필요한 좌우 움직임을 줄이고, 몸통의 전방 움직임을 향상시켰다.

## 2. 후진이동 테스트

후진이동 테스트는 숏 서비스라인에서 롱 서비스라인까지 빠르게 후진이동하며 휠체어의 뒤 캐스트가 롱 서비스 라인을 통과하는 순간까지의 시간을 측정했다. S1은 후진이동 테스트에서 쿠션높이를 -2cm 낮췄을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S1의 전후ROM은 약 29.5°증가하였다. 전방기울기는 16.9°, 후방기울기는 13.3°증가하였다. 반면 좌우ROM은 약 1.3°감소하였고 우측기울기가 감소하였다. 둔부 COP 이동에서는 좌우COP 변위에서 약 0.4cm 증가하였다. S2는 후진이동 테스트에서 쿠션높이를 -2cm 낮췄을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S2의 경우 전후ROM이 약 17.9°증가하였다. 특히 전방기울기가 약 22.6°가 증가했다. 좌우ROM은 약 1.5°정도 증가했지만 기존의 높이에서 오른쪽으로 기울어져있던 몸통이 좌측으로 이동했음을 볼 수 있었다. 둔부 COP 이동은 전후COP 변위와 좌우COP 변위에서 각각 0.1cm 씩 감소했다. S3는 후진이동 테스트에서는 기존의 쿠션높이(0cm)에서 가장 좋은 기록을 보였다. S3의 전후ROM은 46.243°로 전방기울기는 약 28.5°, 후방기울기는 약 17.7°를 보였다. 좌우ROM은 6.308°로 우측기울기가 약 4.1°, 좌측기울기는 약 2.1°를 보였다. 둔부 COP 이동은 전후COP

표3. 후진이동 테스트의 몸통 기울기와 둔부 압력중심이동 변위

|    | BRH (cm) | 기록 (sec) |      | 전방기울기 (°) |       | 후방기울기 (°) |        | 전후ROM (°) |       | 우측기울기 (°) |       | 좌측기울기 (°) |       | 좌우ROM (°) |       | 전후COP (cm) |      | 좌우COP (cm) |      |
|----|----------|----------|------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------------|------|------------|------|
|    |          | OH       | BRH  | OH        | BRH   | OH        | BRH    | OH        | BRH   | OH        | BRH   | OH        | BRH   | OH        | BRH   | OH         | BRH  | OH         | BRH  |
| S1 | -2       | 2.14     | 2.11 | 41.25     | 58.22 | -16.75    | -3.44  | 58.00     | 87.54 | 2.40      | -0.56 | -4.95     | -6.53 | 7.35      | 5.98  | 2.38       | 2.33 | 1.58       | 1.98 |
| S2 | -2       | 2.32     | 2.24 | 24.56     | 47.24 | -30.70    | -25.95 | 55.27     | 73.19 | 8.44      | 0.88  | 0.37      | -8.79 | 8.08      | 9.67  | 3.26       | 3.08 | 1.49       | 1.39 |
| S3 | 0        | 1.87     | 1.87 | 28.54     | 28.54 | -17.71    | -17.71 | 46.24     | 46.24 | 4.14      | 4.14  | -2.17     | -2.17 | 6.31      | 6.31  | 3.73       | 3.73 | 1.13       | 1.13 |
| S4 | +2       | 2.15     | 2.08 | 71.22     | 70.63 | -13.52    | -14.76 | 84.74     | 85.38 | 4.39      | 5.10  | -5.27     | -5.37 | 9.66      | 10.47 | 2.69       | 1.81 | 4.47       | 4.15 |
| S5 | +1       | 2.27     | 2.20 | 33.66     | 41.94 | -10.71    | -14.91 | 44.37     | 56.85 | 12.74     | 9.53  | -3.09     | -4.10 | 15.83     | 13.63 | 1.95       | 2.83 | 2.31       | 1.41 |

OH: 평균쿠션높이, BRH: 최고기록 시 쿠션높이

변위에서 3.73cm, 좌우COP 변위에서 1.13cm를 보였다. S4는 후진 이동 테스트에서 쿠션높이를 +2cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S4의 전후ROM은 약 0.6° 증가하였고, 전방기울기나 후방기울기 모두 기존의 쿠션높이에서의 퍼포먼스와 큰 차이를 보이지 않았다. 좌우ROM 역시 약 0.8° 증가하였고, 좌측기울기와 우측기울기 역시 기존의 쿠션높이에서의 퍼포먼스와 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 둔부 COP 이동에서는 전후COP 변위에서 약 0.8cm, 좌우COP 변위에서 약 0.3cm 감소하였다. S5는 후진이동 테스트에서 쿠션높이를 +1cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S5의 경우 전후ROM은 약 12.4° 증가하였고 후방기울기는 약 4.2°, 전방기울기는 약 8.2° 가량 증가하였다. 좌우ROM은 약 2.1° 감소하였고, 좌측기울기와 우측기울기 각각 1°, 3.2° 씩 감소하였다. 둔부 COP 이동의 전방COP 변위는 약 0.8cm 증가하였고, 좌우COP 변위는 약 0.9cm 감소하였다.

인간은 스포츠 활동에서 공간적 목표를 향해 활동하게 되며, 시각체계는 환경적 정보뿐만 아니라 사지의 위치 및 상태에 대한 정보를 제공하는 중요한 감각정보원이다(Cordo & Flanders, 1990; Sarlegna et al., 2003). 후진이동 테스트에서는 선수들이 뒤를 돌아보지 않고 후진을 했는데, 이에 쿠션 높이가 낮았던 선수들은 상체의 전후/좌우 ROM이 증가했지만 몸통이 전방을 향하고 있었다. 이는 뒤가 보이지 않아 불안한 상황에서의 정지 동작 시 관성에 의한 몸통 흔들림을 줄이기 위한 노력이라고 사료된다. 쿠션의 높이가 높아졌던 선수들 역시 상체의 전후/좌우 ROM을 유지하기 위해 노력했고, 이 역시 불안한 상황에서 몸통의 흔들림을 줄이기 위함이었다고 여겨진다.

### 3. 2-4-2 왕복테스트

2-4-2 왕복이동 테스트는 전진이동 테스트와 후진이동 테스트의 복합동작으로서 코트의 중앙의 표시지점에 위치하고 있다가 시작 구령에 맞춰 슛 서비스라인까지 전진 이동 후, 롱 서비스라인까지 후진이동, 다시 코트의 중앙의 표시지점을 통과하는 순간까지의 시간을 측정했다. S1은 2-4-2 왕복테스트에서는 기존의 쿠션 높이(0cm)에서 가장 좋은 기록을 보였다. S1의 전후ROM은 86.540

°로 전방기울기는 약 57.3°, 후방기울기는 약 29.2°를 보였다. 좌우ROM은 12.9°로 우측기울기가 약 7.6°, 좌측기울기는 약 5.2°를 보였다. 둔부 COP 이동은 전후COP 변위에서 3.22cm, 좌우COP 변위에서 2.39cm를 보였다. S2는 2-4-2 왕복테스트에서 쿠션 높이를 -2cm 낮췄을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S2의 전후ROM은 약 2.2° 감소하였고, 전방기울기에서 약 3.2°, 후방기울기에서 약 5.4° 감소하였다. 좌우ROM은 약 2.5° 증가하였고, 우측기울기에서 1° 증가, 좌측기울기에서 약 3.5° 증가하였다. 둔부 COP 이동은 전후COP 변위에서 약 0.3cm, 좌우COP 변위에서 약 1.6cm 증가하였다. S3는 2-4-2 왕복테스트에서 쿠션높이를 +2cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S3의 전후ROM은 약 7.6° 감소하였다. 전방기울기에서 약 10.6° 감소하였고, 후방기울기에서 약 2.9° 증가하였다. 좌우ROM은 약 1.8° 감소하였는데 우측기울기에서 약 1.7°, 좌측기울기에서 약 0.1° 감소하였다. 둔부 COP 이동은 전후COP 변위와 좌우COP 변위에서 각각 약 1cm, 약 2.1cm 씩 감소하였다. S4는 2-4-2 왕복테스트에서 쿠션높이를 +2cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S4의 전후ROM은 약 4.1° 증가하였고, 전방기울기가 약 6.5° 후방기울기가 약 2.4° 증가하였다. 좌우ROM은 약 3.2° 감소하였는데, 우측기울기에서 약 2.6°, 좌측기울기에서 약 1.8° 씩 감소하였다. 둔부 COP 이동에서 전후COP 변위는 약 2cm 감소하였고, 좌우COP 변위는 0.4cm 증가하였다. S5는 2-4-2 왕복테스트에서 쿠션높이를 +1cm 높였을 때 주어진 모든 시트 높이 중에 가장 좋은 기록을 보였다. S5의 전후ROM은 약 5.1° 감소하였는데 특히 후방기울기가 약 5.1° 감소하였다. 좌우ROM은 약 0.7° 증가하였고, 우측기울기에서 약 2.6° 증가, 좌측기울기에서 약 1.8° 감소하였다. 둔부 COP 이동에서 전후COP 변위는 약 1.6cm 증가하였고, 좌우COP 변위는 약 0.7cm 감소하였다.

왕복 이동 테스트 결과에서 보여준 선수들의 쿠션 높이는 전진이동 테스트와 후진이동 테스트의 결과와 비슷한 경향성을 보였다. 더불어 왕복 테스트 역시 대부분의 선수들이 불필요한 몸통의 좌우 움직임이 줄어들었음을 확인했다.

표4. 2-4-2 왕복테스트의 몸통 기울기와 둔부 압력중심이동 변위

|    | BRH (cm) | 기록 (sec) |      | 전방기울기 (°) |       | 후방기울기 (°) |        | 전후ROM (°) |        | 우측기울기 (°) |       | 좌측기울기 (°) |        | 좌우ROM (°) |       | 전후COP (cm) |      | 좌우COP (cm) |      |
|----|----------|----------|------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-------|------------|------|------------|------|
|    |          | OH       | BRH  | OH        | BRH   | OH        | BRH    | OH        | BRH    | OH        | BRH   | OH        | BRH    | OH        | BRH   | OH         | BRH  | OH         | BRH  |
| S1 | 0        | 5.02     | 5.02 | 57.33     | 57.33 | -29.22    | -29.22 | 86.54     | 86.54  | 7.69      | 7.69  | -5.29     | -5.29  | 12.98     | 12.98 | 3.32       | 3.32 | 2.39       | 2.39 |
| S2 | -2       | 5.71     | 5.32 | 35.52     | 38.79 | -35.21    | -29.71 | 70.73     | 68.50  | 7.45      | 6.45  | -4.75     | -8.33  | 12.20     | 14.78 | 3.65       | 4.02 | 1.23       | 2.86 |
| S3 | +2       | 5.60     | 4.95 | 36.90     | 26.25 | -21.61    | -24.60 | 58.51     | 50.85  | 7.43      | 5.71  | -2.08     | -1.91  | 9.51      | 7.62  | 3.78       | 2.71 | 3.48       | 1.36 |
| S4 | +2       | 5.07     | 4.62 | 79.03     | 85.58 | -32.26    | -29.86 | 111.30    | 115.44 | 6.38      | 3.86  | -10.79    | -10.11 | 17.17     | 13.97 | 5.66       | 3.64 | 4.62       | 5.11 |
| S5 | +1       | 5.77     | 5.46 | 54.44     | 54.50 | -16.57    | -11.38 | 71.02     | 65.88  | 17.37     | 20.00 | -10.66    | -8.82  | 28.03     | 28.81 | 2.99       | 4.60 | 4.25       | 3.50 |

OH: 평소쿠션높이, BRH: 최고기록 시 쿠션높이

#### IV. 결론

본 연구의 목적은 휠체어 배드민턴 선수의 시트 높이가 휠체어 움직임 및 둔부 압력 증상에 미치는 효과를 알아내는 데 있었다.

배드민턴은 탁구 경기와 더불어 장애인들이 가장 접하기 쉽고 선호하는 종목으로, 생활체육으로 배드민턴을 시작했다가 선수로 전향한 케이스도 많다. 실제 협회를 통해 매년 약 700여 명이 선수로 등록할 만큼 장애인 배드민턴을 즐기는 인구도 계속 증가하고 있는 상태다(대한장애인체육회, 2019). 우리나라 장애인체육을 주관하는 대한장애인체육회에서는 2006년부터 국내의 장애인생활체육 환경을 조성하기 위해 추진 중인 생활체육교실 및 클럽운영, 특수학교체육활동 및 용품지원, 생활체육 프로그램 개발 및 보급 등과 같은 다양한 사업들을 통해 장애인들이 생활체육 현장에 적극적으로 참여할 수 있는 여건을 조성하기 위해 노력하고 있다(권중호 & 차정훈, 2019). 이처럼 대한민국 장애인국가대표 배드민턴 팀의 성적이 좋음에도 불구하고 경기력 향상을 위한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 장애인 스포츠에 대한 스포츠과학 연구를 통해 경기력 향상을 기대 할 수 있고, 그로 인한 대회에서의 좋은 성적과 생활체육으로의 저변확대까지 기대해 볼 수 있다.

본 연구는 간단하지만 정확한 방법을 통해 휠체어 배드민턴 선수들에게 본인의 적정 시트높이를 수치화 하여 제공함으로써 보다 나은 휠체어 전진-후진 움직임을 통한 경기력 향상을 기대할 수 있고, 나아가 휠체어 배드민턴의 생활체육의 저변확대를 통해 휠체어 사용자들의 신체활동 촉진을 기대할 수 있다.

하지만 본 연구 결과는 전진-후진이동 테스트의 결과이며 실제 배드민턴상황과는 차이가 있을 수 있다는 제한점이 있다. 또한 시트가 높아짐에 따라 발생하는 등반이의 높이를 통제하지 못했다. 배드민턴 상황에서 플레이 스타일에 따라 후진이동 후 셔틀콕을 받아 치는 동작보다 뒤로 누워 셔틀콕을 받아 치는 선수들도 있기 때문에 향후 등반이의 높이와 퍼포먼스의 관계에 관한 연구를 해야 할 필요가 있다.

#### 참고문헌

공진용, 정동훈, & 권혁철. (2002). 휠체어 추진 속도가 건부 충돌중후 군에 미치는 영향. *대한작업치료학회지*, 10(2), 69-83.

공진용, & 조재덕. (2010). 휠체어 조작기술 훈련 프로그램 (WSTP) 이 캠퍼스 환경 내 휠체어 조작 기술 향상에 미치는 영향. *특수 교육재활과학연구*, 49(4), 139-158.

권중호, & 차정훈. (2019). 장애인테니스 활성화를 위한 탐색적 연구. *스포츠사이언스*, 36(2), 197-207.

김승언, & 송병섭. (2013). 성인인체치수에 따른 한국형수동휠체어 표준규격에 관한 고찰. *재활복지공학학회지*, 7(2), 63-68.

김지태, & 서은철. (2015). 장애인 엘리트선수들이 지각하는 지원체계 문제점의 내용분석. *한국특수체육학회지*, 23(3), 65-81.

문화체육관광부 (2021) *문체부 보도자료 - 2020년 장애인 생활체육 조사 결과 발표* Retrieved from [https://www.mcst.go.kr/kor/s\\_notice/press/pressView.jsp?pMenuCD=0302000000&pSeq=18685](https://www.mcst.go.kr/kor/s_notice/press/pressView.jsp?pMenuCD=0302000000&pSeq=18685)

대한장애인체육회 (2019) *KPC SPORTS 월간장애인체육* (7월호. Vol. 157, pp.19). 서울:대한장애인체육회

박상균, 이미숙, 윤석훈, 이동수, & 김태삼. (2012). 배드민턴 헤어핀 동작 지도를 위한 역학적 기준과 동작의 일관성 분석. *한국사 회체육학회지*, 49(2), 875-886.

배명진, 이후경, 이성모, 김정자, & 진주연. (2020). 장애인스포츠 선수의 경기력 향상을 위한 체계적 문헌고찰. *한국특수체육학회지*, 28(4), 57-70.

백종철, & 한민규. (2022). 휠체어컬링 경기력 향상을 위한 주요요인 탐색. *스포츠사이언스*, 40(2), 105-113.

백진호. (2005). 휠체어 스포츠의 특성에 관한 연구. *코칭능력개발지*, 7(1), 83-93.

성봉주, 고영구, & 이지영. (2015). 엘리트 배드민턴 복식선수들의 경기력 수준과 각 세트에 따른 경기 중 운동학적 요인 분석. *체육과학연구*, 26(2), 403-412.

송성재. (2013). 수동 휠체어 추진 중 상지 역동역학 모델. *재활복지공학회는문지*, 7(1), 21-27.

이진복. (2012). *수동휠체어체계에서 질량중심과 추진 생체역학 간 중속성* (Doctoral dissertation, 연세대학교 대학원).

임비오. (2004). 운동역학: 트레드밀 상에서 휠체어 추진시 속도 변화에 따른 추진 기술의 차이 규명. *한국체육학회지*, 43(2), 569-574.

임비오. (2018). 휠체어 스포츠 경기력 향상을 위한 디자인 특성. *체육과학연구*, 29(1), 1-13.

홍석만, & 한민규. (2014). 휠체어육상선수의 핸드립 크기에 따른 스트로크동작의 운동역학적 분석. *스포츠사이언스*, 32(1), 85-93.

황선홍, 김영호, & 이희영. (2010). 수동 휠체어 추진 시 부하에 따른 상지 운동. *한국정밀공학학회 학술발표대회 논문집*, 1421-1422.

Clark, M., Lucett, S., & Kirkendall, D. T. (2010). *NASM's essentials of sports performance training*. Lippincott Williams & Wilkins.

Cordo, P. J., & Flanders, M. (1990). Time-dependent effects of kinesthetic input. *Journal of motor behavior*, 22(1), 45-65.

Sarlegna, F., Blouin, J., Bresciani, J. P., Bourdin, C., Vercher, J. L., & Gauthier, G. M. (2003). Target and hand position information in the online control of goal-directed arm movements. *Experimental Brain Research*, 151(4), 524-535.

Van Der Slikke, R. M., De Witte, A. M., Berger, M. A., Bregman, D. J., & Veeger, D. J. H. (2018). Wheelchair mobility performance enhancement by changing wheelchair properties: What is the effect of grip, seat height, and mass?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(8), 1050-1058.