

석사학위논문

제주도대표급 수영 선수들의  
그랩스타트의 플랫폼타일과  
폴드스타일의 운동학적 분석

지도교수 : 류재청



제주대학교 교육대학원

체육교육전공

이태길

1999년 월

## 국문초록

제주도대표급 수영 선수들의 그랩스타트의  
플랫스타일과 폴드스타일의 운동학적 분석

이 태 길

제주대학교 교육대학원 체육교육전공

지도교수 : 류 재 청

본 연구는 이상의 여러 선행연구들에서 스타트 기법에 대한 분석을 토대로 스타트 방법에 따른 역학적 변인들을 비교 분석하여 현장 훈련시 경기기록을 단축 시키기에 효율적인 스타트를 제시하기 위한 이론적인 기초자료를 제공하기 위하여 그랩출발법의 플랫스타일과 폴드스타일 자세를 분석하기 위해 3명의 선수를 대상으로 영상분석을 하여 나온 결과를 토대로 내린 결과는 다음과 같다.



### 1. 시간변인

국면별 소요시간에서 차이를 많이 보이는 국면인 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지와 공중자세에서 두 스타일간 각 국면별에 따라서 통계적으로 유의한 차이가 없었지만, 플랫스타일의 경우가 폴드스타일의 경우보다 더 짧은 소요시간을 보였다.

### 2. 변위(X,Y,Z)

국면별 진행방향으로의 변위에서 차이를 검증하기 위해 t-검정한 결과 각 국면별 유의한 차이가 없었으나, 전체 진행방향에서의 변위는  $T=-2.9827$ 로  $P<.05$ 수준에서 유의한 차이를 보인 바, 플랫스타일의 경우가 더 유리한 스타트 법이라 사료된다.

### 3. 속도

t-검증을 실시한 결과 각 국면별 유의한 차이가 없었으나, 수직속도의 경우  $T=-3.4249$ 로  $P<.05$ 수준에서 유의한 차이를 보인 바, 폴드스타일이 수직속도가 크게 나타나, 진행방향의 속도를 고려할 때 플랫스타일이 더 유리한 것으로 사료된다.

### 4. 각변위

공중국면에서 무릎과 고관절의 각변위가  $T=3.4345$ 로  $P<.05$ 수준과  $T=-2.6972$ 로  $P<.05$ 수준에서 각각 유의한 차이를 보인 바, 공중에서 하지의 관성모멘트 입장에서 볼 때 저항을 더 적게받는 플랫스타일의 경우가 더 유리한 것으로 사료된다.

#### 5. 각속도

준비자세에서 입수까지 각 국면에 따라서 무릎과 고관절의 각속도에서 플랫스타일과 폴드스타일의 차이가 통계적으로 유의한지를 알기 위해 t-검증을 실시한 결과 각 국면별로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

#### 6. 속도변인에 미치는 요인분석

플랫스타일과 폴드 스타일 공히 일반적인 경향은 준비국면에서 수직 및 진행방향의 속도에 미치는 요인들은 정적 및 부적인 관계를 유지하면서 매우 높은 관계를 가진 것으로 나타났으며, 공중국면에서 수직방향의 신체중심속도와 준비국면에서 수직방향의 신체중심변위 및 진행방향의 신체중심 속도와는 매우 높은 반비례하는 경향을 보였다.

이상의 결론을 종합 정리하면 폴드스타일인 경우 수직으로 이동하기 위한 동작에서 시간을 많이 소요 하였으며 무릎 굴곡동작으로 인한 저항이 플랫스타일보다 다소 크다고 사료되며 플랫스타일의 경우 전체 진행 방향에서 더 긴 진행 방향의 변위를 보였으며, 폴드스타일인 경우 수직속도의 유의한 차이를 보여 진행방향의 속도를 고려할 때 플랫스타일의 다소 유리한 스타트방법이라고 결론을 내릴 수 있다. 따라서 훈련시 선수들을 출발 블록에서 뒤꿈치가 이지하는 순간 수직 방향과 진행방향의 유리한 각도에서 스타팅할 수 있도록 지도해야 할 것으로 사료된다.

# 목 차

|                          |    |
|--------------------------|----|
| I. 서론                    | 1  |
| 1. 연구의 필요성               | 1  |
| 2. 연구의 목적                | 3  |
| 3. 용어의 정의                | 3  |
| 4. 연구의 제한점               | 4  |
| II. 이론적 배경               | 5  |
| 1. 저항과 양력                | 5  |
| 2. 선행연구                  | 6  |
| III. 연구방법                | 8  |
| 1. 연구대상                  | 8  |
| 2. 실험장비 및 과정             | 8  |
| 3. 인체모델 및 신체분절자료(BSP)    | 9  |
| 4. 자료분석                  | 10 |
| 5. 자료처리                  | 14 |
| IV. 연구결과 및 고찰            | 15 |
| 1. 시간변인                  | 15 |
| 2. 국면별 신체중심변위            | 16 |
| 3. 국면별 신체중심속도            | 20 |
| 4. 국면별 각변위               | 24 |
| 5. 국면별 각속도               | 28 |
| 6. 신체중심 속도요인에 미치는 운동학적분석 | 32 |
| V. 결론                    | 40 |

참고문헌

# 표 목 차

|  |    |
|--|----|
| <Table3-1> 피험자의 신체특성 .....                               | 8  |
| <Table3-2> 관절점 과 디지털타이징순서 .....                          | 9  |
| <Table3-3> 인체측정자료 .....                                  | 10 |
| <Table4-1> 각 국면별 소요시간 .....                              | 16 |
| <Table4-2> 그랩스타트의 플랫스타일과 폴드스타일 국면별<br>중심 변위 .....        | 20 |
| <Table4-3> 그랩스타트의 플랫스타일과 폴드스타일 국면별<br>중심 속도 변위 .....     | 23 |
| <Table4-4> 그랩스타트의 플랫스타일과 폴드스타일 국면별<br>각 변위 .....         | 27 |
| <Table4-5> 그랩스타트의 플랫스타일과 폴드스타일 국면별<br>각 속도 변위 .....      | 30 |
| <Table4-6> 그랩스타트의 플랫스타일의 신체중심 속도요인<br>에 미치는 운동학적분석 ..... | 38 |
| <Table4-7> 그랩스타트의 플랫스타일의 신체중심 속도요인<br>에 미치는 운동학적분석 ..... | 39 |

## 그림 목차

|   |    |
|---|----|
| <Fig1> 실험장면 .....                                 | 9  |
| <Fig2> 인체분석모형 .....                               | 11 |
| <Fig3> 스플라인함수 .....                               | 12 |
| <Fig4> 플랫스타일과 폴드스타일의 공중자세 stick fig .....         | 18 |
| <Fig5> 플랫스타일의 중심속도 .....                          | 23 |
| <Fig6> 폴드스타일의 중심속도 .....                          | 24 |
| <Fig7> 플랫스타일의 국면별 각도 .....                        | 27 |
| <Fig8> 폴드스타일의 국면별 각도 .....                        | 28 |
| <Fig9> 플랫스타일의 준비자세에서 입수전 까지 신체중심<br>속도 요인분석 ..... | 31 |
| <Fig10> 폴드스타일의 준비자세에서 입수전 까지 신체중심<br>속도요인분석 ..... | 31 |

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

경영에서 정확한 출발법은 기록을 다투는 경기에서 기록에 절대적인 영향을 미친다.

바르셀로나 올림픽에서의 여자 자유형 100m 결승에서 중국의 장영선수는 54초64의 올림픽 신기록으로 우승했고, 일본의 치바선수는 B그룹 결승이지만 55초97의 일본 신기록을 수립했다. 치바선수의 이 기록은 일본여자로서 최초로 55초대를 기록한 셈이다. 그 장영선수와 치바선수의 기록차이는 1초33이나 되고 거리로 하면 2.5m가 되는 시간이 된다.

치바선수의 기록 55초97의 동작 내역을 부분별로 나누어 보면 스타트동작에 소요된 시간이 8%(4초37), 턴 동작이 12%(6초94),에는 80%(44초66)의 시간이 소요된 반면에 중국의 장영선수는 헤엄에서 81.2%(44초37), 스타트에서 7.5%(4초08) 턴에서 11.4%(6초19)의 소요시간 분포를 보였다.

경기 시간의 8%를 사용한 스타트 동작 중에서 두사람의 기록 차이는 22%가 생긴다. 더욱이 12%밖에 소요되지 않는 턴 동작에서 실로 차이는 56%나 소요되고, 경기의 80%를 차지하고 있는 헤엄부분에서는 22%의 차이만이 나고 있다.

스타트와 턴은 100m경기에서는 불과 한번 밖에 하지 않지만 미세한 지연시간으로 많은 경기기록을 단축할 수 있다, 치바선수의 스타트와 턴 기술을 분석한 결과 일본선수권(93년) 에서 일본기록을 0.41초나 단축한 것은 턴수준에 의해 좌우되었다.

바르셀로나 올림픽에서의 경우 일본선수들을 대상으로 분석한 결과 결승에서 메달을 획득하지 못한 주된 이유는 스타트와 턴동작에서의 미숙으로 인한 결과였다. 이렇듯 경영에서 출발과 턴의 기법에 의해 경기력을 크게 좌우됨을 입증한 이래 지금까지 거의 30년동안 이 기법을 분석하여 경기력에 도움을 주고 있다. 지금

까지 다양한 스타트 기법에 대해 많은 연구(Hanauer,1972; Michaels,1973; Ayalon 등,1975; Lowell, 1975; Bowers 등,1975; Bloom, 등,1978; Gibson 등,1979; Lewis, 1980; Havriluk,1979,1983; Hay, 1985; Kollias 등,1992) 등을 들 수 있고, 국내 연구로서 나창섭(1986), 허유미(1996), 김연정 (1998), 김철원(1998) 등을 들 수 있으며, 이들의 연구 목적은 경영에서 더 우수하고 더 효율적인 스타트 기법을 입증하는데 있다.

김철원 등(1998)국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석에서 국가대표급과 제주 대표급 수영선수들의 그랩스타트 자세를 분석하기 위해 각 3명씩 총 6명의 엘리트 선수들을 대상으로 분석을 한 결과를 요약하여 다음과 같이 보고하였다. 즉 시간변인에서 국가 대표급에 비해 제주 대표급선수들이 공중국면을 제외한 스타팅 블록을 떠나는 발뒤꿈치 국면이지와 발앞꿈치 이지국면에서 더 많은 시간을 지체한 것으로 나타났다고 보고했다. 변위변인을 분석한 결과 국가대표급의 경우 스타팅 블록에서 수평방향(전진 방향)으로의 변위가 제주 대표의 경우보다 더 짧았지만 체공국면에서는 훨씬 더 긴 것으로 나타났고, 속도변인의 경우 수직과 수평방향(전후 방향)에서 발 앞꿈치 이지국면에서 전후방향으로 속도의 차이는 국가 대표급의 경우가 제주 대표의 경우보다 훨씬 더 빠른 것으로 나타났고, 체공국면에서부터 입수까지 수직속도의 경우 제주 대표급 선수가 훨씬 더 빠른 것으로 나타난 바, 각 국면별 제주 선수들의 수평 및 수직방향으로 속도조절을 적절히 하지 못한 것으로 나타났다고 보고했다. 각도변위에서 무릎관절의 경우 각 국면별 두 팀에서 통계적으로 유의한 차가 없었으며, 고관절의 경우 발 앞꿈치 이지국면에서 국가대표급 수준의 경우는 고관절과 무릎관절의 뚜렷한 상반적인 양상을 보인 반면 제주대표의 경우는 국가대표급의 경우에 비하여 두 관절의 신전 및 굴곡현상이 뚜렷하지 못한 것으로 나타났고, 각속도의 경우 제주대표가 국가대표급보다 앞발 이지국면에서 무릎 신전 속도가 다소 빠르게 진행한 것으로 나타났다고 보고하였다.

본 연구는 이상의 여러 선행연구들에서 스타트 기법에 대한 분석을 토대로 스타트 방법에 따른 역학적 변인들을 비교 분석하여 현장훈련시 경기기록을 단축 시키기에 효율적인 스타트를 제시하기 위한 이론적인 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 그랩스타트의 폴드스타일과 플랫스타일의 기법에 대해 운동학적 변인을 분석하여 선수들의 경기력 향상은 물론, 효율적인 지도방법에 응용할 수 있는 기초자료를 제공하는 것이 본 연구의 목적이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 세부 연구문제를 설정하였다.

- 1) 출발방법에 따른 출발에서 입수 직전까지 국면별 소요 시간을 분석한다.
- 2) 출발방법에 따른 출발에서 입수직전까지 국면별 신체중심의 운동학적 변인의 차이를 분석한다.
- 3) 출발에서 입수까지 국면별 신체중심의 속도요인에 미치는 운동학적 변인을 규명한다.
- 4) 출발 방법에 따른 각 국면별 각변위의 운동학적 변인의 차이를 분석한다.
- 5) 출발에서 입수까지 국면별 신체중심의 각속도 요인에 미치는 운동학적 변인을 규명한다.
- 6) 신체중심 속도요인에 미치는 운동학적 분석
- 7) 연구 문제 1), 2), 3), 4)를 분석 및 규명한 후 수영 출발자세, 유형에 따른 교육 및 현장 훈련의 지침으로 활용한다.

## 3. 용어의 정의

본 연구에서 자주 거론되는 스타트와 관련된 용어의 혼돈을 피하고 이해를 돕기 위하여 용어에 대한 정의를 하였다

- 1) Grab start flat style : 두발을 스타트대 앞쪽에 모으고 뛰어들며, 공중동작에서 다리를 굽혀다가 펴면서 입수하는 방법.
- 2) Grab start flat style : 두발을 스타트대 앞쪽에 모으고, 출발과 동시에 다리

를 쭉혀서 입수하는 방법.

3) Track start fold style : 한쪽발은 스타트대 앞쪽에 다른 한쪽은 뒤쪽에 두고, 공중동작에서 다리를 굽혀다가 펴면서 입수하는 방법

4) Track start fold style : 한쪽발은 스타트대 앞쪽에 다른 한쪽은 뒤쪽에 두고, 출발과 동시에 다리를 쭉혀서 입수하는 방법.

#### 4. 연구의 제한점

본 연구의 진행하는 가운데 제한점은 다음과 같다.

1) 인체 분석 모델의 인체측정의 매개 변수는 Kwon 3D(1994)의 결과를 이용 했다.

2) 본 연구에서는 기록에 영향을 미칠 수 있는 선수들의 신장을 통제하지 않았다.

3) 선수 수준을 제주도 대표선수로 제한했다.



## II. 이론적배경

### 1. 저항과 양력

#### 1) 물의 저항

물 속을 물체가 이동하는 경우, 물체 주위에는 복잡한 물의 흐름이 생긴다. 이동 속도가 빠른 경우에는 물체 후방에 소용돌이가 생긴다. 이 때, 물체 전면에는 압력이 높고, 후방은 낮기 때문에 이 압력 차에 의해 뒤를 향한 힘이 생긴다. 또한, 물체의 표면과 물의 마찰로도 같은 힘이 생긴다. 물체가 수면을 진행하는 경우, 파도가 생긴다. 파도는 에너지를 실어가므로 이거도 물체의 운동에너지를 감소시키게 되어, 결국 뒤로 향한 힘이 되어 나타난다.

물체가 물에서 받는 이 힘들은 저항(저항력, 항력)이라고 부른다. 저항의 크기는 물체의 이동속도와 물체의 형태, 물체의 방향등에 따라서 달라진다.

이동방향으로 가늘고 긴 물체, 이른바 유선형 물체는 물에서 받는 저항이 적다. 이것은, 물체 주위에 생기는 물 흐름의 혼란이 적기 때문이다.

#### 2) 양력

인체와 같은 가늘고 긴 물체나 편평한 물체가 물 속에서 그 이동방향에 대해 어느 각도로 이동하는 경우, 물에서 상향력을 받는데, 이 힘을 양력이라고 부른다.

양력이 발생하는 이유는 물체에서 받는 힘의 방향이 이동방향과 일치되지 않기 때문이며, 힘의 이동방향으로 수평성분이 저항이 되고 거기에 수직성분이 양력이 된다.

따라서, 양력의 크기는 예각에 의해 변화되며 예각이 커지면 양력도 증가되나, 그 반면 저항도 급격히 증대된다. 따라서 수영에서는 예각이 과대한 수영, 이른바, 몸이 선 상태에서의 수영은 양력을 증가시키는 것으로, 극단적인 저항의 증대를 동반하므로 불리하다고 할 수 있다.

## 2. 선행연구

Bowers 등(1975)과 Bloom, 등(1978)에 의하면 다른 기준 측도를 사용하는 많은 스타트 기법 중에서도 그랩 스타트가 경영에서 가장 뛰어난 기법임을 증명하여 왔지만, Lewis (1980)는 스타트 기법들 사이에서 어떤 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고했다.

Havriluk(1983)는 여러 선행연구를 비교하는 가운데 특정 연구에서 사용된 특별한 준거 측도에 좌우된다고 하고, 결코 그랩 스타트 기법이 전적으로 뛰어난 스타트 기법이 아니라고 주장하였지만 일반적으로 경영에서 그랩 스타트 기법을 가장 많이 사용하는 기법이라고 보고했다.

Hay(1985)의 경우 그랩스타트 기법을 분석하기 위해 24명의 남자 대학 수영선수를 대상으로 분석한 결과 양발 사이에 두 손을 잡은 스타일이 바람직한 것으로 제시하였고, 이를 위해서는 발이 스타팅 블록과 접촉하고 있는 동안 전방으로 질량중심이 빠르게 이동하고, 둘째, 후방으로 블록에 대해 양발로 최대의 힘을 발휘하고, 셋째, 상방과 전방으로 스타팅 블록의 앞 가장자리에 대해 양손으로 발휘된 힘을 최대로 할 것 등을 제시하였다.

Kollias 등(1992)은 남녀 수영선수를 대상으로 그랩스타트 기법에서 남녀간에 차이가 있는지를 분석한 결과 남자선수의 경우 블록에서 시간적으로 더 지체하지 않고도 최대 수직변위가 더 높았고, 신체의 투사각도가 수평면보다 더 높은 위치를 유지하였다. 남자의 경우 여자선수에 비하여 더 긴 비행 시간을 가지므로서 더 긴 수평변위를 가진 것으로 보고하였다.

김연정(1998)은 그랩스타트와 트랙스타트의 우수성을 판별하기 위하여 고등학교 수영선수를 대상으로 실험한 결과 어느 하나가 더 유리한 스타트 기법이라는 유의한 통계적 차이를 발견하지 못하였다.

과거 다른 많은 스타트 방법이 있었음에도 불구하고 오늘날 지배적으로 사용되고 있는 그랩스타트, 트랙스타트에 대해 이론적으로 연구가 널리 행해지지 않았다. 게다가 그 결론에 있어서도 학자들간의 서로 의견의 불일치를 보이고 있으며 특히 국내에서는 연구대상이 한정적이고 스타트 종류별 과학적 분석 자료의 미흡으로

인해 연구가 거의 행해지지 않았으므로 국내 선수들의 경기기록 향상에 대한 출발  
법의 자료가 부족한 현실이다.



### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 연구대상

본 연구의 대상은 제주도내 대학생 3명으로 하였으며 이들의 신체적 특징은 <Table 3-1> 같다.

<Table 3-1> 피험자의 신체특성

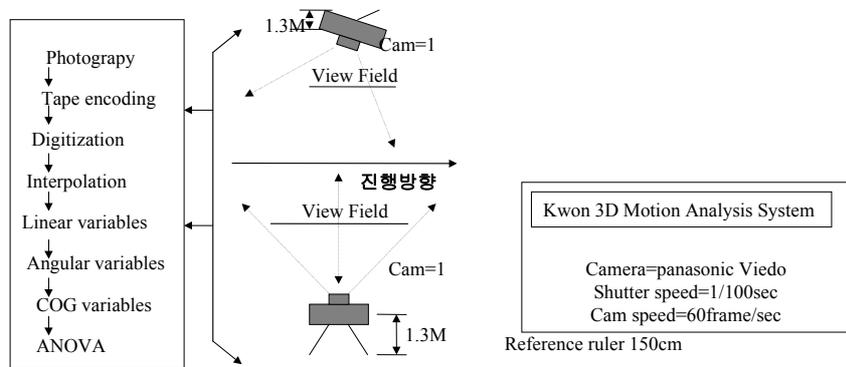
| 피험자 | 연 령 | 신 장   | 체 중  | 경 력 |
|-----|-----|-------|------|-----|
| NGC | 22  | 175Cm | 75Kg | 11년 |
| HSD | 21  | 178Cm | 72Kg | 10년 |
| LDS | 22  | 174Cm | 65Kg | 9년  |

#### 2. 실험장비 및 과정

본 실험에 사용된 실험 기기는 크게 2가지로 구분할 수 있다. 즉 스타트동작을 촬영하는 Panasonic Video(2대 60프레임)과 이를 다시 분석을 하기 위한 비디오 분석기(Sanyo, Sony) 및 분석 프로그램 Kwon 3D 분석 패키지 구성하였다.

실험 절차는 실험에 임하기 전에 각 피험자마다 19개 신체부위에 Landmarker를 부착하여 디지털링시 오차를 줄이도록 하였다. 양쪽 카메라의 위치는 피험자가 진행하는 방향에 대해 시상면과 측면에서 각각 직각으로 설치한 후 카메라의 줌이 분석하려는 필드가 충분히 포착될 정도로 조정하였다. 이때 카메라의 스피드는 60 프레임/초으로 하였고, 셔터스피드는 1/1,000초가 되게 하였다.

카메라 세팅이 완료 된 후 신호에 따라서 각각 스타트방법을 실시하였다. 이때 카메라의 줌은 피험자가 스타트를 실시할 때 각 동작을 포착할 수 있도록 조정하였다. 이때 촬영이 된 실제 화면상에서의 크기와 실제 사물크기의 배율을 조정하기 위해 스타트대를 중심으로 통제점 틀(Object of control point)을 먼저 촬영하므로써 3차원 좌표를 얻을 수 있게 하였다. 본 실험장면은 <Fig. 1> 과 같다.



<Fig. 1> 실험장면

### 3. 인체모델 및 신체분절자료(BSP)

인체모델은 신체의 분절들의 21개 관절에 의해 연결된 강체시스템(Rigid linked body system)으로 정의하고, 머리부분에서는 가상관절로서 코를 포함시켜 방향을 명확히 하는데 이용하였다. 모델의 관절점은 모두 21개이고 실제 분절은 14개로 이루어 졌다. 신체 분절 무게 중심위치에 대한 인체 분절자료는 Yeadon-Kwon(1994)를 이용하였고, 이들 신체 관절점 외 기준점을 합하여 총 디지털라이징 포인트는 한 프레임에 23개로 하였다. 매 프레임마다 디지털라이징의 순서와 관절점은 <Table 3-2> 이고 인체측정자료는 <Table 3-3> 과 같다.

<Table 3-2> 관절점과 디지털라이징순서

| 순서   | 관절점            | 순서   | 관절점         |
|------|----------------|------|-------------|
| J 1  | Rference Point | J 12 | Right Ankle |
| J 2  | Right Hand     | J 13 | Right Knee  |
| J 3  | Right Wrist    | J 14 | Right Hip   |
| J 4  | Right Elbow    | J 15 | Left Toe    |
| J 5  | Right Shoulder | J 16 | Left Heel   |
| J 6  | Left Hand      | J 17 | Left Ankle  |
| J 7  | Left Wrist     | J 18 | Left Hip    |
| J 8  | Left Elbow     | J 19 | Top of Head |
| J 9  | Left Shoulder  | J 20 | Chin & Neck |
| J 10 | Right Toe      | J 21 | Nose        |
| J 11 | Right Heel     |      |             |

<Table 3-3> 인체측정자료(Body segment parameter)

| Segment    | CM(%) | Mass(%) | 11(kg . cm <sup>2</sup> ) | 12(kg . cm <sup>2</sup> ) | 13(kg . cm <sup>2</sup> ) |
|------------|-------|---------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Upper body | 0.00  | 63.71   | 0.00                      | 0.00                      | 0.00                      |
| Lower body | 0.00  | 36.29   | 0.00                      | 0.00                      | 0.00                      |
| Whole body | 0.00  | 100.00  | 0.00                      | 0.00                      | 0.00                      |
| Trunk      | 58.46 | 45.56   | 10564.00                  | 11372.36                  | 2966.58                   |
| R.upperarm | 47.76 | 2.79    | 140.78                    | 140.78                    | 19.64                     |
| R.forearm  | 43.14 | 1.77    | 70.68                     | 70.68                     | 8.65                      |
| R.hand     | 39.09 | 0.79    | 13.41                     | 15.11                     | 3.12                      |
| L.upperarm | 47.76 | 2.79    | 140.78                    | 140.78                    | 19.64                     |
| L.forearm  | 43.14 | 1.77    | 70.68                     | 70.68                     | 8.65                      |
| L.hand     | 39.29 | 0.79    | 13.41                     | 15.11                     | 3.12                      |

본 연구의 변인산출 과정에서 사용된 인체측정 자료는 Yedon-Kwon(1994)의 결과를 사용하였다. 질량중심의 위치는 분절에 대해 근위단으로 부터의 중심을 의미하고,  $I_i$ 는 분절의 관성 모멘트를 의미한다.

## 4. 자료분석

### 1) 디지털라이징 및 처리

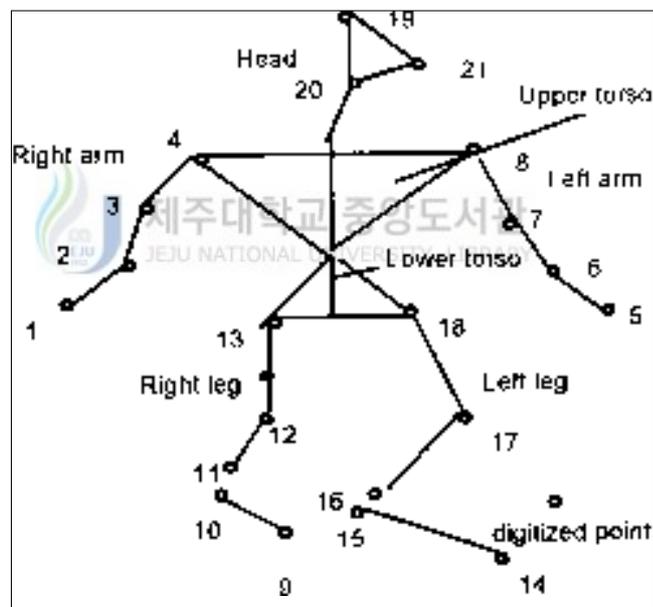
촬영된 비디오 필름을 비디오 분석기에서 먼저 Encoding을 한 다음 이를 Kwon 3D분석 시스템의 순서에 따라 Body modeling(BSP : Yedon-Kwon), Master file(Data collection information, Event & Phase definition, Data processing, user angle), Subject file(BSP estimation), Trial file를 각각 작성한 디지털라이징시 분석을 시작하려는 국면을 찾아 초기화(Initialization)시킨 다음 매 프레임마다 관절점의 순서에 따라서 디지털라이징을 하였다. 디지털라이징된 좌표는 매 관절점마다 X,Y의 좌표로서 한 트라이얼의 디지털라이징이 완료되면 자동 파일로 저장되게 하였다.

디지털라이징이 완료된 후 인위적 및 기계적 오차를 줄이기 위해 매 프레임마다

의 보간(interpolation)을 시킨 다음 본 연구의 분석에 필요한 선변인( 변위, 속도, 가속도)과 각변인(각변위, 각속도, 각가속도)을 산출하였다.

## 2) 인체 모델링

분석 모델과 디지털라이징 순서 및 관절점은 <Fig. 2> 와 같다. 즉 14개 분절에 대한 21개 관절점과 기준점을 매 프레임마다 디지털라이징 하였고 디지털라이징하는 도중 스타트 동작의 각 분석 국면마다 프레임수를 산출하므로써 국면별 소요시간을 구하였고, 도중 잘못된 디지털라이징이 있으면 다시 Redigitizing를 하여 가능하면 오차를 감소 시켰다.



<Fig. 2> 인체분석모형

## 3) 변인산출

디지털라이징 된 좌표를 가지고 인위적 및 기계적 오차의 범위를 줄이기 위해 사용된 저주파(cut-off frequency)는 6.0Hz에서 필터링(filtering)은 4차였다.

(1) 보간법(interpolation) : 디지털이징된 각각의 좌표를 보간시키기 위한 시간 간격은 매 프레임당 0.01단위였고, 본 연구에서 사용된 방법은 Cubic spline 방법이 었다.

$t =$  시간,  $y =$  디지털이징된 좌표, 연속적인 각 시간-좌표 쌍간의 구간을( $t_i, v_i$ )에서 ( $t_{i+1}, v_{i+1}$ )이라 할 때 함수  $f_i(d_i)$ 를 시간함수로 대치할 때

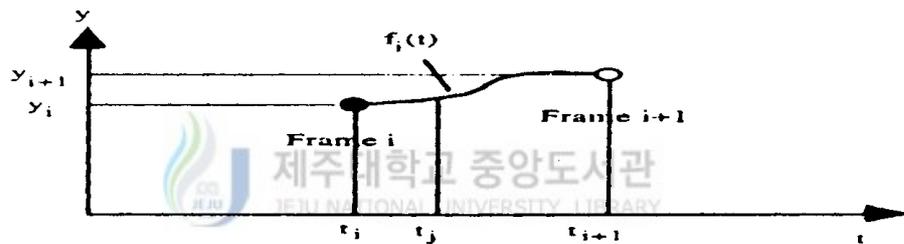
$$y(t) = f_i(d_i)$$

$$= C_{3i} \cdot d_i^3 + C_{2i} \cdot d_i^2 + C_{1i} \cdot d_i + y$$

여기서  $t_i \leq t < t_{i+1}$

$$d_i = t - t_i$$

$C_3, C_2 \& C_1 =$  스플라인 계수



<Fig. 3> ( $t_i, y_i$ ) 와 ( $t_{i+1}, y_{i+1}$ )을 연결하는 스플라인 함수

함수 $y(t)$ 는 스플라인 함수의 계열을 구성하고, 모든 시간 - 좌표점에서 연속적이다. 시간 $t_j$ 에서 보간된 좌표  $y_j$ 는 다음  $y(t)$  함수로부터 구할 수 있다.

$Y_j = y(t_j) = C_{3i} \cdot (t_j - t_i)^3 + C_{2i} \cdot (t_j - t_i)^2 + C_{1i} \cdot (t_j - t_i) + y$ 가 된다.

(2) 속도, 가속도, 신체중심의 위치, 속도, 가속도 산출

신체 분절점 위치 좌표  $P_i$ 에 대한 속도 ( $V_i$ )는

$$V_i = (P_{i+1} - P_i) / \Delta t$$

가속도  $A_i$ 는

$$A_i = (P_{i+1} - 2P_i + P_{i-1}) / (\Delta t)^2$$

분절 i의 중심점 좌표  $cgi$ 는

$$\begin{aligned}cgi &= (Pi (1 - (Pi / 100) ) ) + (Di \cdot Pi / 100) \\ &= Pi + (Di - Pi) Pi / 100\end{aligned}$$

여기서  $Pi$  = 근위단 분절의 좌표

$Di$  = 원위단 분절의 좌표

분절 무게 중심 속도와 가속도는 분절점의 속도와 가속도, 산출 방법과 동일 하다.

(3) 신체중심 위치, 속도, 가속도 산출

전신 무게중심의 위치 CG는

14

$$CG = \sum_{i=1}^{14} (cgi \cdot mi) / M$$

$cgi$ 는 i 번째의 분절의 무게중심 위치 좌표.

$mi$ 는 전체질량의 백분율로 표시된 i번째 분절 질량.

$M$ 은 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체 질량.

전신무게 중심의 속도와 가속도는 분절점의 속도와 가속도 산출 방법과 동일하게 산출하였다.

(4) 각운동의 변인 산출

스타트 동작에 따른 신체분절의 각운동 변인의 변화를 산출하기 위하여 이용한 좌표는 관성좌표(Global coordinate)를 이용하였고, 관절점에 대한 벡터각(Vector angle)을 산출하였다. 산출한 분절 벡터각을 1차 미분한 결과 각속도 및 2차미분한 결과 각 가속도를 각각 산출하였다.

즉, 각속도는  $\omega_B = \omega_B / A + \omega_A$  와 같다.

$\omega_B / A$  : 분절 A대한 분절 B의 상대 각속도의 크기.

$\omega_A$  : 분절 A의 관성각속도의 크기.

## 5. 자료처리

산출된 분석 변인에 대한 기초 통계량과 국면별 소요시간을 분석하고 그래프스타트의 2가지 유형별 분석변인에 대해 T-검증을 하였다.



## IV. 연구결과 및 고찰

### 1. 시간변인

수영 그래프스타트의 플랫폼과 폴드스타일의 국면별 소요시간과 백분율은 <table 4-1>과 같으며, 각 분석국면의 구분은 출발 블록에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간, 발 앞꿈치가 이지하는 순간, 손이 입수하는 순간으로 구분하여 분석하였다. 3명의 피험자에서 준비자세에서 발 뒤꿈치가 이지하는 순간까지 소요된 플랫폼스타일 출발은 평균  $0.300\pm 0.00(29.83\%)$ 초, 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 데 소요된 시간은 평균  $0.306\pm 0.01(30.50\%)$ 초, 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 소요된 시간은 평균  $0.500\pm 0.16(43.75\%)$ 초로 나타났다. 3명의 플랫폼 출발법에서 전체 소요시간은 평균  $1.000\pm 0.01(100\%)$ 로 나타났다.

폴드스타일의 경우 3명의 피험자에서 준비자세에서 발 뒤꿈치가 이지하는 순간까지 소요된 시간은 평균  $0.322\pm 0.39(30.83\%)$ 초, 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발 앞꿈치가 이지하는 데 소요된 시간은 평균  $0.289\pm 0.019(27.64\%)$ 초, 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 소요된 시간은 평균  $0.433\pm 0.033(41.53\%)$ 초로 나타났다. 3명의 폴드 출발법에서 전체 소요시간은 평균  $1.044\pm 0.038(100\%)$ 초로 나타났다. 즉 전체 소요시간에서 폴드의 유형이 플랫폼유형에 비하여 더 많은 시간을 소요한 것으로 나타났다.

두 스타일에서 가장 많은 소요시간을 보인 국면은 발앞꿈치 이지에서 입수까지의 공중국면으로서 플랫폼의 39.66%보다 폴드의 41.53%가 다소 더 많은 체공시간을 가졌고, 특히 준비자세에서 발 뒤꿈치 이지 국면까지의 플랫폼스타트에서 29.83%를 보인 반면 폴드 스타트의 경우 전체 30.83%의 소요시간을 보여 폴드스타트의 경우가 준비자세에서 발 뒤꿈치이지까지 더 많은 시간을 소요한 것으로 나타났다. 김철원 등(1998) 국가 대표급에 비해 제주 대표급선수들의 소요시간과 본 연구의 결과를 각 국면별 비교하면, 공중국면을 제외한 스타팅 블록을 떠나는 발뒤꿈치 국면

이지와 발앞꿈치 이지국면에서 더 많은 시간을 지체한 것으로 나타난( $F'=180.26$  DF(2,2)  $P<F'=0.01$ )결과에 비하면 국가 대표급이 총 소요시간에 대해 발뒤꿈치 이지국면과 발앞꿈치 이지국면의 경우는 총 소요시간의 30%, 공중국면에서 입수까지가 40%의 소요를 나타내었다. 제주 대표급의 경우 총 소요시간에 대해 발뒤꿈치 이지국면이 36.90%, 발앞꿈치 이지국면이 25.66%, 공중국면에서 입수까지 41.43%의 소요시간을 보였다. 본 연구의 경우 발뒤꿈치 이지국면과 공중국면에서 두 스타일 모두 시간의 소요가 더 많은 것과 일치하는 경향으로 나타났다.

이러한 현상은 공중국면에서 폴드스타일의 자세를 취하기 위하여 준비하는 무릎 굴곡동작으로 인한 결과라 사료된다.

따라서 본 연구에서는 국면별 소요시간에서 차이를 많이 보이는 국면인 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지와 공중자세에서 두 스타트법의 차이를 검증하기 위하여 t-검증한 결과 각 국면별에 따라서 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

<Table 4-1> Elapsed time(%) by phases from start to entry between flat and fold style of Grab start

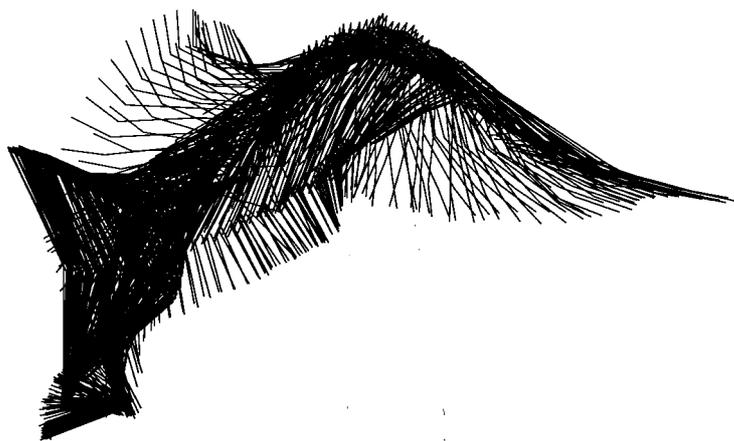
| Subject | Phase | Ready-heel start(%) | Heel start- toe takeoff(%) | Toe takeoff-Entry(%) | Total(%)    |
|---------|-------|---------------------|----------------------------|----------------------|-------------|
| N       | flat  | 0.300(30.0)         | 0.317(31.7)                | 0.383(38.3)          | 1.000(100)  |
|         | fold  | 0.300(30.0)         | 0.267(26.7)                | 0.433(43.3)          | 1.000(100)  |
| H       | flat  | 0.300(29.5)         | 0.300(29.5)                | 0.417(41.0)          | 1.017(100)  |
|         | fold  | 0.367(34.4)         | 0.300(28.1)                | 0.400(37.5)          | 1.067(100)  |
| D       | flat  | 0.300(30.0)         | 0.300(30.0)                | 0.400(40.0)          | 1.000(100)  |
|         | fold  | 0.300(28.1)         | 0.300(28.1)                | 0.467(43.8)          | 1.067(100)  |
| Mean    | flat  | 0.300               | 0.306                      | 0.4                  | 1.000       |
|         | fold  | ±0.00(29.8)         | ±0.010(30.5)               | ±0.017(39.7)         | ±0.01(100)  |
| ±SD     | flat  | 0.320               | 0.289                      | 0.433                | 1.044       |
|         | fold  | ±0.039(30.8)        | ±0.019(27.6)               | ±0.034(41.5)         | ±0.038(100) |

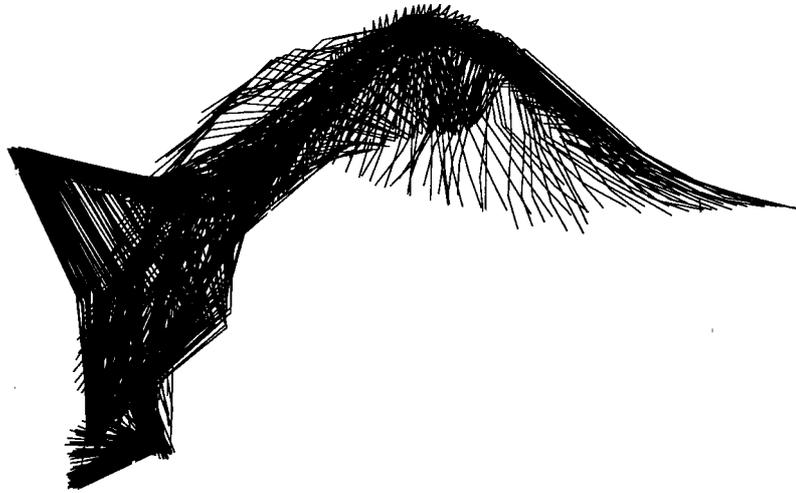
## 2. 국면별 신체 중심변위

수영 그래프스타트의 플랫폼과 폴드스타일의 국면별 Y(전후방향), Z(수직방향)축에서

변위는 <Table 4-2> 와 같으며, 먼저 플랫폼타일의 경우를 분석하면 각 분석국면의 구분은 출발 블록에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간, 발앞꿈치가 이지하는 순간, 손이 입수하는 순간으로 구분하여 분석하였다. 3명의 피험자에서 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 전방으로 무게중심의 변위는 평균  $9.433 \pm 5.052\text{cm}$ , 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 진행방향으로 변위는 평균  $38.133 \pm 13.024\text{cm}$ , 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무게중심의 변위는 평균  $114.600 \pm 13.648\text{cm}$ 로 전체 진행방향으로의 변위는 평균  $162.166\text{cm}$ 로 나타났다. 무게중심의 진행방향으로의 가장 큰 변위를 보인 국면은 공중국면, 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지, 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지의 순으로 나타났다.

준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 수직방향으로 무게중심의 변위는 평균  $84.300 \pm 2.945\text{cm}$ , 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 수직변위는 평균  $115.067 \pm 6.929\text{cm}$ , 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 수직방향으로 무게중심의 변위는 평균  $110.700 \pm 1.389\text{cm}$ 로 각각 나타난 바, 무게중심의 수직방향으로의 가장 큰 변위를 보인 국면은 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지, 공중국면, 준비자세에서 발뒤꿈치이지까지의 순으로 나타났다.





<Fig. 4> Stick figure from start to entry between flat and fold styles of Grab start

다음 그래프스타일의 폴드스타일을 분석하면 각 분석국면의 구분은 출발 블록에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간, 발앞꿈치가 이지하는 순간, 손이 입수하는 순간으로 구분하여 분석하였다. 3명의 피험자에서 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 전방으로 무게중심의 변위는 평균  $10.033 \pm 3.436\text{cm}$ , 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 진행방향으로 변위는 평균  $41.267 \pm 3.121\text{cm}$ , 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무게중심의 변위는 평균  $97.367 \pm 3.153\text{cm}$ 로 각각 나타난 바, 무게중심의 진행방향으로의 가장 큰 변위를 보인 국면은 공중국면, 발뒤꿈치 이지에서 발 앞꿈치 이지까지, 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지의 순으로 나타났다.

준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 수직방향으로 무게중심의 변위는 평균  $84.667 \pm 5.000\text{cm}$ , 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 수직변위는 평균  $112.300 \pm 1.992\text{cm}$ , 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 수직방향으로 무게중심의 변위는 평균  $116.700 \pm 3.195\text{cm}$ 로 각각 나타났고, 전체 진행방향으로 변위는  $148.667\text{cm}$ 였다. 무게중심의 수직방향으로의 가장 큰 변위를 보인 국면은 공중국면, 발뒤꿈치 이지에서 발 앞꿈치 이지까지, 준비자세에서 발뒤꿈치

이지까지의 순으로 나타났다.

두 스타일에서 진행방향으로의 변위를 보면 플랫스타일의 경우가 162.166cm, 폴드스타일의 전체 진행방향으로의 변위는 평균 148.667cm로 나타났다

반면 수직방향으로의 전체 변위는 플랫스타일과 폴드스타일간의 차이는 겨우 0.06cm의 차이로 폴드스타일이 더 많은 것으로 나타났다. 김철원 등(1998)의 연구 결과와 비교하면 진행방향에서 발뒤꿈치 이지에서 입수까지 신체중심의 변위는 국가 대표급에서 평균  $114.60 \pm 13.64$ cm, 제주대표의 경우는 평균  $99.30 \pm 3.75$ cm로 나타난바, 체공국면에서 국가 대표급의 경우가 더 많은 중심이동을 하는 것으로 나타났다으며, 총 진행방향의 변위는 본 연구의 결과와 거의 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 즉 본 연구에서는 출발자세에서 공중국면에 더 많은 시간을 소비하는 것은 기록에 나쁜 영향을 미치기 때문에 두 스타일의 공중국면에서 수직변위가 차이가 없다는 것은 바람직한 상황이지만 진행방향에서 두 스타일간의 차이가 13.498cm의 차이를 보인 것은 대기의 유체 저항보다 밀도가 더 높은 물의 저항이 더 크기 때문에 결국 진행방향으로의 소요시간이 더 지연될 수 있는 상황이 될 수 있다고 사료된다. 따라서 폴드스타일의 경우보다 플랫스타일의 경우가 출발자세로 활용하는 것이 변위와 소요시간에서 더 유리하다고 사료된다. 두 스타일에서 국면별 진행방향으로의 변위에서 차이를 검증하기 위해 t-검정한 결과 각 국면별 유의한 차이가 없었으나, 전체 진행방향에서의 변위는  $T = -2.9827$ 로  $P < .05$ 수준에서 유의한 차이를 보인 바, 플랫스타일의 경우가 폴드스타일에 비해 더 긴 진행방향의 변위를 보여 수중에서 유체저항을 추진하는데 소요되는 저항과 밀도가 물보다 더 낮은 대기에서 격개되는 저항면에서 볼 때 플랫의 경우가 더 유리한 스타트 법이라 사료된다.

국가대표급의 경우 스타팅 블록에서 수평방향(전진 방향)으로의 변위가 제주 대표의 경우보다 더 짧았지만 체공국면에서는 훨씬 더 긴 것으로 나타났다.

<Table 4-2> COG displacement by phases of flat & fold style of Grab start

unit :cm

| Subject | Phase | Ready-heel start |        | Heel start-toe takeoff |        | Toe take off-entry |        |
|---------|-------|------------------|--------|------------------------|--------|--------------------|--------|
|         |       | flat             | fold   | flat                   | fold   | flat               | fold   |
| N       | Y     | 12.30            | 8.00   | 23.10                  | 37.70  | 130.00             | 94.60  |
|         | Z     | 86.00            | 78.90  | 123.00                 | 113.50 | 110.00             | 119.20 |
| H       | Y     | 12.40            | 8.10   | 46.00                  | 42.60  | 104.00             | 96.70  |
|         | Z     | 86.00            | 87.30  | 112.00                 | 110.00 | 109.80             | 113.10 |
| D       | Y     | 3.60             | 14.00  | 45.30                  | 43.50  | 109.80             | 100.80 |
|         | Z     | 80.90            | 87.80  | 110.2                  | 113.40 | 112.30             | 117.80 |
| Mean    | Y     | 9.433            | 10.033 | 38.133                 | 41.267 | 114.6              | 97.367 |
|         | Z     | ±5.052           | ±3.436 | ±13.024                | ±3.121 | ±13.648            | ±3.153 |
| ±SD     | Y     | 84.3             | 84.667 | 115.067                | 112.3± | 110.7              | 116.7  |
|         | Z     | ±2.945           | ±5     | ±6.929                 | 1.992  | ±1.389             | ±3.195 |

### 3. 국면별 신체중심 속도

수영 그랩스타트의 플랫과 폴드스타일의 국면별 X(좌우방향), Y(전후방향), Z(수직방향)축에서 속도는 <Table 4-3>과 같으며, 먼저 플랫스타일의 경우를 분석하면 각 분석국면의 구분은 출발 블록에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간, 발앞꿈치가 이지하는 순간, 손이 입수하는 순간으로 구분하여 분석하였다. 3명의 피험자에서 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 전방으로 무게중심의 속도는 평균 128.13±78.97cm/sec 좌우방향의 평균 속도는 -7.67±68.52cm/sec 수직방향으로의 평균 속도는 -7.97±69.52cm/sec 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 전방으로 속도에서 평균 338.400±335.500cm/sec 좌우방향으로 평균 속도 166.90±214.34cm/sec 수직방향으로 평균 95.90±14.46cm/sec였고 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무게중심의 속도는 평균 661.10±854.54cm/sec 좌우방향으로 평균 속도는 446.80±833.84cm/sec 수직방향으로의 평균 속도는 -362.57±495.66cm/sec로 각각 나타났다. 무게중심의 진행방향으로의 가장 큰 속도를 보인 국면은 공중국면, 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지, 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지의 순으로 나타났다.

준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 수직방향으로 무게중심의 속도는 평균  $-7.97 \pm 69.53 \text{cm}$ , 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 수직속도는 평균  $95.90 \pm 14.46 \text{cm}$ , 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 수직방향으로 무게중심의 속도는 평균  $-362.57 \pm 495.66 \text{cm}$ 로 각각 나타난 바, 무게중심의 수직방향으로의 가장 큰 속도를 보인 국면은 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 양적인 최대속도, 공중국면에서 부적의 최대속도, 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지의 순으로 나타났다.

진행방향의 경우 가장 큰 평균 속도를 보인 국면은 공중국면에서  $661.10 \pm 854.54 \text{cm/sec}$  발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 평균  $338.40 \pm 335.65$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지  $128.13 \pm 78.97 \text{cm/sec}$ 의 순으로 각각 나타났다.

좌우방향의 경우는 공중국면에서  $446.80 \pm 833.84 \text{cm/sec}$  발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지  $166.90 \pm 214.34 \text{cm/sec}$ 와 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지  $-7.67 \pm 68.52 \text{cm/sec}$ 로서 부적의 값을 보였다..

다음 그래프스타트의 폴드스타일의 경우 준비자세에서 발 뒤꿈가 이지하는 순간까지 전방으로 무게중심의 속도는 평균  $84.90 \pm 10.83 \text{cm/sec}$  좌우방향의 평균 속도는  $30.50 \pm 14.92 \text{cm/sec}$  수직방향으로의 평균 속도는  $14.83 \pm 12.90 \text{cm/sec}$  발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 전방으로 속도에서 평균  $134.40 \pm 3.09 \text{cm/sec}$  좌우방향으로 평균 속도  $-40.63 \pm 12.11 \text{cm/sec}$  수직방향으로 평균  $135.17 \pm 13.61 \text{cm/s}$ 였고, 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무게중심의 속도는 평균  $154.63 \pm 19.47 \text{cm/sec}$  좌우방향으로 평균 속도는  $-40.63 \pm 12.10 \text{cm/sec}$  수직방향으로의 평균 속도는  $-67.07 \pm 3.16 \text{cm/sec}$ 로 각각 나타났다. 무게중심의 진행방향으로의 가장 큰 속도를 보인 국면은 공중국면, 발뒤꿈치 이지에서 발 앞꿈치 이지까지, 준비자세에서 발 뒤꿈치이지까지의 순으로 나타났다.

준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 수직방향으로 무게중심의 속도는 평균  $14.83 \pm 12.90 \text{cm/sec}$  발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 수직속도는 평균  $135.17 \pm 13.61 \text{cm/sec}$  발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 수직방향으로 무게중심의 속도는 평균  $-67.07 \pm 3.16 \text{cm/sec}$ 로 각각 나타난 바, 무게중심의 수직방향으로의 가장 큰 속도를 보인 국면은 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 양적인 최대속도, 공중국면에서 부적의 최대속도, 준비자세에서 발

뒤꿈치 이지까지의 순으로 나타났다.

진행방향의 경우 가장 큰 평균 속도를 보인 국면은 공중국면에서  $154.63 \pm 19.47 \text{cm/sec}$  발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 평균  $134.40 \pm 3.09$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지  $84.90 \pm 10.83 \text{cm/sec}$ 의 순으로 각각 나타났다.

좌우방향의 경우는 세 국면에서 큰 차이를 보이지 않았지만 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지  $-40.63 \pm 12.11 \text{cm/sec}$ 와 공중국면에서  $-40.63 \pm 12.10 \text{cm/sec}$ 로서 부적인 값을 보였다.

이상 플랫스타일과 폴드스타일의 속도성분을 비교하여 종합하면 폴드스타일의 경우 각 국면이 진행될수록 진행방향과 좌우방향의 값은 증가되어 공중국면에서 가장 큰 값을 가졌고, 수직방향의 경우 공중국면에서 부적인 가장 큰 값을 가진 것으로 나타났다.

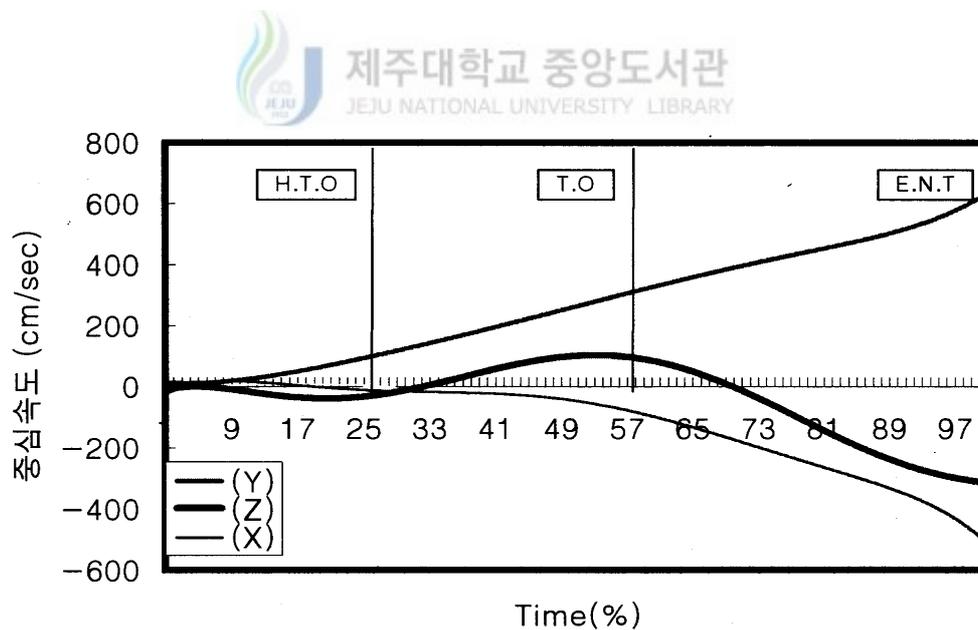
플랫스타일의 경우 진행방향(Y방향)에서 국면이 진전될수록 점차 증가하는 값을 보이면서, 공중국면에서 가장 큰 값을 나타내었다. 진행방향(Y방향)에서 보면 신체중심의 평균 속도가 모든 국면에서 폴드스타일보다 훨씬 큰 값을 가진 것으로 나타났으며, 수직방향(Z방향)을 보면 역시 폴드스타일의 경우보다 훨씬 더 적은 수직방향의 값을 가진 것으로 나타났다. 좌우방향(X방향)의 경우를 보면 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지를 제외하면 플랫스타일의 경우 정적인 값을 가진 반면, 폴드스타일의 경우 낮은 부적인 값을 가진 것으로 나타났다.

이러한 결과를 볼 때 출발법을 폴드스타일 보다 플랫스타일의 경우가 진행방향으로의 속도가 훨씬 더 큰 값을 보였고, 좌우방향으로의 속도가 플랫보다 폴드의 경우가 훨씬 더 큰 결과를 볼 때 출발법이 다소 불안정함을 알 수 있기 때문에 스타팅시 폴드스타일보다 플랫스타일의 경우가 더 유리한 출발법이라고 사료된다.

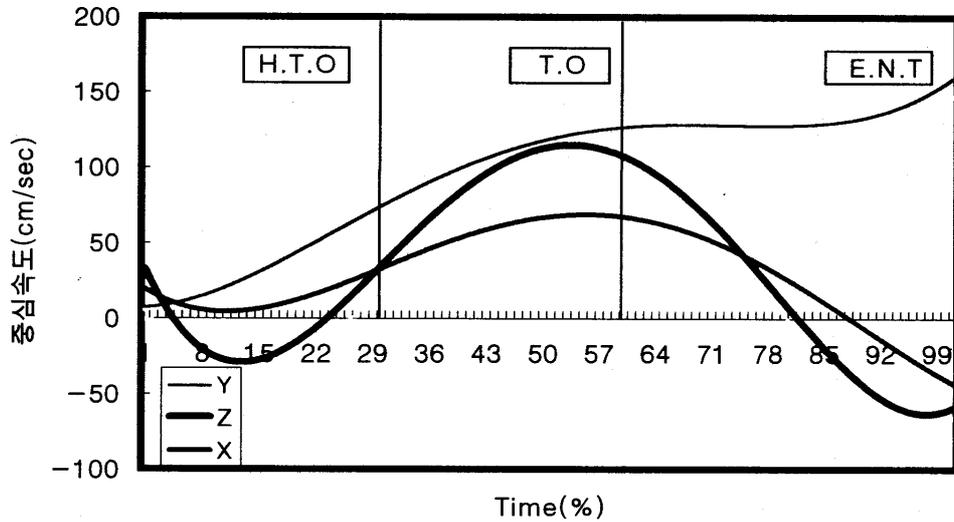
이러한 진행방향과 수직방향 및 좌우방향에서의 속도가 두 스타일에 따라서 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위해 t-검증을 실시한 결과 각 국면별 유의한 차이가 없었으나, 수직속도의 경우  $T = -3.4249$ 로  $P < .05$ 수준에서 유의한 차이를 보여 플랫스타일의 경우보다 폴드스타일의 경우는 상방으로 점프를 하는 스타일로 플랫스타일의 경우에 비해 수직속도가 크게 나타난 바, 진행방향의 속도를 고려할 때 플랫스타일이 폴드스타일의 경우보다 더 유리한 것으로 사료된다.

<Table 4-3> COG velocity by phases of flat & fold style of Grab start  
unit :  $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$

| Subject     | Phase | Ready-heel start |                 | Heel start-toe takeoff |                  | Toe takeoff-entry  |                  |
|-------------|-------|------------------|-----------------|------------------------|------------------|--------------------|------------------|
|             |       | flat             | fold            | flat                   | fold             | flat               | fold             |
| N           | X     | -86.30           | 38.10           | -314.40                | 569.80           | -1409.50           | -52.50           |
|             | Y     | 218.10           | 91.50           | 725.90                 | 139.80           | 1645.90            | 170.50           |
|             | Z     | -88.20           | 16.70           | 79.50                  | 130.50           | -934.70            | -69.80           |
| H           | X     | 39.20            | 13.30           | 57.90                  | -41.10           | -48.70             | -41.10           |
|             | Y     | 70.30            | 72.40           | 137.90                 | 133.70           | 222.20             | 160.50           |
|             | Z     | 30.00            | 1.10            | 101.40                 | 124.50           | -89.80             | -63.60           |
| D           | X     | 24.10            | 40.10           | 55.80                  | 28.30            | -20.40             | -28.30           |
|             | Y     | 96.00            | 90.80           | 151.40                 | 129.70           | 115.20             | 132.90           |
|             | Z     | 34.30            | 26.70           | 106.80                 | 150.50           | -63.20             | -67.80           |
| Mean<br>±SD | X     | -7.67<br>±68.52  | 30.5<br>±14.92  | 166.9<br>±214.34       | -40.63<br>±12.11 | 446.8<br>±833.84   | -40.63<br>±12.10 |
|             | Y     | 128.13<br>±78.97 | 84.9<br>±10.83  | 338.4<br>±335.65       | 134.4<br>±3.09   | 661.1<br>±854.54   | 154.63<br>±19.47 |
|             | Z     | -7.97<br>±69.52  | 14.83<br>±12.90 | 95.9<br>±14.46         | 135.17<br>±13.61 | -362.57<br>±495.66 | -67.07<br>±3.16  |



<Fig. 5> COG velocity of flat style



<Fig. 6> COG velocity of fold style



#### 4. 국면별 각변위

수영 그래프스타트의 플랫폼과 폴드스타일의 국면별 무릎관절과 고관절의 각도변위의 결과는 <Table 4-4>와 같다. 먼저 플랫폼스타일의 경우를 분석하면 각 분석국면의 구분은 출발 블록에서 발 뒤꿈치가 이지하는 순간, 발 앞꿈치가 이지하는 순간, 손이 입수하는 순간으로 구분하여 각도를 분석하였다. 3명의 피험자에서 준비 자세에서 발 뒤꿈치가 이지하는 순간까지 무릎의 평균 각변위는  $111.33 \pm 25.12$ 도, 고관절의 경우 평균  $139.50 \pm 12.41$ 도로 나타났고, 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발 앞꿈치가 이지하는 순간까지 진행방향으로 무릎 각변위는 평균  $158.47 \pm 10.99$ 도, 고관절의 경우 평균  $22.8 \pm 6.16$ 도, 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무릎 각도 변위는 평균  $137.20 \pm 53.40$ 도, 고관절의 경우는 평균  $68.27 \pm 42.23$ 도로 각각 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 무릎관절이 가장 신전을 많이 하는 국면

은 큰 변위를 보인 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지로서  $158.47 \pm 10.99$ 도였으며, 공중국면의  $137.20 \pm 53.40$ 도, 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 국면에서 평균  $111.33 \pm 25.12$ 도의 순서로 무릎 신전의 크기를 보였다.

고관절의 경우 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 평균  $139.50 \pm 12.41$ 도로 가장 큰 신전을 보였고, 공중국면에서  $68.27 \pm 42.23$ 도, 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지 국면에서  $22.80 \pm 6.16$ 도를 보인 바, 처음 출발시는 고관절의 자세가 거의 신전이 된 상태로 시작하여 다시 완전히 굴곡후 다시 공중자세에서 입수까지는 다소 굴곡이 된 상태로 자세를 유지한 것으로 나타났다. 이러한 무릎 및 고관절의 굴곡 및 신전의 변화상태는 국면이 진행됨에 따라서 완전히 반대의 자세를 취한 것으로 사료되며, 즉 무릎의 경우는 처음에 다소 굴곡된 상태에서 상당한 신전자세로 유지한 후 입수시는 다시 굴곡하는 양상을 보였다. 반대로 고관절의 경우는 무릎관절과 반대로 처음 거의 신전된 자세로 시작하여 국면이 진행됨에 따라서 상당한 정도로 굴곡한 후 입수시 약간 신전된 상태로 입수한 것으로 사료된다.

다음으로 폴드스타일의 경우를 분석하면 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 무릎의 평균 각변위는  $112.40 \pm 14.73$ 도, 고관절의 경우 평균  $135.40 \pm 12.21$ 도로 나타났고, 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 진행방향으로 무릎 각변위는 평균  $162.40 \pm 4.50$ 도, 고관절의 경우 평균  $33.03 \pm 8.98$ 도, 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무릎 각도 변위는 평균  $29.07 \pm 11.08$ 도, 고관절의 경우는 평균  $138.00 \pm 14.90$ 도로 각각 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 무릎관절이 가장 신전을 많이 하는 국면은 큰 변위를 보인 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 국면에서  $162.40 \pm 4.50$ 도였으며, 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 국면에서 평균  $112.40 \pm 14.73$ 도, 공중국면의  $29.07 \pm 11.08$ 도의 순서로 무릎 신전의 크기를 보였다. 무릎관절의 경우 준비과정에서는 다소 신전과 굴곡의 양상을 띤 자세를 취하였다가 중간과정에 상당한 정도의 신전된 자세로 변한 후 입수 때는 거의 완전한 굴곡자세를 취하면서 입수한 것으로 사료된다.

고관절의 경우 공중국면에서  $138.00 \pm 14.90$ 도로 가장 큰 신전을 하였고, 준비자세에서 발뒤꿈치이지까지 평균  $135.40 \pm 12.21$ 도, 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지 국면에서  $33.03 \pm 8.98$ 도를 보인 바, 처음 출발시는 고관절의 자세가 거의 신전이 된 상태로 시작하여 중간과정에서 완전히 굴곡 후 다시 공중자세에서 입수까지는 완

전히 신전된 자세를 유지한 것으로 사료된다. 이러한 무릎관절의 경우와 고관절의 굴곡 및 신전의 변화상태는 첫 국면의 거의 비슷한 신전자세를 제외하면 국면이 진행됨에 따라서 굴곡 및 신전이라는 반대의 각변위를 이루면서 입수한 것으로 사료된다. 두 스타일을 비교할 때 무릎관절의 경우 플랫스타일에서 처음부터 입수때까지 폴드스타일의 경우보다 훨씬 더 신전된 자세를 보여 신체중심에 대한 하지분절의 관성모멘트를 크게 감소시킬 수 있는 자세를 취하였다 사료되며, 고관절의 경우 플랫스타일에서 처음과 마지막의 경우는 상당한 신전자세를 보인바, 관성모멘트를 감소 시키는 데 유리했지만 중간 과정에서 거의 완전히 굴곡된 자세를 취해 관성모멘트를 증가시키므로써 신체중심의 선속도 증가에 불리한 것으로 사료된다.

폴드스타일의 경우 고관절의 경우 각 국면에 따라서 역시 무릎관절과 거의 비슷한 자세를 유지하므로써 고관절의 굴곡자세로 인해 신체 중심의 선속도에 부정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 따라서 두 스타일에서 공중국면과 입수시 고관절을 더 신전시키는 것이 바람직할 것이다.

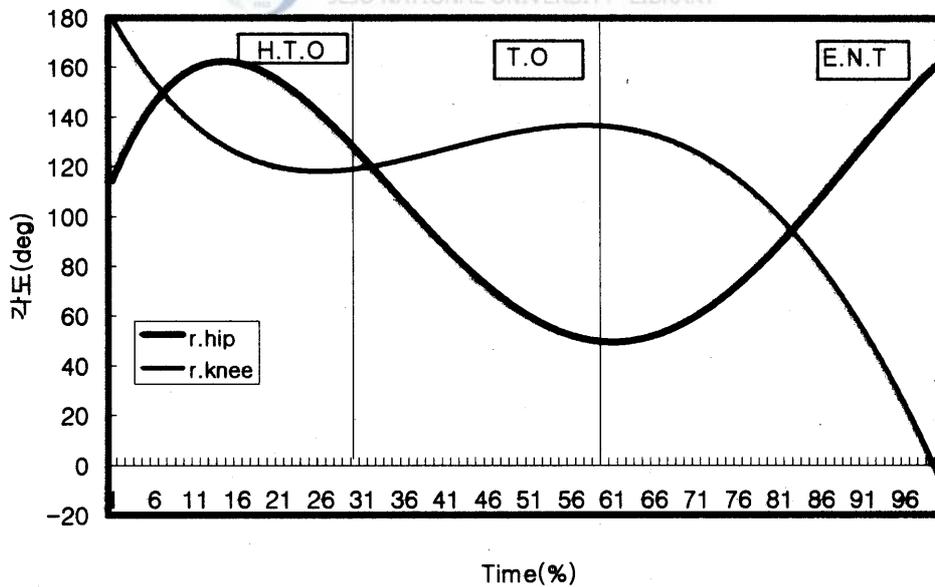
준비자세에서 입수까지 각 국면에 따라서 무릎과 고관절의 각변위에서 플랫스타일과 폴드스타일의 차이가 통계적으로 유의한지를 알기위해 t-검증을 한 결과 각 국면별 유의한 차이가 없었으나, 공중국면에서 무릎과 고관절의 각변위가  $T=3.4345$ 로  $P<.05$ 수준과  $T=-2.6972$ 로  $P<.05$ 수준에서 각각 유의한 차이를 보인 바, 플랫스타일의 경우 무릎의 경우 무릎이 신전된 상태로 입수하였으나, 폴드스타일의 경우는 입수까지 계속 무릎을 굴곡시킨 상태로 지속된 것으로 나타나 공중에서 하지의 관성모멘트 입장에서 볼 때 저항을 더 적게받는 플랫스타일의 경우가 더 유리한 것으로 사료된다. 고관절의 경우는 무릎관절과 반대로 입수까지 굴곡된 상태를 유지하였으나, 폴드스타일의 경우 상당한 정도로 신전된 상태의 자세를 유지하고 입수한 것으로 사료되는 바, 역시 관성모멘트의 입장에서 볼 때 고관절의 경우는 폴드스타일의 경우가 더 유리한 자세였다고 할 수 있다. 이러한 결과는 김철원 등(1998)의 연구결과 고관절의 경우 국면별 분석하면 발뒤꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균  $139.50\pm 12.41$ 도, 제주 대표급이 평균  $119.07\pm 18.07$ 도, 발앞꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균  $22.80\pm 6.16$ 도, 제주대표가 평균  $46.70\pm 33.22$ 도, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 경우 평균  $68.27\pm 42.23$ 도, 제주대표의 경우 평균  $58.47\pm 27.98$ 도를 각각 유지하한 것과 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라

서 본 연구에서는 가능한 공중자세에서 관절모멘트의 크기를 감소시키는 훈련을 하는 것이 필요하다.

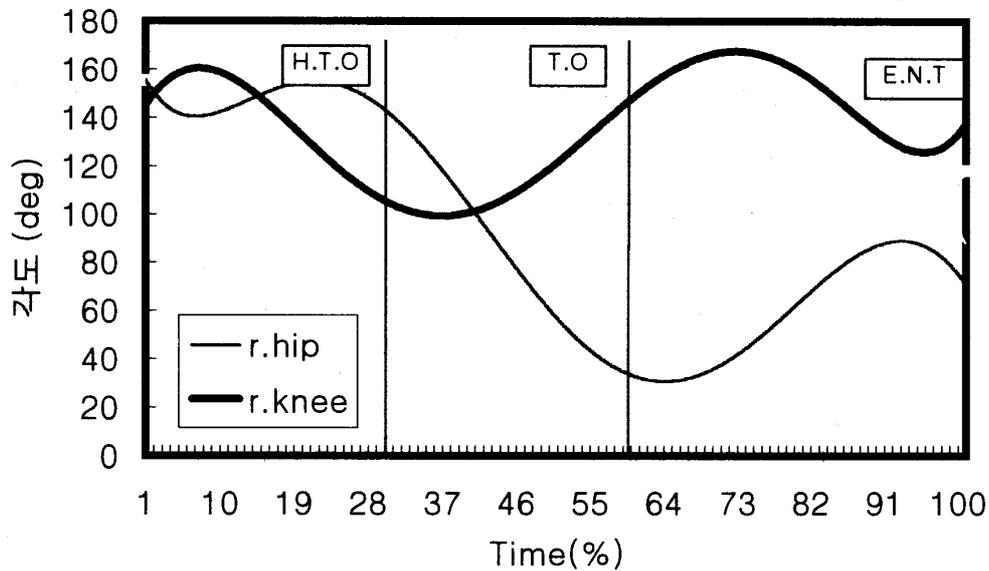
<Table 4-4> Angular displacement by phases of flat & fold style of Grab start.

unit : cm

| Subject | Phase    | Ready-heel start |        | heel start-toe take off |        | Toe takeoff-entry |        |
|---------|----------|------------------|--------|-------------------------|--------|-------------------|--------|
|         |          | flat             | fold   | flat                    | fold   | flat              | fold   |
| N       | r · knee | 82.80            | 98.20  | 160.80                  | 165.10 | 174.90            | 16.30  |
|         | r · hip  | 150.40           | 128.20 | 18.90                   | 32.20  | 28.80             | 150.70 |
| H       | r · knee | 130.10           | 127.60 | 146.50                  | 157.20 | 160.60            | 36.20  |
|         | r · hip  | 126.00           | 128.50 | 29.90                   | 42.40  | 63.20             | 121.60 |
| D       | r · knee | 121.10           | 111.40 | 168.10                  | 164.90 | 76.10             | 34.70  |
|         | r · hip  | 142.10           | 149.50 | 19.60                   | 24.50  | 112.80            | 141.70 |
| Mean    | r · knee | 111.33           | 112.4  | 158.47                  | 162.4  | 137.2             | 29.07  |
|         | r · hip  | ±25.12           | ±14.73 | ±10.99                  | ±4.50  | ±53.4             | ±11.08 |
| ±SD     | r · knee | 139.5            | 135.4  | 22.8                    | 33.03  | 68.27             | 138    |
|         | r · hip  | ±12.41           | ±12.21 | ±6.16                   | ±8.98  | ±42.23            | ±14.90 |



<Fig. 7> Angular displace pattern by phases



<Fig. 8> Angular displacement pattern of fold style

## 5. 국면별 각속도



수영 그래프스타트의 플랫폼과 폴드스타일의 국면별 무릎관절과 고관절의 각속도 변위의 결과는 <Table 4-5>와 같다. 먼저 플랫폼스타일의 경우를 분석하면 각 분석국면의 구분은 출발 블록에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간, 발앞꿈치가 이지하는 순간, 손이 입수하는 순간으로 구분하여 각속도를 분석하였다. 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 무릎의 평균 각속도는  $-264.38 \pm 74.51 \text{deg/sec}$  고관절의 경우 평균  $-246.23 \pm 96.99 \text{deg/sec}$ 로 나타났고, 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 진행방향으로 무릎 각속도는 평균  $218.27 \pm 339.70 \text{deg/sec}$  고관절의 경우 평균  $-211.90 \pm 170.93 \text{deg/sec}$  발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무릎 각속도는 평균  $54.50 \pm 141.71 \text{deg/sec}$  고관절의 경우는 평균  $-225.43 \pm 235.18 \text{deg/sec}$ 로 각각 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 무릎관절에서 가장 큰 각속도를 보인 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지 국면에서

218.27±339.70 deg/sec로 가장 큰 값을 보였고, 처음 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지는 부적인 각속도의 값을 보였으며 공중국면에서는 가장 적은 값을 보였다.

고관절의 경우 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 평균 -246.23±96.99deg/sec로 가장 큰 부적인 각속도였고, 국면이 진행됨에 따라서 고관절의 각속도 값은 거의 변화없이 부적인 값을 유지한 것으로 나타났다.

즉 무릎의 경우는 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지국면에서 신속한 신전을 보였고, 다시 입수시는 신전된 상태로 유지한 것으로 사료된다. 고관절의 경우는 처음 준비자세에서 입수까지 거의 굴곡 및 신전의 속도가 부적으로 나타난 바, 처음의 자세를 그대로 유지하면서 입수한 것으로 사료된다.

폴드스타일의 경우 각속도 변화는 각 분석국면의 구분은 출발 블록에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간, 발앞꿈치가 이지하는 순간, 손이 입수하는 순간으로 구분하여 각속도를 분석하였다. 준비자세에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간까지 무릎의 평균 각속도는 -216.00±35.22deg/sec 고관절의 경우 평균 -203.80±101.27deg/sec로 나타났다, 발뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발앞꿈치가 이지하는 순간까지 진행방향으로 무릎 각속도는 평균 451.10±51.88deg/sec 고관절의 경우 평균 -172.93±295.92deg/sec 발앞꿈치가 이지하는 순간부터 입수까지 진행방향으로 무릎 각속도는 평균 95.93±194.21deg/sec 고관절의 경우는 평균 -176.13±167.75deg/sec로 각각 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 무릎관절에서 가장 큰 각속도를 보인 발꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지 국면에서 451.10±51.88 deg/sec로 가장 큰 값을 보였고, 처음 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지는 부적인 각속도의 값으로 -216.35.22deg/sec 공중국면의 95.93±194.21deg/sec의 순으로 나타났다.

고관절의 경우 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 평균 -203.80±101.27deg/sec로 가장 큰 부적인 각속도였고, 국면이 진행됨에 따라서 고관절의 각속도 값은 약간씩 감소하면서 부적인 값을 유지한 것으로 나타났다.

즉 무릎의 경우는 준비자세의 부적인 신전속도를 유지하다가 국면이 진전됨에 따라서 정적인 신전속도를 보였고, 고관절의 경우는 준비자세에서 마지막 입수시까지 거의 변화없이 굴곡된 상태를 유지하면서 입수한 것으로 사료된다.

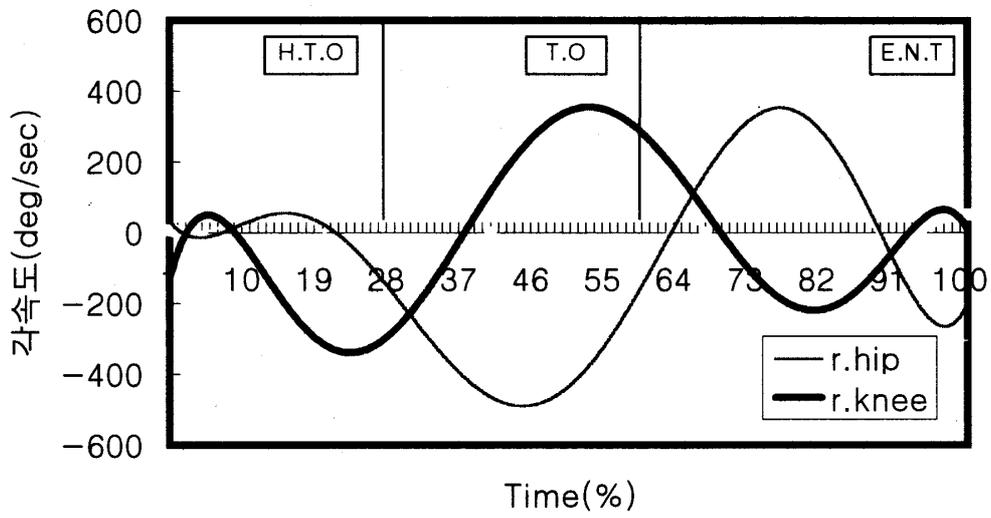
따라서 두 스타일을 비교하면 무릎의 경우 국면이 진전됨에 따라서 거의 양상이 비슷한 것으로 나타난 바, 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지국면에서 신속한 신전

을 보였고, 다시 입수시는 신전된 상태로 유지한 것으로 사료된다. 고관절의 경우는 처음 준비자세에서 입수까지 거의 굴곡 및 신전의 속도가 부적으로 나타난 바, 처음의 자세를 그대로 유지하면서 자세의 변화가 없이 입수한 것으로 사료된다. 준비자세에서 입수까지 각 국면에 따라서 무릎과 고관절의 각속도에서 플랫스타일과 폴드스타일의 차이가 통계적으로 유의한지를 알기 위해 t-검증을 실시한 결과 각 국면별로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

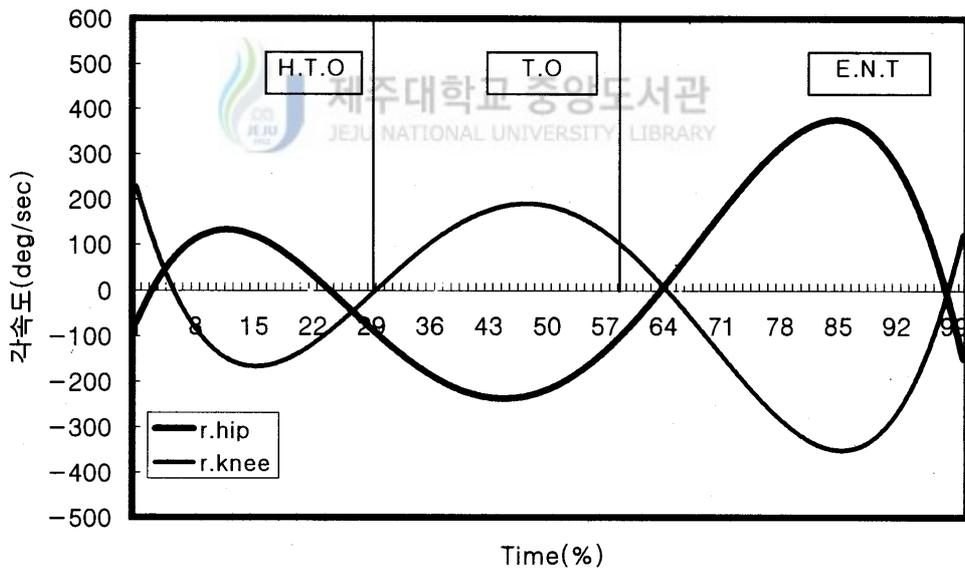
<Table 4-5> Angular velocity by phases of flat & fold style of Grab start.

unit: deg/s

| Subject | Phase    | Ready-heel start |         | Heel start-toe take off |         | Toe takeoff-entry |         |
|---------|----------|------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------|---------|
|         |          | flat             | fold    | flat                    | fold    | flat              | fold    |
| N       | r · knee | -332.20          | -214.80 | 478.60                  | 422.90  | 59.20             | -108.90 |
|         | r · hip  | -144.10          | -205.90 | -405.30                 | 165.10  | -67.40            | 16.30   |
| H       | r · knee | -184.80          | -181.40 | -166.00                 | 512.00  | -89.50            | 277.40  |
|         | r · hip  | -257.80          | -101.50 | -81.10                  | -385.00 | -495.70           | -253.20 |
| D       | r · knee | -277.50          | -251.80 | 342.20                  | 421.40  | 193.80            | 119.30  |
|         | r · hip  | -337.10          | -304.0  | -149.30                 | -298.70 | -113.20           | -291.50 |
| Mean    | r · knee | -264.38          | -216    | 218.27                  | 451.1   | 54.5              | 95.93   |
|         | r · hip  | ±74.51           | ±35.22  | ±339.7                  | ±51.88. | ±141.71           | ±194.21 |
| ±SD     | r · knee | -246.23          | -203.8  | -211.9                  | -172.93 | -225.43           | -176.13 |
|         | r · hip  | ±96.99           | ±101.27 | ±170.93                 | ±295.92 | ±235.18           | ±167.75 |



<Fig. 9> Angular velocity by phases of flat style



<Fig. 10> Angular velocity by phases of fold style

## 6. 신체중심 속도요인에 미치는 운동학적 분석

그랩스타트 기법의 플랫폼스타일과 폴드스타일의 준비자세에서 입수까지 각 국면별 변인간의 상호관계를 나타낸 결과는 <Table 4-6>와 <Table 4-7>에서 나타난 바와 같다. 각 스타일에서 분석된 변인은 각각 28개 변인으로서 본 연구에서는 신체중심의 속도에 미치는 요인만을 각각 분석하였다.

첫째 플랫폼 스타일의 경우 준비자세에서 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 그리고 공중자세에서 입수전까지의 속도에 영향을 미치는 변인간의 관계는 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 중심속도(Y축, X11)와 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 시간변인(x2)과의 관계는  $r = .987$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 중심변위 수직방향 신체중심 변위(Z축, x8)과의 관계는  $r = .957$ , 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 진행방향(Y축, x9)의 신체중심 변위와 관계는  $r = .999$ 로서 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 중심속도에 수직방향과 진행방향의 신체중심변위와는 매우 높은 정적 상관을 보인 바, 준비 국면에서 신체중심변위의 수직 및 수평변위는 곧 신체중심의 수평속도에 절대적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 중심속도(Y축, x11)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인(x3)과의 관계는  $r = -.937$ 로서 역상관을 보여 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 중심속도의 증가에 따라서 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인은 지연되는 상관을 보였다.

준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 중심속도(Z축, x12)은 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인 x3과의 관계는  $r = .850$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지하는 까지 진행방향 신체중심변위 (Y축, x7)  $r = .998$ 로서 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 중심속도에 공중자세와 진행방향 신체중심변위와는 매우 높은 정적 상관을 보인바, 준비국면에서 신체중심변위의 수평속도 및 공중자세 시간변인은 신체중심의 수직속도에 절대적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x12)와 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 시간변인(x2)과의 관계는  $r = -.999$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 중심변위(Z축, x8)과의 관계는  $r = -.995$ , 발

앞꿈치 이지에서 입수전까지 진행방향 중심변위 (Y축, x9)와의 관계는  $r = - .970$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 중심속도(Y축, x11) 와의 관계는  $r = - .981$ 로서 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 중심속도에 시간변인 과 수직방향 신체 중심변위 및 진행방향 신체 중심변위, 진행방향 신체중심속도와는 역상관을 보인바, 준비 국면에서 시간변인과 수직방향 과 진행방향 신체중심변위 및 진행방향 신체중심속도의 값이 높을수록 신체중심의 수직속도는 비례하여 감소하는 값을 보였다.

발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x13)와 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 시간변인 (x2)과의 관계는  $r = .999$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x8)와의 관계는  $r = .989$ , 발앞꿈치 이지하는 순간에서 입수전까지 진행방향 신체중심변위 진행방향(Y축, x9)과의 관계는  $r = .981$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 중심속도(Y축, x11)와의 관계는  $r = .990$ 으로서 관계를 가진 것으로 나타난바, 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 국면에서 시간변인과 신체중심 변위의 변화는 진행방향 신체중심속도에 절대적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x13)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인(x3)과의 관계는  $r = - .880$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x12)와의 관계는  $r = - .999$ 로서 역상관을 보여 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지국면에서 신체중심의 속도가 증가할수록 입수전까지 시간변인과 수직방향에서 신체중심의 속도에는 비례하여 감소하는 현상을 보여 바람직한 수직 및 수평성분의 안배를 한 것으로 사료된다.

발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x14)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인(x3)과의 관계는  $r = .757$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지하는 까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x7)와의 관계는  $r = .997$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x12)와의 관계는  $r = .988$ 로서 관계를 가진 것으로 나타난바 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지국면에서 수직방향 신체중심속도가 증가할수록 진행방향 신체중심 높이와 수직방향의 신체중심속도도 비례하여 증가한 것으로 나타났다.

발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x14)와 발뒤

꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 시간변인(x2)과의 관계는  $r = -.982$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지하는 까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x7)와의 관계는  $r = .998$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x8)와의 관계는  $r = -.920$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x11)와의 관계는  $r = -.939$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x13)와의 관계는  $r = -.978$ 로서 역상관을 보여 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지국면에서 수직방향 신체중심속도가 증가할수록 진행방향의 신체중심속도, 신체중심의 수직변위와는 높은 역상관을 보였으며, 역시 수평 및 수직 성분의 배분을 적절히 한 것으로 사료된다.

발앞꿈치 이지에서 입수전까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x15)와 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x12)와의 관계는  $r = .988$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x8)  $r = .998$ , 발앞꿈치 이지하는 순간에서 입수전까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x9)와의 관계는  $r = .962$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x11)와의 관계는  $r = .975$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x13)  $r = .999$ 로서 관계를 가진 것으로 나타난바, 발앞꿈치 이지에서 입수전 국면에서 진행방향 신체중심속도는 신체중심 수직방향의 변위와 속도와 정적인 높은 상관을 보인 결과 공중국면에서의 관계는 공중국면에서의 관계와 달리 비례하여 높은 상관을 보였다.

플랫스타일 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x15)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인 (x3)과의 관계는  $r = -.833$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x14)  $r = -.992$ 의 매우 높은 역상관을 보여, 공중국면에서 진행방향의 신체중심속도와 시간변인과는 반비례하여 증가하는 양상을 보였다.

발앞꿈치 이지에서 입수전까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x16)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인(x3)과의 관계는  $r = .852$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지하는 까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x7)  $r = .997$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x14)  $r = .987$ 로서 관계를 가진 것으로 나타난바 공중국면에서 수직방향의 신체중심속도는 시간변인과 진행방

향의 신체중심변위 및 속도와 매우 높은 상관을 가지고 서로 비례하는 양상을 보였다.

발앞꿈치 이지에서 입수전까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x16)와 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 시간변인(x2)과의 관계는  $r = -.999$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x8)와의 관계는  $r = -.995$ , 발앞꿈치 이지하는 순간에서 입수전까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x9)와의 관계는  $r = -.971$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x11)  $r = -.982$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x13)  $r = -.999$ , 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x15)  $r = -.999$ 로서 역상관을 보여 수직방향의 신체중심의 속도와 수직방향 신체중심의 변위, 진행방향의 신체중심 속도와는 거의 반비례하는 관계를 rwls 것으로 나타났다.

두 번째로 폴드스타일의 경우 준비자세에서 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 그리고 공중자세에서 입수전까지의 관련된 변인간의 관계를 분석한 결과 우선 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 중심속도(Y축, X11)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인(x3)과의 관계는  $r = .845$ , 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x10)와의 관계는  $r = .982$ 로서 관계를 가진 것으로 나타난바, 준비자세에서 발뒤꿈치 이지기면에서 진행방향의 신체중심속도와 공중국면의 시간변인 및 수직변위와 서로 밀접한 관계를 유지한 것으로 나타났다.

준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x12)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인(x3)과의 관계는  $r = .991$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x5)와의 관계는  $r = .788$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x8)와의 관계는  $r = .912$ , 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x10)와의 관계는  $r = .815$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x11)와의 관계는  $r = .909$ 로서 관계를 가진 것으로 나타난바, 준비자세에서 발뒤꿈치 이지기면에서 수직방향 신체중심속도와 공중국면의 시간변인, 준비국면에서 수직방향 신체중심변위와는 매우 밀접하게 비례하는 관계를 보였다.

발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x13)와 변인간 관계가 없는 것으로 나타났으며, 반대로 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 시간변인(x2)과의 관계는  $r = - .919$ , 발뒤꿈치 이지에서 입수전까지의 시간변인(x4)과의 관계는  $r = - .919$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x5)와의 관계는  $r = - .809$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심변위(Z축, x6)와의 관계는  $r = - .938$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지하는 까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x7)와의 관계는  $r = - .967$ , 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x9)와의 관계는  $r = - .954$ 로서 역상관을 보였다.

발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x14)와 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 시간변인(x3)과의 관계는  $r = .957$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x5)  $r = .972$ , 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x9)와의 관계는  $r = .846$ 로 준비국면의 시간변인과 진행방향의 신체중심변인과 밀접한 관계를 가진 것으로 나타났다.

발앞꿈치 이지에서 입수전까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x16)은 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 시간변인(x1)과의 관계는  $r = .948$ , 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 시간변인(x2)과의 관계는  $r = .748$ , 발뒤꿈치 이지에서 입수전까지의 시간변인 (x4)과의 관계는  $r = .748$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심변위(Y축, x5)와의 관계는  $r = .714$ 로서 관계를 가진 것으로 나타난바, 수직방향의 신체중심속도와 준비국면에서 시간변인 및 진행방향의 신체중심변위와는 높은 관계를 유지하면서 비례한 것으로 나타났다.

발앞꿈치 이지에서 입수전까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x16)와 발뒤꿈치 이지에서 발앞꿈치 이지까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x8)와의 관계는  $r = - .956$ , 발앞꿈치 이지에서 입수전까지 수직방향 신체중심변위(Z축, x10)와의 관계는  $r = - .995$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 진행방향 신체중심속도(Y축, x11)와의 관계는  $r = - .959$ , 준비자세에서 발뒤꿈치 이지까지 수직방향 신체중심속도(Z축, x12)와의 관계는  $r = - .752$ 로서 역상관을 보여, 공중국면에서 수직방향의 신체중심속도와 준비국면에서 수직방향의 신체중심변위 및 진행방향의 신체중심속도와는 매우 높은 반비례하는 관계를 보였다.

이상에서 신체중심 속도요인에 미치는 운동학적 분석의 결과를 종합하면 플랫폼 타일과 폴드 스타일 공히 준비국면에서 수직 및 진행방향의 속도에 미치는 요인들은 정적 및 부적인 관계를 유지하면서 매우 높은 관계를 가진 것으로 나타났으며, 공중국면에서 수직방향의 신체중심속도와 준비국면에서 수직방향의 신체중심 변위 및 진행방향의 신체중심 속도와는 지극히 반비례하는 경향을 보였다.



## V. 결론

본 연구는 이상의 여러 선행연구들에서 스타트 기법에 대한 분석을 토대로 스타트 방법에 따른 역학적 변인들을 비교 분석하여 현장 훈련시 경기기록을 단축 시키기에 효율적인 스타트를 제시하기 위한 이론적인 기초자료를 제공하기 위하여 그랩출발법의 플랫폼스타일과 폴드스타일 자세를 분석하기 위해 3명의 선수를 대상으로 영상분석을 하여 나온 결과를 토대로 내린 결과는 다음과 같다.

### 1. 시간변인

국면별 소요시간에서 차이를 많이 보이는 국면인 준비자세에서 발뒤꿈치이저까지 와 공중자세에서 두 스타일간 각 국면별에 따라서 통계적으로 유의한 차이가 없었지만, 플랫폼스타일의 경우가 폴드 스타일의 경우보다 더 짧은 소요시간을 보였다.



### 2. 국면별 신체 중심변위(X,Y,Z)

국면별 진행방향으로의 변위에서 차이를 검증하기 위해 t-검정한 결과 각 국면별 유의한 차이가 없었으나, 전체 진행방향에서의 변위는  $T=-2.9827$ 로  $P<.05$ 수준에서 유의한 차이를 보인 바, 플랫폼스타일의 경우가 더 유리한 스타트 법이라 사료된다.

### 3. 국면별 신체중심 속도

t-검증을 실시한 결과 각 국면별 유의한 차이가 없었으나, 수직속도의 경우  $T=-3.4249$ 로  $P<.05$ 수준에서 유의한 차이를 보인 바, 폴드스타일의 수직속도가 크게 나타나 진행방향의 속도를 고려할 때 플랫폼스타일이 더 유리한 것으로 사료된다.

#### 4. 국면별 각변위

공중국면에서 무릎과 고관절의 각변위가  $T=3.4345$ 로  $P<.05$ 수준과  $T=-2.6972$ 로  $P<.05$ 수준에서 각각 유의한 차이를 보인 바, 공중에서 하지의 관성모멘트 입장에서 볼 때 저항을 더 적게 받는 플랫스타일의 경우가 더 유리한 것으로 사료된다.

#### 5. 국면별 각속도

준비자세에서 입수까지 각 국면에 따라서 무릎과 고관절의 각속도에서 플랫스타일과 폴드스타일의 차이가 통계적으로 유의한지를 알기 위해 t-검증을 실시한 결과 각 국면별로 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

#### 6. 속도변인에 미치는 요인분석

플랫스타일과 폴드 스타일 공히 일반적인 경향은 준비국면에서 수직 및 진행방향의 속도에 미치는 요인들은 정적 및 부적인 관계를 유지하면서 매우 높은 관계를 가진 것으로 나타났으며, 공중국면에서 수직방향의 신체중심속도와 준비국면에서 수직방향의 신체중심변위 및 진행방향의 신체중심 속도와는 매우 높은 반비례하는 경향을 보였다.

이상의 결론을 종합 정리하면 폴드스타일인 경우 수직으로 이동하기 위한 동작에서 시간을 많이 소요 하였으며 무릎 굴곡동작으로 인한 저항이 플랫스타일보다 다소 크다고 사료되며 플랫스타일의 경우 전체 진행 방향에서 더 긴 진행 방향의 변위를 보였으며, 폴드스타일인 경우 수직속도의 유의한 차이를 보여 진행방향의 속도를 고려할 때 플랫스타일의 다소 유리한 스타트방법이라고 결론을 내릴 수 있다. 따라서 훈련시 선수들을 출발 블록에서 뒤꿈치가 이지하는 순간 수직 방향과 진행방향의 유리한 각도에서 스타팅할 수 있도록 지도해야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 권영후, 곽창수, 이상연(1996), “수영 자유형 50m, 100m, 200m 및 400m 경기의 시간 및 스트로크 변인 분석”, 한국운동역학회.
- 김연정, 조병준, 이민형.(1998), “수영에서 그랩과 트랙 스타트의 역학적 비교분석”, 제36회 한국체육학회 학술발표회.
- 경기력향상위원회(1993), “스타트, 턴기술”. 수영, 대한수영연맹.
- 김철원, 김승곤, 임상용, 오만원, 이창준, 이세형, 남사웅, 류재청(1998), “국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석”, 제주대학교 체육과학 연구 제 4집.
- 나창섭(1986), “자유형 경영시 Start에 대한 동작분석”.
- 허유미(1996), “자유형 출발동작 유형에 따른 운동학적 변인의 비교분석”, 이화여자대학교대학원 석사학위논문.
- 차경수(1994), “스타트 기술의 포인트”, 수영, 대한수영연맹.
- Ayalon, A., Van Gheluwe, B., & Kanitz, M. (1975). A comparison of four styles of racing start in swimming. In I.P. Clarrrys & L. Lewillie (Eds), swimming II, pp. 233-240. University park Press, Baltimore.
- Bloom, J.A., Hosler, W.W. and Disch, J.G. (1978) Differences in flight, reaction and movement time for grab and conventional starts. Swimming Technique,15, 34-36.
- Bowers, J.A. and Cavanagh, P.R. (1975) A biomechanical comparison of the grab and conventional sprint starts in competitive swimming, in Swimming II (eds J.P. Clarys and L. Lewillie), University Park Press, Baltimore, pp. 43-45.
- Gibson, G., & Holt, L.E. (1979). A cinema-computer analysis of selected starting techniques. Swimming technique 13:75-76
- Havriluk, R. (1983) A criterion measure for the swimming start, in Biomechanics and Medicine in swimming (eds P. Hollander, P. Huijing and G. de Droot), Human Kinetic Publishers, Champaign, Ill.,

pp. 89-95.

- Hay, J.G. (1985). A Mechanical Analysis of the Grab Starting Technique in Swimming. *international journal of sport biomechanics*. 1, 25-35
- KOLIAS. I., BALZOPoulos. V., CHATZINIKOLAOU. K., TSIRAKOS. D., and VASILADIS. I. (1992). Sex Differences in Kinematics and temporal parameters of the Grab Start. *Biomechanics and Medicine in Swimming*, Swimming Science VI.
- Lewis, S. (1980) Comparison of five swimming starting techniques. *Swimming Technique*, 16, 124-128.
- Lowell, J.C. (1975). Analysis of the grab start and the conventional start. *Swimming Technique* 12:66-69, 79.
- Michaels, R.A. (1973). A time distance comparison of the conventional and the grab start. *Swimming Technique* 10:16-71



# ABSTRACT

**Kinematic analysis between flat style and fold style in Grab start technique of Cheju representative swimmers.**

**Lee, Tae-Gil**

**Major in Physical Education**

**Graduate school of education, Cheju National University Che, Korea**

Supervised by Professor Ryu, Che-Cheong

The study was undertaken to analysis kinematic variances between flat style and fold style in Grab start technique of Cheju representative swimmers. For this the study analysis technique was 3 dimension cinematographic method to 3 swimmers participated in the study.

The conclusions obtained after analyse were as follows.

1. Temporal variance was not significant difference statistically between two styles all phases, but showed rather shorter in flat style than fold style.

2. Displacement variable(X,Y,Z) was not showed significant difference statistically between two styles in vertical(Z) and side direction(X) but showed significant difference statistically between two styles in  $P<.05$  level. Therefore flat style was more desirable

technique considering forward direction.

3. Velocity variable(X,Y,Z) was not showed significant difference statistically between two styles in side(x) and forward direction(Y), but showed significant difference statistically between two styles in  $P<.05$  level in vertical direction(Z).

4. Angular displacement showed significant difference statistically( $P<.05$  level) in knee and hip joint between two styles. Flat style was more desirable technique Considering moment of inertia of lower leg,

5. Angular velocity was not showed significant difference statistically in

knee and hip joint between two styles.

6. Factor influencing to velocity variable was showed very high positive or negative correlation relationship in vertical and forward direction in ready phase commonly in both styles. The correlation was showed very high negative relation between COG velocity of vertical direction in air phase and vertical displacement and COG velocity in forward direction



<Table4-6> Correlation matrix among variables influencing to velocity from ready to entry phase in flat style of Grab start technique

| 요인  | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | x10 | x11 | x12 | x13 | x14 | x15 | x16 | x17 | x18 | x19 | x20 | x21 | x22 | x23 | x24 | x25 | x26 | x27 | x28 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x3  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x4  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x5  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x6  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x8  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x9  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x10 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x11 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x12 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x13 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x14 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x15 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x16 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x17 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x18 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x19 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x20 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x21 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x22 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x23 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x24 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x25 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x26 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x27 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| x28 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

<Table4-7> Correlation matrix among variables influencing to velocity from ready to entry phase in fold style of Grab start technique

| 요인  | x1  | x2    | x3     | x4    | x5     | x6    | x7    | x8     | x9     | x10    | x11    | x12    | x13    | x14    | x15    | x16    | x17    | x18    | x19    | x20    | x21    | x22    | x23    | x24    | x25    | x26    | x27    | x28    |        |
|-----|---|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| x1  |   | 0.500 | -0.862 | 0.500 | -0.487 | 0.456 | 0.370 | -1.000 | -0.183 | -0.976 | -0.999 | -0.922 | -0.119 | -0.679 | 0.442  | 0.948  | 0.696  | -0.489 | -1.000 | 0.903  | 0.557  | -0.953 | 0.755  | 0.875  | 0.999  | -0.620 | 0.809  | -0.398 |        |
| x2  |   |       | 0.009  | 1.000 | 0.513  | 0.999 | 0.990 | -0.522 | 0.760  | -0.678 | -0.528 | -0.125 | -0.919 | 0.297  | -0.555 | 0.748  | -0.274 | 0.511  | -0.519 | 0.080  | 0.998  | -0.738 | -0.190 | 0.018  | 0.487  | -0.989 | 0.913  | -0.993 |        |
| x3  |   |       |        | 0.008 | 0.863  | 0.059 | 0.153 | 0.847  | 0.657  | 0.730  | 0.845  | 0.991  | -0.401 | 0.957  | -0.836 | -0.657 | -0.694 | 0.864  | 0.850  | -0.996 | -0.059 | 0.668  | -0.983 | -0.999 | -0.869 | 0.137  | -0.399 | -0.123 |        |
| x4  |   |       |        |       | 0.513  | 0.999 | 0.990 | -0.523 | 0.760  | -0.678 | -0.528 | -0.125 | -0.919 | 0.297  | -0.555 | 0.748  | -0.274 | 0.511  | -0.519 | 0.080  | 0.998  | -0.738 | -0.190 | 0.018  | 0.487  | -0.989 | 0.913  | -0.993 |        |
| x5  | x1:폴드스타일시간                                      |       |        |       |        | 0.555 | 0.631 | 0.465  | 0.948  | 0.284  | 0.459  | 0.788  | -0.809 | 0.972  | -0.999 | -0.187 | -0.966 | 1.000  | 0.468  | -0.815 | 0.453  | 0.201  | -0.940 | -0.849 | -0.500 | -0.381 | 0.119  | -0.607 |        |
| x6  | 변인 (Ready-heel start)                           |       |        |       |        |       | 0.996 | -0.478 | 0.791  | -0.640 | -0.485 | -0.075 | -0.938 | 0.344  | -0.596 | 0.714  | -0.322 | 0.553  | -0.476 | 0.030  | 0.993  | -0.704 | -0.239 | -0.032 | 0.443  | -0.980 | 0.892  | -0.998 |        |
| x7  | x2:폴드스타일시간변인                                    |       |        |       |        |       |       | -0.393 | 0.846  | -0.564 | -0.400 | 0.019  | -0.967 | 0.431  | -0.670 | 0.644  | -0.410 | 0.629  | -0.390 | -0.064 | 0.978  | -0.633 | -0.329 | -0.126 | 0.356  | -0.958 | 0.845  | -0.999 |        |
| x8  | (Heel start-toe take off.)                      |       |        |       |        |       |       |        | 0.158  | 0.980  | 1.000  | 0.912  | 0.144  | 0.660  | -0.420 | -0.956 | -0.677 | 0.467  | 1.000  | -0.892 | -0.578 | 0.960  | -0.739 | -0.862 | -0.999 | 0.640  | -0.823 | 0.421  |        |
| x9  | x3:폴드스타일시간변인 (Toe take off-Entry).              |       |        |       |        |       |       |        |        | -0.037 | 0.151  | 0.550  | -0.954 | 0.846  | -0.962 | 0.137  | -0.834 | 0.947  | 0.161  | -0.587 | 0.714  | -0.122 | -0.782 | -0.636 | -0.197 | -0.657 | 0.429  | -0.829 |        |
| x10 | x4:폴드스타일시간변인 (Total)                            |       |        |       |        |       |       |        |        |        | 0.982  | 0.815  | 0.334  | 0.501  | -0.235 | -0.995 | -0.521 | 0.286  | 0.980  | -0.787 | -0.726 | 0.996  | -0.594 | -0.748 | -0.972 | 0.778  | -0.918 | 0.589  |        |
| x11 | x5:폴드스타일국면별중심Y변위(Ready-heel start)              |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        | 0.909  | 0.151  | 0.654  | -0.413 | -0.959 | -0.672 | 0.460  | 1.000  | -0.889 | -0.584 | 0.962  | -0.734 | -0.859 | -0.999 | 0.646  | -0.828 | 0.427  |        |
| x12 | x6:폴드스타일국면별중심Z변위(Ready-heel start)              |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        | -0.275 | 0.910  | -0.755 | -0.752 | -0.920 | 0.789  | 0.913  | -0.999 | -0.192 | 0.762  | -0.950 | -0.994 | -0.927 | 0.269  | -0.518 | 0.011  |        |
| x13 | x7:폴드스타일국면별중심Y변위(Heel start-toe takeoff.)       |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        | -0.648 | 0.838  | -0.427 | 0.630  | -0.808 | 0.141  | 0.318  | -0.891 | 0.414  | 0.561  | 0.377  | -0.105 | 0.852  | -0.680 | 0.958  |        |
| x14 | x8:폴드스타일국면별중심Z변위(Heel start-toe takeoff.)       |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        | -0.959 | -0.412 | -1.000 | 0.973  | 0.662  | -0.928 | 0.232  | 0.425  | -0.994 | -0.949 | -0.689 | -0.154 | -0.118 | -0.404 |        |
| x15 | x9:폴드스타일국면별중심Y변위(Toe takeoff-Entry)             |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.137  | 0.952  | -0.999 | -0.422 | 0.784  | -0.498 | -0.151 | 0.922  | 0.821  | 0.455  | 0.428  | -0.169 | 0.647  |        |
| x16 | x10:폴드스타일국면별중심Z변위(Toe takeoff-Entry)            |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.433  | -0.189 | -0.956 | 0.722  | 0.791  | -1.000 | 0.510  | 0.677  | 0.944  | -0.838 | 0.953  | -0.667 |        |
| x17 | x11:폴드스타일국면별중심속도Y변위(Ready-heel start)           |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | -0.967 | -0.680 | 0.937  | -0.209 | -0.446 | 0.996  | 0.957  | 0.706  | 0.131  | 0.141  | 0.382  |        |
| x18 | x12:폴드스타일국면별중심속도Z변위(Ready-heel start)           |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.470  | -0.816 | 0.451  | 0.203  | -0.941 | -0.851 | -0.852 | -0.380 | 0.116  | -0.605 |        |
| x19 | x13:폴드스타일국면별중심속도Y변위(Heel start-toe take off.)   |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | -0.894 | -0.576 | 0.960  | -0.741 | -0.864 | -0.999 | 0.638  | -0.822 | 0.418  |        |
| x20 | x14:폴드스타일국면별중심속도Z변위(Heel start-toe take off.)   |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.148  | -0.732 | 0.963  | 0.998  | 0.910  | -0.225 | 0.479  | 0.034  |        |
| x21 | Y변위(Toe takeoff-Entry)                          |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | -0.782 | -0.123 | 0.086  | 0.545  | -0.997 | 0.939  | -0.983 |        |
| x22 | x17:폴드스타일국면별 knee각변위(Ready-heel start)          |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | -0.522 | -0.688 | -0.949 | 0.828  | -0.949 | 0.656  |        |
| x23 | (Ready-heel start)                              |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.978  | 0.765  | 0.044  | 0.226  | 0.301  |        |
| x24 | x19:폴드스타일국면별 hip각(Heel start-toe take off.)     |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0.882  | -0.134 | 0.423  | 0.096  |        |
| x25 | x20:폴드스타일국면별 knee각변위(Toe takeoff-Entry)         |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | -0.610 | 0.800  | -0.385 |
| x26 | x22:폴드스타일국면별 hip각변위(Toe take off-Entry)         |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | -0.963 | 0.966  |
| x27 | x23:폴드스타일국면별 knee각속도변위(Ready-heel start)        |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | -0.861 |
| x28 | x25:폴드스타일국면별 knee각속도변위(Heel start-toe takeoff.) |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| x29 | x26:폴드스타일국면별 hip각속도(Heel start-toe takeoff.)    |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| x30 | x27:폴드스타일국면별 knee각속도변위(Toe takeoff-Entry)       |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| x31 | x28:폴드스타일국면별 hip각속도변위(Toe takeoff-Entry)        |       |        |       |        |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |