

국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석

김철원, 김승곤, 오만원, 임상용,
김성찬, 이창준, 남사웅, 이세형,
류재청¹⁾, 신석종²⁾, 김세민³⁾

- 목 차 -

ABSTRACT

I. 서론

II. 연구방법

1. 피험자

2. 실험장비 및 절차

3. 인체모델 및 신체분절자료

4. 연구변인 및 자료분석

5. 자료처리

IV. 연구결과 및 논의

1. 시간변인

2. 선변인

3. 각변인

4. 결론

참고문헌

Kinematic analysis of Grab start between national representative and Cheju's High school representative swimmer

Chul-Won Kim, Seong-Kon Kim, Man-Won Oh, Sang-Yong Ihm,
Seong-Chan Kim, Chang-Joon, Lee, Sa-Woong, Nam, Se-Hyong, Lee,
Che-Cheong Ryew, Seuk-Jong Shin, Se-Min Kim,

ABSTRACT

The purpose of the study was to undertaken to analysis the Grab starting technique between national representative team(3) and Cheju's representative team(3) with 3D cinematography.

The conclusions obtained were as follows:

Cheju's showed more elapsed time than national representative team on starting block, and more vertical than horizontal direction of COG position, more concentrated vertical velocity &

1) 제주대학교 체육학과 교수
2) 제주도 체육회 훈련과장
3) 제주대학교 체육학과 조교

acceleration than forward direction.

Therefore It is necessary for cheju's to train balanced trust force in horizontal and vertical direction in grab starting technique.

1. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

경영에 있어서 스타트 기법은 단거리 경기일수록 더욱 중요한 요인이 될 수 있다. 스타트 기법에 대한 연구는 약 30년 전부터 시작하여 지금에 이르고 있다. 스타팅 블록을 잡고 양발을 모아 출발하는 그랩스타트(Grab start)가 전래의 기법보다 더 효율적이라는 점을 발견한 후부터 전래적인 스타트 기법이 사라지고, 1970년 이후에는 스타팅 블록에 한발은 앞쪽에, 다른 한발은 뒤쪽에 위치하고, 육상 출발자세와 같이 두 손으로 블록을 잡고 몸을 뒤로 당겼다가 반동으로 인한 힘으로 출발하는 트랙스타트(track start)기법이 출현하게 되었다. 그 후 이 두 기법의 우수성을 입증하려는 더 많은 시도가 이루어지고 있다. 지금까지 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 등(1998), 등을 들 수 있으며, 이들의 연구 목적은 경영에서 더 우수하고 더 효율적인 스타트 기법을 입증하는 데 있다.

Bowers 등(1975)과 Bloom, 등(1978)에 의하면 다른 기준 속도를 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. 즉 Havriluk(1979,1983)는 여러 선행연구를 비교하는 가운데 특정 연구에서 사용된 특별한 준거 측도에 좌우된다고 하고, 결국 그랩 스타트 기법이 전적으로 뛰어난 스타트 기법이 아니라고 주장하였지만 일반적으로 경영에서 그랩 스타트 기법을 가장 많이 사용하는 기법이라고 했다.

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

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 가지므로써 더 긴 수평변위를 가진 것으로 보고하였다.

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.

지금까지의 내용을 종합하면 그랩스타트와 트랙스타트의 우수성을 입증하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔으나 어느 방법이 더 우수하다는 확실한 근거를 마련하는 데는 충분한 근거를 마련하지 못한 실정이다.

국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석(류재청·신석종·김세민)

따라서 본 연구에서는 국가대표급과 우수 고교선수들의 그랩 스타트 기법에서 운동학적 변인의 차이를 규명하고, 각 선수집단에서 스타트 기법의 문제점을 발견하고, 경기기록을 단축시키기 위한 효율적인 스타트 기법을 제시하는 데 있다.

II. 연구방법

1. 피험자

본 연구에 참여한 피험자는 <표-1>과 같고, 국가 대표급 수준의 선수3명과 제주도 고교대표급 3명으로서 현재 선수로 활약중인 선수들이다.

<표-1> 피험자 특성

피험자	체중 (kg)	신장 (cm)	연령 (yr.)	성별	경력 및 기록
L.D.S.	65	174	22	남(국가대표급)	제 18회 아산기 전국수영대회 남자대학부 자유형 200m 3위(02'05"10)
N.K.C.	76	176	22	남(")	제 70회 동아수영대회 남자대학부 평영100m 4위(1'15"61)
H.S.D.	73	178	21	남(")	제 53회 회장기 전국수영대회 남자대학부 배영 50m 1위(00'28"89)
M±SD	71.33 ±5.68	176.00 ±2.00	21.66 ±0.57		
H.K.E.	73	178	16	남 (제주)	제 18회 아산기 전국수영대회 남고부 자유형 100m 7위(00'56"70)
K.H.T.	65	175	17	남 (제주)	제 18회 아산기 전국수영대회 남고부 배영 200m 예선 9위(02'30"20)
K.C.H.	56	165	16	남 (제주)	제 17회 대통령기 전국수영대회 남고부 접영 100m 1위(00'59"32)
M±SD	64.66 ±8.50	172.66 ±6.80	18.00 ±2.64		

2. 실험장비 및 절차

본 실험에 사용된 실험기기는 크게 2가지로 구분할 수 있다. 즉 그랩스타트 동작을 촬영하는 Panasonic Viedo(2대, 초당 60프레임)과 이를 다시 분석을 하기 위한 비디오 분석기(Sanyo, Sony사) 및 분석프로그램 Kwon3D분석패키지와 통제점 틀로 구성하였다.

실험절차는 실험에 임하기 전에 각 피험자마다 21개 신체부위에 Landmarker를 부착하여 디지털 타이밍시 오차를 줄이도록 하였다. 양쪽 카메라의 위치는 피험자가 진행되는 방향에 대해 오른쪽과 왼쪽에서 피험자의 위치보다 약간 후방에 설치한 후 카메라의 줌이 분석하려는 필드가 충분히 포착될 정도로 조정하였다. 이 때 카메라의 스피드는 60프레임/분으로 하였고, 샷터스피

드는 1/1000초가 되게 하였다. 카메라 세팅이 완료한 후 신호에 따라서 피험자는 각각 스타트 블록에 올라서서 출발을 하게 하였다. 이 때 카메라의 줌은 피험자가 스타트하여 입수하는 시점까지 충분히 포착이 되도록 하였고, 통제점 틀의 경우는 일정한 길이마다 부착한 모든 랜드마크가 포착이 되게 설치하였다.

3. 인체모델 및 신체분절자료(BSP)

인체모델은 신체의 분절들이 19개 관절점에 의해 연결된 강체시스템(Rigid linked body system)으로 정의하고, 머리부분에서는 가상관절로서 코를 포함시켜 방향을 명확히하는 데 이용하였다. 모델의 관절점은 모두 19개<표-2>이고 실제 분절은 14개로 이루어 졌다. 신체 분절 무게중심위치에 대한 인체분절자료는 Yeadon-Kwon(1994)를 이용하였다.

<표-2> 관절점과 디지털타이징순서

순서	관절점	순서	관절점
J1	Reference Point	J12	Right Ankle
J2	Right Hand	J13	Right Knee
J3	Right Wrist	J14	Right Hip
J4	Right Elbow	J15	Left Toe
J5	Right Shoulder	J16	Left Heel
J6	Left Hand	J17	Left Ankle
J7	Left Wrist	J18	Left Hip
J8	Left Elbow	J19	Top of Head
J9	Left Shoulder	J20	Chin & Neck
J10	Right Toe	J21	Nose
J11	Right Heel		

본 변인산출과정에서 사용된 인체측정자료는 Yeadon-Kwon의 결과를 사용하였다. 질량중심의 위치는 분절에 대해 근위단으로 부터의 중심을 의미한다.

<표-3> 인체측정자료

segment	CM(%)	Mass(%)
Upper body	0.00	63.71
Lower body	0.00	36.29
Whole body	0.00	100.00
Trunk	58.46	45.56
R.upperarm	47.76	2.79
R.forearm	43.14	1.77
R.hand	39.09	0.79
L.upperarm	47.76	2.79
L.forearm	43.14	1.77
L.hand	39.29	0.79

4. 연구변인 및 자료분석

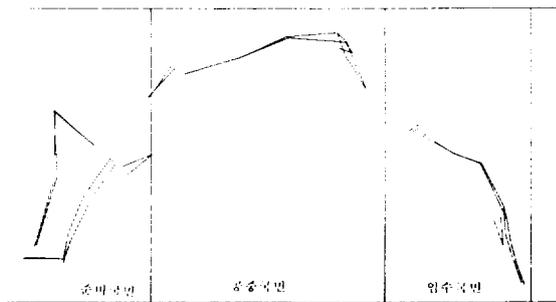
1) 본 연구에서 분석 변인은 스타팅동작의 국면별 시간변인과 선운동변인(변위, 속도, 가속도) 및 각운동변인(힙관절과 무릎관절의 각변위 및 각속도)으로 구성하였다.

2) 디지털라이징 및 처리

촬영된 비디오 필름을 비디오 분석기에서 먼저 Encoding을 한 다음 이를 Kwon3D분석 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 저장되었다.

디지털라이징이 완료된 후 인위적 및 기계적 오차를 줄이기 위해 매 프레임마다의 보간(interpolation)을 시킨다음 본 연구의 분석에 필요한 선변인(변위, 속도, 가속도)과 각변인(각변위, 각속도, 각가속도)을 산출하였다.

분석국면은 <그림-1>과 같이 스타팅 블록에서 발뒤꿈치가 이지하는 순간-앞꿈치가 이지하는 순간-공중자세-입수자세로 구분하여 분석하였다.



<그림-1> Analysis phases from heel-takeoff to entry

3) 변인산출

디지털라이징 된 좌표를 가지고 인위적 및 기계적 오차의 범위를 줄이기 위해 사용된 저주파(cut-off frequency)는 6.0Hz에서 필터링(filtering)은 6차수로 실시하였다.

디지털라이징된 각각의 좌표를 보간시키기 위한 시간간격은 매 프레임당 0.01단위였고, Cubic Spline방법으로 보간하였다.

보간을 실시한 후 속도, 가속도, 신체중심의 위치, 속도, 가속도의 산출 방식은 속도(V_i)의 경우 $V_i = (P_i + 1 - P_{i-1}) / 2\Delta t$, 가속도 A_i 는 $A_i = (P_{i+1} - 2P_i + P_{i-1}) / (\Delta t)^2$, 분절 i 의 중심점 좌표 c_{gi} 는 $c_{gi} = (P_i(1 - (pi/100))) + (D_i \cdot pi/100) = P_i + (D_i - pi)pi/100$
(pi = 근위단 분절의 좌표, D_i = 원위단 분절의 좌표)

신체중심 위치, 속도, 가속도 산출 과정에서 전신 무게중심의 위치 CG는

$$CG = \frac{14}{\sum_{i=1}^{14} (c_{gi} \cdot m_i)/M}$$

CG_i는 i 번째 분절의 무게중심 위치좌표

m_i 는 전체질량의 백분율로 표시된 i번째 분절 질량

M은 백분율로 표시된 분절질량을 합한 전체질량

각운동의 변인 산출은 스타임 동작 전과정에서 무릎관절과 히프관절에 대해 각변위를 산출하였고, 산출한 분절 백터각을 1차미분한 결과 각속도를 각각 산출하였다.

즉 각속도는 $\omega_B = \omega_{B/A} + \omega_A$ 와 같다.

$\omega_{B/A}$: 분절 A에 대한 분절 B의 상대 각속도의 크기

ω_A : 분절A의 관성각속도의 크기

4) 자료처리

산출된 분석변인에 대한 기초통계량과 경영 수준급에 따라서 분석변인에 있어서 차이가 있는지를 검증하기 위해 t-검증을 실시하였다.

Ⅲ. 연구결과 및 논의

1. 시간변인

발뒤꿈치 이지에서 손끝이 입수하는 지점까지 두 집단에서 총 소요한 시간은 국가대표급이 평균 1.00 ± 0.01 초, 제주도 대표급이 평균 1.044 ± 0.013 초로서 국가 대표급이 총소요한 시간에서 체공시간이 다소 더 짧은 것으로 나타났다. 국면별로 보면 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%, 발 앞꿈치이지국면이 25.66%, 공중국면에서 입수까지41.43%의 소요시간을 보였다.

국면별 시간 소요를 종합하면 국가대표급의 경우는 국면별 일정한 시간소요율(30%,30%,40%)을 보였으나 제주 대표의 경우 일정하지 못한 시간소요율(36.90%, 25.66%, 41.43%)를 보였고, 두 집단 모두 체공시간에서는 큰 차이가 없었으나 스타팅 블록을 떠나는 발 뒤꿈치 국면이지와 발앞꿈치 이지국면에서 더 많은 시간을 지체한 것으로 나타났다. 시간 소요에서 유의한 차이를 보인 경우는 총 소요시간에서 $F' = 180.26$ DF(2,2) $P(F') = 0.01$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보인 바, 국가대표급 수준의 경우가 총 소요시간에서 더 짧은 시간을 보였다. 따라서 제주 대표의 경우 출발자세의 국면별 시간소요를 줄이는 방법을 고려해야 할 것으로 사료된다.

국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석(류재청 · 신석종 · 김세민)

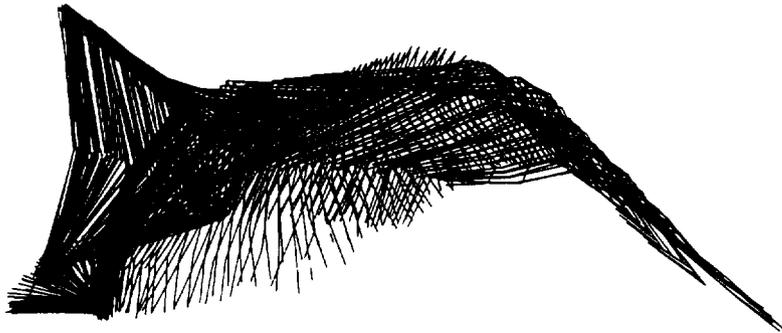
〈표-4〉 Temporal variable elapsed of 2 groups from Heel-takeoff to entry in Grab starting technique

(unit: sec)

Phases Subj.	Heel-Takeoff(%)	Toe-Takeoff(%)	Entry(%)	Total(%)
N.K.C	0.3(30.00)	0.3167(32.00)	0.383(38.00)	1.000(100)
H.S.D	0.3(29.50)	0.3(29.50)	0.4167(41.00)	1.0167(100)
L.D.S	0.3(30.00)	0.3(30.00)	0.4(40.00)	1.000(100)
Mean±SD	0.3±0 (29.83)	0.306±0.01(30.50)	0.4±0.117(39.66)	1.000±0.01(100)
H.K.E	0.4833(42.00)	0.3(26.10)	0.3667(31.90)	1.15(100)
K.H.T	0.3833(35.40)	0.25(23.10)	0.45(41.50)	1.0833(100)
K.C.H	0.3(33.30)	0.25(27.80)	0.35(38.90)	0.9(100)
Mean±SD	0.387±0.092(36.90)	0.267±0.029(25.66)	0.389±0.054(41.43)	1.044±0.013(100)

2. 국면별 변위

뒤꿈치 이지에서 입수까지 전 국면에서의 변화양상은 〈그림-2〉 및 전진방향과 수직방향에서의 변위를 요약한 결과는 〈표-5〉와 같다.



〈그림-2〉 Stick figure of National representative team(subj.LDS) from Heel-takeoff to entry in Grab starting technique

전진방향(Y)과 수직방향(Z)에서 변위의 양상을 보면, 전진방향에서 발 뒤꿈치 이지에서 입수까지 신체중심의 변위는 국가 대표급에서 평균 114.60±13.64cm, 제주대표의 경우는 평균 99.30±3.75cm로 나타난바, 체공국면에서 국가 대표급의 경우가 더 많은 중심이동을 하는 것으로 나타났다.

전진방향(Y)에서 각 국면별 비교하면 발뒤꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균 9.43±5.05cm, 제

주대표의 경우 15.36±11.64cm 낮고, 발 앞꿈치 국면에서 국가대표의 경우 평균 38.13±13.02cm, 제주 대표의 경우 평균 42.66±16.48cm, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 경우 평균 114.60±13.64cm, 제주대표의 경우는 평균 99.30±3.75cm로 각각 나타난 바, 국가대표의 경우는 스타팅 블록에서 많은 중심이동을 하였지만 체공국면에서 입수까지의 국면에서는 더 짧은 변위를 나타내었다.

수직방향(Z)에서 각 국면별 비교하면 발 뒤꿈치 이지국면에서 국가대표급의 경우 평균 84.30±2.94cm, 제주대표의 경우 평균 91.40±6.57cm, 발앞꿈치 국면에서 국가대표의 경우 평균 115.06±6.92cm, 제주대표는 평균 108.067±15.43cm로 각각 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 스타팅 블록에서 국가 대표의 경우보다 제주 대표의 경우가 신체중심의 수직이동이 더 많은 결과를 보여, 결국 스타팅 블록에서 더 많은 시간을 지체한 것으로 나타났다.

이러한 분석결과를 볼 때 발 뒤꿈치 이지국면에서 수직방향으로 $F'42.83$ $DF(2,2)$ $P<F'=0.05$ 수준에서 제주 대표의 경우가 중심의 수직방향으로의 변위가 더 유의하게 큰 것으로 나타났고, 체공국면에서 입수국면까지 전진방향(Y)에서 $F'=29.44$ $DF(2,2)$ $P>F'=0.05$ 수준에서 국가 대표의 경우가 더 긴 체공거리를 가진 것으로 나타났다.

따라서 국가대표의 경우 스타팅 블록에서 전진 방향으로의 변위가 제주 대표의 경우보다 더 짧았지만 체공거리에서는 훨씬 더 긴 것으로 나타났다. 즉 제주 대표의 경우 스타팅 블록에서의 수직변위를 다소 줄이면서 전진방향으로의 힘을 적절히 배분하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

<표-5> Mean COG displacement in Y(forward) and Z(vertical) of 2 groups from Heel- take off to entry in Grab starting technique (unit :cm)

Subj.	Phases	Heel-Takeoff	Toe-Takeoff	Entry
N.K.C	Y	12.30	23.10	130.00
	Z	86.00	123.00	110.00
H.S.D	Y	12.40	46.00	104.00
	Z	86.00	1120	109.80
L.D.S	Y	3.60	45.30	109.80
	Z	80.90	110.20	112.30
Mean ±SD	Y	9.43±5.05	38.13±13.02	114.60±13.64
	Z	84.30±2.94	115.06±6.92	110.70±1.38
K	Y	2.80	25.60	103.10
	Z	83.90	90.70	104.90
T	Y	17.50	43.90	95.60
	Z	96.30	120.20	118.60
C	Y	25.80	58.50	99.20
	Z	94.00	113.30	106.30
Mean ±SD	Y	15.36±11.64	42.66±16.48	99.30±3.75
	Z	91.40±6.57	108.06±15.43	109.93±7.53

2. 속도변인

스타팅 블록에서 뒤꿈치 이지에서 입수까지 X(좌우방향), Y(전후방향), Z(수직방향)으로의 신체중심의 속도변화의 곡선은 <그림-2 : 국가대표급>와 <그림-3 : 제주대표급>과 같고, 각 국면별 평균 속도의 변화율은 <표-6>과 같다.

국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석(류재청 · 신석중 · 김세민)

〈그림-3〉 및 〈그림-4〉에서 보면 전반적인 변화의 양상은 국가대표급의 경우 발앞꿈치 이지에서 입수(TO- ENT) 국면인 체공국면에서 전후방향의 속도가 입수지점까지 계속 증가하는 반면 제주 대표의 경우는 체공국면에서 약간 증가 및 감소하는 현상을 보였다.

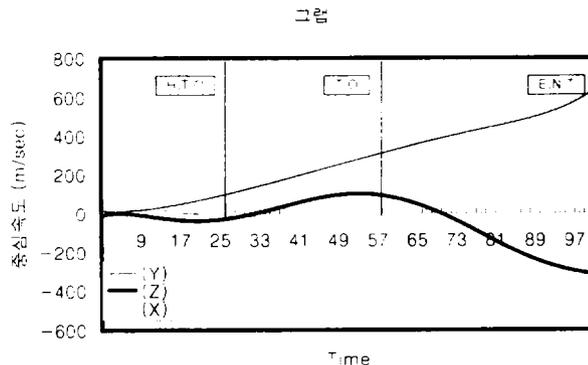
수직방향에서의 국가대표급의 경우 발 뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발 앞꿈치가 이지하는 국면까지 증가하는 양상을 보였으나 체공국면에서는 현저히 감소하는 양상을 보였다. 반면 제주 대표의 경우 모든 국면에서 거의 큰 변화와 특징이 없음을 알 수 있다.

이러한 변화양상을 〈표-6〉에서 보면 좌우방향(X)의 경우는 큰 변화가 없는 것으로 간주하고, 가장 중요한 수직방향(Z)과 전후방향(Y)의 변화를 분석하면 다음과 같다.

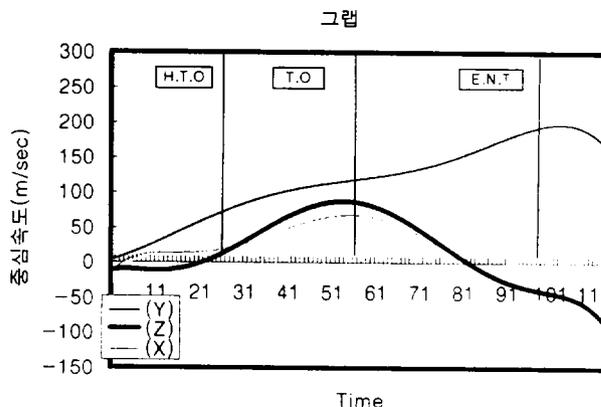
각 국면별 분석하면 먼저 국가대표급의 발 뒤꿈치 이지국면의 전후방향에서 평균이 $1.28 \pm 0.79 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주 대표위 경우 평균 $0.64 \pm 0.48 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 발 앞꿈치 이지국면에서 국가대표의 경우 평균 $3.38 \pm 3.36 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표의 경우 평균 $1.33 \pm 0.05 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 경우 평균 $6.61 \pm 8.55 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주 대표의 경우 평균 $0.49 \pm 2.47 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타난 바, 국가대표와 제주 대표의 경우 모두 스타팅 블록에서부터 체공국면을 거쳐 입수까지 점차 증가하는 양상을 보였으나, 제주 대표의 경우는 국가 대표급의 선수에 비해 전후방향의 속도에서 훨씬 더 느린 속도를 보였다. 이러한 결과는 $F' = 12.08$, $DF(2,2)$, $P > F' = 0.1529$ 로서 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았으나 제주 대표의 경우 스타팅 하는 과정에서 추진력에 문제가 있음을 알 수 있다.

한편 수직방향에서의 속도변화는 국가대표급의 발뒤꿈치 이지국면에서 평균 $-0.08 \pm 0.69 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표급의 평균 $0.43 \pm 0.52 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 발앞꿈치이지국면에서 국가대표급의 평균 $0.96 \pm 0.14 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표의 평균 $1.14 \pm 0.25 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 평균 $-3.63 \pm 4.96 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표의 평균 $-0.74 \pm 0.23 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 즉 모든 국면에서 국가대표에 비해 제주대표의 경우 수직으로의 지나친 힘을 더 발휘한 것으로 나타난 바, 제주 대표급 선수들의 스타팅 자세에서 수직방향과 전후 방향으로의 힘의 안배에서 문제가 있는 것으로 드러난바, 힘의 균형을 이루는 연습이 필요한 것으로 사료된다.

수직과 전후 방향에서 각 국면별 두 집단의 차이를 검증한 결과 발 앞꿈치 이지국면에서 전후방향으로 속도의 차이는 $F' = 4027.01$, $DF(2,2)$, $P > .001$ 수준에서 유의한 차이를 보여 국가 대표급 수준의 경우가 제주 대표의 경우보다 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 체공국면에서부터 입수까지 수직속도의 경우 $F' = 444.59$, $DF(2,2)$, $P > F' 0.005$ 수준에서 유의한 차이를 보인 바, 제주 대표의 경우 전후방향과 수직방향의 힘을 적절히 잘 안배를 하지 못한 것으로 사료된다.



〈그림-3〉 Mean C.O.G. velocity curve pattern from Heel-takeoff to entry national representative level in Grab starting technique



<그림-4> Mean C.O.G. velocity curve pattern from Heel-takeoff to entry Cheju' representative level in Grab starting technique.

<표-6> Mean C.O.G. velocity of 2 groups from Heel-takeoff to entry in Grab starting technique (unit: m/sec)

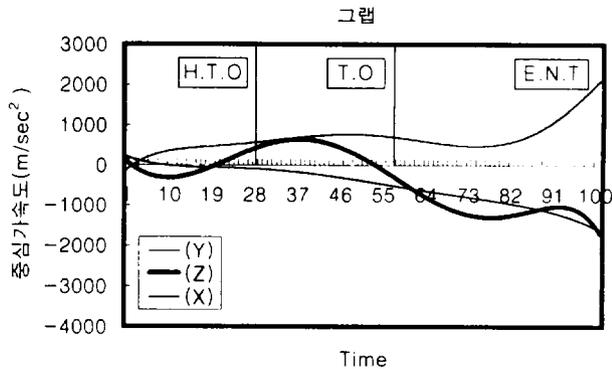
Phases		Heel-Takeoff	Toe-Takeoff	Entry
Subj.	X			
	Y			
	Z			
N.K.C	X	-0.86	-3.14	-14.10
	Y	2.18	7.26	16.46
	Z	-0.88	0.80	-9.35
H.S.D.	X	0.39	0.58	-0.49
	Y	0.70	1.38	2.22
	Z	0.30	1.01	-0.90
L.D.S	X	0.24	0.56	-0.20
	Y	0.96	1.51	1.15
	Z	0.34	1.07	-0.63
Mean ±SD	X	-0.087±0.68	-0.67±2.14	-4.93±7.94
	Y	1.28±0.79	3.38±3.36	6.61±8.55
	Z	-0.08±0.69	0.96±0.14	-3.63±4.96
H.K.E.	X	0.33	0.77	-0.79
	Y	0.72	1.27	-1.68
	Z	0.04	1.01	-0.85
K.H.T.	X	0.48	0.74	-1.81
	Y	0.12	1.37	3.18
	Z	1.02	1.42	-0.90
K.C.H.	X	0.30	0.48	-0.03
	Y	1.07	1.35	1.4
	Z	0.22	0.98	-0.47
Mean ±SD	X	0.37±0.10	0.66±0.16	-0.88±0.89
	Y	0.64±0.48	1.33±0.05	0.49±2.47
	Z	0.43±0.52	1.14±0.25	-0.74±0.23

4. 가속도

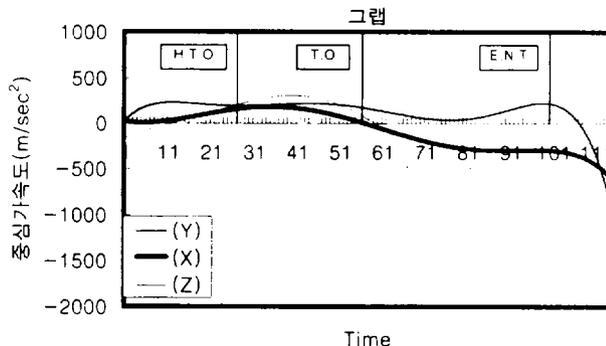
스타팅 블록에서 뒤꿈치 이지에서 입수까지 X(좌우방향), Y(전후방향), Z(수직방향)으로의 신체중심의 가속도변화의 곡선은 <그림-5 : 국가대표급>와 <그림-6 : 제주대표급>과 같고, 각 국면별 평균 가속도의 변화율은 <표-7>과 같다.

<그림-5> 및 <그림-6>에서 보면 전반적인 변화의 양상은 국가대표급의 경우 발앞꿈치 이지에서 입수(TO- ENT) 국면인 체공국면에서 전후방향의 가속도가 입수지점까지 계속 증가하는 반면 제주 대표의 경우는 체공국면에서 약간 증가 및 감소하는 현상을 보였다.

수직방향에서의 국가대표급의 경우 발 뒤꿈치가 이지하는 순간부터 발 앞꿈치가 이지하는 국면까지 증가하는 양상을 보였으나 체공국면에서는 현저히 감소하는 양상을 보였다. 반면 제주 대표의 경우 모든 국면에서 거의 큰 변화와 특징이 없음을 알 수 있다.



<그림-5> Mean C.O.G. acceleration curve pattern from Heel-takeoff to entry national representative level in Grab starting technique.



<그림-6> Mean C.O.G. acceleration curve pattern from Heel-takeoff to entry Cheju' representative level in Grab starting technique.

전후방향에서 각 국면별 가속도의 변화를 보면 발 뒤꿈치 이지국면에서 국가대표의 경우 평균 $6.16 \pm 7.79 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, 제주대표의 평균 $2.27 \pm 2.57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, 발 앞꿈치 이지국면에서 국가대표급의

평균 $8.41 \pm 17.38 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 제주대표의 평균 $1.43 \pm 1.88 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 평균 $3.37 \pm 0.57 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 제주 대표의 평균 $-9.57 \pm 18.00 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 로 각각 나타났다. 전후방향의 이러한 결과를 볼 때 모든 국면에서 국가 대표급의 경우가 제주 대표급의 경우보다 전후 방향에서 힘의 발휘 면에서 훨씬 뒤짐을 알 수 있다.

수직방향의 경우 각 국면별 가속도의 변화를 보면 발 뒤꿈치 이지국면에서 국가 대표급의 경우 평균 $3.37 \pm 0.57 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 제주 대표의 경우 평균 $13.44 \pm 18.93 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 발 앞꿈치 이지 국면에서 국가대표급의 경우 평균 $-7.65 \pm 9.18 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 제주 대표의 경우 평균 $-1.54 \pm 5.88 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 체공국면에서 입수까지의 경우 국가대표급의 경우 평균 $-17.63 \pm 45.25 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 제주의 경우 평균 $0.97 \pm 6.70 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 로 각각 나타난바, 국가대표급에 의해 제주대표의 경우가 수직방향으로의 필요이상의 힘을 발휘하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 $F' = 81.11$, $DF(2,2)$, $P > F' = 0.05$ 수준에서 유의한 차이를 보였다.

따라서 가속도의 경우를 종합하면 제주 대표의 겨우 국가 대표급의 경우에 비하여 필요이상의 수직력을 발휘한 것으로 나타났고, 반면 전후방향의 추진력을 적절히 발휘하지 못한 것으로 나타난 바, 스타팅 블록에서 출발 연습시 수평 및 수직의 힘을 적절히 배분하게 될 때 체공으로의 시간과 힘을 감소시키고, 추진방향으로 힘을 더 가중시키는 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

<표-7> Mean C.O.G. acceleration of 2 groups from Heel-takeoff to entry in Grab starting technique.
(unit: m/sec^2)

Subj.	Phases	Heel-Takeoff	Toe-Takeoff	Entry
N.K.C	X	-14.16	-53.23	-77.99
	Y	15.13	28.40	29.74
	Z	3.06	-17.30	-67.11
H.S.D	X	0.07	6.35	4.26
	Y	2.29	-3.14	21.66
	Z	3.02	0.98	-6.25
L.D.S	X	2.00	-3.09	-0.20
	Y	1.07	-0.02	16.56
	Z	40.20	-6.64	-7.45
Mean ±SD	X	-4.03 ± 8.83	-16.66 ± 32.02	-24.64 ± 46.26
	Y	6.16 ± 7.79	8.41 ± 17.38	3.37 ± 0.57
	Z	3.37 ± 0.57	-7.65 ± 9.18	-17.63 ± 45.25
H.K.E.	X	2.30	-0.39	-1.21
	Y	0.20	1.90	-16.14
	Z	1.65	2.69	-3.04
K.H.T.	X	2.46	2.90	-2.72
	Y	5.15	3.04	10.79
	Z	35.27	0.94	-2.76
K.C.H.	X	0.17	-5.75	34.91
	Y	1.46	-0.64	-23.37
	Z	3.40	-8.25	8.70
Mean ±SD	X	1.64 ± 1.28	-1.08 ± 4.37	10.3 ± 21.30
	Y	2.27 ± 2.57	1.43 ± 1.88	-9.57 ± 18
	Z	13.44 ± 18.93	-1.54 ± 5.88	0.97 ± 6.70

5. 각변위

각변위의 경우 무릎관절과 고관절의 변화를 뒤꿈치 이지국면에서부터 입수까지 분석하였으며, 전반적인 변화 양상은 <그림-7: 국가대표급> 및 <그림-8: 제주대표급>과 같으며, 각 국면별 변화에 대한 분석결과는 <표-8>과 같다.

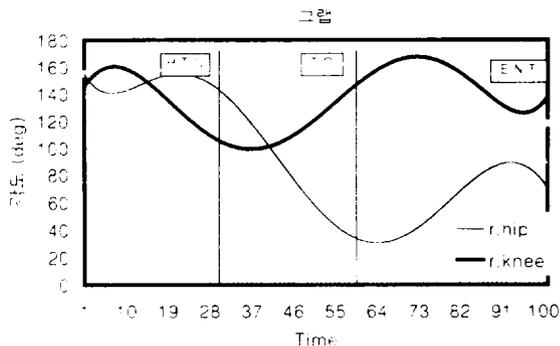
<그림-7>의 국가대표급의 무릎관절과 고관절의 변화양상은 처음 발 뒤꿈치 이지국면에서부터 발 앞꿈치 이지국면 중간까지는 다소 신전이 된 상태로 시작하여 앞꿈치 이지국면 중간부터 두 관절이 상반적으로 무릎의 경우는 급격하게 신전된 상태를 유지하다가 입수직전에 다소 굴곡된 변화를 보였으나, 고관절의 경우는 체공자세에서 앞발이지국면 중간부터 급속히 굴곡하는 양상을 보인 후 입수직전에 다시 약간 신전되는 자세를 보였다.

<그림-8>의 경우 제주 대표급의 경우 무릎과 고관절의 각도변화양상으로서, 발뒤꿈치 국면에서는 거의 신전된 자세를 유지하였으나, 그 후부터 고관절의 경우 급속하게 굴곡하는 양상을 보인 후 입수직전에 약간의 신전된 자세를 유지하였다. 무릎의 경우 발 뒤꿈치 이지국면이후 입수까지 점차적으로 신전된 자세를 유지한 채 입수하는 양상을 보였다.

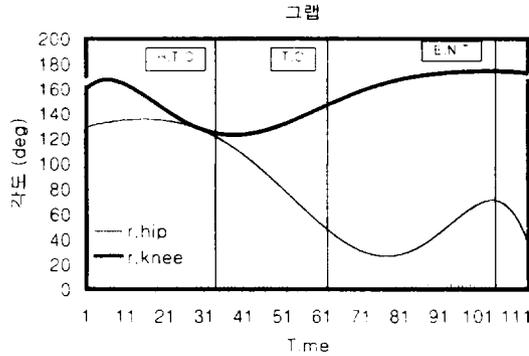
이러한 결과를 볼 때 두 팀에서 전반적인 변화 양상은 비슷한 것으로 나타났으나, 국가 대표의 경우는 무릎과 고관절의 상반된 신전굴곡이 뚜렷한 반면, 제주 대표의 경우는 다소 약한 상반자세를 보였다.

이러한 변화의 결과는 <표-8>에서 알 수 있으며, 무릎의 경우 국면별 분석하면 발 뒤꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균 111.33 ± 25.12 도, 제주 대표급이 평균 117.93 ± 9.14 도, 발앞꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균 158.47 ± 10.99 도, 제주대표가 평균 146.83 ± 25.39 도, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 경우 평균 137.2 ± 53.40 도, 제주대표의 경우 평균 163.00 ± 12.29 도를 각각 유지하였다. 이러한 결과는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못한 것으로 나타났다.

고관절의 경우 국면별 분석하면 발 뒤꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균 139.50 ± 12.41 도, 제주 대표급이 평균 119.07 ± 18.07 도, 발앞꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균 22.80 ± 6.16 도, 제주대표가 평균 46.70 ± 33.22 도, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 경우 평균 68.27 ± 42.23 도, 제주대표의 경우 평균 58.47 ± 27.98 도를 각각 유지하였다. 이러한 결과를 볼 때 발 앞꿈치 이지국면에서 $F = 29.10$, $DF(2,2)$, $P > F' = 0.05$ 수준에서 유의한 차이를 보였으며, 이는 국가대표급 수준의 경우는 고관절과 무릎관절의 뚜렷한 상반적인 양상을 보인 반면 제주대표의 경우는 국가대표급의 경우에 비하여 두 관절의 신전 및 굴곡현상이 뚜렷하지 못한 것임을 알 수 있다.



<그림-7> Mean angular displacement curve pattern from Heel-takeoff to entry national representative level in Grab starting technique.



〈그림-8〉 Mean angular displacement curve pattern from Heel-takeoff to entry Cheju' representative level in Grab starting technique.

〈표-8〉 Mean angular displacement of hip joint and knee joint of 2 groups from Heel-takeoff to entry in grab starting technique. (unit:deg)

Subj.	Phases	Heel-Takeoff	Toe-Takeoff	Entry
	L.D.S.	knee	82.80	160.80
	hip	150.40	18.90	28.80
N.K.C.	knee	130.10	146.50	160.60
	hip	126.00	29.90	63.20
H.S.D.	knee	121.10	168.10	76.10
	hip	142.10	19.60	112.80
Mean	knee	111.33±25.12	158.47±10.99	137.2±53.40
±SD	hip	139.5±12.41	22.8±6.16	68.27±42.23
H.K.E.	knee	125.80	117.60	171.40
	hip	134.30	78.60	48.80
K.H.T.	knee	120.10	159.50	168.70
	hip	123.80	49.20	90.00
K.C.H.	knee	107.90	163.40	148.90
	hip	99.10	12.30	36.60
Mean	knee	117.93±9.14	146.83±25.39	163±12.29
±SD	hip	119.07±18.07	46.7±33.22	58.47±27.98

6. 각속도

각속도의 경우 무릎관절과 고관절의 변화를 뒤꿈치 이지국면에서부터 입수까지 분석하였으며, 전반적인 변화 양상은 〈그림-9: 국가대표급〉 및 〈그림-10: 제주대표급〉과 같으며, 각 국면별 변화에 대한 분석결과는 〈표-9〉과 같다.

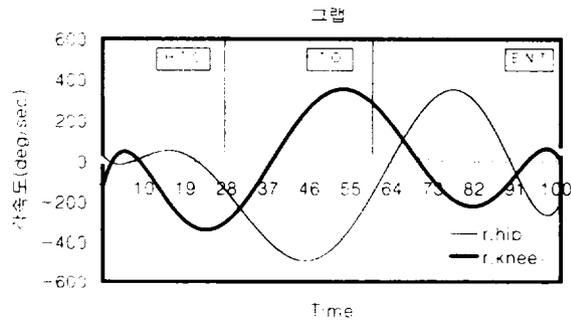
〈그림-9〉의 국가대표급의 무릎관절과 고관절의 각속도 변화양상은 처음 발 뒤꿈치 이지국면

국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석(류재청 · 신석중 · 김세민)

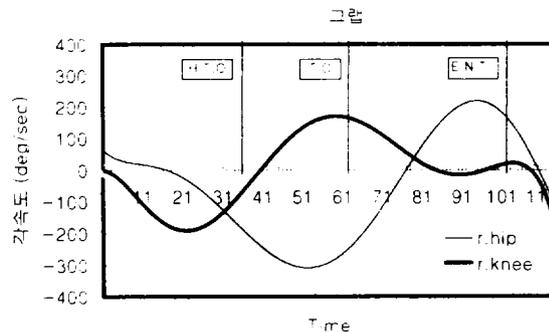
에서부터 발 앞꿈치 이지국면 중간까지는 서로 약산의 상반된 신전 및 굴곡속도를 보이다가 발 뒤꿈치 이지국면에서 발앞꿈치 이지국면까지 가장 큰 신전 및 굴곡속도를 보이다가 다시 체공 국면에서 입수까지 약한 상반된 신전 및 굴곡속도를 보였다. 두 집단에서 각속도의 변화 폭은 출발직전에 제주 대표급의 경우가 다소 큰 것으로 나타난 양상을 보였다.

이러한 결과를 분석한 결과는 <표-9>와 같으며, 무릎의 경우 각 국면별 분석을 하면 발뒤꿈치 이지국면에서 국가대표급이 평균 $-264.38 \pm 74.51 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주 대표의 경우 평균 $-137.13 \pm 40.25 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 앞꿈치 이지국면에서 국가대표의 평균 $218.27 \pm 339.70 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주 대표의 평균 $372.63 \pm 44.83 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 체공국면에서 입수까지 국가대표의 평균 $54.50 \pm 141.71 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표의 평균 $-105.40 \pm 10.79 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 타나났다. 이러한 결과는 앞꿈치 이지국면에서 $F' = 57.42$, $DF(2,2)$, $P > F' = 0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 제주대표가 국가대표급보다 앞발 이지국면에서 무릎 신전 속도가 다소 빠르게 진행한 것으로 사료된다.

고관절의 경우 각 국면별 분석하면 뒤꿈치 이지국면에서 국가대표급의 경우 평균 $-264.23 \pm 96.99 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표의 평균 $-198.27 \pm 92.98 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 앞꿈치 이지국면에서 국가대표의 평균 $-211.9 \pm 170.93 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표의 평균 $-289.73 \pm 80.96 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 체공국면에서 입수까지 국면에서 국가대표가 평균 $-225.43 \pm 235.18 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 제주대표의 평균 $-70.73 \pm 53.09 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 이러한 결과를 두고 볼 때 고관절의 경우 국가대표급과 제주 대표급간의 각속도에서 각 국면별로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.



<그림-9> Mean angular velocity curve pattern from Heel-takeoff to entry national representative level in Grab starting technique.



<그림-10> Mean angular velocity curve pattern from Heel-takeoff to entry Cheju' representative level in Grab starting technique.

<표-9> Mean angular velocity between hip joint and knee joint of 2 groups from Heel-takeoff to entry in Grab starting technique. (unit: deg/sec)

Subj.	Phases	Heel-Takeoff	Toe-Takeoff	Entry
	L.D.S.	knee	-332.20	478.60
	hip	-144.10	-405.30	-67.40
N.K.C.	knee	-184.80	-166.00	-89.50
	hip	-257.80	-81.10	-495.70
H.S.D.	knee	-277.50	342.20	193.80
	hip	-337.10	-149.30	-113.20
Mean	knee	-264.38±74.51	218.27±339.70	54.50±141.71
±SD	hip	-246.23±96.99	-211.90±170.93	-225.43±235.18
H.K.E.	knee	-183.10	352.50	-101.00
	hip	-91.60	-327.40	-32.80
K.H.T.	knee	-108.20	424.00	-97.50
	hip	-262.20	-345.00	-131.40
K.C.H.	knee	-120.10	341.40	-117.70
	hip	-241.00	-196.80	-48.00
Mean	knee	-137.13±40.25	372.63±44.83	-105.4±10.79
±SD	hip	-198.27±92.98	-289.73±80.96	-70.73±53.09

IV. 결 론

본 연구는 경영종목에서 국가대표급과 제주 대표급 수영선수들의 그랩스타트 자세를 분석하기 위해 각 3명씩 총 6명의 엘리트 선수들을 대상으로 영상분석을 하여 나온 결과를 토대로 내린 결과는 다음과 같다.

1. 시간변인

국가 대표급에 비해 제주 대표급선수들이 공중국면을 제외한 스타팅 블록을 떠나는 발뒤꿈치 국면이지와 발앞꿈치 이지국면에서 더 많은 시간을 지체한 것으로 나타났다($F' = 180.26$ DF(2,2) $P<F' = 0.01$)

2. 변위(X, Y, Z)

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

3. 속도 및 가속도

수직과 수평방향(전후 방향)에서 발 앞꿈치 이지국면에서 전후방향으로 속도의 차이는 국가

국가 대표급과 제주도 고교 대표급 수영선수들의 그랩 스타트의 운동학적 분석(류재청·신석종·김세민)

대표급의 경우가 제주 대표의 경우보다 훨씬 더 빠른 것으로 나타났고($F' = 4027.01$, $DF(2,2)$, $P > F' 0.001$), 체공국면에서부터 입수까지 수직속도의 경우 제주 대표급 선수가 훨씬 더 빠른 것으로 나타난 바($F' = 444.59$, $DF(2,2)$, $P > F' 0.005$), 각 국면별 제주 선수들의 수평 및 수직방향으로 속도조절을 적절히 하지 못한 것으로 나타났다. 즉 제주선수의 수직 및 수평방향의 힘 안배노력이 필요하다.

4. 각변위 및 각속도

각 변위에서 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 나타났다($F = 29.10$, $DF(2,2)$, $P > F' = 0.05$).

각속도의 경우 제주대표가 국가대표급보다 앞발 이지국면에서 무릎 신전 속도가 다소 빠르게 진행한 것으로 나타났다. ($F' = 57.42$, $DF(2,2)$, $P > F' = 0.05$)

이상의 결과를 종합하면 제주 대표급 선수의 경우 스타팅 블록에서 더 많은 시간을 소요하는 것으로 나타났고, 변위를 볼 때 수평방향보다 수직방향으로의 시체중심변위가 더 많았고, 속도와 가속도의 경우 역시 수평보다는 수직속도와 가속도에 치중을 하므로서 결국 추진력을 전진방향보다는 수직으로 더 안배를 하므로서 결국은 시간, 변위, 속도, 및 가속도에서 효율적이지 못함을 알 수 있다. 따라서 훈련시 제주 선수들의 스타팅 블록에서의 출발자세를 위한 세밀한 지도가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 김연정 · 조병준 · 이민형.(1998). 수영에서 그랩과 트랙 스타트의 역학적 비교분석. 제36회 한국 체육학회 학술발표회.
- 나창섭.(1986). 자유형 경영시 Start에 대한 동작 분석.
- 허유미.(1996). 자유형출발동작 유형에 따른 운동학적변인의 비교분석.
- 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 conventioal 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 competitve 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,I11., 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., BALZPOPOULOS. V., CHATZINIKOLAOU. K., TSIRAKOS. D., and VASILADIS. I. (1992). Sex Differences in Kinematics and temporal Parameters of the Grab Start. Biomechanics and Mediclne in Swimming, Swimming Science VI.
- Lewis, S. (1980) Comparison of five swimming starting techniques. Swimming Techniue, 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