

수중장비 착용 이동시 힐 높이에 따른 보행의 운동학적 분석

김진현* · 윤상택 제주대학교

Kinematic Analysis of gait According to Heights of Shoses' Heel Loaded with SCUBA Equipment

Kim, Jin-Hyun* · Yoon, Sang-Teak Jeju National University

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate clinical materials for optimal height of the heel related with underwater activity and injury prevention by means of kinematic comparison · analysis of gait pattern according to subsidiaries' height of the heel in scuba diving. A subject Participated in the experiment was skilled male in scuba diving (experienced for over 3 years and dived over 500 times) and gait motion in every heights of heel was photographed by the 4 cameras for 3D analysis. Elapsed time was a bit delayed when he walked with over 4cm heel. And the best speed rate was with 2cm heel. Therefore optimal height of the heel moveable easily in rough diving was proved to be 2cm. For further reliable and detail conclusions, It was necessary to suggest results of comparison and analysis mixed materials combined cinematography with pattern of ground reaction force in the same experiment situation.

Key words: height of the heel, scuba diving, optimal height

* jinhyun0829@cheju.ac.kr

I. 서론

인간은 평생 동안 걸으며 생활한다고 해도 과언이 아닐 만큼 보행은 우리의 일상생활에 없어서는 안 될 부분이며, 모든 스포츠의 기본으로 그 동작 자체 하나만으로 가장 완전하고도 복잡한 운동이라 할 수 있다. 이러한 보행은 기본적인 이동의 기능과 운동의 기능을 동시에 수행하는데 보행을 수행함에 있어 잘못된 보행 동작은 우리의 인체에 질병을 야기 시킬 수 있다(Scott & Winter, 1990). 인체 생리학적, 역학적인 면에서 이러한 불균형은 세부적으로는 인체 모든 관절과 근육에 피로를 주며, 척추와 대뇌까지 전달되어 피로는 물론 장애나 병을 일으키는 직접적인 원인이 된다(Nigg, Boer & Fisher, 1995). 따라서 각종 피로를 유발하는 비정상적인 보행을 지양하고 정상적인 보행을 수행하기 위하여 보행에 영향을 미치는 여러 가지 요인에 대한 연구가 다양하고 폭넓게 이루어져 왔으며, 특히 삶의 질 향상을 위한 현대인들의 여가생활에 대한 관심이 높아지고 이러한 여가생활을 활용하는 방향으로 레저스포츠, 특히 잠수 활동(Scuba diving)을 즐기는 동호인의 수가 급증함에 따라 이러한 잠수 활동 시 일어나는 보행에 대한 연구도 꾸준히 이루어지고 있다.

그에 대한 연구의 일환으로 류재청, 김진현(2007)은 잠수장비 하중증가에 따른 보행자세의 비교분석에서 신체중심 위치변화는 하중이 0%Wt 일때 공중기 완료 직후 착지기가 시작될 때 진행 방향으로 신체중심이동이 함께 이루어진 반면, 그 외 하중의 경우 하지분절에 비해 신체중심의 위치이동이 더 지연되고 있는 것으로 나타났고, 신체중심 속도변화는 가벼운 하중인 0%Wt와 10%Wt의 경우와 무거운 하중인 25%Wt와 40%Wt로 분류 되었을 때 체중비 하중(Wt)이 25%이상 하중일 경우가 그 이하보다 비정상 보행을 초래한다고 보고했다.

즉 잠수장비를 착용한 채 이동시에 상해예방과 정상적인 보행자세의 유지를 위한 적절한 체중비 하중인 25%Wt(류재청, 김진현, 2007)의 경우에서 신체중심의 전후방향으로의 이동과 관련하여 신발의 힐 높이의 변인이 관련된다. 따라서 장비 착용 이동시 적정하중과 최적 힐 높이를 제시함으로써 안전한 수중활동은 물론 적정 힐 높이의 신발제작에 필요한 기초 자료를 제시하는 것이 필요하다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

잠수장비 착용 후 보행을 하였던 경험자로서 다이빙 경력이 3년 이상이면서 다이빙횟수가 500회 이상 되며 최근 1년간 하지의 상해 경력이 없는 연령 22세, 신장 173cm, 체중 63kg의 체격특성을 가진 대상자로서 신발 힐 높이에 따라 반복 보행을 실시하였다. 연구대상을 한명으로 한정된 것은 반복보행의 시기마다 편차가 없을 정도로 숙련이 된 다이버를 선정함으로써 반복보행시기 및 신발 힐 높이에 따른 개인간의 편차를 감소시키기 위한 것이었다(류재청 등, 2008).

2. 실험 및 분석장비

본 연구에서 사용된 실험 장비는 신발 힐 높이에 따른 보행자세를 알아보기 위한 영상촬영장비로 통제점틀(2m×2m×1m, Visol), 디지털캠코더 4대(60field/s, VX-2000, Sony), LED(8555, V-Teck), 조명등 4개와 촬영한 영상을 분석하기 영상분석시스템으로 Kwon3D Motion Analysis Package(ver3.016, Visol, 권영후)로 구성하였다.

3. 동작의 이벤트 및 국면

보행동작의 이벤트 및 분석국면은 다음과 같다.

1) 이벤트(event)

- R Toe Take-off :오른쪽 앞꿈치가 떨어지는 순간
- R Heel Touch-down :오른쪽 뒤꿈치가 닿는 순간
- R Toe Touch-down :오른쪽 앞꿈치가 닿는 순간
- R Heel Take-off :오른쪽 뒤꿈치가 떨어지는 순간
- R Toe Take-off :오른쪽 앞꿈치가 떨어지는 순간

2) 분석국면(phase)

- 공중기(swing) : 오른쪽 앞꿈치가 떨어지는 순간 부터 뒤꿈치가 닿는 순간까지(RTTO~RHTD)
- 착지기(stance) : 오른쪽 뒤꿈치가 닿는 순간부터 앞꿈치가 닿는 순간까지 (RHTD~RTTD)
- 지지기-1(supporting-1) : 오른쪽 앞꿈치가 닿는 순간부터 뒤꿈치가 떨어지는 순간까지(RTTD~RHIO)
- 지지기-2(supporting-2) : 오른쪽 뒤꿈치가 떨어지는 순간부터 앞꿈치가 떨어지는 순간까지 (RHIO~RTTO)

4. 실험절차

실내체육관에서 잠수장비 착용 후 신발 힐 높이에 따른 보행동작을 촬영하기 전에 좌우측에 각각 2대의 카메라를 보행이 이루어지는 동작이 완전히 포착될 수 있도록 설치하였으며, 각각의 조명등이 서로 마주보지 않게 배치한 후 공간좌표의 설정을 위하여 보행자세가 완전히 포함될 수 있는 범위에서 1분 동안 통제점들을 촬영한 다음 통제점들을 제거하고 영상분석시 활용할 자료를 얻기 위하여 랜드마크(landmark)을 부착한 실험대상자에게 해부학적 자세를 취하게 한 뒤 약 5초 동안 촬영하였다. 촬영속도는 60frame/sec로 하고 노출시간을 1/500

로 설정하였다.

실험대상자는 몸에 달라붙는 검은색 타이즈를 착용하게 한 후 인체 관절 23개 지점에 랜드마크를 부착시켰고, 보행동작의 촬영 전에 실험을 의식하지 않고 편안한 보행할 수 있도록 사전에 충분한 연습 후 신발 힐 높이에 따라 5회의 보행을 실시하였고 총25시기의 영상을 분석대상으로 선정하였다. 보행의 진행방향을 Y축, 진행방향의 좌우를 X축, 전후, 좌우방향이 대한 수직축을 Z축으로 설정하였다. 인체 모델은 총23개의 관절 점에 의한 17개의 신체분절로 연결된 강체시스템으로 정의하였다(류재청 등, 2007). 각 분절의 무게중심과 전체 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체 분절 매개변수(body segment parameters)는 Plagenhoef, S. C.등(1983)의 자료를 이용하였다.

5. 자료처리방법

본 연구에서 통제점과 인체중심의 좌표화를 위하여 Kwon3D(ver 3.016, 권영후)프로그램을 이용하여 디지털이징한 결과를 토대로 2차원 좌표 1쌍을 3차 스플라스인 함수로 0.01초 간격으로 보간하여 동조시켰고, DLT(Abdel-Aziz & Karara, 1971)방식으로 3차원 좌표를 산출하였다. 인위적인 오차와 기계적인 오차에서 의해 발생한 노이즈로 인한 오차를 제거하기 위하여 Butterworth의 2차 저역통과필터(low-pass filter)법을 이용하여 6Hz로 스무딩(smoothing) 하였다.

4대의 카메라로 얻어진 영상자료는 신발 힐 높이에 따라 5회씩 실시한 보행 중 가장 자연스러운 동작의 자료를 분석하였고, 산출된 운동학적 변인은 각 국면별 차이를 검증하기 위하여 SPSS12.0K for windows통계패키지를 이용하여 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 국면별 동작 소요시간

표 1. 힐 높이에 따른 국면별 평균소요 시간

(단위 : sec, %)

구분	공중기	착지기	지지기-1	지지기-2	총소요
맨발	0.35	0.1	0.4	0.18	1.03
1cm	0.37	0.12	0.41	0.18	1.08
2cm	0.32	0.12	0.43	0.17	1.03
3cm	0.33	0.08	0.43	0.2	1.05
4cm	0.4	0.08	0.5	0.13	1.12
M±SD	.35±.03 (33.02%)	0.1±.02 (9.43%)	0.44±.04 (41.51%)	0.17±.03 (16.04%)	1.06±.04 (100%)

수중장비 착용 이동시 힐 높이에 따른 보행의 국면별 소요시간은 <표 1>에서와 같이 평균소요시간 1.06±.04였고 지지기-1 0.44±.04, 공중기 0.35±.03, 지지기-2 0.17±.03, 착지기 0.1±.02순으로 나타났다. 신발 힐높이에 따른 소요시간을 총소요시간과 비교할 때 수중장비 착용 이동시 신발 힐 높이 3cm이하보다 신발 힐 높이 4cm 이상일 때의 소요시간이 지연된다고 사료된다.

2. 국면별 신체중심 위치 및 속도변화

1) 신체중심 위치변화

신발 힐 높이에 따른 신체중심위치는 <표 2>에서와 같이 모든 국면에서 유의한 차이를 보였다. 신발 힐 높이에 따른 공중기의 신체중심위치 평균값은 0cm인 경우 25.42, 1cm인 경우 25.86, 2cm인 경우 26.06, 3cm인 경우 24.62, 4cm인 경우 19.60이며, 착지기의 평균값은 0cm인 경우 25.28, 1cm인 경우 25.40, 2cm인 경우 26.71, 3cm인 경우 26.20, 4cm인 경우 20.30이다. 또한 지지기-1의 평균값은 0cm인 경우 24.39, 1cm인 경우 25.46, 2cm인 경우 26.24, 3cm인 경우 25.92, 4cm인 경우 21.11이었으며, 마지막으로 지지기-2에서의 평균값은 0cm인 경우 22.37, 1cm인 경우 24.40, 2cm인 경우 24.22, 3cm인 경우 23.35, 4cm인 경우 18.63으로 나타났으며, 각 국면의 평균값과 비교했을 때, 4cm의 평균값은 다른 3cm이하의 평균값에 비해 월등히 낮게 나타남을 볼 수 있다. 류재청, 김진현(2007)에서 신체중심의 위치변화가 클수록 진행방향으로의 신체중심이동이 함께 이루어지는 반면 그 위치변화가 낮을수록 신체중심의 위치이동이 더 지연되어 이루어진다고 나타난바, 4cm이상의 힐 높이에서는 그 이하의 힐 높이보다 비정상 보행을 초래할 수 있음을 시사했다.

표 2. 신발 힐 높이에 따른 신체중심위치 변화

(단위:cm)

구분	공중기	착지기	지지기-1	지지기-2
0cm	25.42±0.53	25.28±0.03	24.39±0.59	22.37±0.35
1cm	25.86±0.53	25.40±0.06	25.46±0.15	24.41±0.60
2cm	26.06±0.21	26.71±0.11	26.24±0.56	24.22±0.24
3cm	24.62±0.39	26.20±0.46	25.93±0.85	23.35±0.71
4cm	19.60±0.23	20.30±0.39	21.11±0.74	18.63±0.40
M±SD	24.16±2.55	24.97±2.21	24.52±2.06	22.81±2.01
P	.000*	.000*	.000*	.000*

*p>.05

2) 신체중심 속도변화

신발 힐 높이에 따른 신체중심위치는 <표 3>에 서와 같이 지지가-1, 지지가-2에서 유의한 차이를 보였다. 지지가-1에서의 신체중심 속도변화 평균값 은 0cm인 경우 129.11, 1cm인 경우 118.98, 2cm인 경우 123.25, 3cm인 경우 118.07, 4cm인 경우 118.97이며, 지지가-2에서의 평균값은 0cm인 경우 138.12, 1cm인 경우 132.98, 2cm인 경우 130.23, 3cm인 경우 124.52, 4cm인 경우 128.20으로 나타났 다. 각 국면의 평균값과 힐 높이에 따른 평균값을 비교하면 <그림 2>에서와 같이 지지가-1에서 3cm 이상 일 때의 평균 118.52cm/sec 보다 2cm 이하 일 때의 평균 123.78cm/sec이 평균 5.26cm/sec 더 빠른 것으로 나타났고, 지지가-2에서도 3cm 이상 일 때의 평균 126.36cm/sec 보다 2cm 이하 일 때 의 평균 133.78cm/sec이 평균 7.42cm/sec 더 빠른 것으로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 중심속도에 대한 영향은 힐 높이 2cm이하와 힐 높이 3cm이상 으로 분류되어지는 바, 3cm이상의 힐 높이가 2cm 이하의 힐 높이보다 비정상적인 보행을 초래할 것 으로 사료된다.

에 미치는 영향을 운동학적으로 비교분석하여 잠수 활동에 가장 적합한 힐 높이에 대한 기초 자료를 제시한다. 이를 위해 3차원 영상분석으로 도출된 결론은 다음과 같다.

1) 신발 힐높이에 따른 평균 소요시간은 1.06 ± 0.04 였고 지지가-1>공중기>지지가-2>착지기 순으로 나 타났고 신발 힐 높이에 따른 소요시간은 신발 힐 높이 4cm 이상일 때가 더 지연되었다.

2) 진행방향에 대한 신체중심의 위치변화는 신발 힐 높이가 4cm이상일 경우가 3cm 이하일 경우보다 확연히 낮아 신체중심의 위치이동이 더 지연되게 나타났으며, 신체중심의 속도변화는 2cm 이하일 때 의 평균이 3cm 이상일 때의 평균값보다 더 빠른 것으로 나타나 2cm 이하일 때 보다 안정적인 보행 을 수행할 수 있었다.

위의 결과를 바탕으로 추후 동일한 상황에서의 운동역학적인 자세를 비교, 분석하여 나온 결과를 바탕으로 수중장비 착용 시 사용되는 신발의 제작 에 필요한 선행자료로 활용될 수 있는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결론

참고문헌

수중장비 착용 이동시 힐 높이에 따른 보행자세 류재청, 김진현(2007). 잠수장비 하중증가에 따른 보

표 3. 신발 힐 높이에 따른 신체중심속도 변화

(단위:cm/sec)

구분	공중기	착지기	지지기-1	지지기-2
맨발	109.24±14.99	108.04±6.66	129.11±8.97	138.12±6.13
1cm	104.81±10.85	114.22±11.80	118.98±7.20	132.98±11.83
2cm	109.52±7.12	112.03±8.18	123.25±7.29	130.23±11.58
3cm	104.96±8.86	111.88±4.80	118.07±5.57	124.52±7.78
4cm	102.13±7.71	116.77±1.35	118.97±5.94	128.20±9.48
M±SD	105.96±10.52	112.51±7.86	121.50±8.01	130.85±10.34
P	.081	.456	.000	.020

*p>.05

- 행자세의 비교분석. 한국체육회지, 46(4), 475-484.
- 류재청, 김진현(2008). 체중비(Wt%) 하중증가에 따른 수중보행자세의 비교분석. 한국체육학회지, 47(1), 421-433.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). Direct liner transformation from comparator into object space coordinates inclose-range photogram-metry. Proceeding of the Symposium on close-range Photogram-metry(1-18). Falls church, VA: American society of photogrammetry.
- Kwon, Y. H.(2004) KWON3D. Motion Analysis Package Ver 3.1.
- Plagenhoef, S. C, Evans, F. G., & Abdelnour, T.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. Research quarterly for Exercise and Sport, 54(2), 169-178.
- Nigg, De Boer, & Fisher. (1995). A kinematic comparison of overground and treadmill running. Medicine and Science in Sports and Exercise. 27(1), 98-105.
- Scott, S.H & Winter, D.A.(1990). Internal forces at chronic running injury sites. Medicine and Science in Sports and Exercise, 22(3), 357-369.

접 수 일 : 2008. 01. 30.

게재확정일 : 2009. 02. 06.