

석사학위 논문

잠수 플러터 킥에서 흰의 구조적 특성에
따른 운동학적 비교분석

지도교수 류 재 청



제주대학교 교육대학원

체육교육전공

안 우

2003년 8월

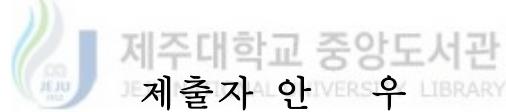
잠수 플러터 킥에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동학적 비교분석

지도교수 류 재 청

이 논문을 교육학석사학위논문으로 제출함.

2003년 6월 일

제주대학교 교육대학원 체육교육전공



안 우의 교육학 석사학위논문을 인준함.

2003년 7월 일

심사위원장 인

심 사 위 원 인

심 사 위 원 인

<국문초록>

잠수 플러터 킥에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동효과의 비교분석

안 우

제주대학교 교육대학원 체육교육전공
지도교수 류 재 청

본 연구는 다양한 흰의 구조적 특성에 따른 흰이 발휘한 운동효과를 검증하여, 추후 각 개인의 능력과 용도에 따라서 선별적으로 선택하여 활용할 경우 건강운동 및 레저, 엘리트 선수의 전문체력강화 용도로 사용할 수 있도록 운동강도의 검증을 하는 데 그 목적이 있다.

흰은 풀푸트형, 제트흰형, 스트랩형, 스플릿형의 4가지 종류로 플러터 킥 방법을 실시하였으며, 촬영장비로는 SONY사의 DCR VX-1000 비디오 카메라에 Amphibico VH-1000 비디오 하우징을 장착한 수중비디오(2대)와 통제점 틀(Calibratio frame), 영상분석 및 자료처리 장비에는 비디오 디지털이징, 컴퓨터, 분석용 KWON3D 2.1프로그램 등이다. 자료처리 및 분석은 소요시간 변인, 신체중심 및 흰의 중심변인과 흰의 각위, 가속도 변인은 국면별 및 흰의 유형별 기본 통계량인 평균±표준편차와 국면별 백분율(%)와 흰의 구조적 특성에 따른 변인간의 단순상관(Pearson)분석을 하였다.

이상과 같은 연구방법 및 분석결과를 토대로 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 활주기에서 추진력을 발생하여 활주하는 데 소요시간은 유형Ⅳ<유형Ⅱ<유형Ⅲ<유형Ⅰ의 순으로 나타났다.

※ 본 논문은 2003년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

둘째, 선운동학 변인에서 4가지 흰으로 킥을 한 결과, 운동 강도면이나 신체중심의 속도면에서 유형Ⅳ가 가장 적합한 것으로, 흰 중심의 속도만 고려할 경우에는 보강운동과 강화훈련용으로는 유형Ⅳ와 유형Ⅲ, 레저용으로는 유형Ⅰ과 유형Ⅱ가 적합한 것으로 나타났다.

셋째, 각운동학 변인에서 오른발 흰 킥시 저축굴곡의 정도는 유형Ⅲ과 유형Ⅳ의 경우가 더 강력한 추진력을 발휘함으로써 운동량에 더 큰 영향을 미쳤으며, 활주기에 미친 각속도의 크기는 유형Ⅱ와 유형Ⅲ, 유형Ⅳ의 경우가 유형Ⅰ에 비하여 큰 각속도를 보였다.

넷째, 흰의 각 유형별 변인간의 상관관계를 정리하면, 유형Ⅰ은 흰의 각속도의 크기가, 유형Ⅱ는 회복기 및 추진기에서, 유형Ⅲ은 흰의 각속도 및 저축 굴곡각위가 신체중심의 운동량을 결정하는 요인으로 크게 작용하였고, 유형Ⅳ는 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 것으로 나타났다.

분석 결과를 종합하면 수중에서 흰의 유형에 따라 운동량이 미치는 효과는 그 차이를 보였는데, 그 결과 흰 중심의 추진방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 강화 훈련용으로는 유형Ⅳ와 Ⅲ, 보강운동용으로는 유형Ⅱ, 레저용으로는 유형Ⅰ이 적합한 것으로 나타났다.

따라서 이의 결과를 토대로 추후 연구에서는 각각 특성이 다른 흰을 대상으로 운동프로그램을 장기간에 걸쳐 처방하였을 때 나타나는 생리적 효과를 검증함으로써 더 확실한 유형별 운동의 효과를 검증할 수 있을 것으로 사료된다.

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	2
3. 연구의 문제	3
4. 용어의 정의	3
5. 연구의 제한점	6
II. 이론적 배경	7
1. 환의 구조적 특성에 의한 분류	7
2. 수중에서 작용하는 힘의 역학	10
3. 수중운동의 선행연구	19
III. 연구방법	23
1. 환의 구조적 특성분류	23
2. 실험 및 분석장비	23
3. 실험절차	25
4. 인체모델 및 신체분절자료(BSP)	28
5. 자료분석	29
6. 연구변인산출	31
7. 자료처리	33
IV. 연구결과	34
1. 시간변인	34
2. 선 운동학 변인	36
3. 각 운동학 변인	43
4. 환 유형에 따른 운동효과 변인간 상관	53



V. 논의	57
1. 시간변인	57
2. 선 운동학 변인	58
3. 각 운동학 변인	61
4. 흰 유형에 따른 운동효과 변인간 상관	63
VI. 결론 및 제언	65
1. 결론	65
2. 제언	67
참고문헌	68
<Abstract>	71



표 목차

<표 3-1> 흰의 특성	23
<표 3-2> 관절점과 디지털타이징 순서	28
<표 3-3> 인체측정자료	28
<표 4-1> 흰 특성에 따른 각 국면별 평균 소요시간	34
<표 4-2> 흰 특성에 따른 각 방향(X,Y,Z)에서 국면별 평균 신체 중심의 속도	37
<표 4-3> 흰 특성에 따른 각 방향(X,Y,Z)에서 국면별 평균 오른쪽 흰 중심속도	39
<표 4-4> 흰 특성에 따른 각 방향(X,Y,Z)에서 국면별 평균 왼쪽 흰 중심속도	41
<표 4-5> 국면별 흰의 평균 저측상대 굴곡각도	44
<표 4-6> 국면별 흰의 평균 각속도	47
<표 4-7> 흰 유형에 따른 운동효과 변인간 상관	54

그림 목차

<그림 3-1> 실험장면	26
<그림 3-2> 실험과정 및 연구과정	27
<그림 3-3> 인체분석모형과 디지털타이징 순서	30
<그림 4-1> 흰 특성에 따른 소요시간 변인	35
<그림 4-2> 흰 특성에 따른 국면별 평균 신체 중심 속도	38
<그림 4-3> 흰 특성에 따른 오른쪽 흰 중심 속도	40
<그림 4-4> 흰 특성에 따른 왼쪽 흰 중심 속도	42
<그림 4-5> 하지관절에서의 국면별 상대 굴곡 각도	44
<그림 4-6> 국면별 흰의 오른쪽, 왼쪽 평균 각속도	48

I. 서론

1. 연구의 필요성

현대인들이 선호하는 여가활동 영역은 레저스포츠를 겸한 참여형 관광활동으로서 현대관광의 경향이 종전의 수동적이고 정적인 관광에서 탈피하여 능동적으로 참여하는 관광의 형태로 변화되고 있고, 특히 3면이 해양인 우리 나라의 경우 해양관광 레포츠의 일환인 수중레저스포츠 관광 인구도 급증되어 보편화된 실정이며, 이러한 추세에서 보다 안전한 참여형 수중관광으로 건강과 생활 만족도를 향상시킬 수 있는 대책이 필요하다. 또한 수중에서의 운동은 물의 부력, 유체저항, 수심, 체류시간, 압력의 개념을 이용할 수 있기 때문에 성인병(비만, 당뇨, 고혈압)을 운동요법이 나 정형외과적 수술 후나 운동선수들의 상해에 대한 회복에 광범위하게 활용되고 있으며, 그 효과가 매우 크다는 것은 널리 알려진 사실이다. 즉 지금까지 수중활동과 관련하여 건강, 특정 수심에서 압축된 공기를 흡입하므로 인해서 운동수행능력에 영향을 주는 기전을 규명하고, 정신적 및 물리적 능력의 결합을 정량화 하려는 많은 연구(Shilling과 Wildgrave, 1937; Case와 Halda, 1941; Bennett와 Glass, 1961; Kissing과 Mag, 1962; Frankenheuser 등, 1963; Adolfson, 1964; Dickson 등, 1971; Adolfson 등, 1972; Fowler와 Ackles, 1972; Fowler 1973; O'Reilly (1974, 1977; Hesser 등, 1978; Jones 등, 1979; Fowler 등, 1985; Hamilton, 1995; Mekjavi, 1995; Sledkov, 1996)와 수중 활동으로 인한 유·무산소성 운동능력의 변화와 관련한 연구(고대오, 2000; 이, 1999; 류, 2002a, 2002b)등이 보고되었다.

위의 선행연구의 결과는 잠수활동의 결과로 나타나는 신체의 변화현상 및 건강상태 개선을 위한 연구들로서, 수중에서 다양한 신체활동을 위해 극복해야하는 유체저항과 이에 따른 추진력 사이의 상호작용효과로 운동효과 및 건강을 위한 생활체육으로 자리를 잡아가고 있다.

이러한 수중활동에 대한 신체적 운동효과와 체력강화에 바람직한 결과를 준다는 정량적 연구결과로 현재 수중레저 활동 동호인의 수는 전국적으로 약 80만명에 이

르고, 매년 증가율은 30%이상의 증가추세를 보이고 있다(SSI Korea,2002).

이러한 생활체육의 종목인 수중활동의 이동수단은 오직 양 하지의 근력에 의한
흰의 킥에 의해 이루어진다. 장비와 해양상태에 따른 저항력을 극복하고 앞으로 추
진하는 도구는 흰(fin)에 의존한다. 수중에서 추진과정에 발생하는 힘은 부력, 추진
력, 항력과 하지의 근육군이 발휘하는 근력과 지구력을 들 수 있으며, 이의 영향은
결국 추진 수단인 흰의 구조적 특성에 따라서 운동의 강도-운동의 효과는 달라질
수 있다.

수중에서 개개인이 자신의 근육군을 통제할 흰의 능률적이고 효율적 사용을 위해
근력과 지구력에 적합한 흰의 구조적 특성을 고려하여야 하며(A. J. Bachrach and
G. H. Egstrom, 1987), 수중에서 추진하는데 발생하는 유체저항을 감당할 능력(근
력, 흰의 구조적 특성)을 고려하여 적합한 흰을 착용하지 않고 무리하게 흰 킥을
할 경우 신전된 발목관절 부위의 인대의 손상은 물론 발목의 기형적 변화를 초래할
수 있다.

따라서 수중레저활동에서 유일한 이동수단이 되는 흰의 구조적 특성은 각 개인의
능력과 용도에 따라서 선별적으로 선택하여 활용할 경우 건강운동 및 레저, 엘리트
선수의 전문체력강화 용도로 사용할 수 있다. 이를 위해 흰의 구조적 특성에 따
른 운동효과를 정량화된 역학적 자료를 제시할 필요가 있다.

2. 연구의 목적

건강·레저활동을 인한 생리적 변화와 관련된 선행연구는 많지만 하드웨어적인
수중에서 인체를 추진하게 하는 흰의 구조적 영향으로 인한 운동강도와 효과측면을
다룬 연구는 없는 실정이다. 즉 자신의 에너지 발산 능력과 관련하여 흰의 구조와
특성에 따라 하지근군의 근지구성, 수중유영동안 호흡저항으로 인한 전신지구성, 하
지 근육군의 강화를 통한 전문 체력향상, 건강은 물론 재활의 효과를 향상시킬 수
있는 기능을 하기 때문에 흰 킥시 자신의 능력, 강도 및 수중활동 목적에 따른 흰
의 분류가 필요하다.

즉 운동효과에 직접적인 영향을 주는 흰의 특성과 관련하여 운동효과 및 강도의

분석을 통한 검증한 연구는 없으며, 각각 개인의 목적에 적합한 흰을 사용하므로서 각종 수중활동 목적의 효과에 효율성을 높일 수 있는 계기가 될 수 있다.

따라서 본 연구는 다양한 흰의 구조적 특성에 따라 흰이 발휘한 운동효과를 검증하여, 추후 각 개인의 능력과 용도에 따라서 선별적으로 선택하여 활용할 경우 건강운동 및 레저, 엘리트 선수의 전문체력강화 용도로 사용할 수 있는 운동강도의 검증을 하는 것이다.

3. 연구의 문제

본 연구의 목적을 달성하기 위해 흰을 구조적 특성에 따라 분류한 후 다음과 같은 연구문제를 설정하고자 한다.

- 1) 흰의 유형에 따른 국면별 시간변인을 분석한다.
- 2) 흰의 유형에 따른 국면별 선운동학적 변인을 분석한다.
- 3) 흰의 유형에 따른 국면별 각운동학적 변인을 분석한다.
- 4) 흰의 구조적 특성에 따른 운동효과 변인간의 상관분석을 한다.
- 5) 흰의 구조적 특성(길이, 형태, 재질)에 따른 용도를 분류(건강운동, 레저, 엘리트 선수의 전문체력강화)한다.

4. 용어의 정의

1) 플러터 킥(flutter kick)

수중에서 추진 방법으로 주로 많이 사용되며, 주 에너지원은 대퇴골·신근의 협응에 의한다. 역학적 입장에서 추진력의 효율성을 높일 수 있는 킥 방법은 고관절을 축으로 무릎과 발목의 관절을 신전시킨 상태나 또는 유체속에서 이러한 자세가 불가능할 경우에는 무릎을 약간 구부려 발목을 느슨하게 한 채로 추진하는 발의 경우와 발목을 신전시킨 상태에서 수직방향으로 늘어주는 듯한 느낌으로 킥을 하며, 양 하지의 운동이 리드미컬하고 부드럽게 이루어지도록 하는 방법이다.

2) 탄성력(elastic force)

휨에 가해진 힘에 의해 휨의 중심선에서 굴곡된 정도에 가해진 힘을 말한다.

3) 복원율(restitutive force)

굴곡된 정도에서 원상태로 되돌아오는 힘을 말한다.

4) 추진 효율성(propulsive efficiency)

$PE = P_d(\text{drag를 극복하려는 힘}) / \text{Power output} = P_d / (P_d + P_k)$, P_d (power to overcome drag) : 항력을 극복하려는 힘, P_k : 물에서 운동에너지를 발생시키는 데 사용된 힘 (Hollander 등, 1988)을 말한다.

5) 추진력(propulsive force)

질량 m 인 물체가 유체(기체, 물)를 지날 때 받는 저항의 반대방향으로 나아가는 힘을 말한다.



6) 부력(buoyant force)

부력은 물체의 일부나 전체가 물속에 잠길 때 잠긴 부피만큼 물을 위로 밀어올리기 때문에 발생하는 힘이다. ($F_B = V \cdot d$, V = 물체의 잠긴 부위의 부피 또는 밀려난 물의 부피, d =물의 밀도).

7) 양력(lif force)

양력은 항력과 마찬가지로 물 속에서 일어나는 물체의 운동에 의해 발생하는 힘이지만 항력과 달리 운동 방향에 수직으로 작용한다는 차이가 있다.

양력의 크기(L)

$$L = 1/2 C_L \cdot d \cdot A \cdot V^2$$

(C_L = 양력 계수, d = 물의 밀도, A = 운동 방향에서 본 물체의 단면적, V = 물체의 물에 대한 상대속도)

8) 항력 (drag force)

항력은 양력과 더불어 물 속에서 움직이는 물체에만 작용하는 힘, 즉 물 속 운동에 의해 유발되는 힘이다. 항력과 양력의 차이는 힘이 가해지는 방향으로서, 항력은 운동의 반대 방향으로 작용하여 운동을 직접적으로 방해하는 반면, 양력은 운동 방향에 수직으로 작용하기 때문에 전진 운동에 직접적인 영향을 미치지 않는으나 간접적인 영향을 줄 수는 있다. 항력이 물체의 운동에 의해 발생하기 때문에 항력의 크기(D)는 운동 속도의 함수이다.

$$D = 1/2 C_D \cdot \rho \cdot A \cdot V^2$$

(C_D = 항력 계수, ρ = 물의 밀도, A = 운동 방향에서 본 물체의 단면적, V = 물체의 물에 대한 상대 속도)

9) 저항력(resistance force)

질량 m 인 물체가 유체(기체, 물)를 지날 때 받는 추진력의 반대방향으로 나아가는 힘을 말한다.



10) 횡단면적(crosssectional area)

질량 m 인 물체가 유체를 지날 때 받는 저항의 면적만큼 항력을 받게 되는 면적을 말한다.

11) 비중(specific gravity)

물체의 비중 < 1, 비중(specific gravity)은 물체의 무게를 같은 부피의 물의 무게로 나눈 것으로 물체의 비중이 1보다 작으면 물에 뜨며, 인체의 비중은 인체를 구성하는 체지방, 근육, 뼈 등의 조직들의 구성비에 따라 달라지는데, 체지방의 비중은 약 0.8 정도로 가장 낮고, 근육은 약 1.0, 뼈는 1.5-2.0 수준으로 가장 높다.

12) 전후경각(anterior-posterior tilting angle of body)

수중 수영시 추진방향에 대한 신체 수직축에 대한 중심선의 전후 기울림 각도를 말한다.

5. 연구의 제한점

- 1) 다양한 유형의 환에 동일한 추진력을 가할 수 있도록 피험자는 1인으로 선별하였다.
- 2) 환의 유형은 구조적 및 재질에 따라서 4가지 유형으로 제한하였다.



II. 이론적 배경

1. 흰의 구조적 특성에 의한 분류

1) 길이에 의한 분류(대중소)

일반적으로 흰의 길이는 대체로 세 가지로 나눌 수 있다. 대·중·소로 나눌 수 있는데, '대' 크기로 분류되는 특수 목적용 흰은 흰의 길이가 길면서 탄성도 크다. 이런 흰은 일반적인 스쿠버 잠수 목적에는 부적합하며, 스쿠버를 이용하지 않는 경기, 기록, 수중 사냥 등의 특수한 목적에 사용하는 것으로, 사용 중 발목에 상당한 힘이 집중되며, 특별히 이 흰에 적응하기 위하여 훈련을 많이 하여야 한다.

다음으로 '중' 크기와 '소' 크기의 흰들은 주로 스쿠버용으로 활용된다. 제품 크기가 같은 경우 '중' 크기의 흰은 '소' 크기의 흰보다 전체 길이나 판의 길이가 약 50 mm 정도가 더 크고, '중' 크기의 흰은 '소' 크기의 흰보다 흰의 강도가 다소 약하다. 굳이 이 두 크기의 흰의 용도를 나누자면, '중' 크기의 흰은 갑작스럽게 추진력을 필요로 하지 않아서 천천히 큰 추진력을 필요로 하는 물의 흐름이 적은 상황에 적당하며, '소' 크기의 흰은 일반적인 잠수용으로 활용되는 것으로, 갑작스럽게 큰 추진력을 필요로 하는 물의 흐름이 있는 대부분의 잠수 상황에 적합하다고 할 수 있다. 다시 말해 '중' 크기의 흰은 '편안한 흰' 이지만 '추진력이 큰 흰'은 아니다. 대부분의 조절끈형 흰은 '중' 크기의 흰이다.

크기가 '소'로 분류되는 신발형 흰과 스킨 전용 흰은 그 길이나 크기가 비슷하다. 그러나, 스킨 전용 흰의 탄성은 훨씬 작아 스쿠버 장비를 착용한 다이버가 추진력을 얻기에는 부족하므로 스쿠버에 활용하는 것은 바람직하지 않다(수중세계, 1999).

2) 재질에 의한 분류(대중소)

흔히 잠수에 사용하는 흰은 '과워가 강해야 한다'고 한다. 이 말은 흰은 추진력이 큰 것이 바람직하다는 말인 것 같다. 그러면 추진력이 큰 흰이라는 것은 과연 어떤

흰을 말하는 것일까? 흰의 길이가 길면 추진력이 더 클까? 자동차의 바퀴가 크다고 빨리 갈 수 있는 것은 아니다. 그러기 위해서는 차체의 무게가 동일하다면, 우선 자동차의 엔진 출력이 커야 한다. 그리고 나서 엔진 출력과 차체에 바퀴의 크기가 적절해야만 최고 출력과 최대 속도가 보장될 것이다.

잠수에서 엔진에 해당되는 것은 다이버의 근육이므로, 잠수 중 큰 추진력을 얻으려면 우선 신체에 비해 흰을 움직이는 근력이 좋아야 한다. 이러한 근력은 평소 근력 강화 훈련을 통하여 강화할 수 있다. 흰의 크기가 다이버 근력에 적절하여야 추진력이 크게 발휘될 것이다.

고등어나 방어처럼 빠르게 헤엄치는 어류의 지느러미 길이는 짧고 탄력이 크며, 느리게 움직이는 관상용 금붕어의 지느러미 길이는 길고 탄성은 적다. 즉, 흰의 길이가 길다고 반드시 추진력이 크다고 말할 수 없고, 오히려 짧고 탄성이 강한 것이 추진력이 클 수 있다. 일반적으로 흰의 길이가 길면 흰의 탄성은 적게, 흰의 길이가 짧으면 흰의 탄성이 크도록 제작하는 경향이 있다. 일부 특수 흰은 길이가 길면서도 탄성이 큰데, 이런 것들은 근육에 상당한 하중이 걸려 일반 다이버가 사용하기에는 무리가 있다.

흰의 원리는 부채의 원리와 같아서 흰이 추진력을 나타내는 것은 부채를 부치는 것과 같다. 부채가 부드러우면 부채질을 많이 해도 바람이 잘 불어지지 않는다. 부채는 가벼우면서도 강도를 강하게 하기 위하여 가벼운 대나무로 살을 만들어 그 위에 얇은 종이를 붙인다. 부채 역시 크면 천천히, 작으면 빠르게 부쳐야 효율적으로 부채질을 할 수 있다.

흰의 길이가 길고 탄성이 적으면, 한 번 젓을 때 천천히 차야 흰이 복원되어 나타나는 추진력을 얻을 수 있다. 탄성이 적기 때문에 다이버는 편안하게 느끼며, 흰의 길이는 길고 추진력도 커서 무리가 없도록 설계하고 있다. 그러나 이런 흰은 너무 빠르게 차면 흰이 복원되어 추진력을 발휘하기도 전에 반대쪽으로 움직이게 된다. 따라서 동일한 추진력을 얻기 위하여 긴 흰은 단위 시간당 젓는 횟수가 짧은 흰보다 더 적어야 한다. 이런 흰은 추진력보다는 다이버의 편안함에 초점을 맞추어 설계한 것이다.

흰의 길이가 짧고 탄성이 크면, 판(板)이 복원되는 속도가 빨라 빠르게 저어도 된다. 물의 흐름이 정지된 경우에는 천천히 흰을 젓을 때 판이 긴 것이 판이 짧은 것

보다 추진력이 더 크다. 하지만, 빠르게 젓을 경우는 오히려 긴 흰의 추진력은 상당히 감소된다. 즉, 긴 흰은 천천히 젓을 때, 그리고 짧은 흰은 빨리 젓을 때 추진력은 효율적으로 발휘된다. 또한, 판의 탄성이 약한 것은 천천히, 흰의 탄성이 큰 것은 빨리 젓을 때 추진력은 효율적으로 발휘된다. 즉, 이 말은 잠수 중 예기치 않은 조류를 만났을 때, 이를 극복하기 위하여 급작스럽게 짧은 시간 동안에 큰 추진력을 발휘하는 데에는 탄성이 작고 긴 흰보다는 탄성이 크고 짧은 흰이 더 유리할 수 있다는 것을 의미한다(수중세계, 1999).

3) 형태에 의한 분류(대중소)

국내에서 주로 사용되는 잠수용 흰은 조절끈형이 주류를 이루고 있으며, 그 판의 크기는 대부분의 경우 '중'으로 분류할 수 있다. 이러한 조절끈형은 판의 강도와 넓이 등이 다양하여 일률적으로 어떤 경우에 사용한다고 할 수는 없지만, 일반적인 원칙에 따라 사용할 수 있다. 즉, 탄성이 크면 빨리 추진력을 얻을 수 있고, 탄성이 작으면 천천히 움직여서 추진력을 얻을 수 있다.

그리고 조절끈형은 두꺼운 부츠를 신어야 한다는 것 때문에 신발형보다는 둔하며 효율이 떨어질 수 있다. 한편, '중' 크기의 신발형 흰은 대부분 탄성이 작아서 흐름이 있는 곳이나 짧은 시간 안에 큰 추진력을 요하는 잠수에는 '소' 크기의 신발형 흰보다 유리하지 않다고 판단된다.

국내 잠수계와 시장에서 '중' 크기의 신발형 흰도 스쿠버용으로 제대로 인지되지 못하고 있는데, '소' 크기의 신발형 흰은 나름대로 장점이 있고 용도가 있음에도 불구하고 '중' 크기의 신발형 흰보다도 더 스쿠버용 흰으로 인정받지 못하고 있는 실정이다. 하지만, 머지않아 '소' 크기의 신발형 흰은 국내 잠수계에서 가격, 성능, 편리성 등에 그 진가를 인정받아 '중' 크기의 신발형 흰과 함께 스쿠버용 흰으로 주류를 이루게 될 것이다.

신발형 흰이 스쿠버 잠수에 있어서 갖는 장단점을 살펴보면,

장점은,

첫째, 가볍고 간편하며 순발력이 좋으므로 운동 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다.

둘째, 조절끈 모양의 원형이나 변형(heel strap version)보다 값이 싸다.

셋째, 응답성이 좋아 예민하게 추진력을 통제할 수 있다.

넷째, 동일한 크기의 조절끈 모양의 원형이나 변형보다 추진력을 얻기 쉽다.

단점은,

첫째, 건식잠수복에 사용할 수 없다.

둘째, 입수 장소의 바닥이 아주 거칠거나 아주 찬물에서는 발을 보호하고 보온하기 어렵다.

셋째, 전체 길이가 길어서 짐을 꾸리기 불편하다.

넷째, 국내에서 신발형 흰에 사용할 수 있는 버전(바닥이 부드러운 부츠)이 다양하게 소개되고 있지 않다.

흰의 판 넓이나 강도를 선택할 때에는 잠수 형태를 고려하여야 한다. 즉, 장비를 무겁게 착용해야 하거나 조류 등으로 큰 추진력이 필요할 때면 흰의 판 넓이가 큰 것 및 탄성이 강한 것을 선택하여야 하고, 수중에서 장비를 가볍게 착용할 것 같으면 판 넓이가 작은 것 및 탄성이 다소 약한 것을 선택하여도 된다. 판 넓이가 작고 탄성이 약한 흰을 무리하게 큰 추진력을 발생시키면 재질이 좋지 않은 것은 흰이 부러져 못쓰게 되든지 영구적으로 변형이 일어나 성능이 저하되기도 한다(해저여행, 1997).

2. 수중에서 작용하는 힘의 역학

수중에서 물체에 가해지는 힘은 크게 추진력(zpropulsion), 저항(resistance), 몸을 뜨게 하는 힘(floating), 몸을 가라앉게 하는 힘(sinking force)의 네 가지 종류로 나눌 수 있다. 이 중 추진력은 몸과 지면이 직접적으로 접촉하며 필요한 추진력을 발생시키는 지상 운동과는 달리 수중에서는 중성부력을 유지한 가운데 물속 동작을 통한 물과의 상호작용만으로 필요한 추진력을 발생시켜야 한다. 지상운동에서는 선수의 근력이나 순발력이 발생하는 추진력의 크기에 직결되지만, 수영에서는 물과의 상호작용, 즉 물속 동작의 기술 특성에 따라 추진력의 크기가 결정된다.

수중 이동속도는 추진력과 저항의 상대적 크기의 함수로, 추진력이 저항보다 더 크면 몸이 가속되지만, 저항이 더 크면 감속, 서로 같으면 현재 속도를 유지한다.

수중에서는 물과의 상호작용에 의해 몸의 전진운동을 도와주는 추진력과, 전진 운동을 방해하는 저항이 동시에 발생하는 점이 특이하다. 추진력과 저항의 상대적 크기에 따라 운동 상태-가속, 등속 또는 감속이 결정되기 때문에 물속 동작을 통해 충분한 추진력을 발생시키는 능력을 키우는 것이 필요하다.

그런데 충분한 추진력을 발생시켜 저항을 극복할 수 있다하더라도, 추진력과 저항이 모두 절대적으로 크면 큰 저항을 극복하기 위해 큰 추진력을 발생시키는 과정에서 많은 에너지 소모가 일어난다. 때문에 수중에서는 가능한 한 저항을 줄이고 동시에 충분한 추진력을 발생시킬 수 있는 능력이 필요하다. 물속 동작 기술이 중요한 이유는 기술 특성에 따라 발생하는 추진력과 저항의 절대적, 상대적 크기가 결정되기 때문이다.

1) 수중에서 발휘되는 힘

물 속에서 움직이는 물체에는 다양한 종류의 힘이 작용하는데, 이들은 그 근원이 나 성격에 따라 크게 (1) 물과는 상관없이 작용하는 힘, (2) 운동 여부와 상관없이 항상 작용하는 힘, (3) 운동에 의해 발생하는 힘의 세 종류로 나눌 수 있다. 이 중에서 제1유형은 그 근원이 물과는 상관없는 힘들로 중력(gravity)이나 방향전환 동작 중 벽을 밀었을 때 발생하는 벽반작용력(wall reaction) 등이 여기에 속한다. 중력은 수영자의 질량에 비례하는 힘으로 몸의 무게중심(center of gravity)에 작용하며, 항상 수직하방으로 작용하기 때문에 몸의 전진과는 직접적인 관련이 없는 중립적인 힘이지만 몸을 가라앉게 하기 때문에 물속 동작이나 추진력 발생에 간접적인 영향을 미친다. 중력은 상황에 상관없이 항존하는 일정한 크기의 힘이다.

제2유형과 제3유형은 모두 물에 의해 발생하는 힘인데, 이 중에서 제2유형은 운동의 여부에 상관없이 항상 작용하는 힘으로 중력에 대항하여 몸을 뜨게 만드는 부력(buoyant force)이 여기에 속한다. 부력의 크기는 물속에 잠긴 몸 부위의 부피에 의해 결정되기 때문에 중력과는 달리 가변적인 힘이다. 단순히 물속에 있는 것만으로는 충분하지 않고 반드시 움직여야만 발생하는 힘으로 항력(drag)과 양력(lift) 등이 여기에 속한다. 항력은 움직임을 방해하는 힘으로 항상 운동에 대해 반대 방향으로 작용하는 반면, 양력은 운동 방향에 대해 수직으로 작용하기 때문에 운동을

방해하는 힘은 아니며 간접적으로 운동을 돕는 데 활용될 수도 있다. 항력과 양력은 모두 몸의 물속 운동에 의해 발생하기 때문에 가변적인 힘이다. 추진력의 발생 원리를 잘 이해하기 위해서는 물속 운동이나 추진력의 크기에 직·간접적으로 영향을 미칠 수 있는 가변적 힘인 부력, 항력, 양력의 발생 원리를 충실하게 이해하여야 한다.

2) 부력(buoyancy)

부력은 물체의 일부나 전체가 물속에 잠길 때 잠긴 부피만큼 물을 위로 밀어 올리기 때문에 발생하는 힘이다. 어떤 물체가 물속으로 잠기게 되면 잠긴 부피만큼의 물이 위로 밀려 올라가게 된다. 이 과정에서 물체는 밀려난 물의 무게만큼의 힘을 물에 가하는데 뉴우튼의 제3운동법칙(반작용의 법칙)의 밀려난 물이 역으로 같은 크기의 힘으로 물체를 위로 밀어 올리는 것과 같다. 따라서 물속에 잠긴 물체의 무게를 측정하면 밀려난 물의 무게만큼 작아진다. 이와 같이 밀려난 물에 의해 물체에 가해지는 수직 상방의 힘(밀려난 물의 무게)을 부력이라 한다.

부력(FB)을 공식으로 표현하면,

$$FB(\text{부력}) = V \cdot d$$

(V= 물체의 잠긴 부위의 부피 또는 밀려난 물의 부피, d=물의 밀도).

물에 잠긴 물체의 부피를 측정하면 부력을 알 수 있다. 부력은 아르키메데스가 목욕을 하던 중 발견하였다고 하여 흔히 아르키메데스의 원리(Archimedes' Principle)라 부른다. 아르키메데스는 이 원리를 이용하여 새로 만든 왕관이 실제로 100% 순금으로 만들어졌는지를 밝혀낸 것으로 알려져 있다.

부력은 항상 수직 상방으로 작용하기 때문에 항상 수직 하방으로 작용하는 중력에 대항하여 물체를 뜨게 하려는 성향을 가진다. 결국 부력과 중력의 상대적 크기에 따라 물체가 뜨거나 가라앉게 되는데, 중력과 부력이 크기가 서로 같으면 물체는 뜨지도 가라앉지도 않는 평형 상태를 유지하며(중성부력), 중력이 부력보다 크면 가라앉고(음성부력), 반대로 부력이 중력보다 크면 떠오른다(양성부력). 부력이 중력보다 커서 물체가 위로 떠오르면 물체의 일부가 물 밖으로 잠긴 부피가 감소하게 되고, 그 결과 부력도 감소한다. 물체는 부력이 감소하여 중력과 크기가 같아질 때

평형 상태에 도달하게 되는데, 이것이 바로 물체가 뜨는 상태이다. 물체가 뜨기 위해서는 반드시 『물체의 무게 < 물체의 최대 부력』의 조건을 만족하여야 하는데, 물체의 최대 부력은 물체가 물에 완전히 잠겼을 때의 부력을 의미하므로

$$\begin{aligned} & \text{물체의 무게} < \text{물체와 같은 부피의 물의 무게} \\ & \text{물체의 무게} / \text{물체와 같은 부피의 물의 무게} < 1 \\ & \text{또는 물체의 비중} < 1 \text{로 표현할 수 있다.} \end{aligned}$$

비중(specific gravity)은 물체의 무게를 같은 부피의 물의 무게로 나눈 것으로 물체의 비중이 1보다 작으면 물에 뜰 수 있다. 인체의 비중은 인체를 구성하는 체지방, 근육, 뼈 등의 조직들의 구성비에 따라 달라지는데, 체지방의 비중은 약 0.8 정도로 가장 낮고, 근육은 약 1.0, 뼈는 1.5-2.0 수준으로 가장 높다. 다시 말하면, 체지방이 상대적으로 많은 사람이 근육질의 사람에 비해 뜨기에 유리한데, 이런 이유로 체지방이 상대적으로 많은 여자가 남자에 비해 잘 뜬다. 인종적으로는 백인에 흑인에 비해 비중이 낮는데, 뛰어난 흑인 수영선수가 흔하지 않은 이유가 바로 여기에 있다. 또 뛰어난 수영선수들이 다른 종목 선수들에 비해 체지방율이 높은 것도 이러한 맥락에서 이해할 수 있다. 한편, 허파 속에 든 공기의 양도 인체의 비중에 영향을 미치는데(공기의 비중은 약 0.0012), 숨을 크게 들이쉬면 몸의 비중이 낮아진다. 사람에게 따라서는 몸의 비중이 1보다 커 원칙적으로 물에 뜨지 못하는 경우도 있을 수 있다. 민물보다 바닷물에서 몸이 더 잘 뜨는 이유는 바닷물의 비중이 1보다 커 몸의 바닷물에 대한 상대 비중이 감소하기 때문이다.

$$\begin{aligned} \text{물체의 상대 비중} &= \text{물체의 무게} / \text{같은 부피의 바닷물의 무게} \\ &= (\text{물체의 무게} / \text{같은 부피의 물의 무게}) / (\text{바닷물의 무게} / \text{물의 무게}) \\ &= (\text{물체의 비중} / \text{바닷물의 비중}) < \text{물체의 비중} \end{aligned}$$

뜨는 능력이 상대적으로 좋은 수영선수는 몸이 물속에 덜 잠기기 때문에 수영(전진 운동) 중 물로부터 상대적으로 작은 저항을 받는다. 수영 중에 머리와 몸통의 일부가 밖으로 노출되면 부력이 감소하여 중력이 부력보다 더 커질 수 있는데, 이 경우 부족한 상향의 힘은 사지의 물속 동작을 통해 발생시켜야 한다. 그러나 지나치게 많은 상향의 힘을 발생시키면 에너지 소모가 많아지고 동시에 몸의 상하운동

이 과도하게 일어나기 때문에 적절한 수준의 상향의 힘을 발생시키는 것이 중요하다.

한 가지 주목해야 할 것은 중력은 무게 중심에 작용하는 반면, 부력은 물에 잠긴 부위의 부피중심(부력중심)에 작용한다는 점이다. 부력과 중력의 크기가 서로 같다고 하더라도 무게중심과 부력중심의 상대 위치가 특정한 조건을 만족할 때까지는 안정적인 평형 상태에 이르지 못한다. 부력과 중력이 동일 작용선(수직선) 위에 있지 않으면 이 두 힘에 의해 회전운동이 일어나며, 이 현상은 부력과 중력이 동일 수직선 위에 정렬되어 평형 상태에 도달할 때까지 계속된다. 이 때 부력 중심이 무게중심보다 위에 있어야 뒤집히지 않는 안정된 평형 상태를 유지할 수 있다. 수중운동이나 스카이다이빙 교육시 초보자로 하여금 직립으로 서있게 하는 방법으로 부력과 신체중심의 원리를 설명하면 쉽게 떠있게 된다.

인체의 경우도 마찬가지로 수평으로 누운 자세에서는 부력중심이 무게중심보다 머리쪽에 위치하기 때문에 머리가 위로 다리가 아래로 회전하여 종래에는 거의 선 자세에 가까운 평형 상태에 도달하게 된다. 수영 중 몸을 엎드린 자세로 유지하기 위해서는 이러한 자연적인 회전을 막는 힘이 필요한데 다리 운동이 이 역할을 수행하는 것으로 이해되어 왔다. 부력은 전통적으로 수평 자세의 유지를 방해하는 요인으로 인식되어 왔으나, 최근에 발표된 부력의 역할에 대한 연구 결과는 이러한 인식이 그릇된 것임을 보여 준다.

3) 항력(drag)

항력은 양력과 더불어 물속에서 움직이는 물체에만 작용하는 힘, 즉 물속 운동에 의해 유발되는 힘이다. 항력과 양력의 두드러진 차이는 힘이 가해지는 방향으로, 항력은 운동의 반대 방향으로 작용하여 운동을 직접적으로 방해하는 반면, 양력은 운동 방향에 수직으로 작용하기 때문에 전진 운동에 직접적인 영향을 미치지 않으나 간접적인 영향을 줄 수는 있다. 항력이 물체의 운동에 의해 발생하기 때문에 항력의 크기(D)는 운동 속도의 함수인데,

$$D=1/2CD \cdot D \cdot A \cdot V^2$$

(CD= 항력 계수, d= 물의 밀도, A= 운동 방향에서 본 물체의 단면적, V= 물체의 물에 대한 상대 속도).

항력 계수는 물체의 모양, 운동 방향, 표면 상태, 물의 점도(viscosity) 등에 의해 결정되는 상수이다. 항력의 크기가 물체의 물에 대한 '상대속도'의 제곱에 비례한다는 것은 고요한 물속을 물체가 움직이는 경우나 정지한 물체 주위로 물이 같은 속도(V)로 흘러가는 경우에 물체가 경험하는 항력의 크기(D)가 서로 같다는 뜻이 된다. 항력의 크기는 표면항력(surface drag), 형태항력(form drag), 파동항력(wave drag)의 여러 항력이 합해진 것이다.

표면항력은 물체의 표면과 물 사이의 마찰에 의해 발생하는 항력이다. 물이 물체 주변을 흘러 지나갈 때 마찰에 의해 물체와 직접적으로 접촉하는 물의 층의 속도가 일차적으로 감소하게 되고, 점차 이웃하는 층으로 그 영향이 미치게 된다. 이와 같이 물체에 의해 흐름에 영향을 받는 물의 층들을 통틀어 경계층(boundary layer)라고 부른다.

이웃하는 물의 층들이 서로 섞이지 않고 평행하게 흐르는 경우를 층흐름(laminar flow)이라 하고, 층흐름이 깨져 여러 층의 물이 서로 섞이는 경우를 막흐름(turbulent flow)라 하는데, 물체의 물에 대한 상대속도나 물체의 크기에 따라 물의 층이 물체 주위를 지나면서 층흐름이 막흐름으로 전환된다. 이와 같이 경계층의 감속이나 막흐름으로 전환을 유발하는 물체의 표면과 경계층 사이의 마찰이 곧 표면항력의 근원이다. 표면항력에 영향을 미치는 요인으로는 물체의 물에 대한 상대속도, 물체의 표면적, 표면 상태(거칠기) 등을 들 수 있는데, 이들 요인들은 모두 항력계수나, 단면적, 상대속도 등에 반영되어 있다. 수영모를 착용하거나, 삭발, 면도하는 것, 수영복의 소재를 개량하는 등의 노력이 표면항력을 줄이는 것과 관련이 있다.

형태항력은 표면항력과는 달리 물체의 전면과 후면 사이의 압력차 때문에 발생하는 항력이다. 층흐름이 물체를 만나면, 물체의 전면에 있는 층들이 물체에 밀려 갈라지면서 물체 주위를 돌아 흐르게 된다. 이와 같이 물의 층들이 흐름의 방향을 바꾸기 위해서는(가속도를 가지기 위해서는) 반드시 힘이 필요한데, 이 힘은 물체로부터 작용한다. 밀려난 물의 층들이 물체 주위를 통과하면 주변 층으로부터 가해지는 압력 때문에 종래에는 다시 가운데 물리면서 원래의 흐름을 회복하게 되지만, 그림의 원으로 표시된 부분에서 물이 물체로부터 분리되는 현상이 나타난다. 이 때 물체의 후면에서 맴돌이 흐름(eddy current)이 발생하면서 일부 층이 후면에 생기는 빈 공간을 메우지만 전면에 비해 그 밀도가 훨씬 낮아진다. 그 결과 물체의 전면과

후면 사이에 압력차가 발생하면서 고압 지역(전면)으로부터 저압 지역(후면)으로 힘이 작용하게 되는데, 이것이 바로 형태항력이다. 물이 물체로부터 일찍 분리될수록 후면의 공동부가 커지기 때문에 형태 항력이 더 커진다.

형태항력에 영향을 미치는 요인으로는 물체의 물에 대한 상대속도, 진행 방향에서 본 물체의 단면적, 물체의 모양, 표면 상태(거칠기) 등이 있는데, 물체의 모양이나 표면 상태는 항력 계수에 반영된다. 이 중에서 특히 물체의 모양과 형태항력 사이의 관계에 주목할 필요가 있는데, 즉, 후면부의 꼬리 때문에 물의 물체로부터의 분리가 지연되어 물체 전후의 압력차가 크지 않고, 그 결과 형태항력이 현저하게 줄게 된다. 이와 같이, 형태항력을 줄이는 데는 몸을 유선형으로 유지하는 것이 가장 좋다.

형태항력을 줄이기 위해서는 본질적으로 물이 물체의 표면으로부터 분리되는 것을 지연시켜야 한다. 물이 물체의 표면으로부터 분리되는 위치는 경계층의 성격과 깊은 관련이 있는데, 경계층이 층흐름을 보이면 상대적으로 일찍 분리가 일어나 형태항력이 크고, 막흐름의 경우는 분리가 상대적으로 늦게 일어나 형태항력이 상대적으로 작다. 경계층의 성격에 영향을 미치는 중요한 요인으로 물체의 물에 대한 상대속도와 물체 표면의 상태(거칠기)의 두 가지를 들 수 있는데, 상대속도가 소위 임계속도(critical velocity)에 이르면 경계층이 층흐름에서 막흐름으로 바뀌면서 형태항력이 급격하게 감소한다. 또 물체의 표면이 거칠수록 막흐름이 쉽게 발생되어 상대적으로 임계속도가 낮아지게 된다. 골프공의 표면요철(dimple)이 공의 비행 거리를 증가시키는 이유가 바로 여기에 있다.

파동항력은 물 표면에서 발생하는 파동에 의해 몸에 가해지는 것으로, 몸의 일부가 물밖으로 노출되는 경우에만 발생한다. 몸의 일부가 물 밖으로 노출된 상태에서 이루어지는 수영자의 움직임은 필연적으로 물 표면의 파동을 일으키는 데 허비되는 힘이 곧 파동항력이다. 파동항력을 줄이기 위해 첫 랩을 호흡없이 물속에서만 수영 하자는 급기야 규칙을 개정하여 물속에서 이루어지는 스트로크의 수를 제한한 것은 잘 알려진 일화이다. 평형에서는 물속에 완전히 잠긴 상태에서 수영할 경우 표면항력과 형태항력이 증가하지만, 대신 파동항력이 크게 감소하여 전체적으로 더 유리하다는 것을 선수들이 체득했던 것이다.

4) 양력(lift force)

양력은 항력과 마찬가지로 물속에서 일어나는 물체의 운동에 의해 발생하는 힘이지만 항력과 달리 운동 방향에 수직으로 작용한다는 차이가 있다.

양력의 크기(L)는

$$L = 1/2CL \cdot d \cdot A \cdot V^2$$

(CL= 양력 계수, d= 물의 밀도, A= 운동 방향에서 본 물체의 단면적, V= 물체의 물에 대한 상대속도)

양력 역시 항력과 마찬가지로 속도의 제곱에 비례한다. 양력 계수에 영향을 미치는 요인으로는 물체의 형태, 운동 방향, 회전등을 들 수 있다.

양력의 발생 원리는 크게 (1) 형태의 비대칭성, (2) 공격각(angle of attack), (3) 회전(스윙)의 세 가지 관점에서 설명될 수 있다. 형태의 비대칭성에 의해 발생하는 양력을 도식한 것인데, 물체의 위 부분이 아래 부분보다 볼록한 비대칭 구조에 주목하여야 한다. 이러한 비대칭 구조 때문에 물체의 위를 지나는 경계층은 아래를 지나는 경계층에 비해 먼 거리를 이동하여야 하기 때문에 위 부분의 층흐름의 속도가 아래 부분에 비해 높다. 층 흐름의 경우 움직이는 속도가 높을수록 압력이 낮아지는 특성이 있는데(베르누이 정리 Bernoulli's principle), 이런 이유로 물체의 위 부분이 아래 부분보다 압력이 낮아 압력차가 생긴다. 그 결과 고압부(위)로부터 저압부(아래)로 향하는 양력이 발생한다. 비행기의 날개가 바로 이 원리를 이용한 것이다.

공격각에 의한 양력의 발생 원리를 도식한 것인데, 대칭형의 물체라 하더라도 운동방향이 물체의 대칭축과 어떤 각(공격각)을 이루면 이로 인해 양력이 발생할 수 있다. 공격각 때문에 그림에서 보는 것과 같이 물체의 위 부분이 아래 부분에 비해 일찍 물이 물체로부터 분리되는 현상이 나타나게 되는데, 그 결과 물체의 위 부분이 아래 부분보다 압력이 낮아져서 압력차에 의한 양력이 발생한다.

물체의 회전에 의한 양력 발생 원리를 보여주는데, 이 현상을 특히 마그누스 효과(Magnus effect)라 부른다. 물은 물체에 대해 상하 두 갈래로 나뉘어져 물체의 위와 아래로 흐르게 되는데, 이 때 물체가 회전하면 물체 주위에 형성되는 경계층

이 물체가 회전하는 방향으로 따라 움직인다. 물체의 아래쪽의 경우는 물의 흐름과 경계층의 운동이 같은 방향이기 때문에 물이 순조롭게 물체 주위를 통과하는 반면, 위 부분에서는 경계층의 운동과 물의 흐름이 서로 반대이기 때문에 상호 충돌이 생겨 압력이 증가한다. 그 결과로 고압부에서 저압부(아래)로 향하는 양력이 발생하는데, 이것이 바로 커브 볼의 원리이다. 수영에서는 회전보다는 주로 형태의 비대칭성이나 공격각에 의존하여 양력을 발생시킨다.

5) 추진력과 저항

항력은 항상 물체의 운동을 방해하는 힘이지만, 수영자는 이 항력을 이용하여 추진력을 발생시킨다. 즉 팔운동에 의해 발생하는 항력과 양력의 합을 의미하는데, 그 방향이 전·상이기 때문에 전방 성분은 전방 운동을 유발하는 추진력으로, 상방 성분은 몸을 뜨게 하는 힘으로 각각 활용된다. 몸을 뜨게 하는 성분은 부력을 도와 몸의 상하운동을 발생시킨다. 사지운동을 통해 얻는 항력과 양력의 합력의 크기가 작거나, 혹은 크더라도 합력이 전진 방향과 형성하는 각이 커서 힘이 몸의 상하, 좌우 운동을 발생시키는데 많이 소모되면 큰 추진력을 발생시킬 수 없게 된다. 이러한 이유로 물속 동작에 의해 발생하는 추진력의 크기를 계량하여 평가하는 것이 의미가 있는데, 손이나 팔에 의해 발생하는 추진력을 측정하는 여러 가지 방법들이 개발된 바 있다.

수영자는 팔다리 동작을 통해 얻은 추진력을 이용해 직접적으로 추진력을 발생시킬 수 없는 나머지 부위(몸통 등)를 전진으로 전진시키는데, 이때 전신 운동에 따른 항력, 즉 몸의 전진 운동을 방해하는 저항이 발생하게 된다. 결국 수영자는 물속 운동을 통해 추진력과 저항을 동시에 발생시키는데, 전진운동을 방해하는 저항의 크기는 전신의 자세와 큰 관련이 있다. 수영자에게 있어 최대 과제는 팔다리를 효율적으로 움직여 충분한 추진력을 발생시킴과 동시에 몸의 자세를 적절히 유지하여 최대한 저항을 줄이는 것으로, 기술 훈련이 중요한 이유가 바로 여기에 있다.

요약하면, 수영에서는 몸을 뜨게 하는 부력이나 팔다리의 물속 동작과 몸의 전진 운동에 의해 발생하는 항력과 양력을 적절히 이용하여 몸을 효과적으로 추진하는 것이 중요한 문제이다.

3. 수중운동의 선행연구

제주도는 가장 큰 면적을 차지하는 해양을 중심으로 한 각종 레저스포츠의 개발, 활용을 통해 여가시간 활용, 건강과 관련한 해양레포츠 인구확산으로, 앞으로 여가 활동은 레저스포츠를 겸한 참여형 관광활동으로서 현대관광의 경향이 종전의 수동적이고 정적인 관광에서 탈피하여 능동적으로 참여하는 관광의 형태로 변화되고 있고, 특히 수중레저스포츠로 인한 건강개념과 관련하여 수중관광, 스트레스 해소, 재 활적 차원에서 신체의 병적인 면에 대한 물리치료의 한 수단으로서 수중레저스포츠 관광 인구도 급증되어 보편화된 실정이다.

지금까지 수중활동과 관련하여 건강, 특정수심에서 압축된 공기를 흡입하므로 인 해서 운동수행능력에 영향을 주는 기전을 규명하고, 정신적 및 물리적 능력의 결합 을 정량화 하려는 많은 연구(Shilling과 Wilgrube,1937; Case와 Haldane,1941; Bennett와 Glass, 1961; Kiessling과 Maag, 1962; Frankenheuser 등, 1963; Adolfson, 1964; Bennett, 1967, 1971; Dickson 등,1971; Adolfson 등,1972; Fowler 와 Ackles,1972; Fowler 1973; O'Reilly (1974, 1977; Hesser 등,1978; Jones 등, 1979; Fowler 등, 1985; Hamilton, 1995; Mekjavi, 1995; Sledkov,1996)와 수중 활동 으로 인한 유·무산소성 운동능력의 변화와 관련한 연구(고대오,2000; 이,1999; 류,2002a, 2002b)등 이 보고되었다. 위의 선행연구의 결과는 잠수활동의 결과로 나 타나는 신체의 변화현상 및 건강 상태 개선을 위한 연구들로 보고되었다.

수중에서 장시간 운동활동을 할 경우 흡입하게 되는 공기의 성분은 수분과 각종 불순물을 제거한 질소(N₂)가 78.084%, 불활성 알곤 0.934%, 산소(O₂) 20.946%, 이 산화탄소(CO₂) 0.033%, 기타 가스가 0.003%이지만 일반적으로 질소 79%, 산소 21% 분압의 혼합가스를 활용한다. 수중활동은 SCUBA(Self-Contained Under-Water Breathing Apparatus)를 이용하여 장시간동안 수중에서 신체활동을 하게 되고, 육상 환경과는 다른 물리적, 생리적 환경에 노출될 때 신체 내부에 활 발한 생리적 변화로 인해 호르몬의 분비, 가스교환, 순환계통에 적절한 자극으로 운 동수행능력에서 변화를 유발하여 수중활동시간과 수심에 따라서 신경근 협응동작, 호흡순환, 물질대사 및 전해질의 균형 등의 복잡한 생리적 기전을 가진다.

한편 인체가 수중에 부분 혹은 전신이 침수될 때 인체 생리적 변화 중 혈액량과 혈액성분 변화에 대한 연구를 대표적으로 들 수 있다. 이들의 연구결과는 신체가 수중에 입수하게 될 때 변화하는 압력과 수온으로 인해 심박출량과 심박수의 변화, 질소 제거율에서 향상, 심장과 모세혈관의 확장으로 인한 혈류량 증가, 동-정맥 압력차이의 변화, 심폐순환기능의 변화 등이 발생한다고 보고했다. 즉 침수로 인해 혈류량의 증가로 말초관류가 증가하고, 심폐모세혈관의 확장으로 신체 국부 및 전신의 혈류량에서 증가현상이 일어난다고 보고했다.

여러 선행연구 결과를 토대로 볼 때 인체가 수중에 노출될 때 심폐순환에서 변화가 유발될 수 있다. 즉 수심에 따른 수압의 변화로 동-정맥 산소압력차(alveolar-arterial oxygen tension difference), 심박출량과 및 혈액 성분에서 변화가 발생할 수 있다. 즉 신체가 육상이 아닌 수중, 특히 수심에 따라서 변화하는 압력의 결과로 인체 생리적 측면에서 많은 변화가 발생함을 알 수 있다. 특히 신체가 부력상황에 처하므로써 수중활동을 하는 동안 신체 각 관절에 부하를 받지 않기 때문에 더욱 더 편안한 각종 신체 질환의 치유와 건강증진을 위한 환경으로 활용할 수 있을 것이다.

홍(1995)은 풀장에서 트레이드밀의 유속을 조정할 수 있는 플로우 밀(flowmill)을 이용한 수중보행시 에너지의 소비량에 관한 연구를 하였다. 중·고령자에 대한 수중운동처방을 위해 40-50대 남자를 대상으로 4종류의 보행속도와 그때의 호흡순환계의 지표를 근거로 보행속도와 소비에너지의 관계를 규명한 결과 보행속도가 60m/min, 혈중젖산농도는 약 30%가 증가하였다고 보고했다.

DAN(1995)은 인슐린과 관련한 당뇨병(Insulin-dependent diabetes mellitus, IDDM)환자와 다이빙의 관계를 규명하기 위해 수중활동 프로그램에 따라 저혈당증세(hypoglycemics)가 확산되는 지를 평가하고, 혈중 글루코스 수준을 조절하기 위한 식이요법을 했을 때 저혈당증세를 나타내지 않았다고 보고했다.

김(1986)스쿠버 다이빙시 심박수의 변화를 분석한 결과 수심 1m에서의 경우가 3m에서 보다 $P<.05$ 수준으로 더 높았고, 또한 스쿠버 활동시간이 증가함에 따라 심박수의 변화는 $P<.01$ 수준에서 더 높은 것으로 나타났고, 수중활동종류에 따른 최대심박수의 경우는 스킨다이빙(179bpm), 스쿠버다이빙(166bpm), 평영(144bpm)의 순으로 $P<.01$ 수준에서 각각 유의한 차이를 보여 수중활동에서가 운동량이 더 많은 것으로 보고했다.

김(1997) 등은 찬물에서 운동을 하게 될 때 체온조절에 미치는 효과를 규명하기 위해 섭씨 30도, 25도, 20도 수온에서 목까지 물에 잠긴 채 50-100W의 자전거 운동을 2시간 동안 실시하면서 직장 온도, 산소 소모량, 정맥혈 젖산농도, 체열이동, 심박수 및 혈압을 각각 측정하였다.

그 결과 낮은 수온에서 상지와 체간의 강한 혈관수축반응으로 열손실이 억제되었고, 혈관수축반응이 약한 대신 대사활동에 의한 열생산의 증가가 더 컸으므로 직장 온도가 더 높게 나타났다고 보고했다.

레크리에이션 다이빙을 규칙적이고 장기적으로 실시할 경우, 체력의 향상은 다양하고 종합적인 체력의 향상을 가져온다. 즉 많은 체력요인 중 유산소성 운동능력, 근력강화, 근지구력, 유연성 및 스킬 등의 복합적인 요인에서 크게 향상된다고 했다 (NAUI, 1989).

이처럼 수중에서 활동을 규칙적이고 장기간 순응을 하게 될 경우 인체의 생리적 요인에서 많은 변화가 일어나고 있음을 여러 선행연구 보고에서 알 수 있다. 그러나 지금까지 수중에서 잠수활동을 함으로서 신체에 미치는 운동능력의 효과를 규명하기 위해 계획적인 운동프로그램을 가지고 지속적으로 실시된 연구로서 이창준(1999)은 레크리에이션 잠수활동이 유산소성 운동능력과 하지 신·골근군의 근력강화에 대한 연구 결과 지속적인 수중활동으로 인한 유산소성 운동능력의 변화를 분석한 결과 전신 유산소성 운동능력에서 큰 향상이라기 보다는 국부적인 유산소성 운동능력에서 유의한 효과를 보였고, 이는 수중의 유체저항과 조류에 대항하는 환경을 극복하기 위해 지속적으로 다양한 킥을 함으로서 전방으로 추진하기 때문에 전신지구력보다는 국부 지구성(하지의 신·골근군) 운동능력에서 탁월한 운동효과가 있는 것으로 보고했다.

수중활동의 효과로서 신체에 미치는 영향에 관한 연구는 많이 보고되었지만 수중에서 유일한 추진의 수단이 되는 흰의 특성과 개인의 극복한계 및 운동효과차원에 대해 연구된 바가 없다. 특히 인종의 인체측정자료, 성인, 남녀별의 체격 및 체력의 특성을 감안하여 개인별에 따른 최적화된 흰의 착용을 할 경우 수중활동은 그 효과면에서 최적일 수 있다.

즉 수중활동 동안 추진을 위해 사용되는 수단은 양 하지의 근력에 의한 흰의 킥에 의해 이루어진다. 장비와 해양상태에 따른 저항력을 극복하고 앞으로 추진하는

도구는 흰(fin)에 의존한다. 수중에서 추진과정에 발생하는 힘은 부력, 추진력, 항력과 하지의 근육군이 발휘하는 근력과 지구력을 들 수 있으며, 이의 영향은 결국 추진 수단인 흰의 구조적 특성에 따라서 운동의 강도-운동의 효과는 달라질 수 있다.

수중에서 개개인이 자신의 근육군을 통제할 흰의 능률적이고 효율적 사용을 위해 근력과 지구력에 적합한 흰의 구조적 특성을 고려하여야 하며(A. J. Bachrach and G.H.Egstrom, 1987), 수중에서 추진하는 데 발생하는 유체저항을 감당할 능력(근력, 흰의 구조적 특성)을 고려하여 적합한 흰을 착용하지 않고 무리하게 흰킵을 할 경우 신전된 발목관절부위의 인대의 손상은 물론 발목의 기형적 변화를 초래할 수 있다.

따라서 수중레저활동에서 유일한 이동수단이 되는 흰의 구조적 특성은 각 개인의 능력에 따라서 용도에 따라서 선별적으로 선택하여 활용할 경우 건강운동, 레저, 재활, 체험, 성별, 및 엘리트 선수의 전문체력강화 등에서 그 효과를 최대화 할 수 있는 흰의 구조적 특성에 따른 정량화된 역학적 자료 제시와 추후 국내에서 흰의 제작시 국내인의 체력과 체형에 적합한 제품 생산을 위한 자료의 연구가 필요하다.



Ⅲ. 연구방법

1. 흰의 구조적 특성 분류

본 연구에서 사용된 흰의 구조적 특성은 <표3-1>과 같다.

<표3-1> 흰의 특성

흰 이름	길이 (cm)	무게 (g)	폭 (cm)	재 질	특 성
플푸트형	56	550	19	시모플라ستيك	맨발 착용, 흰 수영시 많이 이용
제트흰형	47.5	1,090	23	열가연성고무	조절식 발목 스트랩, 3개의 수류구멍 상향킥 끝림 감소 구멍, 하향킥 추진력 강화
스트랩형	60	750	21.5	그라피트	순간조절식 버클, 2채널흰구조
스플릿형	57	1,310	22.5	열가연성고무	2개로 갈라진 블레이드, 프로펠러 추진력

2. 실험 및 분석장비

본 연구에 사용된 실험 기자재는 촬영장비와 영상분석장비로 구분 할 수 있으며, 구체적인 기자재는 다음과 같다.

1) 수중 촬영장비

본 연구에서는 3차원 영상분석을 위하여 SONY DCR VX-1000 비디오 카메라에 Amphibico VH-1000 비디오하우징을 장착한 수중비디오 장비 2세트를 사용하였으며, 60fr./sec로 촬영하였다. 각각의 프레임은 2개의 필드(fields)로 나눌 수 있기 때문에 분석시 시간 해상도는 1/60초가 된다. 촬영시 노출시간은 1/1000초로 고정하였다. 필름은 고해상도로 촬영할 수 있는 6mm S - DV 필름을 사용하였다.

2) 통제점 틀 및 기준점

3차원 영상분석에서 공간좌표를 얻기 위하여 1m × 2m × 2m의 V·TEK 제작된 직사각형으로 된 통제점 틀을 이용하였으며 통제점 틀이 모두 비디오 카메라의 필드 안에 들어오도록 설치하였다.

3) 환의 선택

본 연구의 목적을 달성하기 위해 환의 종류는 풀푸트형, 제트환형, 스트랩형, 스플릿형을 사용하며 환의 특색은(소재, 부력, 밀착성, 밴드(골이나 구멍) 붙은 환과 밴드 없는 환, 길이와 유연성)에 따른 대, 중, 소 중에서 중으로 구분하여 선택하였다. 또한 사용했던 환은 형태에서 변형이 발생하는 영향을 배제하기 위해 완전한 새로운 제품을 구매하여 실험에 사용하였다.

4) 수중 영상분석

(1) 척도(reference ruler)

영상의 이미지와 실제 물체의 크기 환산이 필요하다. 즉 영상에 나타난 이미지와 실제 물체의 크기는 다르기 때문에 실험전 미리 촬영된 1m짜리 기준 척을 기준으로 하여 실제 환의 움직임의 변위를 산출하였다.

(2) 비디오 디지털이징

수중비디오 카메라로 촬영된 6mm S - DV 영상은 다시 고해상도 S - VHS 비디오필름으로 복사후 S - VHS(SANYO GVR - S955)와 14" S - VHS모니터(Sony PVM - 1351Q), 비디오 분석 프로그램(KWON3D 2.1) 등을 이용하여 분석하였으며, 모니터(Sony PVM- 1351Q)는 S - VHS 비디오필름으로 촬영된 영상을 고해상도로 볼 수 있는 모니터를 이용하였다. 프레임 그래버(frame grabber)가 내장되어 있기 때문에 비디오 프레임을 짝·홀수 필드로 분리하여 영상에 나타나게 하여 1/60초의 시간해상도를 가질 수 있다. 필름의 속도는 60fields·sec⁻¹였다.

(3) 컴퓨터 및 분석프로그램

분석용 계산 프로그램은 3차원 좌표와 운동학적 변인의 계산을 위해 KWON3D 2.1프로그램이 장착된 대우사의 586컴퓨터를 이용하였다. KWON3D Ver. 2.1은 운

동학적 변인에 대한 자료산출, DLT방법에 의한 실 공간 3차원 좌표계산 및 스무딩을 위한 프로그램이다.

3. 실험절차

실험도구의 배치는 실내 수영장 다이빙 풀에서 <그림3-1>와 같이 실험장비를 설치한 후 남자 1명 피험자의 정확한 영상분석을 위해 피험자의 복장은 삼각수영복과 수영모, 다이빙 부츠와 스쿠버 다이빙 장비를 착용하며, 피험자의 19개 신체부위에 Landmarker를 부착하여 디지털이징시 오차를 줄이도록 하였다. 통제점 틀이 모두 고속카메라 필드 안에 들어오도록 줌렌즈가 부착된 2대의 Amphibico VH - 1000수중비디오 카메라를 피험자로부터 각각 우측으로 7.80m, 9.90m에 설치하고, 두 고속카메라의 거리는 13m 그리고 카메라의 높이는 각각 1m으로 삼각대에 고정시켜 수평을 유지하였다.

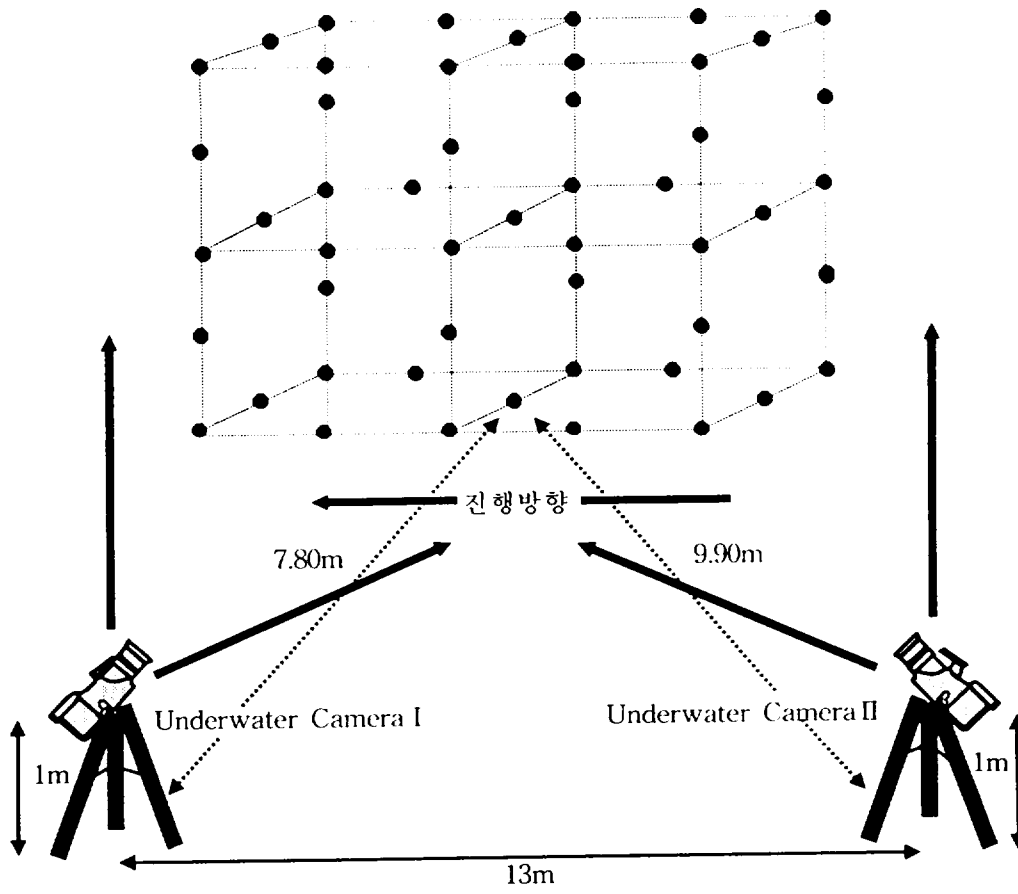
모든 실험과정은 카메라에 포착이 되게 하였고, 카메라 노출속도는 1/1000초로 하였고, 카메라 속도는 60frame/sec로 고정하였다. 모든 환의 경우 표식 점을 미리 수록하므로 움직임 분석할 때 용이하도록 하였다.

피험자의 환의 킥 동작을 할 때 범위를 결정해 주는 통제점 틀(Calibration frame)을 지면에 수직으로 설치하여 먼저 촬영하므로 3차원 좌표를 얻을 수 있게 하였다.

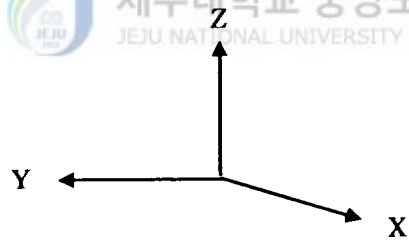
피험자는 4가지 환(폴프트형, 제트환형, 스트랩형, 스플릿형)과 플러터 킥(flutter kick)방법으로 중성부력을 유지하여 풍선의 신호에 따라 추진기, 회복기, 글라이딩기의 방법을 실시하였다.

특히 피험자가 진행하는 방향을 Y방향으로 하고 피험자의 좌·우를 X방향으로 하며, Z방향은 상·하 방향으로 설정하였다.

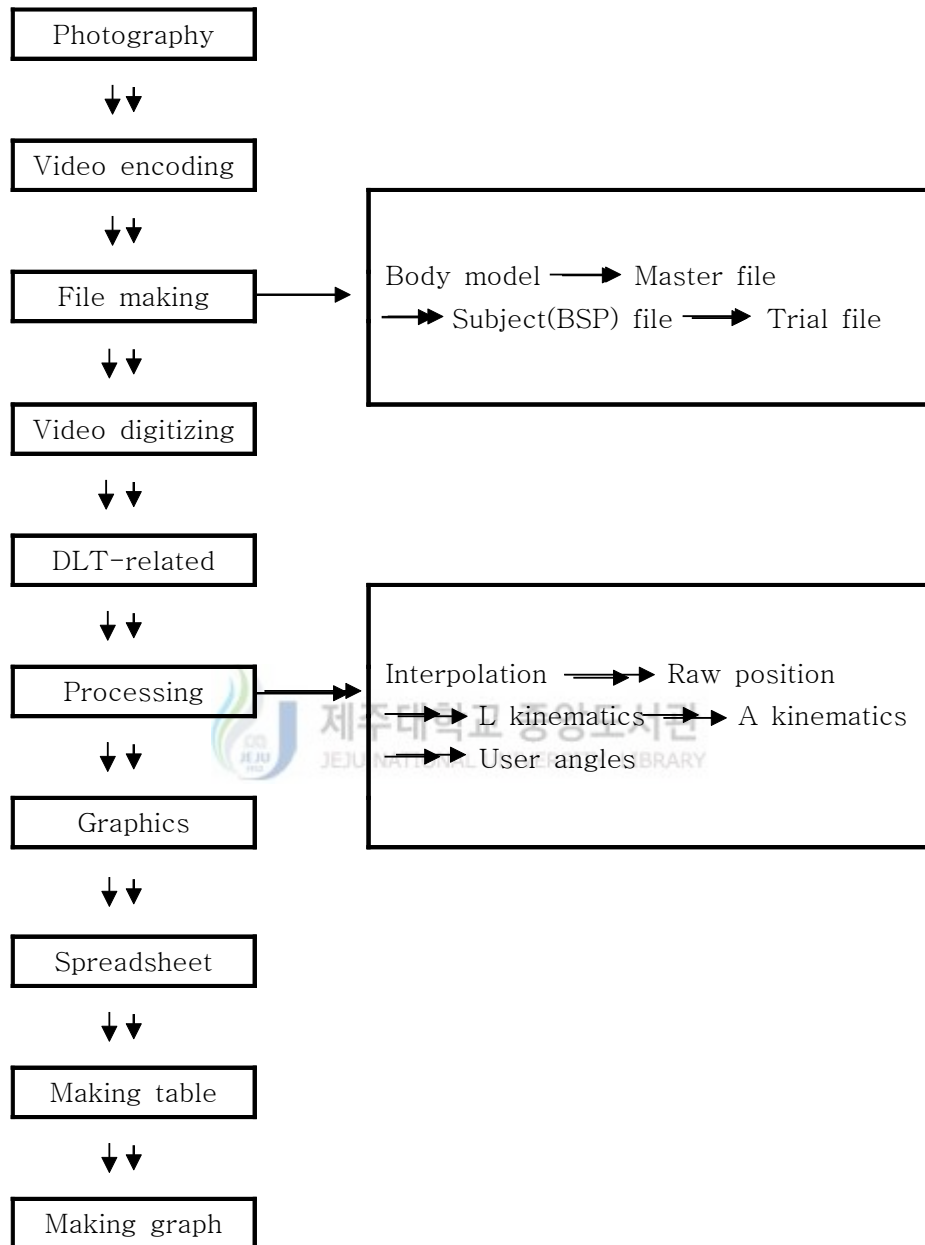
본 실험장면은 <그림3-1> 과 실험 과정 및 연구과정은 <그림3-2>와 같다.




 제주대학교 중앙도서관
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



<그림3-1> 실험장면



<그림3-2> 실험 과정 및 연구 과정

4. 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 관절 점은 모두 21개이고 <표3-2> 실제 분절은 14개로 이루어졌다. 신체 분절 무게 중심위치에 대한 인체 분절자료는 Plagenhoef et al(1983)를 이용하였고, 이들 신체 관절점 외 기준점을 합하여 총 디지털링 포인트는 한 프레임에 23개로 하였다. 매 프레임마다 디지털링의 순서와 관절점은 <표3-3> 과 같다.

<표3-2> 관절 점과 디지털링순서

순서	관절점	순서	관절점
J 1	Reference 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		

<표3-3> 인체측정자료 (Body segment parameter)

Segment Class	cm	mass	I1	I2	I3
Hand	46.80	0.65	46.28	50.84	25.59
Forearm	43.00	1.87	28.80	29.23	10.35
Upperarm	43.60	3.25	29.98	30.69	12.08
Foot	50.00	1.43	25.69	26.94	12.45
Shank	43.40	4.75	29.18	29.18	7.67
Thigh	43.30	10.50	32.04	31.51	13.58
Head	50.00	8.26	25.82	26.47	28.36
Whole Trunk	47.66	46.84	25.55	31.82	15.17

5. 자료분석

이 연구에서 3차원 영상분석을 위해 통계점 및 인체관절 중심점의 좌표화, DLT(Direct linear transformation)방법에 의한 3차원 좌표 계산과 자료의 스무딩은 KWON3D(1991)가 개발한 프로그램을 이용하였으며, 이때 차단주파수(cut off frequency)는 6.0Hz의 저역통과필터(low-pass filtering)방법을 사용하였다.

1) 디지털이징 및 처리

촬영된 비디오 필름을 비디오 분석기에서 먼저 Encoding을 한 다음 이를 KWON3D분석 시스템의 순서에 따라 Body modeling(BSP : Youngho - Kuon), Master file (Data collection, Event & Phase definition, Data processing, user angle), Subject file(BSP estimation), Trial file를 각각 작성해 디지털이징시 분석을 시작하려는 국면을 찾아 초기화시킨 다음, 매 프레임마다 관절 점의 순서에 따라서 디지털이징을 하였다. 디지털이징된 좌표는 매 관절 점마다 X, Y, Z의 좌표로서 한 트라이얼의 디지털이징이 완료되면 자동 파일로 저장되게 하였다.

디지털이징이 완료된 후 인위적 및 기계적 오차를 줄이기 위해 매 프레임마다의 보간(interpolation)을 시킨 다음 본 연구의 분석에 필요한 운동학적 변인을 산출하였다.

2) 분석국면

훅의 킥 동작을 알아보기 위하여 국면분석은 3가지 국면으로 구분하였다.

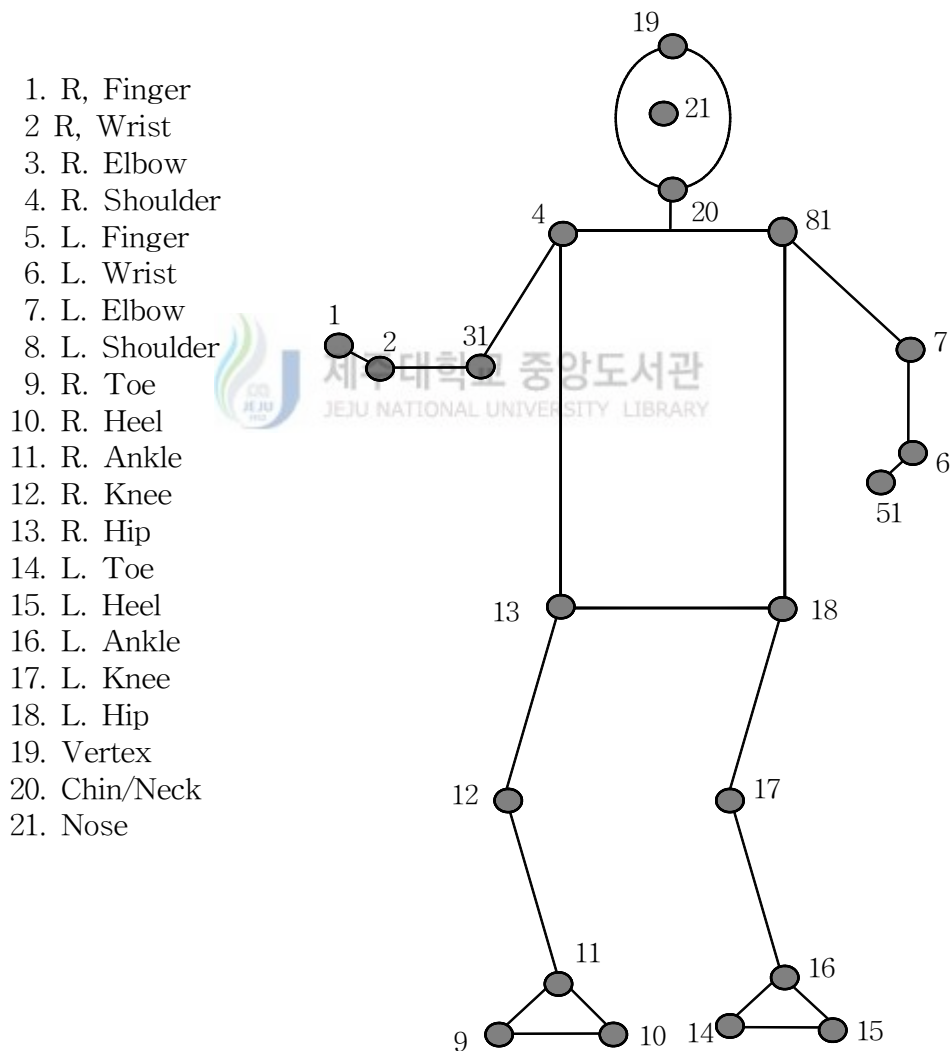
(1) 회복기(Recovery) : 양 하지가 모아진 상태에서 양하지가 상하로 최대가 될 때까지 벌리는 국면

(2) 추진기(Propulsion) : 양 하지가 최대로 상하로 벌려진 상태에서 힘을 발휘하기 위해 다시 양 하지가 모아질 때까지 짓누르는 국면

(3) 활주기(Gliding) : 양 하지가 모아진 상태에서 추진력에 의해 신체중심이 정지할 때까지 앞으로 나아가는 국면

3) 인체 모델링

분석 모델과 디지털라이징 순서 및 관절점은 <그림3-3> 과 같다. 즉 14개 분절에 대한 21개 관절점과 기준점을 매 프레임마다 디지털라이징 하였고, 디지털라이징하는 도중 스타트 동작의 각 분석 국면마다 프레임수를 산출하므로서 국면별 소요시간을 구하였고, 도중 잘못된 디지털라이징이 있으면 다시 재디지털라이징을 하여 가능하면 오차를 감소시켰다.



<그림3-3> 인체 분석 모형과 디지털라이징 순서

4) 좌표화

(1) 기준척도 및 흰의 굴곡의 좌표화

수중에서 촬영된 흰의 굴곡정도의 좌표화는 기준척도(reference ruler)를 포함하여, KWON3D 2.1 동작분석 프로그램을 이용하여 총 5개의 점을 좌표화하였으며, 이 과정을 여러번 반복 좌표화 한 후 컴퓨터에 파일로 저장하였다.

5) 표준화(Normalization)

흰에 가해진 힘의 수준과 흰의 구조적 특성 및 재질에 따라 모든 분석국면에서 시간이 불일치하기 때문에 각 변인들의 비교를 위해서 첫 국면에서 마지막 국면까지의 시간을 100%로 보고 그 간격을 동일 프레임수로 나누는 표준화(Normalization) 기법을 사용하였다. 사용된 평준화 기법은 n개의 점($x_i, y_i=0,1,2, \dots, n-1$)이 주어 졌을 때 임의의 x에 대한 함수값 $y=f(x)$ 를 Cubic spline 함수로 구하였다.

6. 연구변인산출



흰의 유형에 따른 국면별 시간변인, 흰의 유형에 따른 국면별 선 운동학적 변인으로 신체 중심속도, 흰의 좌우측 중심의 속도, 흰의 유형에 따른 국면별 각 운동학적 변인으로 흰의 굴곡각도 및 각속도 및 흰의 구조적 특성에 따른 운동효과 변인간의 상관분석을 하기 위해 다음과 같이 산출하였다.

1) 선운동변인

(1) 소요시간

각 프레임 간 시간 간격이 0.0167초로서 각 국면별 소요된 프레임에 대한 1프레임의 소요시간을 곱하여 산출하였고, 흰의 굴곡시작(D1)부터 최대굴곡시점(D2)까지의 프레임 수를 계산하여 프레임 수에다 0.02초를 곱해 구하였다.

$$\text{국면별 동작시간} = (D2 - D1) \times 0.0167(s)$$

(2) 변위

변위는 흰 중심에서 추진방향의 위치변화를 말하며, 중심변위를 산출하기 위하여 평면상의 좌표값 산출은 다음과 같다.

$$D = \sqrt{(X_i' - X_i)^2} \quad (X: \text{좌우방향})$$

(3) 속도 및 가속도(흰의 중심)

위치좌표 P_i 에 대한 속도(V_i)는

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

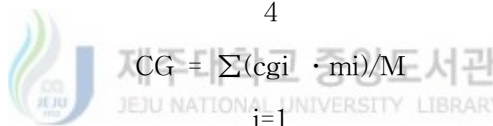
(4) 흰 i의 중심점 좌표(cgi) 산출은

$$cgi = (P_i(1 - (P_i/100))) + (D_i \cdot P_i/100) = P_i + (D_i - P_i)P_i/100$$

(P_i = 근위단 분절의 좌표, D_i = 원위단 분절의 좌표, P_i = 근위단으로부터 분절 무게 중심 까지 거리(%))

(5) 흰의 중심 위치, 속도

흰 무게중심의 위치 CG는

$$CG = \frac{\sum_{i=1}^4 (cgi \cdot m_i)}{M}$$


cgi = i번째 분절의 무게중심 위치 좌표

m_i = 전체질량의 백분율로 표시된 i번째 분절 질량

M = 백분율로 표시된 분절질량을 합한 전체 질량

흰 무게중심의 속도와 가속도는 분절 점의 속도와 가속도 산출방법과 동일하게 산출했다.

2) 각 운동의 변인

흰의 움직임을 산출하기 위한 좌표계는 관성좌표(global coordinate)를 이용하였다. 산출한 분절 벡터각을 1차 미분한 결과 각속도 및 2차 미분한 결과 각속도를 각각 산출하였다.

(1) 각도

본 연구에서 산출할 각도(deg)는 흰의 중심선($F=0$)에서 힘이 가해지는 방향으로 절대각도를 산출하였다.

(2) 각속도

$$\omega_B = \omega_{B/A} + \omega_A$$

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

ω_A : 흰 고정점 A의 관성 각속도(절대각속도)의 크기

7. 자료처리

소요시간 변인, 신체중심 및 흰의 중심 변인과 흰의 각위 및 각속도 변인은 국면별 및 흰의 유형별 기본 통계량인 평균 \pm 표준편차, 국면별 백분율(%), 흰의 구조적 특성에 따른 변인간의 단순상관(Pearson)분석을 하였다.



IV. 연구결과

수중에서 추진을 위한 흰의 구조적 특성에 따라서 추진에 미치는 운동의 효과를 검증하기 위해 수중에서 중성부력 상태를 유지한 가운데 각각 특성이 다른 4가지 흰(유형 I: 풀푸트형, 유형 II: 제트흰 형, 유형 III: 스트랩 형, 유형 IV: 스플릿 형)을 사용하여 동일한 추진력을 가하게 하였다. 추진하는 동안 수중에서 3차원 영상분석법을 통하여 나온 결과는 전체 주기 중 회복기(Recovery), 추진기(Propulsion), 및 활주기(Gliding)로 구분하여 시간변인, 선운동학적 변인 및 각 운동학적 변인과 흰에 따른 운동효과 변인의 상관 분석의 순서로 분석하였다.

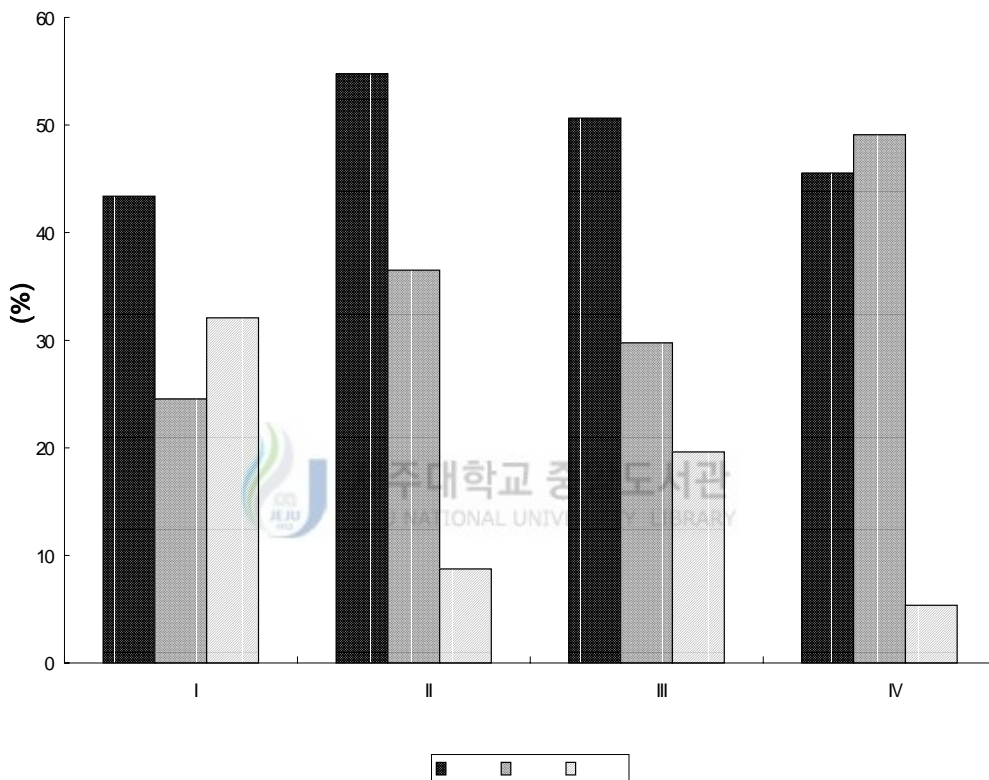
1. 시간변인

회복기(Recovery; 양다리부착-최대벌림), 추진기(Propulsion; 최대벌림-양다리모음) 및 활주기(Gliding; 양다리모음-양다리벌리기 직전)의 추진국면별 각 흰 특성에 따른 소요시간의 결과는 <표4-1>과 같다.

<표4-1> 흰 특성에 따른 각 국면별 평균 소요시간(frame, sec)

구분	회복기	추진기	활주기	총소요시간
유형 I	46(.92)	26(.52)	34(.68)	106(2.12)
유형 II	69(1.38)	46(.92)	11(.22)	126(2.52)
유형 III	80(1.6)	47(.94)	31(.62)	112(3.16)
유형 IV	51(1.02)	55(1.10)	6(.12)	112(2.24)
평균±표준편차	61.50±15.80 (1.23±.32)	43.50±12.34 (.87±.25)	20.50±14.06 (.41±.28)	126.00±23.27 (2.51±.46)

흰의 4가지 유형 모두 평균한 결과 회복기에 소요한 시간은 $1.23 \pm .32$ 초로서 전체 소요시간의 49%, 추진기의 경우 전체의 35%, 활주기의 경우 전체의 16%의 소요시간의 비율을 차지하였다. 즉 4가지 흰 평균에서 가장 많이 소요된 국면은 회복기였고, 그 다음 추진기 및 활주기의 순서로 나타났다.



<그림4-1> 흰 특성에 따른 소요시간 변인

흰을 유형별로 분석을 하면, 유형 I의 경우 전체 소요시간이 2.12초에 대한 회복기에서 43%, 추진기의 25%, 활주기의 32%로서 4가지 유형 전체 평균소요시간에 비교하면 .39초 더 적었고, 추진기에 소요한 시간이 적은 대신 활주기에 소요한 시간이 상대적으로 더 긴 것으로 나타났다.

유형 II의 경우 전체 소요시간이 2.52초에 대한 회복기에서 55%, 추진기의 37%, 활주기의 9%로서 4가지 유형 전체 평균소요시간에 비교하면 .01초 더 적었고, 추진

기와 활주기에 소요한 시간이 적은 대신 회복기에 소요한 시간이 상대적으로 더 긴 것으로 나타났다.

유형Ⅲ의 경우 전체 소요시간이 3.16초에 대한 회복기에서 50%, 추진기의 30%, 활주기의 20%로서 4가지 유형 전체 평균소요시간에 비교하면 .65초 더 많이 소요되었고, 추진기와 활주기에 소요한 시간이 적은 대신 회복기에 소요한 시간이 상대적으로 더 긴 것으로 나타났다.

유형Ⅳ의 경우 전체 소요시간이 2.24초에 대한 회복기에서 46%, 추진기의 49%, 활주기의 5%로서 4가지 유형 전체 평균소요시간에 비교하면 .27초 더 적게 소요되었고, 회복기와 추진기에 소요한 시간이 많은 대신 활주기에 소요한 시간이 상대적으로 더 짧은 것으로 나타났다.

이상을 종합하면 양 하지를 최대로 벌려 최대로 추진력을 가하여 양 하지가 모아진 상태로 미끄러져 나아가는 국면의 시간인 활주기가 차지한 4개 유형의 평균은 16.5%수준이었다. 추진력을 발생하여 활주하는 데 소요한 시간은 유형Ⅳ<유형Ⅱ<유형Ⅲ<유형Ⅰ의 순으로 큰 비중을 차지하였다.



2. 선 운동학 변인

1) 흰 유형에 따른 흰 킱의 운동강도 검증

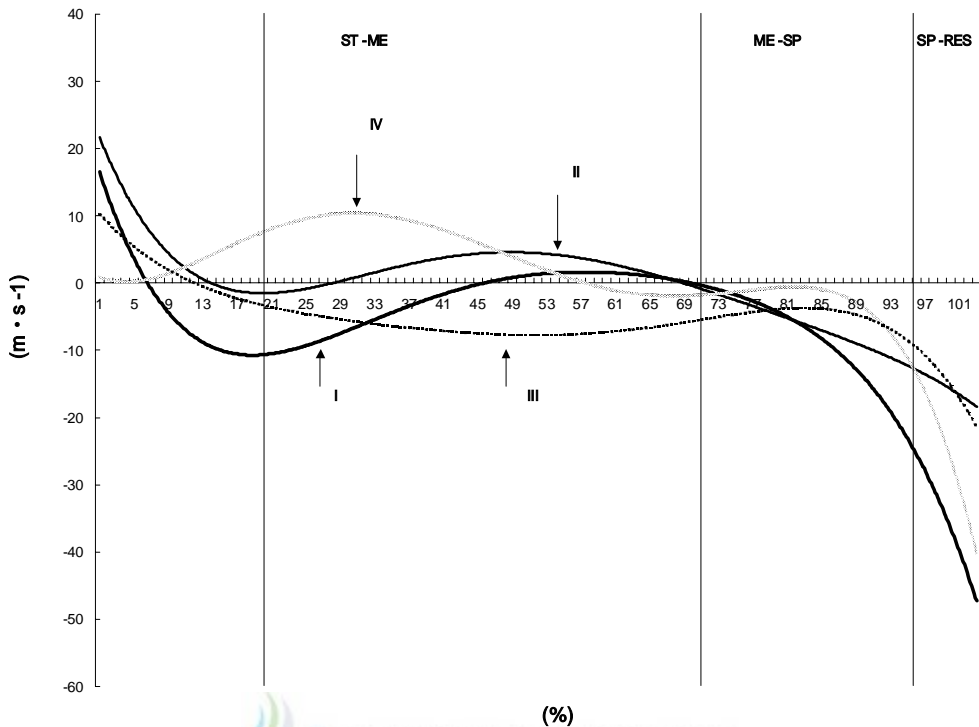
참여한 피험자의 수를 1명으로 제한하고 동일인이 다양한 흰의 유형을 착용하고 동일한 강도의 파워를 가지고 킱을 함으로서 흰의 구조적인 특성을 비교할 수 있다. 즉 4가지 유형의 흰을 동일한 플러터킱 방법을 채택하여 가능한 동일한 파워를 가하게 하여 추진기 및 활주기 동안의 운동학적 변화를 분석하므로서 흰의 특성을 파악할 수 있었다. 흰의 동일한 파워를 전달하는 방법으로는 오른쪽과 왼쪽 흰 중심의 Z방향으로의 좌표값의 평균±표준편차를 산출한 결과, 오른쪽의 경우 4가지 흰 유형의 Z값 평균은 135±4.20cm로서 평균에 대한 오차율은 .03% 이었고, 왼쪽의 경우 4가지 흰 유형의 Z값 평균은 65.5±4.35cm로서 평균에 대한 오차율은 .03% 이었다. 따라서 본 연구에서 4가지 흰으로 킱을 한 결과 피험자가 발휘한 파워의 정도는 오차±.03%내에서 동일한 킱을 반복한 것으로 나타났다.

2) 신체중심의 속도

각 국면과 흰의 특성에 따른 신체중심의 속도변화는 <표4-2> 및 <그림4-2>과 같다. <표4-2>에서 회복기 동안 진행방향(Y축)에서 모든 흰 유형의 평균속도는 $.65 \pm 3.22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $-8.83 \pm 4.96 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주기의 평균 $-33.90 \pm 14.79 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 이러한 (-) 부호의 결과는 추진하는 방향이 왼쪽을 의미하는 것으로 회복기의 거의 정지된 상태에서 추진기 및 활주기로 진전됨에 따라서 점차 큰 추진력을 가지는 것으로 나타났다.

<표4-2> 흰 특성에 따른 각 방향(X,Y,Z)에서 국면별 평균 신체중심의 속도($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

구분		회복기	추진기	활주기
유형 I	X	-0.4	2.1	-0.3
	Y	-2.9	-4.4	-12.3
	Z	6.5	8.3	3.1
유형 II	X	-2.5	6.0	-5.2
	Y	-0.4	-11.3	-41.4
	Z	1.5	1.7	2.2
유형 III	X	-4.0	-2.1	-1.5
	Y	1.1	-14.6	-45.1
	Z	-0.3	-2.1	3.0
유형 IV	X	1.7	-2.8	3.8
	Y	4.8	-5.0	-36.8
	Z	-1.7	-1.7	2.1
평균±표준편차	X	-1.30 ± 2.49	0.80 ± 4.09	-0.80 ± 3.71
	Y	0.65 ± 3.22	-8.83 ± 4.96	-33.90 ± 14.79
	Z	1.50 ± 3.58	1.55 ± 4.81	2.60 ± 0.52



<그림4-2> 흰 특성에 따른 국면별 평균 신체중심 속도

국면별 평균 속도의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 136%증가, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 추진력이 384%의 증가를 보였다.

진행방향(Y)이 아닌 수직방향(Z)과 좌우방향(X)의 경우 각각의 국면이 진행될수록 평균 속도에서는 거의 변화가 없었고, 결과는 참여한 피험자의 플러터 킥이 정상적으로 잘 이루어졌으며, 진행방향으로의 추진력을 집중한 것으로 나타났다.

국면에 따른 흰 유형별 추진의 특성(Y)은 먼저 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 152%증가, 추진기에서 활주기 진행함에 따라서 280%의 증가를 보였다. 유형 II의 경우 진행방향(Y)에서 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 2825% 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 367%의 증가추세를 보였다. 유형 III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 1327%의 증가와 추진기에서 활주기로의 진행에 따라 308%의 증가추세를 보였다. 유형 IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 104%의 증가를 보였고 추진기에서 활주기로 진

행됨에 따라서 736%의 증가추세를 나타내었다.

흰의 유형별로 진행방향(Y)에서 각 국면별 속도의 증가하는 양상을 정리하면 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 가장 큰 추진력을 전이한 흰의 순서는 유형Ⅳ <유형Ⅰ <유형Ⅲ <유형Ⅱ의 순으로 나타났고, 추진기에서 활주기로 진행되는 과정에서 신체중심에 많은 추진력을 가한 순서는 유형Ⅰ <유형Ⅲ <유형Ⅱ <유형Ⅳ로 나타났다. 이러한 결과를 정리하면 흰 특성의 유형별 활주국면에서 신체중심의 속도에 전이한 양이 가장 큰 경우는 유형Ⅳ가 가장 운동 강도면에서 강한 파워를 산출하였고, 그 다음 유형Ⅱ로 신체중심에 많은 운동량을 전이하였으며, 유형Ⅰ과 유형Ⅲ의 경우는 운동 강도면에서 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 유형Ⅳ가 적합한 것으로 나타났고, 보강운동의 흰으로는 유형Ⅱ, 레저용으로는 유형Ⅰ과 유형Ⅲ이 적합한 것으로 분류된다.

3) 흰 중심의 속도

회복기에서 추진기를 지나 활주기의 1주기 동안 오른쪽과 왼쪽 흰 중심의 국면별 평균 속도변화양상은 <표4-3> 및 <표4-4>와 같으며, 이의 전체적인 변화양상은 <그림4-3>과 <그림4-4>와 같다.

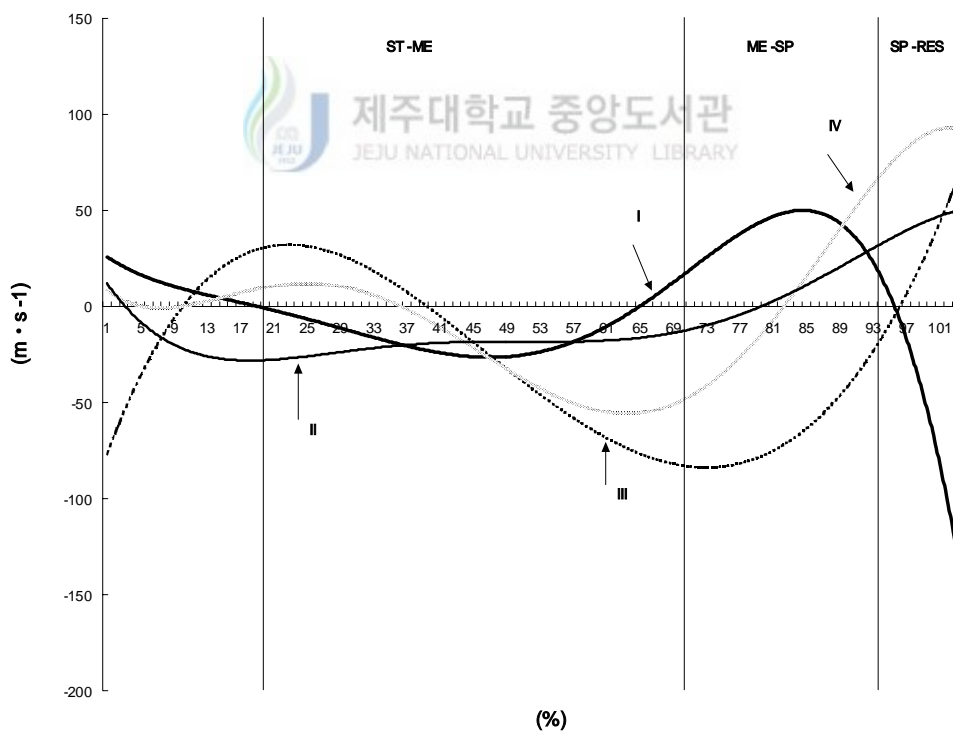
<표4-3> 흰 특성에 따른 각 방향(X,Y,Z)에서 국면별 평균 오른쪽 흰 중심 속도($m \cdot s^{-1}$)

구분		회복기	추진기	활주기
유형Ⅰ	X	-3.8	12.1	8.2
	Y	-14.3	27.4	-19.0
	Z	51.7	-51.7	-24.1
유형Ⅱ	X	-14.8	24.4	12.4
	Y	-19.7	10.8	-3.4
	Z	49.9	-40.5	-19.3
유형Ⅲ	X	-8.4	8.6	3.8
	Y	-25.3	31.2	-42.3
	Z	45.9	-46.3	-8.0
유형Ⅳ	X	4.0	-3.4	16.4
	Y	-24.1	27.0	-90.5
	Z	62.4	-42.6	108.1
평균±표준편차	X	-12.78±8.79	10.43±11.44	10.20±5.42
	Y	0.78±41.33	24.10±9.07	-38.80±37.99
	Z	49.17±2.97	-45.28±4.91	14.18±62.98

<표4-3>의 오른쪽 흰 중심의 평균 속도에서 진행방향(Y)에서 회복기동안 모든 흰 유형의 평균속도는 $.78 \pm 41.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $24.10 \pm 9.07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주시의 평균 $-38.80 \pm 37.99 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 여기서 (-) 부호는 추진하는 방향이 왼쪽을 의미하는 것으로 회복기의 거의 정지된 상태에서 추진기 및 활주기로 진전됨에 따라서 점차 큰 추진속도를 보였다.

흰의 국면별 평균 속도의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 3089%증가, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 추진속도가 160%의 증가를 보였다.

신체중심에서와 같이 진행방향(Y)이 아닌 수직방향(Z)과 좌우방향(X)의 경우 각각의 국면이 진행될수록 평균 속도에서는 거의 변화가 없는 결과는 참여한 피험자의 플러터 킥이 정상적으로 잘 이루어졌고, 진행방향으로의 추진력을 집중한 것으로 나타났다.



<그림4-3> 흰 특성에 따른 오른쪽 흰 중심 속도

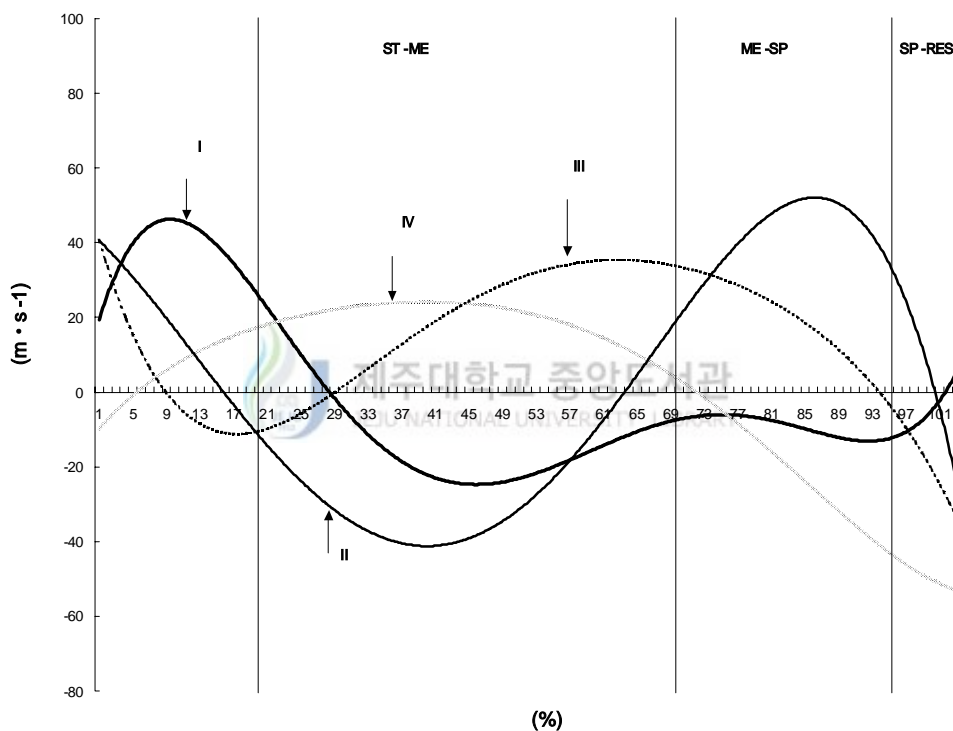
국면에 따른 흰 유형별 추진의 특성(Y)은 먼저 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 92%증가, 추진기에서 활주기 진행함에 따라서 70%수준으로 추진력에서 감소를 보였다. 유형 II의 경우 진행방향(Y)에서 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 55%수준으로 감소를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 32%의 역시 감소하는 경향을 보였다. 유형III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 123%의 증가와 추진기에서 활주기로의 진행에 따라 136%의 증가추세를 보였다. 유형IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 112%의 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행됨에 따라서 335%의 증가추세를 나타내었다.

오른쪽 흰의 유형별로 진행방향(Y)에서 각 국면별 속도의 증가하는 양상을 정리하면 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 가장 큰 추진력을 진이한 흰의 순서는 유형III<유형IV<유형 I의 순서였고, 유형II의 경우는 국면이 진행되어 갈수록 순으로 오히려 감소하는 추세를 보였다. 이러한 결과를 정리하면 흰 특성의 유형별 활주국면에서 신체중심의 속도에 진이한 양이 가장 큰 경우는 유형IV가 가장 운동 강도면에서 강한 파워를 산출하였고, 그 다음 유형III 및 유형 I로 신체중심에 많은 운동량을 진이하였으나, 유형II의 경우는 회복기국면 및 추진-활주국면으로 진행될수록 운동량 진이가 감소하는 양상을 보였다. 흰 중심의 추진방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 신체중심유형IV 및 유형III이 적합한 것으로 나타났다, 보강운동 및 레저용으로는 유형 I 및 유형II가 적합한 것으로 분류된다.

<표4-4> 흰 특성에 따른 각 방향(X,Y,Z)에서 국면별 평균 왼쪽 흰 중심 속도($m \cdot s^{-1}$)

구분		회복기	추진기	활주기
유형 I	X	18.2	-42.8	-2.2
	Y	-13.9	-18.1	3.0
	Z	-38.8	119.6	24.2
유형 II	X	20.5	-25.5	-2.8
	Y	-14.0	18.3	-43.3
	Z	-34.6	65.1	55.6
유형 III	X	13.3	-39.3	-18.2
	Y	-3.7	-0.3	-43.2
	Z	-30.5	52.1	22.5
유형 IV	X	21.7	-19.8	-33.9
	Y	-18.4	9.5	-82.2
	Z	-56.4	47.0	29.0
평균±표준편차	X	18.43±3.71	-31.85±10.97	-14.28±15.03
	Y	-12.50±6.23	2.35±15.61	-41.43±34.85
	Z	-40.08±11.40	70.95±33.32	32.83±15.43

<표4-4>의 왼쪽 흰 중심의 평균 속도에서 진행방향(Y)에서 회복기동안 모든 흰 유형의 평균속도는 $-12.50 \pm 6.23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $2.35 \pm 15.61 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주시의 평균 $-41.43 \pm 34.85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 여기서 (-) 부호는 추진하는 방향이 왼쪽을 의미하는 것으로 회복기의 거의 정지된 상태에서 추진기까지는 다소의 감소를 보였으나 추진국면에서 발휘한 추진력의 결과로 활주기에서 많은 운동량 전이가 있었다.



<그림4-4> 흰 특성에 따른 왼쪽 흰 중심 속도

흰의 국면별 평균 속도의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 19% 수준으로 감소, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 추진속도가 1763%의 증가를 보였다.

신체중심에서와 같이 진행방향(Y)이 아닌 수직방향(Z)에서는 국면의 진행에 따라 다소의 증감이 있었으나 좌우방향에서는 각각의 국면이 진행될수록 평균 속도에서는 거의 변화가 없는 결과는 참여한 피험자의 플러터 킥이 대체로 정상적으로 잘

이루어졌고, 진행방향으로의 추진력을 집중한 것으로 나타났다.

국면에 따른 흰 유형별 추진의 특성(Y)은 먼저 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 130%증가, 추진기에서 활주기 진행함에 따라서 17%수준으로 추진력에서 감소를 보였다. 유형 II의 경우 진행방향(Y)에서 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 130%수준으로 증가추세를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 236%로 증가추세를 보였다. 유형 III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 12%수준으로 감소와 추진기에서 활주기로의 진행에 따라 1440%의 증가추세를 보였다. 유형 IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 52%로 감소를 보였고 추진기에서 활주기로 진행됨에 따라서 865%의 증가추세를 나타내었다.

왼쪽 흰의 유형별로 진행방향(Y)에서 각 국면별 속도의 증가하는 양상을 정리하면 추진국면에서 추진력을 발휘한 결과 활주국면에 영향을 가장 크게 미친 경우는 유형 III과 유형 IV로 나타났다. 가장 큰 추진력을 전이한 흰의 순서는 유형 III < 유형 IV < 유형 II의 순서였고 유형 I의 경우는 오히려 감소하는 추세를 보였다. 이러한 결과를 정리하면 흰 특성의 유형별 활주국면에서 신체중심의 속도에 전이한 양이 가장 큰 경우는 유형 III가 가장 운동 강도면에서 강한 파워를 산출하였고, 그 다음 유형 IV 및 유형 II로 신체중심에 많은 운동량을 전이하였으나, 유형 I의 경우는 회복기 국면 및 추진-활주국면으로 진행될수록 운동량전이가 감소하는 양상을 보였다. 흰 중심의 추진방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 신체중심유형 IV 및 유형 III이 적합한 것으로 나타났고, 보강운동용은 II 및 레저용으로는 유형 I이 적합한 것으로 분류된다.

3. 각운동학 변인

1) 흰의 저축굴곡 각위

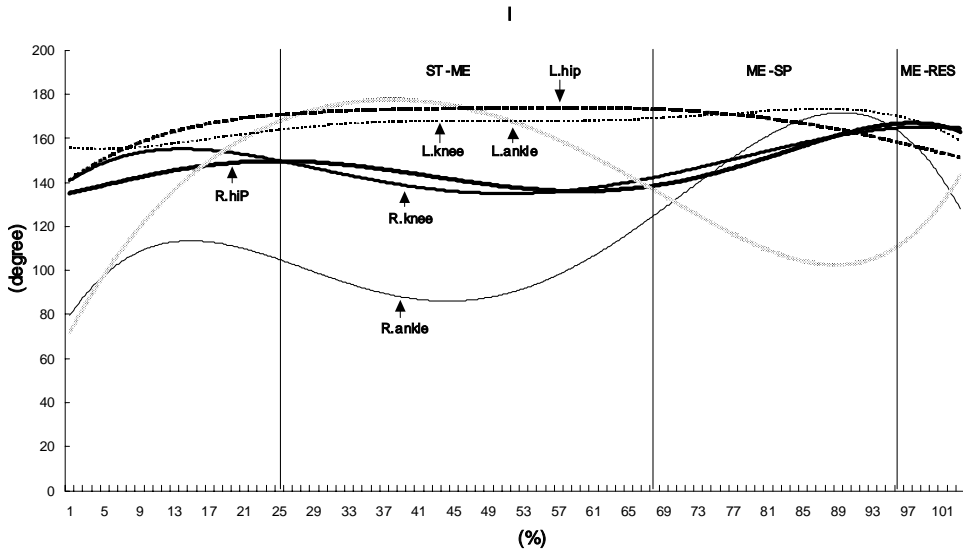
회복기에서 추진기를 지나 활주기의 1주기 동안 국면별 오른쪽과 왼쪽 흰의 유형에 따른 평균 저축 굴곡 각위 변화양상은 <표4-5> 및 <그림4-5>과 같다.

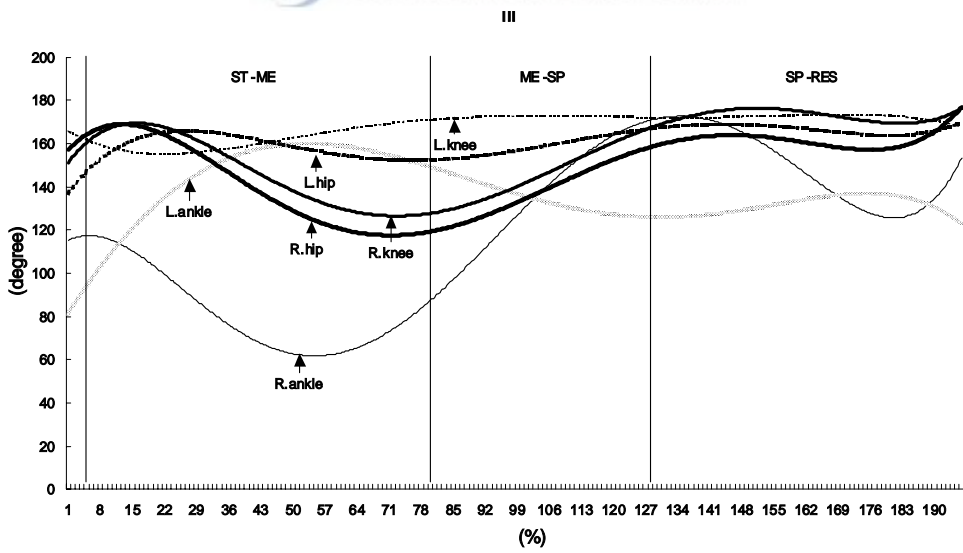
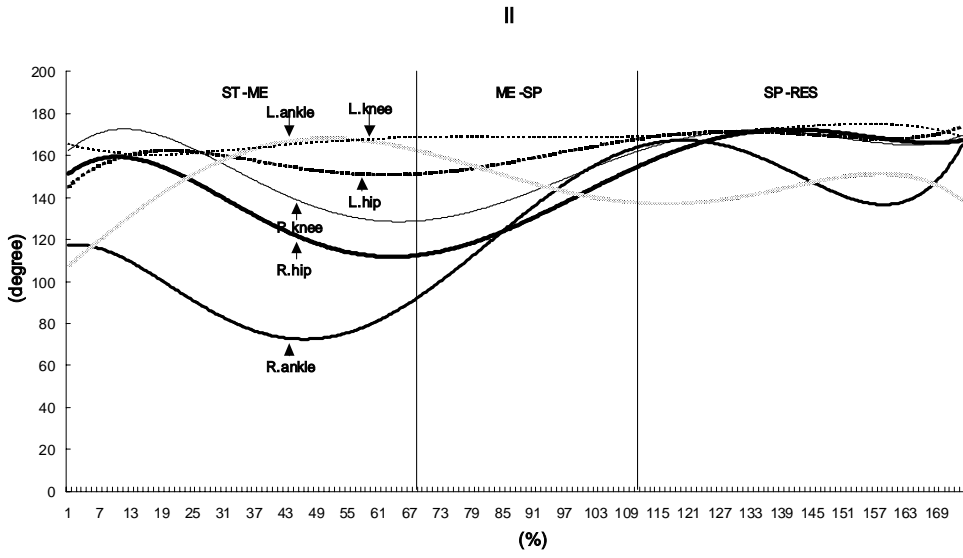
<표4-5>의 모든 흰 유형의 오른 흰 평균 각위에서 회복기의 평균 $89.88 \pm 5.43\text{deg}$, 추진기의 평균 $143.05 \pm 9.20\text{deg}$, 활주기 평균 $156.00 \pm 4.70\text{deg}$ 로 각각 나타

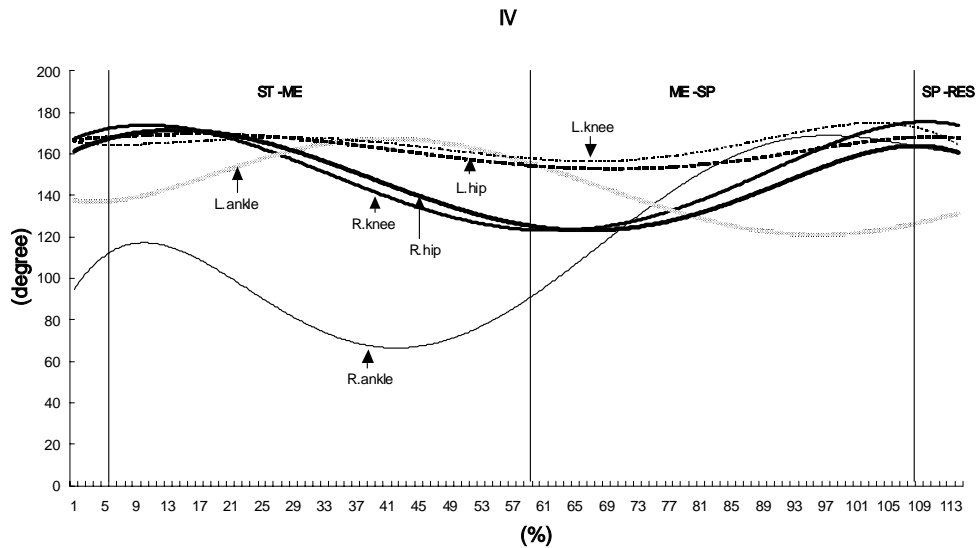
났다. 왼쪽 힌의 경우 회복기에서 평균 $150.98 \pm 3.93 \text{deg}$, 추진기의 평균 $132.10 \pm 10.15 \text{deg}$, 활주기 평균 $132.53 \pm 6.58 \text{deg}$ 로 각각 나타났다. 모든 힌의 평균 각위 변화는 국면이 진행함에 따라서 추진하는 오른발의 경우 점차 증가하는 추세를 보였다.

<표4-5> 국면별 힌의 평균 저측 상대 굴곡각도(deg)

구분		회복기	추진기	활주기
유형 I	오른 힌	99.9	158.0	152.0
	왼쪽 힌	153.1	111.8	121.8
유형 II	오른 힌	90.7	127.4	150.9
	왼쪽 힌	150.2	150.9	144.2
유형 III	오른 힌	81.3	146.5	154.7
	왼쪽 힌	143.9	132.7	134.0
유형 IV	오른 힌	87.6	140.3	165.4
	왼쪽 힌	156.7	133.0	130.1
평균±표준편차	오른 힌	89.88 ± 5.43	143.05 ± 9.20	156.00 ± 4.70
	왼쪽 힌	150.98 ± 3.93	132.10 ± 10.15	132.53 ± 6.58







<그림4-5> 하지관절에서의 국면별 상대 굴곡각도

오른쪽의 국면별 평균 각위의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 159% 증가, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 왼쪽의 각위가 109%로 약간 증가한 저축굴곡을 보였다.

왼쪽의 국면별 평균 각위의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 87.4% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 왼쪽의 저축굴곡은 거의 변화를 보이지 않았다.

국면에 따른 흰 유형별 흰의 저축굴곡정도는 먼저 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른쪽의 경우 158%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 104% 수준으로 흰의 굴곡 정도가 큰 변화를 보이지 않았다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽의 경우 137%로 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 109% 수준으로 다소 증가한 흰의 굴곡정도를 보였다.

유형 II의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른쪽의 경우 140%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 118% 수준으로 흰의 굴곡 정도가 변화를 보였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽의 경우 100%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 105% 수준으로 다소 증가한

흰의 저축 굴곡 상태를 보였다.

유형Ⅲ의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 180%의 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 106% 수준으로 흰의 굴곡 정도가 거의 변화를 보이지 않았다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 108%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 101% 수준으로 흰의 저축 굴곡의 상태가 변화를 보이지 않았다.

유형Ⅳ의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 160%의 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 118% 수준으로 흰의 굴곡 정도가 약간 변화를 보였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 118%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 102% 수준으로 흰의 저축 굴곡의 상태가 변화를 보이지 않았다.

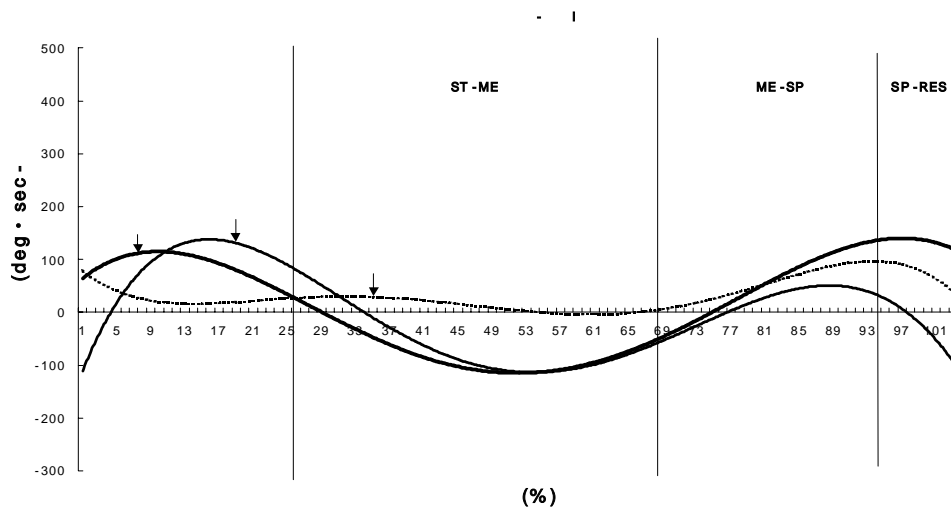
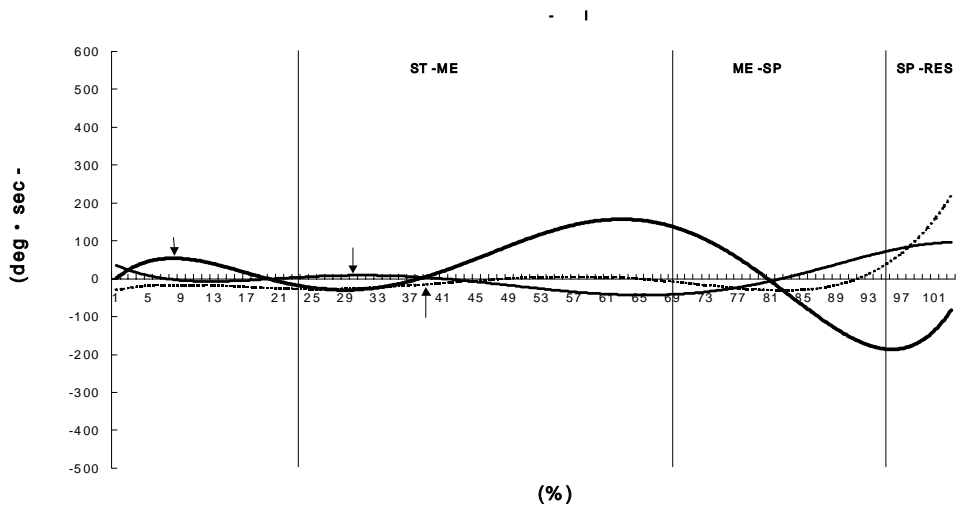
이상 흰의 유형별 국면에 따라서 오른발 흰 킷시 저축굴곡의 정도는 추진기에서 유형Ⅱ<유형Ⅰ<유형Ⅳ<유형Ⅲ의 순으로 나타났다. 따라서 흰의 저축굴곡이 심한 유형Ⅲ과 유형Ⅳ의 경우가 더 강력한 추진력을 발휘함으로써 활주기동안 중심의 운동량(Y축)에 더 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

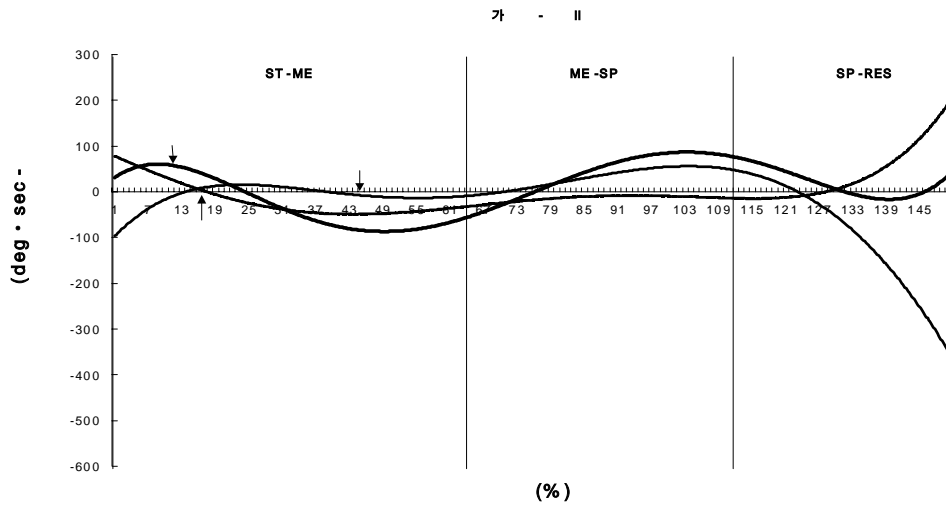
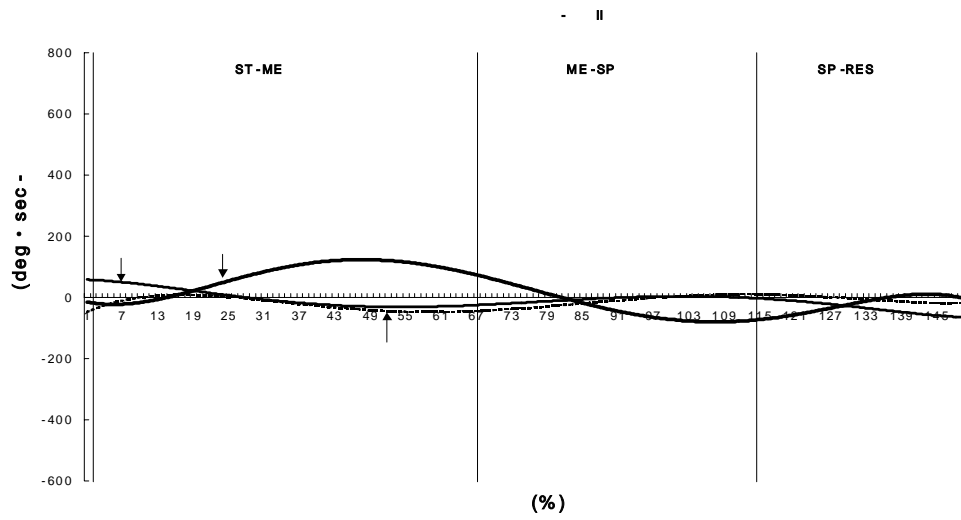
2) 흰의 각속도

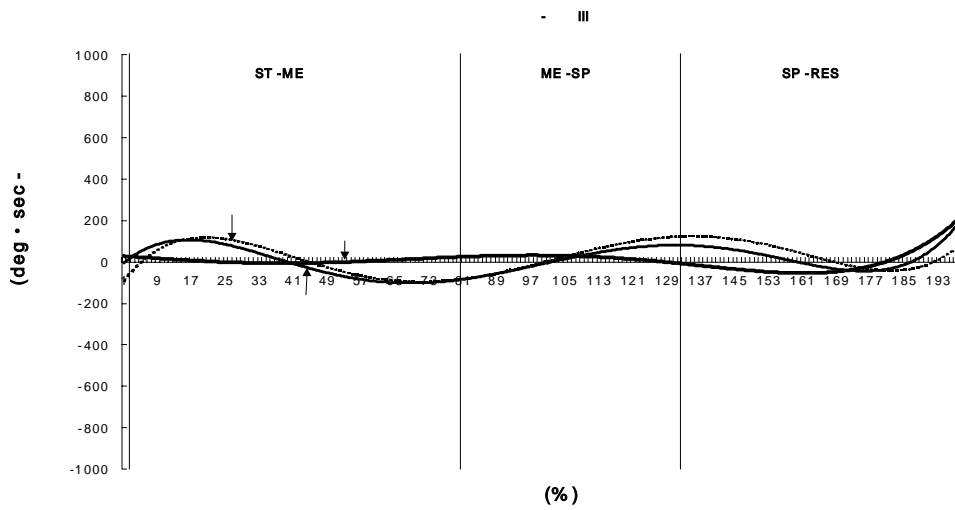
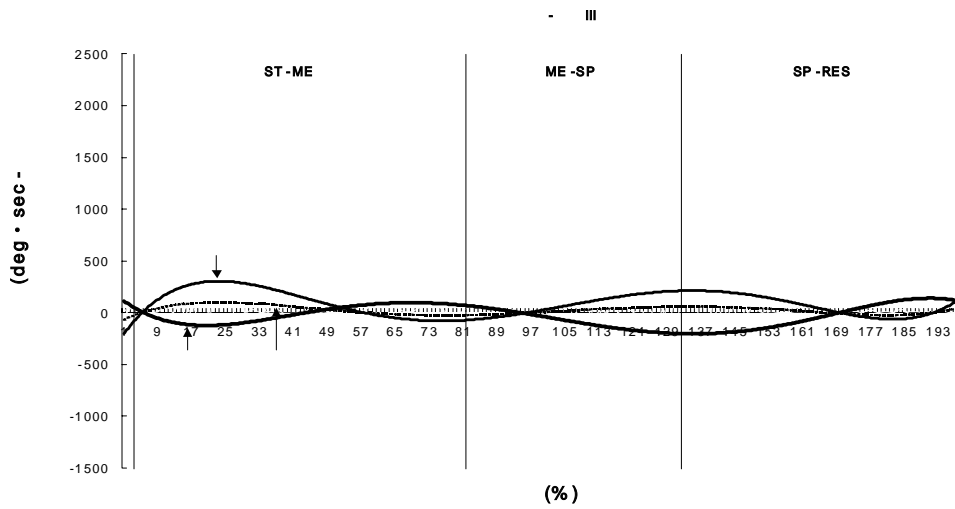
회복기에서 추진기를 지나 활주기의 1주기 동안 국면별 오른쪽과 왼쪽 흰의 유형에 따른 평균 각속도 변화 양상은 <표4-6> 및 <그림4-6>과 같다.

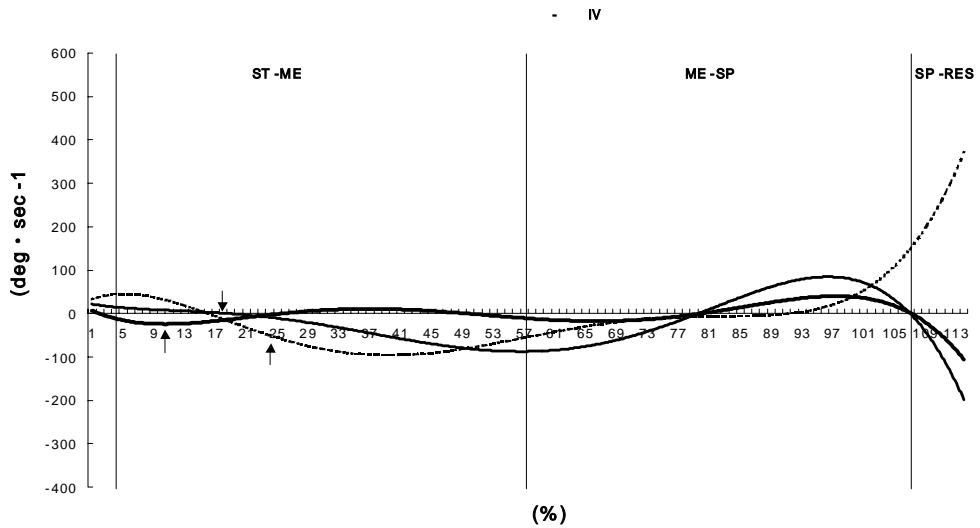
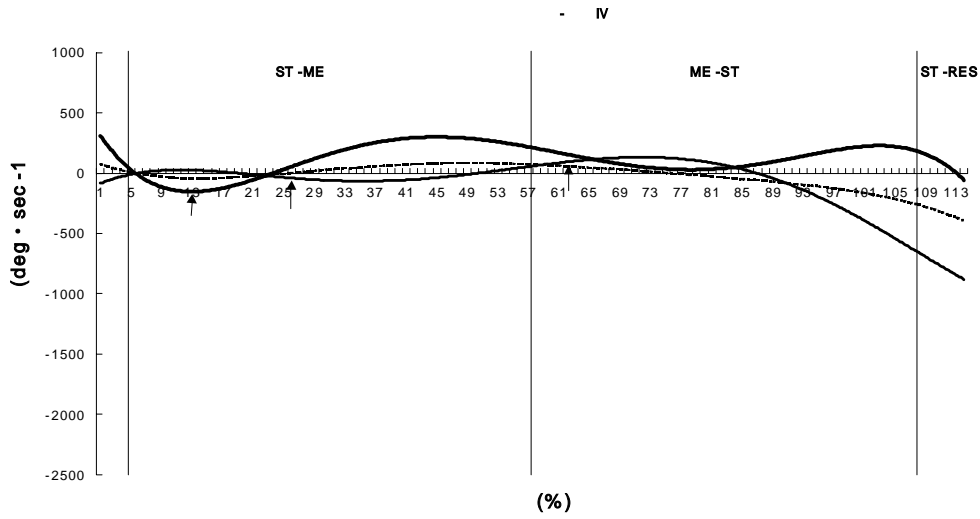
<표4-6> 국면별 흰의 평균 각속도(deg·sec⁻¹)

구분		회복기	추진기	활주기
유형Ⅰ	오른흰	-15.5	-30.1	22.6
	왼쪽흰	-14.6	-4.9	18.6
유형Ⅱ	오른흰	2.8	-18.1	91.3
	왼쪽흰	-0.5	47.5	-87.5
유형Ⅲ	오른흰	-5.7	39.9	210.1
	왼쪽흰	-6.9	-8.6	34.8
유형Ⅳ	오른흰	31.4	-33.3	150.7
	왼쪽흰	3.4	-7.4	-1.4
평균±표준편차	오른흰	3.25±14.0	-10.40±25.1	18.7±61.7
	왼쪽흰	-7.15±5.4	.65±22.9	-8.88±39.3









<그림4-6> 국면별 환의 오른쪽, 왼쪽 평균 각속도

<표4-6>의 모든 흰 유형의 오른 흰 평균 각속도에서 회복기의 평균 $3.25 \pm 14.0 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $-10.40 \pm 25.1 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주기 평균 $18.7 \pm 61.7 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 왼쪽 흰의 경우 회복기에서 평균 $-7.15 \pm 5.4 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $.65 \pm 22.9 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주기 평균 $-8.88 \pm 39.3 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 국면이 진행함에 따라서 오른쪽 및 왼쪽의 흰의 각속도는 점차 증가하는 추세를 보였다. (-) 부호는 양 하지의 교차로 인한 방향을 의미하므로 절대 각속도로 값의 크기를 고려하면 된다.

오른흰의 국면별 평균 각속도의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 320%증가, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 흰의 각속도가 180%의 증가를 보였다.

왼쪽흰의 국면별 평균 각속도의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 9%수준으로 감소를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 흰의 각속도가 1353%의 증가를 보였다.

국면에 따른 흰 유형별 각속도 특징은 먼저 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 194%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 75% 수준으로 흰의 각속도가 감소하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 298%로 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 26% 수준으로 흰의 각속도가 감소 추세를 보였다.

유형 II의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 15% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기 진행함에 따라서 504% 수준으로 흰의 각속도가 증가하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 9% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 54% 수준으로 흰의 각속도가 감소하는 추세를 보였다.

유형 III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 7%수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기 진행함에 따라서 527% 수준으로 흰의 각속도가 크게 증가하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 125% 수준으로 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 405% 수준으로 흰의 각속도가 크게 증가하는 추세를 보였다.

유형 IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 94% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기 진행함에 따라서 453% 수준으로 흰의 각속도가

크게 증가하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽횡의 경우 46% 수준으로 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 528% 수준으로 횡의 각속도가 크게 증가하는 추세를 보였다.

각 국면에 따라서 횡의 유형별 활주기에 미친 각속도의 크기는 유형 I에 비하여 유형 II, 유형 III 및 유형 IV의 경우 큰 각속도를 유지하였다. 이러한 결과는 추진국면에서 추진 결과로 횡의 저측 및 배측굴곡이 강하게 이루어진 결과로 사료되고, 진행방향(Y)으로 운동량을 크게 전달할 수 있는 상황이며, 강도 높은 수중운동의 수단이 될 수 있는 횡으로 사료된다.

4. 횡 유형에 따른 운동효과 변인간 상관

횡 유형에 따라서 운동효과에 미치는 변인간 단순상관 분석의 결과는 <표4-7>과 같다. 분석한 변인은 횡 1주기동안 국면별 신체중심 속도(X1), 우측 횡중심속도(X2), 좌측 횡중심속도(X3), 소요시간(X4), 우측 횡 저측굴곡각도(X5), 좌측 횡 저측굴곡각도(X6), 우측 횡 각속도(X7), 좌측 횡 각속도(X8)로 설정하였다.

<표4-7> 흰 유형에 따른 운동효과 변인간 상관

	신체 중심속도	흰의중심 속도(R)	흰의중심 속도(L)	소요시간	흰 굴곡각도(R)	흰 굴곡각도(L)	흰 각속도(R)	흰 각속도(L)
	(X1)	(X2)	(X3)	(X4)	(X5)	(X6)	(X7)	(X8)
유형 I	X1	.449	-.943	.260	-.546	.424	-.912	.990*
	X2		-.720	-.744	.501	-.617	-.775	-.321
	X3			.074	.238	-.100	.996**	.888
	X4				-.950	.984	.156	-.392
	X5					-.990	.157	.657
	X6						-.017	-.545
	X7							.847
	X8							
유형 II	X1	-.294	.688	.989*	.831	.937	-.904	.815
	X2		.489	-.429	.285	.055	-.140	.313
	X3			.576	.975	.897	-.932	.981
	X4				.742	.877	-.833	.722
	X5					.972	-.989*	.999**
	X6						.996**	.965
	X7							-.984
	X8							
유형 III	X1	.449	-.943	.260	-.546	.424	-.912	-.990*
	X2		-.720	-.744	.501	-.617	-.775	-.321
	X3			.074	.238	-.100	.996**	.888
	X4				-.950	.984	.156	-.392
	X5					-.990	.157	.657
	X6						-.017	-.545
	X7							.847
	X8							
유형 IV	X1	.780	.863	.955	-.878	.751	-.835	.162
	X2		.989	.930	-.386	.173	-.995*	-.490
	X3			.974	-.517	.316	-.998**	-.357
	X4				-.697	.522	-.960	-.137
	X5					-.975	.471	-.614
	X6						-.265	.773
	X7							.405
	X8							

★ p<.05, ★★ p<.01, ★★★ p<.001

유형 I 에서 신체중심의 속도는 흰의 좌측 각속도와 관계는 $r = -.990(P < .05)$ 로 나타난 바 추진국면에서 흰의 추진하는 각속도가 클수록 신체중심의 속도는 거의 정비례하여 증가하는 관계를 보였다.

왼쪽 흰의 중심속도변인은 오른쪽 흰의 각속도 인과는 $r = .996(P < .01)$ 수준으로 역시 흰의 선속도는 추진국면에서 흰의 강한 각속도에 거의 정비례하는 관계를 보였다. 따라서 신체중심 및 흰 중심의 선속도는 추진기 및 활주기에서 진행방향으로 추진하는 요인으로서 운동강도와 절대적으로 비례하는 요인이다. 따라서 유형 I 를 정리하면 신체중심의 선속도 변인에 절대적으로 영향을 주는 요인인 흰의 각속도는 결국 신체를 전방으로 나아가게 하는 요인이었던 것으로 나타났다.

유형 II 에서 신체중심의 속도는 각 국면에서 소요시간 변인과 $r = -.989(P < .05)$ 로 거의 정비례하는 관계로서 추진국면에서 흰의 추진하는 시간소요가 길수록 신체중심의 전방으로 선속도는 더 큰 값을 가지는 것으로 나타났다. 즉 회복기 및 추진기에서 강력한 흰력을 위해 준비하는 과정에서 소요시간이 길수록 신체중심의 전방으로 나아갈수록 선속도에 미치는 영향은 큰 것으로 나타났다.

추진하는 발인 우측 흰의 굴곡각도는 오른쪽 흰의 각속도와 $r = -.989(P < .05)$ 및 왼쪽 흰의 가속도와는 $r = .999(P < .01)$ 로서, 회복기 및 추진기에서 흰의 저측 굴곡각도가 클수록 흰의 각속도는 정비례하는 관계를 보인바, 흰의 재질이 탄성이 클수록 각속도에는 더 큰 영향을 미친다고 사료된다.

좌측 흰의 굴곡각도는 우측 흰의 굴곡 각속도와의 관계는 $r = .996(P < .01)$ 로서 역시 흰의 저측굴곡각도와 각속도는 정비례 관계를 유지함을 알 수 있다.

따라서 흰의 유형 II 의 경우를 정리하면 흰의 저측굴곡 각도변인과 흰의 각속도 변인간에 거의 정비례하는 특성의 관계를 유지한 바, 결국 회복기 및 추진기에 흰의 탄성도가 좋은 재질일수록 흰의 가속도는 커지고 역시 신체중심의 운동량에 큰 영향을 미칠 수 있다고 사료된다.

유형 III 에서 신체중심의 속도는 왼쪽 흰의 각속도 변인과 $r = -.990(P < .05)$ 으로서 반비례하는 관계를 보였고, 추진하는 오른발의 보조수단인 왼쪽 흰의 각속도 변인은 신체중심의 전방으로 추진력에는 아무런 도움이 되지 않았던 것으로 나타났다.

왼쪽 흰의 중심속도는 오른쪽 흰의 각속도 변인과 $r = .996(P < .01)$ 의 정비례하는 관계를 유지한 바 역시 전방으로 추진하는 추진력은 추진하는 발의 흰의 각속도에

좌우되는 것으로 나타났다.

따라서 유형Ⅲ을 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도와 이의 한 단계이전 변인인 저축 굴곡각도에 좌우되는 것으로 나타났다.

유형Ⅳ에서 추진 주체인 오른쪽 흰 중심속도는 오른쪽 흰의 각속도와는 $r=-.995(P<.05)$ 로서 반비례하는 관계를 보였고, 왼쪽 흰 중심속도 역시 왼쪽 흰의 각속도와 $r=-.998(P<.01)$ 로서 역시 정비례하는 관계를 보였다.

유형Ⅳ를 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 관계를 보였다.

흰의 각 유형별 변인간의 상관관계를 정리하면 유형Ⅰ은 흰의 각속도의 크기가 신체중심의 운동량을 결정하는 요인으로 작용하였고, 유형Ⅱ는 회복기 및 추진기에 흰의 저축굴곡각위와 각속도는 정비례 관계를 유지하므로써 신체중심의 운동량을 크게하는 것으로 나타났다.

유형Ⅲ은 신체중심의 운동량에 큰 영향을 준 원인은 흰의 각속도 및 저축 굴곡각위로 나타났고, 유형Ⅳ는 전방으로 운동량은 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 관계를 보였다.



V. 논 의

본 연구의 목적은 흰의 구조적 특성에 따라 흰이 발휘한 운동효과를 검증하여 각 개인의 능력과 용도에 따라 선별적으로 선택하여 활용할 경우 건강운동 및 레저, 엘리트선수의 전문체력강화 용도로 사용할 수 있는 운동강도의 검증하는데 있다. 이를 실현하기 위해 흰의 구조적 및 재질에 따라 4가지 유형으로 제한하였고, 동일한 추진력을 가할 수 있도록 피험자를 선별후 중성부력을 유지하여 신호에 따라 추진기, 회복기, 글라이딩기의 방법으로 흰의 유형에 따른 국면별 시간변인, 선 운동학적 변인, 각 운동학적 변인, 운동효과 변인과의 상관분석, 구조적 특성에 따른 용도를 분류에 따라 분석한 결과를 검증하였다. 검증한 결과를 토대로 각 항목에 대한 논의 결과는 다음과 같다.

1. 시간변인

흰의 4가지 유형 모두 평균한 결과 회복기에 소유한 시간은 $1.23 \pm .32$ 초로 전체소요시간 49%, 추진기 35%, 활주기 16%의 소요시간의 비율로 가장 많이 소요된 국면은 회복기로 나타났다. 즉 많은 추진력의 발생을 위한 양 하지가 모아진 상태에서 최대로 벌리는 회복기에서 많은 소요시간의 비율을 차지한 것으로 나타났다. 흰의 유형별 분석을 보면 유형 I의 경우 전체 소요시간 2.12초로 회복기 43%, 추진기 25%, 활주기 32%로 활주기 소요시간이 많은 비율을 차지하였으며, 4가지 유형 전체 평균 소요시간에 비교하면 .39초가 적게 나타났으며, 유형 II의 경우 전체 소요시간이 2.25초로 회복기 55%, 추진기 37%, 활주기 9%로 유형 II의 경우도 회복기에서 상대적으로 높은 비율로 나타났다. 유형 III의 경우는 전체 소요시간 3.16초로 회복기 50%, 추진기 30%, 활주기 20%를 전체 평균 소요시간에 비교하면 .65초로 추진기와 활주기의 소요시간이 적은 대신 회복기에 시간이 상대적으로 많이 나타났고, 유형 IV의 경우 전체 소요시간 2.24초로 회복기 46%, 추진기 49%, 활주기 5%로 회복기와 추진기의 시간이 많이 나타났으며, 여기에서 추진기의 소요시간이 다른 3가지 유형과 달리 추진기의 소요시간이 길게 나타났다.

이러한 연구 결과는 선행연구(류재청·윤상택, 1998)에서 보고한 수중 수영시 자세에서 추진력(propulsion)은 원을 착용하고 수영하는 것과 같이 전방으로 추진하는 작용이며, 수영할 때 추진력의 일부는 전방으로 추진을 하게 하고, 다른 힘은 중성을 취하지 않으면 부력 혹은 중력으로 작용하며, 전진방향은 추진력 방향과 평형을 이루고, 전체 추진력은 전방으로 추진을 위해 사용된다.

그리고 항력은 전단면적에 비례한다. 수영할 때 공격각이 클수록 전단면적은 더 커지고, 신체가 받는 저항은 더 커지게 된다. 항력과 관련된 두 번째 요인은 속도이다. 항력은 속도의 자승에 비례한다. 이는 속도가 두 배로 증가되면 4배의 저항력이 생긴 것과 비교하면 4가지 유형에서 양 하지를 최대로 벌려 최대로 추진력을 가하여 양 하지가 모아진 상태로 미끄러져 나아가는 국면인 활주하는 데 소요한 시간은 유형 I 이 큰 비중을 차지하였고, 원의 구조적 특성에서 유리한 조건과 추진기동작에서 원이 받는 저항력이 상대적으로 적게 받은 결과 활주기 시간이 큰 비중을 차지한 것으로 사료된다.

2. 선 운동학 변인



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1) 원 유형에 따라 원 킥의 운동강도 검증

원 유형에 따라 원 킥의 운동강도 검증을 위해 다양한 원의 유형별로 동일한 파워 전달로 오른쪽과 왼쪽 원 중심의 Z방향으로의 좌표값 평균±표준편차를 산출한 결과 오른쪽과 왼쪽의 오차율은 .03%로 4가지 원으로 킥을 한 결과 피험자가 발휘한 파워의 정도는 오른쪽과 왼쪽의 오차±.03%내에서 동일한 킥을 반복한 것으로 나타났다. 본 연구에서 확인된 운동강도의 검증은 피험자를 대상으로 실시한 연구보다는 유형이 다른 4가지 원의 구조적 특성에 따라 운동효과 및 운동강도의 검증 위해 실시하였으나 추후 원의 유형에 따른 운동강도 검증시 피험자와 원의 종류에 따라 각각 선정하는 것이 필요하다고 사료된다. 더 나아가 피험자의 수중활동 경력에 따라 피험자 선택을 실시하여야 하겠다.

2) 신체중심의 속도

회복기 동안 진행방향(Y축)에서 모든 흰 유형의 평균속도는 $.65 \pm 3.22 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $-8.83 \pm 4.96 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주시의 평균 $-33.90 \pm 14.79 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 이러한 (-) 부호의 결과는 추진하는 방향이 왼쪽을 의미하는 것으로 회복기시 거의 정지된 상태에서 추진기 및 활주기로 진전됨에 따라서 점차 큰 추진력을 가지는 것으로 나타났다.

국면에 따른 흰 유형별 추진의 특성을 진행방향(Y)은 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라 152%증가, 추진기에서 활주기 진행함에 따라서 280%의 증가를 보였고, 유형 II의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라 2825% 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 367%의 증가를 보였다. 유형 III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 1327%의 증가와 추진기에서 활주기로 진행함에 따라 308%의 증가추세를 보였으며, 마지막 유형 IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 104%의 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행됨에 따라서 736%의 증가추세를 볼 때 흰 특성의 유형별 활주국면에서 신체중심의 속도에 전이한 양이 가장 큰 유형 IV의 경우 운동 강도면에서 가장 강한 파워를 나타낸 것으로 볼 때 스포츠 강화훈련으로 적합것으로 나타났고, 보강운동으로는 신체중심에 많은 운동량을 전이하는 유형 II 것으로 나타났다. 그리고 진행방향이 아닌 수직방향, 좌우방향의 경우 각각의 국면이 진행될수록 평균속도에서는 거의 변화가 없는 결과 참여한 피험자의 플러터 킥이 정상적으로 잘 이루어졌으며, 진행방향으로의 추진력을 집중한 것으로 나타났다.

3) 흰 중심의 속도

오른쪽 흰 중심의 평균 속도에서 진행방향(Y)에서 회복기동안 모든 흰 유형의 평균속도는 $.78 \pm 41.3 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $24.10 \pm 9.07 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주시의 평균 $-38.80 \pm 37.99 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 나타났으며, 왼쪽 흰 중심의 평균 속도에서 진행방향(Y)에서 회복기동안 모든 흰 유형의 평균속도는 $-12.50 \pm 6.23 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $2.35 \pm 15.61 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주시의 평균 $-41.43 \pm 34.85 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. (-) 부호는 추진하는 방향이 왼쪽을 의미하는 것으로 회복기시 거의 정지된 상태에서 추진

기 및 활주기로 진전됨에 따라서 점차 큰 추진속도로 나타났고, 왼쪽은 회복기의 거의 정지된 상태에서 추진기까지는 다소의 감소를 보였으나, 추진국면에서 발휘한 추진력의 결과로 활주기에서 많은 운동량의 전이가 있었다.

오른쪽 흰의 경우 유형별로 진행방향(Y)에서 각 국면별 속도의 증가하는 양상을 보면 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라 큰 추진력을 전이한 흰의 순서는 유형Ⅲ<유형Ⅳ<유형Ⅰ의 순서로 나타났고, 유형Ⅱ의 경우는 국면이 진행되어 갈수록 오히려 감소하는 추세로 나타났다.

이러한 결과를 정리하면 흰 특성의 유형별 활주국면에서 신체중심의 속도에 전이한 양이 가장 큰 경우는 유형Ⅳ가 가장 운동 강도면에서 강한 파워를 산출하였고, 그 다음 유형Ⅲ 및 유형Ⅰ로 신체중심에 많은 운동량을 전이하였으나, 유형Ⅱ의 경우는 회복기국면 및 추진-활주국면으로 진행될수록 운동량전이가 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 흰 중심의 추진방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 신체중심 유형Ⅳ 및 유형Ⅲ이 적합한 것으로 나타났고, 보강운동 및 레저용으로는 유형Ⅰ 및 유형Ⅱ가 적합한 것으로 분류할 수 있다.

왼쪽 흰의 경우 유형별로 진행방향(Y)에서 각 국면별 속도의 증가하는 양상을 정리하면 추진국면에서 추진력을 발휘한 결과 활주국면에 영향을 가장 크게 미친 경우는 유형Ⅲ과 유형Ⅳ로 나타났다. 가장 큰 추진력을 전이한 흰의 순서는 유형Ⅲ<유형Ⅳ<유형Ⅱ의 순서였고 유형Ⅰ의 경우는 오히려 감소하는 추세로 나타났다.

이러한 결과를 정리하면 흰 특성의 유형별 활주국면에서 신체중심의 속도에 전이한 양이 가장 큰 경우는 유형Ⅲ가 가장 운동 강도면에서 강한 파워를 산출하였고, 그 다음 유형Ⅳ 및 유형Ⅱ로 신체중심에 많은 운동량을 전이하였으나, 유형Ⅰ의 경우는 회복기국면 및 추진-활주국면으로 진행될수록 운동량전이가 감소하는 양상을 보였다. 흰 중심의 추진방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 신체중심유형Ⅳ 및 유형Ⅲ이 적합한 것으로 나타났고, 보강운동용은 유형Ⅱ, 레저용으로는 유형Ⅰ이 적합한 것으로 분류할 수 있으며, 선행연구 여남희(1993)에 의하면 지구성 운동능력의 평가에서 훈련 평가 지표로서 최대산소섭취량, 무산소성 역치수준(AT), 혈중젖산축적율, 심박수의 증가율 및 회복율에 의해 크게 좌우될 수 있다고 했으며, 특히 Treffene(1977)는 수영선수의 최대심박수에 도달했을 때 최대스피드(Vmax)를 산출하기 위하여 일정한 페이스 수영 직후 측정된 살림

심박수(steady state heart rate)를 이용하는 방법을 기술하였다. 즉 최대 스피드로 200m 수영후의 혈중젖산농도(blood lactate concentration)는 엘리트 중장거리 수영 선수 보다 엘리트 단거리 수영선수에서 훨씬 더 높은 것으로 나타났다.

김(1986)은 스쿠버 다이빙시 심박수의 변화를 분석한 결과 수심 1m에서의 경우가 3m에서 보다 $P<.05$ 수준으로 더 높았고, 또한 스쿠버 활동시간이 증가함에 따라 심박수의 변화는 $P<.01$ 수준에서 더 높은 것으로 나타났으며, 수중활동 종류에 따른 최대심박수의 경우는 스킨다이빙(179bpm), 스쿠버다이빙(166bpm), 평영(144bpm)의 순으로 $P<.01$ 수준에서 각각 유의한 차이를 보여 수중활동에서 운동량이 더 많은 것으로 보고했다. 이상의 연구결과를 종합해 볼 때 추후 흰을 이용한 연구시 흰의 유형에 따라 장시간 활동에 따른 신체의 변화 현상과 건강상태인 생리학적 효과적인 측면을 병행할 경우보다 확실한 검증이 이루어 질 수 있도록 뒷받침해주고 있으며, 아울러 흰 중심의 추진방향에서 제시한 유형별 분류는 수중레저스포츠나 여가활동, 또는 스포츠 훈련시 효과적인 선택으로 좋은 자료가 될 것이라고 사료된다.

3. 각운동학적



1) 흰의 저축굴곡 각위

모든 흰 유형의 오른쪽 흰의 경우 평균 각위에서 회복기의 평균 $89.88\pm 5.43\text{deg}$, 추진기의 평균 $143.05\pm 9.20\text{deg}$, 활주기 평균 $156.00\pm 4.70\text{deg}$ 로 나타났다. 왼쪽 흰의 경우 회복기에서 평균 $150.98\pm 3.93\text{deg}$, 추진기의 평균 $132.10\pm 10.15\text{deg}$, 활주기 평균 $132.53\pm 6.58\text{deg}$ 로 각각 나타났다. 이처럼 모든 흰의 평균 각위 변화는 국면이 진행함에 따라서 추진하는 오른발의 경우 점차 증가하는 추세를 보였다. 흰 유형별 흰의 저축굴곡정도를 보면 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 158%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 104% 수준, 왼쪽 흰의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 137%로 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 109% 수준으로 나타났다.

유형 II의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 140%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 118%수준, 회복기에서 추진기로 진행함

에 따라서 왼쪽힘의 경우 100%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 105% 수준으로 나타났다. 유형Ⅲ의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라 오른힘의 경우 180%의 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 106%이며, 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽힘의 경우 108%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 101% 수준으로 나타났으며, 유형Ⅳ의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른힘의 경우 160%의 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 118% 수준이며, 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽힘의 경우 118%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 102% 수준으로 나타내고 있다. 유형별로 종합하면 유형Ⅰ의 경우 오른힘의 회복기에서 추진기로 진행시 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 힘의 굴곡 정도가 큰 변화가 나타나지 않았으며, 왼쪽힘의 경우 회복기에 추진기시 증가를 보였으며, 추진기에서 활주기에서도 증가한 힘의 굴곡정도로 나타났다. 유형Ⅱ의 경우는 오른힘의 회복기에서 추진기시 증가를 보였고, 추진기에서 활주시 힘의 굴곡 정도는 어느정도 변화를 보였으며, 왼쪽힘의 경우는 변화를 보이지 않다가 추진기에서 활주시 증가한 힘의 저축 굴곡 상태로 나타났다. 유형Ⅲ의 경우 오른힘에서 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라 힘의 굴곡 정도가 거의 변화를 보이지 않았다. 왼쪽힘은 회복기에서 추진기, 추진기에서 활주기시 변화를 보이지 않았으며, 유형Ⅳ의 오른힘의 경우 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으며, 추진기에서 활주기의 힘의 굴곡 정도가 약간 변화를 보였다. 왼쪽힘의 경우 회복기, 추진기, 활주기에서 힘의 저축굴곡의 상태가 변화를 보이지 않았다. 즉 힘의 저축굴곡이 가장 심한 유형은 유형Ⅲ, 유형Ⅳ의 경우가 더 강력한 추진력을 발휘함으로써 활주기 동안 중심의 운동량인 진행방향에 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

A. J. Bachrach and G.H.Egstrom(1987)의 연구에서는 수중에서 추진하는 데 발생하는 유체저항을 감당할 능력(힘의 구조적 특성, 근력)을 고려하여 적합한 힘을 착용하지 않고 무리하게 힘 키를 할 경우 신전된 발목관절부위의 인대의 손상은 물론 발목의 기형적 변화를 초래 할 수 있다. 이러한 선행연구의 사실로 미루어 볼 때 신체능력 및 환경에 맞지 않는 힘을 착용시 선행연구의 결과처럼 발목관절의 인대 손상 및 발목의 기형적 변화에 영향을 미친다는 연구결과를 도출함으로써 본 연

구결과를 지지해주고 있다.

2) 흰의 각속도

흰 유형의 오른흰 평균 각속도에서 회복기의 평균 $3.25 \pm 14.0 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $-10.40 \pm 25.1 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주기 평균 $18.7 \pm 61.7 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 왼쪽흰의 경우 회복기에서 평균 $-7.15 \pm 5.4 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 추진기의 평균 $.65 \pm 22.9 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주기 평균 $-8.88 \pm 39.3 \text{deg} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 각각 나타났다. 국면이 진행함에 따라서 오른쪽 및 왼쪽의 흰의 각속도는 점차 증가하는 추세를 보였다. 흰의 유형별 활주기에 미친 각속도의 크기는 유형 I에 비하여 유형 II, 유형 III, 유형 IV의 경우 큰 각속도를 유지하였다. 이러한 결과는 추진국면에서 추진 결과로 흰의 저축 및 배측굴곡이 강하게 이루어진 결과로 사료되며, 진행방향인 Y축으로 운동량과 강도면에 높은 수중운동의 수단이 될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 흰 유형에 따른 운동효과 변인간 상관



유형 I에서 신체중심의 속도는 추진국면에서 흰의 추진하는 각속도가 클수록 신체중심의 속도는 거의 정비례하여 증가하는 관계를 보였으며, 왼쪽 흰의 중심속도 변인은 오른쪽 흰의 각속도 인과는 $r=.996(P<.01)$ 수준으로 역시 흰의 선속도는 추진국면에서 흰의 강한 각속도에 거의 정비례하는 관계를 보였다. 따라서 신체중심 및 흰 중심의 선속도는 추진기 및 활주기에서 진행방향으로 추진하는 요인으로서 운동강도와 절대적으로 비례하는 요인으로 나타났다. 유형 I을 정리하면 흰의 각속도는 결국 신체를 전방으로 나아가게 하는 요인이었던 것으로 나타났다.

유형 II에서 신체중심의 속도는 각 국면에서 소요시간변인과 정비례하는 관계로서 추진국면에서 흰의 추진하는 시간소요가 길수록 신체중심의 전방으로 선속도는 더 큰 값을 가지는 것으로 나타났다. 즉 회복기 및 추진기에서 강력한 흰킥을 위해 준비하는 과정에서 소요시간이 길수록 신체중심의 진행방향으로 나가는 영향이 큰 것으로 나타났으며, 회복기 및 추진기에서 흰의 저축 굴곡각도가 클수록 흰의 각속도는 정비례하는 관계를 보인바, 흰의 재질은 탄성이 클수록 각속도에는 더 큰 영향

을 미친다고 사료된다.

좌측 흰의 굴곡각도는 우측 흰의 굴곡 각속도와 관계는 $r=.996(P<.01)$ 로서 역시 흰의 저측굴곡각도와 각속도는 정비례 관계를 유지함을 알 수 있다.

유형Ⅲ에서 신체중심의 속도는 왼쪽 흰의 각속도 변인과 $r=-.990(P<.05)$ 으로서 반비례하는 관계를 보였고, 추진하는 오른발의 보조수단인 왼쪽 흰의 각속도 변인은 신체중심의 전방으로 추진력에는 아무런 도움이 되지 않았던 것으로 나타났다.

왼쪽 흰의 중심속도는 오른쪽 흰의 각속도 변인과 $r=.996(P<.01)$ 의 정비례하는 관계를 유지한 바 역시 전방으로 추진하는 추진력은 추진하는 발의 흰의 각속도에 좌우되는 것으로 나타났다. 따라서 유형Ⅲ을 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도와 이의 한 단계 이전 변인인 저측 굴곡각도에 좌우되는 것으로 나타났다.

유형Ⅳ에서 추진 주체인 오른쪽 흰 중심속도는 오른쪽 흰의 각속도와는 $r=-.995(P<.05)$ 로서 반비례하는 관계를 보였고, 왼쪽 흰 중심속도 역시 왼쪽 흰의 각속도와 $r=-.998(P<.01)$ 로서 역시 정비례하는 관계를 보였다.

유형Ⅳ를 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 관계를 보였다.

흰의 각 유형별 변인간의 상관관계를 정리하면 유형Ⅰ은 흰의 각속도의 크기가 신체중심의 운동량을 결정하는 요인으로 작용하였고, 유형Ⅱ는 회복기 및 추진기에 흰의 저측굴곡각위와 각속도는 정비례 관계를 유지하므로써 신체중심의 운동량을 크게하는 것으로 나타났다.

유형Ⅲ은 신체중심의 운동량에 큰 영향을 준 원인은 흰의 각속도 및 저측 굴곡각위로 나타났고, 유형Ⅳ는 전방으로 운동량은 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 관계를 보여주고 있다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 잠수활동의 결과로 나타나는 신체의 변화현상 및 건강 상태 개선을 위한 선행연구들은 보고되고 있으나, 수중에서 인체를 추진하게 하는 흰의 구조적 영향으로 운동효과 및 운동강도를 분석하여 검증한 선행연구들이 보고되지 않아서 흰의 구조적 특성에 따른 운동강도 및 효과의 검증에 미비하지만 수중레저활동 및 건강운동, 재활활동, 체험, 성별, 엘리트 선수의 전문체력강화 훈련에 매우 시사하는 바가 크다고 하겠다.

VI. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 수중에서 추진을 위한 흰의 구조적 특성에 따라서 추진에 미치는 운동의 효과를 검증하기 위해 각각 특성이 다른 4가지 흰을 사용하여 동일한 정도의 추진력($\pm 0.03\%$)을 가하게 하였다. 추진하는 동안 수중에서 3차원 영상분석법을 통하여 나온 결과는 전체 주기 중 회복기, 추진기, 및 활주기로 구분하여 시간변인, 선 운동학적 변인 및 각 운동학적 변인과 흰에 따른 운동효과 변인의 상관 분석의 순서로 분석하였다.

1) 시간변인

활주기에서 소요한 시간 비율이 차지한 4개 유형 평균 16.5% 수준이었고, 추진력을 발생하여 활주하는 데 소요한 시간은 유형Ⅳ<유형Ⅱ<유형Ⅲ<유형Ⅰ의 순으로 큰 비중을 차지하였다.

2) 선 운동학 변인

(1) 흰 유형에 따른 흰 킱의 운동강도 검증

오른쪽 4가지 흰 유형의 Z값 평균은 $135 \pm 4.20\text{cm}$ 로서 평균에 대한 오차율은 .03%이었다. 왼쪽의 경우 4가지 흰 유형의 Z값 평균은 $65.5 \pm 4.35\text{cm}$ 로서 평균에 대한 오차율은 .03%였다. 따라서 본 연구에서 4가지 흰으로 킱을 한 결과 피험자가 발휘한 파워의 차이는 오차 $\pm 0.03\%$ 내에서 동일한 킱을 반복된 것으로 나타났다.

(2) 신체중심의 속도

유형Ⅳ가 운동 강도면에서 가장 큰 파워를 발휘하였고, 그 다음 유형Ⅱ로 나타났다. 유형Ⅰ과 유형Ⅲ의 경우는 운동 강도면에서 큰 차이를 보이지 않았다. 강화훈련용 흰의 경우는 유형Ⅳ가 적합한 것으로 나타났고, 보강운동의 흰으로는 유형Ⅱ,

레저용으로는 유형 I 과 유형 III이 적합한 것으로 분류되었다.

(3) 흰 중심의 속도

활주국면에서 신체중심의 속도에 전이한 운동량이 가장 큰 경우는 유형 IV이었고, 유형 III 및 유형 I 이 비슷한 운동량을 전달하였으나 유형 II의 경우는 회복기국면 및 추진-활주국면으로 진행될수록 운동량 전이가 감소했다. 즉, 흰 중심의 추진 방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 신체중심 유형 IV 및 유형 III이고, 레저용으로는 유형 I 과 유형 II가 적합한 것으로 분류되었다.

3) 각운동학 변인

(1) 흰의 저축굴곡 각위

오른발 흰 킥 시 저축굴곡의 정도는 추진기에서 유형 II < 유형 I < 유형 IV < 유형 III의 순이었고, 흰의 저축굴곡이 심한 유형 III과 유형 IV의 경우가 더 강력한 추진력을 발휘함으로써 활주기동안 중심의 운동량(Y축)에 더 큰 영향을 미쳤다.

(2) 흰의 각속도

흰의 유형별 활주기에 미친 각속도의 크기는 유형 II, 유형 III 및 유형 IV의 경우가 유형 I에 비하여 큰 각속도를 보였고, 추진국면에서 흰의 저축 및 배축굴곡이 강하게 이루어진 결과 이다. 이는 진행방향(Y)으로 운동량을 크게 전달할 수 있는 원인적인 요인으로 사료된다.

4) 흰 유형에 따른 운동효과 변인간 상관

흰의 각 유형별 변인간의 상관관계를 정리하면, 유형 I은 흰의 각속도의 크기가 신체중심의 운동량을 결정하는 요인으로 작용하였고, 유형 II는 회복기 및 추진기에서 흰의 저축굴곡각위와 각속도는 정비례 관계를 유지하므로써 신체중심의 운동량을 크게 하는 것으로 나타났다.

유형 III은 신체중심의 운동량에 크게 영향을 준 원인은 흰의 각속도 및 저축 굴곡 각위로 나타났고, 유형 IV는 전방으로 운동량은 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 관계를 보였다.

위와 같은 연구결과 및 결론을 근거로 볼 때 수중에서 흰의 유형에 따라 신체중심의 운동량에 미치는 효과는 차이를 보였고, 그 결과 흰 중심의 추진방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 유형Ⅳ 및 유형Ⅲ이 적합한 것으로 나타났고, 보강운동용은 Ⅱ 및 레저용으로는 유형Ⅰ이 적합한 것으로 분류되었다.

2. 제언

본 연구에서는 운동학적 측면에서 신체중심에 미친 운동학적 변인만을 고려한 결과이기 때문에 흰의 구조와 특성에 따른 역학적인 분석에 있어서 향후 다음과 같은 내용의 후속 연구들이 이루어져야 할 것이다.

첫째, 후속연구에서는 피험자의 연령, 체력수준, 건강상태, 실험장비의 친숙도를 고려하여 다양한 킥동작을 이용한 연구가 이루어져야 한다고 사료된다.

둘째, 청소년의 성별에 따라 흰을 이용한 양 하지의 훈련이 얼마나 성장을 촉진시키며, 그 결과 어느 정도 기능적 발달을 초래하는지 분석 검증하는 것도 가치있을 것으로 판단된다.

셋째, 각각 특성이 다른 흰을 대상으로 운동프로그램을 장기간에 걸쳐 처방하였을 때 나타나는 생리적 효과를 검증하므로써 더 확실한 유형별 운동의 효과를 검증할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 고대오(2000). 『지속적인 스쿠버 활동이 유산소성 운동능력에 미치는 영향』, 조선대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 권영후(2001). 『물에 의해 발생하는 힘의 원리적 이해』, 스포츠과학 제76호 40~49.
- 류재청·윤상택(1998). 『스킨·스쿠버Ⅱ』, 온누리
- 류재청(2002a). 『잠수활동에서 활동수심과 시간에 따른 잠수증(질소마취)에 미치는 요인의 정량화와 예방법』, 한국체육학회지 제41권 1호.
- 류재청·김은영(2002b). 『수중활동 전후 및 수심에 따른 혈액성분 변화분석』, 한국체육과학회 제1권 1호.
- 수중세계(1999). 『다이빙교실』, 대한수중협회회 7-8월호 134~136.
- 이창준(1999). 『레크리에이션 잠수활동이 유산소성 운동능력과 하지 신·굴근군의 근력 강화에 대한 연구』, 한국체육과학회 제8권 1호.
- 여남희(1988). 『유산과 환기역치의 트레이닝이 최대산소섭취량과 혈중유산농도에 미치는 영향』, 서울대학교 대학원 박사학위논문
- 해저여행(1997). 2-3월호 오세광 칼럼 64~65, 11-12월호 오세광 칼럼 106~109.
- Adolfson, J.(1964). Compressed air narcosis. Thesis, The Institute of Psychology, University of Gothenburg Sweden. Bennett, P. B.(1971). Performance impairment in deep diving due to nitrogen, helium, neon and oxygen. In The physiology and medicine of diving IV, 170~193. Ed. Perter B. Bennett and David H. Elliott. Saunder
- Adolfson, J., Goldberg, L. & Berghage, T.(1972). Effect of the increased ambient air pressure on standing steadiness in man, Aerospace Med. 43, 520~524.
- Bennett, P. B., & Glass, A.(1961). Electro encephalographic and other changes induced by high partial pressures of nitrogen. Electro enceph. Clin. Neurophysiol, 13, 91~98.
- Bennett, P. B.(1971). Psychological, Physiological and biophysical studies of narcosis. In Proc. 4th symp. Underwater physiology, PP.457-469. ED. C. J.

- Lambertsen. London Academic Press.
- Bennett, P. B.(1967). Performance impairment in deep diving due to nitrogen, helium, neon and oxygen. In *The physiology and medicine of diving IV*, 170-193. Ed. Perter B. Bennett and David H. Elliott. Saunder
- Case, E. M. & Hildane, J. B. S.(1941). Human physiology under high pressure. *J. Hyg. Camb.* 41,225~249.
- Dickson, J. G., Lambertsen, C. J. & Cassils, J. G.(1971). Quantification of performance decrements in narcotized man. In *Proc. 4th Symp. Underwater Physiology.* 449-455. Ed. C. J. Lambertsen. London, Academic Press.
- Frankenhaeuser, M., Graff-Lonnevig, V. & Hesser, C. M.(1963). Effects on psycomotor functions of different nitrogen-oxygen gas mixtures at increased ambient pressures. *Acta Physiol. Scand.* 59, 400~409.
- Fowler, B., & Ackles, K. N.(1972). Narcotic effects in man of breathing 80~20 argon-oxygen and air under hyperbaric conditions. *Aerospace Med.* 43, 1219~1224.
- Fowler, B.(1973). The effects of hyperbaric air on short-term and long-term memory. *Aerospace Med.* 44, 1017~1022.
- Fowler, B., White, P. L., Wright, G. R, & Ackles, K. N.(1980). Narcotic effects of nitrous oxide and compressed air on memory and auditory perception. *Undersea Biomed. Res.* 7, 35~46.
- Fowler, B. Ackles, K. N. & Porlier, G.(1985).Effect of inert gas narcosis on behavior : A critical review. *Undersea Biomed. Res.* 12, 369~402.
(stress and performance in diving, A. J. Bachrach and G. H. Egstrom(1987), Best publishing co. San-pedro, california.1987. 123~124)
- Hesser, C. M., Frageus, L. & Adolfson, J.(1978). Roles of nitrogen, oxygen and carbon dioxide in compressed air narcosis. *Undersea Biomed, Res.* 5, 391~400.
- Hamilton, K.(1995). Dissociation of the behavioral and subjective component of

- nitrogen narcosis and diver adaptation. Undersea Hyperb. Med, 1995 Mar)
- Jones, A. W., Jennings, R. D., Adolfson, J. & Hesser, C. M.(1979). Combined effects of ethanol and hyperbaric air on body sway and heart rate in man. undersea Biomed. Res. 6, 15~25.
- Kiessling, R. J. & Maag, C. H.(1962). Performance impairment as a function of nitrogen narcosis. J. Appl. Psychol. 46, 91~95.
- Mekjavi(1995). Nitrogen narcosis attenuates shivering thermogenesis. IB ; J. Appl. Physiol, 19.
- NAUI(1989). Advanced Diving
- O'Reilly(1974). Effect of nitrogen narcosis on cortical and subcortical evoked response in cat. Aviat. Spacw Environment med. 46, 259~263.
- Prampero PE. (1978). Blood lactic acid concentration in high velocity swimming. Swimmig med. IV RD. by Eriksson and Furberg, University park Press. 249~261
- Shilling, C. W. & Willgrube, W. W.(1937). Quantitative study of mental and neuromuscular reactions as influenced by increased air pressure. US Nav. Med. Bull. 35, 373~380.
- Sledkov AI; (1996). Involvement of adrenergic mechanisms in developing the nervous syndrome of high pressure and nitrogen narcosis. Aviakosm Ekolog Med.
- SSI(2002). Scuba School International Korea
- Treffene RJ. (1977). Simming performance test. A method of training and performance time selection. Aust J Sports Med. 10(2):33~38

※ Web Reference

<http://www.mtsinai.org/pulmonary/books/scuba/contents.htm>.

<http://www.scubadiving.com/training/instruction/narced/>

<http://www.gullftel.com/~scubadoc/n2narc.html>.

<Abstract>

Diving flutter kick from comparative analysis of the motion effect which it follows in structure quality of the fin

An Woo

Physical Education Major
Graduate School of Education, Cheju National University
Jeju, Korea

Supervised by Professor Ryu Jae Cheong

This study has demonstrated the effect of the exercise originated by the various structural traits of the fin.

There are four types of Full foot type, Jet type, Strap type and split type. We made an experiment with flutter kick. Also, we used DCR VX-1000 video camera of SONY company, two waterproof videos having Amphidico VH-1000 video housing and angular velocity calibration frame as photographing equipments, we used video digitizing, computer and analyzing KWON3D 2.1 program as the equipments of the image analysis and data handling.

The data handling and analysis were dealt with the time assigned variety, the variety of the bodily center and the center variety of Fins, and the variety of the speed.

In this study based on the upper research methods and analysis results, we reached a conclusion as below:

First, the order of time assigned to glide originating the drive force in a glider is : type I , typeII , typeIII and type IV.

* A thesis submitted of the Committee of the Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education in August, 2003

Second, as a result of kicking with four types of Fins in line-kinematical variety, type IV was the most suitable in the exercise powerfulness and the speed of the bodily center. And when only considering the speed of the center of Fin, type IV and type III are suitable for the reinforcing exercise and the intensified training, type I and type II a leisure.

Third, in angle-kinematical variety, when right foot kicks the Fin, the extend of the lower side curved in type III and type IV emits more powerful drive force than type I and type II. And the extend of angular velocity which effects on a glider is larger in type II and type III than type I.

Fourth, when arranging the correlation of typical variety of Fins, type I has an influence on the angular velocity of Fin and type II has an influence on the period of restoration and a glider. In case of type III, the angular velocity of Fin and plantar flexion are a primary factor influence on quantity of motion of the bodily center. And in type IV is in inverse proportion to the angular velocity of Fin.

In some of the result of analysis, there are some differences of effect on the quantity of motion according to the types of Fins in the water. In case of considering the speed in the drive direction, type III and type IV are suitable for sports intensified training, type I is suitable for a reinforcing training and type II is suitable for leisure.

According to the result of this study, the later study will certainly demonstrate the effect of typical exercises as demonstrating the physiological effect appeared when the exercise program is prescribed with each different fins for a long time.