

잠수 플러터 킥에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동학적 비교분석

안우(제주관광해양고등학교) · 류재청(제주대학교) · 서봉한(울산과학대학)

Diving Flutter Kick from Comparative Analysis of the Motion Effect Which it follows in Structure Quality of the Fin

An, Woo(Jeju Tourism & Marine High School) · Ryew, Che-Cheong(Cheju National University)
· Seo, Bong-Han(Ulsan College)

ABSTRACT

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, type II, type III and type IV. 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 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 of 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 of 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.

1. 서론

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 해양관광레포츠의 일환인 수중레저스포츠 관광 인수도 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 운동요법이나 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; 이창준, 1999; 류재청, 2002a; 류재청 등, 2002b) 등이 보고되었다.

위의 선행연구의 결과는 잠수활동의 결과로 나타나는 신체의 변화현상 및 건강 상태 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 이르고, 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 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(Bachrach and Egstrom, 1987), 수중에서 추진하는데 발생하는 유체저항을 감당할 능력(근력, 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 활

용할 경우 건강운동 및 레저, 엘리트 선수의 전문체력강화 용도로 사용할 수 있다. 이를 위해 흰의 구조적 특성에 따른 운동효과를 정량화된 역학적 자료를 제시할 필요가 있다.

건강·레저활동을 인한 생리적 변화와 관련된 선행연구는 많지만 하드웨어적인 수준에서 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, 하지 근육군의 강화를 통한 전문 체력향상, 건강은 물론 재활의 효과를 향상시킬 수 있는 기능을 하기 때문에 흰 역시 자신의 능력, 강도 및 수중활동 목적에 따른 흰의 분류가 필요하다. 즉 운동효과에 직접적인 영향을 주는 흰의 특성과 관련하여 운동효과 및 강도의 분석을 통한 검증한 연구는 없으며, 각각 개인의 목적에 적합한 흰을 사용하므로써 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.

II. 연구 방법

1. 흰의 구조적 특성 분류

본 연구에서 사용된 흰의 구조적 특성은 <표 1>과 같다.

<표 1> 흰의 특성

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

2. 실험도구

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

1) 수중 촬영장비

본 연구에서는 3차원 영상분석을 위하여 SONY DCR VX-1000 비디오 카메라에 Amphibico VH-1000 비

잠수 필터터 키에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동학적 비교분석

디오하우징을 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) 흰의 선택

본 연구의 목적을 달성하기 위해 흰의 종류는 플푸트형, 제트흰형, 스트랩형, 스플릿형을 사용하며 흰의 특색은(소재, 부력, 밀착성, 밴드(골이나 구멍) 붙은 흰과 밴드 없는 흰, 길이와 유연성)에 따른 대, 중, 소 중에서 중으로 구분하여 선택하였다. 또한 사용했던 흰은 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 흰의 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 운동학적 변인에 대한 자료산출, DLT방법에 의한 실공간 3차원 좌표계산 및 스무딩을 위한 프로그램이다.

3. 실험절차

실험도구의 배치는 실내 수영장 다이빙 풀에서 실험장비를 설치한 후 남자 1명 피험자의 정확한 영상분석

을 위해 피험자의 복장은 삼각수영복과 수영모, 다이빙 부츠와 스쿠버 다이빙 장비를 착용하며, 피험자의 19개 신체부위에 Landmarker를 부착하여 디지털타이징시 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 흰의 경우 표식 점을 미리 수록하므로 움직임을 분석할 때 용이하도록 하였다. 피험자의 흰의 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 흰(폴프트형, 제트흰형, 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.

4. 자료처리

본 연구에서는 3차원 영상분석을 위해 통제점 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 저역통과 필터(low-pass filtering)방법을 사용하였다.

1) 디지털타이징 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 디지털타이징시 분석을 시작하려는 국면을 찾아 초기화시킨 다음, 매 프레임마다 관절 점의 순서에 따라서 디지털타이징을 하였다. 디지털타이징된 좌표는 매 관절 점마다 X, Y, Z의 좌표로서 한 트라이얼의 디지털타이징이 완료되면 자동 파일로 저장되게 하였다.

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

2) 분석국면

흰의 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) 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.

4) 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 표준화 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.

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 하여 처리하였다.

III. 연구 결과

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 : 폴푸트형, 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 <표 2>과 같다.

〈표 2〉 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±.32초로서 전체소요시간의 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.

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, 추진기와 활주기에 소요한 시간이 적은 대신 회복기에 소요한 시간이 상대적으로 더 긴 것으로 나타났다. 유형 III의 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. 유형 IV의 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 최대한 벌려 최대한 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 키의 운동강도 검증

참여한 피험자의 수를 1명으로 제한하고 동일인이 다양한 흰의 유형을 착용하고 동일한 강도의 파워를 가지고 키를 함으로서 흰의 구조적인 특성을 비교할 수 있다. 즉 4가지 유형의 흰을 동일한 플러터킥 방법을 채택하여 가능한 동일한 파워를 가하게 하여 추진기 및 활주기 동안의 운동학적 변화를 분석하므로써 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 오

잠수 플러터 킥에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동학적 비교분석

차율은 .03% 이었다. 따라서 본 연구에서 4가지 흰으로 킥을 한 결과 피험자가 발휘한 파워의 정도는 오차 ±.03%내에서 동일한 킥을 반복한 것으로 나타났다.

2) 신체중심의 속도

각 국면과 흰의 특성에 따른 신체중심의 속도변화는 <표 3>과 같다. <표 3>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 신전됨에 따라서 점차 큰 추진력을 가지는 것으로 나타났다.

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.

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.

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

구분		회복기	추진기	활주기
유형Ⅰ	X	-0.4	2.1	-0.3
	Y	-2.0	-4.4	-12.3
	Z	6.5	8.3	3.1
유형Ⅱ	X	-2.5	6.0	-5.2
	Y	-0.4	-11.3	-41.4
	Z	1.5	1.7	2.2
유형Ⅲ	X	-4.0	-2.1	-1.5
	Y	1.1	-14.6	-45.1
	Z	-0.3	-2.1	3.0
유형Ⅳ	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

3) 흰 중심의 속도

회복기에서 추진기를 지나 활주기의 1주기 동안 오른쪽과 왼쪽 흰 중심의 국면별 평균 속도변화양상은 <표 4> 및 <표 5>와 같다.

<표 4>의 오른쪽 흰 중심의 평균 속도에서 진행방향(Y)에서 회복기동안 모든 흰 유형의 평균속도는 $.78 \pm 41.3m \cdot s^{-1}$, 추진기의 평균 $24.10 \pm 9.07m \cdot s^{-1}$, 활주기의 평균 $-38.80 \pm 37.99m \cdot s^{-1}$ 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.

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 진행 방향(Y)에서 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 55%수준으로 감소를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 32%의 역시 감소하는 경향을 보였다. 유형 III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 123%의 증가와 추진기에서 활주기로의 진행에 따라 136%의 증가추세를 보였다. 유형 IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 112%의 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행됨에 따라서 335%의 증가추세를 나타내었다.

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

구분		회복기	추진기	활주기
유형 I	X	-3.8	12.1	8.2
	Y	-14.3	27.4	-19.0
	Z	51.7	-51.7	-24.1
유형 II	X	-14.8	24.4	12.4
	Y	-19.7	10.8	-3.4
	Z	49.9	-40.5	-19.3
유형 III	X	-8.4	8.6	3.8
	Y	-25.3	31.2	-42.3
	Z	45.9	-46.3	-8.0
유형 IV	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

잠수 필터터 킵에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동학적 비교분석

오른쪽 흰의 유형별로 진행방향(Y)에서 각 국면별 속도의 증가하는 양상을 정리하면 회복기에서 추진기로 진행됨에 따라서 가장 큰 추진력을 전이한 흰의 순서는 유형Ⅲ<유형Ⅳ<유형Ⅰ의 순서였고, 유형Ⅱ의 경우는 국면이 진행되어 갈수록 순으로 오히려 감소하는 추세를 보였다. 이러한 결과를 정리하면 흰 특성의 유형별 활주국면에서 신체중심의 속도에 전이한 량이 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 양상을 보였다. 흰 중심의 추진방향에서 속도만 고려할 경우 스포츠 보강운동 및 강화훈련 흰의 경우는 신체중심유형Ⅳ 및 유형Ⅲ이 적합한 것으로 나타났다. 보강운동 및 레저용으로는 유형Ⅰ 및 유형Ⅱ가 적합한 것으로 분류된다.

<표 5>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 $2.35 \pm 15.61 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 활주기의 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.

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 필터터 킵이 대체로 정상적으로 잘 이루어졌고, 진행방향으로의 추진력을 집중한 것으로 나타났다.

<표 5> 흰 특성에 따른 각 방향(X,Y,Z)에서 국면별 평균 왼쪽 흰 중심 속도($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

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

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 량이 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 회복기국면 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 <표 6>과 같다.

<표 6> 국면별 흰의 평균 저축 상대 굴곡각도(deg)

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

잠수 플러터 킥에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동학적 비교분석

〈표 6〉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 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. 모든 흰의 평균 각위 변화는 국면이 진행함에 따라서 추진하는 오른발의 경우 점차 증가하는 추세를 보였다.

오른흰의 국면별 평균 각위의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 159% 증가, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 흰의 각위가 109%로 약간 증가한 저축굴곡을 보였다. 왼쪽흰의 국면별 평균 각위의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 87.4% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 흰의 저축굴곡은 거의 변화를 보이지 않았다.

국면에 따른 흰 유형별 흰의 저축굴곡정도는 먼저 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 158%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 104% 수준으로 흰의 굴곡 정도가 큰 변화를 보이지 않았다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 137%로 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 109% 수준으로 다소 증가한 흰의 굴곡정도를 보였다. 유형 II의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 140%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 118% 수준으로 흰의 굴곡 정도가 변화를 보였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 100%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 105% 수준으로 다소 증가한 흰의 저축 굴곡 상태를 보였다. 유형 III의 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. 유형 IV의 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 킥시 저축굴곡의 정도는 추진기에서 유형 II < 유형 I < 유형 IV < 유형 III의 순으로 나타났다. 따라서 흰의 저축굴곡이 심한 유형 III과 유형 IV의 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 〈표 7〉과 같다.

〈표 7〉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.

오른쪽의 국면별 평균 각속도의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 320%증가, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 왼쪽의 각속도가 180%의 증가를 보였다. 왼쪽의 국면별 평균 각속도의 증가량은 회복기에서 추진기로의 진행과정에서 9%수준으로 감소를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행과정에서 왼쪽의 각속도가 1353%의 증가를 보였다.

국면에 따른 흰 유형별 각속도 특징은 먼저 유형 I의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른쪽의 경우 194%의 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 75% 수준으로 흰의 각속도가 감소하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽의 경우 298%로 증가, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 26% 수준으로 흰의 각속도가 감소 추세를 보였다. 유형 II의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른쪽의 경우 15% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 504% 수준으로 흰의 각속도가 증가하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽의 경우 9% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 54% 수준으로 흰의 각속도가 감소하는 추세를 보였다. 유형 III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른쪽의 경우 7%수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 527% 수준으로 흰의 각속도가 크게 증가하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽의 경우 125% 수준으로 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 405% 수준으로 흰의 각속도가 크게 증가하는 추세를 보였다. 유형 IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른쪽의 경우 94% 수준으로 감소하였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 453% 수준으로 흰의 각속도가 크게 증가하였다. 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽의 경우 46% 수준으로 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 528% 수준으로 흰의 각속도가 크게 증가하는 추세를 보였다.

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

〈표 7〉 국면별 흰의 평균 각속도(deg · sec⁻¹)

구분		회복기	추진기	활주기
유형 I	오른쪽	-15.5	-30.1	22.6
	왼쪽	-14.6	-4.9	18.6
유형 II	오른쪽	2.8	-18.1	91.3
	왼쪽	-0.5	47.5	-87.5
유형 III	오른쪽	-5.7	39.9	210.1
	왼쪽	-6.9	-8.6	34.8
유형 IV	오른쪽	31.4	-33.3	150.7
	왼쪽	3.4	-7.4	-1.4
평균±표준편차	오른쪽	3.25±14.0	-10.40±25.1	18.7±61.7
	왼쪽	-7.15±5.4	.65±22.9	-8.88±39.3

4. 흰 유형에 따른 운동효과 변인간 상관

흰 유형에 따라서 운동효과에 미치는 변인간 단순상관 분석의 결과는 <표 8>과 같다. 분석한 변인은 흰키 1주기동안 국면별 신체중심 속도(X1), 우측 흰중심속도(X2), 좌측 흰중심속도(X3), 소요시간(X4), 우측 흰 저측굴곡각도(X5), 좌측 흰 저측굴곡각도(X6), 우측 흰 각속도(X7), 좌측 흰 각속도(X8)로 설정하였다.

유형 I에서 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 중심 속도변인은 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 추진 및 활주기에서 진행방향으로 추진하는 요인으로서 운동강도와 절대적으로 비례하는 요인이다. 따라서 유형 I를 정리하면 신체 중심의 선속도 변인에 절대적으로 영향을 주는 요인인 흰의 각속도는 결국 신체를 전방으로 나아가게 하는 요인이었던 것으로 나타났다.

유형 II에서 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 흰킥을 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 각속도와는 $r = .999(P<.01)$ 로서, 회복기 및 추진기에서 흰의 저측 굴곡각도가 클수록 흰의 각속도는 정비례하는 관계를 보인다. 흰의 재질이 탄성이 클수록 각속도에는 더 큰 영향을 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. 따라서 흰의 유형 II의 경우를 정리하면 흰의 저측굴곡 각도변인과 흰의 각속도 변인간에 거의 정비례하는 특성의 관계를 유지한 바, 결국 회복기 및 추진기에 흰의 탄성도가 좋은 재질일수록 흰의 각속도는 커지고 역시 신체중심의 운동량에 큰 영향을 미칠 수 있다고 사료된다.

유형 III에서 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 유형 III을 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도와 이의 한 단계이전 변인인 저측 굴곡각도에 좌우되는 것으로 나타났다.

유형 IV에서 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. 유형 IV를 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 관계를 보였다. 흰의 각 유형별 변인간의 상관관계를 정리하면 유형 I은 흰의 각속도의 크기가 신체중심의 운동량을 결정하는 요인으로 작용하였고, 유형 II는 회복기 및 추진기에 흰의 저측굴곡각도와 각속도는 정비례 관계를 유지하므로써 신체중심의 운동량을 크게하는 것으로 나타났다. 유형 III은 신체중심의 운동량에 큰 영향을 준 원인은 흰의 각속도 및 저측 굴곡각위로 나타났고, 유형 IV는 전방으로 운동량은 흰의 각속도 변인과는 반비례

하는 관계를 보였다.

IV. 논의

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 나타났다. 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 유영시 자세에서 추진력(propulsion)은 흰을 착용하고 수영하는 것과 같이 전방으로 추진하는 작용이며, 유영할 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 I이 큰 비중을 차지하였고, 흰의 구조적 특성에서 유리한 조건과 추진기동작에서 흰이 받는 저항력이 상대적으로 적게 받은 결과 활주기 시간이 큰 비중을 차지한 것으로 사료된다.

2. 선 운동학 변인

1) 흰 유형에 따라 흰 킥의 운동강도 검증

흰 유형에 따라 흰 킥의 운동강도 검증을 위해 다양한 흰의 유형별로 동일한 파워 전달로 오른쪽과 왼쪽 흰 중심의 Z방향으로의 좌표값 평균±표준편차를 산출한 결과 오른쪽과 왼쪽의 오차율은 .03%로 4가지 흰으로 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 연구 보다는 유형이 다른 4가지 흰의 구조적 특성에 따라 운동효과 및 운동강도의 검증위해 실시하였으나 추후 흰의 유형에 따른 운동강도 검증시 피험자와 흰의 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 진행에 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 적합한 것으로 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 추진기 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 량이 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 량이 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 살림심박수(steady stateheart rate)를 이용하는 방법을 기술하였다. 즉 최대 스피드로 200m 수영후의 혈중젖산농도(blood lactate concentration)는 엘리트 중장거리 수영선수 보다 엘리트 단거리 수영선수에서 훨씬 더 높은 것으로 나타났다.

김(1986)은 스쿠버 다이빙시 심박수의 변화를 분석한 결과 수심 1m에서의 경우가 3m에서 보다 P<.05수준으로 더 높았고, 또한 스쿠버 활동시간이 증가함에 따라 심박수의 변화는 P<.01 수준에서 더 높은 것으로 나타났다. 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 변인

1) 흰의 저측굴곡 각위

모든 흰 유형의 오른쪽 흰의 경우 평균 각위에서 회복기의 평균 $89.88 \pm 5.43 \text{deg}$, 추진기의 평균 $143.05 \pm$

잠수 플러터 킥에서 흰의 구조적 특성에 따른 운동학적 비교분석

9.20deg, 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, 왼쪽흰의 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 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 100%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 105% 수준으로 나타났다. 유형 III의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라 오른흰의 경우 180%의 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 106%이며, 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 108%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 101% 수준으로 나타났으며, 유형 IV의 경우 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 오른흰의 경우 160%의 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 118% 수준이며, 회복기에서 추진기로 진행함에 따라서 왼쪽흰의 경우 118%로 변화를 보이지 않았고, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라서 102% 수준으로 나타내고 있다. 유형별로 종합하면 유형 I의 경우 오른흰의 회복기에서 추진기로 진행시 증가를 보였고, 추진기에서 활주기로 흰의 굴곡 정도가 큰 변화가 나타나지 않았으며, 왼쪽흰의 경우 회복기에 추진기시 증가를 보였으며, 추진기에서 활주기에서도 증가한 흰의 굴곡 정도로 나타났다. 유형 II의 경우는 오른흰의 회복기에서 추진기시 증가를 보였고, 추진기에서 활주시 흰의 굴곡 정도는 어느정도 변화를 보였으며, 왼쪽흰의 경우는 변화를 보이지 않다가 추진기에서 활주시 증가한 흰의 저축 굴곡 상태로 나타났다. 유형 III의 경우 오른흰에서 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으나, 추진기에서 활주기로 진행함에 따라 흰의 굴곡 정도가 거의 변화를 보이지 않았다. 왼쪽흰은 회복기에서 추진기, 추진기에서 활주기시 변화를 보이지 않았으며, 유형 IV의 오른흰의 경우 큰 저축굴곡에서 증가를 하였으며, 추진기에서 활주기의 흰의 굴곡 정도가 약간 변화를 보였다. 왼쪽흰의 경우 회복기, 추진기, 활주기에서 흰의 저축굴곡의 상태가 변화를 보이지 않았다. 즉 흰의 저축굴곡이 가장 심한 유형은 유형 III, 유형 IV의 경우가 더 강력한 추진력을 발휘함으로써 활주기 동안 중심의 운동량인 진행방향에 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

Bachrach과 Egstrom(1987)의 연구에서는 수중에서 추진하는 데 발생하는 유체저항을 감당할 능력(흰의 구조적 특성, 근력)을 고려하여 적합한 흰을 착용하지 않고 무리하게 흰 킥을 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 흰을 착용시 선행연구의 결과처럼 발목관절의 인대 손상 및 발목의 기형적 변화에 영향을 미친다는 연구결과를 도출함으로써 본 연구결과를 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 배축굴곡이 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 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 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 흰기를 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 영향을 미친다고 사료된다. 좌축 흰의 굴곡각도는 우축 흰의 굴곡 각속도와 관계는 $r = .996(P < .01)$ 로서 역시 흰의 저축굴곡각도와 각속도는 정비례 관계를 유지함을 알 수 있다.

유형 III에서 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 유형 III을 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도와 이의 한 단계 이전 변인인 저축 굴곡각도에 좌우되는 것으로 나타났다.

유형 IV에서 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. 유형 IV를 정리하면 전방으로 운동량은 추진력의 원천인 흰의 각속도 변인과는 반비례하는 관계를 보였다.

흰의 각 유형별 변인간의 상관관계를 정리하면 유형 I은 흰의 각속도의 크기가 신체중심의 운동량을 결정하는 요인으로 작용하였고, 유형 II는 회복기 및 추진기에 흰의 저축굴곡각위와 각속도는 정비례 관계를 유지함으로써 신체중심의 운동량을 크게 하는 것으로 나타났다. 유형 III은 신체중심의 운동량에 큰 영향을 준 원인은 흰의 각속도 및 저축 굴곡각위로 나타났고, 유형 IV는 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 미비

하지만 수중레저활동 및 건강운동, 재활활동, 체험, 성별, 엘리트 선수의 전문체력강화 훈련에 매우 시사하는 바가 크다고 하겠다.

한편, 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 키동작을 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 가치 있을 것으로 판단된다.

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

【참고문헌】

- 고대오(2000). 지속적인 스쿠버 활동이 유산소성 운동능력에 미치는 영향. 미발행 석사학위논문, 조선대학교 교육대학원.
- 류재청·윤상택(1998). *스킨·스쿠버 II*. 제주 : 온누리
- 류재청(2002a). 잠수활동에서 활동수심과 시간에 따른 잠수증(질소마취)에 미치는 요인의 정량화와 예방법. *한국체육학회지*, 41(1).
- 류재청·김은영(2002b). 수중활동 전후 및 수심에 따른 혈액성분 변화분석. *한국체육과학회지*, 1(1).
- 이창준(1999). 레크리에이션 잠수활동이 유산소성 운동능력과 하지 신·골근군의 근력 강화에 대한 연구. *한국체육과학회지*, 8(1).
- 여남희(1988). 유산과 환기역치의 트레이닝이 최대산소섭취량과 혈중유산농도에 미치는 영향. 미발행 석사학위논문, 서울대학교 대학원.
- 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.
- Bachrach, A. J., & Egstrom, G. H. (1987). *Best publishing co. San-pedro, california*. 123-124.
- 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.
- Case, E. M. & Hldane, 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 psychomotor 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.
- Hesser, C. M., Frageus, L. & Adolfsen, 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., Adolfsen, 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.* 1: 19.
- O'Reilly(1974). Effect of nitrogen narcosis on cortical and subcortical evoked response in cat. *Aviat. Spacw Environment med.* 46: 259-263.
- Prampero P. E. (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 A. I(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 R J. (1977). Swimming performance test. A method of training and performance time selection. *Aust J Sports Med.* 10(2): 33-38

접 수 일 : 2003. 11. 28.

게재확정일 : 2003. 12. 17.