



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

이학박사 학위논문

스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 항력,
양력의 변화 및 역학적 요인 분석



2013년 2월

부경대학교 대학원

체육학과

이효택

이학박사 학위논문

스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 항력,
양력의 변화 및 역학적 요인 분석

지도교수 김 용 재

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.



2013년 2월

부경대학교 대학원

체 육 학 과

이 효 택

이효택의 이학박사 학위논문을 인준함.

2013년 2월 22일



목 차

I. 서 론	1
1. 연구 필요성	1
2. 연구 목적	4
3. 연구 문제	4
4. 연구 제한점	4
5. 용어 정의	5
II. 이론적 배경	7
1. 스컬링 동작의 특성과 분류	7
2. 항력, 양력 및 수중에서의 체중 측정	12
3. 스컬링과 역학적 요인	14
III. 연구방법	17
1. 연구 대상	17
2. 측정 도구	18
3. 측정 항목	18
4. 측정 방법	18
5. 통계 처리	27

IV. 연구 결과	28
1. 손바닥 각도에 따른 항력 및 양력	28
2. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화	30
3. 스컬링 동작의 역학적 요인	33
V. 논의	39
1. 손바닥 각도에 따른 항력 및 양력	39
2. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화	40
3. 스컬링 동작의 역학적 요인	42
VI. 결론 및 제언	44
1. 결론	44
2. 제언	45
참고문헌	46
감사의 글	50

표 목 차

표 1. 연구대상의 특성	17
표 2. 측정도구 및 용도	17
표 3. 20대 남성의 평균 손 길이	21
표 4. 20대 남성의 평균 손 너비	21
표 5. 20대 남성의 평균 손 두께	22
표 6. 3차원 영상 분석 연구 대상	24
표 7. 관절 점의 좌표화	25
표 8. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화	28
표 9. 다변량 검정	29
표 10. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력	30
표 11. 스컬링 국면별 소요시간	34
표 12. 좌·우측 팔꿈치 각도변화	35
표 13. 좌·우측 어깨 각도변화	37

그림 목 차

그림 1. 앉은 자세 스컬링	8
그림 2. 스컬링의 종류와 진행방향	9
그림 3. 수중체중 측정기	19
그림 4. 전산유체역학 3D 모델링	22
그림 5. 전체 유동장과 손의 모습	23
그림 6. 관절점의 좌표화	24
그림 7. 스컬링 이벤트와 국면	26
그림 8. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화	29
그림 9. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력	31
그림 10. 손바닥 각도에 따른 유동의 흐름(0°)	31
그림 11. 손바닥 각도에 따른 유동의 흐름(15°)	32
그림 12. 손바닥 각도에 따른 유동의 흐름(30°)	32
그림 13. 손바닥 각도에 따른 유동의 흐름(45°)	32
그림 14. 손바닥 각도에 따른 유동의 흐름(60°)	33
그림 15. 좌·우측 팔꿈치 각도변화	36
그림 16. 좌·우측 어깨 각도변화	38

Effects of Various Palm Angles in Sculling on the Variation of Lift and Drag and Dynamic Factor Analysis

Hyo Taek Lee

Department of Physical Education

The Graduate School

Pukyong National University

Directed by Professor Yong Jae Kim Ph. D.

Abstract

In this study, the researcher tried to analyse the effects of various angles in sculling on the variation of lift, drag and underwater weighting and suggest the most efficient sculling method through 3-dimensional motion analysis.

An experiment was conducted on the study subjects of 14 males with life guard licences issued by the Korean Red Cross, living in B district with their spontaneous consent after explaining the purpose and method of this study sufficiently.

The Computational Fluid Dynamics program was performed with 5 different angles of 0°, 15°, 30°, 45° and 60° in total, based on the mean data collected from males in their twenties from a survey on the anthropometric data of the Koreans.

The effects of various angles in sculling on lift, drag and underwater weighting and 3-dimensional motion analysis are as follows;

1. The underwater weighting in sculling gradually decreased with the increasing angle of the palm from 0° to 45 during sculling ($p < .001$)°.

2. The lift and drag values in sculling gradually increased with the increasing angle of the palm, however, the drag value greatly increased from 45°, while lift decreased from 60°.

3. It took 1.61 sec. to perform the sculling and the variation of angle of the elbow showed 22.86° in the left and 15.48° in the right in P1 section, while 21.95° in the left and 21.77° in the right in P2 section. On the other hand, the variation of angle of the shoulder showed 13.93° in the left and 12.82° in the right in P1 section, while 16.05° in the left and 12.46° in the right in P2 section.

Overall, it is concluded that the optimal efficiency of sculling can be achieved at the angles 15° and 30°.

Though sculling movements were analyzed by collecting anthropometric data through Computational Fluid Dynamics program and 3-dimensional motion analysis, it is a little limited that we generalize the result drawn from variation of underwater weighting depending on the angles as an actual lift value, which warrants further studies on the measuring of overall swimming movement of rotary kick of our lower body as well as sculling, along with various subjects.

I. 서론

1. 연구 필요성

경제가 성장하면서 삶의 질이 향상되고 건강에 대한 관심이 높아지면서 수영과 물놀이를 즐기는 인구가 급속도로 늘어나고 있으며, 이에 따라 수상안전사고의 발생 또한 증가하고 있는 실정이다(대한적십자사, 2003). 물이 있는 곳에는 어떤 곳이든지 익수 사고가 발생할 수 있다. 통계에 의하면 익수자는 해변, 하천, 강변, 저수지, 웅덩이 등에서도 발생하고 있으며, 점차 증가하는 추세에 있다. 그리고 익수자의 50%가 수영 미숙으로 사망하고 있으며, 익수자의 대부분은 감시가 되지 않고 있는 하천이나 강변 등에서 90%가 발생하고 있는 것으로 나타났다(이한우, 박충남, 1999). 이러한 사실은 귀중한 생명을 보호하고, 쾌적한 여가활동을 즐기게 하는 수상안전 대책의 필요성을 시사하는 것이라고 볼 수 있다.

국내 수상안전교육은 1953년 미국적십자사 강사를 초청하여 수상안전법 강사강습을 개최한 것이 최초로 여겨지고 있다. 그리고 3년 뒤인 1956년에 미국적십자사의 인명구조 및 수상안전(Life Saving and Water Safety) 교재를 번역하여 수상안전교육의 교본으로 사용하기 시작하였다. 1960년대에 들어서면서 대한적십자사에서는 국내 최초로 인명구조원을 양성하는 강습회를 시작하여 지금까지 인명구조원과 수상안전강사를 배출하고 있다(대한적십자사, 2003).

해양경찰청 통계자료에 의하면 해상조난사고로 인한 사망, 실종 등의 인명피해는 2008년 49명, 2009년 97명, 2010년 173명으로 매년 두 배에 가깝게 증가하고 있고, 더욱이 최근에는 수상 활동이 다양해지고 수영을 하지

못하는 사람들마저 기구나 장비를 사용하여 수상 여가활동에 참여함에 따라 수상안전사고 발생가능성도 증가하고 있다(정상길, 2012).

특히 수영은 그 운동 환경의 특성상 인간의 목숨과 직결되어 있는 위험성을 내포한 종목으로 그 계획에 있어 치밀한 준비가 요구되고 또 그 지도상에 있어서도 세심한 주의가 요구되는 종목이라 할 수 있다. 만약 이러한 교육조건이 충족되지 않을 경우 학습자에게 미치는 영향은 매우 커서 때로는 어린 시절의 물에 대한 두려움으로 인하여 평생토록 물을 멀리하는 경우와 같은 악영향을 학습자에게 미치기도 한다(김갑수, 2003).

그 중 스컬링 동작은 수영에 있어서 싱크로나이즈드스위밍 선수는 물론 수구와 경영선수들에게까지 중요하게 다루어지는 기술이며, 매우 빈번하게 사용되어진다. 또한 물에서 뜨게 되면 물에 대한 자신감과 아울러 피로해졌을 때나 몸에 이상이 생겼을 때 스스로 가만히 뜬 상태에서 휴식을 취할 수 있다(이효택, 김용재, 2012).

경영선수의 경우에도 자유형, 배영, 평영, 접영 등의 어떠한 종목에서든 'Pull' 동작을 수행함에 있어서 스컬링 기술이 응용되지 않는 종목은 없다. 이렇듯 스컬링이란 기술의 동작분석과 경영에서 그에 대한 응용과 필요성이 연구되고 밝혀져야 할 것임에도 불구하고 선행연구는 물론 국외에서도 소수의 연구만 이루어져 왔다(Hideki, & Barry, 1998).

이와 관련한 연구를 살펴보면 Schleihauf(1979)의 유체역학을 이용한 유속과 손의 각도에 관한 연구, Thayer(1990)의 움직이는 손과 고정된 손의 유속에 따른 양력과 항력에 관한 연구, Berger, Groot 과 Hollander(1995)의 0.3~3m/sec 유속에 따른 양력과 항력에 관한 연구, Bixler(1999)의 수영 시 손의 각도에 따른 연구 등이 있었다.

위에서 열거한 선행연구들은 주로 수영 선수들의 추진력을 높이기 위한 효율성 향상에 관한 연구에 초점을 두었으며, 수상안전교육에 필요한 스컬

링 관련 연구는 미흡한 실정이었다. 이러한 현상은 과거 지도자들이 엘리트 스포츠로서의 수영에 익숙해 있었던 관계로 주로 경영을 위주로 한 영법중심의 연구에 치우쳐 있었기 때문이라고 볼 수 있다. 그런데 지금은 해양스포츠 활동이 여가활동 등으로 다양해지고 있기 때문에 이 분야에 관한 연구도 요구되며, 특히 수상안전에 관한 연구가 필요하다고 사료된다(이효택, 김용재, 2012).

현재까지의 수상안전교육은 일정 수준의 영법 실력을 가지고 있는 대상자에 한하여 행해져오고 있으나, 이들 역시 입영 및 스컬링 기술은 매우 부족한 실정이며, 수상안전교육 중에도 안전사고가 빈번히 발생한다는 것은 위와 같은 문제점을 간과하고 있다고 볼 수 있다.

하지만 수중환경의 특성상 스컬링 동작 시 손과 팔 주위의 불안정한 물의 흐름과 성질을 측정하기엔 다소 제한적이기 때문에, 본 연구에서는 전산유체역학 프로그램을 이용하여 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 항력, 양력을 측정하고, 수중에서의 체중 변화 및 3차원 영상 분석을 통하여, 수상안전사고 예방과 교육에 효율적인 스컬링 동작을 제시하고자 한다.

2. 연구 목적

본 연구에서는 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 항력, 양력, 수중에서의 체중 변화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하며, 더불어 3차원 영상분석을 통하여 가장 효율적인 스컬링 수행법을 제시하고자 한다.

3. 연구 문제

본 연구에서 밝히고자 하는 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화가 있는가?
- 2) 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 항력과 양력의 차이가 있는가?
- 3) 스컬링 수행 시 소요시간, 팔꿈치 각도 및 어깨 각도의 차이가 있는가?

4. 연구 제한점

본 연구를 수행함에 있어서 다음과 같은 제한점을 둔다.

- 1) 전산유체역학 프로그램에서의 유속은 선행연구의 평균 유속을 토대로 $1.5m/sec$ 로 통제하였다(Berger, Groot, & Hollander, 1995).
- 2) 수중에서의 체중 측정은 시뮬레이션 결과와의 경향성을 보기 위함으로, 선행연구를 토대로 연구 대상으로 하여금 스컬링 각도를 0° , 15° , 30° , 45° 로 최대한 유지하도록 하였다(Schleifauf, 1979; Berger, Groot, & Hollander, 1995).

- 3) 스컬링 동작의 전반적인 움직임 분석을 위한 3차원 영상 분석은 물에서의 빛 굴절현상을 제거하기 위해 실험실 측정으로 이루어졌다.
- 4) 측정 시 개인의 생리적·심리적인 차이와 유전적 특성 및 일상생활 양식은 통제하지 않았다.

5. 용어 정의

- 1) 수상안전법 : 각종 수상안전사고로부터 인명을 구조하고 사고를 예방하기 위한 법으로, 전 국민에게 보급하여 누구나 안전한 물놀이를 즐길 수 있도록 새로운 지식과 기술을 개발하고, 이를 널리 보급하기 위한 강습제도를 개선하고 있다(대한적십자사, 2003).
- 2) 스컬링(Sculling) : 손과 전완(Forearm)만을 사용하여 물속에서 움직이는 방법이다. 등으로 뜨거나 물속 걸기를 하는 동안 위치를 유지하기 위해 사용할 수 있다(대한적십자사, 2003).
- 3) 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics: CFD) : 수학의 여러 방법(수치적 방법)을 컴퓨터에 적용하여 유체방정식의 해를 직접 구하는 분야이다(이상언, 2004).
- 4) 유체 : 유체란 자유롭게 흐를 수 있는 물질을 말한다. 고체와 액체를 나눌 수 있는 분명한 선은 없지만, 기체와 액체는 유체에 속한다. 이 흐를 수 있는 성질 때문에 유체는 잠긴 물체에 부력을 작용할 수 있고 적절하게 생긴 물체가 유체 속을 움직일 때 양력을 줄 수 있고 비

행을 가능하게 한다(서국웅, 윤양진, 서국은, 이중숙 외 2명, 1995).

- 5) 양력 : 인체와 같은 가늘고 긴 물체나 편평한 물체가 물속에서 그 이동방향에 대해 어느 각도로 이동하는 경우 물에서 상향력을 받는데, 이 힘을 양력이라고 부른다(류재식, 2005).
- 6) 부력 : 물체의 일부나 전체가 물속에 잠길 때 잠긴 부피만큼 물을 위로 밀어올리기 때문에 발생하는 힘이다. 어떤 물체가 물속으로 잠기게 되면 잠긴 부피만큼의 물이 위로 밀려 올라가게 된다. 이 과정에서 물체는 밀려난 물의 무게만큼의 힘을 물에 가하는데, 뉴턴의 제3운동법칙, 반작용의 법칙에 의하면, 밀려난 물이 역으로 같은 크기의 힘으로 물체를 위로 밀어 올리는 것과 같다(류재식, 2005).
- 7) 수중체중측정법 : 수중체중을 알면 신체의 부력을 산출할 수 있으며, 부력은 곧 물체가 용기 밖으로 내보낸 액체의 무게와 같기 때문에 신체조성 요소들의 평균밀도에 의하여 지방량 산출이 가능하다. 이러한 밀도법에 의하여 신체의 체적을 구하는 구체적인 방법으로 수중에서 부력을 받는 상태에서 체중을 측정하는 방법이다(Park, 2002).

II. 이론적 배경

1. 스컬링 동작의 특성과 분류

스컬링은 수영의 경영과 수구는 물론 싱크로나이즈드 스위밍에 있어서도 가장 기본적이고 중요한 동작이다. 스컬링이란 ‘양손으로 노를 젓는다’라는 사전적 의미가 있고, 스컬링 방법은 다양한 형태로 이루어지고 있으며 몸을 수면 상으로 뜨게 하며 계속 유지하게 할 뿐 아니라, 전방으로의 추진력을 일으키거나 수중에 가라앉든지 수면위로 높이 올린다거나 내린다든지 하게 된다. 스컬링은 손을 움직이는 방향과 위치에 따라서 나아가는 방향과 높이를 자유자재로 조절한다(김갑수, 2003).

수영(경영)에서는 팔, 특히 손을 이용한 작고 빠른 왕복동작을 통해 추진력을 만들어내는 것을 말한다. 그 원리로는 저을 때 손바닥과 팔의 아래면으로 젓고 리커버리 시에는 손과 팔의 날로 움직여 저항을 줄임으로써 계속해서 ‘손바닥의 방향’으로 추진력을 만들어 내는 것이다. 스컬링의 종류로는 아래와 같이 많은 스컬링 기술들을 볼 수 있다(김갑수, 2003).

1) 손목의 위치, 각도의 진행방향

- ① Flat : 손목에서 손가락 끝까지 일직선이 되고 정지할 때에 쓰인다.
- ② Standard : 손가락 끝을 손목으로부터 45도 위쪽으로 젓는다.
- ③ Reverse : 손가락 끝을 손목으로부터 45도 아래쪽으로 굽힌다.

플랫 스컬은 누워 뜨기를 할 때 움직이지 않고 머물기 위해 사용된다.

시작 위치로부터 엄지손가락을 아래로 놓기 위해 손을 약간 회전시켜 어깨 넓이 아래로 바깥쪽으로 손을 움직이면 된다. 팔꿈치는 항상 구부린 상태로 엄지손가락이 위로 향하고 손바닥이 안쪽으로 향하도록 하기 위해 손을 회전하면 된다. 동작은 부드럽고 계속적으로 움직여야 하며, 손을 각각 옆으로 밀어낼 때, 손등으로 지나가는 물은 물속에서 손을 들어올리기를 만들어 낸다. 지렛대 작용을 하는 어깨와 연결된 이 힘은 물속에서 위치의 유지를 돕는다(대한적십자사, 2003).

2) 기본자세

- ① Back Lay out : 누운 자세
- ② Front Lay out : 엎드린 자세
- ③ Kick Board sit : 앉은 자세(그림 1)



그림 1. 앉은 자세 스컬링

3) 추진을 하기위한 스컬링

머리우선 스컬은 누워 뜨기를 할 때 사용된다. 이 동작은 플랫 스컬과 비슷하지만, 몸으로부터 바깥쪽과 발 안쪽으로 물을 강제로 밀어내는 손의 다른 각도는 몸 전체를 머리우선으로 움직인다. 안쪽으로 압력을 가하는 동안 발쪽으로 약간 조절된 각각 손의 엄지손가락 면과 바깥쪽으로 누르는 동안 손의 새끼손가락으로 스컬링 동작을 한다(그림 2).

반대로 발 우선 스컬은 누워 뜨기를 할 때 사용된다. 허리를 구부리면서 손가락이 수영장 바닥 쪽으로 향한다. 안쪽으로 누르는 동안 엄지손가락 쪽과 바깥쪽으로 누를 때 새끼손가락 쪽이 머리 쪽으로 오도록 스컬링 동작을 한다(대한적십자사, 2003).



그림 2. 스컬링의 종류와 진행방향

이러한 스컬링의 효과를 극대화시키기 위해서는 손가락들과 엄지손가락을 붙인 상태에서 손에 힘을 빼고 자연스러운 자세로 평평하게 해야 한다(김정림, 2011).

4) 생존수영(Survival Floating Swimming)

미국 조지아 공과대학 물리학 교수였으며, 또한 수석 수영코치였던 레노(Fred R. Lanoue)에 의해서 시작되었던 익사방지 기술을 개선한 것으로 기본 수영 기술들을 종합하여 최소한의 노력으로 장시간 떠 있게 고안되어 있다. 이 기술을 다음과 같이 행한다(대한적십자사, 2003).

- ① 휴식자세 : 공기를 들이마신 다음 호흡을 멈추고 팔과 다리의 힘을 풀고 자연스럽게 늘어뜨린다. 뒷머리가 수면에 뜨게 얼굴을 숙이고 뜬 채 잠시 동안 쉰다.
- ② 숨 내쉴 준비 : 신체와 머리를 이 자세로 유지하다가 천천히 팔을 어깨 높이까지 가져온다. 이때 만약 다리동작도 할 수 있으면 천천히 다리를 변형 가위차기 자세로 벌린다.
- ③ 숨 내쉬기 : 입이 수면 위로 약간 올라올 정도까지만 머리를 치켜든다. 그와 동시에 입과 코로 숨을 내쉴다. 경우에 따라서는 입이나 코 어느 하나로만 내쉬어도 된다. 머리와 몸의 높이를 판단하기 위하여 눈은 떠 있어야 한다.
- ④ 숨 들여 마시기 : 머리가 수직자세가 되면 즉시 팔을 밑으로 누르고 두 다리를 함께 모은다. 이렇게 가볍게 밑으로 누르기만 하여도 입으로 숨을 들이마실 만한 시간을 충분히 얻을 수 있게 된다. 팔과 다리 동작에 너무 힘을 주어서 턱이 수면위에 올라오게까지 해서 안 된다.

- ⑤ 휴식자세로 복귀 : 천천히 휴식자세로 복귀한다. 이 자세로 숨을 내설 준비를 할 때까지 휴식을 한다.

5) 해파리 뜨기와 로터리 킥

해파리 뜨기 자세는 초보자가 물의 부력 작용을 배우려는데 대단히 효과적일 뿐만 아니라 옆드려 뜨기 위한 기술의 바탕이 될 수 있다. 이 동작은 얼굴을 밑으로 내리고 몸의 긴장을 풀며 수중에 떠 있는 자세이기 때문에 구조를 기다리는 동안에 힘들이지 않고 물에 떠 있을 수 있는 좋은 방법이다. 로터리 킥은 서서 수영하기에 효과적으로, 쉬는 면이 없기 때문에 지속적인 지원을 제공한다. 이 강한 킥은 수구, 싱크로나이즈드 수영, 인명구조에 사용된다(대한적십자사, 2003).

김갑수(2003)는 스컬링 스킴의 수행이 수영의 운동학습에 미치는 효과에서 스컬링을 통하여 물의 성질과 흐름을 이용하여 물을 제어 할 수 있는 능력이 배양되어지고, 이로 인해 호흡이 편안하고 자연스러워지므로 영법 습득과 수행에 있어서 훨씬 여유 있는 심리적 상태가 유지된다고 하였다. 또한 스컬링 동작의 연구와 실제적용은 수영의 기록 향상에 영향력을 미친다고 하였으며, '스컬링'의 궤적각도 만으로도 큰 차이가 있다고 밝혔다.

2. 항력, 양력 및 수중에서의 체중 측정

물속 공간은 인간에게 두 가지 독특한 환경을 제공한다. 하나는 호흡이 불가능한 환경이라는 것이며, 다른 하나는 지상에서나 느끼는 중력이 물속에서는 상쇄된다는 것이다. 지상에서와 다른 이러한 이질적인 환경조건은 인체로 하여금 허파호흡과 중력에 적응된 기관들의 항상성을 혼란시키게 된다(이대택, 2004).

물속에서 몸에 가해지는 힘은 기능적 관점에서 크게 추진력(propulsion), 저항(resistance), 몸을 뜨게 하는 힘(floating force), 몸을 가라앉게 하는 힘(sinking force)의 네 가지 종류로 나눌 수 있다. 지상 운동과는 달리 수영에서는 외부 물체와 직접적으로 접촉하는 구간이 없어 물속 동작을 통한 물과의 상호작용만으로 필요한 추진력을 발생시켜야 한다(권영후, 2001).

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. 항력계수는 물체의 모양, 운동 방향, 표면 상태, 물의 점도 등에 의해 결정되는 상수이다(권영후, 2001).

위에서와 같이 유체 속을 통과하는 물체에 대하여 운동 방향의 수직으로 작용하는 동적 유체력을 양력(lift force)이라 하는데, 양력은 단어의 의미로 인해 “밀어 올리는 힘” 즉 상방으로 작용하는 힘이라고 단정하기 쉽다. 양력의 작용 방향은 유체의 흐름에 의해 결정되기 때문에 실제로 양력은 위 방향뿐만 아니라 아래 방향 등 모든 방향으로 작용한다. 분명한 사실은 양력이 유체의 흐름에 수직으로 작용한다는 것이다(류재식, 2005).

양력의 발생 원리는 크게 형태의 비대칭성, 공격각, 회전의 세 가지 관점에서 설명될 수 있다. 그 중 형태의 비대칭성에 의한 경우는 물체의 위 부분이 아래 부분보다 볼록한 비대칭 구조 때문에 물체의 위를 지나는 경계층은 아래를 지나는 경계층에 비해 먼 거리를 이동하여 위 부분의 층흐름의 속도가 아래 부분에 비해 높다. 층흐름의 경우 움직이는 속도가 높을수록 압력이 낮아지는 특성이 있는데(베르누이의 정리), 이런 이유로 물체의 위 부분이 아래 부분보다 압력이 낮아 압력차가 생긴다. 그 결과 고압부(위)로부터 저압부(아래)로 향하는 양력이 발생하며, 비행기의 날개가 바로 이 원리를 이용한 것이다(권영후, 2001).

위와 관련하여 양력을 발생시키기 위해서 물속에서 빠르게 측면으로 움직이므로써 손의 모양을 포일 형태로 사용한다. 양력은 손을 아랫방향으로 움직이고 어깨관절을 고정시킴으로 억제된다. 손에 의해 발생하는 항력은 손의 방향이 흐름에 거의 수직이 될 때 최대가 되고 양력은 손이 새끼손가락이나 엄지 손가락 쪽으로 움직일 때 최대가 된다(김창국, 2003).

또한 수영선수는 항력을 이용하여 추진력을 발생시킨다. 예로 팔운동에 대한 저항은 곧 팔운동에 의해 발생하는 항력과 양력의 합을 의미하는데, 그 방향이 전 상방이기 때문에 전방 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 전진방향과 형성하는 각이 커 힘이 몸의 상하, 좌우 운동을 발생시키는데 많이 소모되면 큰 추진력을 발생시킬 수 없게 된다(권영후, 2001).

그 밖에도 수중에서의 측정은 밀도법을 이용하여 어떠한 물체라도 그 물체가 갖는 체적에 상당하는 부력을 받는다는 아르키메데스(Archimedes : B.C. 287~212)의 원리를 이용할 수 있다. 왜냐하면, “부력 = 체중 - 수중

체중”이므로, 수중체중을 알면 신체의 부력을 산출할 수 있기 때문이다. 이러한 밀도법에 의하여 신체의 체적을 구하는 구체적인 방법으로는 수중에서 부력을 받는 상태에서 체중을 측정하는 수중체중측량법(수중체중평량법 : under water weighting method)과 몸을 물속에 잠수할 때, 신체의 체적만큼 증가하는 물의 총량을 실제로 측정한 후, 흘러 넘쳐흐르는 물의 양을 측정하여 신체의 체적을 구하는 물의 치환법(water displacement method)이 있다(김기학, 김기봉, 최민동, 허정 외 5명, 1997; Park, 2002).

3. 스컬링과 역학적 요인

물속에서의 영상촬영은 카메라의 설치환경이나 물의 굴절 그리고 물의 소용돌이로 인해 지상에서의 연구보다 쉽게 접근하기가 어렵다. 그러나 최근에 들어서는 카메라의 기술발달과 디지털 영상 프로그램의 발달로 인하여 수중에서의 연구도 점차 진행되고 있는 추세이다(김광명, 2011).

운동분석(motion analysis)은 기록된 영상으로부터 운동체(인체)의 운동에 관한 정보를 추출하는 운동역학의 중요한 분석수단 중 하나로 기술분석에 흔히 사용된다. 운동분석법은 촬영한 영상에 기초하기 때문에 피험자의 움직임을 방해하지 않는 장점이 있어, 시합상황에서도 활용될 수 있다. 기록된 영상은 단순한 육안분석으로부터 세밀한 정량적 분석에 이르기까지 다양한 형태로 사용된다(권영후, 문영진, 이진섭, 1995).

수영선수가 그들의 팔동작으로 추진운동의 방향을 시각적으로 가장 분명하게 볼 수 있는 방법은 스컬링의 형태를 보는 것이다. 수년 동안 필름과 비디오 테이프를 연구한 결과 경영 선수들의 스트로크 동작은 4가지의 기본적인 스윕(sweep)으로 구분될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 수영에서의 스윕

(sweep)이란 물이라는 유체를 손바닥이나 팔로 쓸어내는 동작이다(김갑수, 2003). 이와 같이 최근에는 수영경기를 스트로크 국면, 스타트 국면, 턴 국면, 피니쉬 국면 총 4가지 국면으로 분류한 레이스 분석이 이루어져 세부 구간의 기술력 향상을 강조하고 있는 추세이다(Thompson, Haljand, Cooper, & Martin, 2002).

자유 수영에서는 추진력의 대부분이 손과 팔에 의해 발생될 뿐만 아니라 다른 부위에 의해 발생하는 추진력을 측정하는 것이 현실적으로 매우 어렵기 때문에 주로 손과 팔에 의해 발생하는 추진력만을 계산한다. 수중 동작 분석법을 사용하면 손과 팔의 속도를 비교적 정확하게 측정할 수 있으므로 손과 팔의 항력 및 양력 계수만 알면 추진력의 크기를 계산할 수 있게 되는데, 여기에 손과 팔 모형을 사용하여 실험적으로 얻은 항력 및 양력 계수가 사용된다(권영후, 2001).

관련 선행논문을 살펴보면 김갑수(2003)는 스컬링 수행이 수영 운동학습에 미치는 효과 연구에서 스컬링을 수행한 실험집단이 역영속도의 변화에서 통제집단에 비해 높은 점수로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이($p < .001$)가 있었다고 밝혔다.

박종철(2004)은 수영의 방향전환동작 정량화 분석 연구에서 국가대표 선수를 대상으로 구간기록과 세부동작을 비교 분석하였고, 류재식(2005)은 접영 동작을 3차원 영상분석을 이용하여 우수선수와 비우수선수의 동작을 비교한 결과, 우수선수들이 주관절의 신전과 굴곡현상이 잘 이루어지는 것으로 나타났으며, 비우수 선수들은 오른쪽과 왼쪽의 주관절의 변화에 많은 차이가 나타났다고 보고하였다. 그 밖에도 손목과 팔꿈치의 위치변화, 속도 변화에서도 집단 간 변화 양상을 살펴보았다.

외국에서의 선행 연구로는 Berger, Groot과 Hollander(1995)는 손과 팔 모형을 이용하여 항력과 양력의 유체역학적 연구를 실시하였으며, Bixler와

Riewald(2002)는 CFD 프로그램을 이용하여 수영 선수의 손과 팔 주위의 흐름을 분석하였고, Miwako와 Masanobu(2005)는 싱크로나이즈드 수영 선수들을 대상으로 팔꿈치와 손목 깊이와 상완과 팔꿈치 각도 등을 분석하였다.



Ⅲ. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구 대상은 <표 1>과 같이, B지역에 거주하는 대한적십자사 수상인 명구조원 자격 소지자 14명으로 스쿼팅 동작을 구사할 수 있는 자로 선정하였다. 모든 참가자들에게 본 연구의 목적과 방법을 충분히 설명한 후, 자발적인 동의를 얻은 후 실험을 실시하였다.

표 1. 연구대상의 특성 (N : 14)

대상(N)	나이(yrs)	신장(cm)	체중(kg)	경력(yrs)
14	25.00±2.42	176.86±4.96	68.50±8.93	4.86±1.29

2. 측정 도구

본 연구를 수행하는데 있어 사용된 측정도구 및 용도는 <표 2>와 같다.

표 2. 측정도구 및 용도

실험도구	모델	제작회사	용도
고속카메라	Motion Master	VISOL(Korea)사	3D 동작 촬영
트리거마스터	TM-0014	VISOL(Korea)사	기록 저장 및 호환
소프트웨어	KWON3DXP	VISOL(Korea)사	분석 및 자료처리
통제점틀	1m×1m×2m	VISOL(Korea)사	좌표기준 설정
신장계 및 체중계	150A	KAS(Korea)사	신장 및 체중 측정
전산유체프로그램	CFD	ESI(France)사	전산유체역학 분석
수중체중 측정기	CL-5010A	NDCATOR(Korea)사	수중 체중 측정

3. 측정 항목

본 연구에서는 수상안전사고 예방을 위한 스컬링 동작의 심층적인 분석을 위하여 다음과 같이 측정항목을 선정하였다.

- 1) 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중
- 2) 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 항력과 양력
- 3) 스컬링 수행 시 소요시간, 팔꿈치 각도, 어깨 각도

4. 측정 방법

본 실험은 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중을 측정하여 시뮬레이션 양력 결과와의 경향성을 살펴보고자 하였다. 전산유체역학 프로그램을 이용하여 수치화 된 손의 모델을 통해 손바닥 각도에 따른 유량변화 및 전후면의 압력분포를 통하여 항력과 양력 값을 분석하였고, 3차원 영상 분석 프로그램을 이용하여 스컬링 전반적인 동작을 분석하였다.

1) 수중에서의 체중의 변화

스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중을 측정하여 효율적인 스컬링을 수행하기 위해 필요한 중요한 요인을 찾고자 <그림 3>과 같은 수중체중측정기를 사용하였으며, 실험에 앞서 참가자에게 본 연구의 목적과 방법을 충분히 설명하였고, 자발적인 동의를 얻은 후 실험을 실시하

였다.

모든 참가자들은 수영복을 착용하였으며, 최초 준비 자세는 기존의 수중 체중 측정 자세와 달리 수조 내 거치 의자에 앉은 후 머리부위를 물 밖으로 유지할 수 있도록 높낮이를 조절하였다. 이는 스컬링 수행 시 수면 위로 항상 머리를 내어 호흡을 하는 동작의 특성을 최대한 흡사하게 구현해 내기 위함이다.

실험에 앞서 부자연스러운 스컬링 동작을 방지하기 위하여 주어진 각도를 최대한 유지할 수 있도록 연습을 시킨 후 자연스러운 동작이 되었을 때 실험을 시작하였다. 본 실험에서는 각 조건에서 1분 간 스컬링을 실시하였으며, 참가자들로 하여금 각도(0° , 15° , 30° , 45°)에 따른 실험의 순서가 실험결과에 영향을 미칠 것을 고려하여 각도 순서를 무작위로 선정하여 실시하였다. 수중에서의 체중은 매 10초 간 측정된 값을 산출하였다.



그림 3. 수중체중 측정기

2) 전산유체역학을 이용한 해석 방법

유체의 흐름을 수치해석 하기 전 층류 또는 난류 유동인지 구분해야 한다. 층류는 유체입자가 질서정연하게 층과 층이 미끄러지면서 흐르는 흐름을 말하고, 난류는 유체입자들이 불규칙하게 운동하면서 흐르는 흐름을 말한다. 층류와 난류의 구분척도의 무차원수로서 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu}$$

Re 는 레이놀드 수, ρ 는 밀도, d 는 관 크기, V 는 유동 속도를 나타낸다. 관내 유동에서는 레이놀드수가 약 2,100보다 작으면 층류 그리고, 레이놀드수가 약 4,000보다 크면 난류이다. 시뮬레이션 값을 신뢰하기 위해서는 2D 해석을 하여 계산된 값을 유체 역학에 수기된 일반적인 값과 비교를 하였다. 그 후 같은 조건으로 3D 모델링을 하여 양력 값과 항력 값을 도출하였다. 항력은 유동속도와 평행방향으로 작용하는 힘을 항력이라 하고 아래 식으로 나타낸다.

$$D = C_D A \frac{\rho V^2}{2}$$

C_D 는 항력계수, A 는 현의 길이와 날개의 폭을 곱한 면적, V 는 유체의 유동속도 ρ 는 밀도이다. 양력은 유동속도와 직각방향으로 작용하는 성분의 힘으로 아래 식으로 나타낸다.

$$L = C_L A_p \frac{\rho V^2}{2}$$

C_L 은 양력계수, A_p 는 현의 길이와 날개의 폭을 곱한 면적이다. 본 논문에서 난류모델은 $k-\varepsilon$ 모델을 사용하였다. $k-\varepsilon$ 모델은 2차 방정식 모형으로서 가장 널리 알려진 것으로 공학 분야에서 주로 사용된다. K 란 난류의 에너지(kinetic energy)를 의미하며, ε 은 난류의 소산률을 의미한다. 난류 강도는 Bixler와 Rieward(2002)의 선행논문을 참조하여 1%로 수행하였다.

전산유체역학을 통한 시뮬레이션은 한국인 인체치수조사(Size Korea)에서 20대 남성의 평균 손 데이터를 토대로 <표 3, 4, 5> 하였으며, 이를 토대로 3D 모델링을 한 손의 모습은 <그림 4>와 같다.

표 3. 20대 남성의 평균 손 길이 (단위 : mm)

손	손바닥	엄지	검지	중지	약지	소지
183.81 ±10.11	105.59 ±5.53	60.29 ±4.66	69.62 ±5.06	77.75 ±5.32	73.02 ±5.53	58.17 ±5.83

표 4. 20대 남성의 평균 손 너비 (단위 : mm)

손	최대손	손목	엄지	검지	중지	약지	소지
85.51 ±4.24	106.77 ±5.26	60.38 ±3.47	21.39 ±1.65	19.99 ±1.37	20.1 ±1.38	19.04 ±1.26	16.78 ±1.35

표 5. 20대 남성의 평균 손 두께

(단위 : mm)

손	최대손
26.83 ±1.80	47.95 ±4.21

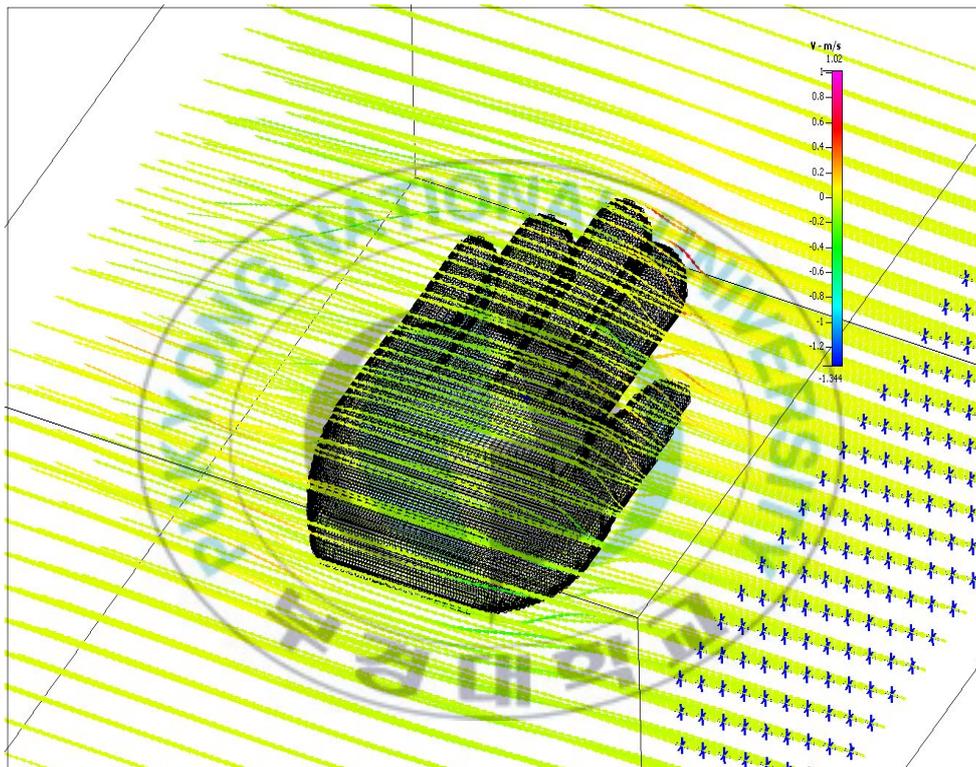


그림 4. 전산유체역학 3D 모델링

3D 시뮬레이션은 0°, 15°, 30°, 45°, 60° 로 총 5개의 각도로 수행하였다. 한국인의 표준 인체치수정보를 토대로 한 모델링을 하였으며, 전체 유동장의 크기는 가로는 1,000mm, 세로는 1,000mm, 높이는 400mm이고 총 노드는 1,652,975, 셀은 1,447,017개로 모델링 하였다. <그림 5>는 손의 모습과 전체 유동장 모습을 나타낸 것이다.

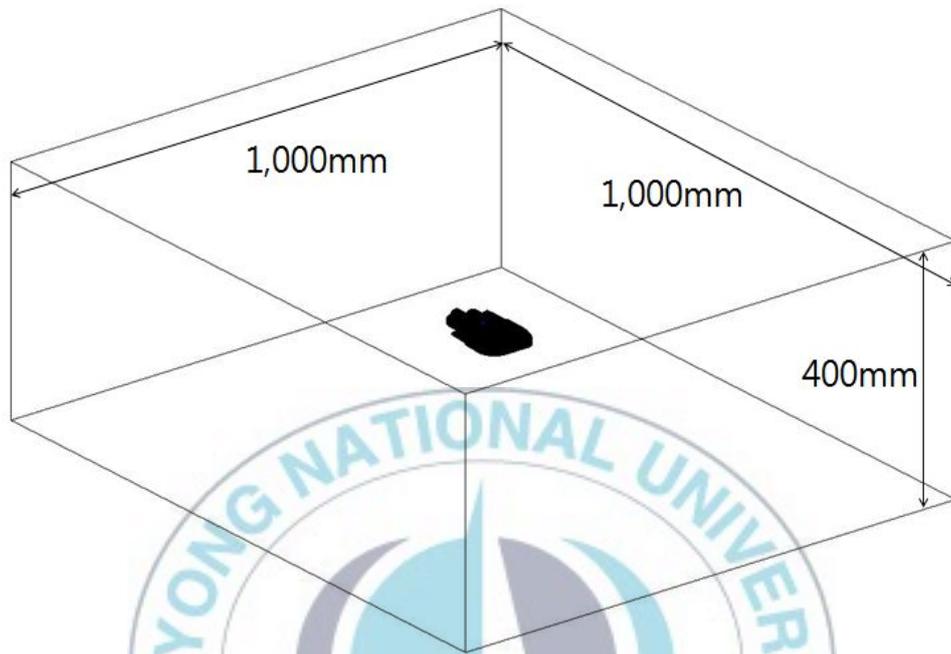


그림 5. 전체 유동장과 손의 모습

3) 소요시간 및 관절 각도의 측정

본 연구의 3차원 영상 분석을 위해, 수상인명구조원 자격 소지자 14명의 참가자 중, 5년 이상의 숙련자 7명을 선발하였으며<표 6>, 고속카메라 5대를 각각의 설치대 위에 움직이지 않도록 고정되게 설치한 후 높이 2m, 길이 1m, 폭 1m로 통제점 틀을 동작을 분석하고자 하는 공간에 설치하였다.

또한 분석을 위한 방향설정은 피험자가 진행방향을 Y축으로, 수직방향을 Z축, 좌우 방향을 X축으로 설정하였다.

표 6. 3차원 영상 분석 연구 대상

대상(N)	나이(yrs)	신장(cm)	체중(kg)	경력(yrs)
LJI	29	177	73	7
LJH	28	174	81	6
PJH	28	179	80	5
OSO	28	173	70	5
KMJ	25	176	77	6
KDH	24	171	60	6
KSH	25	185	92	6
M±SD	26.71 ±1.98	176.43 ±4.61	76.14 ±9.99	5.86 ±0.69

인체 모델은 신체분절들을 서로 연결된 강체(rigid body)의 연결 시스템(Linked system)은 20개의 인체 관절 점으로 정의하였다. 인체 모델을 구성하는 점들의 위치는 다음과 같다[그림 6, 표 7].

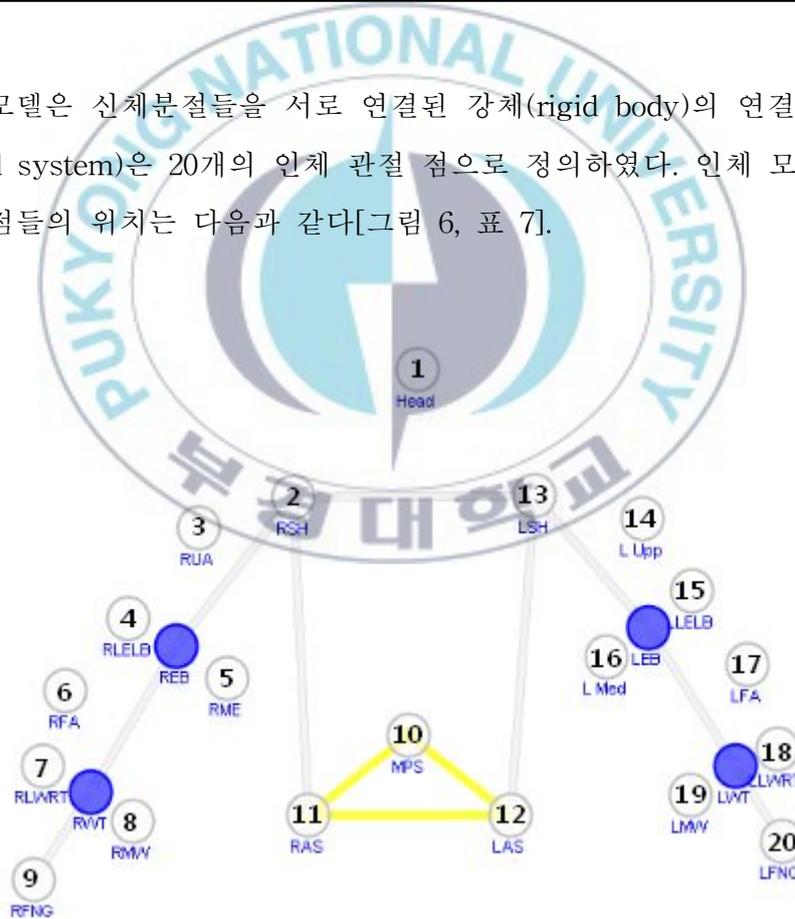


그림 6. 관절 점의 좌표화

표 7. 관절 점의 좌표화

부위별 명칭	
1. head	11. right asis
2. right shoulder	12. left asis
3. right upper arm	13. left shoulder
4. right lateral elbow	14. left upper arm
5. right medial elbow	15. left lateral elbow
6. right fore arm	16. left medial elbow
7. right lateral wrist	17. left fore arm
8. right medial wrist	18. left lateral wrist
9. right finger	19. left medial wrist
10. medial psis	20. left finger

5대의 고속카메라를 동조화(synchronization)시키기 위하여 KWON3D 프로그램에서 5대의 고속카메라로 캡처한 화면을 일치시켜 촬영한 동작을 동일한 시간에 동일한 위치의 좌표 값을 계산하기 위하여 스플라인 함수를 이용하였다. 3차원상의 실 공간에서 구현된 영상 정보를 최소 2개 이상의 필름 매체에 저장한 후 2차원 좌표로부터 신체 분절점의 3차원 좌표를 계산하는 방식인 Abdel-Aziz와 Karara(1971)의 DLT 기법을 이용하여 미리 실 공간에서의 좌표 값이 알려진 몇 개의 점(control point)을 촬영한 후 실 공간 좌표와 필름면상의 좌표계로부터 DLT 변환식의 계수를 산출하였다. 계산된 DLT계수와 신체분절 중심점의 평면좌표를 이용하여 피험자의 3차원 공간좌표를 산출하였다. 한편 3차원 좌표 값을 계산할 때 여러 가지 원인에 의해 잡음(noise)이 발생하는데 이러한 오차를 제거하기 위해 Butterworth의 2nd order 저역통과 필터(low-pass filter)를 사용해 스무딩(smoothing)을 실시하였으며, 이때 차단 주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz로 하였다.

본 연구에서는 <그림 7>과 같이 스컬링 동작을 총 2개의 국면과 3개의 이벤트로 설정하였고, 신체 분절의 각도는 좌·우측 팔꿈치 각도(팔꿈치를 축으로 상완과 전완이 이루는 사이 각)와 어깨 각도로 정의 하였다.

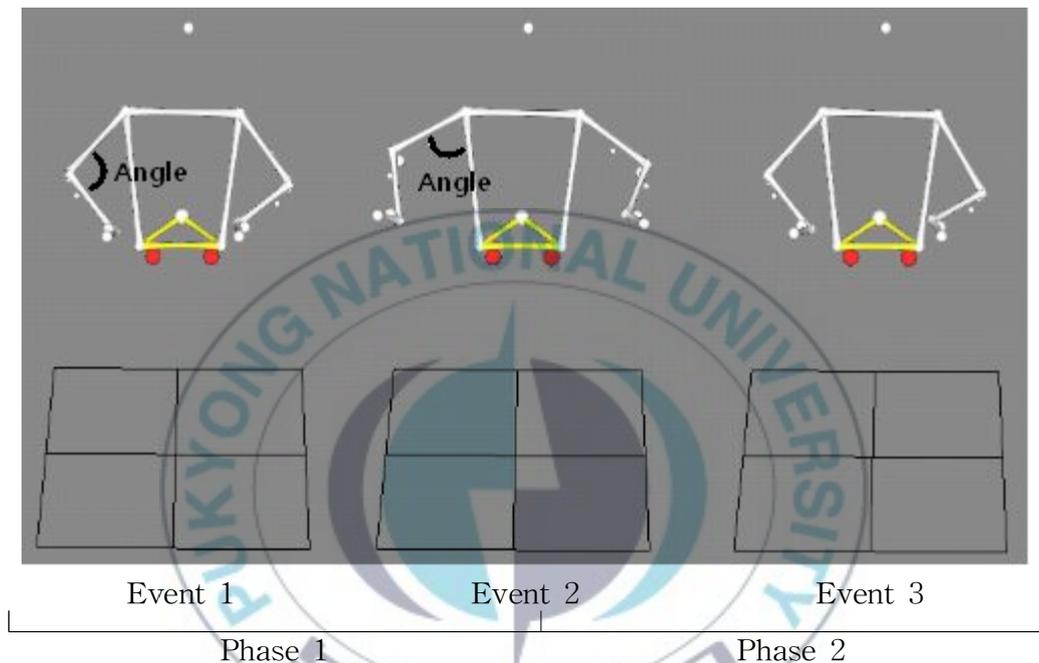


그림 7. 스컬링 이벤트와 국면

(1) 국면(Phase)

- ① P1. : E1~E2 까지 ② P2. : E2~E3 까지

(2) 이벤트(Event)

- ① E1 : 스컬링 동작이 시작하는 순간
 ② E2 : 스컬링 동작의 최대범위 순간
 ③ E3 : 스컬링 동작이 끝나는 순간

5. 통계 처리

본 연구의 목적을 달성하기 위해 전산유체역학 프로그램을 이용하여 구한 양력과 항력 값과 스컬링 3차원 영상 분석한 값을 평균(M)과 표준편차(SD)로 산출하였으며, 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화의 통계적 차이를 확인하기 위하여 반복측정 일원 분산분석(Repeated measure One-way ANOVA)을 실시하였으며, 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.



IV. 연구 결과

1. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화

스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화를 측정 한 결과는 다음과 같다[표 8, 그림 8].

손바닥 각도 0°에서 6.08±0.74kg, 15°에서 3.87±1.01kg, 30°에서 3.13±0.78kg, 45°에서 1.98±0.89kg 순으로 나타나, 0°에서 45°까지 스컬링 수행 시 손바닥 각도가 증가함에 따라 수중에서의 체중이 점차적으로 감소함을 볼 수 있었으며, 통계적으로도 유의한 차를 보였다($p < .001$).

표 8. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화 (단위 : kg)

<i>N</i>	0°	15°	30°	45°	<i>F</i>	<i>P</i>
14	6.08 ±0.74	3.87 ±1.01	3.13 ±0.78	1.98 ±0.89	55.93	.000**

*** : $P < .001$

다변량 검정에서도 Pillai의 트레이스, Wilks의 람다, Hotelling의 트레이스, Roy의 최대근 등 모든 *p-value*에서 유의한 차를 나타나, 수중에서의 체중 변화 패턴은 각도에 따라 유의한 차를 볼 수 있었다<표 9>.

표 9. 다변량 검정

효과	값	F	가설 자유도	오차 자유도	유의확률
Pillai의 트레이스	.943	60.33	3.00	11.00	.000***
Wilks의 람다	.057	60.33	3.00	11.00	.000***
Hotelling의 트레이스	16.45	60.33	3.00	11.00	.000***
Roy의 최대근	16.45	60.33	3.00	11.00	.000***

*** : $P < .001$

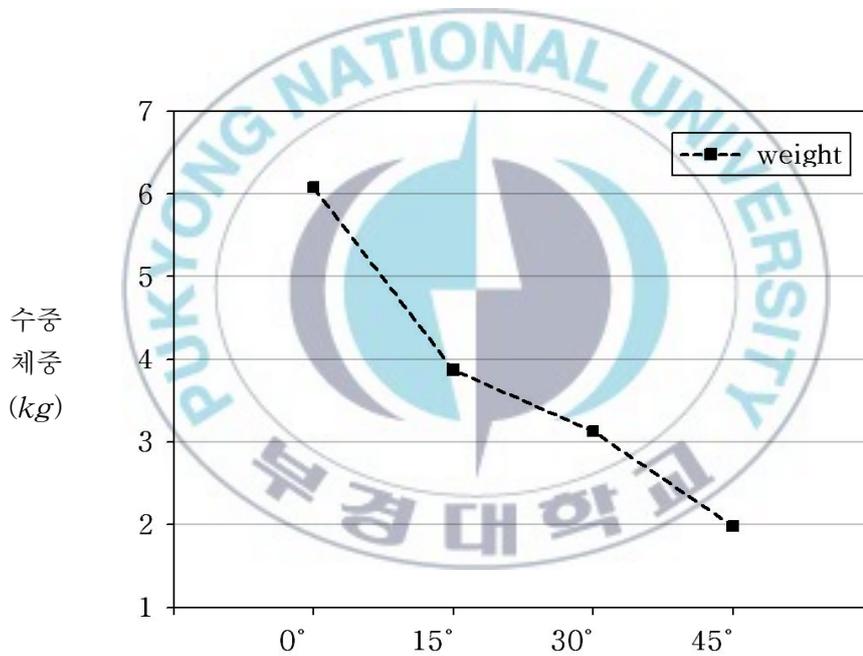


그림 8. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화

2. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력

스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 항력과 양력 값을 측정한 결과는 <표 10>, <그림 9>와 같다. 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따라 측정된 항력 값은 0°에서 2.23 N, 15°에서 3.77 N, 30°에서 6.87 N, 45°에서 9.85 N, 60°에서 12.83 N 순으로 나타나 각도가 증가함에 따라 항력 값이 지속적으로 증가함을 볼 수 있었다.

스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따라 측정된 양력 값은 0°에서 0 N, 15°에서 6.15 N, 30°에서 7.45 N, 45°에서 7.95 N, 60°에서 6.72 N 로 나타나, 0°에서 45°까지 점차적으로 증가함을 볼 수 있었으나, 60°에서는 오히려 감소함을 볼 수 있었다. 손바닥 각도(0°~60°)에 따른 유동의 흐름은 다음과 같이 나타났다[그림 10~14].

표 10. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력 (단위 N)

각도/힘(N)	항력	양력
0°	2.23	0
15°	3.77	6.15
30°	6.87	7.45
45°	9.85	7.95
60°	12.83	6.72

항력
과
양력
(N)

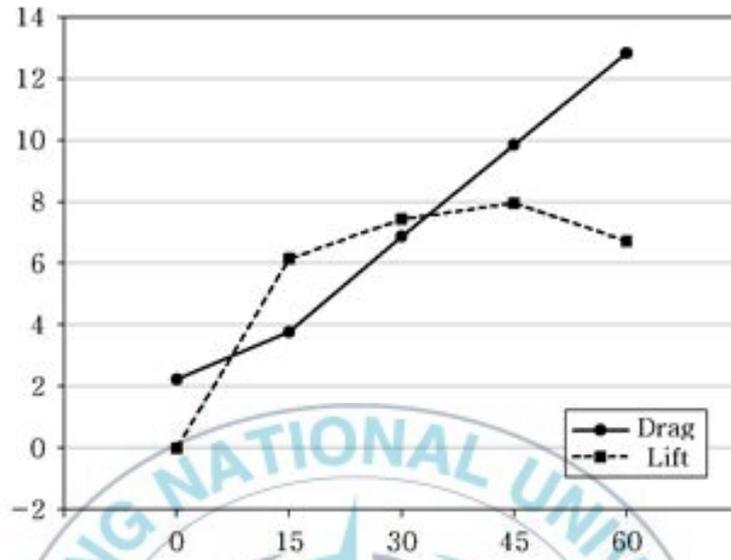


그림 9. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력

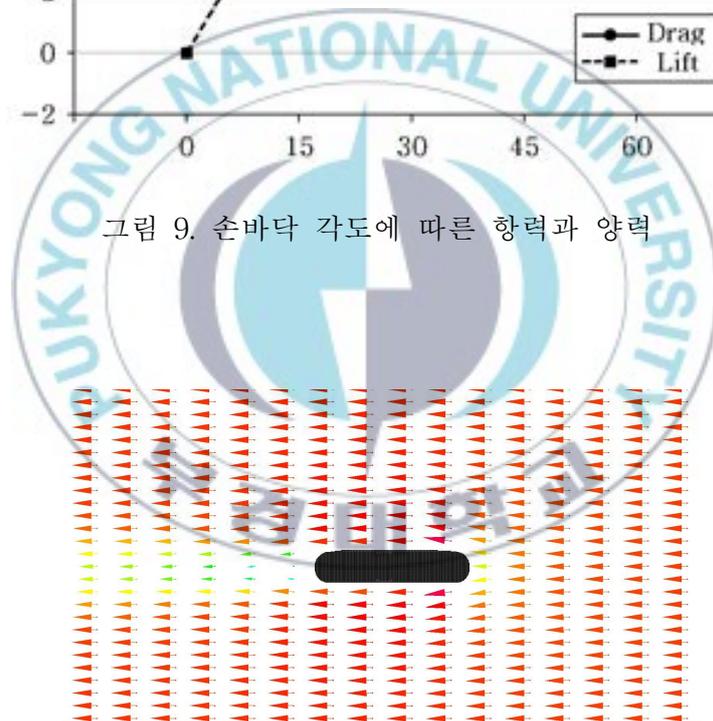


그림 10. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력(0°)

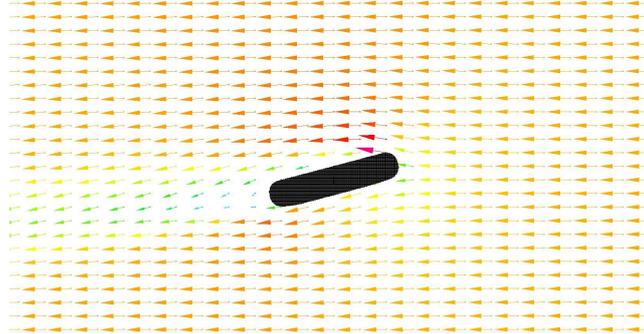


그림 11. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력(15°)



그림 12. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력(30°)

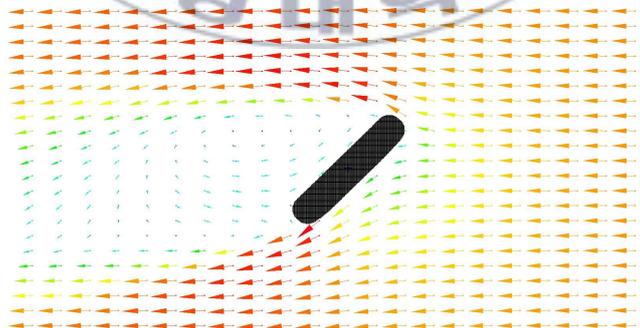


그림 13. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력(45°)

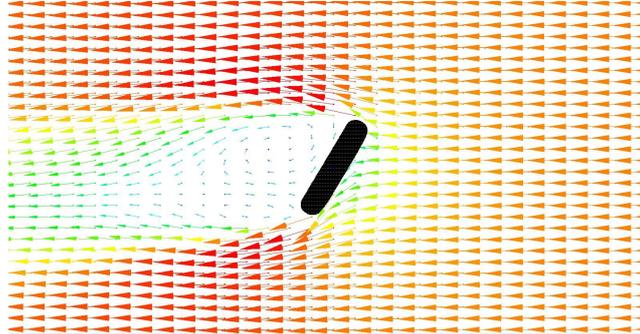


그림 14. 손바닥 각도에 따른 항력과 양력(60°)

3. 스컬링 동작의 역학적 요인

1) 국면별 소요시간

참가자의 각 국면별 소요시간은 <표 11>과 같다. 스컬링 동작의 평균 소요시간은 1.61sec로 나타났고, 국면별로 살펴보면 P1 구간에서 평균 소요시간은 0.79sec, P2 구간에서 평균 소요시간은 0.81sec로 나타났다.

참가자별 소요시간은 Subj A 1.25sec, Subj B 2.00sec, Subj C 1.79sec, Subj D 1.37sec, Subj E 1.57sec, Subj F 1.78sec, Subj G 1.50sec로 나타났으며, Subj B가 가장 긴 소요시간을, Subj A가 가장 짧은 소요시간을 나타내었다.

표 11. 스컬링 국면별 소요시간

(unit : sec)

	P1(E1 ~ E2)	P2(E2 ~ E3)	Total
Subj A	0.62	0.63	1.25
Subj B	0.98	1.02	2.00
Subj C	0.89	0.90	1.79
Subj D	0.67	0.70	1.37
Subj E	0.77	0.80	1.57
Subj F	0.88	0.90	1.78
Subj G	0.75	0.75	1.50
<i>M±SD</i>	0.79 ±0.26	0.81 ±0.13	1.61 ±0.19

2) 팔꿈치 각도의 변화

스컬링 수행 시 좌·우측 팔꿈치 각도 변화는 <표 12>, <그림 15>와 같다. 좌측 평균 팔꿈치 각도 변화는 E1에서 91.72°, E2에서 114.58°, E3에서 92.63°로 나타났고, 국면별 변화 폭을 살펴보면 P1(E1~E2) 구간에서 22.86°, P2(E2~E3) 구간에서는 21.95°의 움직임 변화를 볼 수 있었다.

참가자별 좌측 팔꿈치 각도변화에서는 Subj D가 34.83°의 가장 큰 변화를, Subj B가 10.95°의 가장 적은 변화 폭을 나타냈다.

우측 평균 팔꿈치의 각도 변화는 E1에서 98.75°, E2에서 114.23°, E3에서 92.46°로 나타났고, 국면별 변화 폭을 살펴보면 P1 구간에서 15.48°, P2 구간에서 21.77°의 움직임 변화를 볼 수 있었다.

참가자별 우측 팔꿈치 각도변화에서는 Subj F가 30.27°의 가장 큰 변화를, Subj A가 12.67°의 가장 적은 변화 폭을 나타냈다.

표 12. 좌·우측 팔꿈치 각도변화

(unit : deg)

		E1	E2	E3
Subj A	L	96.70	107.65	98.55
	R	101.63	114.30	105.89
Subj B	L	108.28	114.76	105.21
	R	103.96	117.52	107.31
Subj C	L	107.41	107.96	93.42
	R	112.33	114.17	87.65
Subj D	L	104.65	125.77	90.94
	R	109.07	114.91	87.176
Subj E	L	92.72	117.12	91.11
	R	93.08	113.83	86.00
Subj F	L	86.47	118.27	84.93
	R	91.12	114.53	86.03
Subj G	L	87.80	110.51	84.22
	R	80.05	110.32	87.15
<i>M±SD</i>	L	91.72 ±9.17	114.58 ±6.50	92.63 ±7.41
	R	98.75 ±11.30	114.23 ±1.25	92.46 ±9.69

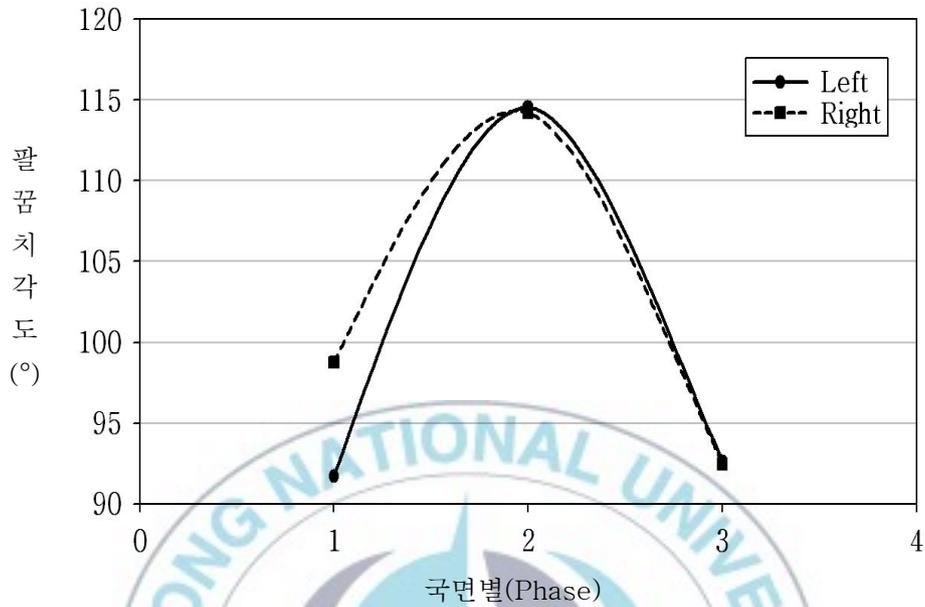


그림 15. 좌·우측 팔꿈치 각도변화

3) 어깨 각도의 변화

스컬링 수행 시 좌·우측 어깨 각도 변화는 <표 13>, <그림 16>과 같다. 스컬링 동작의 좌측 평균 어깨 각도 변화는 E1에서 50.42°, E2에서 64.35°, E3에서 48.30°로 나타났고, 국면별 변화 폭을 살펴보면 P1 구간에서 13.93°, P2 구간에서는 16.05°의 움직임 변화를 볼 수 있었다.

참가자별 좌측 어깨 각도변화에서는 Subj B가 38.54°의 가장 큰 변화를, Subj F가 6.21°의 가장 적은 변화 폭을 나타냈다.

우측 평균 어깨 각도 변화는 E1에서 49.11°, E2에서 61.93°, E3에서 49.47°로 나타났고, 국면별 변화 폭을 살펴보면 P1 구간에서 12.82°, P2 구간에서는 12.46°의 움직임 변화를 볼 수 있었다.

참가자별 우측 어깨 각도변화에서는 Subj B가 33.91°의 가장 큰 변화를, Subj D가 5.35°의 가장 적은 변화 폭을 나타냈다.

표 13. 좌·우측 어깨 각도변화

(unit : deg)

		E1	E2	E3
Subj A	L	61.60	71.31	55.81
	R	65.00	75.69	63.86
Subj B	L	43.86	79.02	40.48
	R	46.04	79.95	48.69
Subj C	L	41.54	61.84	42.65
	R	50.26	67.81	48.34
Subj D	L	52.28	60.77	48.09
	R	48.83	51.95	46.60
Subj E	L	49.83	58.93	47.87
	R	47.89	53.35	44.87
Subj F	L	58.06	62.29	56.08
	R	49.59	55.78	51.41
Subj G	L	45.80	56.30	47.11
	R	36.128	49.00	42.52
<i>M±SD</i>	L	50.42 ±7.42	64.35 ±7.97	48.30 ±5.94
	R	49.11 ±8.50	61.93 ±11.71	49.47 ±6.96

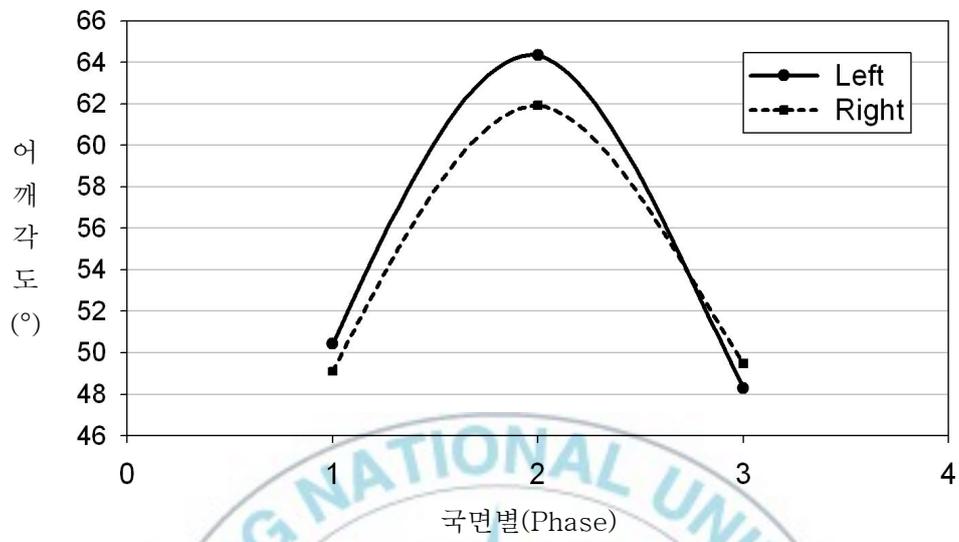
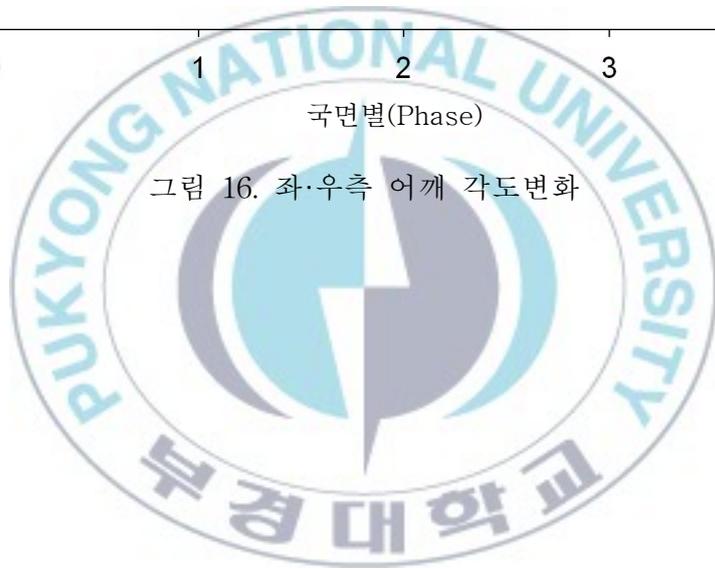


그림 16. 좌·우측 어깨 각도변화



V. 논의

1. 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화

수상인명구조 교육생들은 실제로 5m 수심의 풀에서 스컬링 교육을 받게 되는데, 이 기술이 숙달되기까지는 본인 스스로 충분한 부력을 만들지 못함과 동시에 항력이 극대화 되어, 빠른 체력 고갈은 물론 익수와 같은 위험 상황에 항시 노출되어 있다(이효택, 김용재, 2012).

Miwako와 Masanobu(2005)는 싱크로나이즈드 스위밍에서의 스컬링 기술 연구에서 올림픽 대표선수들을 대상으로 스컬링 동작 수행 시 'in-scull' 시 40~60°, 'out-scull' 시 70~80°의 손바닥 각도가 유지되었다고 보고하였다.

이와 반대로 Maglishcho(1993)의 연구에서는 수영 시 가장 효율적인 추진력을 얻을 수 있는 각도는 40° 라는 결과와 큰 차이를 보이며, 이러한 결과에 대하여 Miwako와 Masanobu(2005)는 싱크로나이즈드 스위밍에서는 몸을 지지하기 위하여 보다 큰 손바닥 각도가 요구되어 지기 때문이라고 밝혔다.

본 연구에서 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중을 측정한 결과는 다음과 같다. 0°에서 6.08±0.74kg, 15°에서 3.87±1.01kg, 30°에서 3.13±0.78, 45°에서 1.98±0.89 순으로 나타나, 0°에서 45°까지 손바닥 각도가 증가함에 따라 수중에서의 체중이 점차적으로 감소함을 볼 수 있었다($p < .001$).

다변량 검정에서도 Pillai의 트레이스, Wilks의 람다, Hotelling의 트레이스, Roy의 최대근 등 모든 p -value에서 유의한 차를 나타나, 수중에서의

체중 변화 패턴은 각도에 따라 유의한 차를 볼 수 있었다.

이러한 연구결과는 Maglishcho(1993)의 선행 연구에서 40°가 가장 효율적이라는 결과와 흡사하게 나타났으며, Miwako와 Masanobu(2005)의 연구에서 몸을 지탱하기 위해서 큰 손바닥 각도가 요구어진다는 결과와 본 연구에서 손바닥 각도가 높아짐에 따라 수중에서의 체중이 감소되는 경향과 유사함을 보였다.

위 결과를 종합하여 보면, 각도가 증가함에 따라 참가자의 수중에서의 체중이 감소되는 경향을 볼 수 있었으며, 이러한 변화는 감소된 체중과 비례하여 양력이 증가된다고 볼 수 있을 것이다. 하지만 각도가 증가할 경우, 항력의 크기 역시 점증적으로 증가할 것이라 사료된다.

또한 실험 환경과 관련하여 김성수(1991)는 민물과 물리적 성질이 다른 바다에서 수중 활동을 하면 신체에 미치는 영향이 일반 민물에서 하는 것보다 많은 차이가 날 것이라 예상 하였으며, 이러한 가정 하에 여러 가지 현상들을 파악해 본다면 교육과정의 구성을 위해 유용한 가치가 있을 것이라 생각된다.

2. 손바닥 각도에 따른 항력 및 양력

‘스컬링은 손과 전박(Forearm)만을 사용하여 움직이는 방법으로, 지속적인 손의 움직임으로 똑같은 그리고 일정한 압력을 가하라’ 설명되어지고 있으나(대한적십자사, 2003), 스컬링 시 가장 중요한 손바닥의 이상적인 각도와 관련된 부연 설명들은 이루어지지 않고 있다.

Schleihau(1979)의 수영 추진력의 유체역학적 연구에서 시뮬레이션을 통하여 도출된 결과를 살펴보면, 유속을 2.13m/sec로 설정하여 손의 각도를 0~90°까지 측정된 결과, 10~30°사이에서 가장 효율적인 부력 값이 나타

났다고 하였으며, 40°부터는 항력 값이 더욱 높아진다고 보고하였다. 또한 Berger, Groot와 Hollander(1995)의 사람의 손과 팔을 모델로 한 항력과 양력의 유체역학 연구에서도 역시 0.3~3m/sec 유속에서 양력과 항력을 살펴본 결과 20~40°가 가장 효율적인 각도라고 보고하였다.

본 연구에서 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 양력 및 항력 값을 측정한 결과 0°, 15°, 30°, 45°, 60°순으로 손바닥 각도가 증가함에 따라 항력이 점차적으로 증가함을 볼 수 있었다. 하지만 양력의 경우 0°에서 45°까지 점차적으로 증가하다 60°에서는 오히려 감소함을 볼 수 있었다.

위 선행연구들은 본 연구와 유사한 결과를 보인다고 할 수 있으며, 영법 시 속도와 스컬링 속도는 목적이 다른 동작으로 본 연구에서는 수중에서 평균적인 스컬링 속도를 유속 1.5m/sec로 가정하여 대입한 결과, 15°와 30°사이에서 양력과 항력 대비하여 가장 효율적인 값이 나타났다고 생각된다.

그 밖에도 Bixler(1999)는 전산유체역학을 이용하여 수영선수의 손과 팔을 분석한 결과 수영 시 손의 각도는 60~90°에서 추진력이 가장 강하다고 보고하였으며, Cappaert(1992)는 손과 전완의 유체력 연구에서 모든 각도에서의 각각의 항력을 측정한 결과 항력 값은 17.5N으로, 양력 값은 3.2N으로 나타나 평균 항력 값은 부력 값에 약 6배 가량 높아진다고 보고하였다.

이러한 결과는 본 연구에서 60° 이상의 각도에서는 항력 값이 점차 증가되는 결과와 유사하며, 추진력보다는 떠있기 위함이 목적인 스컬링 동작에서도 항력 값이 증가되고, 양력 값이 감소되는 경향을 보인다는 것은 실제 스컬링 수행 시 점증적인 체력소모를 야기할 수 있다고 생각된다.

본 연구 결과를 종합하여 보면 스컬링 수행 시 손바닥 각도는 15°에서 30° 사이를 유지하는 것이 가장 효율적인 동작으로, 이를 토대로 수상안전 교육 현장에 적용해본다면 교육생들로 하여금 보다 안전하고 세밀한 교육이 진행될 수 있을 것이라 생각된다.

3. 스컬링 동작의 역학적 요인

김갑수(2003)은 Sculling Skill의 수행이 수영의 운동학습에 미치는 영향을 분석한 연구에서 스컬링을 수행한 실험집단은 통제집단과 비교해 볼 때 각 영법별로 동작의 정확성의 향상에서 유의한 차이를 보였고, 원거리 역영능력에서 증진된 일관성을 나타냈으며, 각 영역별로 역영기록이 향상되었다고 보고하였다.

Miwako와 Masanobu(2005)는 싱크로나이즈드 스위밍에서의 스컬링 기술에 관한 연구에서 스컬링 동작을 'in-scull'과 'out-scull'로 구분하여 수행 시간을 측정한 결과 'in-scull'과 'out-scull' 소요시간이 거의 일정한 형태로 나타났다고 하였다.

또한 올림픽 대표의 팔꿈치 각도는 좌측 125.5°, 우측 126.8°로 나타났으며, 동작 간 변화 폭은 좌·우측 각각 50.6°, 49.1°로 나타났다고 보고하였다. 상완 각도의 경우 좌측 47.4°, 우측 51.5°로 나타났으며, 동작 간 변화 폭은 좌·우측 각각 10.6°, 7.7°로 나타나 팔꿈치 각도에 비하여 상완의 각도 변화 폭이 적은 것을 볼 수 있었다.

Zinzen, Antonis, Cabri, Serneels 외 1명(1992)은 싱크로나이즈드 스위밍 시 팔 근육의 근전도 분석 연구에서 스컬링에서의 추진력은 팔꿈치에서부터 시작되며, 즉 상완과 팔꿈치를 최대한 움직이지 않도록 유지하는 것이 스컬링 기술의 중요한 요인이라 보고하였다.

본 연구에서 스컬링 수행 시 소요시간은 구간별 0.79초, 0.81초로 나타났으며, 좌·우측 팔꿈치 각도를 측정한 결과, E2에서 좌측 114.58°, 우측 114.23°로 나타났고, 국면별 변화 폭은 P1 구간에서 좌·우측 각각 22.86°, 15.48°로 나타났으며, P2 구간에서는 좌측 21.95°, 우측 21.77°의 각도 변화를 볼 수 있었다. 또한 좌·우측 어깨 각도는 E2에서 좌측 64.35°, 우측

61.93°로 나타났고, 국면별 변화 폭은 P1 구간에서 좌측 13.93°, 우측 12.82°, P2 구간에서는 좌측 16.05°, 우측 12.46°의 움직임 변화 폭이 팔꿈치 각도 변화에 비하여 적음을 볼 수 있었다.

본 연구 결과는 Miwako와 Masanobu(2005)의 선행연구에서의 소요시간 및 각도 변화 패턴과 흡사하게 나타났으며, Zinzen, Antonis, Cabri, Serneels 외 1명(1992)의 연구 결과에서와 같이 효율적인 스컬링 동작을 수행하기 위해서는 팔꿈치 아래에서의 넓은 가동 범위와, 어깨에서는 적은 가동 범위의 동작이 이뤄져야 할 것이라 생각된다.



VI. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구에서는 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중 변화, 양력, 항력 및 3차원 영상분석 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 수중에서의 체중은 0°에서 45°까지 각도가 증가함에 따라 수중에서의 체중이 점차적으로 감소함을 볼 수 있었다($p < .001$). 다변량 검정에서도 Pillai의 트레이스, Wilks의 람다, Hotelling의 트레이스, Roy의 최대근 등 모든 p -value에서 유의한 차를 나타내, 수중에서의 체중 변화는 손바닥 각도에 따라 유의한 차를 볼 수 있었다.

2. 스컬링 수행 시 손바닥 각도에 따른 양력과 항력 값은 각도가 증가함에 따라 점차적으로 증가되는 결과를 보였으나, 45°부터는 항력 값이 크게 증가되며, 반대로 양력 값은 60°에서는 감소하는 결과를 보여, 스컬링 수행 시 15°에서 30°사이의 손바닥 각도를 유지하는 것이 가장 효율적인 동작이라 생각된다.

3. 스컬링 수행 시 소요시간은 1.61sec로 나타났고, 팔꿈치 각도의 변화량은 스컬링 동작이 시작되는 시점에서 최대 범위 구간까지 좌측 22.86°, 우측 15.48°, 스컬링 동작의 최대 범위 시점에서 끝나는 마무리되는 구간까지 좌측 21.95°, 우측 21.77°의 변화 양상을 볼 수 있었다. 반면 어깨 각도

변화량은 스컬링 동작이 시작되는 시점에서 최대 범위 구간까지 좌측 13.93°, 우측 12.82°, 스컬링 동작의 최대 범위 시점에서 끝나는 마무리되는 구간까지 좌측 16.05°, 우측 12.46°으로 나타나, 팔꿈치 각도의 움직임이 어깨 각도의 움직임 변화 보다 크게 나타났다.

2. 제언

본 연구에서는 전산유체역학 프로그램과 3차원 영상 분석 프로그램을 통하여 인체분절자료를 수집하여 스컬링 동작을 분석하였으나, 각도에 따른 수중에서의 체중 변화량으로 도출된 결과를 실제 양력 값으로 일반화하기에는 다소 제한적이며, 후속적으로 다양한 대상과 더불어 스컬링 뿐만 아니라, 하체 로터리킥까지 전반적인 입영 동작 측정을 모색하는 연구도 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 권영후, 문영진, 이진섭(1995). DLT 방식의 수중동작 운동분석에의 활용. 한국운동역학회지, 5(1), 49~53.
- 권영후(2001). 물에 의해 발생하는 힘의 원리적 이해. 한국 체육과학 연구원, 스포츠과학, 76, 42~48.
- 김광명(2011). 수영 돌핀킥 동작의 운동학적 분석. 충북대학교 대학원 석사학위논문, 2, 11.
- 김갑수(2003). Sculling Skill의 수행이 수영의 운동학습에 미치는 효과, 성균관대학교 대학원 석사학위논문, 1, 41.
- 김기학, 김기봉, 최민동, 최민동, 허정, 이동수, 박정화, 조국래, 김현경(1997). 체육측정평가. 서울: 형설출판사, 96.
- 김성수(1991). 스포츠 의학 입문, 서울 : 보경문화사, 314.
- 김정립(2011). 수영 For beginner's swimming. 부산 : 동부산대학, 20.
- 대한적십자사(2003). 수상인명구조 서울 : 대한적십자사, 1, 6.
- 대한적십자사(2003). 안전수영 서울 : 대한적십자사, 1, 27, 43, 106.
- 류재식(2005). 수영 접영동작의 운동학적 분석, 조선대학교 교육대학원 석사학위논문, 5~12.
- 박종철(2004). 자유형 수영의 방향전환동작 정량화 분석. 상명대학교 교육대학원 석사학위논문, 34.
- 박형하(2002). 체육측정평가 : 부경대학교 해양스포츠학과, 70~71.
- 서국웅, 윤양진, 서국은, 이중숙, 김용재, 이훈식(1995). 생체역학 : 부산대학교 생체역학실험실, 309.
- 이대택(2004). 엘리트 싱크로나이즈드 스위밍 선수의 신체적 특성과 경기 중 심박수 반응, 한국생활환경학회지, 11(1), 15.

- 이상언(2004). 전산유체역학을 이용한 진동하는 구조물의 플러터 계수 추정, 전북대학교 대학원 석사학위논문, 17.
- 이한우, 박충남(1999). 경남과 부산지역의 익수사고에 대한 실태조사연구, 경남 체육연구 21.
- 이효택, 김용재(2012). 수상안전을 위한 Sculling 동작의 전산유체역학적 연구, 한국수산해양교육학회지 24(1), 19, 23.
- 정상길(2012). 일부 응급구조과 학생의 수상 인명구조 잠수교육에 따른 생리학적 변화. 조선대학교 대학원 박사학위논문, 1.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). Direct Linear Transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close-range photogrammetry. Proceedings of the ASP Symposium of close-range photogrammetry. Urbana, IL, 23~25.
- Bixler, Barry., & Riewald, Scott.(2002). Analysis of a swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computational fluid dynamics. Journal of Biomechanics 35, 713~717.
- Berger, M.A.M., G. de Groot, & A.P. Hollander.(1995). Hydrodynamic drag and lift forces on human hand/arm models. Journal of Biomechanics 28(2), 125~133.
- Bixler, B.(1999). The computational fluid dynamics analysis of a swimmer's hand and arm. Swimming, Colorado Springs, 23~25.
- Cappaert, J.(1992). Fluid forces on the hands and forearms. Chap. 12 in International Center for Aquatic Research Annual: Studies By The International Center for Aquatic Research 1991-92, 93~98.
- Cappaert, J.M., Pease, D.L., & Troup, J.P.(1995). Three-dimensional analysis of the men's 100-m freestyle during the 1992 Olympic

- Games. *Journal of Applied Biomchanics* 11, 103~112.
- Hay, J.G., & Gerot, J.T.(1991). Periscope systems for recording the underwater motions of a swimmer. *International Journal of Sport Biomechanics* 7, 392~399.
- Hideki Takagi, & Barry Wilson.(1998). Evaluation Hydrodynamic Forces By Using Pressure Differences In Swimming, 3.
- Maglischo, E. W.(1993). Propulsion. *Swimming Even Faster*. California: Mayfield, 332~333.
- Miwako Homma, & Masanobu Homma.(2005). Sculling techniques in synchronized swimming. *Proceedings of international symposium on biomechanics in sports*, 23(2), 932~935.
- Park, Hyung-Ha.(2002). Body composition by the amount of K-40 present in the South Korean adult male measured by the whole body counter. Doctoral dissertation, Herzen State Pedagogical University of Russia, 61.
- Schleihauf, R.E., Jr.(1979). A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In *international series on sport sciences*, 8(3), 70.
- Thayer, A.M.(1990). Hand pressures as predictors of resultant and propulsive hand forces in swimming. Doctoral dissertation, University of Iowa, Iowa City, 23~25.
- Thompson, K.G., Haljand, R., Cooper, S.M., & Martin, L.(2002). The relative importance of selective kinematic variables in relation to swimming performance in elite male female 100m and 200m breaststroke swimmers. *Journal of Human Movement Studies*, 39(1), 15, 32.

Zinzen, E., Antonis, J., Cabri, J., Serneels, P., & Clarys, J.P.(1992).
Synchro-swimming : an EMG-study of the arm muscles during
the scull movement in the "single ballet leg alternate".
Proceedings of international symposium on biomechanics in
sports, 23(2), 932~935.



감사의 글

입학한지 어느덧 많은 시간이 흘러 졸업을 앞둔 지금 아쉬운 마음으로 논문을 쓰기까지 힘이 되어 주셨던 모든 분들에게 진심으로 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저 대학원에 입학한 이후 지금까지 아낌없는 조언과 많은 배려를 해주신 김용재 지도교수님께 진심으로 감사드립니다. 본 논문이 완성될 수 있도록 세심하고 꼼꼼한 지적과 함께 많은 조언을 해주신 신군수 교수님, 박형하 교수님, 부산대학교 서국은 교수님, 경남대학교 김용운 교수님께 깊은 감사의 마음을 전합니다.

그리고 항상 관심을 가지고 지켜봐 주신 지삼엽 교수님, 이태웅 교수님, 문선호 교수님께도 감사드립니다. 논문 구성에 있어서 많은 도움을 주셨던 임현승 선생님께 감사의 마음을 전합니다.

대학원 생활에 많은 도움을 주신 서정일 선생님, 장미경 선생님, 조연숙 선생님, 그리고 즐겁고 행복한 추억을 간직하게 해주신 여러 선후배 선생님들께도 깊이 감사드립니다.

마지막으로 항상 곁에서 힘이 되어 주는 정민이와 도현이 그리고 내년에 만나게 될 둘째와 이 기쁨 함께 나누고자 합니다.

2012년 12월
이 효 택