수상안전을 위한 Sculling 동작의 전산유체역학적 연구

이효택 · 김용재†
(부경대학교)

A Computational Fluid Dynamic Study on the Sculling Motion for Water Safety

Hyo-Taek LEE · Yong-Jae KIM†
(Pukyong National University)

Abstract

This study analyses the effects of various angles in sculling on human body lift and drag by means of computational fluid dynamics, discusses the importance of sculling and provides a basis for the development of future water safety education programmes. Study subjects were based on the mean data collected from males in the age of 20s from a survey on the anthropometric dimensions of the Koreans. Moreover, lift, drag as well as coefficient values, all of which were governed by the angle of the palm, were calculated using 3-dimentional modelling produced by computational fluid dynamics programmes i.e. CFD. Interpretations were performed via general k-ε turbulence modelling in order to determine lift, drag and coefficient values. Turbulence intensity was set to one per cent as per the figures from preceding research papers and 3-dimentional simulations were performed for a total of five different angles 0° , 15° , 30° , 45° and 60° . The drag and lift values for the differing angles of the hands during sculling movement are as follows. The lift and drag values gradually increased with the increasing angle of the palm, however, the magnitude of increase for drag started to predominate lift from 45° and lift gradually decreased from 60° . Overall, it is concluded that the optimal efficiency of sculling can be achieved at the angles 15° and 30° , and it is anticipated that greater safety and informative education can be ensured for Life saving trainees if the results were to be applied to practical settings. However, as the study was conducted using simulation programmes which performed analyses on the collected anthropometric dimension, the obtained results cannot be made universal, which warrants furthers studies involving varied study subjects with actual measurements taken in water.

Key words : Sculling, Water Safety, Fluid dynamic, Drag Force, Lift Force

Ⅰ. 서 론

우리나라의 지형은 3면이 바다로 둘러싸인 반도로 형성되어 있기 때문에 친수공간이 많다. 따라서 외적으로 풍광이 좋은 해수욕장과 내적으로 내륙에 있는 맑은 강과 호수 등 천연의 아름다운

† Corresponding author : 051-629-5640, nhk2146@pknu.ac.kr
* 이 논문은 2011학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(PK-2011-37).

장소가 많아 무더운 여름철에 물놀이를 즐길 수 있는 좋은 여건을 가지고 있다.

그래서 최근 해양스포츠 활동이 다양해지면서 수영을 하지 못하는 사람들도 기구를 사용하여 수상 여가활동을 하는 등 많은 인구가 해양스포츠 활동에 참여하고 있기 때문에 불의의 수상 안전사고가 발생할 잠재적 가능성이 높아졌다고 볼 수 있다(황차욱, 2007).

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 익사자의 50%가 수영 미숙으로 사망하고 있으며, 익사자의 대부분은 감시가 되지 않고 있는 하천이나 강변 등에서 90%가 발생하고 있는 것으로 나타났다(이한우, 박충남, 2002).

이러한 사실은 귀중한 생명을 보호하고, 쾌적한 여가활동을 즐기게 하는 수상안전 대책의 필요성을 시사하고 있는 것이라고 볼 수 있다.

사람은 평소 육상에서 생활하기 때문에 모든 신체 구조가 육상생활에 적응하기 편하도록 구성되어 있다. 그래서 수상안전을 위해 물에 익숙하게 하는 새로운 학습을 통해 이를 극복하지 않으면 안 된다. 이러한 학습활동은 수상사고를 줄이는 근본 과제라 할 수 있다(대한적십자사, 2003). 다행이 인간은 태초에 수중 생활에 익숙했고, 신체의 비중도 거의 1.00에 가깝기 때문에 물에 익숙하게 하는 학습활동은 그렇게 어려운 것은 아닐 것이다.

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

sculling은 손과 전박만을 사용하여 물속에서 움직이는 방법으로, 배면 뜨기나, 물 속 걷기를 하는 동안 위치를 유지하기 위하여 계속적으로 움직여 수면에 일정한 압력을 가하는 동작이다(대한적십자사, 2003). 이러한 sculling의 효과를 극대화시키기 위해서는 손가락을 붙인 상태에서 손에 힘을 빼고 자연스러운 자세로 평평하게 해야 한다(김정림, 2011).

경영에서 pull 동작을 수행함에 있어 sculling 기술은 자유형, 배영, 평영, 접영 등 모든 종목에 응용된다. 따라서 sculling의 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 고정 손의 유체 속도에 따른 양력과 항력에 관한 연구, 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, 국내에서 출판된 수영교재 및 수상안전교육에 관한 sculling과 관련된 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.

이에 본 연구에서는 손의 각도에 따른 sculling 동작이 수영자의 항력과 양력에 어느 정도의 영향을 미치는지를 전산유체역학적으로 파악하고, 이를 수상안전교육프로그램 수립에 활용하고자 한다.

Ⅱ. 연구방법 및 절차

1. 연구 대상

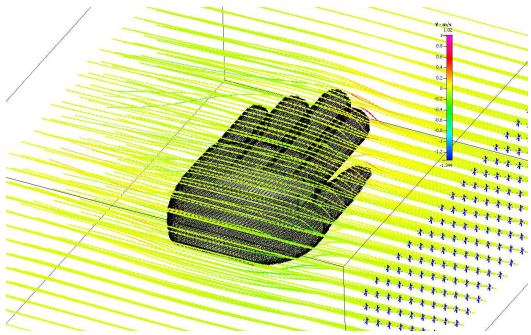
본 연구에서는 20대 남성을 연구의 대상으로 선정하였다. 연구 대상의 선정은 한국인 인체치수조사에서 20대 남성의 평균 데이터를 토대로 하였으며, 구체적인 사항은 다음과 같다<표 1>.

<표 1> 실험참가자의 손의 특성 (N=34) (mm)

	부위	평균	표준편차	
길이	손길이	183.81	10.11	
	손바닥길이	105.59	5.53	
	엄지길이	60.29	4.66	
	검지길이	69.62	5.06	
	중지길이	77.75	5.32	
	약지길이	73.02	5.53	
	소지길이	58.17	5.83	
너비	손너비	85.51	4.24	
	최대손너비	106.77	5.26	
	손목너비	60.38	3.47	
	엄지너비	21.39	1.65	
	검지너비	19.99	1.37	
	중지너비	20.1	1.38	
	약지너비	19.04	1.26	
	소지너비	16.78	1.35	
두께	손두께	26.83	1.8	
	최대손두께	47.95	4.21	

2. 측정 도구

본 연구에서는 전산유체역학 프로그램(CFD, Esi group, france)으로 3D 모델링을 손바닥 각도에 따라 양력과 항력 값을 산출하였다[그림 1].



[그림 1] 전산유체역학을 이용한 3D 모델링

3. 자료 분석

유체의 흐름을 수치해석 하기 전에 층류 또는 난류 유동인지 구분해야 한다. 층류는 유체입자가 질서정연하게 층과 층이 미끄러지면서 흐르는 흐름을 말하고, 난류는 유체입자들이 불규칙하게 운동하면서 흐르는 흐름을 말한다. 층류와 난류를 구분하는 척도의 무차원수를 구하는 식은 다음과 같다.

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

Re는 레이놀드수, ρ는 밀도, d는 관 크기, V는 유동 속도를 나타낸다. 관내 유동에서는 레이놀드수가 약 2100보다 작으면 층류 그리고, 레이놀드수가 약 4000보다 크면 난류이다. 본 연구에서는 Barry, Scott(2002)의 선행연구를 참조하여 일반적인 k-ε난류 모델링으로 해석을 수행하였다. 시뮬레이션 값을 신뢰하기 위해서는 2D 해석을 하여 계산된 값을 유체 역학에 기록된 일반적인 값과 비교를 하였다. 그 후 같은 조건으로 3D 모델링을 하여 양력 값과 항력 값을 도출하였다. 항력은 유동속도와 평행방향으로 작용하는 힘이

며, 아래 식으로 나타낸다.

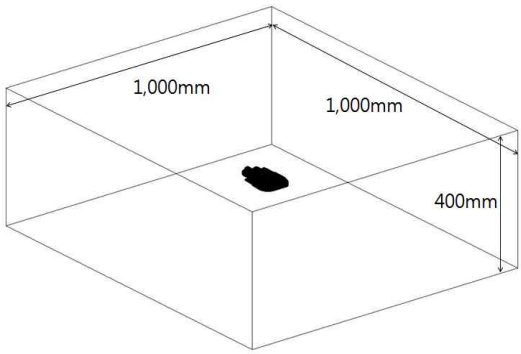
$$D = C_D A \frac{\rho V^2}{2}$$

C_D는 항력계수, A는 현의 길이와 날개의 폭을 곱한 면적, V는 유체의 유동속도 ρ는 밀도이다. 양력은 유동속도와 직각방향으로 작용하는 힘이며, 아래 식으로 나타낸다.

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

C_L은 양력계수, A_P는 현의 길이와 날개의 폭을 곱한 면적이다. 본 연구에 사용된 k-ε모델은 2차 방정식 모형으로서 가장 널리 알려진 것으로 공학분야에서 주로 사용된다. K란 난류의 에너지(kinetic energy)를 의미하며, ε은 난류의 소산률을 의미한다. 난류 강도는 Bixler, Rieward(2002)의 선행논문을 참조하여 1%로 수행하였다.

3D 시뮬레이션은 0°, 15°, 30°, 45°, 60° 로 총 5개의 각도로 수행하였다. 모델링은 손과 움직이는 전체 팔을 하는 것이 좋지만, 각도에 따른 변화량이 큰 손을 주요 변수로 생각하여 손만 모델링을 하였다. 전체 유동장의 크기는 가로 1,000㎜, 세로 1,000㎜, 높이 400㎜이고 총 노드 1,652,975, 셀 1,447,017개로 모델링 하였다. [그림 2]는 손의 모습과 전체 유동장 모습을 나타낸 것이다.



[그림 2] 전체 유동장과 손의 모습

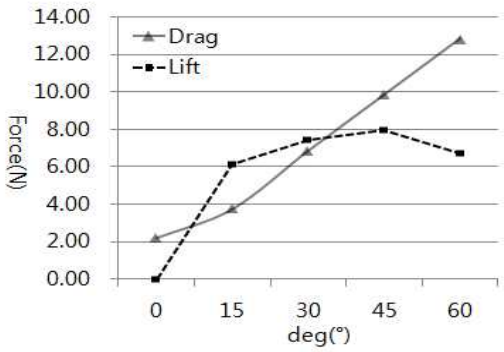
Ⅲ. 결과 및 논의

sculling 동작 간 손바닥 각도에 따른 항력 값을 측정한 결과는 다음과 같다<표 2>, [그림 3]. 0°에서 2.23N, 15°에서 3.77N, 30°에서 6.87N, 45°에서 9.85N, 60°에서 12.83N 순으로 나타나 각도가 증가함에 따라 항력 값이 증가함을 볼 수 있었다. 양력 값은 0°에서 -0.17E-02N, 15°에서 6.15N, 30°에서 7.45N, 45°에서 7.95N, 60°에서 6.72N 순으로 나타나, 각도가 증가함에 따라 양력 값 역시 증가함을 볼 수 있었다.

특히 45°에서는 항력 값이 양력 값보다 높아지는 것을 볼 수 있었으며, 60° 이후로는 양력 값이 점차 낮아지는 현상을 보였다. 양력 값의 증가보다 항력 값이 높아진다는 것은 비효율적인 동작으로 볼 수 있으며, 실제 동작 수행 시 급격한 체력소모를 야기할 수 있다.

<표 2> 손바닥 각도에 따른 항력과 양력 (단위: N)

각도/힘(N)	항력	양력
0	2.23	-0.17E-02
15	3.77	6.15
30	6.87	7.45
45	9.85	7.95
60	12.83	6.72



[그림 3] 손바닥 각도에 따른 항력과 양력 값

Schleihauf(1979)의 선행연구를 살펴보면 유속을 2.13m/sec로 설정하여 손의 각도를 0~90°까지 측정한 결과, 10~30° 사이에서 가장 효율적인 부력 값이 나타났다고 하였으며, 40°부터는 항력 값이 더욱 높아진다고 보고하였으며, Berger, Groot, Hollander(1995)는 0.3~3m/sec 유속에서 양력과 항력을 연구한 결과 20~40° 가 수영 시 가장 효율적이라고 보고하였다.

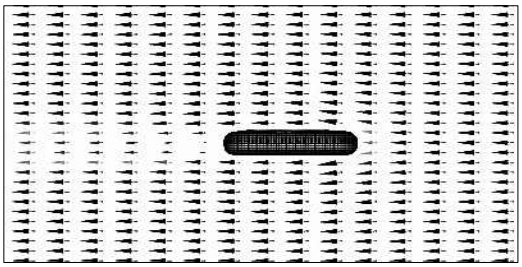
위는 본 연구와 유사한 결과를 보인다고 할 수 있으나, 영법 시 속도와 sculling 속도는 각기 다른 동작으로 본 연구에서는 수중에서 평균적인 sculling 속도를 유속 1.5m/sec로 가정하여 대입한 결과, 15°와 30°사이에서 양력과 항력 대비하여 가장 효율적인 값이 나타났다고 사료된다.

하지만 민물과 물리적 성질이 다른 바다에서 수중 활동을 하면 신체에 미치는 영향은 많은 차이가 날 것으로 예상된다. 이러한 점을 고려하여 여러 가지 현상들을 파악해 본다면 교육과정의 구성을 위해 유용한 가치가 있을 것이라 생각된다(김성수, 1991).

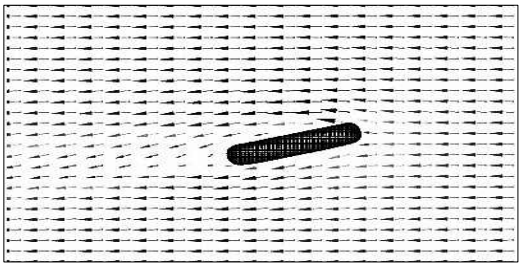
또한 권혁동(2004)은 해양훈련이 신체에 미치는 영향을 연구한 결과 해양훈련이 신체에 어느 정도의 영향을 미치고 있는지를 실험을 통해서 검증하지 않고 즉각적으로 교육을 한다는 것은 교육적 효과 측면에서 간과할 수 없는 오류를 범하는 것이라 보고하였다.

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

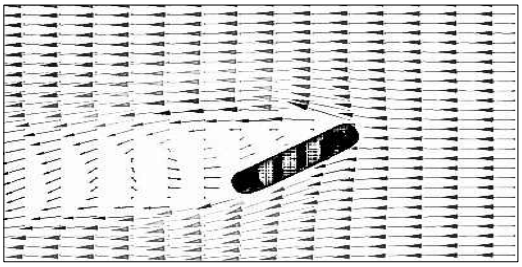
대한적십자사(2003) 교재를 살펴보면 'sculling은 손과 전박(Forearm)만을 사용하여 움직이는 방법으로, 계속적인 손의 움직임으로 똑같은 그리고 일정한 압력을 가하라' 설명되어지고 있으며, sculling 시 가장 중요한 손바닥의 이상적인 각도와 관련된 부연 설명들은 이루어지지 않고 않다.



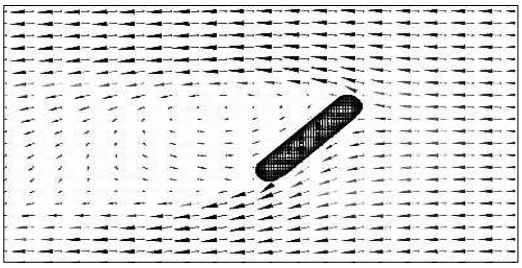
0°에서의 유동의 흐름



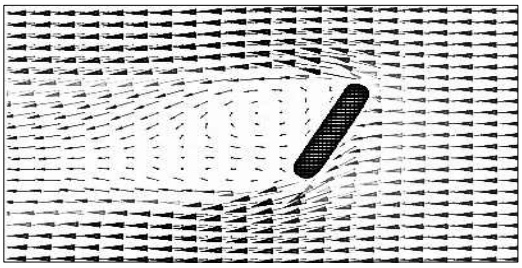
15°에서의 유동의 흐름



30°에서의 유동의 흐름



45°에서의 유동의 흐름



60°에서의 유동의 흐름

[그림 4] 손바닥 각도에 따른 유동의 흐름

실제로 수상인명구조 교육생들은 5m 수심의 풀에서 sculling 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.

본 연구에서의 결과를 종합하여 보면 sculling 동작 시 이상적인 손바닥 각도는 15°와 30° 사이로 사료되어지며, 이러한 기초자료가 수상안전교육 과정 구성에 활용되어져야 된다고 생각된다. 더 나아가 신체에 미치는 영향을 더 세밀하게 알아보기 위해서 앞으로 다방면의 연구가 더 필요하다고 생각되어 진다.

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 sculling 동작 간 손바닥 각도에 따른 양력과 항력을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

sculling 동작 간 손바닥 각도에 따른 양력과 항력 값은 각도가 증가함에 비례하여 증가되는 결과를 보였으며, 45°부터는 항력 값이 크게 증가되며, 반대로 양력 값은 점차 감소하는 결과를 보였다. 본 연구에서는 15°와 30°에서의 sculling이 가장 효율적이라고 사료되며, 이를 토대로 수상안전교육 현장에 적용해본다면 교육생들로 하여금 보다 안전하고 세밀한 교육이 진행될 수 있을 것이라 생각된다.

끝으로 본 연구의 제한점을 고려하여 후속연구에 대한 제언을 덧붙이면 다음과 같다. 본 연구는 시뮬레이션 프로그램을 통하여 신체분절자료를 수집하여 분석함으로 도출된 결과를 일반화하기에는 다소 제한적이며, 후속적으로는 다양한 대상과 더불어 그에 대한 실제 수중에서의 측정을 모색하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

권혁동(2004). 해양훈련이 신체에 미치는 영향, 한국수산해양교육학회지 16(2), 156~162.

김성수(1991). 스포츠 의학 입문, 서울 : 보경문화사, 314.

김정림(2011). 수영 For beginner's swimming. 부산 : 동부산대학, 16~20.

대한적십자사(2003). 수상인명구조, 서울 : 대한적십자사, 42~43.

대한적십자사(2003). 안전수영, 서울 : 대한적십자사, 40~68

배영훈・김용재(2011). 해양스포츠참여자의 여가만족이 운동지속에 미치는 영향, 한국수산해양교육학회지 23(3), 468~476.

백진호・강효민・김정규・김효식・양승민・한성진(2010). 체육지도자 수영 훈련지도서, 서울 : 국민체육진흥공단 체육과학연구원.

이한우・박충남(1999). 경남과 부산지역의 익수사고에 대한 실태조사연구, 경남 체육연구 4권, 20~21.

조강래・유정열・강신형(2007). 유체역학 fourth edition : McGraw-Hill.

조윤제(1999). 수영지도와 수상안전, 부산 : 부산정보대학.

지삼업・김용재・이재형(2007). 어촌・어항을 활용한 해양스포츠 체험관광 활성화 방안, 한국수산해양교육학회지 17(1), 86~105.

황차욱(2007). 부산지역 해수욕장의 수상안전에 관한 연구, 부경대학교 일반대학원 석사학위논문.

Barry Bixler, Scott Riewald.(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, and A.P. Hollander.(1995). Hydrodynamic drag and lift forces on human hand/ arm models, Journal of Biomechanics 28(2), 125~133.

Biomechanics and Medicine in Swimming X (2006). Proceedings of the Xth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, Portugese Journal of Sport Sciences, 6(2).

Bixler, B.(1999). The computational fluid dyna-

mics analysis of a swimmer's hand and arm. Report presented to the Sports Medicine Committee of U.S.A. Swimming, Colorado Springs.

Bixler, B.(2002). Analysis of a swimmer's hand and arm in steady flow conditions using computational fluid dynamics, Journal of Biomechanics 35, 713~717.

Cappaert, J.(1993). Biomechanical Analysis of the swimming events in the 1992 summer olympic games. Report, published and distributed by U.S.A. Swimming, Colorado springs.

Ernest W. Maglischo.(2003). Swimming fastest, USA : Human Kinetics.

Ferrell, M.D.(1991). An analysis of the Bernoulli lift effect as a propulsive component of swimming strokes, Masters thesis, State University of New York, Cortland.

Hideki Takagi, Barry Wilson.(1998). Evaluation Hydrodynamic Forces By Using Pressure Differences In Swimming.

Schleihauf, R.E., Jr.(1979). A hydrodynamic analysis of swimming propulsion, In international series on sport sciences. Vol. 8, swimming 3, edited by J. Terauds and E.W. Bedingfield, 70-109, Baltimore: University Park Press.

Thayer, A.M.(1990). Hand pressures as predictors of resultant and propulsive hand forces in swimming, Doctoral dissertation, University of Iowa, Iowa City.

• 논문접수일 : 2011년 11월 30일
• 심사완료일 : 1차 - 2011년 12월 20일
• 게재확정일 : 2012년 01월 02일