

무감압한계 잠수환경에서의 반복잠수가 생리적 반응 및 스트레스호르몬에 미치는 영향

김준모¹ · 김성길²

¹동아대학교 경기지도학과, ²한국해양대학교 해양체육학과

(2008년 8월 접수, 2008년 10월 채택)

요약

스쿠버 무감압한계 잠수환경에서의 반복 잠수 활동이 인체의 생리적 반응과 스트레스 호르몬에 미치는 영향을 알아보기 위하여 동일 장소와 수온 그리고 수심에서 잠수경력이 비슷한 дай버 8명을 대상으로 반복 잠수를 실시하였다. 잠수 전, 첫 잠수 후, 반복 잠수 후 개별 측정 및 채혈한 결과 생리적 반응은 심박수, 체온, 수축기 혈압이 잠수 전과 첫 잠수 후, 반복 잠수 후 간의 유의한 차이가 있었고 이완기 혈압은 잠수 전과 첫 잠수 후에는 증가하였으나 반복 잠수 후에는 다시 감소하여 유의한 차이가 없었다. 스트레스 호르몬 변화에서는 잠수 전, 첫 잠수 후, 반복 잠수 후의 유의한 차이가 없었다. 스포츠 스쿠버 잠수표 계획에 따른 무감압 한계 반복 잠수 활동은 심박수, 체온, 수축기혈압을 감소시키는 반면 스트레스 호르몬에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 안전한 다이빙을 위해서는 보다 많은 생리학적 연구가 필요하다고 생각된다.

주요용어: 스쿠버, 무감압한계, 반복잠수.

1. 서론

스쿠버(SCUBA: Self Contained Underwater Breathing Apparatus)는 휴대용 수중 호흡장치를 말하며, 스쿠버 다이빙(Scuba Diving)은 수중 호흡기를 지니고 잠수하여 체력을 단련하는 수중 스포츠를 의미한다. 즉 스쿠버는 사람이 호흡할 기체를 고압으로 압축하여 저장한 용기를 몸에 지닌 채 잠수하는 방식이며 산업잠수보다 스포츠 잠수나 군사적인 침투 목적으로 많이 사용되고 있다 (강신영, 2002). 초기의 잠수는 생계를 유지하는 수단에 지나지 않았지만, 현대에서는 군대의 군사적인 목적과 해저탐사 및 수중 토목 공사 등을 위한 산업적인 목적 그리고 아름다운 해저세계로 경이로운 경험을 목적으로 하는 여가활동으로서의 스포츠 잠수 등으로 많은 발전이 되어왔다. 스포츠 잠수는 여가선용, 정신적, 육체적 건강 증진 등을 목적으로 행하는 잠수를 말하며 여기에는 개방회로 잠수장비(Open circuit diving unit)가 주로 사용된다 (정창호, 2004). 이러한 스포츠 잠수는 최근 주 5일 근무제와 생활체육의 급속한 보급으로 주말이나 공휴일을 이용한 여가를 즐기는 많은 동호인들이 증가하고 있는 추세다. 김승철 (2004)은 2000년 우리나라에서 시행 및 발급되기 시작한 동력수상레저기구 조종면허증의 취득과 더불어, 산업잠수기능사, 스포츠 잠수 인종증의 보유 현황이 폭발적으로 증가 현상이 있다고 주장하였다. 그

¹교신저자: (604-714) 부산광역시 사하구 하단2동 840번지 동아대학교 스포츠과학대학, 겸임교수.

E-mail: kimjunmo7@hanmail.net

²(606-791) 부산광역시 영도구 동삼동 1번지, 한국해양대학교 해양체육학과, 겸임교수.

E-mail: 686sg@hanmail.net

리고 해양 뿐만 아니라 강, 호수, 얼음 밑, 고지대 등 다양한 환경의 수중세계를 경험할 수 있기에 레저 스포츠로서 대중적인 인기가 있다.

스포츠 스쿠버 잠수는 의학적으로 심혈관계, 순환계 등이 건강해야 할 수 있는 운동으로 특히, 폐, 심장, 뇌, 내분비계 질환, 당뇨병, 천식, 발작 등이 있으면 금한다고 선행 연구는 보고하고 있다 (Bove, 1996). 잠수 동물들은 잠수 중 신경 반사를 통해서 신장, 내장 및 근육으로의 혈액 순환을 차단하고 뇌, 심장 및 필수 조직으로만 혈액 순환이 선택적으로 일어나게 함으로써 산소 소비량을 최소화한다 (Elsner과 de Burgh Daly, 1988). 인체 또한 특수한 환경에 장기간 노출되면 그에 대한 생리적 적응을 일으킨다. 수중에서의 환경은 여러 가지 면에서 육상의 환경과는 상당히 다르며 육상에서의 운동과는 다른 생리적 반응을 나타낸다. 잠수 시 인체에 가해지는 수압, 한랭 자극, 그 외 수중 환경의 물리적 특성들은 거의 모든 인체 기능에 직접 간접으로 영향을 미친다 (박양생, 2004). 수압은 심장기능에 심박동수 뿐만 아니라 심박출량, 동맥압, 혈관의 저항 및 국소 혈류량 등 여러 면에서 영향을 주며, 압축 공기 중의 산소 또는 질소가스에 의한 중독증 등이 발생된다 (이원석, 1985; Anthonisen, 1976). 물은 공기에 비해 대류성 열 이동 상수가 167배나 크기 때문에 체표로부터의 열 손실을 크게 촉진시킨다. 이러한 이유로 인해 인체는 34°C 이하의 물속에 맨 몸으로 노출되면 언제나 한랭 자극을 받게 된다. 호흡에 의한 열 방산도 한랭 환경에서 운동하는 경우에는 주로 건조된 공기를 흡입하면 체내의 수분이 그 흡기 중에 증발하고 이때 열을 빼앗긴다. 그래서 체온보다 낮은 온도에서 행해지는 수중에서의 스쿠버 잠수 활동은 여러 가지의 생리적 반응을 일으킨다. 우재홍 (2004)은 수중 환경에서 운동 시 스트레스 호르몬에 대한 분비는 육상에서 이루어지는 운동을 할 때와 다른 양상을 보인다고 하였다. 한랭 환경에서 장시간 체류 또는 운동 시에는 체온유지를 위한 열 생산이 증가되며 대사율이 높아지고 체온 저하에 따른 떨림 현상을 유발하여 혈중 스트레스 호르몬의 농도를 증가시킴으로써 면역계를 활성화시키는 것으로 알려져 있다 (Janský 등, 1996). 스트레스상황에서는 부신피질호르몬인 코티졸(Cortisol)의 분비가 증가하고 혈장 코티졸 농도의 증가 폭은 일반적으로 스트레스 자극 세기에 비례하며 한랭 환경에서는 크게 변하지 않으나 지속적인 영향을 주는 것으로 보고되었다 (Juránková 등, 1995). 코티졸에는 항염증 및 항감염 작용이 있다는 사실이 잘 알려져 있다. 그리고 규칙적이고 적당한 운동은 체중조절, 정신적 안락감 및 스트레스 해소 등의 이점이 있고, 심혈관계 질환의 위험률을 떨어뜨린다 (Paffenbarger 등, 1986; Powell 등, 1987). 이러한 점들은 삼면이 바다로 둘러싸여 있고 아름다운 강과 계곡이 많은 우리나라의 수중 환경 속에서 30만 명 이상의 수많은 스포츠 잠수 다이버들에게 보다 건강하고 즐거운 여가활동으로서의 스포츠 잠수 활동에 대한 정보를 제시하는데 연구의 필요성을 가진다.

여가활동으로서의 안전한 잠수 기술의 정보들은 대다수가 국외로부터 도입되었다. 국내의 스포츠 잠수 다이버들은 일반적인 교육 과정에서부터 다이버들을 대상으로 실험하고 통계분석 결과를 토대로 한 외국 자료 및 교과서로부터 지식을 습득하는 실정이다. 그리고 다이버들은 감압병에 주의하며 안전한 잠수계획을 위하여 잠수표를 사용한다. 세계적으로 인정되고 있는 미해군의 감압표는 할데인(J.S. Haldane)의 이론적 근거로 만들어졌다. 이 이론은 불활성 기체의 흡수와 배출이 지수 함수적으로 변한다는 것과 주위 조직에 비해 과포화의 압력 차이(supersaturation gradients)를 보인다는 것을 기본으로 하고 있으며, 많은 실험적인 시도와 결과를 토대로 변경되어 왔다 (Edmonds, 2005). 이렇게 다이버들의 안전을 위해 고안된 잠수표는 잠수 시 감압병 노출에 대한 대비책으로 사용되어져 온 것을 비롯하여 물리학·생리학적으로 안전한 잠수 활동을 위한 대다수의 연구들이 국외에서 이뤄지고 정립화 되었다. 그러나 우리나라는 잠수 활동에 대한 국내 다이버들을 대상으로 연구하고 체계화된 자료가 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 해수에서 활동하는 스포츠 잠수 다이버들을 대상으로 잠수 활동 규정에 준수한 스포츠 잠수의 반복 잠수를 실시하여 잠수 후 인체의 생리적 반응 및 스트레스호르몬에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

표 2.1. 피험자의 신체 특성

연령(나이)	잠수횟수(회)	신장(cm)	체중(kg)
25년 8개월	74	176	71
23년 7개월	62	168	64
23년 1개월	58	178	72
22년 6개월	52	178	75
21년 9개월	55	173	68
20년 3개월	43	168	67
19년 9개월	49	160	68
19년 8개월	48	181	58
22.0±2.07	55±9.68	172.75±6.98	67.88±5.22

(Values are Mean±SD)

표 2.2. 실험 방법

순서	내용	비고
사전 설문조사	스포츠 잠수 활동 시 가장 경험이 많은 수심 파악	초급 이상 일반 дай버 남녀 포함 60명
연구 대상자	초급 이상의 경력 дай버 선정	잠수경력 40회 이상
본 실험	무감압한계 잠수범위 내 반복 잠수(잠수전, 첫 잠수 후, 반복 잠수 후 측정 및 채혈)	NOAA 무감압 공기 잠수표 사용 측정 및 채혈은 실험지역의 해변가에서 이루어짐
자료분석	SPSS 14.0K	반복측정

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구의 대상은 잠수경력과 체력의 수준이 비슷한 20대의 스포츠 스쿠버 дай버 남자 8명을 선정하였다. 피험자는 스포츠 잠수관련 자격을 인증 받은 дай버들로서 의학적 신체검사와 수중에서의 운동을 수행할 수 있는 자로 한정하였다. 피험자의 신체적 특성은 표 2.1과 같다.

2.2. 실험 방법

실험은 부산 영도 감지해변 연근해에서 오전 08:30~13:00까지 진행되었으며, 실험구역인 해상까지는 보트를 이용하여 이동하였고, 수면에 일정거리의 양쪽으로 잠수부표를 띄우고 안전요원을 배치하여 동일한 장소, 시간, 수심에서 그룹잠수로 진행하였다. 수중실험 수심까지는 가이드라인을 설치하고 수심 표식을 하였으며 дай버는 잠수 컴퓨터를 이용하여 NOAA 무감압 공기잠수표의 범위내로 잠수계획에 따라 상급다이버가 인솔하여 스포츠 잠수를 실시하였다. 1차 첫 잠수는 최대잠수 수심 24m에서 잠수시간 24분간 하였으며, 1차 첫 잠수 후 수면휴식을 90분간 실시하였고, 2차 반복 잠수는 최대수심 23m에서 22분간 잠수를 하였다. 채혈 및 심박수의 측정은 잠수 전에 1차 실시 그리고 첫 잠수 후와 반복 잠수 후에 각각 2차·3차가 실시되었다. 반복잠수 외 다른 요인을 제거하기위해서 잠수경력 40회 이상의 피험자들을 동일한 시간, 수심, 장소에서 그룹잠수를 실시하였다. 본 실험 전, 초급 이상의 경력을 가진 남자 43명, 여자 17명의 дай버 60명을 대상으로 사전 설문조사를 실시하여 스포츠 스쿠버 잠수 활동 시 가장 경험이 많은 잠수 수심을 파악하였다. 그리고 본 연구의 대상자는 잠수경력 40회 이상의 남자 8명을 선정하였고, 표 2.2와 같이 실험을 설계하였다. 잠수복은 5mm 두께의 습식 잠수복을 착용하였으며 공기는 용량이 80ft³인 알루미늄 합금실린더에 충전하여 사용하였다.

표 2.3. 측정도구

측정기구명	모델명
혈액 분석기	COULTER LH1502(USA)
혈압기	NATONAL EW278(JAPAN)
호르몬 분석기	ADVIA CENTAUR(USA)
잠수 컴퓨터	M 1(ITALY)

2.3. 측정도구 및 방법

본 실험에서는 혈액 분석, 혈압 측정, 호르몬 분석, 잠수데이터 기록을 위하여 표 2.3과 같은 측정기구를 사용하였다. 본 실험 시 해상환경은 기온 25-32℃, 수온은 16-19℃였다. 해상의 대기는 청명하였고 풍향은 남동-남서, 풍속은 6-9m, 파고는 0.5-1m였다. 수중의 환경은 조류의 영향은 크지 않았으나 시계가 약 2m였다.

2.4. 자료처리 방법

본 연구의 통계분석은 실험에서 얻어진 자료를 SPSS 14.0K/windows 통계 프로그램을 이용하여 정규성검정(kolmogrov-smirnov)결과 정규분포를 만족하는 것으로 나타났으며, 반복측정에 의한 일원변량분석(Repeated measures ANOVA)을 하였으며 사후검정(post-hoc analysis)은 Bonferroni 방법을 사용하였고 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

3. 결과

3.1. 무감압한계 잠수환경에서의 생리적반응의 변화

무감압한계 잠수환경에서의 반복 잠수가 생리적 반응에 미치는 영향은 표 3.1과 같다. 잠수 전 심박수는 분당 89.0 ± 7.0 회, 첫 잠수 후에는 73.25 ± 13.56 회였으며 반복 잠수 후에는 73.50 ± 9.96 회로 감소하여 통계적으로 유의하게 나왔다($F = 10.866, p < .001$). 사후 검정결과 잠수 전과 첫 잠수 후($p < .01$), 잠수 전과 반복 잠수 후($p < .01$), 잠수 전·1차 잠수와 반복 잠수 간에 유의한($p < .01$) 차이가 나타났다. 체온은 잠수 전, 첫 잠수, 반복 잠수 후 겨드랑이 온도를 측정하였다. 잠수 전 체온은 36.58 ± 0.28 ℃, 첫 잠수 후에는 34.54 ± 0.72 ℃였고 반복 잠수 후에는 34.03 ± 0.24 ℃로 통계적으로 유의하게 나왔으며($F = 75.403, p < .001$), 사후 검정결과 잠수 전과 첫 잠수 후($p < .001$), 잠수 전과 반복 잠수 후($p < .001$), 잠수 전·1차 잠수와 반복 잠수 간에 유의한($p < .001$) 차이가 나타났다. 잠수 전 수축기 혈압은 126.25 ± 9.16 mmHg, 첫 잠수 후에는 115.00 ± 10.69 mmHg였으며 반복 잠수 후에는 110.0 ± 10.69 mmHg로 통계적으로 유의하게 나왔다($F = 4.979, p < .05$). 사후 검정결과 잠수 전과 첫 잠수 후는 유의하지 않았으며, 잠수 전과 반복 잠수 후($p < .01$), 잠수 전, 1차 잠수와 반복 잠수 간에 유의한($p < .05$) 차이가 나타났다. 잠수 전 이완기 혈압은 71.25 ± 9.91 mmHg, 첫 잠수 후에는 81.25 ± 8.35 mmHg였으며 반복 잠수 후에는 76.25 ± 10.61 mmHg로 통계적으로 유의하지 않았다. 사후 검정결과 잠수 전과 첫 잠수 후, 잠수 전과 반복 잠수 후 그리고 잠수 전, 1차 잠수와 반복 잠수 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3.2. 무감압한계 잠수환경에서의 스트레스호르몬의 변화

본 연구의 무감압한계 잠수환경에서의 반복 잠수가 스트레스호르몬에 미치는 영향은 표 3.2와 같

표 3.1. 무감압한계 잠수환경에서의 생리적반응의 변화

구 분	잠수 전 ¹⁾	첫 잠수 ²⁾	반복 잠수 ³⁾	F	Post-Hoc
심박수 (beats/min)	89.00±7.01	73.25±13.56	73.50±9.96	10.866***	1.0 > 2** 1.0 > 3** 1.2 > 3**
체온(°C)	36.58±0.28	34.54±0.72	34.03±0.24	75.403***	1.0 > 2*** 1.0 > 3*** 1.2 > 3***
수축기혈압 (mmHg)	126.25±9.16	115.00±10.69	110.00±10.69	4.979*	1.0 > 3** 1.2 > 3*
이완기 혈압 (mmHg)	71.25±9.91	81.25±8.35	76.25±10.61	2.625	NS

*: $p < .05$, **: $p < .01$, ***: $p < .001$, NS: Nonsignificant

표 3.2. 무감압한계 잠수환경에서의 스트레스호르몬의 변화

구 분	잠수 전 ¹⁾	첫 잠수 ²⁾	반복 잠수 ³⁾	F	Post-Hoc
Catecholamine-EP(pg/ml)	0.06±0.01	0.08±0.07	0.05±0.01	.537	NS
Catecholamine-NEP(pg/ml)	0.16±0.05	0.20±0.13	0.20±0.08	.859	NS
Cortisol(μ g/dl)	17.50±4.10	18.24±4.34	15.43±4.44	1.976	NS

NS: Nonsignificant

다. 잠수 전 Catecholamine-EP(epinephrine)는 0.06 ± 0.01 pg/ml, 잠수 후에는 0.08 ± 0.07 pg/ml였으며 반복 잠수 후에는 0.05 ± 0.01 pg/ml로 통계적으로 유의하지 않았다. 잠수전 Catecholamine-NEP(norepinephrine)는 0.16 ± 0.05 pg/ml, 첫 잠수 후에는 0.20 ± 0.13 pg/ml였으며 반복 잠수 후에는 0.20 ± 0.08 pg/ml로 통계적으로 유의하지 않았다. 잠수 전 Cortisol은 17.50 ± 4.10 μ g/dl, 첫 잠수 후에는 18.24 ± 4.34 μ g/dl였으며 반복 잠수 후에는 15.43 ± 4.44 μ g/dl로 통계적으로 유의하지 않았다.

4. 논의

수중 환경에서의 활동은 일정수심에서의 압력, 수온, 활동 유형에 따라 인체의 생리적 반응의 차이를 나타낸다. 스쿠버 잠수의 생리적 현상은 유체의 저항을 이겨내기 위해 생성되는 에너지의 소모와 탈진, 체온보다 낮은 수온에서의 체온 유지 능력 상실, 대기와 다른 환경에서 압축된 기체를 호흡함으로써 심폐 호흡 기능 시스템의 변화와 고압 환경에의 적응 과정, 체내의 축적된 공기 함량으로 인한 기체량과 압축에의 적응과정, 기체의 독성과 용해도 변화를 일으킬 수 있는 부분압의 영향에 대한 적응 등이 있다.

4.1. 생리적 반응

스포츠 스쿠버 잠수는 압축된 기체와 행동을 자유로이 할 수 있는 장비를 사용하여 수중에서 주위 압력에 비례하는 밀도의 기체를 호흡하는 신체적 운동이지만 수중 환경의 제한적인 요인들로 인하여 심리적, 생리적으로 반응을 나타낼 수 있는 부분들이 상당수 존재하고 다이버의 경력 및 경험은 수중 활동 시 심박수 변화에 많은 영향을 미친다. 그리고 김기진 (2001)은 스쿠버 잠수 시 생리적 반응은 지속시간에 의한 환경의 영향 자체보다는 활동유형의 영향을 크게 받는 것으로 추정하였다.

잠수 시 포유류에서는 심박수 감소 현상, 다이빙 리플렉스(diving reflex)가 나타난다 (임상원, 1999). 얼굴이 침수되면 심박수가 감소하기 때문에 안면 반사(facial reflex)라고도 하는데 포유류의 머리가 물

속에 침수될 때 심박수가 감소하는 현상으로 고래 등의 포유류에서는 90% 가까이 감소 현상이 나타나지만 인간은 일반적으로 분당 10-15박 정도 감소하는 것으로 알려져 있다 (신승환, 2005). 수중에서는 일반적으로 심장 및 혈관계의 자극에 의한 정맥 회귀량의 증가 및 혈장량의 증가에 의해 심박수 감소 현상을 나타내는 것으로 알려져 있고 낮은 수온은 부가 요인으로 작용하여 보다 높은 심박수 감소 현상을 유도하는 것으로 알려져 있다 (김기진 등, 2001).

이에 반해, 김극로 (1986)는 스쿠버 다이빙 시에는 말초 저항의 감소로 1회 박출량이 감소하기 때문에 심박출량을 일정하게 하기 위하여 심박수가 증가한다고 하였다. 그리고 김기진 (2001)은 스쿠버 다이빙의 숙련근 및 비숙련근을 대상으로 잠수시간에 따른 심박수 차이를 분석한 결과 20분보다 40분동안 잠수를 했을 때 높은 증가 현상을 나타낸 것으로 분석하였다. 또한 신승환 (2005)은 인체는 항상성 유지를 위해 한랭 자극이 심할 때에 다이빙을 그만두게 되고 중강도 수준의 스쿠버 다이빙 시 심박수는 운동 후 30분 전후에 안정 시에 도달, 회복에 이르는 것으로 추정하였다.

한랭 노출 시 인체는 항상성 교란에 따른 불수의적인 강직성 근육활동, 리드믹한 근육활동(떨림), 말초 혈관수축, 발한 억제 등을 통하여 열 생산을 증가하고 열 손실을 최소화함으로써 정상적인 체온을 유지하고자 한다. 인체는 한랭자극이 있을 때 먼저 표면 온도가 저하되고 이후에 심부 온도가 저하된다. 반면 일정 강도의 운동은 체온을 증가시키는 효과를 가져오며 한랭자극이 끝나면 표면의 체온이 먼저 증가하고 이후에 심부 온도가 증가한다.

본 연구에서는 잠수 전 안정 시의 심박수는 분당 89.0 ± 7.01 회, 첫 잠수 후에는 73.25 ± 13.56 회였으며 반복 잠수 후에는 73.50 ± 9.9 회로 잠수 전보다 첫잠수와 반복 잠수 후 각각 18%와 17%의 유의한 감소가 나타났다. 그리고 잠수 전 체온은 36.58°C 였고 반복 잠수 후 체온은 34.03°C 로 감소함으로써 잠수 전과 첫 잠수 후, 잠수 전과 반복 잠수 후, 잠수 전·첫 잠수와 반복 잠수 간에 유의한 차이가 나타났다.

침수 시 흉곽 내 혈액량 증가에 의한 심장 확장은 심장의 펌프 작용을 향진시키므로 혈액 박출량(stroke volume)이 증가한다. 그러나 이 때 심박수는 크게 변하지 않으므로 전체 심박출량이 50%정도 증가한다. 심박출량의 증가는 동맥으로 유입되는 혈액량을 증가시키므로 혈압을 높이는 요인이 된다. 그러나 침수 시 혈압이 크게 증가하지는 않는데 이는 교감신경이 억제되어 말초 혈관의 혈류 저항이 낮아지기 때문이다. 즉 침수 시 물리적인 요인에 의해 흉곽 내 혈액량이 증가하므로 심박출량이 수동적으로 증가되지만 동시에 혈관에 분포된 교감신경 기능이 생리학적으로 조절되어 혈압상승이 방지된다 (박양생, 2004). 그리고 오랫동안 지구력 향상 훈련을 받은 운동선수들은 심장의 일회 박출량이 증가하고 심박수 및 혈압이 낮아진다. 본 연구에서는 반복 잠수 후의 수축기 혈압은 잠수 전보다 13% 감소하였고 이완기 혈압은 잠수 전보다 첫 잠수 후에 증가하였으나 반복 잠수 후의 유의한 차이는 나지 않았다. 이에 본 연구의 피험자들은 잠수 경력이 풍부한 다이버로서 수중에서의 신체활동이 운동 훈련에 따른 순환계의 일반적인 적응 현상의 하나로 추정되어진다.

본 연구의 실험은 23-24m의 수심에서 반복 잠수 활동이 이루어졌으며 수면 온도 19°C , 수중 온도 16°C 였다. 본 실험과 선행 연구들을 통해 유추해보면 수중에서의 스쿠버 잠수 시에는 낮은 수온과 체표면 온도의 영향으로 체열 생성을 위해 심박수가 증가되었을 것으로 추정되지만 수중의 높은 압력과 낮은 수온에 장시간의 잠수 시간에 노출되는 반복 잠수 활동은 생리적 반응의 심박수, 체온, 혈압의 감소 현상을 가져오는 것으로 추정된다.

4.2. 스트레스호르몬

운동은 혈중에 에피네프린(epinephrine)과 노르에피네프린(norepinephrine)을 포함하는 카테콜라민(catecholamine)과 코티졸(cortisol), 성장호르몬(growth hormone) 등 스트레스 호르몬의 농도를

증가시키며 증가된 호르몬들은 면역조절 효과를 나타내는 것으로 알려지고 있다 (우재홍, 2004).

수중 환경에서 운동 시 스트레스 호르몬에 대한 분비는 육상에서 운동할 때와 또 다른 양상을 보인다. Connelly 등 (1990)은 육상운동과 침수운동의 비교에서 일정한 수온에서 노르에피네프린은 중강도의 운동에서는 유의한 차이가 없었으나 고강도의 운동에서는 침수운동이 유의하게 나타났고 에피네프린은 고강도의 운동 시에 침수운동이 육상 운동에 비해 유의하게 낮았다고 보고하였다.

카테콜라민과 코티졸은 한랭노출에 대한 신체적 반응으로 중요한 역할을 한다. 한랭 환경에서 장시간 체류 또는 운동 시에는 체온유지를 위한 열 생산이 증가되며 대사율이 높아지고 체온 저하에 따른 떨림 현상을 유발하여 혈중 카테콜라민의 농도를 증가시킴으로써 면역계를 활성화시키고 코티졸은 에피네프린에 비해 크게 변하지 않으나 카테콜라민에 비하여 더 지속적인 영향을 주는 것으로 보고되고 있다 (Juránková 등, 1995).

본 연구에서는 무감압한계 잠수 환경에서의 반복 잠수 후의 스트레스 호르몬 농도가 잠수 전과 첫 잠수 후, 잠수 전과 반복 잠수 후, 잠수 전·첫 잠수와 반복 잠수 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

수온이 낮은 환경에서의 반복 잠수는 인체에 강한 스트레스를 주게 되고 이에 따른 호르몬에 많은 영향을 미칠 것으로 사료되었던 본 연구의 결과는 일정 수심에서의 잠수 활동이 다소 저강도의 운동이었고 잠수 활동이 이루어진 수중의 온도는 16°C였지만 5mm의 습식 잠수복을 착용하고 있었기에 한랭 자극을 받기에는 다소 높았던 것으로 추정된다. 그리고 다이버가 첫 잠수 후 취하는 일정 휴식시간은 인체 면역기능의 회복력을 안정 시에 도달하게 하고 스트레스 호르몬의 변화에는 영향이 없는 것으로 추정되며 또한 첫 잠수 후 동일한 주위환경에서의 안정된 반복 잠수는 인체 스트레스의 조절에 크게 영향을 주지 않는 것으로 추정된다.

이상의 결과로 미루어 보아 스포츠 스쿠버 잠수표 계획에 따른 무감압한계 반복 잠수 활동이 인체의 생리적 변화에 미치는 영향은 크게 없는 것으로 추정이 된다. 그리고 앞으로 수중 스포츠에 대한 연구는 생리, 생화학 및 병리학적 측면이 강조되어야 할 것으로 여겨지며, 수중 스포츠나 수중 생활을 대비한 수중 스포츠 과학의 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 스포츠 스쿠버 무감압한계 잠수환경에서의 반복 잠수 활동이 인체의 생리적 반응과 스트레스 호르몬에 미치는 영향을 알아보기 위하여 동일 장소와 수온 그리고 수심에서 잠수경력이 비슷한 다이버 8명을 대상으로 반복 잠수를 실시하였다. 잠수 전, 첫 잠수 후, 반복 잠수 후 개별 측정 및 채혈하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 생리적 반응은 심박수, 체온, 수축기 혈압이 잠수 전과 첫 잠수 후, 반복 잠수 후 간의 유의한 차이가 있었고 이완기 혈압은 잠수 전과 첫 잠수 후에는 증가하였으나 반복 잠수 후에는 다시 감소하여 유의한 차이가 없었다.
- 2) 스트레스 호르몬 변화에서는 잠수 전과 첫 잠수 후, 반복 잠수 후의 유의한 차이가 없었고, 잠수 전과 첫 잠수와 반복 잠수 간에 유의한 차이도 없었다.

위의 결론을 종합하면 스포츠 스쿠버 잠수표 계획에 따른 무감압 한계 반복 잠수 활동이 심박수, 체온 수축기혈압을 떨어뜨리는 반면 스트레스 호르몬에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 안전한 다이버를 위해서는 보다 많은 생리학적 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- 강신영 (2002). <잠수공학>, 한국해양대학교, 1-31.
- 김극로 (1986). 스쿠버다이빙시 심박수 변화에 관한 연구, <군산대학교 스포츠과학 연구보고서>, **23**, 67-76.
- 김기진 (2001). 스쿠버 다이빙시 잠수시간에 따른 생리적 반응의 비교, <한국생활환경학회지>, **8**, 256-262.
- 김기진, 김홍수, 천우광, 김준태, 김도형, 오경숙, 신운정 (2001). 수조의 호흡중지 잠수와 스쿠버 다이빙시 생리적 반응의 비교, <제39회 한국체육학회 학술발표회>, 617-621.
- 김승철 (2004). 스쿠버 다이빙시 수심차이에 따른 생리적 변화에 관한 연구, <인제대학교 교육대학원 석사학위 논문>, 1-39.
- 박양생 (2004). <한국해녀-잠수생리학적 특성>, 고신대학교 출판부.
- 신승환 (2005). 스쿠버 다이빙시 잠수경력이 생리적 반응에 미치는 영향, <서울대학교 대학원 석사학위 논문>.
- 우재홍 (2004). Scuba 잠수운동시 수온환경이 면역기능과 호르몬 반응에 미치는 영향, <서울대학교 대학원 박사학위 논문>.
- 이원석 (1985). 산소 중독 환귀의 뇌내 Monoamines계의 변동에 관한 연구, <해양의학>, **7**, 63-78.
- 임상원 (1999). 스쿠버 다이빙시 인체의 생리적 반응, <'99 한국운동과학회 하계 학술대회>, 51-59.
- 정창호 (2004). 잠수사고 사례고찰을 통한 안전대책에 관한 연구, <한국해양대학교 대학원 석사학위 논문>.
- Anthonisen, N. R. (1976). *Respiratory System in Diving*, In *Diving Medicine*, Grun & Stratton, New York, 35-48.
- Bove, A. A. (1996). Medical aspects of sport driving: Exercise and medical demands of scuba diving, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **28**, 591-595.
- Connelly, T. P., Sheldahl, L. M., Tristani, F. E., Levandoski, S. G., Kalkhoff, R. K., Hoffman, M. D. and Kalbfleisch, J. H. (1990). Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise, *Journal of Applied Physiology*, **69**, 651-656.
- Edmonds, C. (2005). <스쿠버 다이버가 꼭 알아야 할 잠수의학>, 정담, 김희덕 역.
- Elsner, R. and de Burgh Daly, M. (1988). Coping with asphyxia: Lessons from seals, *News in Physiological Sciences*, **3**, 65-69.
- Janský, L., Pospíšilová, D., Honzová, S., Uličný, B., Šrámek, P., Zemen, V. and Kaminková, J. (1996). Immune system of cold-exposed and cold-adapted humans, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **72**, 445-450.
- Juránková, E., Jezová, D. and Vígás, M. (1995). Central stimulation of hormone release and the proliferative response of lymphocytes in humans, *Molecular and Chemical Neuropathology*, **25**, 213-223.
- Paffenbarger, R. S., Hyde, R. T., Wing, A. L. and Hsieh, C. C. (1986). Physical activity, all cause mortality, and longevity of college alumni, *The New England Journal of Medicine*, **314**, 605-613.
- Powell, K. E., Thompson, P. D., Caspersen, C. J. and Kendrick, J. S. (1987). Physical activity and the incidence of coronary heart disease, *Annual Review of Public Health*, **8**, 253-287.

The Effect of Repetitive Dive on Physiological Reactions and Stress Hormone in No Decompression Limit

Jun-Mo Kim¹ · Sung-Gil Kim²

¹College of Sport Sciences, Dong-A University;

²College of Ocean Science and Technology, Korea Maritime University

(Received August 2008; accepted October 2008)

Abstract

This research is aimed to investigate the effect of repetitive dive on physiological reactions, change of stress hormones in no decompression limit of sport SCUBA dive, an emerging recreational activity recently. In order to compare physiological reactions prior to and after the initial dive and after repetitive dive at a certain depth of a place, eight adult male divers with more than forty dives, who reside in Busan and were certified, were selected. The research results obtained from the procedures described above are follows: First, for physiological reactions, heart rates, temperatures, and systolic blood pressures had significant difference among prior to and after the initial dive and after the repetitive dive, while diastolic blood pressures did not show remarkable difference as it increased before and after the first dive but decreased following the repetitive dive again. Second, for change of stress hormones, it was not significantly different prior to and after the initial dive and following the repetitive dive, as well as before and during the first dive and the repetitive dive.

Keywords: SCUBA, no decompression limit, repetitive dive.

¹Corresponding author: Adjunct Professor, College of Sport Sciences, Dong-A University, 840, Hadan-dong, Saha-gu, Busan 604-714, Korea. E-mail: kimjunmo7@hanmail.net

²Researcher, College of Ocean Science and Technology, Korea Maritime University, Dongsam-dong 1, Youngdo-gu, Busan 606-791, Korea. E-mail: 686sg@hanmail.net