

수중 공간인지능력에 미치는 운동학적 요인의 분석

윤상택 · 김진현* 제주대학교

Kinematic analysis of factors influencing to spatial cognition ability in underwater

Yoon, Sang-Taek · Kim, Jin-Hyun* Jeju National University

ABSTRACT

The study was to present the safety reference through investigation of the dangerous factors which appeared in various depth & exposure time. For this, the experiment was performed repetitive 4 times in every depths at an interval of 5 minutes in the order of depth 50m, 40m, 10m, and 0m for 5 subjects. The contents was consisted of factors of performance capacity in underwater(response time, completion time of task, total error(%)), and quantified using of Kwon3D analysis system after underwater filming. The more delayed in response time, the slower responded and the slower response in 30m over depths than that of the others, thus it influenced in negative spatial cognitive capacity in relationship between depth, exposure and task tracing capacity.

The longer exposure did, the more delayed in response time and showed independent relation between depth and exposure time to response time. No interaction in depth & exposure time and exposure time & completion time of task racing in relationship between depth, exposure and spatial cognitive capacity. The more depth, the more influence for response time of task tracing, but no relation in depth and exposure time, that is, it did more influence in the more depth and the longer exposure time in impairment of spatial cognitive capacity.

The factor greatly influencing to spatial cognitive capacity in 30m over depth was rather depths than exposure time, was necessary to controled mixed air in ratio of nitrogen-oxygen-helium in case of submerged diving over 30m depth. Thus danger of safety in underwater will decrease and increase motor performance & spatial cognitive capacity.

Key words: spatial cognitive capacity exposure time submerged diving

* jinhyun0829@cheju.ac.kr

I. 서론

수중 잠수산업의 다양화 및 건강관련 체험형 레저스포츠로서의 수중활동의 인구가 증가하면서 수면과 수중에서 잠수활동이 점점 일반화되어가고 있는 실정이다. 대기와 달리 수중의 특정수심에서 오랜 시간동안 신체를 노출하게 될 때 정상적인 판단, 사고능력 및 운동수행능력 등에서 장애를 받을 수 있다.

즉 각종 잠수병과 도취감 및 마취효과와 같은 이상 증세는 높은 압력의 수심에서 호흡을 함으로써 발생하며, 신체 각 조직에 포화된 질소가 배출되지 못하고 누적될 경우 체내의 증가된 질소 부분압으로 마취현상을 유발하며, 결국 수중에서 작업 및 운동수행능력에 결함을 초래한다(<http://www.mtsinai.org/pulmonary/books/scuba/contents>)고 보고했다.

수중에서 압력의 변화와 노출시간이 운동수행능력면에서 결함을 준다는 가정아래, 수중의 압력변화에 신체를 노출시켰을 때 운동학적 및 정신적 능력의 결함을 정량화 시키려는 시도는 Shilling과 Willgrube(1937) 이래로 많은 시도(Fowler 와 Ackles, 1987; Hesser 등, 1978; Jones 등, 1979; Fowler 등, 1985, 1987; 류재청, 2002)가 있었다.

O'Reilly(1974)는 수중에서 질소마취현상을 검증하기 위한 실험에서 수심40m에서 장기기억(long term memory)과 인지기능(cognitive function)에서 과제 수행의 결함을 보였고, 반응시간과 산술능력 및 공간방향감각(spatial orientation)에 영향을 미쳤다고 보고했다.

또한 Kiessling과 Maag(1962)는 수중 선택반응시간 실험으로 수중에서 질소 마취의 영향을 정량화 하려는 시도 결과 수심 30m에서 추론 능력이 33.46% 감소, 반응시간 20.85%, 정교수작업 7.9% 감소를 보였지만 동일한 압력하에서 노출시간의 증가가 마취에 유의한 영향을 미치지 않았다고 보고했다.

선행연구 결과에서 수심 18m이상의 경우 질소마취 발생가능성과 수심 30m 이상 압력에 신체를 노출할 경우 도취 및 마취감과 같은 위험한 증상과 징후가 나타나는 것은 입증되었지만(Bennett, 1999; 류재청, 2002), 동일한 피험자를 대상으로 다양한 수심과 지연된 노출시간에 따른 연구결과는 없었다.

즉 수심의 변화와 노출시간에 따라서 수중에서 공간인지능력의 변화를 정량적으로 규명한 결과는 없다.

따라서 본 연구는 대기압을 포함한 다양한 수심과 노출시간에서 공간인지능력에 영향을 주는 수심을 규명하여 수중 사고예방을 위한 자료를 제시하는 데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

연구대상자는 각종 수심과 환경에서 약 1000회 이상 잠수를 실시한 남자 대학생 5명이었다. 이들의 평균 연령은 22.20 ± 1.64 세, 평균 신장은 166.20 ± 9.03 cm, 평균체중은 63.60 ± 11.32 kg의 신체적 특성을 지녔다.

2. 실험장비

1) 공간인지능력실험 장비

인지능력이 요구되는 실험장치로서 과제추적기(auto mirror tracer, Lafayette Instrument Co. Indiana, Model 58024)와 동일한 규격과 내용이 포함되게 제작하여 수중에서 사용할 수 있게 하였다. 과제추적내용은 준비자세에서 빛의 출발신호와 동시에 정면의 거울에 비추어진 알루미늄판 위 ☆모양을 추적하여 다시 원위치로 되돌아오게 하는 장치이다. 과제추적판은 철재프레임(무게 10kg, 높이 50cm, 폭

30cm의 정육면체)에 고정시켰으며, 과제추적판을 촬영할 수 있게 수직 하방으로 수중카메라를 설치하여 추적 전 과정이 촬영되게 설치하였다.

2) 수중촬영장치

수중실험동안 반응시간, 과제추적완료시간 및 오차율은 수중방수장치(Ampibico Housing, VH-1000, Japan) 및 라이트 시설로 구성된 디지털 비디오 카메라(VX-1000, Sony, Japan)를 이용하여 촬영하였다. 촬영속도는 30frame/sec로 하고 노출시간(exposure time)을 1/600로 설정하여 실험장면을 완전히 포착할 수 있게하였다. 추적시작의 신호(빛)와 동시에 추적 전 과정을 완료하는 동안 추적판의 추적과선을 지나는 펜의 이동경로를 촬영할 수 있게 촬영기를 고정시켰다.

3) 시간변인산출(Kwon3D 분석시스템)

신호와 동시에 과제추적을 실시하는 순간부터 완료시까지 ☆표의 추적경로(폭 1cm)를 벗어난 이동거리를 추적완료까지 촬영하여 Kwon3D 분석시스템을 이용하여 매 경로를 벗어난 거리를 디지털이징한 후, 누적오차를 배율법에 의해 실제누적오차를 산출하였다. 반응시간과 과제추적완료시간은 경과된 카메라 프레임수로 산출하였다.

3. 실험절차

실험은 50m, 40m, 30m, 20m, 10m, 0m의 수심에서 각각 실험하였다. 매 수심에서 실험한 후 1주일을 경과 후 다음 수심의 실험을 실시함으로써 이전의 실험으로 인한 영향(질소마취, 기타 후유증)을 최소화시켰다.

사용된 공기는 대기 속의 질소 79%와 산소 21%의 혼합가스를 사용함으로써 수심과 노출시간에 따른 영향을 정확히 파악할 수 있게 하였다.

수중에서 실험 시작은 빛의 신호와 동시에 시작하여 다시 출발지점으로 되돌아오게 하고, 1회 시

작 시간은 하강 10분 후부터 15분, 20분, 25분의 매 5분 간격으로 4회 반복실험을 하였다.

매 수심에서 실험 완료후 상승을 정상속도(분당 약 9m)의 상승과 수심 5m에서 안전감압을 실시함으로써 감압증 및 기타 후유증을 예방하였다.

4. 자료처리

모든 자료는 첫째 각 수심과 노출시간에 따른 종속변인인 반응시간, 과제추적완료시간, 및 총 누적 오류율(%)에 대한 기술통계량인 평균(M)±편차(SD)를 산출하고, 독립변인별에 따른 일원 변량분석(ANOVA) 및 사후검증(Duncan)을 실시하였다.

둘째 두 독립변인이 종속변인에 미치는 상호작용 효과를 검증하기 위해 이원 공분산 분석을 하였다.

셋째 수중과제 수행능력에 미치는 독립변인의 영향을 규명하기 위해 중다회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 처리하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 수심과 노출시간 및 과제수행능력

수심과 노출시간에 따른 수중과제수행능력의 반응시간에 대한 분석 결과는 <표 1>과 같다.

노출시간이 지연될 수록 반응시간에서 유의한 차이를 보인 수심은 40m였고, 각 수심별에 따라서 역시 30m이상의 수심대가 그 이하의 수심대보다 더 느린 반응시간을 보인 결과를 볼 때 수심 30m 이상의 경우 안전지침을 준수하고, 특히 초보자 수준의 최대수심인 30m이상을 넘어서 레크리에이션 수중활동을 금하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이러한 결과는 수심 18m이상의 경우 질소마취 발생가능성과 수심 30m 이상 압력에 신체를 노출할 경우 도취 및 마취감과 같은 위험한 증상과 징후가

표 1. 다양한 수심에서 노출시간과 반응시간

수심	노출시간	평균±편차	F-값	P	Duncan
0m	10	.133±.097	.760	.533	NS
	15	.224±.097			
	20	.204±.102			
	25	.169±.339			
10m	10	.204±.164	.220	.880	NS
	15	.158±.126			
	20	.158±.067			
	25	.198±.085			
20m	10	.191±.085	.490	.726	NS
	15	.158±.063			
	20	.145±.055			
	25	.151±.068			
30m	10	.250±.120	.610	.616	NS
	15	.250±.162			
	20	.217±.050			
	25	.323±.146			
40m	10	.151±.082	3.360	.045	25분>20분> 15분=10분
	15	.191±.048			
	20	.277±.115			
	25	.310±.097			
50m	10	.198±.129	2.280	.118	NS
	15	.099±.040			
	20	.244±.108			
	25	.290±.168			

표 2. 수심과 노출시간 및 과제추적완료시간

수심	노출시간	평균±편차	F-값	P	Duncan
0m	10	30.597±8.782	.0700	.9743	NS
	15	30.719±11.268			
	20	31.878±13.695			
	25	28.756±8.532			
10m	10	20.440±3.883	2.780	.0748	25분=20분> 15분=10분
	15	20.565±3.480			
	20	27.106±8.036			
	25	28.498±6.189			
20m	10	22.783±3.952	2.81	.072	25분>20분 =15분>10분
	15	26.362±5.405			
	20	25.522±7.430			
	25	32.828±5.352			
30m	10	28.320±5.716	.043	.737	NS
	15	31.897±3.995			
	20	31.284±7.783			
	25	28.868±6.054			
40m	10	32.491±67.851	.320	.810	NS
	15	32.036±5.603			
	20	28.927±13.793			
	25	28.155±5.311			
50m	10	22.512±10.177	.010	.998	NS
	15	21.595±8.803			
	20	22.301±7.557			
	25	22.446±10.329			

나타난다는 여러 선행연구에 의해 입증된(Bennett, 1999; 류재청, 2002; 류재청과 이계산, 2003) 것과 동일한 결과로 사료된다.

다양한 수심과 노출시간에 따른 수중과제추적완료시간의 분산 분석을 실시한 결과는 <표 2>와 같다. 즉 노출시간에 따라서 과제추적완료시간에서 유의한 차이를 보인 수심은 10m와 20m로서 노출시간이 지연될수록 과제추적완료시간은 더 지연되었으나, 각 수심별에 따라서 과제추적완료시간은 불규칙한 결과를 보였다. 따라서 수중과제 수행과정에서 짧은 시간대보다는 노출시간이 길수록 과제추적완료시간에서는 더 지연되는 경향을 보인바, 이는 노출시간이 길수록 체내의 질소성분이 포화된 상태로의 진행과정에서 질소마취효과와 관련이 있

을 것으로 사료된다.

다양한 수심과 노출시간에 따른 수중과제추적의 총 누적오류율(%)에 대한 분산 분석한 결과는 <표 3>과 같다. 각 수심별에 따른 노출시간에서 총 누적 오류율은 뚜렷한 양상을 보이지 않았지만 수심 대별에 따라서 대체로 얕은 수심인 0m, 10m, 20m의 경우보다 깊은 수심인 30m, 40m, 50m 수심대에서 평균 총 오류율은 뚜렷한 차이를 보였다. 역시 이 결과는 수중과제 수행과정에서 짧은 시간대보다는 노출시간이 길수록 동작완료시간에서는 더 지연되는 경향을 보인 결과와 일치하였다. 또한 노출시간이 길수록 체내의 질소성분이 포화된 상태로의 진행과정에서 질소마취효과와 관련이 있을 것으로 사료된다.

표 3. 수심과 체류시간 및 과제추적 누적 오류율(%)

수심	체류시간	평균±편차	F-값	P	Duncan
0m	10	.532±.527	33.64	.0001	15분>20분>25분>10분
	15	4.512±.812			
	20	2.154±.747			
	25	1.598±.431			
10m	10	18.296±1.500	290.86	.0001	10분>25분>20분>15분
	15	2.764±.573			
	20	5.704±.248			
	25	12.352±.824			
20m	10	5.804±.421	.67	.5830	15분>10분>25분>15분
	15	6.846±9.285			
	20	2.774±1.629			
	25	5.334±.574			
30m	10	28.664±2.002	208.43	.0001	20분>15분>10분>25분
	15	36.124±2.850			
	20	48.334±1.811			
	25	15.850±1.531			
40m	10	128.20±4.764	68.54	.0001	10분>15분>25분>20분
	15	123.000±15.811			
	20	66.930±3.974			
	25	68.130±6.833			
50m	10	31.330±2.387	13.39	.0001	10분>25분>20분>15분
	15	19.230±1.581			
	20	25.160±4.658			
	25	28.800±3.361			

2 수심과 노출시간 및 공간인지능력

수중과제수행능력에 미치는 노출시간과 수심 및 상호작용관계를 분석한 결과는 <표 4>와 같다.

즉 반응시간에 영향을 미친 요인은 수심과 노출시간에서 각각 독립적으로 영향을 미쳤지만, 이들의 상호작용효과는 없는 것으로 나타났다. 과제추적완료시간에 영향을 미친 요인은 노출시간에서 통계적으로 유의한 영향을 미쳤지만 수심과 노출시간의 두 요인의 상호작용효과는 없었으며, 누적오류율의 경우 수심과 노출시간의 두 독립변인의 상호작용효과는 큰 것으로 나타났다. 따라서 반응시간과 누적오류율은 수심과 노출시간의 상호작용의 결과임을 알 수 있고, 이 결과는 류재청(2002)의 특정

수심에서 최고 20분 이상 수중 활동 시 특정 수심과 지연된 노출시간동안 질소마취효과로 인해 운동수행능력의 영향을 정량화한 결과 수중 공간에서 작업수행능력에 영향을 미치는 주된 요인은 노출시간이라는 보고와 일치했다.

표 4. 수중과제수행능력과 수심 및 체류시간

종속변인	독립변인	F-값	P	Duncan
반응시간	체류시간(A)	2.97	.0355	25분>10분=15분=20분 0m=30m>40m=50m>10m=20m NS
	수심(B)	2.43	.0402	
	A X B	.72	.0756	
	오차 전체			
추적 완료시간	체류시간(A)	.39	.7635	NS 0m=40m=30m>20m=10m=50m NS
	수심(B)	4.04	.0023	
	A X B	.65	.8244	
	오차 전체			
총누적 오류율	체류시간(A)	56.79	.0001	10분>15분>20분=25분 40m>30m=50m>10m=20m>0m
	수심(B)	1219.0	.0001	
	A X B	8	.0001	
	오차 전체	58.18		

3. 공간인지 결합

수중과제수행능력에 미치는 독립변인이 결합요인의 하위변인에 미치는 영향을 알아보기 위해 중다회귀분석을 한 결과는 <표 5>와 같다.

수심이 깊을수록 수중과제 수행능력에서 반응시간에 미치는 정도는 큰 것으로 나타났으나, 과제추적소요시간에는 수심과 노출시간요인과는 무관하게 나타났다. 수심이 깊을수록 그리고 노출하는 시간이 길수록 수중과제수행의 정밀도 및 오류율에서 더 부정확한 영향을 미친 것으로 사료된다.

표 5. 수중과제수행능력 결함요인에 대한 중다회귀분석

변인	반응시간			과제추적소요시간			누적오류율		
	b	β	T	b	β	T	b	β	T
수심	.0209	.010**	1.99	.6844	.684	1.03	-3.9011	2.118**	-1.84
노출시간	-.0016	.006	-.23	-.5542	-.554	-1.27	10.9095	1.387***	7.87
상수	17226	.037	4.59	27.5995	.384	11.58	-2.0774	7.565	-.27
설명비율	MR=.128 R ² =.033			MR=8.177 R ² =.022			MR=25.945 R ² =.358		

*** P<.001, ** P<.05

V. 결론 및 제언

다양한 수심과 노출시간에 따라 나타나는 위험요인을 규명하여 안전한 수중활동의 기준을 제시하기 위해 피험자 5명을 대상으로 수심 50m, 40m, 30m, 20m, 10m 및 0m에서 5분 간격으로 매 수심에서 4회 반복실험을 실시하였다. 실험내용은 수중과제수행능력요인(반응시간, 과제추적완료시간, 총 누적오류율)이었고, 수중 영상촬영 후 Kwon3D분석 시스템을 이용하여 정량화하였다.

1. 수심과 노출시간 및 과제수행능력

반응시간에서 노출시간이 지연될수록 더 느린 반응을 보였고, 30m이상의 수심대가 그 이하의 수심대보다 더 느린 반응시간을 보여, 정상적인 수중작업 및 공간인지능력에 영향을 미쳤다.

2 수심과 노출시간 및 공간인지능력

노출시간이 길수록 반응시간이 지연되었고, 반응시간에 영향을 미친 요인은 수심과 노출시간에서 독립적이었고, 상호작용효과는 없었다. 노출시간이 추적완료시간에 영향을 미치지 않았고, 수심과 노출시간의 상호작용효과는 없었다.

3. 공간인지 결함

수심이 깊을수록 수중과제의 반응시간에 미치는 정도는 큰 것으로 나타났으나, 과제추적 소요시간에는 수심과 노출시간요인과는 무관하게 나타났다. 수심이 깊을수록 노출시간이 길수록 정밀도에 영향을 미쳤다.

즉 수심 30m이상에서 공간인지능력에 결함을 보일 수 있는 요인은 시간대별 요인보다는 수심요인으로서 30m 이상의 특수 목적 잠수를 할 경우 일반적 공기성분(질소 79%, 산소 21%)으로 호흡하는 것보다 질소-산소-헬륨의 혼합가스비율을 조절하여 사용함으로써 운동수행과 공간인지능력에 더 적은 결함과 위험율을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 류재청(2002). 잠수활동에서 활동수심과 시간에 따른 잠수증(질소마취)에 미치는 요인의 정량화와 예방법. *한국체육학회지* 41(1), 575-591.
- Bennett, P. B.(1999). *Inert Gas Narcosis. The physiology and medicine of diving*, 4th. PP.170-190, Ed. P. B. Bennett and D. H.

- Elliot., Saunder.
- Fowler, B., Hamilton, H. & Porlier, G.(1987).
Interaction between ethanol, amphetamine and inert gas narcosis on the performance of a memory scanning task. In Proc. 9th Symp. Underwater and Hyperbaric medical Society.
- Hesser, C. M., Frageus, L. & Adolfson, J.(1978).
Roles of nitrogen, oxygen and carbon dioxide in compressed air narcosis. Undersea Biomed, Res. 5, 391-400.
- Fowler, B., Ackles, K. N. & Porlier, G.(1985).
Effect of inert gas narcosis on behavior. A critical review. Undersea Biomed. Res. 12, 369-402.
- Kiessling, R. J. & Maag, C. H.(1962). *Performance impairment as a function of nitrogen narcosis.* J. Appl. Psychol. 46, 91-95.
- Kwon, Y. H.(2004). KWON3D. Motion Analysis Package Ver 3.1.
- O'Reilly(1974). *Effect of nitrogen narcosis on cortical and subcortical evoked response in cat.* Aviat. Space Environment med. 46, 259-263.
- 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.

접 수 일 : 2009. 01. 23.

게재확정일 : 2009. 02. 10.

