

한국 해녀에서 지식잠수 활동이 안압과 시신경 및 시야에 미치는 영향

이 응¹ · 양재욱¹ · 권정도²

인제대학교 의과대학 부산백병원 안과학교실¹, 부산 조은눈안과²

목적: 해녀의 지식잠수 활동이 안압과 시신경 및 시야에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

대상과 방법: 해녀군(26안)과 대조군(26안)을 대상으로 기본 안과검사 및 녹내장검사를 하여 두 군을 비교하였다. 해녀군의 지식잠수 양상을 설문 조사하여 안압, 시신경, 시야 이상 간의 연관성을 분석하였다.

결과: 해녀군에서 안압은 유의하게 높았으며(해녀군 15.00 ± 3.76 mmHg, 대조군 13.93 ± 2.36 mmHg, $p < 0.05$), 시신경유두함몰면적(해녀군 1.21 ± 0.60 mm², 대조군 0.83 ± 0.46 mm², $p < 0.05$), 시신경유두함몰비(해녀군 0.44 ± 0.21, 대조군 0.31 ± 0.14, $p < 0.05$)와 수직 시신경유두함몰비(해녀군 0.70 ± 0.17, 대조군 0.51 ± 0.12, $p < 0.05$)에서 두 집단 간 유의한 차이가 있었다. 해녀의 1일 작업시간과 안압($r=0.44$, $p < 0.05$), 잠수 깊이와 망막시신경섬유층결손, 시신경유두함몰면적, 수직시신경유두함몰비($r=0.43$, $r=0.41$, $r=0.39$, $p < 0.05$)가 유의한 상관관계를 보였다.

결론: 해녀와 같이 오랜 기간 지식잠수작업을 하는 경우 녹내장검진이 필요할 것이다.

(대한안과학회지 2012;53(10):1480-1487)

해녀는 “어패류 또는 패류” 채취를 목적으로 잠수하는 여성 잠수부를 뜻하며 이들은 수중에서 호흡보조기구를 사용하지 않고 지식잠수(止息潛水, breath-hold diving)를 한다.¹ 고압의 환경에 노출될 때 인체에는 여러 생리적인 변화가 생기게 되고, 압력의 변화에 대한 올바른 적응 실패로 폐의 파열, 공기색전증, 기흉, 기종, 감압병 등을 일으킬 수 있다.²⁻¹⁰ 잠수 시 수경 내외의 기압 차이로 인해 조직과 혈관이 파열되면서 결막하출혈, 피하출혈을 동반한 안검부종, 심하면 전방출혈이 생길 수 있다. 감압병과 동맥공기색전증에 의한 안과적 증상으로 안구진탕, 복시, 암점, 반맹, 안와통증, 눈모임 부족, 시신경병증, 중심성 망막동맥폐쇄 등이 있다. 잠수 중 시력저하에 대해서도 연구되었다.¹¹ 하지만 대부분 스쿠버 дай버들에 대한 연구결과들이었고 지식 잠수활동이 눈에 미치는 영향에 관한 연구는 드물다.

보조기구를 이용하는 스쿠버 다이빙과 달리 해녀들의 지

식잠수 활동 시 수심이 깊어질수록 증가되는 수압과 폐포의 수축은 흉곽 압박을 쉽게 유발하여 흉곽 내 압력을 증가시킬 수 있다.¹² 동시에 수압은 사지 및 전신에도 영향을 미쳐 말초의 정맥을 압박시켜 흉곽 내 혈액량을 증가시킨다.¹³⁻¹⁵ 이로 인한 흉곽 내 정맥압의 증가는 맥락막 혈류의 정체와 안압의 상승을 일으켜 시신경의 녹내장성 손상을 유발할 가능성이 있다.¹⁶ 또한 작업 시 착용하는 수경 내의 압력균형이 이루어지지 않을 경우 수경 내 음압으로 인해 안와기압손상과 상공맥정맥의 팽대와 혈류 정체로 안압의 상승을 유발할 가능성도 있다.^{17,18} 그리고 해녀들이 지식잠수 후 수면으로 상승 시 폐확장에 따른 폐내 산소 분압의 감소로 인해 폐에서 혈액으로 산소이동이 감소되며, 대기보다 많은 부하가 요구되는 수중에서 수행하는 작업은 산소소모량을 증가시켜 혈중 산소 분압을 떨어뜨리게 되는데 이로 인한 저산소성 신경손상의 가능성도 생각해 볼 수 있다.¹⁹

본 연구에서는 지식잠수를 하는 해녀의 잠수경향을 조사하고 지식잠수작업이 안압, 시신경손상 및 시야결손의 발생에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2009년 1월부터 6월까지 부산시 기장군에서 거주하고 30년 이상 4계절을 쉬지 않고 지식잠수작업을 해온 해녀와 대조군으로 한국의 해녀들은 잠수작업으로 채취한 해산물

■ 접수 일: 2011년 9월 5일 ■ 심사통과일: 2012년 5월 10일
■ 게재허가일: 2012년 9월 10일

■ 책임저자 양 재 욱

부산광역시 부산진구 복지로 75
인제대학교 부산백병원 안과
Tel: 051-890-6016, Fax: 051-890-6329
E-mail: eyeyang@inje.ac.kr

* 이 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제101회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

* 이 연구는 보건복지부 보건의료기술연구개발사업의 지원에 의하여 연구되었음(번호: A120006).

들을 직접 시장에서 파는 일을 하기에 같은 지역에 살면서 사회경제적 수준이 비슷한 상인을 선정하였고, 나이와 성별을 맞추어 짝짓기 추출하였다.

대상자들은 각 군에서 40명씩 선정하였으며, 대상안은 임의로 좌안을 선택하였다. 이들 중 해녀군에서는 34명, 대조군에서는 33명이 검사에 참가하였다. 배제 기준에 의해, 해녀군에서 26명 26안, 대조군에서 26명 26안 만이 최종 연구대상이 되었다.

배제 기준은 1) 최대교정시력이 20/40 이하이고, 2) 구면렌즈 대응치 값이 ± 4 디옵터 이상이고, 난시 3디옵터 이상이고, 3) 시야검사상 지표에서 주시 상실도(fixation loss)가 20% 이상, 가음성 반응이 15% 이상, 가양성 반응이 15% 이상 중에 하나라도 해당되는 경우, 4) 망막 및 맥락막질환, 망막 레이저 시술병력, 망막 수술병력, 신경학적 질환, 당뇨망막병증 등이 있는 경우, 5) 이전에 녹내장으로 진단 받았거나 안압 하강제를 사용하고 있는 경우, 6) 녹내장 이외에 시신경유두 병변 및 시신경 병변, 안구매체에 혼탁이 있는 경우로 검사와 결과에 영향을 미칠 수 있는 가능성을 최소화하고자 하였다. 앞의 기준에 의거하여 해녀군에서는 고도근시 1안, 신뢰도 낮은 3안, 당뇨망막병증 등의 망막질환 2안, 맥락막질환 1안, 백내장 1안으로 8명 8안이, 대조군에서는 고도근시 1안, 신뢰도 낮은 4안, 당뇨망막병증 등의 망막질환 2안으로 7명 7안이 제외되었다.

모든 피험자들은 시행되는 검사에 대하여 설명을 듣고 동의를 하였고 모든 검사 과정 및 분석은 헬싱키 선언에 의거하여 시행되었다.

모든 검사는 검진을 위해 내원한 날에 시행하였다. 세극등을 이용한 전안부 검사와 굴절검사를 시행하였고, Snellen 시력표로 측정된 시력을 통계분석을 위하여 logMAR (logarithm of Minimal Angle Resolution)로 변환하여 비교 분석하였다.

안압은 골드만 압평안압계(Haag-Steit, Bern, Switzerland)를 이용하여 시간 간격을 두지 않고 대상자가 방문한 시점(16시에서 18시 사이)에 3회 측정된 평균값을 사용하였다. 모든 측정은 해녀군과 대조군에 대한 정보가 주어지지 않은 상태에서 한 연구자에 의해 측정되었다.

시야검사는 굴절률 및 나이를 보정하여 Humphrey 자동시야검사(Humphrey Instruments, San Leandro, CA, USA)의 central 24-2, SITA-standard strategy 검사를 하였다. 검사는 한 눈에 2회를 시행한 후에 2번째 얻어진 결과를 선택하여 학습효과를 배제하기 위해 노력하였다. 그리고 표준 지표인 mean deviation (MD)와 pattern standard deviation (PSD) 값을 구하였다. 시야결손의 정도는 Mills et al²⁰이 제안한 방법에 따라 초기 시야결손(early visual

field defect, stage 1), 중등도 시야결손(moderate visual field defect, stage 2), 진행된 시야결손(advanced visual field defect, stage 3), 심각한 시야결손(severe visual field defect, stage 4)의 네 가지로 나누어 분류하였다.

시신경유두와 유두주위 망막신경섬유층 두께는 빛간섭 단층촬영기(Version 3.0 Optical coherence tomography; Humphrey Systems Inc., Dublin, California, USA)를 이용하여 검사 및 분석을 시행하였다. 먼저, fast optic disc algorithm을 이용하여 얻어지는 horizontal intergratedrim area (HIRA), vertical intergratedrim area (VIRA), 유두면적(disc area), 시신경유두함몰면적(cup area), 시신경테면적(rim area), 시신경유두함몰비(Cup/Disk ratio), 수평 시신경유두함몰비(horizontal C/D ratio), 수직 시신경유두함몰비(vertical C/D ratio) 측정값들을 분석에 사용하였다. 그리고 fast RNFL thickness algorithm을 이용하여 시신경유두연에서 3.4 mm 지점의 망막신경섬유층 두께를 측정하여 얻어지는 평균 망막신경섬유층두께, 4사분면에서의 망막신경섬유층두께(상측: 46-135도, 비측: 136-225도, 하측: 226-315도, 이측: 316-45도) 측정값들을 분석에 사용하였다. 검사 시 대상안들을 모두 0.5% tropicamide, 0.5% phenylephrine hydrochloride (Mydrin-P[®], Santen, Japan)으로 산동하였으며, aiming beam을 주시하게 하는 internal fixation의 방법을 사용하였다. 검사의 오차를 줄이기 위해 한 사람의 숙련된 검사자가 검사를 시행하였다.

망막신경섬유층 검사를 위해서 디지털 무산동 안저 사진기(Nonmyd α -D fundus camera, Kowa, Japan)를 이용하여 양안 안저 촬영을 시행하였다. 이렇게 얻어진 안저영상을 VK-2 program (Kowa, Japan)의 green filter를 이용하여 무적색 사진으로 변경하였다. 망막신경 섬유층 사진 이상은 Quigley et al²¹의 제안에 따라 밝기, 질감(texture), 혈관이 비취지는 정도 등을 기준으로 미만성 망막신경섬유층 위축 1 (Grade D1), 미만성 망막신경섬유층 위축 2 (Grade D2), 미만성 망막신경섬유층 위축 3 (Grade D3), 뾰기모양 국소망막신경 결손(Grade W), 결손이 없는 정상 (Grade D0) 등의 5가지로 분류하였다. 한 사람의 연구자가 다른 임상 정보가 없는 상태에서 판단하였다(Table 1).

입체시신경유두 촬영검사는 digital optic disc stereo camera (VK-2, Kowa, Japan)를 이용하였다. 시신경유두의 입체사진을 촬영하여, 시신경 유두의 녹내장성 변화를 의심하는 소견으로 알려진 시신경 유두테의 패임, 시신경 유두출혈, 코 쪽으로의 유두함몰증가, 시신경 유두주위 위축, 국소창백 등을 관찰하였다. 한 사람의 연구자가 다른 임상정보가 없는 상태에서 판단하였다.

해녀군과 대조군 모두에서 당뇨와 고혈압의 유무는 실제

Table 1. Nerve fiber layer grading system features

Nerve fiber layer feature	Grade D0	Grade D1	Grade D2	Grade D3
Brightness	Bright	Less bright	Minimally bright	Dark
Texture	Coarse and fine striations	Fine striations	Barely detectable striations	No texture
Blood vessels				
Large	Clear or blurred	Clear	Clear	Clear
Medium	Blurred	Less blurred	Clear	Clear
Small	Very blurred	Still blurred	Clear	Clear

Edited by Quigley et al, Ophthalmology 1993;100:1800-7.²¹

Table 2. Characteristics of the study groups

	Breath-hold women diver eyes (n = 26)	Control eyes (n = 26)	p-value
Age (yr)	60.00 ± 4.63	60.73 ± 3.90	0.666
Diabetes mellitus (%)	3.85	0	0.317
Hypertension (%)	15.38	30.77	0.192
IOP (mm Hg)	15.00 ± 3.76	13.93 ± 2.36	<0.05
BCVA (log MAR)	0.05 ± 0.08	0.02 ± 0.06	0.205
MD (dB)	-4.09 ± 2.49	-3.94 ± 1.94	0.687
PSD (dB)	2.08 ± 1.01	2.34 ± 1.03	0.314
Visual field defect (%)	26.9	23.1	0.536
Red free defect (%)	19.2	11.5	0.446

Values are mean ± standard deviation.

p-value based on Mann-Whitney U-test.

NS = not significant; IOP = intraocular pressure; BCVA = best corrected visual acuity; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation.

로 혈당검사와 혈압의 측정 없이, 이전에 당뇨와 고혈압으로 진단받았던 병력만을 설문조사로 확인하였다. 해녀군에서는 추가로 잠수경력, 연간 잠수 작업횟수, 하루 평균 작업시간, 하루 평균 잠수횟수, 1회 잠수시간, 1회 잠수 깊이 등을 포함한 잠수 행태를 설문 조사하였다.

통계분석은 SPSS software version 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였고, 각 군의 연령, 안압, 시력, 자동시야검사의 MD와 PSD, OCT의 시신경유두 및 망막신경섬유층, 당뇨, 고혈압, 시야이상, 망막신경섬유층결손의 비교는 Mann-Whitney U-test를 이용하였다. 해녀들의 경력, 1일 작업시간, 1회 잠수시간, 1회 잠수 깊이와 안압, 시야결손, 시신경섬유층결손, 시신경유두 측정치, 망막신경섬유층 측정치들과의 상관관계는 Pearson 상관분석을 이용하였다. p 값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

대상이 된 해녀는 26명 26안, 대조군인 상인은 26명 26안이었다. 해녀들의 작업기간은 29년에서 50년까지 평균 39.58 ± 7.00년, 1일 작업시간은 4시간에서 8시간까지로

평균 6.12 ± 0.95시간, 1회 잠수시간은 20초에서 80초까지로 평균 46.15 ± 15.19초, 잠수 깊이는 2 m에서 12 m까지로 평균 7.35 ± 2.88 m였다.

해녀군의 나이는 평균 60.00 ± 4.63세, 대조군은 평균 60.73 ± 3.90세였고, 해녀군의 최대교정시력(logMAR)은 0.05 ± 0.08, 대조군은 0.02 ± 0.06로 두 군 간의 연령이나 최대교정시력은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 자동시야검사 결과 해녀군이 MD가 -4.09 ± 2.49dB, PSD가 2.08 ± 1.01dB, 시야결손의 빈도는 26.9%이며, 대조군은 MD가 -3.94 ± 1.94dB, PSD가 2.34 ± 1.03dB, 시야결손의 빈도는 23.1%으로 해녀군에서 더 많은 시야이상을 보였으나 두 군 간에 유의한 차이는 없었다(p=0.69, p=0.31, p=0.54). 또한, 해녀군과 대조군의 시야결손은 대부분 초기 결손인 stage 1 (해녀군: 88.9%, 대조군: 100%)에 속해 있었다. 망막신경섬유층결손은 해녀군은 19.2%, 대조군은 11.5%로 해녀군에서 많았지만 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았고(p=0.45), 당뇨와 고혈압의 전신질환 동반 빈도에서도 두 군에서 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.32, p=0.19). 해녀군의 안압은 15.00 ± 3.76 mmHg, 대조군은 13.93 ± 2.36 mmHg로 유의한 차이가 있었고(p<0.05), 시신경유두함몰면적(해녀군: 1.21 ±

0.60 mm², 대조군: 0.83 ± 0.46 mm², $p < 0.05$), 시신경테면적(해녀군: 1.46 ± 0.49 mm², 대조군: 1.75 ± 0.39 mm², $p < 0.05$) 시신경유두함몰비(해녀군: 0.44 ± 0.21, 대조군: 0.31 ± 0.14, $p < 0.05$)와 수직시신경유두함몰비(해녀군: 0.70 ± 0.17, 대조군: 0.51 ± 0.12, $p < 0.05$)에서도 유의한 차이가 있었다(Table 2, 3).

그 밖에 해녀들의 잠수경력, 1일 작업시간, 1회 잠수시

간, 1회 잠수 깊이와 안압, 시야결손, 시신경섬유층결손, 시신경유두 측정치, 망막신경섬유층 측정치들과의 상관관계에서 1일 작업시간과 안압, MD ($r=0.44$, $r=-0.41$, $p < 0.05$), 1회 잠수 깊이와 망막신경섬유층결손, 시신경유두함몰면적, 수직시신경유두함몰비, PSD ($r=0.43$, $r=0.41$, $r=0.39$, $r=-0.48$, $p < 0.05$)가 유의한 상관관계를 보였다 (Table 4).

Table 3. Comparison of OCT parameters between breath-hold women diver eyes and control eyes

	Breath-hold women diver eyes (n = 49)	Control eyes (n = 53)	p-value
Optic disc parameters			
Disc area (mm ²)	2.67 ± 0.43	2.58 ± 0.44	0.546
VIRA (mm ²)	0.30 ± 0.20	0.37 ± 0.20	0.126
HIRW (mm ²)	1.61 ± 0.24	1.65 ± 0.16	0.534
Cup area (mm ²)	1.21 ± 0.60	0.83 ± 0.46	<0.05
Rim area (mm ²)	1.46 ± 0.49	1.75 ± 0.39	<0.05
C/D ratio	0.44 ± 0.21	0.31 ± 0.14	<0.05
Horizontal C/D ratio	0.61 ± 0.16	0.59 ± 0.16	0.660
Vertical C/D ratio	0.70 ± 0.17	0.51 ± 0.12	<0.05
RNFL thickness parameters			
Superior quadrant (μm)	131.31 ± 15.18	132.12 ± 11.13	0.891
Temporal quadrant (μm)	80.96 ± 18.54	78.81 ± 16.03	0.721
Inferior quadrant (μm)	135.31 ± 21.40	139.31 ± 15.04	0.288
Nasal quadrant (μm)	76.04 ± 10.79	79.42 ± 12.59	0.365

Values are mean ± standard deviation.

p-value based on Mann-Whitney U-test.

NS = not significant; VIRA = vertical integrated rim area; HIRW = horizontal integrated rim width; C/D = cup to disc.

Table 4. Correlation of between IOP, VF, RF, OCT parameters and diving patterns in breath-hold women diver eyes

	Diving years p-value (R)	Diving hours / day p-value (R)	Diving seconds / 1 time p-value (R)	Diving depth (m) p-value (R)
IOP (mm Hg)	0.87 (0.04)	<0.05 (0.44)	0.37 (0.23)	0.64 (-0.10)
Visual field defect (%)	0.62 (0.10)	0.69 (-0.08)	0.48 (0.14)	0.36 (0.19)
Red free defect (%)	0.41 (-0.17)	0.21 (0.25)	<0.05 (0.39)	<0.05 (0.43)
MD (dB)	0.98 (0.00)	<0.05 (-0.41)	0.91 (-0.02)	0.10 (0.33)
PSD (dB)	0.39 (-0.17)	0.73 (0.07)	0.45 (0.16)	<0.05 (-0.48)
Disc area (mm ²)	0.30 (0.21)	0.42 (-0.16)	0.84 (-0.04)	0.28 (0.22)
VIRA (mm ²)	0.14 (0.30)	0.50 (-0.14)	0.46 (-0.15)	0.79 (-0.06)
HIRW (mm ²)	0.17 (0.28)	0.41 (-0.17)	0.75 (-0.07)	0.74 (0.07)
Cup area (mm ²)	0.74 (0.07)	0.30 (-0.21)	0.87 (0.03)	<0.05 (0.41)
Rim area (mm ²)	0.99 (0.00)	0.92 (0.02)	0.83 (-0.04)	0.10 (-0.33)
C/D ratio	0.35 (-0.19)	0.67 (0.09)	0.88 (-0.03)	0.63 (0.10)
Horizontal C/D ratio	0.41 (-0.17)	0.41 (0.17)	0.68 (-0.09)	0.84 (0.04)
Vertical C/D ratio	0.43 (-0.16)	0.17 (0.28)	<0.05 (0.59)	<0.05 (0.39)
Superior quadrant (μm)	0.33 (-0.20)	0.89 (-0.03)	0.79 (-0.06)	0.31 (0.21)
Temporal quadrant (μm)	0.58 (-0.11)	0.83 (0.04)	0.20 (0.26)	<0.05 (0.42)
Inferior quadrant (μm)	0.59 (-0.11)	0.75 (0.07)	0.89 (-0.03)	0.60 (0.11)
Nasal quadrant (μm)	0.94 (0.02)	0.89 (-0.03)	0.34 (-0.19)	0.50 (0.14)

Value are number of p-value (R).

R = Pearson's correlation coefficient; p = Pearson's correlation analysis.

IOP = intraocular pressure; VF = visual field examination; RF = red free photographic examination; OCT = optical coherence tomography; MD = mean deviation; PSD = pattern standard deviation; VIRA = vertical integrated rim area; HIRW = horizontal integrated rim width; C/D = cup to disc.

고찰

잠수작업은 공기통과 같은 보조기구를 이용하여 자유로이 숨을 내쉬는 스쿠버 다이빙(self-contained underwater breathing apparatus diving, SCUBA diving)과 숨을 크게 들이킨 뒤 참고 잠수하는 지식잠수로 나눌 수 있다. 전 세계적으로 직업적인 지식잠수부는 최근 현대화가 이루어져 대부분 압축공기 잠수부로 전환되었으나 한국과 일본의 지식잠수부는 자원보호차원에서 장비를 사용하는 행위를 금지하고 있기에 복장의 현대화만 이루어졌을 뿐 여전히 지식잠수를 하고 있다. 대한민국의 해녀는 보통 12세 전후에 물질을 배우기 시작하여 65세 이후까지도 물질을 한다. 해녀의 수는 1960년대에는 3만 5천명에 달하는 것으로 추산되었으나, 그 이후 점차 수가 감소하여 연구를 시작한 2008년에는 공식적으로 10,658명이 제주도에, 598명이 부산시 기장군에 등록되어 있다.^{1,22,23}

스쿠버와 달리 잠수 시 숨을 참는 행위, 그리고 수압이 작용하는 특수 환경에 장기간 노출될 때 안압이 상승이 발생하고 이는 녹내장성 시신경 손상 및 시야장애를 유발할 수 있다는 가정하에 연구를 시작하였다.

물 속으로 들어갈수록 수압의 영향으로 체내의 혈액 분포가 달라진다. 우선 수압에 의해 말초의 정맥이 압축되어 정맥 내에 저장되어 있던 혈액이 흉곽 내로 이동한다. 또한 물 속에서는 중력의 영향이 상쇄되는데, 해녀들은 특유의 역직립 자세로 작업하므로 하체의 혈액 축적이 줄어들고, 물 밖으로 머리만 내어 놓고 있을 경우에도 음압 호흡으로 흉곽 내압이 낮아져 혈액이 쉽게 흉곽 내로 들어 온다. 이렇게 말초의 혈액이 흉곽 내로 대량 이동하여 흉강 내 혈액량이 증가하면 심장의 확장으로 심장 펌프 작용이 항진되어 일회 박출량이 증가한다. 이때 심박수는 조금 감소하므로 전체 심박출량은 평소의 50% 정도 더 증가하는 것으로 알려졌다.¹³⁻¹⁵ 심박출량의 증가와 더불어, 고기압 환경인 수중에서의 압력은 수심 1미터 당 1기압씩 증가하는데, 이러한 수압에 의해 흉곽이 더욱 압착되면 흉곽 용적과 폐 용적이 감소하고, 잠수 심도가 증가할수록 사지 및 복부의 혈액이 흉곽 내로 더욱 몰리게 하여 심할 경우 폐포 모세혈관 충혈 및 누출 현상이 생길 수 있다고 알려졌다.^{4,5,12} 이와 같은 흉곽 용적의 감소는 상대적으로 흉곽 내압을 증가시켜 정맥 환류를 방해하며, 결과적으로 맥락막 혈류 정체를 유발하여 안압의 상승 및 시신경 손상을 유발할 수 있다.

또한 잠수작업 시 착용하는 수경 내의 압력균형이 이루어지지 않을 경우 수경 내 음압으로 인해 안와기압손상과 상공맥정맥의 팽대와 혈류 정체로 안압의 상승을 유발할 가능성도 있다. 이로 인해 결막하 출혈에서부터 심하면 전

방출혈 등의 안와증상을 나타낸다 하였다.¹¹ Senn et al¹⁷은 스쿠버 다이빙 시 생기는 다이빙 마스크 안의 음압이 숙련자와 초보자 사이에 최대 9.5배까지 차이가 난다고 보고하였고, Ma et al¹⁸은 고글형 수경을 쓰는 것만으로도 안와주위조직을 압박하여 안압이 평균 2.4 mmHg 올라가고 벗으면 다시 정상으로 복귀한다는 연구 결과를 발표하였다. 음압이 증가할수록 주위 부피는 감소하여 결과적으로 조직과 혈관의 견인이 발생하며 특히 눈의 구조상 압축된 수분과 유리액, 고형조직으로 되어있어 쉽게 조직과 혈관의 손상이 잘 일어나므로 본 연구에서는 수경내 음압으로 인해 상공맥정맥과 안압에 영향을 줄 수 있는 지표로 결막하출혈 및 결막부종의 발생빈도로 정하였다.¹¹ 본 연구의 설문조사결과 모든 해녀에서 결막하출혈 및 결막부종의 병력은 보고되지 않았다. 이는 고글형의 수경이 코를 덮는 수경으로 교체됨으로써 안와주위조직 압박에 의한 안압상승의 가능성이 배제되고, 해녀들은 오랜 기간 잠수를 해오면서 성문을 열고 폐안의 공기를 코로 내쉬으로써 수경내외의 압력을 평형을 이루는 경험을 터득함으로써 수경내 음압 형성을 최소화하는 것으로 생각한다.

일반적으로 숨을 참을 경우 안압이 상승할 수 있는 기전으로 발살바 메뉴버를 들 수 있다.

발살바 메뉴버에 의해 성문이 닫히게 되면 늑간근과 복근이 수축하게 되어 흉압과 복압이 급격하게 상승하게 된다. 상승된 흉곽 내 압력에 의해 흉곽 내 정맥계의 압박이 생긴다. 중심 정맥압의 상승은 목 정맥(jugular v.), 안와 정맥(orbital v.), 또아리 정맥(vortex v.)을 거쳐 맥락막(choroid)까지 전달되어 혈관 팽대를 가져온다. 이렇게 맥락막 부피의 증가로 안압은 상승한다. 그러나 정맥환류 부전은 확장기 심장으로 혈액량 증만 감소를 유발해서 급격한 수축압, 이완압 및 맥압의 하강을 일으키고 이에 안압의 유의한 하강이 일어난다. 이러한 안압의 상승과 하강으로 안압의 요동이 일어난다.²⁴⁻²⁶ 한국 해녀들이 수행하는 잠수 활동은 숨을 참으며 잠수작업을 하지만 잠수하는 동안 필요시 성대를 개방하여 코로 내쉬기에 유사 발살바 메뉴버(Valsalva maneuver)로 볼 수 있다.^{1,25,26} 이와 같이 해녀에서 안압의 상승이 이루어진다면, 발살바 메뉴버와 같이 갑작스런 혈압의 저하가 일어나지 않으므로, 잠수를 지속하는 동안 안압의 상승은 유지될 것이고 잠수 심도가 깊어질수록 안압 증가의 폭은 커질 수 있다고 생각할 수 있다.

본 연구에서 cup 면적, 시신경유두함몰비와 수직 유두함몰비는 해녀군이 대조군보다 유의하게 증가된 소견을 보였고, 시신경테면적은 해녀군이 대조군보다 유의하게 감소된 소견을 보였다. 해녀군에서 1일 작업시간이 길수록 MD가 감소하는 양상과 잠수 깊이가 깊어질수록 망막신경섬유층결

손, 시신경유두함몰면적, 수직유두함몰비가 증가하고 PSD는 감소하는 유의한 상관관계를 보였다.

이는 해녀들의 지식잠수활동 중 증가된 안압에 의해 시신경 cup 면적과 수직 유두함몰비와 같은 구조적 변화는 발생하나 시야 결손과 같은 기능적 손상을 일으킬 만큼의 영향을 미치지 못한다고 볼 수 있다. 이러한 결과에 대해서는 생리적 적응 기전과 작업 환경을 고려해야 할 것이다. 첫째 잠수 시 흉곽 내 혈액량 증가로 심박출량은 증가하나 교감신경이 억제되어 말초혈관의 혈류 저항이 낮아지므로 혈압이 크게 증가하지 않는다.^{13,14} 둘째 흉곽압착으로 인한 폐혈관계에 손상을 주는 깊이는 30 m이나 실제 해녀들은 잠수 작업의 효율 때문에 작업의 깊이가 5-10 m 이내이다.^{1,4,5} 본 연구에 참여한 해녀들의 평균 잠수 깊이는 7.35 ± 2.88 m였고, 1명만이 12 m이고 나머지는 10 m 이내의 잠수 깊이를 보고하였다. 이는 대부분이 1기압 내외의 수압의 영향을 받으며, 심각한 흉곽압착을 유발하는 고기압 작업 환경이라고 할 수는 없다. 셋째 해녀들의 작업형태에 대한 Hong et al²⁷의 조사에 의하면 자맥질 횡수는 하루에 113-138 회, 하루 총 170-200분의 작업시간 중 잠수에 소요되는 수중 작업시간은 52-63분이고 나머지 시간은 수면에서 머무른다고 보고한 바가 있다. 본 연구의 해녀들은 연중 잠수작업을 하며, 1일 작업시간 6.12 ± 0.95 시간, 1회 잠수시간 46.15 ± 15.19 초로 조사되었다. 하지만 기상조건에 따라 맑은 날에만 잠수 작업을 하고 겨울철에는 작업시간이 더욱 단축되므로 실제 해녀들이 수십 년간 작업을 해왔음에도 지식잠수시간은 짧다는 것이다.

잠수부들이 수면으로 상승 시 폐확장에 따른 폐내 산소분압의 감소로 인해서 혈중산소분압이 낮아지며 잠수시간이 길어질 경우 의식상실까지 유발할 수 있다.^{2,6} 그리고 대기보다 많은 부하가 요구되는 수중에서의 작업으로 산소소모량이 증가하고 혈중 산소분압이 떨어진다. 이러한 연유로 시신경 유두에 허혈을 초래할 것으로 가정하였다. 하지만 실제 수심 10 m 이내의 작업과 40초 내외의 잠수 활동 중에는 혈중산소분압이 낮아져서 발생하는 산소 결핍상태(hypoxemia)나 의식상실(black out)이 발생하지 않는 것으로 알려졌다.¹ 그리고 잠수 반사에 대한 동물논문에서 잠수 중 신경반사를 통해서 신장, 내장 및 근육으로의 혈액순환을 차단하고 뇌, 심장 및 필수조직으로만 혈액순환이 선택적으로 일어나게 함으로써 산소소비량을 최소화시킨다 하였다. 이러한 반사는 심박수를 줄여 폐에서 혈액으로의 산소 이동량을 평소보다 낮게 유지시키면서도 잠수시간을 연장할 수 있게 한다.²⁸ Hong et al²⁹은 해녀에서도 심박수가 잠수 직전에는 1분에 101이던 것이 잠수 중 점차 감소하여 20초 후에는 71, 40초 후에는 60까지 내려가며 잠수

를 마치면 즉시 원상태로 회복됨을 발견하였다. Qvist et al³⁰은 물개에서 지식잠수 전 산화 헤모글로빈을 포함하는 적혈구를 다량 비장에 축적했다가 잠수 중 혈액으로 서서히 내어 보내어 혈중 산소함량을 증가시키기 때문에 장시간 지식잠수가 가능하다 하였고, Hurford et al³¹은 대한민국 해녀에서도 이러한 기전이 존재함을 밝혀내기 위해 지식잠수 전후에 비장을 초음파 스캐너로 측정해 본 결과 비장의 크기가 잠수 전에 비해 20% 가량 작아지고 혈중 헤모글로빈 함량이 10% 증가되어 있음을 발견하였다. 이러한 생리적 적응 및 보상기전으로 인하여 시신경 손상에 영향을 주지는 못할 것으로 생각한다.

본 연구의 결과에 의하면 지식 잠수활동을 하는 해녀에서 안압 증가 소견이 있는 것으로 측정되었다. 또한 비록 뚜렷한 녹내장성 시야결손의 기능적 손상은 보이지 않았지만, 컵면적 및 수직시신경유두 함몰비의 증가등 구조적 변화가 있는 것으로 측정되었다. 이들은 1일 작업시간 및 1회 잠수 깊이와 유의한 상관관계를 보였다. 즉, 본 연구에서 비록 기능적 변화는 없었으나 오랜 기간 지식잠수활동을 수행한 해녀에서는 구조적 변화가 발생하였고, 안압 증가 소견을 볼 수 있었다. 구조적 변화는 지식잠수활동 중 상승된 안압과 혈류 역학의 변동으로 유발된 것으로 생각한다. 비록 잠수 중 직접 안압을 측정하지는 못하였으나, 안압의 상승이 가능한 것을 앞의 결과들과 고찰들에서 유추할 수 있다. 수중 환경이 아닌 외래 환경에서 해녀들의 안압이 대조군에 비해 높게 측정되는 정확한 원인은 알 수 없다. 해녀들이 수중 작업을 위한 잦은 하강과 상승 활동을 하는 동안 그들의 안구는 빈번하게 안압의 상승과 하강이 발생하는 비정상적인 특수한 환경에 노출이 된다. 이렇게 노출되는 누적 시간이 길어질 경우, 인체는 방수 유출의 저항을 증가시켜 안압의 변동 폭을 적게 하려는 적응 기전을 만들어 낸다고 가정하면, 해녀에서 낮 시간대에 대조군에 비해 높은 안압을 유지하는 것을 설명할 수 있다. 그러나 특수환경에서 단순히 인체의 적응 기전만으로 방수 유출로의 변화가 발생할 수 있다고 알려져 있는 연구결과들을 없으며, 실제 섬유주의 해부학적 변화의 확인이 이루어진 것도 아니므로 논란의 여지를 가지고 있다. 하지만, 본 연구의 결과가 보여 주는 것과 같이, 해녀 활동을 장기간 수행할 경우 시신경의 녹내장성 손상 악화 가능성 및 기능적 손상 가능성을 배제할 수 없으므로, 이들에게 주기적 검진이 도움이 될 수 있겠다. 그리고, 매우 진행된 녹내장 환자의 경우 지식잠수 행위를 지양하는 것이 도움이 될 수 있겠다.

본 연구는 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 첫째, 지식잠수 작업이 안압의 상승을 일으켜 시신경의 구조적 손상을 일으킨 것을 증명하기 위해서는 잠수 중 안압을 측정하여 그

변화를 봐야 하지만, 본 연구에서는 수중에서 안압을 측정하지 못했다는 제한점이 있다. 또한 오후 4시에서 6시 사이에 안압측정이 이루어져 안압의 하루 변동(diurnal variation)을 반영하지 못했으며, 잠수작업 후 외래를 방문한 시간-잠수작업을 시행한 당일 방문한 경우와 그렇지 않고 수일 후 방문한 경우에 대한 통제를 하지 못한 한계점이 있다. 해녀에서 낮 시간대에 안압이 증가하게 된 정확한 원인과 기전에 대해서는 확인하지 못하였으며 향후 이 부분에 대한 추가연구와 검증이 필요할 것이다. 둘째, 대상자들의 혈압을 측정하지 못함으로 고혈압이 결과에 끼치는 영향들에 관한 평가를 할 수 없었다. 셋째, 대상자들은 각 군에서 40명씩 무작위 추출 방식으로 채택하였으나 해녀군에서는 34명, 대조군에서는 33명만이 의료기관에 내원하여 검사에 참가했고, 이들 중 배제기준에 의해 해녀군에서 8명, 대조군에서 7명이 제외되었다. 개체의 수가 상대적으로 적어 선택 편향(selection bias)의 가능성이 있다. 넷째, 해녀의 자매이면서 지식잠수활동을 하지 않는 이들을 대조군으로 선정함이 가장 이상적이거나 현실적 어려움이 있었다. 이에 나이, 성별, 사회경제적 수준이 유사한 상인을 대조군으로 선택하였으나 30년 이상 잠수활동을 해온 해녀들과는 차이가 있는 집단이다. 이로 인해 결과에 미친 bias를 고려해야 한다. 다섯째, 단면조사연구이므로 이를 종적자료와 같은 방식으로 해석하기에는 무리가 있을 수 있다. 여섯째, 전신적 질환의 유무 및 작업 환경 역시 설문 조사만을 기초로 하였고 투여 약제에 대한 조사 및 정량적인 측정 등은 시행하지 못하였다.

참고문헌

- 1) Park YS. Korean Hae-Nyo: Physiological characteristic of diving. Busan: Kosin University Publishers, 2004;3-59.
- 2) Melamed Y, Shupak A, Bitterman H. Medical problems associated with underwater diving. *N Engl J Med* 1992;326:30-5.
- 3) Kindwall EP. A short history of diving and diving medicine. In: Bovv AA, ed. *Diving medicine*, 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 1990;4-5.
- 4) Neuman TS. Pulmonary disorders. In: Bovv AA, ed. *Diving medicine*, 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 1990;270-7.
- 5) Bovv AA. Cardiovascular disorders. In: Bovv AA, ed. *Diving medicine*, 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 1990;278-92.
- 6) DeGorordo A, Vallejo-Manzur F, Chanin K, Varon J. Diving emergencies. *Resuscitation* 2003;59:171-80.
- 7) Cheshire WP Jr, Ott MC. Headache in divers. *Headache* 2001; 41:235-47.
- 8) Fagan P, Mckenzie B, Edmonds C. Sinus barotrauma in divers. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976;85(1 Pt 1):61-4.
- 9) Neuman TS, Jacoby I, Bove AA. Fatal pulmonary barotrauma due to obstruction of the central circulation with air. *J Emerg Med* 1998;16:413-7.
- 10) Strauss RH, Yount DE. Decompression Sickness. *Am Sci* 1977;65:598-604.
- 11) Butler FK Jr. Diving and hyperbaric ophthalmology. *Surv Ophthalmol* 1995;39:347-66.
- 12) Kiyon E, Aktas S, Toklu AS. Hemoptysis provoked by voluntary diaphragmatic contractions in breath-hold divers. *Chest* 2001;120: 2098-100.
- 13) Park KS, Choi JK, Park YS. Cardiovascular regulation during water immersion. *Appl Human Sci* 1999;18:233-41.
- 14) Yun SH, Choi JK, Park YS. Cardiovascular responses to head-out water immersion in Korean women breath-hold divers. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:708-11.
- 15) Linér MH, Linnarsson D. Tissue oxygen and carbon dioxide stores and breath-hold diving in humans. *J Appl Physiol* 1994;77:542-7.
- 16) Schuman JS, Massicotte EC, Connolly S, et al. Increased intraocular pressure and visual field defects in high resistance wind instrument players. *Ophthalmology* 2000;107:127-33.
- 17) Senn P, Helfenstein U, Senn ML, et al. [Ocular barostress and barotrauma. A study of 15 scuba divers]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2001;218:232-6.
- 18) Ma KT, Chung WS, Seo KY, et al. The effect of swimming goggles on intraocular pressure and blood flow within the optic nerve head. *Yonsei Med J* 2007;48:807-9.
- 19) Qvist J, Hurford WE, Park YS, et al. Arterial blood gas tensions during breath-hold diving in the Korean ama. *J Appl Physiol* 1993;75:285-93.
- 20) Mills RP, Budenz DL, Lee PP, et al. Categorizing the stage of glaucoma from pre-diagnosis to end-stage disease. *Am J Ophthalmol* 2006;141:24-30.
- 21) Quigley HA, Reacher M, Katz J, et al. Quantitative grading of nerve fiber layer photographs. *Ophthalmology* 1993;100:1800-7.
- 22) Hae-Nyo in jeju. Jeju-island: Jeju-island Printing Engineering Cooperative Association; 1996.
- 23) Fisheries Policy Department of Busan City Office, Current State of Women Fishery Divers in Busan: Welfare Plans for Women Divers, Busan: Busan City Office; 2007.
- 24) Lanigan LP, Clark CV, Hill DW. Intraocular pressure responses to systemic autonomic stimulation. *Eye (Lond)* 1989;3(Pt 4):477-83.
- 25) van Meurs JC, van den Bosch WA. Suprachoroidal hemorrhage following a Valsalva maneuver. *Arch Ophthalmol* 1993;111:1025-6.
- 26) Rosen DA, Johnston VC. Ocular pressure patterns in the Valsalva maneuver. *Arch Ophthalmol* 1959;62:810-6.
- 27) Hong SK, Henderson J, Olszowka A, et al. Daily diving pattern of Korean and Japanese breath-hold divers (ama). *Undersea Biomed Res* 1991;18:433-43.
- 28) Scholander PF. The master switch of life. *Sci Am* 1963;209:92-106
- 29) Hong SK, Song SH, Kim PK, Suh CS. Seasonal observations on the cardiac rhythm during diving in the Korean ama. *J Appl Physiol* 1967;23:18-22.
- 30) Qvist J, Hill RD, Schneider RC, et al. Hemoglobin concentrations and blood gas tensions of free-diving Weddell seals. *J Appl Physiol* 1986;61:1560-9.
- 31) Hurford WE, Hong SK, Park YS, et al. Splenic contraction during breath-hold diving in the Korean ama. *J Appl Physiol* 1990;69: 932-6.

=ABSTRACT=

The Effect of Breath-Hold Diving on Intraocular Pressure, Optic Nerve, Visual Field in Korean Haenyeo (Female Divers)

Eung Lee, MD¹, Jae Wook Yang, MD, PhD¹, Jeong Do Kwon, MD²

*Department of Ophthalmology, Inje University Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine¹, Busan, Korea
Good Eye Clinic², Busan, Korea*

Purpose: To examine how breath-hold diving activities of Korean haenyeo female divers affect intraocular pressure (IOP), optic nerve and visual field (VF).

Methods: Basic ophthalmologic tests were performed for a group of breath-hold female divers (26 eyes) and a control group of non-divers (26 eyes) and the results compared between the 2 groups. For the breath-hold female diver group, a questionnaire survey was conducted on the patterns of breath-hold diving and the correlation with abnormalities in IOP, optic nerve and VF analyzed.

Results: IOP was significantly higher in the diver group (diver group: 15.00 ± 3.76 mm Hg, control group: 13.93 ± 2.36 mm Hg, $p < 0.05$). Between the 2 groups, the cup area (diver group: 1.21 ± 0.60 mm², control group: 0.83 ± 0.46 mm², $p < 0.05$), the cup-to-disc (C/D) ratio (diver group: 0.44 ± 0.21 , control group: 0.31 ± 0.14 , $p < 0.05$), and the vertical C/D ratio (diver group: 0.70 ± 0.17 , control group: 0.51 ± 0.12 , $p < 0.05$) were also significantly different. A significant correlation between working hours per day and IOP ($r = 0.44$, $p < 0.05$), between diving depth and RNFL defect, and cup area, and vertical C/D ratio ($r = 0.43$, $r = 0.41$, $r = 0.39$, $p < 0.05$) was observed.

Conclusions: Subjects who breath-hold dive for a long period, such as Korean Haenyeo, need to have a glaucoma test regularly.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(10):1480-1487

Key Words: Ama, Breath-hold diving, Haenyeo (female divers), Intraocular pressure, Optic nerve

Address reprint requests to **Jae Wook Yang, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Inje University Busan Paik Hospital
#75 Bokji-ro, Busanjin-gu, Busan 614-735, Korea
Tel: 82-51-890-6016, Fax: 82-51-890-6329, E-mail: eyeyang@inje.ac.kr