



소음 이외 물리적 요인(진동, 라디오파, 방사선 등)에 의한 청력영향

산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 규 상

즐거는 순서

- ① 인간의 청력 ② 일반인의 소음 노출 ③ 환경소음과 도시소음의 문제
- ④ 일상생활에서의 저주파음의 노출과 건강영향 ⑤ 소음환경 하에서의 어음인지의 청력손실
- ⑥ 소음 노출과 일시적 난청 ⑦ 소아 아동의 소음 노출과 청력영향
- ⑧ 취미 및 스포츠 활동에 따른 소음 노출과 청력영향 ⑨ 청력의 연령효과와 노인성 난청
- ⑩ 건강행태(음주, 흡연 등)와 청력영향 ⑪ 일반 질병(당뇨, 신장질환 등)에 의한 청력영향
- ⑫ 화학물질의 이독성 ⑬ 소음 이외 물리적 요인(진동, 라디오파, 방사선 등)에 의한 청력영향
- ⑭ 특수 종사자의 청력영향(공공 근무 종사자, 군인, 음악가, 기타 등) ⑮ 청력보존프로그램의 평가
- ⑯ 소음성 난청의 청능재활

진동에 의한 청력영향

일반적으로 진동 수공구는 진동병을 유발하는 것으로 알려져 있다. 그러나 많은 역학적 연구에서 진동 수공구는 진동만이 아니라 소음에 의한 소음성 난청과 진동병을 유발한다.

또한 진동병 근로자군에서 유의하게 더 높은 소음성 난청을 보이고 있어, 장기간의 진동 노출이 소음성 난청을 발생시키는데 기여하거나 청력에 소음과 더불어 복합작용

또는 상승작용을 한다는 것을 알 수 있다.

진동에 의한 청각에 대한 영향은 아직 완전히 규명되어 있지 않으나 진동에 의해 말초혈관이 자극 받아 그 영향으로 소음성 난청이 악화된다고 추정하고 있다. 소음과 진동의 동시 노출은 교감신경계에 영향을 미쳐 와우의 혈관 수축과 혈류의 감소로 청력의 일시적 난청을 야기하는 것으로 설명하고 있다. 그러나 복합노출보다는 크지 않으나 진동노출만으로도 이러한 교감신경계 영향을 미치지만 현재까지 진동 단독의 난청

을 거의 야기하지 않는다.

따라서 소음이 일시적 난청의 역치증가에 더 근원적으로 작용한다고 볼 수 있으며, 소음 노출과 더불어 진동이 내이의 혈관 수축을 야기하는 교감신경계의 영향을 더 증강시키는 작용을 한다고 볼 수 있다.

Kaimio 등(1970)에 의하면 쥐에서 전신 진동과 소음은 평균 5 dB의 청력을 증가시키고, Guignard와 Coles(1965)는 이와 같은 영향이 등골근반사의 이완에 기인하고, 4000 Hz에서 10-15 dB의 감각신경성 난청을 유발한다고 하였다.

Hamernik 등(1981)의 친칠라(chinchilla) 실험연구에서 진동 단독으로는 일시적 난청의 영향이 없으나 소음 단독 노출과 비교하여 소음과 진동의 복합 노출의 경우에 10 dB의 일시적 난청을 보고하고 있다.

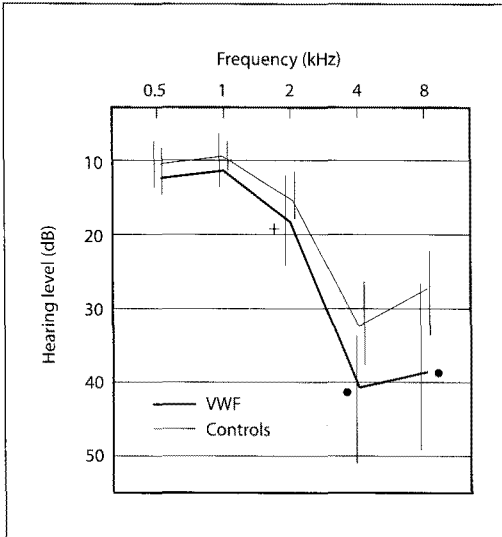
Zhu 등(1997)의 연구에서도 90 dBA의 소음과 60 Hz 30 m/s²의 진동에 노출된 근로자들에게 행한 실험에서 진동 단독으로는 실험 전후 모든 주파수역에서 청력역치의 변화가 없었으나 동시 노출하였을 때 4000 및 6000 Hz에서 유의한 일시적 난청에 의한 역치증가를 보였으며, 소음에 의한 4000 및 6000 Hz의 일시적 난청보다 유의하게 역치가 증가하였다.

소음과 진동의 만성 영향에 대한 연구는

그리 많지 않다. Pinter(1973)의 트랙터 운전자에서 소음 노출에 의한 감각신경성 난청의 예측보다 높은 유병률을 보였는데 이는 트랙터에 의한 전신진동으로 추정하였다. 그러나 Pyykko 등(1987)의 산림벌목공의 감각신경성 난청 발생에 대한 연구에서 노화가 15.4%의 설명력을 보여주는 가장 주요한 위험요인이었으며 진동병(창백지, vibration-induced white finger) 여부가 5.2%로 두 번째의 위험인자이나 소음과 진동의 복합노출에 의한 청력손실의 위험 악화는 관찰되지 않았다.

또한 Pyykko 등(1989)의 산림벌목공의 연구에서는 감각신경성 난청으로서 4000 Hz 청력손실의 회귀분석에서 연령이 25%의 설명력으로 Robinson 모델에 따른 7.6 dB, 소음 노출은 9%의 설명력에 17.8 dB의 역치 변동에 영향을 미쳤다. 그 외 창백지 여부(1.5 dB), LDL-콜레스테롤치, 고혈압 약물 복용 등이 유의하게 영향을 미쳤다.

한편 남자 임업 종사자의 청력에 대한 소음 감수성 연구에서 창백지가 있는 대상자들의 난청은 창백지가 없는 대상자보다 더 빠르게 진행하였고 이러한 결과는 창백지가 있는 대상자들의 청력이 소음에 취약하며 진동에 의한 교감신경계의 활성화 증가가 혈관 수축과 같은 변화를 초래하여 소음 노출에 대한 부가적인 취약성을 유발할 수 있다는 것이다(Iki 등, 1990).



〈그림 1〉 연령 및 진동공구 노출시간을 보정한 상태에서 진동 병군과 대조군의 청력(Iki 등, 1990)

그리고 소음 노출수준이 비슷한 조선업 근로자와 산림요원 간의 충격소음 및 소음과 진동의 동시 노출 중 감각신경성 난청의 발생에 영향을 미치는 요인을 살펴본 Starck 등(1988)의 연구에서는 충격소음의 노출빈도가 높은 조선업 근로자에서 감각신경성 난청이 많았는데 이는 동일한 에너지량(수준)에서는 충격소음이 청력에 영향이 더 크다고 하였다.

이처럼 단기적인 실험연구에서는 소음과 진동의 복합 노출에 의해 더 유의하게 역치가 증가하는 일시적인 난청 영향을 보여주고 있으나, 장기적인 만성 영향과 관련해서는 일관된 결과를 보여주지는 못하고 있다.

한편, 우리나라에서 수부의 국소진동과 소음에 동시에 노출되는 근로자들의 청력과 수부의 국소진동에는 노출되지 않지만 같은 장소에서 유사한 수준의 소음에 노출되는 근로자의 청력을 비교하여 수부의 국소진동 노출이 청각에 어떠한 영향을 미치는지 본 윤재국 등(2011)의 연구에서는 우측 4 kHz의 0.4 dBHL에서부터 좌측 6.7 dBHL까지 모든 주파수의 청력역치가 수부의 국소진동 노출군에서 높았다.

50세 이상 고령의 근로자들이 수부 국소진동 노출시 난청에 더 취약할 수 있으며, 수부의 국소진동 노출이 주로 청각기관의 저주파수 청력에 영향을 미친다는 것을 파악하였다.

방사선의 청력영향

두부와 경부 방사선 치료의 주요 합병증으로 난청장애가 올 수 있다.

Kwong 등(1996)은 비인두암의 국소 방사선 치료 후 24%에서 고음역의 감각신경성 난청 발생률을 보고하였다. 방사선은 이관기능장애, 중이염 및 전음성/감각신경성 난청 등의 이질한 속발증의 원인으로 작용한다.

이와 같은 장애는 방사선 치료 후 즉시 또는 한참 경과된 이후에 나타나며, 난청은 외이와 중이 손상에 의한 전음성 난청, 와우와 청신경의 손상에 기인한 감각신경성 난청으

〈표 1〉 방사선 노출 근로자의 증상(Karlidağ 등, 2004)

	조사 대상군		정상 비교군	
	No. of cases (n=57)	Percentage (%)	No. of cases (n=32)	Percentage (%)
Tinnitus	27	47	-	-
Weakness	16	28	1	3
Vertigo	14	24	-	-
Lack of appetite	10	17	2	6

* p<0.001(χ^2 test)

로 구분할 수 있다.

초기의 방사선 생물학적 연구에서 이와 같은 장애는 직접적인 손상 또는 고용량의 방사선 피폭 후 와우 (organ of Corti, endolymph)의 염증성 반응에 의해 나타나는 것을 보여주고 있다. 청력손실은 방사선 노출량과 와우의 청각세포 손상과 관련이 있다.

그러나 이와같은 고용량의 치료방사선에 노출되는 자뿐만 아니라 저선량이지만 상시적으로 노출되는 근로자에서도 장기간의 노출시 청력에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

터키의 Firat 메디컬센터의 저선량의 방사선에 노출되는 작업자 57명에 대한 Karlidağ 등(2004)의 연구에서 이를 규명하고 있다.

연간 방사선 노출기준이 50 mil-

〈표 2〉 노출군과 비교군의 주파수별 청력(Karlidağ 등, 2004)

주파수 (Hz)	청력역치 (dB HL)	
	비교군 (32명, 64귀)	노출군 (57명, 114귀)
250	12.4±5.3	13.4±4.6
500	9.2±3.4	11.8±5.2
1000	8.2±3.5	9.4±3.7
2000	7.9±4.8	9.1±2.5
4000	11.5±4.1	17.6±6.7*
6000	12.1±6.3	21.7±8.4*
8000	14.8±4.7	22.7±8.1*
10000	19.3±10.1	23.1±12.4
12000	22.5±16.3	25.2±10.3
14000	33.9±21.6	40.3±21.5*
16000	43.4±18.3	52.5±19.2*

* p<0.01(Student's t-test)

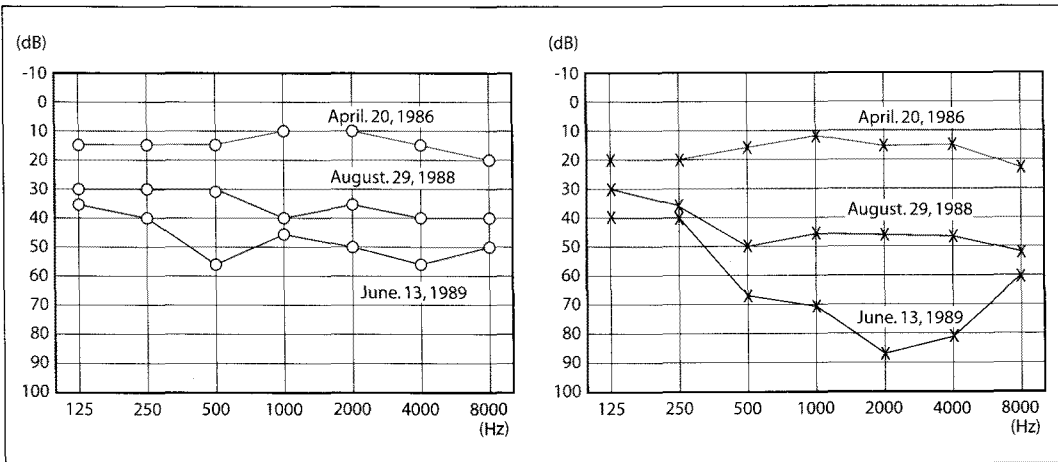
〈표 3〉 노출군과 비교군의 주파수별 평균청력(Karlidağ 등, 2004)

주파수 (Hz)	평균 청력역치 (dB HL)	
	비교군 (32명, 64귀)	노출군 (57명, 114귀)
500-2000	8.4±3.9	10.1±3.8
4000-8000	12.8±5.0	20.6±7.7*
10000-12000	20.9±13.2	24.1±11.3
12000-16000	38.6±19.9	46.4±20.3**

* p <0.001(Student's t-test), ** p <0.01(Student's t-test)

〈표 4〉 방사선요법에 따른 청력 영향(Mencher 등, 1995)

Authors	Number of Patients (N=275)	Rad Level	Conductive	Sensorineural	Unknown	Patients Affected %
Borsanyi 등	14	4000-6000		X		100
Leach	56	3000-12000		X		36
Dias	29	1000-18000		X	X	50
Moretti	13	6000-24000		X		54
Kupperman 등	100	?		X		9
Thibadoux 등	61	2400			X	0
Coplan 등	1	5000		X	X	100
Talmi 등	1	24000		X		100
Shidiovckaya	?	.25-1.0 Gy		X		42
Mean						55.4



〈그림 2〉 38세 여성 뇌암 환자의 방사선 치료 후 진행성의 감각신경성 난청(Kashiwamura 등, 2001)

lisieverts(mSv)이고 연속 5년간 연 평균 노출량이 20 mSv 이하로 규정되어 있지만 이 연구의 대상자는 연 3.5 mSV 이하로 노출되었으며, 소음 노출수준은 55 dB 이하이었다. 그러나 대조군에 비해서 유의하게 높은 관련 증상을 호소하였으며, 청력역치 또

한 방사선에 노출되는 근로자군에서 높게 나타났다. 특히 4000-8000 Hz와 14000-16000 Hz 대역의 청력역치는 유의하게 높게 나타났다(표 1, 2, 3).

장기간의 저선량 방사선 노출 근로자에서 이처럼 높은 감각신경성 난청과 전정기능장

〈표 5〉 체르노빌 원전 사고에 따른 건강영향(Mencher 등, 1995)

	Patients Affected (%)
Headache	82.3
Memory impairment	58.3
Vertigo	91.3
Nausea	97.8
Equilibrium disorder	81.3
Tinnitus	46.8
Hearing impairment	42.2

에 증상 호소가 관찰되었다. 비록 난청장애의 기전이 확실하지 않지만 방사선으로 인해 와우와 혈액학적 변화에 기인된 것으로 보인다.

암 환자에 대해서는 화학요법 이외에 방사선요법을 사용하는데 6000 Rad 이상 노출에서는, 조사시 조직 손상이 야기되며, 종종 3000 Rad 용량에서도 청력에 영향을 미칠 수 있다.

〈표 4〉는 방사선요법에 의한 청력영향 연구를 보여준다(Mencher 등, 1995).

Kashiwamura 등(2001)은 5명의 뇌암 환자가 방사선요법 1-2년 후 발현되어 점진적인 감각신경성 난청의 진행을 보고하고 있으며, Honore 등(2002)의 연구에서는 22명의 비인두암 환자가 방사선 치료 후의 1-5년간의 관찰기간 동안 대부분 감각신경성 청력손실이 진행되었다. 그리고 Mencher 등(1995)은 체르노빌 원전 사고로 인한 난청

과 이명의 영향을 보고하고 있다.

라디오파의 청력영향

20 Hz 아래의 초저주파에서와 20000 Hz 이상의 매우 높은 음압수준이 근로자에게 위험을 나타낼 수 있다고 알려져 왔고, ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)는 두 주파수 범위의 음향에너지에 사람이 노출되는데에 관한 지침을 제공하고 있다.

ACGIH는 초저주파 영역의 음압수준은 145 dB를 초과하지 않아야 하고, 전체적인 음압수준이 150 dB를 초과하지 않아야 한다고 TLVs(threshold limit value)를 권고하고 있다. 초음파 범위와 청각인지 상위 범위 10-20 kHz로부터 1/3 octave bands (OBs)를 위한 105 dB의 SPLs, 25 kHz를 위한 110 dB, 그리고 100 kHz 이상을 위한 115 dB를 한계로 하고 있다.

일반적으로 라디오파/마이크로파에 대한 인체영향은 뇌암에 대한 분야로 한정되어 있었다. 그러나 라디오 방송국, TV 중계기 지 등 라디오파/마이크로파에 노출되는 근로자의 청력에 미치는 영향도 주요 관심사로 부각되고 있다.

휴대폰은 주로 주파수 800-1800 MHz의

전파를 주고받는 low power radio devices이다. 국립환경연구원이 국내시판 휴대폰 제품의 소음도를 측정한 결과, 소음의 정도가 70 dB를 초과하는 경우가 1/3을 초과하여 휴대폰 자체에 의한 소음도 환경부의 생활소음 규제기준의 주간공사장 소음노출과 비슷하였다.

또한 휴대폰 사용 직후 사용부위의 열감, 두통, 현기증, 이상감각, 방향감각 저하 등을 호소하는 경우가 많았고, 더 나아가 귀에서 이상한 소리가 들린다고 호소하기도 하였다.

Kellenyi 등(1999)은 정상인을 대상으로 ABR을 이용하여 휴대폰의 노출부위를 조사하였는데 고주파영역에서 20 dB의 청력손실을 관찰한 바 있다.

Kellenyi 등(1999)은 방사선에 노출된 뇌 조직에 생긴 이온 및 대사 결과가 8번 신경과 와우에 나타날 수 있고 ABR V파 유발전위의 잠복기를 이동시킬 수 있다는 가정하에 건강 지원자를 대상으로 한 실험에서 노출부위에 V파 잠복기가 유의하게 증가하였고 노출부위에서만 2-10 kHz의 주파수에서 20 db 청력손실 소견을 관찰하였다.

이처럼 고주파에서만 관찰된 청력손실은 외유모세포가 액체로 둘러 쌓여 있는 와우의 해부학적 측면과 기능으로 인해 아주 고효율을 지닌 방사선 에너지가 흡수될 수 있으며 이러한 흡수력은 국소적 온도를 증가시키고 세포막을 통한 이온 이동을 유발할

수 있다고 고찰하였다. 즉 방사선 노출 후에 생기는 급성 생화학적 변화는 소음 노출 후의 청력손상과 유사하다는 의견을 제시하였다.

이미영과 이충원(2002) 연구에서 벨소리에 따른 청력역치가 남자의 경우, 소리의 크기를 작게 사용하는 군에서는 4000 Hz와 1000 Hz간 큰 차이가 없었으나 다중회귀분석에서 작게 사용하는 군에 비해 크게 사용하는 군에서, 1000 Hz에 비해 4000 Hz에서 청력역치에 대한 회귀계수가 벨소리가 클수록 양의 방향으로 큰폭으로 증가하여 Kellenyi 등(1999)의 결과와 유사한 소견을 보였다.

그러나 Kellenyi 등(1999)의 연구에서처럼 휴대폰 사용 직후의 결과가 아니므로 직접 비교하기가 어렵고, 고주파에서의 청력손실 결과가 일시적인지, 영구적인지에 관한 언급이 없으므로 청력에 대한 휴대폰의 장기적인 영향을 관찰하는 더 많은 연구가 있어야 할 것이다.

맥동성 전자파에 의해 audible acoustic vibration이 일어나기 위해서는 요구되는 두부조직에 일시적으로 매우 높은 온도상승률이 요구되는데, 현재 통용되는 맥동성 휴대폰 시그널에 의한 것보다 훨씬 높아야 하므로 microwave hearing이 휴대폰 시그널에 의해 생기지 않을 수도 있으므로, 이 연구에서 남자의 벨소리 크기에 따른 청력역치

〈표 6〉 연구 대상자의 “4 kHz notch” 발생률(Meric 등, 1998)

Groups		Control	Experimental group	Subgroups of experimental group		
				Technicians (n=10)	Officers (n=10)	Residents in quarters (n=11)
Right ear	Frequency rate(%)	2/30(6)	23/31(74)	9/10(90)	5/10(50)	9/11(81)
Left ear	Frequency rate(%)	2/30(6)	21/31(67)	8/10(80)	4/10(40)	9/11(81)

〈표 7〉 연구 대상자의 주파수별 골도 청력(Oktay 등, 2004)

Frequencies(Hz)	250	500	1000	2000	4000	8000
Workers (n=28)						
Right	13.4±6.8 ^a	10.6±6.6	9.6±7.0	10.6±8.2	25.2±12.5 ^b	28.6±13.0 ^b
Left	14.6±7.62	12.8±8.0	11.8±7.8	12.8±9.4	27.6±12.8 ^b	29.0±12.9 ^b
Controls (n=28)						
Right	13.8±5.8	8.0±4.4	6.9±3.1	7.3±6.2	11.9±9.4	20.0±8.4
Left	13.8±5.8	11.5±5.0	10.5±4.0	10.0±6.4	14.4±9.4	20.0±8.4

^adBHL : ^bp<0.01

회귀계수 증가는 전자파의 영향보다는 휴대폰 자체의 벨 소음과 주위 소음과의 복합적인 영향에 의한 것일 가능성도 있으므로 추후 연구되어야 할 부분이라고 생각된다.

Meric 등(1998)은 방송기지국(broadcasting station)의 기술전문직 10명, 사무직 10명, 기지국내 거주자 11명의 연구자들과 대조비교군의 청력을 비교하였는데, 그 결과 “4 kHz notch”를 보여주는 소음성 난청률은 노출군은 70%인 반면에 비노출군은 6%로 통계적으로 유의하게 차이가 있었다.

최근에 Oktay 등(2004)도 방송중계 기지국에서 작업하고 근처에서 거주하는 작업자 28명을 연령 짝 비교를 통해 청력영향을 밝혀내었다.

조사 대상 근로자의 작업실로부터 라디오 방송기지국 안테나 사이의 거리는 250 m이었으며, 작업자의 거주지는 안테나 위치로부터 300-350 m 거리에 위치하여 있었다. 라디오 기지국 내의 소음 노출은 약 70 dB이었다. 두 군간에 BERA 결과에서는 유의한 차이가 없었으나 순음청력검사에서는 4000과 8000 Hz에서 유의한 청력역치의 차

이가 있었다. 즉, 기지국내에서 작업하고 거주하며 라디오파에 노출되는 근로자 집단의 와우 기저부에 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있다.

압력에 의한 청력영향

- 수중 잠수작업을 중심으로

잠수부들은 물속에서 고도의 소음과 압력에 노출되어 청력손실 및 현기증, 귀에서의 출혈 등과 같은 현상을 초래할 수 있다. 고도의 소음이란 수중 자동공구의 작동, 폭발과 같은 충격적 소음, 엔진소음, 잠수헬멧속에서 발생하는 난기류 등을 들 수 있다. 이러한 고도의 소음들이 잠수부들의 청력손상과 실질적 관련 여부가 있는지는 밝혀지지 않았으나 어느 정도 연관성이 있는 것으로 알려져 있다.

잠수에 종사하는 인구는 많지 않으나 이 직업과 연관된 유해한 소음의 위협이 심각한 것으로 나타나고 있으나 잠수부들의 소음성 난청에 관해 큰 관심을 보이지 않고 있다. 더욱 나쁜 것은 지속적인 연구가 실행되지 않고 있다.

많은 잠수부들은 소음성 난청, 특히 감각 신경계통에 문제가 발생하는 것으로 알려져 있다. 잠수부들의 소음성 난청을 유발시키는 소음원은 수중에서 사용되는 자동공구,

폭발, 잠수헬멧, 이동장비(잠수정), 엔진 등의 소음과 같은 것들이다. 실내소음의 근원은 펌프의 작동, 콤프레이션 시스템, 빠른 가스의 유출 등이 이에 해당된다.

Brown 등(1977)은 실내에서 전반적인 소음은 78-84 dB SPL이라고 보고 하였으며, 콤프레이션의 경우 90 dB 이상의 크기로 나타났다. 다이버 헬멧을 착용한 상태에서의 소음노출은 벨브를 부분적으로 연 경우와 완전히 열어놓은 상태로 바닷물의 깊이에 따라 6가지 유형으로 측정하였는데 최상의 경우 93-99 dB이며, 최악의 경우는 109-113 dB로 나타났다. 수중에서의 자동공구로 고압의 청소용 공구, Rock drills 등과 같은 자극적인 소음의 경우 90-105 dB로 나타났다.

수중에서의 청감은 일상 생활을 하는 대기 중의 청감과 다르다. 수중에서는 또한 다양한 생명유지 장치가 붙어 있어, 이러한 장치들이 청각적 반응에 영향을 끼친다. 이 관폐쇄는 골도청력을 향상시킨다.

Hamilton(1957)이 잠수부에게서 35-45 dB의 역치상승이 있었다고 보고하며 골전도 이론을 뒷받침 해주는 증거를 제시하였다. Montague와 Strickland(1961)는 수중 역치가 기도에 비해 40-70 dB 상승하였고, 잠수부가 후드를 입었을 때 1000 Hz 이상의 주파수에서 20 dB의 역치가 더 상승한다는

것을 언급하였다.

Hollien과 Brandt(1969)는 수중청각 실험을 위해 몇몇 장비를 사용하여 안정되게 이루어진 연구에서 약 +60 dB SPL의 수중 역치를 얻었다.

Hollien과 Brandt(1969)는 잠수부의 외이도에 공기방울이 있을 때와 없을 때의 역치를 측정하였다. 그 이유로는 1) 공기방울이 외이도에 남아 있을 경우, 관의 임피던스 특성이 변하게 되며, 2) 만일 이들 구조들이 수중청취에 결정적이라면 역치에서 차이점이 발견될 것이기 때문이다. 두 조건에서 중대한 차이점은 없는 것으로 드러났다.

Hollien과 Feinstein(1975)은 1) 합성고무후드 2) 변형이 없는 후드 3) 외부와 외이도를 연결하는 earhole이나 고무 튜브가 달린 후드를 입고 잠수부의 역치를 측정, 문제점을 조사하였다.

잠수부가 후드를 입었거나 earhole이나 고무튜브가 있는 후드를 입었을 때 역치값은 후드를 입지 않았을 경우보다 더 높게 나타났다. 이러한 발견은 인간의 청각 기관들이 물에 잠겨 있을 때 고막 또는 수중전도보다 주로 골도 전달이 이루어진다는 가설을 뒷받침하는 것이다.

Farmer 등(1971)은 압력이 증가됨에 따라 가역적으로 기도전도 역치가 증가되는 것을 발견하였다. 이는 귀의 공명주파수가 상향 변화된 것과 헬륨에 의한 큰 임피던스

매칭에 의한 것이라 추정된다.

난청 증상의 호소는 잠수부에서 가장 흔히 접할 수 있는 것 중의 하나이나 대부분의 경우 난청을 호소하지만 일반적인 청력검사에 의해 밝혀지지 않는 경우가 많다. 잠수부는 종종 종이내의 붓새 또는 딱 막힌 것 같다는 느낌을 받는데 이는 아마 종이내의 점막층과 고막의 울혈, 팽창과 관련된 느낌으로 보여지며, 대부분 하잠시 중이압착증과 관련되고 정상적으로 일주일 내에 해소된다.

잠수에서의 청력장해 원인을 보면, 전음성 청력장해로 귀지, 외이염, 외골증(exostosis)으로 인한 외이도 폐쇄, 하잠시 중이압력 손상, 중이염, 심한 자가팽창, 충격과, 종이내 기체밀도 증가 등에 의한 고막 천공과 중이 손상, 그리고 소음성 난청, 감압병, 정원창 누공 및 와우각 손상에 의한 내이압력 손상 등의 감각신경성 청력장해를 들 수 있다.

최근 문화수준의 향상과 개인 건강에 대한 관심의 증가로 다양한 종류의 레저스포츠 인구가 증가하고 있는데, 스쿠버 다이빙을 배우는 인구도 많이 늘고 있다. 현재 우리나라에는 1-3만명의 레저 스쿠버 다이버들이 있을 것으로 추산되며, 매년 10-35%의 급격한 증가 추세에 있다.

스쿠버 다이빙은 수압을 받아가며 압축된 공기로 호흡을 해야 하는 특수한 운동이므로

로, 이런 고압의 환경에 노출될 때 인체에는 여러 생리적 변화가 생기게 되고 또 압력의 변화에 대한 올바른 적응 실패로 여러 가지 의학적 문제점을 일으킬 수 있다.

스쿠버 다이빙으로 인한 여러 의학적 문제점 중에서 가장 심각한 것은 감압병, 공기색전증 등으로 생명이 좌우되는 경우도 있으나, 다행히 이런 심각한 예는 드물게 발생하고 있으며 심각성에 있어서는 덜하나 가장 발생빈도가 높은 의학적 문제는 중이, 부비강 등 이비인후과 영역의 압력변화에 의한 개체 조직의 손상, 즉 압력손상(barotrauma)이다.

압력손상은 주위압이 증가되는 하강시나 주위압이 감소되는 상승시에 보일(Boyle)의 법칙에 의한 기체의 변화에 인체가 적응치 못하여 야기되는 것이다.

Neblett(1985)는 압력손상을 주위환경압의 변화에 따른 신체공기 공간내 기체부피 변화의 결과로 인체조직 내에 손상이 오는 것이라 정의하고 있다.

압력손상은 압력의 변화양상에 따라 압착(squeeze)과 역압착(reverse block, expansion injury) 두 가지로 나눌 수 있는데, 이과적 압력손상은 외이, 중이, 내이, 안면신경 등에 단독 또는 동시에 발생할 수 있으며 부위에 따라 압착 또는 역압착의 형태로 나타날 수 있다(Bove와 Davis, 1990).

외이의 압력손상은 외이도와 주위압의 압

력차가 150 mmHg 즉, 수심 1.97 m에서도 외이도 압착의 증상이 생길 수 있다고 하였으며(Edmonds, 1985), 외이도의 압력손상시 주증상은 이통이고 편측 외이도 압착만 있을 때는 양쪽 귀의 온도 자극 불균형으로 현훈도 생길 수 있다. 진찰소견상 외이도나 고막의 충혈, 출혈, 수포 형성 등이 보이며 심하면 고막파열도 올 수 있다.

중이의 균압생리와 압력손상의 기전은 수중으로 하강시 주위압은 수압에 의해 상승되며 중이강 내의 압력은 상대적 음압상태가 되어 균압이 필요한데 이때 구씨관은 자동으로 개방되지 않기 때문이다.

중이 압력 손상의 원인으로는 구씨관을 통한 중이강의 균압이 안되는 조건에 의해 올 수 있는데, 의학적 원인으로는 구씨관 기능장애, 상기도 감염, 알레르기성 비염, 비폐색이 심한 비염, 비중격만곡증, 급성화농성 중이염, 급성삼출성 중이염 등이 주원인이고, 다이버의 기술적인 원인으로는 하강 및 상승 속도를 너무 빨리 하였을 때, 또 하강시에 도립상태로 하강하는 경우에 혈관총혈에 의해 균압에 문제가 되어 중이의 압력손상이 올 수 있다.

중이의 압력손상은 거의 대부분 하강이나 상승시에 압박감과 이충만감을 느끼고 이통, 난청, 출혈, 현훈 등의 증상을 동반한다. 진찰소견상 이경검사로 고막의 함몰과 발적, 충혈, 출혈을 볼 수 있고 운동이경검사로 고막의 운동성이 저하되어 있다.

내이의 압력 손상은 빈도가 높지 않으며, 고압과 감각신경성난청의 연관관계는 논란의 대상이 되고 있다. 지금까지 알려진 내이 압력 손상의 주된 기전으로는 정원창, 난원창의 누공, 내이막과열, 내이출혈 등이 단독 또는 동반되어 발생할 수 있다. 내이 압력 손상의 증상으로는 전형적인 내이증상인 감각신경성 난청, 이명, 현훈이 나타나고 중이의 압력손상이 동반되는 경우 혼합성 난청이 올 수 있다(Neblett, 1985).

우리나라에서는 공기잠수를 이용한 해저 작업 중 발생한 내이감압병에 의한 청력장애 1례(손석준과 박철순, 1990)의 사례 보

고 있으며, 스쿠버 다이빙에 의한 이과적 압력손상으로 이학적 검사상 고막천공 사례가 33.3%, 순음청력검사상 91.7%에서 경도 내지 중등도의 전음성 난청을 보였으며(윤석근, 1994), 해녀들에서 잠수가 귀에 미치는 영향으로 정상 연령군에 비해 청력손상이 의미있게 증가하였으며, 특히 고주파수역에서 의의가 있었으며, 작업경력이 길수록, 작업환경이 깊을수록 청력손상이 증가하였다(김종선과 정하원, 1994).

동물실험으로 잠수시 기니픽 중이에서 압력손상의 발생과 시간 경과에 따른 중이 압력 손상의 변화를 보인 연구도 있었다(윤석근과 유우종, 1997). 🐹

☞ 참고 문헌

1. 김종선, 정하원. 해녀에서의 이과학적인 변화. 대한이비인후과학회지 1994;37(3):430-436.
2. 손석준, 박철순. 공기 잠수후 발생한 내이감압병에 의한 일측 지각신경성 난청. 해양의학 1990;10(1):63-74.
3. 윤석근. 스쿠버 다이빙에 의한 이과적 압력손상. 대한이비인후과학회지 1994;37(3):421-429.
4. 윤석근, 유우종. 모의 잠수후 기니픽 중이의 압력손상. 대한이비인후과학회지 1997;40(5):732-738.
5. 윤재국, 유철인, 이지호. 수부의 국소진동 노출이 청각에 미치는 영향. 대한직업환경의학회지 2011;23(1):18-30.
6. 이미영, 이충원. 일부 사무직 근로자의 휴대폰 사용과 청력과의 관계. 대한산업의학회지 2002;14(1):47-56.
7. Bove AA, Davis JC. Diving medicine. 2nd Ed. Philadelphia, WB Saunders Company,

pp9-18, 1990.

8. Brown DD, Giordano F, Hollien H. Noise levels in a hyperbaric chamber. *Sound Vib* 1977;11:28-31.
9. Edmonds C. Hearing loss with frequent diving. *Undersea Biomedical Res* 1985;12(3):315-319.
10. Farmer Jr JC, Thomas WG, Preslar M. Human auditory responses during hyperbaric helium oxygen exposures. *Surg Forum* 1971;22:456-458.
11. Guignard JC, Coles RRA. Effects of infrasonic vibration on the hearing. *Fifth Int Congr Acoustics, Liege*. 1965.
12. Hamernik RP, Handerson D, Coling D, Salvi R. Influence of vibration on symptomatic threshold shift produced by impulse noise. *Audiol* 1981;20(3):259-269.
13. Hamiton PM. Underwater hearing thresholds. *J Acoust Soc Am* 1957;29:792-794.
14. Hollien H, Brandt JF. The effect of air bubbles in the external auditory meatus on underwater hearing thresholds. *J Acoust Soc Am* 1969;46:384-387.
15. Hollien H, Feinstein SH. Contribution of external auditory meatus to auditory sensitivity underwater. *J Acoust Soc Am* 1975;57:1488-1492.
16. Honore HB, Bentzen SM, Moller K, Grau C. Sensori-neural hearing loss after radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma: individualized risk estimation. *Radiother Oncol* 2002;65(1):9-16.
17. Iki M, Kurumatani N, Moriyama T, Oqata A. Vibration-induced white finger and auditory susceptibility to noise exposure. *Kurume Med J* 1990;37 Suppl:S33-44.
18. Kaimio M, Jauhiainen T, Kohonen A, Tarkkanen J. Whole body infrasonic vibration effects on the cochlea. *Environ Res* 1970;3(5-6):425-429.
19. Karlidağ T, Kaygusuz I, Keles E, Yalcin S, Serhatlioglu SS, Acik Y, Ozturk L. Hearing in workers exposed to low-dose radiation for a long period. *Hearing Research* 2004;194(1-2):60-64.
20. Kashiwamura M, Fukada S, Chida E, Satoh N, Inuyama Y. Sensorineural hearing loss induced by radiation as a late effect: five cases followed by audiogram. *Auris Na Larynx* 2001;28 Suppl:S111-S115.
21. Kellenyi L, Thuroczy GY, Faludy B, Lenard L. Effects of mobile GSM radiotelephone exposure on the auditory brainstem response. *Neurobiology* 1999;7(1):79-81.
22. Kwong DLW, Wei WI, Sham JST, Ho WK, Yuen PW, Chua DTT, Au DKK, Wu PM, Choy DTK. Sensorineural hearing loss in patients treated for nasopharyngeal carcinoma: a

- prospective study of the effect of radiation and cisplatin treatment. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996;36(2):281-289.
23. Mencher GT, Novotny G, Mencher L, Gulliver M. Ototoxicity and irradiation: Additional etiologies of hearing loss in adults. *J Am Acad Audiol* 1995;6(5):351-357.
 24. Meric F, Dasdag S, Vergili K. Do radiofrequency radiation affect the auditory system of people with occupational exposure? *Environ Health Prev Med* 1998;3:55-58.
 25. Montague WE, Strickland JF. Sensitivity of the water-immersed ear to high-and-low-level tones. *J Acoust Soc Am* 1961;31:1121-1125.
 26. Neblett LM. Otolaryngology and sport scuba diving. Update and guidelines. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl.* 1985;115:1-12.
 27. Oktay MF, Dasdag S, Akdere M, Cureoglu S, Cebe M, Yazicioglu M, Topcu I, Meric F. Occupational safety: effects of workplace radiofrequencies on hearing function. *Arch Med Res* 2004;35(6):517-521.
 28. Pinter I. Hearing loss of forest workers and of tractor operators (interaction of noise with vibration). *Proc Int Congr on noise as a public health problem.* Arlington, Virginia 18 May 1973. The USA Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control, Washington, pp 315-327.
 29. Pyykko I, Koskimies K, Starck J, Pekkarinen J, Farkkila M. Risk factors in the genesis of sensorineural hearing loss in Finnish forestry workers. *Br J Ind Med* 1989;46(7):439-446.
 30. Pyykko I, Pekkarinen J, Starck J. Sensory-neural hearing loss during combined noise and vibration exposure. An analysis of risk factors. *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59(5):439-454.
 31. Starck J, Pekkarinen J, Pyykko I. Impulse noise and hand-arm vibration in relation to sensory neural hearing loss. *Scand J Work Environ Health* 1988;14(4):265-271.
 32. Zhu S, Sakakibara H, Yamada S. Combined effects of hand-arm vibration and noise on temporary threshold shifts of hearing in healthy subjects. *Int Arch Occup Environ Health* 1997;69(6):433-436.