

소음성 난청과 약국 경영(1)

저자 김성철
영남대학교 임상약학대학원 겸임교수
약학정보원 학술자문위원

개요

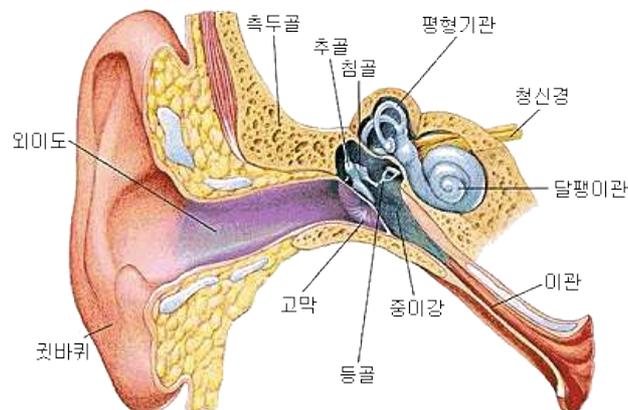
소음성 난청은 노화와 관련된 난청 다음으로 유병률이 높은 난청 유형으로 환경적 요인과 유전적 소인의 복합적인 작용으로 발생된다. 우리나라의 통계는 없지만 많은 문헌에 따르면 전 인구의 약 1.7%가 소음성 난청에 의한 장애를 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 산업 현장뿐 아니라 일상생활에서 노출되는 생활 소음도 꾸준히 축적될 경우 소음성 난청을 유발할 수 있기 때문에 정확한 유병률을 산정하는 것은 불가능하다. 소음성 난청은 난청 이외에 이명, 이충만감, 청각과민 등의 증상을 수반하기도 한다. 소음성 난청을 예방하기 위한 약물들에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있고 인간에게 적용된 예도 있지만 근본적으로 포유류의 유모세포는 일단 손상을 받아 사멸하고 나면 재생이 불가능하기 때문에 그 치료에는 한계가 있다. 또한 개인에 따라 소음에 대한 민감도가 다르다는 것은 알려져 있지만 그 민감한 정도를 미리 검사할 수 있는 도구는 아직 없는 실정이다. 그러므로 소음성 난청을 예방하기 위해서는 소음에 노출되지 않도록 노력하고 반드시 소음에 노출되어야 되는 현장에서는 소음 차폐를 위한 최선의 노력을 다하는 것이 가장 중요하다. 특히 산업 현장이나 총기류를 다루는 군대뿐만 아니라 최근 급속히 증가된 디지털음향기기로 인하여 청소년층에서 소음성 난청이 증가되고 있음은 매우 우려스러운 현상이다. 금 호에서는 난청 중에 특히 소음성 난청을 중심으로 약국 경영에 도움을 줄 수 있는 제품들에 대하여 알아본다.

키워드

청각의 생리, 난청, 난청의 종류, 청각신경, 유모신경, 마그네슘

1. 청각의 생리

귀는 소리를 듣는 기능과 균형을 유지하는 기능을 가진 기관이다. 귀는 바깥쪽부터 외이·중이·내이로 구별된다. 외이와 중이는 청각을 위한 구조이지만 내이는 아래쪽에 있는 달팽이관(cochlea : 蝸牛)만이 청각기로, 위쪽의 전정기관(vestible) 및 반고리관(semicircular canal)은 평형 감각 기관이다. 내이 신경은 달팽이관에서 온 전정 신경과 합쳐진 것으로 능뇌(rhombencephali : 菱腦)의 협부(isthmus)에 들어간다.



(그림) 귀의 구조도 (출처 : 대한이과학회)

음파를 감각 세포까지 유도하는 각종 구조를 총칭하여 청각기라고 한다. 외이·중이·내이(달팽이관)가 여기에 해당한다. 외이에 들어온 공기 진동은 그대로 진행하여 고막을 진동시키고, 그런 다음 중이의 귓속뼈의 지레 운동에 의해 내이에 기계적으로 전달된다. 내이에서는 기계적 운동이 바깥 림프에 전해져 림프에 파동을 가져 오며 이것이 코르티 기관에 도달하면 청각 세포를 자극하여 흥분을 일으킨다. 이와 같이 공기의 진동은 직접 청각 세포에 작용하는 것이 아니라 도중에 있는 장치에서 증폭되어 액체 진동으로 바뀐 다음 감각 세포에 도달 한다.

1) 외이(外耳)

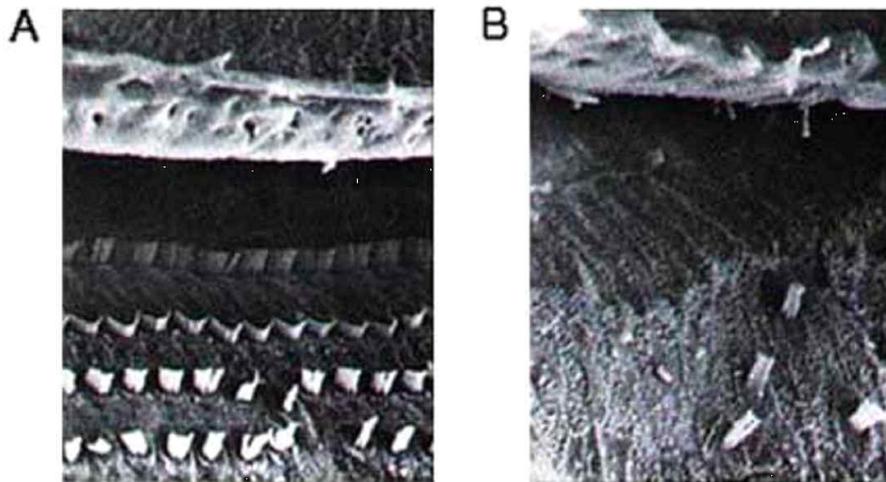
이개(耳介 : 귓바퀴)와 외이도(外耳道)로 이루어진다. 보통 귀라고 불리는 것은 이개로 내부에 연골이 있다. 외이도는 이개 중앙의 외이공(孔)에서 고막까지 이어져 있는데, 곧지 않고 약간 구부러져 있으며, 벽의 바깥 절반은 연골이고 안쪽 절반은 뼈로 되어 있다. 외이에는 외이도선(腺)이 있어 그 분비물이 귀지의 주성분이다.

2) 중이(中耳)

외이에 이어지는 골성(骨性)의 방으로, 고실(鼓室 : tympanic cavity)이라고도 한다. 바깥쪽은 고막에서 외이도와, 안쪽은 두 겹의 막이 내이와 접해 있으며 아래쪽으로는 이관(耳管 ; 귀 인두관)이 인두(咽頭)로 통한다. 고실에는 세 개의 귓속뼈(ossicles : malleus, incus, stapes)이 있다. 고막의 진동은 이 귓속뼈에 의해 강도가 약 22배 정도 증폭되어 내이에 전달된다. 귓속뼈에는 두 가지 작은 근육이 붙어 있는데, 이것은 강한 소리 (특히 저음)로 인해 내이가 손상되는 것을 막아주는 작용을 한다. 양쪽 고막은 기압이 같아야 하며, 이관은 기압을 조정하기 위한 기관이다. 기압에 차이가 생기면 고막이 심하게 긴장하여 정확하게 공명을 할 수 없게 된다.

3) 내이(內耳)

청각기로서의 내이는 달팽이관(cochlea : 蝸牛)이다. 인간의 달팽이관은 두 바퀴 반의 나선형 터널로 되어 있다. 이 터널은 2층으로 되어 있는데 위쪽은 막(膜)미로(안쪽 림프가 있다), 아래쪽은 골(骨)미로(바깥 림프가 있다)로 구성되어 있다. 등자뼈(stapes)는 위쪽의 골미로(전정층) 입구에 붙어 있기 때문에 음파는 먼저 이곳 바깥 림프에 전해진다. 이 터널은 맨 앞에서 아래쪽 골미로(고실층)에 연락을 하여 음파는 이곳 바깥 림프를 전달하고 되돌아온다. 이 터널의 출구는 달팽이창(round window)이라 불리는 중이에 펼쳐지고, 여기에는 제 2 고막이라는 막이 있다. 음파는 여기서 중이의 공기속으로 사라진다. 막미로에서 만들어진 터널(달팽이관 또는 소용돌이관)과 아래쪽 터널과의 경계가 되는 막<기저막(基底膜)> 위에는 코르티 기관(organ of Corti)이라는 청각 기관이 있다. 코르티 기관은 길이가 약 3cm인 달팽이관 전체에 제방 모양으로 발달해 있다. 청각 세포는 유모(有毛) 세포(hair cells)라 불리며, 안쪽에 1열, 바깥쪽에 3-4열로 나뉘어 늘어서 있다. 세포 아래 끝부분은 지지 세포에 의해 지탱되며, 앞쪽 끝은 지지 세포가 만들어낸 가느다란 섬유에 의해 유지되고 있다. 세포 끝에는 일정한 배열에 따라 소모(小毛)가 나는데, 이 소모 가까이에 개막(蓋膜)이라는 투명하고 얇은 막이 코르티 기관 전체를 덮고 있다. 음파는 직접적으로는 바깥 림프에 전해지며, 코르티 기관을 적시고 있는 안쪽 림프에는 간접적으로 전해질 뿐이다. 바깥 림프의 진동이 청각 세포에 전해지는 구조는 그 진동이 기저막을 진동시킴으로써 유모 세포를 자극한다고 추정할 수 있다. 기저막은 음파의 진동수에 따라 진동하는 장소가 다르다. 낮은 음에서는 달팽이관의 전체 길이에 걸쳐 진동하지만, 높은 음이 될수록 중이에 가까운 위치의 기저막이 강하게 진동하고, 그보다 앞에 있는 기저막은 거의 진동하지 않는다.



A. 상한 털이 거의 없는 건강한 달팽이관, B. 털이 거의 없음(난청을 의미)

4) 내이 신경과 청각력

달팽이관의 청각 세포에는 지각 신경이 결합되어 있다. 이 신경의 세포체는 달팽이관의 내측부에 있으며, 그 축삭 돌기는 달팽이관 신경이 되어 달팽이관을 나와 전정 신경과 합류하고, 내이 신경이 되어 연수와 교(pons)의 경계에 들어간다. 여기에서 중뇌, 간뇌 등을 거쳐 대뇌 피질의 청각령에 도달하면 '들린다'라는 감각을 느끼게 된다. 그러나 들리는 것이 무엇인지, 위험한 것인지, 바람직한 것인지 등의 판단은 측두엽의 기억·해석 기능이나 두정엽의 인식 기능 등에 따라 일어난다.

5) 평형 감각 기관

신체의 중력에 대한 위치 관계나 가속도의 변화를 느끼는 감각 기관이 평형 감각 기관이다. 거의 의식할 수 없고, 정보는 소뇌를 통해 반사적 조절의 도움을 받는다. 두 개의 주머니로 된 전정기와 세 개의 고리 모양 관으로 된 반고리관이 있다.

2. 난청

1) 난청의 정의

난청이란 말이나 소리를 듣는 것에 어려움이 있는 것을 일컫는다. 난청은 진단명이라기 보다는 잘 들리지 않는 증상 그 자체를 말하고 난청을 일으키는 매우 다양한 원인들이 있다. 진단 결과 난청의 원인이 무엇인가에 따라 여러 가지 종류로 진단된다.

2) 난청의 종류

외부의 소리는 귀를 지나고 달팽이관과 신경을 거쳐 뇌에서 인식되는데, 소리가 잘 들리지 않는다면 이 과정 중 어딘가에 문제가 있기 때문이다. 문제의 원인은 매우 다양하지만 외부 소리를 인식하게 되는 과정 중 어느 부분에 문제가 있느냐에 따라 크게 두 종류로 대별된다.

(1) 전음성 난청

소리는 귓바퀴에서 모아져 외이도를 지나 고막을 울리고, 고막의 울림은 다시 고막에 붙어있는 귓속뼈의

진동을 일으키고 이 진동이 달팽이관으로 전달된다. 소리의 전달 과정에서 여기까지의 과정의 어디든지 문제가 발생하는 것을 전음성 난청이라고 한다. 전음성 난청의 원인은 외이도의 염증이나 귀지로 인한 막힘, 고막의 손상, 삼출성 중이염, 만성 중이염, 귓속뼈의 기능 이상 등 매우 다양한 원인이 존재한다.

(2) 감각신경성 난청 혹은 신경성 난청

달팽이관까지 소리의 진동이 잘 전달되었다면 달팽이관은 이 진동을 감각신경세포를 이용해 신경 신호로 바꾸어 신경을 통해 뇌로 전달하게 되는데, 이 과정에서 문제가 있다면 감각신경성 난청 혹은 신경성 난청이라고 일컫는다. 감각신경성 난청의 원인은 태어날 때부터 소리의 신경전달 과정에 문제가 있는 선천성 난청, 강력한 소음에 의해 신경세포가 손상되는 소음성 난청, 갑자기 원인 모르게 청력이 크게 감소하는 돌발성 난청, 서서히 청력이 감퇴되는 노인성 난청, 달팽이관 신경세포를 파괴하는 약물에 의한 약물독성 난청, 메니에르 병이나 만성 중이염에 의한 합병증, 뇌종양에 의한 신경손상 등으로 역시 매우 다양하다.

3) 난청의 원인

외부의 소리는 귀를 지나고 달팽이관과 신경을 거쳐 뇌에서 인식되는데, 소리가 잘 들리지 않는다면 이 과정 중 어딘가에 문제가 있기 때문이다. 문제의 원인은 매우 다양하지만 외부 소리를 인식하게 되는 과정 중 어느 부분에 문제가 있느냐에 따라 크게 두 종류로 대별된다.

(1) 전음성 난청(conductive hearing loss)의 원인들은 다음과 같다.

① 바깥귀(external canal) 관련 질병

- 과다한 귀지로 인해(cerumen impaction) - 난청의 가장 흔한 원인이다.
- 외이염(external otitis)
- 외골종증(exostoses) - 바깥귀 쪽에 뼈가 자라면서 난청이 발생하는 질병. 특히 잠수부 및 수영 선수 등에서 자주 보이게 된다.

② 고막천공(tympanic membrane perforation)은 주로 외상에 의해 발생하는 질병. 주로 통증과 더불어 전형적인 전음성 난청 증상이 보여지게 되며, 이명(tinnitus)이 보여지기도 한다.

- 신체검사 시 귀에서 피가 나거나, 혈떡(clots)이 보여지기도 하며, 특히 고막에서 액체가 보여질수도 있다.
- 대부분의 경우 6주 안에 청력이 정상으로 돌아오게 된다. 하지만 손상의 범위가 클 경우 수술을 하기도 한다.

③ 중이(middle ear) 관련

- 중이염(otitis media)이나 비염(rhinitis) 등의 원인으로 인해 중이에서 삼출액(effusion)이 발생하면서 전음성 난청이 발생하게 된다.
- 귀경화증(otosclerosis)은 귓속뼈 중 등골(stapes)이 난원창(oval window)과 융합하면서 발생하는 질환이다. 염색체우성질환(AD)으로, 수술을 통해 증상을 완화시키게 된다.
- 그 외 신생물(neoplasm)이나 구조적 기형으로 인해 발생할 수 있다.

(2) 감각신경성 난청(sensorineural hearing loss)의 원인들은 다음과 같다.

- ① 노인성 난청(presbycusis)은 감각신경성 난청의 가장 흔한 원인으로, 청각을 담당하는 감각세포 및 신경세포의 퇴행성 질환으로 인해 발생하게 된다. 우선적으로 고주파수 소리를 듣는데 어려움이 발생하다가 서서히 저주파수 소리에 난청이 보여지게 된다.
- ② 소음난청(noise-induced)은 장기간, 지속적으로 80~90dB 이상의 소음에 노출되어 코르티 기관(organ of Corti)에 손상이 발생해 난청이 보여지게 된다.
- ③ 약물성 난청(drug induced) - 특히 항생제 중 Aminoglycoside 계열이나, 이뇨제인 Furosemide, 그 외 Cisplatin, Quinidine 등으로 인해 난청이 발생하기도 한다. 또한 아스피린은 귀울림(tinnitus)과 산성혈증이 동반되어 나타나게 된다.
- ④ 메니에르병(Meniere disease)는 귀 한쪽에 감각신경성 난청과 더불어 이명과 어지럼증이 동반되는 질병이다. 치료는 나트륨 섭취를 줄이고 Meclizine을 복용해 어지럼증을 치료할수 있으나, 난청(hearing loss)에는 딱히 차도가 없다.
- ⑤ 중추신경계 관련 - 청신경종(acoustic neuroma), 뇌수막염, 매독(syphillis), 다발경화증(MS) 등으로 인해.

3. 소음성난청(Noise-induced Hearing Loss)

1) 정의

괴롭고 원치 않는 큰 소리를 소음이라 하는데 이러한 소음에 의해서 발생하는 난청을 “소음성난청” 이라고 한다. 소리를 감지하는 기관, 즉 달팽이관이 손상된 경우이며 특히 외유모세포가 주로 손상 받게 된다. 보통 75db 이하의 소리는 난청을 유발하지 않는다. 사무실이나 대화환경이 60dB 정도이며 버스, 지하철, 식당 내의 소음이 80dB 정도, MP3나 휴대용 CD플레이어를 이어폰으로 들을 경우 최대 음량이 100dB 정도이고, 모터사이클은 120dB, 비행기 소음이 140dB, 총소리가 170dB 정도이다. 옆 사람이 다 들릴 정도로 이어폰 듣는 것은 100 - 115dB 정도가 된다. 85dB 이상 소음에 지속적으로 노출될 때는 귀에 손상을 줄 수 있다. 100dB에서 보호장치 없이 15분 이상 노출될 때, 110dB에서 1분 이상 규칙적으로 노출될 때 청력 손실의 위험에 도달한다. 버스, 지하철 내의 소음이 보통 80dB 정도인데, 이러한 장소에서 청소년들이 음악소리를 들으려고 90dB 이상의 소리크기를 유지해야 하는데, 이를 반복적으로 되풀이하면 난청에 이르게 된다.

국민건강보험공단 발표에 따르면 소음성 난청 진료 환자는 2008년부터 2012년까지 지속적으로 감소해왔으나 10대 이하 진료 환자는 같은 기간 7% 증가한 것으로 나타났다. 손상된 청력은 복구가 불가능하기 때문에 청소년기의 소음성 난청을 예방해야 한다.

(표) 데시벨 별 실제 상황(출처 : 삼성의료원 이비인후과)

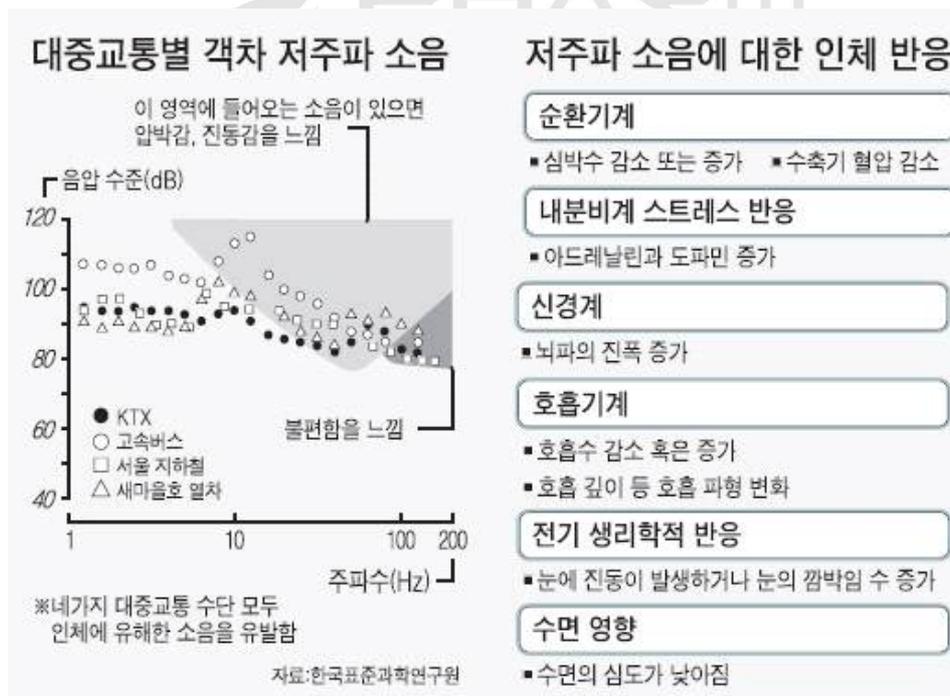
dB(데시벨)	실제상황
25	새소리, 시냇물소리, 눈 밟는 소리
40-50	냉장고 소리, 조용한 방
60	일상생활, 사무실
80	지하철, 버스, 도로, 레스토랑, 식당
90	개인 휴대용 녹음기
100-115	나이트클럽, 노래방
120-140	모터사이클, 폭죽
140	비행기
140-170	총기

■ 밤의 그랜드캐년	10
■ 삼보컴퓨터 루온 크리스탈	23
■ 조용한 방	28~33
■ 보통 거실	40
■ 삼성전자 레이저프린터	48
■ 배기 팬 있는 욕실	54~55
■ 헤어드라이어	80~95
■ 진공청소기	84~89
■ 전기톱	100~104

2) 소음에 대한 인체 반응

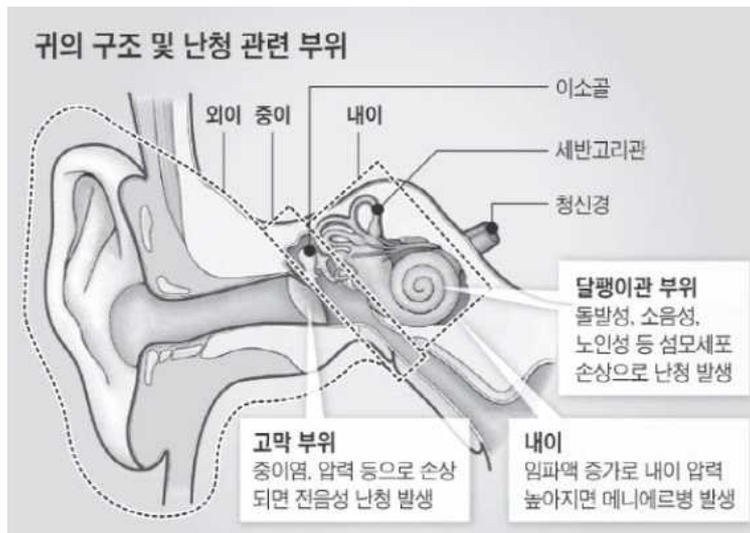
소음은 크기를 나타내는 데시벨에도 영향을 받지만 연구에 의하면 주파수에도 매우 큰 영향을 받는 것으로 알려지고 있다. 저주파(200Hz 이하)의 소음에 계속 노출이 되면 신체 전반에 걸쳐서 악영향을 미친다. 즉 심박수에 영향을 미치고 스트레스 반응이 높아지며, 눈의 깜빡임이 증가 될 뿐만 아니라 수면의 심도도 얕아진다.

(표) 소음에 대한 인체반응(출처 : 한국표준 과학연구원)



3) 귀 부위에 따른 난청

중이염 또는 압력(과도한 코풀기 등) 등으로 고막 부위가 손상을 받으면 전음성 난청이 발생할 수 있고, 달팽이관의 유모세포가 손상을 받으면 돌발성 소음성 난청 또는 유모세포의 노화로 노인성 난청이 야기된다. 임파액 등으로 내이의 압력이 증가하면 어지러움증과 난청을 동시에 초래하는 메니에르병이 일어날 수 있다.



(자료 : 한국건강관리협회)

4) 소음에 대한 유모 세포의 손상

외유모세포는 달팽이관 내에서 가장 취약한 세포로 소음에 가장 먼저 손상받게 되는 것으로 알려져 있다. 소음은 먼저 부동섬모(stereocilia)의 골절과 뒤틀림을 유발함으로써 덮개막과의 연결에 문제가 생겨 전단력(shearing force)의 전달을 떨어뜨리고, 부동섬모(stereocilia) 사이의 말단 연결부위(tip link)가 깨어지게 되면 기계적 전도(mechanotransduction)에 문제가 유발된다. 소음은 감각세포뿐 아니라 지지세포에도 영향을 미치는데 강력한 소음은 코르티기의 지지역할을 하고 있는 기동세포들을 기저막에서 떨어져 나오게 하여 기저부가 첨부보다 200배 더 딱딱한 기저막의 임피던스 분포에 영향을 주어 소리에 대한 민감도와 주파수 분별력을 떨어뜨리게 된다. 유모세포의 결손은 소음노출 후 30일간 계속 지속되고, 외유모세포의 결손 부위는 수일 내로 기저부 방향으로 진행하면서 세포괴사(necrosis)와 세포자멸사(apoptosis)의 두 가지 세포 사멸의 병리 형태를 모두 보이게 된다. 음향외상과 같은 매우 큰 강도의 소음의 경우에는 혈관계의 작용이 일어나기 전에 심한 기계적 손상에 의해 세포가 대부분 사멸하게 되지만 오랜 기간 지속되는 소음 노출은 달팽이관 혈류량의 변화를 유발하고 이 변화가 세포의 사멸에 역할을 하게 된다. 달팽이관 혈류량은 소음의 매우 초기에는 다소 증가하였다가 시간이 흐르면서 떨어져 한동안 코르티기의 허혈을 가져오고 그 이후 다시 재관류(reperfusion)가 일어나는 일련의 과정을 겪게 되는데 허혈과 재관류 모두 활성산소(reactive oxygen species, ROS)를 다량 생성함으로써 세포 사멸을 유발하게 된다. 또한 소음에 노출되었을 때 마그네슘을 투여하여 달팽이관 혈류량을 증가시켰으므로 소음성 난청을 감소시킬 수 있다는 연구 결과도 발표되었다. 상당한 시간 동안 소음에 노출되면서 발생한 영구 역치 변동의 경우 기계적인 손상이 손상의 방어쇠 역할을 하고 거기에 이어지는 대사성 손상이 세포 사멸을 결정하는 것으로 보인다.

대사성 손상은 첫째, 미토콘드리아에서 ROS나 reactive nitrogen species(RNS) 같은 자유라디칼(free radical)의 과다 생성으로 인한 손상이다. 과다 생성된 ROS는 세포막에 축적되어 세포막을 지질과산화(lipid peroxidation)시키면서 4-hydroxy-2-noneal(4-HNE) 같은 인지질막 과산화물(phospholipids membrane peroxidation product)이 DNA와 세포막에 직접 손상을 일으키면서 세포괴사를 일으키거나 세포자멸사를 유발한다. 정상 반응에서 98%의 O₂는 미토콘드리아에서 소비되어 ATP를 만들어 내고 나머지 2%는 소모되지 않고 미토콘드리아 또는 그 밖에서 과산화물(superoxide :O₂⁻)이나 과산화수소(hydrogen peroxide : H₂O₂)로 변하게 되는데 소음 노출과 같은 병적인 상태에서는 달팽이관의 대사를 매우 빠르게 하여 몇 배나 많은

양의 ROS가 미토콘드리아에서 생성되게 된다. 소음손상에 의해 달팽이관 혈류량이 줄어들면서 미토콘드리아 대사에 필요한 O₂는 부족하게 되지만 ROS는 오히려 증가되는 결과를 초래한다. 달팽이관 혈류량 감소로 코르티기의 허혈이 오게 되고 뒤에 따라오는 재관류(reperfusion)는 또 다른 ROS 증가의 원인으로 작용할 수 있다. 또한 세포손상으로 세포 밖으로 나오게 되는 물질 중 Fe 성분은 펜톤반응(Fenton reaction)을 통하여 H₂O₂를 과잉반응시키고(highly reactive) 독성 수소기(toxic hydroxyl radical, OH-)로 변화시킨다. 여러 연구에서 소음 노출 후 ROS가 유모세포 내에서 지속적으로 증가하는 것이 관찰되었다.



약사 Point

1. 청각의 해부 생리를 이해하여야 하고, 청각은 한번 손상을 입으면 회복이 어렵다는 점을 숙지하여야 한다.
2. 청각의 생리를 이해하여야 하고 유모세포의 생리를 이해하여야 한다.
3. 특히 청소년들에 있어서 소음성 난청이 헤드폰 때문임을 강조하여야 한다.

■ 참고문헌 ■

1. 헬스데이뉴스 : news@healthdaynews.co.kr
2. <http://segama.tistory.com/143>
3. 서울대학교의과대학 이비인후과교실
4. 삼성의료원 이비인후과 교실
5. Hanyang Med Rev 2015;35:84-91(심현준 : 을지대학교 의과대학 서울을지병원 이비인후과)
6. 대한이과학회
7. 국민보험공단
8. Standing, Susan (2008). Borley, Neil R., ed. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice (40 ed.).
9. Edinburgh: Churchill Livingstone/Elsevier. pp. Chapter 36. "External and middle ear", 615-631.
10. Drake, Richard L.; Vogl, Wayne; Tibbitts, Adam W.M. Mitchell; illustrations by Richard; Richardson, Paul (2005). Gray's anatomy for students. Philadelphia: Elsevier/Churchill Livingstone. pp. 855-856.
11. Moore KL, Dalley AF, Agur AM (2013). Clinically Oriented Anatomy, 7th ed. Lippincott Williams & Wilkins. pp. 848-849.
12. Hall, Arthur C. Guyton, John E. (2005). Textbook of medical physiology (11th ed.). Philadelphia: W.B. Saunders. pp. 692-694.
13. FASEB Journal 2015 Feb;29(2):418-32
14. American Journal of Clinical Nutrition 2015 Nov;102(5):1167-75
15. Tinnitusformula.com, Folic Acid for Hearing Loss
16. Otology and Neurology 2002 Jul;23(4):447-51
17. Korean Journal of Audiology 2014 Sep; 18(2): 69-75
18. JNCI J Natl Cancer Inst (2003) 95 (13): 1004-1007
19. Medical News Today October 21, 2014
20. African Journal of Pharmacy and Pharmacology September 15, 2012; 6(34): 2559-2564 (PDF)
21. World Health Organization February 27, 2015
22. <http://namu.wiki/w>
23. The American Journal of Clinical Nutrition, 2014. ajcn.068437; First published online November 6, 2013.
24. Science Daily news, "Can A Dietary Supplement Stave Off Hearing Loss?," Feb. 13, 2009.
25. Ohinata Y, Miller JM, Schacht J. Protection from noise-induced lipid peroxidation and hair cell loss in the cochlea. Brain Res 2003;966:265-73.
26. Scheibe F, Haupt H, Ising H, Cherny L. Therapeutic effect of parenteral magnesium on noise-induced hearing loss in the guinea pig. Magnes Res 2002;15:27-36.
27. Attias J, Sapir S, Bresloff I, Reshef-Haran I, Ising H. Reduction in noiseinduced temporary threshold shift in humans following oral magnesium intake. Clin Otolaryngol Allied Sci 2004;29:635-41.
28. Kramer S, Dreisbach L, Lockwood J, Baldwin K, Kopke R, Scranton S, et al. Efficacy of the antioxidant N-acetylcysteine (NAC) in protecting ears exposed to loud music. J Am Acad Audiol 2006;17:265-78.