



특수 종사자의 청력영향 IV

- 용접공과 도장공

산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 규 상

주요내용

- ① 인간의 청력 ② 일반인의 소음 노출 ③ 환경소음과 도시소음의 문제
- ④ 일상생활에서의 저주파음의 노출과 건강영향 ⑤ 소음환경 하에서의 어음인지와 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 이득성 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

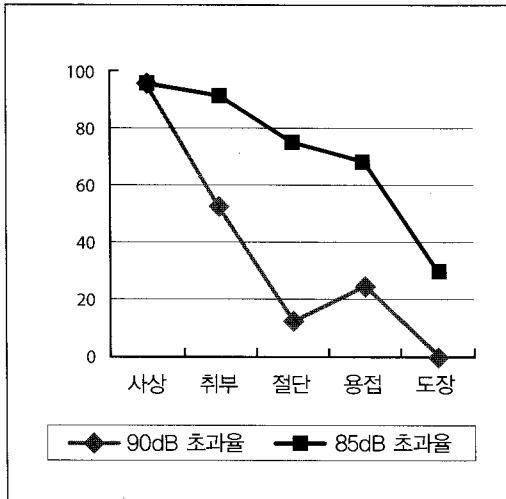
산업기술의 발달에 따라 금속공작의 필수 도구인 용접작업은 기술의 진일보를 거듭하여 많은 분야의 산업, 특히 선박, 자동차, 항공기, 철도, 건축, 화학, 전기 등의 공업에서 널리 이용되고 있으며 이와 더불어 용접공의 수적 증가도 동반되어 산업사회의 중요한 직종이 되고 있다.

이러한 용접공들의 수적 추계에 관한 보고서는 미국 60만 명, 유럽 50만 명, 일본 45만 명, 구소련에 200만 명의 전일직업(full

time) 용접공이 있으며, 여기에 30%의 정시제 작업(part time) 용접공이 추가 종사하는 것으로 추정하고 있다.

대부분의 공업화된 국가에서는 용접공이 전 근로자의 0.5-2.0%로 집계되고 있어 이를 우리나라 전체 근로자들에 동일 비율로 추산하면, 수만 명의 용접공이 각종 산업에 종사하고 있음을 짐작할 수 있어 이들에 대한 건강관리에 더욱 관심을 기울여야 할 것이다.

용접작업은 크게 용융용접과 비용융용접



(그림 1) 조선업체 직종별 소음노출 초과율

으로 구분되며, 열원의 종류 및 용접방식에 따라 용융용접에는 아크용접, Eletro Slag 용접, 전자흡용접, 레이저용접, 가스용접 등이 있고 비용융용접에는 저항용접, 압력용접, 납땜 등이 있다.

일반적으로 널리 사용되고 있는 것은 피복재를 도포한 용접봉을 전극으로 모재료와의 전기아크열로 용융시키는 피복아크용접과 가스를 아크 주위에 흐르게 하여 용착금속을 보호하게 하는 가스아크용접이다.

작업형태에 따른 용접봉, 용제, 보호가스의 종류에 따라 발생하는 용접흡과 가스 및 물리적 인자의 조성은 다양하다.

용접흡은 대개 산화철이 주종을 이루고 있으며, 이외에도 납, 망간, 니켈, 구리, 아연, 알루미늄, 규산염, 티타늄 등이 함유되

어 있고, 가스상 물질에는 일산화탄소, 질소산화물, 오존 등이 있다.

물리적 인자로는 전자파, 진동, 온열, 자외선, 적외선, 가시광선 등을 들 수 있다.

이러한 유해인자의 노출로 인한 산업보건 관리상 문제가 되는 것은 강렬한 광선에 의한 안장애, 비산에 의한 화상, 화재, 폭발, 전기충격 등의 재해성 질환뿐만 아니라 일산화탄소, 질소산화물, 오존 등의 가스와 용접시에 발생하는 분진, 흡의 흡입으로 인한 금속열, 용접공폐증, 폐기종, 천식, 만성기관지염 등의 급만성 호흡기질환과 모재, 용접봉, 피용접물의 피막 도료의 성분 따른 유기용제 중독과 연, 크롬, 카드뮴, 망간 등의 중금속 중독 등이 있으며, 최근에는 암 발생의 위험도 높은 것으로 보고되고 있다.

실제 조선업종 근로자에서는 취부(ship-fitting), 사상(grinding) 등 소음에 노출되는 근로자뿐만 아니라 용접작업으로 인한 소음 수준도 용접의 종류, 방법에 따라 다르지만 소음관리 수준을 초과한다.

김규상 등(2002)의 연구에서 조선업의 공정 또는 직종별 소음 노출수준(시간가중평균음압수준)을 보면, 사상 94.9 dBA, 취부 90.5 dBA, 절단 87.3 dBA, 용접 86.4 dBA으로 도장을 제외하면 85 dBA를 초과하고, 시료 수에서 약 2/3가 85 dBA를 초과하고 있었다(그림 1).

2008년 상·하반기 50,037개 사업장의 소

〈표 1〉 용접작업의 종류에 따른 소음 노출 수준(Bartlett, 1987)

용접종류	방법	소음 수준
Gas Welding	size 3 nozzle : 5 mm steel plate	84 dBA
	size 4 nozzle : 5 mm steel plate	92 dBA
	size 5 nozzle : 5 mm steel plate	97 dBA
	size 6 nozzle : 5 mm steel plate	103 dBA
Stick(shielded metal arc) welding	150A; AC; Ti Vllls rod electrode; core diameter 4 mm	86 dBA
	180A; AC; Ti Vllls rod electrode; core diameter 4 mm	84 dBA
	slag chipping on plate	105 dBA
MIG	110A, core diameter 3.25 mm, pipe, including slag chipping	92 dBA
	200A, core diameter 4 mm, fillet weld, including slag chipping	96 dBA
	mixed gas shield; 300A; wire diameter 1.2 mm; spray arc, steel	97 dBA
	CO2 shield; 100A; wire diameter 0.8 mm; short arc	91-95 dBA
	pulsed arc(100 Hz); 200/300 A; wire diameter 1.6 mm; aluminium	95 dBA
Flame cutting	200A; wire diameter 1.6 mm; aluminium	102 dBA
	100A; rod diameter 2.4 mm; DC	65 dBA
	60A; rod diameter 2.4 mm; AC	74 dBA
Plasma cutting	acetylene; nozzle 10-25 mm; pipe; 6mm wall thickness	88 dBA
	propane, 10 mm plate	95 dBA
Arc air gauging	100A; 10 mm steel plate	98 dBA
	copper sheet	100 dBA
	aluminium sheet	up to 100 dBA
Gringing, manual grinding	thick workpiece	up to 100 dBA
		103 dBA
Dressing, needle hammer		105 dBA
		103 dBA

음 작업환경측정 자료를 분석한 결과, 선박 건조수리업의 8시간 90 dBA의 노출기준 초과율은 23.7%, 평균 노출수준은 88.82 dBA, 1/4-3/4 분위수값인 25%-75% 범위 값은 87.20-90.72 dBA이었다(김규상 등, 2010).

이는 김준연 등(1986)의 제조업 산업장의 소음 작업환경 실태에 관한 조사 연구에서 12개 업종 가운데 평균 소음수준이 가장 높

은 선박건조 및 수선업의 95.6 dBA 보다 낮은 수준으로 이전 연구자들의 결과에 비하면 소음 수준이 감소되어 그간 소음 공정에 대한 관리개선, 사용기계의 대체, 방음벽 설치 등의 방법으로 부단히 소음 환경을 개선해왔으나 여전히 높은 소음 수준을 유지하고 있다고 볼 수 있다.

조선업에서 용접작업자의 소음 노출수준

은 85 dBA를 약간 상회하지만, 용접작업의 용접종류와 방법에 따라 소음수준은 매우 다르다(표 1).

이처럼 조선업의 소음 수준은 사상, 취부, 절단, 용접 및 도장의 순으로 타 연구자들의 결과와 마찬가지로 철을 주로 취급하는 공정과 무겁고 시끄러운 소리를 발생하는 기계 가동작업 공정 등에서 주로 소음 수준이 허용기준을 초과하고 있었다.

그리고 조선업 각 공정 중 높은 소음 수준에 노출되는 사상 및 취부 외에 용접과 도장 업무 직종의 근로자들은 노출기준인 90 dBA 미만 수준이지만 청력에 영향을 미치는 80 dBA 이상의 소음에 노출되고 부가적으로 청력에 영향을 미치는 직업성 이독성 물질인 각종의 중금속과 유기용제에 노출되어 소음성 난청의 형태와 유사한 감각신경성 난청 발생 위험으로 작용할 수 있다.

조선업체는 용단·용접, 사상·연마, 도장, 조립(취부) 등 매우 다종다양한 직종의 작업자가 소음, 유기용제, 중금속 등 각종 유해환경에 노출되어 직업병 발생 및 기타 건강장애에 대한 위험성이 매우 크다.

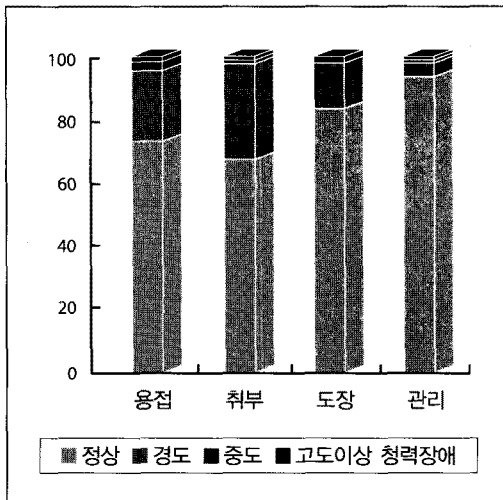
Weclawik 등(1983)의 1968-1979년 동안 717명의 폴란드 조선업체 직업병 근로자에 대한 역학적 연구 결과를 보면, 용접공에서 45.9%의 진폐(용접공폐증), 연마 작업자 78.5%의 직업성 난청, 도장공에서 44.6%의

피부질환 등 전형적으로 직종 관련 노출 유해요인과 직업병의 관련성을 보이고 있으며, 40세 이상에서 그 이하의 연령 보다 6.5 배 직업병 유병률을 보여 연령, 노출기간이 직업병 발생의 직접적인 영향을 보여주고 있다.

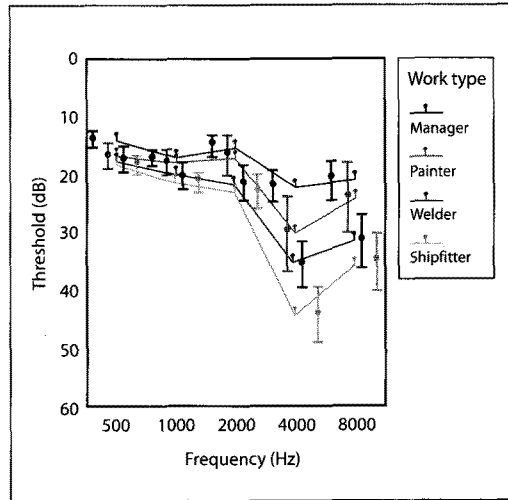
조선업에서의 소음 노출은 타 업종과 달리 조선업의 특성상 충격소음과 진동 등의 복합적 노출이 지속적인 소음 노출과 더불어 영향을 미친다.

이와 관련된 연구로 소음 노출수준이 비슷한 조선업 근로자와 산림요원간의 충격소음 및 소음과 진동의 동시 노출 중 감각신경성 난청의 발생에 영향을 미치는 요인을 살펴본 Starck 등(1988)의 연구가 있다.

충격소음의 노출빈도가 높은 조선업 근로자에서 감각신경성 난청이 많았는데 이는 동일한 에너지량(수준)에서는 충격소음이 청력에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 실제 소음 노출량, 혈압, 흡연, 군 경력, 이과적 병력 등 개인적 위험요인을 보정한 상태에서 산림 목재절단 작업자보다 조선업 근로자에서 3배 정도 큰 충격소음으로 인해 이질환이 3배 이상 발생했다는 결과가 있다(Pek-karinen과 Starck, 1990). 그리고 또 동물실험에서 소음과 함께 진동 노출은 소음 단독으로 노출시 보다 10 dB의 일시적 역치변동을 야기하였으며(Hamernik 등, 1981), 사람에서는 1-4 kHz에서 5 dB 정도



〈그림 2〉 직종별 청력장애 평가(우측)



〈그림 3〉 직종별 청력역치(95% CI)(우측)

의 청력역치를 증가시켰다(Yokoyama 등, 1974).

이러한 소음성 난청 외에 조선업의 경우 외이를 통한 고막 등의 직접적인 손상으로 초래되는 외상성 난청의 문제가 있다.

과거 이과적 병력에 있어서는 직종간의 유의한 차이는 없었으나 용접 작업자에서는 특히 고막 손상의 과거병력이 10명으로 가장 많았다. 이는 고막운동성 계측 검사의 분류에 따르면 용접과 취부 작업자에서 B형(고막천공형)이 타 직종에 비해 높게 나타났다는 점으로 확인되었다. 용접 작업자의 경우 0.5-2 kHz에서의 청력역치가 고소음 노출 작업자인 취부·사상 작업자보다 더 높게 나타난 점은 용접 작업자에서의 소음 노출이

외에 이러한 직접적인 외상성 난청의 위험으로 인한 영향을 고려해 볼 수 있다.

실제 용접작업 중 용접불꽃의 화상으로 인한 고막 및 중이장애는 매우 드물지만 1953년 Beselin에 의해 보고된 이래 Griffin(1979), Stage와 Vinding(1986), Lukan 등(1991) 외국에서의 보고가 있으며 국내에서도 용접공에서 발생한 용접불꽃에 의한 고막천공 증례(김규상과 정태기, 1999)가 있다.

이는 거의 대부분 어떤 특정한 작업자세에서 용해된 금속이 외이도를 통과하여 고막에 닿아 화상을 일으키며, 화상을 입은 조직은 열 응고에 의한 괴사와 조직내 혈관의 손상에 기인한다. 또한 금속물질이 고막과

중이강에 이물질로 남아있거나 또는 내이의 외상성 열성과괴와 안면신경마비(Frenkiel 과 Alberti, 1977; Panosian과 Dutcher, 1994)를 일으키기도 한다.

주로 제강, 고로, 주조, 압연 작업시에 용해된 금속의 불꽃과 용접작업에 주로 기인한다. 용접공에서의 이손상의 위험은 좁은 공간에서 머리 위로 작업을 하거나 다른 용접공과 인접하여 작업을 하는 경우에서 거의 대부분 발생한다.

조선업체 근로자의 직종에 따른 유해요인 노출은 특이적인 직종-직업성 질환의 관계를 갖지만, 또한 용접공과 도장공 등의 직종에서 노출되는 유해요인의 복합적 노출과 소음 이외 중금속과 유기용제 등 화학물질에 의한 직업성 난청의 가능성이 상존한다.

작업장에서의 산업화학물질에 노출되어 나타나는 청력손실은 논란이 있지만 다양하고 복합적이다. 청력손실을 가져올 수 있는 산업용 이독성 물질 중 중금속으로는 비소, 코발트, 납, 리튬, 수은, 망간 등과 화학물질로는 시안화합물, 벤젠, 아닐린 염료, 요오드, 일산화탄소, 이황화탄소, 톨루엔, 스타일렌, 디메틸설폭사이드, 메틸수은, 사염화탄소 등이 있다.

조선업에서는 이와 같은 화학물질에 노출될 위험성이 큰 작업으로는 용접작업시의 중금속과 도장작업시의 유기용제가 있다. 또한 조선업의 특성상 소음의 복합노출

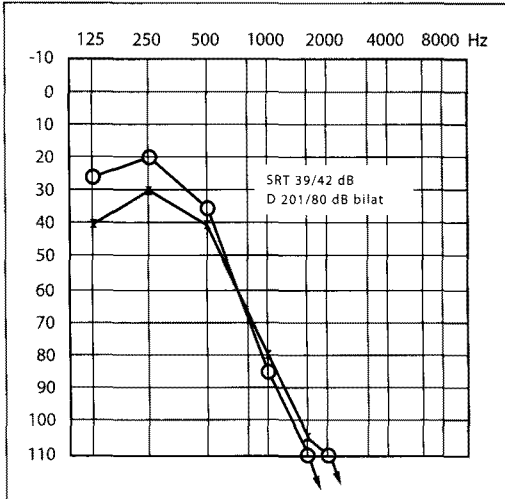
로 인해 용접공과 도장공에서의 화학물질과 소음의 상승작용으로 인한 청력손실의 가능성을 전혀 배제할 수 없을 것이다.

김규상 등(2002)의 연구에서도 취부, 사상의 고소음 노출 작업자뿐만 아니라 용접, 도장 작업자에서 소음성 난청을 포함한 직업성 난청의 높은 위험을 보여주고 있다.

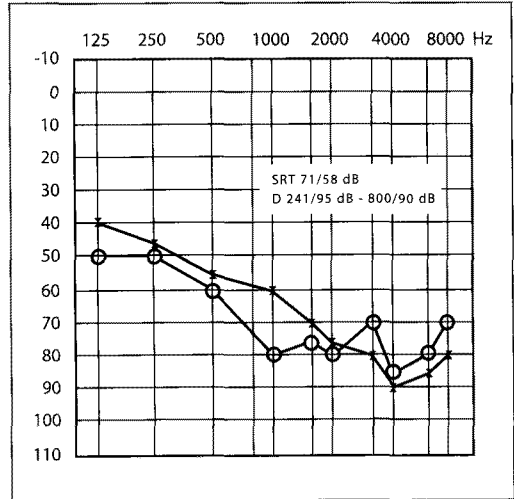
청력 측정 결과, 우측귀의 경우 정상역치인 10 dB 이하 67명(15.5%), 11-26 dB 270명(62.5%)이었으며, 경도난청인 27-40 dB이 81명(18.8%), 중등도난청인 41-55 dB이 7명(1.6%), 중등고도난청인 56-70 dB이 5명(1.2%), 고도난청인 71-90 dB이 2명(0.5%)이었으며, 최고도난청(농)인 91 dB 이상은 없었다.

직종별 청력역치는 우측 평균 청력역치로 취부 21.00 dB, 용접 19.84 dB, 도장 17.21 dB, 사무관리직 15.48 dB의 순이었으며, 용접 작업자에서 우측귀가 정상역인 경우는 90명(72.0%), 취부 작업자는 80명(66.1%), 도장 작업자는 55명(84.6%), 사무관리직 근로자는 112명(92.6%)으로 취부>용접>도장>사무관리직 순으로 난청자가 많았다. 난청의 가장 큰 요인이 소음이지만 다른 화학물질 노출에 의한 영향을 시사하고 있다(그림 2).

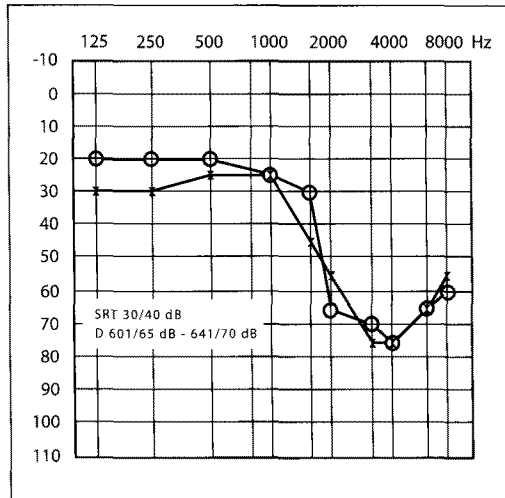
도장작업은 용도와 도장방법에 따라 다르겠지만 지방족 및 방향족 탄화수소, 할로겐화 탄화수소, 케톤류, 알데히드류, 알코올



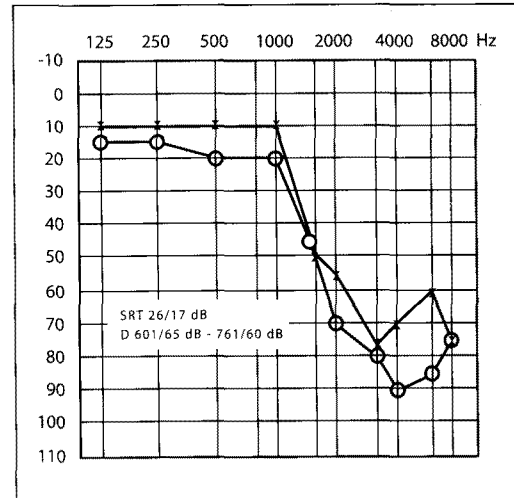
〈그림 4〉 사례 1(Barregard와 Axelsson, 1984)



〈그림 5〉 사례 2(Barregard와 Axelsson, 1984)



〈그림 6〉 사례 3(Barregard와 Axelsson, 1984)



〈그림 7〉 사례 4(Barregard와 Axelsson, 1984)

류, 에테르류 등 유기용제에 노출된다.
근로자를 대상으로 한 연구로 4명의 증례

보고를 통해 유기용제와 소음에 동시에 노출된 군에서 단순히 소음에 노출된 군에 비

해 감각신경성 난청의 정도가 심하다고 보고하였다.

Barregard와 Axelsson(1984)은 도장공의 난청 사례를 보고하였다.

〈사례 1〉은 48년 동안 주택 도장과 조선소 도장공으로 유기용제에 노출되었으며 20년 동안 근처에서 그라인딩과 정작업(chiseling)으로 소음에 노출되었다.

현저한 피로감과 건망증을 나타냈으며, 잠재적인 말초신경장애의 소견도 보였고, 유기용제 노출에 의한 만성 정신신체장애를 앓는 것으로 생각되었다. 청각검사 결과 감각신경성 난청을 보였고 어음변별력은 심하게 손상되었다.

〈사례 2〉는 37년 동안 집과 조선소 도장공으로 통조림공장에서 6년, 그리고 조선소에서 5년 동안 소음 환경에 노출되었다. 유기용제에 의한 중추 또는 말초신경장애는 없었다. 청각검사 결과 현저한 감각신경성 난청을 보였고, AR(청각 반사)는 단지 250과 500 Hz의 왼쪽 귀에서 반대측(contralateral) 자극에 유발되었다. 오른쪽 귀에 손상된 어음변별력을 보였으며, ABR 검사에서 왼쪽 귀에서 연장된 잠복기를 보였으며, 오른쪽에서는 반응이 없었다.

〈사례 3〉은 27년 동안 저-중도 유기용제 노출의 집 도장공으로, 1년 동안 조선소 도장공으로 현저하게 유기용제에 노출되었다. 유기용제 관련 신경손상은 가지고 있지 않았다. 청각검사 결과 감각신경성 난청을 보

였고 어음변별력은 저하되어 있었다.

〈사례 4〉는 20년 동안 집 도장공으로 중등도의 유기용제에 노출되었다. 병기정비공으로 군복무 기간 동안 소음에 노출되었다. 3달 동안 하루에 두 번 5분간 제트비행기가 출발하는 근처에 거주하였다. 유기용제 관련 신경손상은 가지고 있지 않았다. 청각검사 결과 감각신경성 난청을 보였고 어음변별력은 중도로 감소되어 있었다.

이들 네 사례에서 청력손실은 소음노출에 대해서와 건설이나 조선소 환경에서 다른 작업자들과 비교하여 기대된 것 보다 아주 더 현저하였다. 이것은 유기용제와 소음 사이의 상호작용을 환기시켰다.

위에 기술된 4명의 도장공 중 3명은 조선소 도장공으로 도장작업 중 소음에 노출되었다. 조선소 도장공 30명에 대한 조사에서 소음과 용제 모두 노출된 도장공들이 소음에만 노출된 것 보다 더 현저한 청력손실을 보이며, 그 양상은 전형적인 소음성 난청의 양상을 나타내었다(Barregard와 Axelsson, 1984).

김규상 등(2002)의 연구에서 화학물질에 의한 청각학적 장애를 정량적으로 보지는 못했지만 노출에 따른 직종으로, 비록 80 dBA 내외의 소음에 노출되나 유기용제 등 화학물질에 노출되는 도장 작업자군이 비노출군보다 높은 청력장애율과 2-8 kHz에서

의 높은 청력손실률을 나타내고 있었으며, 4 kHz에서는 화학물질 단독 또는 소음에 부가적인 청력 영향이 있음을 보여주고 있다.

이 연구에서처럼 조선업에서 취급되는 페인트, 희석제 및 경화제에 유기용제 성분으로는 중추신경장해를 유발할 수 있는 xy-lene 등 방향족 탄화수소가 많으며, 페인트에 함유된 안료에는 lead chromate와 zinc potassium chromate가 주로 사용되고 있는데 크롬과 납 등 중금속을 포함하고 있는 경우가 많아 주의를 요한다(신용철과 이광용, 1999).

이와 같이 화학물질에 의한 청력 영향을 간접적인 직종 특성으로 제시하였지만 외국에서는 동물실험 연구만이 아니라 최근에는 화학물질에 노출된 인간에 대한 청각학적 영향을 밝혀내고 있다.

신혜련 등(1997)의 연구에서도 톨루엔, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤 등 혼합 유기용제에 폭로된 비디오테이프 제조공장 근로자에 대한 청력검사 결과 비노출군에 비해 기도 골도 청력 모두에서 평균청력역치가 더 높게 나타났음을 보고하고 있다.

금속제품제조업체 근로자를 대상으로 유기용제 노출이 직업적 청력손실에 미치는 영향을 살펴본 이지호 등(2000)의 연구에서는 소음 노출군과 소음, 유기용제 동시노출군을 비교한 결과, 500-2000 Hz까지는 거의 차이가 없었고, 4000 Hz에서는 평균

2.6 dB, 8000 Hz에서는 평균 3.1 dB 정도로 유기용제와 소음에 동시 노출된 군에서 청력역치가 높게 나타났다.

이는 유기용제에 의한 영향으로 추정되며 유기용제의 영향이 고음역에서 먼저 시작된다는 보고와 일치하는 소견으로 보았다.

유기용제의 이독성에 관한 논란에 대해 Morioka 등(1999, 2000)은 근로자를 대상으로 한 역학적 연구에서 소음과 유기용제의 농도가 실험실적 연구에 비해 상대적으로 낮을 뿐만 아니라, 통상적인 순음청력검사기기를 이용하여 500 Hz에서 8000 Hz까지 주파수별 청력역치를 측정하였으므로 유기용제의 이독성 영향이 나타나는 8000 Hz 이상의 고주파수 영역에 대한 영향을 충분히 반영하지 못했기 때문인 것으로 보고하면서 고주파수 영역의 청력손실을 검사하기 위해 청력상한치를 이용할 것을 제안하였다.

이에 이지호 등(2004)은 선박제조업 근로자를 대상으로 청력상한치를 이용한 복합유기용제의 이독성 연구에서 추정된 평균 청력상한치는 사무직이 13882 Hz, 현장지원자가 13930 Hz, 도장공이 13322 Hz로 사무직과 현장지원직에 비해 도장공에서 낮게 나타났으며, 통계학적으로 경계역의 유의성을 나타내었다($p=0.069$).

대부분의 연구에서 단일 유기용제에 노출되는 경우보다 두 가지 이상 동시에 노출되

었을 때 청력저하 정도에 미치는 영향이 커지며, 서로 상가적 또는 상승적으로 작용하는 것으로 보고되고 있다.

유기용제가 청각기관과 청각전달경로에 영향을 미치는 이론적 가설은 다음과 같다. 첫째, 세포내 항상성과 칼슘이온의 분포에 혼란을 초래하여 세포막 사이의 전위를 저하시키고, ADP 인산화를 방해함으로써 외유모세포를 위축시키게 된다.


이러한 변화는 와우의 기저부부터 침범되어 고음역의 청력손상을 초래한다.

둘째, 세포막인지질 대사에 영향을 주어

외유모세포와 섬모의 안정성을 저하시키고 세포막구조에 변화를 초래하거나 space of Nuel에 칼륨을 축적시키는데 주로 스타일렌에 의한 변화를 설명하는 기전이다.

셋째, GABA(gamma-ami-no benzoic acid)와 같은 신경전달물질과 길항작용으로 그 작용을 방해한다.

넷째, 신경미세섬유의 변화를 초래하여 응축시키고 신경전달속도를 저하시킨다.

다섯째, 이황화탄소와 같은 물질에 의해 2차적으로 혈관 및 혈액순환에 지장을 초래한다(Bilski, 2003). 

☪ 참고문헌

1. 김규상. 조선업에서의 건강장해 연구 - 직업성 청력장해를 중심으로. 산업안전보건연구원, 1997.
2. 김규상, 김소연, 이나루, 고경선, 이정오, 정호근. 조선업 종사 근로자의 직종에 따른 청력 영향. 대한청각학회지 2002;6(2):95-110.
3. 김규상, 김은아, 김건형, 김대성. 특수건강진단 대상자의 유해인자 노출과 질병과의 관련성 연구(I) - 소음 작업환경측정과 특수건강진단 결과를 중심으로. 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, 2010.
4. 김규상, 정태기. 용접 불꽃에 의한 고막 천공 증례. 대한산업의학회지 1999;11(1):113-118.

5. 김준연, 김병수, 이채언, 전진호, 이종태, 김진옥. 제조업 산업장의 소음 작업환경 실태에 관한 조사 연구. 예방의학회지 1986;19(1):16-30.
6. 신용철, 이광용. 조선업의 도장 작업시 취급하는 도료 중 유해물질 성분에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1999;9(1):156-172.
7. 신혜련, 이종영, 우극현, 김진석. 비디오테이프 제조업체 근로자에서의 유기용제 폭로가 청력에 미치는 영향. 예방의학회지 1997;30(1):61-68.
8. 이지호, 고영주, 이현, 강정학, 유철인, 이충렬, 김양호. 유기용제 노출이 직업적 청력손실에 미치는 영향. 대한산업의학회지 2000;12(4):537-546.
9. 이지호, 유철인, 이충렬, 이현, 최영희, 김남정, 김양호. 청력상한치를 이용한 복합유기용제의 이독성 연구. 대한산업의학회지 2004;16(4):391-400.
10. Barregard L, Axelsson A. Is there an ototraumatic interaction between noise and solvents? Scand Audiol 1984;13:151-155.
11. Bartlett B. The hazards of welding. Pluto Press, 1987.
12. Bilski B. Influence of volatile organic compounds on hearing organ and auditory pathways. Med Pr 2003;54(5):481-485.
13. Forst LS, Freels S, Persky V. Occupational lead exposure and hearing loss. J Occup Environ Med 1997;39(7):658-660.
14. Frenkiel S, Alberti PW. Traumatic thermal injuries of the middle ear. J Otolaryngol 1977;6(1):17-22.
15. Griffin WL. A retrospective study of traumatic membrane perforations in a clinical practice. Laryngoscope 1979;89:261-282.
16. Hamernik RP, Handerson D, Coling D, Salvi R. Influence of vibration on asymptomatic threshold shift produced by impulse noise. Audiol 1981;20:259-269.
17. Lukan N. Burn injuries of the middle ear. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec 1991;53(3):140-142.
18. Morioka I, Kuroda M, Miyashita K, Takeda S. Evaluation of organic solvent ototoxicity by the upper limit of hearing. Arch Environ Health 1999;54(4):341-346.
19. Morioka I, Miyai N, Yamamoto H, Miyashita K. Evaluation of combined effects of organic solvents and noise by the upper limit of hearing. Ind Health 2000;38:252-257.
20. Panosian MS, Dutcher PO Jr. Transtympanic facial nerve injury in welders. Occup Med (Oxf) 1994;44(2):99-101.
21. Pekkarinen J, Starck J. A comparison of hearing losses in the workers of a shipyard and in loggers in relation to individual risk factors. Gig Tr Prof Zabol 1990;(10):15-18.

22. Schwartz J, Otto D. Blood lead, hearing thresholds, and neurobehavioral development in children and youth. *Arch Environ Health* 1987;42(3):153-60.
23. 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.
24. Stage J, Vinding T. Metal spark perforation of the tympanic membrane with deafness and facial paralysis. *J Laryngol Otol* 1986;100(6):699-700.
25. Weclawik Z, Rusin J, Pawlik B. Epidemiology of occupational diseases in the shipyard in 1968-1979. *Med Pr* 1983;34:75-83.
26. Yokoyama T, Osako S, Yamamoto K. Temporary threshold shifts produced by exposure to vibration, noise and vibration-plus-noise. *Acta Otolaryngol* 1974;78:207-212.