

Polyhalogenated Biphenyls

역·염동태

〈서론〉

1) 일반적 개요

Polychlorinated biphenyls(PCBs)는 급성독성을 잘 나타내지는 않지만, 인체 지방조직내의 축적과 환경내 잔류때문에 만성독성의 가능성을 고려해야 한다. PCBs에 의한 쌀겨기름의 오염은 일본에서 피로, 권태, 근육통, 염소좌창, 황달, 감각신경병과 혈청지질이상을 특징으로 하는 Yusho("rice oil disease")라고 하는 질병을 일으킨다. 많은 양(0.5-2g)을 먹게 되면, 독성을 갖는 열성분해산물이 생길 가능성이 있고, 비교적 높은 농도의 dibenzofurans와 polychlorinated quaterphenyls는 현재의 환경적이거나 직업적인 폭로에 대한 직접적인 추정을 할수 없게 한다.

1979년에는 대만에서 PCB에 오염된 곡유(rice oil)를 섭취한 후 염소여드름(chloracne), 잇몸 과색소 침착, 안구주위 부종, 결막자극증상 등을 나타내는 Ye-cheng이라고 하는 사건이 있었다. 미국에서의 Polyhalogenated biphenyls의 독성은 광범위한 인체독성을 일으키는 Polybrominated biphenyls(PBBs)에 우연히 오염된 가축용 사료가 소비되므로써 주목을 받게 되었다. 알려진 PBB 중독의 증상으로는 염소여드름, 관절통, 피로, 두통, 불면증, 근육통 등이 있다.

1973년 Michigan shipping accident의 통제된 연구에 따르면 증상들은 혈청내 PBB치나 폭로정도보다는

침입경로에 보다 더 관련이 있다고 밝혀졌다. 이러한 관찰은 폭로후 증상에 대해 PBB의 흡수보다는 다른 요소가 있음을 말해 준다. 이 연구에서 T 또는 B 임파구의 억제 는 나타나지 않았다.

PCB 오염이 PBB보다 더 심각한 것으로 보여진다. 동물실험에서는 암을 포함한 많은 잠재적이며 해로운 효과에 대해 시사하고 있지만 현재 인체 연구에서는 단지 염소여드름과 간기능 이상만이 증명되었다. 그러나 안전수치가 정해지지 않았기 때문에 폭로는 제한되어야 하며, 고농도폭로는 감시해야 한다.

2) 화학적/물리적 특성

Polychlorinated biphenyls과 할로겐화 방향족탄화수소는 자연상태로는 생물체내에 존재하지 않는다. 이 화학군은 209개의 chlorobiphenyl 이성체를 갖는다. 상용화된 PCB 혼합물은 다양한 이성체를 포함하고 이들은 염소함량의 분률로 표시된다(Aroclor 1254는 54% 염소 포화상태를 말한다). 염소함량이 커질수록 화합물들은 대사성 분해에 대한 저항성이 더 커진다. 그러므로 PCB는 먹이사슬내에서 축적이 되어, 어류, 육식동물, 사람에서는 고농도 상태가 된다. 모든 PCB 생산품은 일반적으로 백만분의 몇 이하의 농도를 갖는 좀 더 독성이 강한 Polychlorinated dibenzofurans에 오염되어 있다.

3) 용도

PCBs는 높은 절연도, 낮은 휘발성, 화학적 안전성 때문에 변압기와 축전기의 경화액, 윤활유, 가스제, 열 교환제로 널리 쓰이고 있다. PBBs는 화염 지연제(Flame retardants)로 사용된다. 1977년 미국 EPA(Environmental Protection Agency)는 PCB의 제조를 금지시켰으나 이러한 물질을 포함하는 변압기나 축전기를 폐기하는 것은 요구하지 않았다.

〈약동학〉

1) 흡수

이들 화합물은 폐와 피부 그리고 위장관계를 통해 흡수된다. 염소여드름은 피부흡수 뿐만 아니라 전신적인 흡수의 표식이 된다. 주로 지방층에 분포한다.

2) 배설

이들 화합물의 인체내 대사는 연구된 것이 없다. PCB의 생체내 변환은 느리게 이루어지며, 염소함량에 따라 다르게 나타난다(즉, 고염화화합물은 대사되어 매우 느리게 배설된다). 6개 혹은 그 이상의 염소로 치환되거나, ortho 또는 meta 위치에서 주위에 치환되지 않은 탄소를 갖는 PCBs는 오염된 곡유(rice oil)에 폭로된 환자에게서 가장 느리게 배설된다(평균 최종 반감기는 6.7-9.8개월).

Aroclor 1242의 산출된 반감기는 염화가 더 된 Aroclor 1260의 33-34개월에 비교하여 6-7개월 정도가 된다. 쥐에서 PBB는 대사되지 않고 분변과 신장을 통해 느리게 배설된다. 쥐는 살아있는 동안 흡수된 양의 10%만을 배설한다.

3) 모유를 통한 배설

PCBs와 PBBs는 모두 모유를 통해 배설된다. PBB에 대한 지방과 모유에서의 비는 2이며, 폭로가 있었던 수유부에서 모유내 농도는 평균 $68 \mu\text{g/L}$ (범위, 0-1, 200)였다. 미시간주에서 모유를 먹이

는 엄마들에서의 PCB의 농도는 미량에서부터 5.1 mg/L 의 범위 (평균 1-2ppm)를 보였다.

4) 효소 유도

PCBs는 microsomal monooxygenase 또는 cytochrome P-450 체계와 aryl hydrocarbon hydroxylase 또는 cytochrome P-448 체계에서 모두 강력한 효소유도체가 된다. monooxygenase 체계내에서의 태반성 균질화(Placental homogenates)가 크게 증가되어 나타나며, 이는 폭로가 대사체계에 영구적인 영향을 준다고 생각할수 있다.

〈임상소견〉

1) 급성영향

PCB 폭로 후의 급성효과는 경미하며, 쥐에서의 급성 경구성 LD_{50} (1-10g)은 낮게 나타난다. 가장 흔히 보고되는 증상은 눈과 피부자극에 의해 일어난다. PCBs와 열분해 부산물 모두를 포함하는 과열된 이성체 연무질에 폭로되면 오심, 안부 자극증상, 인후통, 흉부 압박감, 두통 등이 일어난다. 이 증상들은 하루 정도 지나면 회복된다. 이러한 사건은 변압기 사고 후에는 polychlorinated dibenzofurans와 polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins이 모두 있다는 것을 증명해 준다.

2) 만성영향

염소여드름은 만성적인 PCB 폭로후에 나타나는 소견으로 밀짚 색깔, 남성 병변, 면포 그리고 염증성 농포 등을 특징으로 한다. 이 병변들은 두경부와 체부에 나타나며 치료에 잘 듣지 않는다. Yusho 사건동안에 임상증상이 나타나는 간염과 감각신경병증이 있었으나 PCBs에 폭로된 근로자들에게서 간성 아미노기 전이효소의 증가는 보이지 않았다. 산업장 체제에 독성이 강한 polychlorinated dibenzofurans 오염이 1,000배 이하인 Yusho와 Ye-cheng에서의 임상증상을 적용하는 것이 적절치 않을수도 있다. 혈청내 PCB 농도가 더 높은데도 불구하고

Yusho Ye-cheng 환자의 60-85%와 비교했을 때 PCB에 폭로된 근로자의 9-13%만이 안피부증후(즉, 검판선 과분비, 상안검 부종, 결막 과색소증)를 보인다.

PCB에 폭로된 근로자들에게 두통, 불면, 진전, 피로, 불안 그리고 현기증이 자주 보고된다. 정신신경학적 변화(신경무력증상, 경미한 정신운동성 그리고 단기손상, 지능저하 등)가 있는 하나의 증례가 만성 PCB 폭로와 혈청내 PCB 농도(보고후 1-2개월 시점에서 210-414 $\mu\text{g/L}$) 증가와 연관성을 보였다.

3) 암

PCB 혼합물은 경시적인 조직학적 변화는 없으나 동물에서 간세포성 암을 유발하는 뚜렷한 발암물질이다. 미국 EPA는 동물실험결과를 기초로 PCB를 잠재적인 인체 발암물질로 간주하고 있다. 역학적 연구결과 직업성 폭로가 있는 근로자들에게서 암 발생이 증가하고 있다고 하지만 급성 또는 만성폭로에 대한 장기적인 효과는 알려지지 않고 있다. 스웨덴의 142개 축전기 제조업에 근무하는 근로자에 대한 15년 동안의 연구에서 암 발생이나 사망률의 증가는 밝혀지지 않았다.

〈실험소견〉

미국내 일반인의 약 40%가 1ppm 이상의 PCBs를 지방조직내에 갖고 있다. 직업적으로 폭로되는 근로자들은 혈장내 PCB 농도가 평균 172 $\mu\text{g/L}$ 에서 2,530 $\mu\text{g/L}$ 까지 나타나고 있다. 아마도 혈청내의 PCB 농도는 가장 좋은 폭로지표가 되지만, 양반응특성에 대한 최근까지의 지식으로 주어진 혈청치에 대한 급성 또는 만성효과와 관련짓기에는 부적절하다. 폭로되지 않은 미국내 인구집단의 혈청내 총 PCB 평균농도는 5-7ppb이며 95%는 20ppb 이하이다. 오염된 공장시설내에서 근무하는 증상이 없는 근로자의 평균 혈청내 PCB 농도는 12.0+17.2ppb이다. 이들의 현 작업내용은 PCBs의 사용과는

직접적인 관련이 없다.

5년전부터 PCB 사용이 금지된 전기축전기 제조공장에서 근무하는 근로자에 대한 조사결과 혈청내 PCB 농도는 0부터 424ppb(평균 18.2ppb)로 나타났으며 유해효과에 대한 증거는 없었다. PCB에 오염된 식용유를 먹고 증독된 환자들의 PCB 농도추적 검사결과 혈액내 PCB의 반감기가 2년 이상으로 나타났다. 그러나 PCB의 혈액내 농도는 두통, 현기증, 감각신경병증 등의 알려진 증상이나 증후와는 관련이 없다.

전자(electron)의 포착이 가능한 가스크로마토그래피와 질량분광광도계(mass spectrometry)를 이용하여 PCB와 PBB 농도를 정확하게 정량화할 수 있다.

〈치료〉

치료는 보조적인 요법을 시행한다. 공학적인 통제와 보호장비의 사용을 통해 PCB 폭로를 최소화할 수 있는 모든 노력이 이루어져야 한다. 혈청내 PCB 농도, 염소여드름 그리고 혈청내 간성 아미노기 전이효소치 증가 등을 통해 고위험군을 찾아낼 수 있다. ★

