

ANILINE(1)



연세대학교 보건대학원 / 김 치 년

- CAS 번호 : 62-53-3
 - 분자식(Molecular formula) : $C_6H_5NH_2$
- RECOMMENDED BEI®

Determinant	Sampling Time	BEI	Notations
Aniline* in urine	End of shift	-	Nq
Aniline released from hemoglobin in blood	End of shift	-	Nq
p-Aminophenol* in urine	End of shift	50 mg/L	Ns, Sq, B

*가수분해된 형태

아닐린의 생물학적 노출지표의 설정 근거

소변 중 아닐린(aniline)과 혈액 중 헤모글로빈에서 분리된 아닐린의 농도는 아닐린 노출에 대한 특이도와 민감도가 높은 지표이다. 분석방법들은 잘 설정되어 있지만 복합적으로 이루어졌다.

작업 중의 노출을 평가하기에는 소변 중 파라-아미노페놀(p-aminophenol)은 약점이 있으며 소변중 아닐린을 분석하는 것

이 적당한 지표이다. 혈액 중 헤모글로빈에서 분리된 아닐린은 며칠간의 노출을 추적한 의미의 지표이다. 이러한 지표들은 공기 중 노출농도와 상관성 자료가 충분하지 않아 “Nq(Non-quantitative)” 경고 주석이 권고되어있다. 그러나 현장 연구의 제한된 자료들은 작업 종료 후 소변 중 아닐린의 1 mg/L 농도를 적당한 지침으로 제시하고 있다.

소변 중 파라-아미노페놀 분석은 아닐린

에 최근 노출을 반정량적으로(Sq, semi-quantitative) 평가하는 방법이다. 그리고 의약품, 염료, 소독제, 살충제로 사용하는 방향족아민류도 파라-아미노페놀로 대사되기 때문에 “Ns(Nonspecific)” 경고 주석을 권고하였으며 개인들의 배경농도를 참고하여야 한다고 제안하였다. 또한 이 시험법은 저농도의 아닐린 노출을 평가하기에는 민감도가 낮다.

소변 중 파라-아미노페놀은 아닐린 노출이 없는 일반인들에게도 생물학적 노출기준(BEI)을 초과하는 경우가 있다. “Sq(Semiquantitative)” 경고주석을 적용한 이유는 공기중 아닐린 농도와 소변 중 파라-아미노페놀 농도의 관련성이 적기 때문이다. 또한 “B(Background)” 경고주석을 적용한 것은 약물 노출에 의한 소변 중 파라-아미노페놀 농도가 생물학적 모니터링 결과해석에 영향을 주기 때문이다.

아닐린의 피부 흡수는 유의한 수준이기 때문에 모든 노출경로에 대한 노출을 평가하기 위해서 주기적인 생물학적 모니터링 실시를 권고한다.

아닐린의 용도 및 특성

아닐린은 염료, 농업, 고무화학 그리고 제약 산업에서 원료 또는 용매로 광범위하게

사용한다.

1992년 미국에서의 아닐린 총 생산량은 13억 8천만 파운드이다.¹⁾ 생산된 아닐린의 2/3는 이소시아네이트(isocyanate) 생산에 사용되었다.

미국 국립산업안전보건연구소(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서는 아닐린 노출이 가능한 미국 근로자가 약 35,000명이라고 보고하였다.²⁾

아닐린은 실온에서 무색의 오일 형태의 액체로서 25℃에서는 포화 증기압이 0.67 torr이고 냄새 서한도는 1.1 ppm이다.³⁾

작업장에서는 공기 중 증기상태로 주로 존재하며 끓는점은 184℃이다. 아닐린은 물에 잘 용해되며(34 g/L) 대부분의 유기용제에 혼합된다.

oil/gas의 분배계수는 2.3×10^5 이고 water/gas의 분배계수는 3.9×10^4 그리고 octanol/water의 분배 계수(log Kow)는 0.9이다.

비직업적 아닐린의 노출원

아닐린은 지표수에 5 µg/L 이상의 농도로 포함되어 있으며 다양한 과일, 견과류 그리고 야채류에 1 mg/kg 이상의 농도로 존재할 수 있다. 흡연자에게도 노출이 되는데

담배 한 개비 당 600 ng 이상의 농도로 노출된다.³⁾

아닐린의 흡수(Absorption)

아닐린은 호흡기계, 피부, 위장을 통하여 흡수되며 피부로 흡수되는 양은 유의한 수준이다. 아닐린이 포함된 염료를 사용하여 직물이나 모피를 염색하는 근로자들을 대상으로 수행한 연구에서 하루 근로자가 아닐린에 노출되어 흡수되는 양의 60% 이상이 피부흡수를 통한 것이라고 평가하였다.⁴⁾

흡입(Inhalation)

아닐린은 물에 용해가 잘되며 흡입된 아닐린의 90% 이상이 흡수되고 작업강도가 클수록 흡입을 통한 흡수량은 증가한다고 보고하였다.⁴⁾

피부(Dermal)

피부를 통한 흡수는 매우 유의한 수준이다. 지원자를 대상으로 실시한 피부흡수 연구에서 팔뚝에 순수한 아닐린 25 mL를 5시간 노출시킨 후 소변 중 파라-아미노페놀을 분석한 결과 피부 흡수율이 0.18 mg/cm²/

hour에서 0.72 mg/cm²/hour로 평가하였다.⁵⁾

다른 연구에서는 지원자 10명을 대상으로 아닐린이 용해된 수용액에 양손(평균 표면적 347~459 cm²)을 30분에서 60분간 넣은 후 평가한 결과 피부 흡수율의 범위는 2.0~4.6 mg/cm²/hour이었고 평균 피부 흡수율은 3.0 mg/cm²/hour이었다.⁴⁾

저자들은 오랜 시간을 노출시켰다면 이전 연구결과의 피부 흡수율보다는 낮아질 수 있다고 예측하였다.

2% 아닐린 수용액으로 시험 한 결과 평균 피부 흡수율이 2.5 mg/cm²/hour 으로 피부흡수의 감소율은 적었다.

따라서 저자들은 2% 아닐린 수용액에서도 피부 흡수가 용이하다고 결론을 내렸다.⁴⁾ 아닐린의 피부흡수는 온도와 습도가 높아짐에 따라 증가한다.⁵⁾

아닐린 증기의 피부흡수도 보고되었지만 작업장에서의 노출양상과는 차이가 있었다. 노출 챔버의 온도를 25℃, 상대습도는 35%를 유지하여 흡입을 통한 노출은 없이 공기 중 5~20 mg/m³의 아닐린 농도로 옷을 입지 않은 지원자를 대상으로 피부에 노출시켰다.⁶⁾

소변 중 파라-아미노페놀 농도를 분석하여 피부 흡수율을 계산 한 결과 0.2~0.4 μg/cm²/hour이었다. 아닐린 증기를 통한 피

부 흡수율은 공기 중 아닐린 농도, 온도 그리고 상대습도가 높아짐에 따라 증가하였다.

의복 상하가 붙은 형태의 단순 작업복 (simple coverall)을 입은 지원들은 아닐린 증기 피부흡수율이 40% 감소하였다.

위장(Gastrointestinal)

작업장내에서 아닐린의 위장 내의 흡수는 실현 가능성이 거의 없다. 그러나 호흡 기관 지내 점액 섬모의 활동으로 제거된 일부의 위장흡수는 가능하다. 🤔

☪ 참고문헌

1. U.S. Environmental Protection Agency: Integrated Risk Information System (IRIS) on Aniline. U.S. EPA, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC; online at <http://www.epa.gov/iris/subst/0350.htm>, Agency Work Group review, 1990; screening-level review, 2002.
2. U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Data on aniline and o-toluidine. In: National occupational exposure survey (NOES), 1981-1983. Unpublished provisional data as of 1/1/90. NIOSH, Cincinnati, OH (1983).
3. IARC International Agency for Research on Cancer: IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Vol. 27. IARC, Lyon, France (1982).
4. Baranowska-Dutkiewicz B: Skin absorption of aniline from aqueous solutions in man. *Toxicol Lett* 10:367-8 372 (1982).
5. Piotrowski J: Quantitative estimation of aniline absorption through the skin in man. *J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol* 1:23-2 (1957).
6. Dutkiewicz T; Piotrowski J: experimental investigations on the quantitative estimation of aniline absorption in man. *Pure Appl Chem* 3:319-23 (1961).
7. Piotrowski J: Exposure tests for organic compounds in industrial toxicology, pp. 70-5. DHEW (NIOSH) Pub. No. 77-144. U.S. Government Printing Office, Washington DC (1977).
8. Iwersen-Bergmann S; Schmolt A: Acute intoxication with aniline: Detection of acetaminophen as aniline metabolite. *Int J Legal Med* 113:171-74 (2000).

9. Lewalter J; Korallus U: Blood protein conjugates and acetylation of aromatic amines. *Int Arch Occup Environ Health* 56:179-96 (1985.).
10. DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft: Aromatic amines. In: *Analyses of Hazardous Substances in Biological Materials*, Vol. 4, pp. 67-5. J Angerer and KH Schaller, Eds. Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area. VCH Verlag GmbH, Weinheim, FRG (1994).
11. U.S. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Preventing bladder cancer from exposure to o-toluidine and aniline. DHHS (NIOSH) Pub. No. 90-116. NIOSH, Cincinnati, OH (1990).
12. El-Bayoumy K; Donahue JM; Hecht SS; Hoffmann D: Identification and quantitative determination of aniline and toluidines in human urine. *Cancer Res* 46:6064-6067 (1986).
13. Ward EM; Sabbioni G; DeBord DG; et al.: monitoring of aromatic amine exposure in workers at a chemical plant with a known bladder cancer excess. *J Nat Cancer Inst* 88(15):1046-052 (1996).