

CHROMIUM(VI) 4

수용성 흠
(WATER-SOLUBLE FUME)



김치년

연세대학교
보건대학원 교수

CAS 번호 : 7440-47-3

분자식(Molecular formula) : Cr(VI)

BEI 권고

평가 대상물질	시료채취 시간	BEI	경고주석
소변중 총 크롬	1주일 마지막 작업 종료 후	25 $\mu\text{g}/\ell$	-
	작업 중 증가된 농도	10 $\mu\text{g}/\ell$	-

소변중 크롬산(CHROMIUM IN URINE)

요약(Summary)

MMA 스테인리스강 용접 작업자의 많은 현장 연구에서 수용성 6가 크롬에 대한 BEI를 확인시켜주는 정보를 얻을 수 있었다. 그러나 인간 대상의 실험적 연구는 없었다.

권고사항(Recommendation)

ACGIH는 주중 근무가 끝나는 마지막 시간에 소변시료를 채취한 경우 $25 \mu\text{g}/\ell$ 의 BEI를 권고하였다. 이 BEI는 8시간 작업시 수용성 6가 크롬 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ 의 노출과 일치한다. 주로 만성 크롬 노출 근로자에게 적용된다. 단일 소변시료에서 검출된 크롬의 농도는 근무가 끝날 때 채취하여 노출 가능성을 예측한다. 그러나 이 검사는 소변 채취 당일의 노출 강도와 이전 날짜의 노출량을 구분하지 못한다. 같은 수준의 공기중 크롬 노출을 감안할 때, 새로 노출된 근로자나 장기간 부재 후 복귀한 근로자의 소변 크롬 농도는 현재 노출되는 근로자($7 \mu\text{g}/\text{g}$ Creatinine)보다 낮을 것으로 예상된다. 이 BEI로는 전기 도금과 같이 수용성 크롬 미스트에 노출되는 경우 급성 자극 노출(비중격폐양)을 예방하지 못한다.

ACGIH는 만성적인 크롬 노출로 병력이 있는 근로자의 근무일 동안 노출 시간을 가장 잘 나타내는 지표로 근무시간 소변중 크롬 농도 증가에 대해 $107 \mu\text{g}/\text{g}$ Creatinine의 BEI를 권고하였다. 두 개의 소변시료가 필요하고 하나는 교대 전, 다른 하나는 교대 후이다. 크롬 농도의 순 증가량은 새롭게 노출된 근로자의 경우 $5 \mu\text{g}/\text{g}$ Creatinine로 훨씬 낮을 것으로 예상된다.

기타 참고값(Other Reference Values)

세계 보건기구¹⁾ 지침은 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$ 의 공기 농도에 노출되는 경우 교대 마지막에서의 소변중 크롬 배설량 $20 \mu\text{g}/\text{g}$ Creatinine과 관련 있다고 하였다.

6가 크롬 노출에 대한 다른 지표(Other Indicators of Exposure to Chromium(VI))

전기도금에서는 작업중에 수소가 발생하는 동안 수용성 6가 크롬 미스트를 생성하는 크롬 산성 용액을 사용한다.⁷⁾ 전기 도금 작업에서 작업 종료 후 크롬 농도

와 수용성 6가 크롬 미스트의 노출을 연관시키기 위해 많은 연구가 수행되었다. 그러나 이러한 연구들은 공기중 크롬 노출과 소변으로 배설의 관계에서 일관성이 없었다고 보고하였다. (8, 9, 10, 11, 12, 13)

Lindberg와 Vesterberg 등⁹⁾은 소변중 크롬 농도와 크롬산 미스트 노출에 관계가 있다고 제안하였다. 그러나 저자들은 개인 간 많은 변동성이 있다고 하였다.

크롬 도금에서의 노출과 만성적인 신장 영향에 대해 연구들이 수행되었다. 잠정적인 크롬 도금에 대한 만성적인 신장 영향의 가능성에 대해 4편의 연구가 있었다. Mutti 등⁵⁾은 평균 8.9년 동안 노출된 24명의 전기 도금 작업자들에서 소변중 글루쿠론산분해효소(24개 중 9개), 단백뇨(24개 중 4개), 리소자임(24개 중 1개)의 빈도가 증가했다고 보고하였다. 근무 후 소변중 크롬 농도는 평균 24.5 $\mu\text{g/g}$ Creatinine이었다. 그러나 저자들은 용량-반응 관계를 보고하지 않았다.

Lindberg와 Vesterberg¹⁴⁾는 현재 고용된 전기 도금 작업자 24명, 이전에 고용되었던 27명 그리고 대조군 37명을 대상으로 β 2-마이크로글로불린의 빈도를 연구하였다. 현재 전기 도금 작업자들의 소변중 단백질의 용량-반응 증가는 관찰했으나 이전의 전기 도금 작업자나 대조군에서는 차이가 없었다. 연구자들은¹⁴⁾ 급성 노출로 인한 증가가 가역적이라고 결론지었다.

Verschoor 등⁶⁾은 29명의 전기 도금 작업자의 평균 소변중 크롬 농도 9 $\mu\text{g/g}$ Creatininereatinine인 경우 세노관 기능 변수의 일시적인 변화를 보고하였다. 측정된 변수는 β 2-마이크로글로불린, 레티놀 결합 단백질, N-아세틸글루코사미나다아제, β -갈락토시다아제, 리소자임 등이며, 레티놀 결합 단백질만이 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$). 연구자들⁶⁾은 소변중 크롬 농도와 신장 기능 검사 간에 아무런 관련이 없다고 결론지었다.

Nagaya 등¹⁵⁾은 166명의 남성 크롬 도금 작업자와 106명 남성 대조군에서 소변중 총 단백질, 알부민, 레티놀 결합 단백질을 측정하였다. 소변중 총 단백질과 크롬 사이에는 상관관계가 있었으나 알부민과 레티놀 결합 단백질과는 상관관계가 없었다. 전기 도금 작업자의 소변중 크롬 농도와 만성 신장 영향을 기반으로 한 BEI를 지원하기 위해 사용할 수 있는 정보는 충분하지 않다.

다른 연구¹⁶⁾에서는 크롬 도금 작업자의 노출과 건강 악영향 관련에 대한 시도가 있었다. 조사 항목에 폐 기능의 가역적 변화와 염색체 이상 및 자매 염색 분체 교환의 발생률 증가를 포함하였으나 BEI와 같은 평가 항목에 대한 정보는 충분하지 않았다.¹⁷⁾ 14명의 크롬 도금 작업자에 대한 연구는 근무 이전과 이후의 소변중 배출량과 공기중 6가 크롬 농도를 조사하였다.¹⁸⁾ 공기중 6가 크롬 노출값의 범위는 0.0005~0.13 mg/m³(중앙값, 0.0001~0.13 mg/m³)이었다. 근무 전 평균 소변중 농도 3.28 µg/g Creatininereatinine에 비해 근무 후 평균 농도는 8.32 µg/g Creatininereatinine으로 높았다. 그러나 공기중 크롬 노출 및 소변으로 배설에 대한 자료의 불완전성으로 정확한 양-반응의 관계는 배제되었다.

전혈 적혈구 내 크롬도 수용성 크롬에 대한 노출 지표로 제안되었다. 하지만 크롬 섭취량을 평가할 때 그 사용을 뒷받침하는 검증된 정보가 불충분하였다.^{2), 3)} 또한 일반적으로 존재하는 낮은 농도는 시료 분석이 어렵다. 따라서 혈액 시료에 대한 BEI는 권고하지 않았다.

아스코르브산의 존재 하에서 3가 크롬에 대하여 6가 크롬의 혈장내 환원 활성의 측정치로 크롬 노출의 지표로 가능성을 제안하였다.⁴⁾ 그러나 이 기술은 충분히 시험하지 않았고 따라서 BEI로 권장하지 않았다.

BEI의 시대적 변화(BEI Chronology)

BEI의 시대적 변화는 <표 1>과 같다. 🗨

<표 1> 년도에 따른 수용성 6가 크롬 노출에 대한 BEI 변화

년도	수행 내용	평가 대상물질	시료채취 시간	BEI	경고 주석
1988	제안	소변중 총 크롬	1주일 마지막 작업 종료 후	30 µg/g Cre.	B
			작업중 증가된 농도	10 µg/g Cre.	B
1990	채택	소변중 총 크롬	1주일 마지막 작업 종료 후	30 µg/g Cre.	B
			작업중 증가된 농도	10 µg/g Cre.	B
2002	제안	소변중 총 크롬	1주일 마지막 작업 종료 후	25 µg/ℓ	-
			작업중 증가된 농도	10 µg/ℓ	-
2004	채택	소변중 총 크롬	1주일 마지막 작업 종료 후	25 µg/ℓ	-
			작업중 증가된 농도	10 µg/ℓ	-



1. World Health Organization: Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace, Vol. 1, p. 102. WHO/HPR/OCH96.1. WHO, Geneva (1996).
2. Franchini R; Mutti A; Cavatorta E; et al.: Chromium. In: Biological Indicators for the Assessment of Human Exposure to Industrial Chemicals, pp. 31 – 52, EUR8903 EN, Commission of the European Communities, Luxembourg (1984).
3. Aitio A; Jarvisalo J; Kiilunen M; et al.: Chromium. In: Biological Monitoring of Toxic Metals, pp. 369 – 382, T.W. Clarkson, L. Friberg, G.F. Nordberg, and P.R. Sager, Eds. Plenum Press, New York (1988).
4. Lewalter J; Korallus U; Harzdorf C; Weidemann H: Chromium bond detection in isolated erythrocytes: a new principle of biological monitoring of exposure to hexavalent chromium. *Int Arch Occup Environ Health* 55:305 – 318 (1985).
5. Mutti A; Cavatorta A; Pedroni C; et al.: The role of chromium accumulation in the relationship between airborne and urinary chromium in welders. *Int Arch Occup Environ Health* 43:123 – 133 (1979).
6. Verschoor MA; Bragt PC; Herber RFM; et al.: Renal function of chrome-plating workers and welders. *Int Arch Occup Environ Health* 60:67–70 (1988).
7. Stern RM: Chromium compounds: production and occupational exposure. In: Biological and Environmental Aspects of Chromium, pp. 33 – 38. S. Langard, Ed. Elsevier Biochemical Press, New York (1982).
8. Tandon SK; Mathur AK; Gaur JS: Urinary excretion of chromium and nickel among electroplaters and pigment industry workers. *Int Arch Occup Environ Health* 40:71 – 76 (1977).
9. Lindberg E; Vesterberg O: Monitoring exposure to chromic acid in chromeplating by measuring chromium in urine. *Scand J Work Environ Health* 9:333 – 340 (1983).
10. Berode M; Guillemin M: Evaluation of occupational chromium exposure by urine analysis. *Sozial Prav Med* 22:201 (in French) (1977).
11. Borghetti A; Mutti A; Cavatorta A; et al.: Renal indices of acute exposure and of chronic accumulation due to chromium. *Med Lav* 68:355 – 363 (in Italian) (1977).
12. Guillemin MP; Berode M: A study of the difference in chrome exposure in workers in two types of electroplating process. *Ann Occup Hyg* 21:105 – 112 (1978).
13. Franzen E; Pohle R; Knoblich K: Occupational hygiene investigations in electroplating plants: III, chromium in urine. *Z Ges Hyg* 16:657 – 661 (in German) (1970).
14. Lindberg E; Vesterberg O: Urinary excretion of proteins in chromeplaters, exchromplaters and referents. *Scand J Work Environ Health* 9:505 – 510 (1983).
15. Nagaya T; Ishikawa N; Hata H; et al.: Early renal effects of occupational exposure to low-level hexavalent chromium. *Arch Toxicol* 68:322 – 324 (1994).
16. Lindberg E; Hedenstierna G: Chrome plating: symptoms, findings in the upper airways, and effect on lung function. *Arch Environ Health* 38:367 – 374 (1983).
17. Sarto F; Cominato I; Bianchi V; Lewis AG: Increased incidence of chromosomal aberrations and sister chromatid exchange in workers exposed to chromic acid (CrO_3) in electroplating factories. *Carcinogenesis* 3:1011 – 1016 (1982).
18. Lukanova A; Toniolo P; Zhitkovich A; et al.: Occupational exposure to Cr(VI): comparison between chromium levels in lymphocytes, erythrocytes and urine. *Int Arch Occup Environ Health* 69:39 – 44 (1996).