

생물학적 모니터링

글/씨젠의료재단 생명환경과학센터 박우석 직업환경의학전문의
일터건강을 지키는 직업환경의학과 의사회

BIOLOGICAL
MONITORING

인체에 유해한 유기화합물, 중금속, 가스상 물질, 산 및 알칼리류의 직업적 노출을 평가하는 방법에는 작업환경측정과 생물학적 모니터링이 있다. 물론 작업자의 유해인자 노출 모니터링의 기본은 작업환경측정이다. 생물학적 모니터링은 유해인자의 실제적인 노출을 잘 반영할 수 있기에 보완적으로 사용할 수 있다.

구체적으로 설명하면, 작업환경측정은 작업장의 공기 중 유해물질의 농도를 측정하는 것으로, 체내노출을 정확히 반영하기 어려운 측면이 있다. 보호구의 착용, 피부 흡수, 작업강도, 섭취, 비직업적 환경노출 등에 따라 개인마다 체내 노출량이 달라질 수 있기 때문이다.

이를 보완할 수 있는 방법이 생물학적 모니터링이다. 이는 혈액, 소변, 호흡 등에 존재하는 유해물질 또는 그 대사산물과 더 나아가서 조기 건강영향 지표를 측정하는 것이다.

그러나 모든 독성물질에 대해 생물학적 노출 지표가 개발된 것은 아니다. 사업장에서 사용하고 있는 많은 물질 중 일부에 불과하다. 생물학적 노출지표를 제대로 활용하기 위해서는 외부 독성물질의 인체 내 대사에 대한 규명, 용량-효과 관계 규명, 지표물질의 선정, 정확한 분석방법의 존재, 지표물질을 분석하기 위한 시료의 채취 용이성 등이 전제되어야 한다.

우리나라에서는 근로자건강진단(특수건강검진) 시 산업안전보건법에 따라 일부 유해인자들에 대한 생물학적 노출 지표 검사를 실시하고 있다.

01 시료 채취 기준시기를 준수하는 것이 가장 중요

사업장에서 특수건강검진의 일부분으로 생물학적 모니터링을 수행하는 과정에 있어 가장 중요한 것은 시료채취 시기를 따르는 것이다. 물질마다 체내 대사와 배설의 속도가 다르기 때문에 체내 노출수준을 적절히 반영하기 위해서는 제시된 채취시기를 준수해야 한다. '당일'은 당일 작업 종료 2시간 전부터 직후까지를 말하며 일산화탄소 및 불화수소의 경우

별도의 시간기준을 두고 있다. '주말'이란 목요일이나 금요일 또는 4~5일간의 연속작업의 작업 종료 2시간 전부터 직후까지를 말한다. '수시'란 하루 중 언제든지 시료를 채취하여도 되며, '작업 전'이란 작업을 시작하기 전(노출 종료 16시간 경과 후)을 의미한다. 디메틸포름아미드(DMF)의 노출지표인 요중 N-메틸포름아미드(NMF)의 생물학적 반감기는 3~7시간으로 당일 작업 종료시점에서 가장 높은 농도를 보이는데, 건강검진 당일 오전에 주간 작업자의 소변을 받도록 하는 경우 실제 노출수준을 저평가하는 문제가 발생한다.

생물학적 노출지표 수준에 영향을 줄 수 있는 다른 요인들로는 오염 및 간섭이 있다. 시료채취 과정에서 작업환경이나 의복에 있는 물질에 오염되는 것을 방지하여야 하는데, 특히 소변을 채취할 때는 우선 손을 깨끗이 닦고 난 후 용기를 받아가서 소변을 채취하도록 한다.

간섭의 예로 알코올 섭취는 간에 영향을 주기 때문에 간에서 주로 대사가 일어나는 유기용제들의 생체변화를 방해할 수 있으므로 검사 전 알코올 섭취는 하지 않도록 해야 한다. 소변을 시료로 하는 노출지표의 경우, 너무 짙거나 묽은 경우 값에 영향을 줄 수 있기 때문에 요비중이나 요중 크레아티닌이 비정상적일 경우에는 부적합 검체로 판단하여 재검사를 요한다.

노출 모니터링이 효과적으로 이루어지기 위해서는 작업환경측정, 생물학적 모니터링



모두 정상작업이 이루어지고 있을 때 실시하여야 한다. 이상적으로는 작업환경측정 시점과 동일한 시점에 생물학적 모니터링을 실시하는 것을 권장한다.

02 노출지표값 분석 및 사후관리도 신경써야

안전보건관리자는 특수건강진단 사후관리 결과표를 받게 되면, 모든 작업자들의 생물학적 노출지표값 분포를 확인할 필요가 있다. 노출 기준 범위 이내라도 특정 작업자에게서 상대적으로 높게 나타나고 있다면, 그 작업자에 대해 어떤 요인이 작용하였는지 면밀히 살펴 개선 방안을 찾는 것이 바람직하다.

예를 들어 손으로 화학물질을 취급하는 경우, 내화학성 보호장갑의 선택이 잘못되거나 개인의 착용이 미흡한 경우에는 생물학적 노출지표 값이 예상외로 다른 작업자들에 비해 높게 나타날 수 있다.

생물학적 모니터링은 기술의 진보에 따라 전통적인 내부 폭로 수준 측정에서 새로운 지표(DNA 변화, 단백질 산물 등)를 찾아내어 건강영향의 조기지표로 사용하는 방향으로 발전하고 있다. 사업장에서는 법적 규정을 넘어서 작업자들의 체내 노출을 더 상세히 모니터링하고 건강영향을 조기에 찾아 예방하고자 하는 경우, 직업보건전문가들의 도움을 받아 생물학적 모니터링을 활용할 수 있다.