

I. 서론

1. 소리

미국에서 갓 돌아 온 1997년의 일이다. 나는 당시 5평 남짓한 연구실을 조교 2명과 같이 쓰고 있었다. 조교들이 현장에 나간 어느 날이었다. 커피를 마시며 하루를 시작하던 그 날 느닷없이 복도 쪽에서 드릴로 구멍을 뚫는 소리가 들렸다.

“드르르르륵, 드르르르륵.....,”

그렇게 한 동안 공사소리가 들리더니 이내 멈추어 버렸기에, 무슨 공사가 있나보다 하고 대수롭지 않게 넘겨 버렸다. 그런데 잠시 후, 그 드릴소리가 또 들려왔다.

“드르르르륵, 드르르르륵.....,”

공사가 길어지거나 큰 경우라면 아예 자리를 피할 생각으로 복도로 나가 확인해 보기로 하였다. 그런데 복도로 나가보니 공사 흔적은 물론 아무도 없었다. 오히려 평상시보다 더 조용하였다. 주변을 한번 더 훑어보고는 별 이상이 없음을 확인하고는 조금 이상하다는 생각은 들었지만 그냥 들어올 수밖에 없었다. 얼마 시간이 지나지 않아서 그 드릴소리가 다시 시작되었다. 소리는 확실히 복도 쪽에서 나는 것이 틀림없어 보았다. 소리방향에 정신을 집중하다가 드디어 자리를 박차고 나가려는데 드릴소리가 딱 멈추었다. 황급히 복도로 나가보았으나 복도에는 평상시의 평온함 이외에 아무런 변화도 없었다. 더구나 공사를 한다는 김새 같은 것은 전혀 찾아볼 수 없었다. 복도의 구석구석을 살펴보았지만 이번에도 고개를 갸우뚱거리며 그냥 들어 올 수밖에 없었다.

신경을 바짝 곤두세우고 다시 소리가 날 때를 기다렸지만 더 이상 소리가 들려오지 않았다. 한 동안 신경을 쓰다 잊어버리고, 다른 일에 빠져들었을 때, 다시 드릴소리가 요란하게 울렸다.

“드르르르륵, 드르르르륵.....,”

숨을 죽이고 소리나는 방향이 어디인지 정신을 집중하였다. 분명 복도 쪽이었는데, 문득 아래층에서 위로 구멍을 뚫을 수도 있다는 생각이 들었다. ‘아하, 그렇구나! 내가 왜 미처 그 생각을 못했을까?’ 그랬다. 아래층에서 위로 구멍을

뚫을 수도 있는데, 복도만 내다보고 말았으니... 나는 곧장 과사무실로 전화를 걸어 아래층에서 이루어지고 있는 공사상황을 물어봐 알려달라고 부탁했다. 한참 후 과사무실의 조교선생에게 전화가 왔다. 아무런 공사가 없다고... 아래층 뿐만 아니라 위층, 아니 이 과학관에 무슨 공사가 있는 것 같지는 않다고. 시설과에 전화를 걸어 과학관에 어떤 공사가 있는지 물어 보았더니 그런 일이 없다고 했다. 좀 이상하다는 생각이 들긴 했지만 누군가 개인적으로 구멍을 뚫기 위해 드릴을 사용할 수도 있는 일이라니 했다.

얼마나 시간이 지났을까?

“드르르르륵, 드르르르륵.....,”

또 소리가 났다. 이번에는 소리가 나는 쪽으로 손살같이 몸을 움직였다. 소리가 나는 방향을 좀 더 가까이서 정확히 찾아보기 위한 것이었다. 소리는 아주 가까이서 나는 것 같았다. 귀를 쫑긋 세우고 머리를 숙였다 돌렸다 하며 소리의 방향을 찾아보려고 했지만 책상 맞은 편의 복도 아니면 바닥 쪽에서 나는 소리가 틀림없었다. 다시 소리가 멈추었다. 내 방의 한쪽 옆은 인근 과학관 A동으로 통하는 통로였고, 다른 옆방은 과사무실이었다. 곧장 과사무실로 가서 방금 공사소리가 어디서 나는 것이냐고 물으니 모두들 어리둥절한 표정으로 서로 얼굴만 쳐다볼 뿐이다. 학과 조교선생과 학생들도 여럿 있었지만 아무 소리도 듣지 못했다고 했다. 물론 복도에 공사하는 사람은 물론 공사흔적조차 없었다.

아무래도 이상했다. 그래서 학생 하나에게 잠시 내 방에서 좀 기다려 보기를 부탁했다. 얼마나 시간이 흘렀을까? 드디어 기다리고 기다리던 그 소리가 울려 퍼졌다.

“드르르르륵, 드르르르륵.....,”

조교의 철제 책상에 앉아 있던 학생이 책상 위, 아래를 더듬거리더니 대뜸 책상서랍을 열고는 다음과 같은 물건을 꺼내 들고는

“교수님 뻘뻘데요...”



2. 경쟁

그 날 이후 나도 삐삐를 하나 살까하고 알아본 적이 있다. 당시 대표적인 무선호출업체로는 012와 015가 있었는데, 호출기 가격과 여러 가지 서비스 및 가격으로 치열한 경쟁을 하고 있었다. 서로 자사의 서비스 가격과 품질이 우월하다는 것을 보여주기 위해 안간힘을 쓰고 있었고, 더 작고, 귀엽고 예쁜 모양의 호출기를 만들어 내기 위한 경쟁도 숨가쁘게 돌아가고 있었다. 그러나 내가 삐삐에 관심을 가질 즈음에는 이미 삐삐의 경쟁상대는 삐삐산업내부에 있는 것이 아니었다. 이동전화(cellular phone)가 이미 서비스 중이었으며, 1997년 3월에 시티폰이라는 발신 전용 서비스가 시작되었고, 곧이어 개인휴대전화(PCS) 서비스가 등장할 것이라고 예고되었기 때문이다. 그럼에도 불구하고 012와 015는 내부의 경쟁상대보다 우위를 점하기 위해 과도한 경쟁이 가속화되고 있었다. 막바지의 과도한 경쟁은 이후 무선호출산업이 급격히 쇠퇴하게 되자 모두 자신들에게 큰 부담으로 되돌아왔다.

1997년 3월부터 시작된 시티폰사업권을 따내기 위한 경쟁도 매우 치열하게 진행되었다. 사업권을 따내고 서비스 개막을 위하여 엄청난 투자를 감행한 서비스업체는 투자금을 채 회수하지도 못한 채 개인휴대전화(PCS) 서비스가 시작되자 그 명맥도 유지하지 못하게 되어 버렸다.

이제는 가히 이동통신이나 개인휴대통신의 시대라고 할만하다. 그만큼 011, 017, 016, 018 및 019와 같은 이동통신업체간의 경쟁은 매우 치열하다. 이 경쟁에서 이기는 자가 과연 최후의 승자가 될 수 있을까? 물론 반드시 최후의 승자가 될 필요는 없을 것이다. 시장이 활성화되고 있는 동안 경쟁에서 이기는 것만으로도 충분히 투자비용을 회수하고도 엄청난 이익을 창출할 수 있기 때문이다. 그러나 이러한 상태가 계속 지속될 것이라고는 아무도 생각하지 않을 것이다.

012와 015의 경쟁이 치열하게 전개되고 있었던 1997년, 012와 015의 서비스와 품질을 향상시키기 위해 경쟁을 집중하면 집중할수록 012와 015의 경쟁력은 더욱 악화되는 모순으로 되돌아 왔다. 서비스와 품질의 경쟁은 어느 한 분야 안에서만 이루어지지 않는다. 미국의 철도산업이 사양산업으로 전락하게 된 것은 항공산업의 발전하였기 때문이다.

2002년 작업환경측정기관의 경쟁상대는 더 이상 다른 작업환경측정기관이 아닐 수도 있다는 것을 알아야 한다. ISO 9000의 연장선상에 있는 안전보건경영시스템의 컨설팅기관과 경쟁을 해야하고, 한국산업위생학회는 대한인간공학회의 경쟁상대가 된지도 오래되었다. 한국산업위생학회가 그렇게 생각하든 생각하지 않든 이미 경쟁은 시작되었다. 경쟁상대가 더 이상 한 지역이나 국내에만 국한되고 있지도 않다. 그것이 우리가 원하든 원하지 않든 상관하지 않는다.

3. 진료는 의사에게 약은 약사에게

산업위생분야에서 다루는 요인은 참 많기도 하다. 노출기준이 설정된 물질만 해도 600여 가지가 넘고, 물리적 요인도 소음에서 진동, 고압조건, 방사선, 온열조건, 조명에 이르기까지 다루지 않는 것이 없다. 거기에다가 법과 제도, 교육, 행정분야는 물론 이제는 경영에 이르기까지 그야말로 손길이 미치지 않는 분야가 없을 정도이다. 그러다 보니 아무리 산업위생전문가라 할지라도 이 모든 분야에 대해 제대로 알기에는 역부족인 경우가 많다. 따라서 산업위생분야도 이제 전문분야별로 세분화해야 한다는 목소리가 나오기도 한다. 안전이 기계, 건설, 전기, 화공안전 등으로 나누어져 있으므로 산업위생도 화학, 소음, 환기 등과 같이 세분할 필요가 있다는 것이다.

산업위생분야에서 분야별로 보다 많은 유능한 전문가가 나와야 한다는 것에 동의한다. 그러나 그건 확실한 산업위생학을 바탕으로 할 때 비로소 가능한 일이다. 의학분야가 내과, 외과, 정형외과, 소아과, 산부인과, 비뇨기과, 피부과, 이비인후과, 안과 등과 같이 세분화된 것은 6년간의 의학과정을 마친 다음의 일이다. 약학분야에서도 수 만가지 종류의 약을 다루고 독성학분야도 연구하지만 약학을 세부분야로 나누지 않는다. 그리고 의사와 약사의 영역을 단 한마디로 명쾌하게 정리한다. 진료는 의사에게 약은 약사에게!

안전분야가 기계, 건설, 전기, 화공으로 나누는 것은 안전분야에서 그렇게 나눈 것이 아니다. 즉, 안전공학이 있고 그 내용을 세분하여 기계, 건설, 전기, 화공과 같이 나눈 것이 아니라 안전은 기계공학, 건설공학, 전기공학, 화학공학 자체의 한 부분이기 때문이다. 다시 말해서 기계공학에서 기계안전은 일정부분 한 부분이며 기계안전을 고려하지 않는 기계공학은 있을 수 없다. 이것은 건

설, 전기, 화공분야도 마찬가지이다. 안전공학의 특징 중의 하나가 기계면 기계, 전기면 전기, 건설이면 건설, 화공이면 화공 그 자체, 즉 기계나 설비에서 어느 정도 완결성을 가질 수 있다. 즉, 안전공학의 문제는 설계나 제품, 설비에서 1차적으로 해결되어야 할 문제이며, 문제의 핵심은 각 분야 자체에 있다. 그래도 작업자와 대상의 상호작용에서 나타나는 문제가 있는데 이것을 다루는 것이 안전분야라고 볼 수 있다. 이러한 것을 다루는 안전분야가 필요하기는 하지만 그래도 안전문제는 1차적으로 기계, 건설, 전기, 화공분야의 문제다. 따라서 안전공학이란 각 분야에서 제대로 다루어지지 않는 사업장의 관리문제나 작업자의 행동 및 의식 또는 교육 등의 문제를 다루게 되며 건축공학에서 건축물의 안전은 중요하게 다루나 건축과정에서 작업자의 안전문제는 크게 다루지 않으므로 건설안전문제는 안전분야의 중요한 분야로 취급되는 정도이다.

이러한 관점에서 보면 산업위생분야는 전혀 다르다. 산업위생분야에서 다루는 대상은 객관적 실체가 아니라 작업자와의 상호작용이다. 우리는 벤젠, 그 자체를 다루는 것이 아니라 벤젠의 노출을 다루는 것이다. 소음도 소음 그 자체를 다루는 것이 아니라 소음에 대한 노출을 다루는 것이다. 소음 그 자체와 소음의 노출은 같은 물리적인 현상을 다루는 것처럼 보이지만 전혀 차원에서 접근하고 있는 것이다. 똑 같이 지시소음계로 소음을 측정하지만 물리학적 관점과 산업보건학적 관점은 전혀 다른 차원으로 해석한 결과가 나온다. 벤젠을 화학적 대상으로 바라보는 것과 산업위생에서 관리의 대상으로 바라보는 것과는 전혀 다르다. GC나 GC mass로 분석하는 방법이 같다고 해서 그 해석의 결과까지 같은 것은 아니다. 산업위생학은 그 어느 분야에서도 흉내낼 수 없는 독특한 방법론으로 문제를 더듬고, 인지하며, 해석하고, 판단하고, 풀어나간다. 이것을 우리는 학문적 방법론이라고 부르며, 어느 분야가 학문이나 아니냐하는 논쟁의 가장 기본적인 잣대가 된다.

방법론의 토대가 확립되어 있으면 그 대상은 중요하지 않다. 그것이 소음이던, 진동이던, 온열이던, 방사선이던, 벤젠이던, 톨루엔이던, 비스클로로에틸렌이던, 석면이던, 유리규산이던, 라돈이던, 제철사업장이던, 주물사업장이던, 인쇄업이던, 금속산업이던, 광산업이던, 농업이던, 세탁업이던, 미용실이던, 건설업이던 그것은 바로 산업위생분야의 대상이 되는 것이다. 하물며, 작업관련성 요인이라고 그게 어디 예외가 될 수 있겠는가?

약은 약사에게, 진료는 의사에게, 작업장의 환경/조건문제는 산업위생가에게!

4. 기초체력훈련과 Multi-player

교수로 있다보면 이래저래 여기저기 강의나 발표를 하러 다니게 된다. 강의를 하러 다니면서 두 가지를 느꼈다. 먼저, 나만 그런지는 모르겠으나 생각보다 산업위생분야의 실무자에 대한 교육기회는 많지 않다는 것이다. 이 점은 작기협이나 학회에서 조직적이고 체계적으로 대응하지 않으면 안될 문제라고 생각한다. 물론 학계에서도 적극적으로 교육의 기회를 창출하고 제공해야 한다고 생각하며, 나 자신부터 그런 기회를 만들어 나갈 것이다.

두 번째로 느낀 점은 대부분의 산업위생실무자들은 그들의 실력에 비해 기초실력이 부족하다는 것이다. 그러나 기초가 약하다는 것을 잘 모르고 있거나 잘 인정하지 않는다. 기초가 부족하면서도 고상한 기법이나 특수한 것을 지나치게 선호하는 경향이 강하다. 기초과목이나 개론을 강의를 한 적도, 들은 적도 없건만 곧잘 교과목에는 곧잘 'OOO 특론'이나 '고급OOO' 등의 수식어를 붙인다. 그러다 보니 어떤 특수한 테크닉이나 방법을 아는 것이 곧 실력이 우수한 것처럼 여겨지는 경향도 강하다. 모두가 착각 속에서 살고 있는 것 같다. 그러다 보니 분석이 불필요한 것에 대해 엄청난 공을 들여 분석해내는 일이 일어난다. 농도수준으로 보나 변이수준으로 보나 차이가 확실한 두 집단에 대해 차이가 있는지 본다면 특수한 통계적 검정을 실시하고는 매우 어려운 통계검정방법을 사용했다며 은근히 뽐내는 우스꽝스러운 일도 종종 일어난다. 기초나 개론에 대해서는 배우기는커녕 거들떠보는 것조차 창피한 일로 받아들여지는 경우가 많다.

기초실력이 부족하다는 것은 바로 다음과 것을 말한다. 다음 문제를 풀어 보자.

(1) 90 dBA + 90 dBA는 몇 dBA가 되는가?

- ① 91 dBA
- ② 93 dBA
- ③ 95 dBA
- ④ 100 dBA

(2) 음강도를 I , 음압을 P , 공기밀도를 ρ , 음속을 C 라고 할 때, I 와 P 와의 관계를 쓰시오.

① $I = \frac{P}{r C}$ ② $I = \frac{P^2}{r C}$ ③ $I = 20 \log \frac{P^2}{r C}$ ④ $I = 10 \log \frac{P^2}{r C}$

(3) 소음노출량계(dosimeter)로 소음노출량을 측정한 결과, 200%였다. 이를 음압수준으로 환산하면 몇 dBA인가? (단, Criteria는 90 dBA, Threshold는 85 dBA, exchange rate는 5 dBA인 경우)

- ① 90 dBA ② 92.5 dBA ③ 95 dBA ④ 100 dBA

대부분 쉽게 답을 찾을 수 있었을 것이다. 그럼 이제 다음 문제를 풀어 보라.

(1) 91.4 dBA + 92.1 dBA를 정확히 계산하면 몇 dBA이 되는가?

(2) 음강도를 I , 음압을 P , 공기밀도를 ρ , 음속을 C 라고 할 때, I 와 P 와의 관계는 다음과 같다는 것을 증명하시오.

$$I = \frac{P^2}{r C}$$

(3) 소음노출량계(dosimeter)로 소음노출량을 측정한 결과, 200%였다. 이를 음압수준으로 환산하면 몇 dBA인가? (단, Criteria는 85 dBA, Threshold는 80 dBA, exchange rate는 3 dBA인 경우)

이쯤 되면 약간 대부분 약간 당황하게 된다. 이런 문제가 어렵게 느껴진다면 그건 바로 자기 자신의 기초가 약하다고 생각해야 한다. 이왕 시작한 거 한 번 더 진단을 해보자. 다음 20문제를 2분내에 풀어보라.

※ 다음 음압(N/m^2)을 음압수준으로 환산하면 몇 dB가 되겠는가?

- (1) 0.2 N/m^2
 ① 75 dB ② 80 dB ③ 85 dB ④ 90 dB
- (2) 0.1 N/m^2
 ① 68 dB ② 74 dB ③ 78 dB ④ 84 dB
- (3) 0.4 N/m^2
 ① 82 dB ② 86 dB ③ 90 dB ④ 94 dB
- (4) 0.01 N/m^2
 ① 40 dB ② 48 dB ③ 54 dB ④ 64 dB
- (5) 0.02 N/m^2
 ① 40 dB ② 50 dB ③ 60 dB ④ 70 dB
- (6) 20 N/m^2
 ① 80 dB ② 100 dB ③ 120 dB ④ 140 dB
- (7) 0.0002 N/m^2
 ① 10 dB ② 20 dB ③ 30 dB ④ 40 dB
- (8) 0.3 N/m^2
 ① 76 dB ② 84 dB ③ 96 dB ④ 104 dB
- (9) 200 N/m^2
 ① 110 dB ② 120 dB ③ 130 dB ④ 140 dB
- (10) 0.5 N/m^2
 ① 78 dB ② 88 dB ③ 98 dB ④ 108 dB

※ 다음 주파수를 소리의 파장은 얼마가 되겠는가?

- (11) 1000 Hz
 ① 3.4 cm ② 25 cm ③ 34 cm ④ 68 cm
- (12) 20 Hz
 ① 11.4 m ② 15.4 m ③ 17.4 m ④ 22.4 m
- (13) 20000 Hz
 ① 1.14 mm ② 1.54 mm ③ 1.74 mm ④ 2.24 mm
- (14) 2000 Hz
 ① 1.32 cm ② 1.72 cm ③ 2.32 cm ④ 2.72 cm

(15) 500 Hz

- ① 2.5 cm ② 3.4 cm ③ 5.0 cm ④ 6.9 cm

(16) 8000 Hz

- ① 4.3 mm ② 8.6 mm ③ 17.2 mm ④ 34.4 cm

(17) 750 Hz

- ① 2.6 cm ② 3.6 cm ③ 4.6 cm ④ 5.6 cm

(18) 4000 Hz

- ① 0.66 cm ② 0.86 cm ③ 1.06 cm ④ 1.26 cm

(19) 3000 Hz

- ① 0.54 cm ② 0.96 cm ③ 1.14 cm ④ 1.64 cm

(20) 10000 Hz

- ① 0.034 cm ② 0.34 cm ③ 3.4 cm ④ 34 cm

여러분은 아마 지금 계산기를 가지고 있지 않을 것이다. 계산기를 사용하지 않고 문제를 풀어보라고 한 것이다. 설령 계산기를 가지고 있다고 하여도 1분 안에 풀려면 일일이 계산기를 두드리기에는 시간이 부족할 것이다.

다음 문제를 풀어보자. 20문제인데 2분 안에 풀어야 한다.

(1) 5×4

- ① 15 ② 20 ③ 30 ④ 40

(2) 6×4

- ① 14 ② 24 ③ 34 ④ 44

(3) 3×9

- ① 24 ② 27 ③ 30 ④ 33

(4) 8×7

- ① 46 ② 52 ③ 56 ④ 59

(5) 6×9

- ① 45 ② 50 ③ 54 ④ 58

(6) 3×3

- ① 5 ② 9 ③ 12 ④ 15

- (7) 8×4
① 28 ② 32 ③ 36 ④ 40
- (8) 9×5
① 35 ② 45 ③ 55 ④ 65
- (9) 7×7
① 49 ② 52 ③ 56 ④ 60
- (10) 5×7
① 30 ② 35 ③ 40 ④ 45
- (11) 15×4
① 50 ② 55 ③ 60 ④ 65
- (12) 5×15
① 55 ② 65 ③ 75 ④ 85
- (13) 6×12
① 60 ② 62 ③ 70 ④ 72
- (14) 8×19
① 122 ② 142 ③ 152 ④ 162
- (15) 20×499
① 998 ② 9980 ③ 15800 ④ 99800
- (16) 4.5×4
① 15 ② 18 ③ 22 ④ 24
- (17) 6.7×8
① 46.6 ② 53.6 ③ 56.6 ④ 58.6
- (18) 2.9×4.8
① 11.9 ② 13.9 ③ 15.9 ④ 17.9
- (19) 10×4.5
① 35 ② 45 ③ 55 ④ 65
- (20) 9×4.5
① 30.5 ② 40.5 ③ 50.5 ④ 60.5

모두 풀 수 있었는가? 만약 이 문제들을 2분내에 푸는 데 어려움을 느꼈다



Guss Hiddink

면 구구단을 다시 외워야 할 것이다.

이런 것들을 어떻게 설득력 있게 이야기하면 좋을지 고민하다가 히딩크를 끌어들이기로 했다. 지금 한반도에는 히딩크 열풍이 휩쓸고 있다. ‘히딩크식’이라는 ‘방식’에 대해 갖가지 해석과 찬사가 잇따르고 있다. 결과가 좋게 나왔으니 방식도 좋아 보이는 것은 당연하다. 그러나 그저 운이 좋아 그런 결과가 나온 것은 아닐 것이다. 그러고 보면 방식의 탁월함을 새삼 이야기하지 않을 수 없다. 축구에 대해 문외한인 나에게도 그의 방식 중 귀가 번쩍 뜨이는 것이 있었다. 하나는 기초체력보강이고 다른 하나는 Multi-player에 대한 훈련이었다. 그래서 나도 여기에 빚대어 이야기하는 것이 좋겠다는 생각이다.

기초가 탄탄하지 않으면 절대로 프로(professional)가 될 수 없다. 기초가 탄탄하다는 것은 그저 계산할 줄 안다는 것이 아니라 기초적인 것은 이미 체화되어 눈에 훤히 보이거나 자기도 모르게 저절로 되는 상태가 되어야 한다. 우리는 1 km하면 누구든지 어느 정도의 길이를 말하는지 대충은 다 알고 있다. 눈을 감거나 뜨거나 1 km의 길이가 어느 정도인지 훤히 다. 만약 1 km의 길이가 어느 정도인지 전혀 모르는 상태에서 길이에 대해 공부한다고 하면 그렇게 쉽게 되지 않는다. 예를 들어, 1 km에 100m를 더한다면 우리는 볼 것도 없이 1.1 km 또는 1,100m라는 생각이 든다. 계산하고 말 것도 없다. 그러나 거리 개념이 없는 초등학생이나 단위에 약한 사람들에게 물어 본다면 이야기가 달라진다.

소음은 대표적인 유해요인 중의 하나이다. 그 중에서도 1000 Hz는 대표적인 주파수의 음이다. 1000 Hz의 파장이 0.34 m 즉, 34 cm라는 것은 조금만 시간을 주면 금방 계산해 낼 것이다. 그러나 당신이 진짜 산업위생전문가라면 계산을 하지 않고, 바로 1000 Hz 음의 파장이 30 cm 정도로 눈에 보여야 한다. 그렇게 눈에 선하게 보이지 않고서는 사업장에 나가서 소음이 제대로 보일 리가 없고 그런 상태에서 소음에 대해 제대로 컨설팅이 될 수 없다.

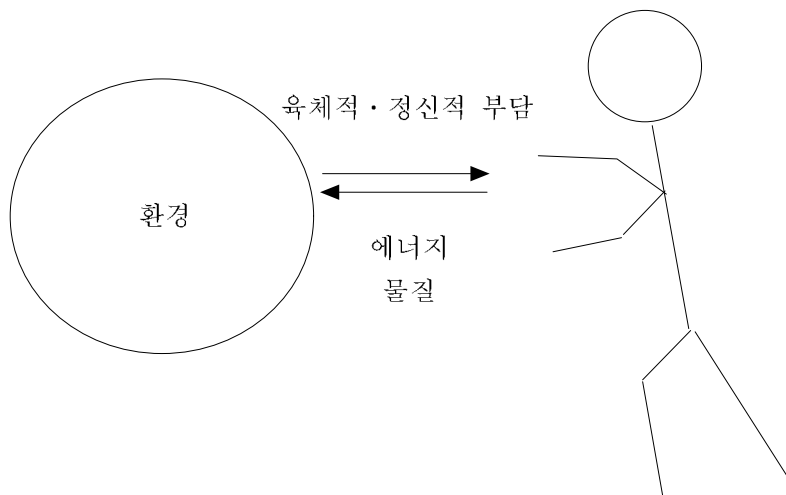
기초가 약하면 당연히 기초를 보강하여야 한다. 기초가 강하면 그 이후에는 다양한 문제와 분야를 소화해 낼 능력이 생기는 것이다. 그래서, 기초체력의

보강과 Multi-player, 어찌 보면 상호모순 될 것 같은 이 두 가지 방식은 절묘한 조화를 이룬다.

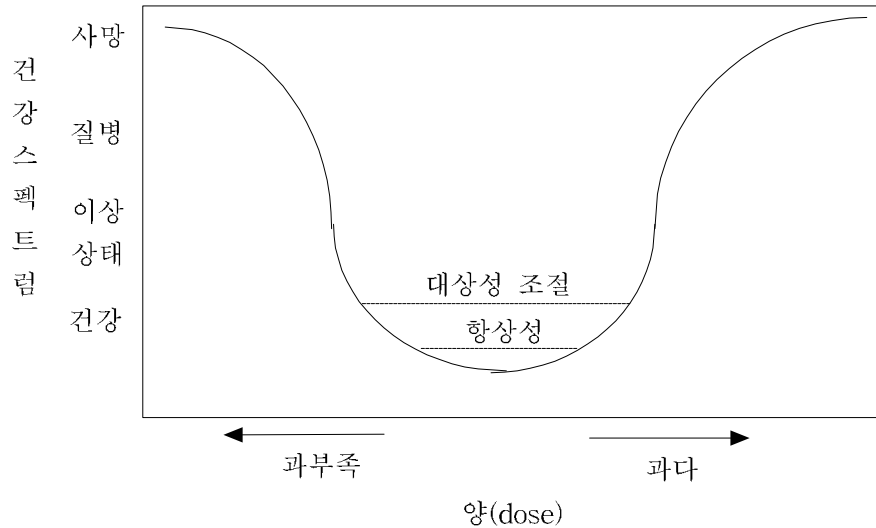
5. 제1, 제2, 제3의 요인과 제4 및 제5의 요인

산업위생학은 인간과 일하는 환경과의 상호작용을 다루는 학문이다. 인간은 끊임없이 환경과 에너지 및 물질을 교환하고, 육체적인 부담을 지게되며, 정신적 교감을 한다(그림 1 참조). 건강한 상태를 유지하기 위해서는 적절한 에너지와 물질의 교환, 그리고 부담 없는 육체적 부하, 건강한 정신적 교감이 이루어져야 한다. 반대로 과도한 에너지의 유입이나 방출, 특정한 물질의 과도한 흡수나 침투, 과도한 육체적 또는 정신적 부담은 인체의 평형상태를 깨뜨려 건강에 이상상태를 초래한다.

산업위생학은 그림 2에서 보는 바와 같이 인체의 생리학적 반응은 환경요인의 양에 의해 결정적인 영향을 받는다는 이론과 원리를 바탕으로 두고 있다.



<그림 1> 인간과 환경과의 상호작용에 대한 모식도.



<그림 2> 산업위생의 기본 원리를 이루고 있는 양과 건강과의 관계.

어떤 요인이든 인체에 노출되는 양이 과다하게 많으면 건강에 나쁜 영향을 미친다. 물론 환경으로부터 인체로 들어오는 양이 부족할 때에도 인체의 건강은 나쁜 영향을 받을 수 있다. 비타민 섭취가 부족하면 건강이 나빠진다거나 철분이 부족하면 빈혈과 같은 증세가 나타나는 것과 같이 이러한 예는 쉽게 찾아볼 수 있다. 과거에는 영양분의 부족이나 충분한 섭취가 노동자의 건강에 중요한 영향을 미치는 요소였다. 따라서 사업장내의 식당과 관련된 것이나 필수영양소나 1일 권장 열량과 같은 문제도 산업보건의 연구 및 관리 대상이었다. 하지만 지금은 특수한 경우를 제외하고는 영양소가 부족하거나 섭취열량이 부족하여 건강에 문제를 일으키는 경우는 거의 없다. 따라서 이러한 문제는 산업보건분야에서 더 이상 연구나 관리의 대상이 되지 않고 있다.

일하는 환경에서 인체로 유입되는 에너지나 물질의 양이 많아서, 또는 육체적, 정신적 부담이 커서 문제가 되는 경우는 일일이 열거할 수 없을 정도로 많다. 어떤 요인이든 과다한 경우는 건강을 해치기 마련이다. 지금으로부터 약



Paracelsus, 1493-1541

400년전 Paracelsus는 다음과 같은 명언을 남긴 바 있다.

"All substances are poisons: there is none which is not a poison. The right dose differentiates a poison and a remedy"

그러나 보통 일하는 환경에서 인체에 과도하게 노출되어 건강에 문제를 일으키는 요인은 비교적 잘 알려져 있으며, 산업위생 측면에서 이를 크게 다섯 가지로 정리할 수 있다 (표 1). 이렇게 구분하는 이유는 관용적으로 그렇게 나누기도 하거니와 각 유해요인의 특

성에 따라 유해요인의 인식, 측정, 분석, 대책에 이르기까지 각각 고유한 방법론이 정립될 수 있기 때문이다. 물론 각 요인의 순서도 임의로 정한 것이지만 대개 관용상 이러한 순서가 적절할 것 같다. 이 다섯 가지를 임의로 제1의 유해요인, 제2의 유해요인, 제3의 유해요인, 제4의 유해요인 그리고 제5의 유해요인이라 구분하였다.

<표 1> 유해요인의 구분과 종류

구분	개념	예
물리적 요인	에너지 형태로 인체에 전달되어 건강장애를 일으키는 요인	소음, 진동, 방사선, 온열
화학적 요인	물질의 형태(기체, 액체, 고체)로 인체에 흡수 또는 침투하여 건강장애를 일으키는 요인	가스, 증기, 미스트, 흙, 먼지
생물학적 요인	생물체 자체나 생물체가 생산해내는 독성물질, 분비물, 배설물 또는 사체 등이 인체에 흡수 또는 침투하여 건강장애를 일으키는 요인	바이러스, 세균, 진균, 진드기
작업 요인	작업을 하는데 과도한 육체적 부담을 야기함으로써 건강장애를 일으키는 요인	자세, 힘, 반복, 고정, 접촉, 하중
정신적 부담요인	일하는 조건에서 과도한 긴장이나 정신적 불편함 등이 과중하여 건강장애를 일으키는 요인	스트레인

전통적으로 산업위생분야에서는 물리적 요인과 화학적 요인을 주로 다루어 왔으며, 특히 우리나라와 같이 산업보건사업이 주로 법과 제도에 의존하고 있는 경우에는 사실상 법과 제도에서 대상으로 규정한 내용만 산업위생사업의 대상으로 인식되어 왔다. 우리나라의 법과 제도에서 산업위생의 대상으로 취급한 요인은 물리적 요인과 화학적 요인으로 국한되어 있다고 할 것이다. 생물학적 요인에 대한 중요성은 최근에야 비로소 제대로 인식되기 시작하였고 본격적인 측정이나 평가방법이 속속 개발되고 있다. 그 동안 비록 제대로 측정, 평가되지는 않았으나 생물학적 요인이 산업위생의 대상에서 제외된 적은 거의 없는 것 같다. 물리적 요인과 화학적 요인을 거론하면서 생물학적 요인은 관념적으로 대등한 위치를 자연스럽게 차지했던 것 같다. 또한 생물학적 요인은 sampling and analysis라는 기법과 농도수준으로 표현되는 결과까지 기존의

물리, 화학적 요인에 대한 방법론과 거의 일치하여 방법론적으로 산업위생분야에서 전혀 새로운 것이 아니었으므로 생물학적 요인이 포함된 것은 매우 자연스러운 것이었다고 볼 수 있다.

그러나 인간공학적인 요인에 대해서는 지금까지 산업위생학분야에서 접하던 방법론과는 전혀 다른 방법론이 필요하게 되었다. 그것도 선진국이나 후진국을 막론하고 최근에 들어서 본격적인 문제로 대두되었다. 따라서 물리, 화학적 요인과 달리 선진국도 마찬가지로 아직까지 완결성을 갖는 보편·타당한 측정평가의 방법론이 확립되어 있지 않다. 미국의 OSHA나 ANSI에서 작업장의 인간공학적 요인을 점검하기 위한 checklist를 내 놓은 것이 1995년 무렵이었고, OSHA에서 Ergonomics Program을 도입하려 한 것이 1999년의 일이다. 법과 제도에 의해 기계적인 산업보건사업이 주를 이룬 우리나라에서 법이나 제도에 규정되지 않은 인간공학적 요인이 산업위생영역의 변두리에 머물 수밖에 없었던 것은 당연한 결과인지도 모른다. 그러니 사회·심리학적 요인이라 부르고 있는 스트레스관련 요인을 산업위생학의 대상이라고 하면 실감이 나지 않는 것은 별로 이상할 것도 없다.

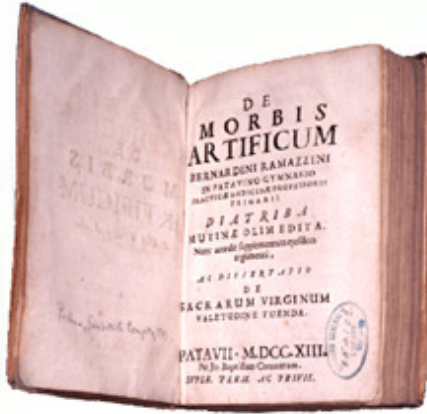
6. Bernado Ramazzini

우리는 산업위생학의 시조로 보통 이태리의 의사였던 Bernado Ramazzini를 꼽는다. 그는 1700년 ‘직업인의 질병(De Morbis Artificum)’이란 책에서 최초로 직업병을 일으키는 원인을 구조적인 측면에서 밝혀내는 시도를 했다는 점에서 산업위생학의 시조로 추앙을 받고 있다. 다음에서 보는 바와 같이 그가 말한 일하는 사람들의 질병을 일으키는 요인은 두 가지였는데 하나는 유해한 물질이었고, 다른 하나는 과도하거나 불규칙한 동작 그리고 부자연스러운 작업자세였다. 다시 말해서, Bernado Ramazzini가 최초로 밝혀낸 직업병의 원인은 화학적 요인과 작업요인이었다. 이런 의미에서 작업요인은 제4가 아



Bernado Ramazzini

니라 제2의 유해요인이라 해야 할 것이다.



Bernardo Ramazzini의 저서인
De Morbis Artificum
(직업인의 질병)
gradually develop thereform.

Various and manifold is the harvest of diseases repeated by certain workers from the crafts and trades that they pursue. All the profit that they get is fatal injury to their health, mostly from two causes. The first and most potent is the harmful character of the materials they handle. ... The second, I ascribe to certain violent and irregular motions and unnatural postures of the body, by reason of which, the natural structure of the vital machine is so impaired that serious diseases gradually develop thereform. (Ramazzini(1713))

7. 용어의 문제

언어가 사고를 지배한다고도 하며, 나아가 인간은 언어가 없으면 사고를 하지 못한다고 한다. 우리가 상상하고 생각하는 것을 모두 언어로 표현될 수는 없겠지만 체계적으로 사고를 하기 위해서는 우리의 개념을 형상화할 적절한 언어가 중요한 도구임에는 틀림없다.

지금 우리가 논하고 있는 제4의 유해요인과 관련된 용어는 매우 다양하다. 누적외상성 질환, 반복작업증후군, 인간공학적 요인, 작업관련성 질환, 작업요인 등이 조금씩 다른 의미와 각도에서 모두 제4의 유해요인을 지칭하는 말들이다.

작업관련성 요인은 얼마 전까지만 해도 일반적으로 인간공학적 요인이라고 불렀다가 2001년 후반기부터 노동부에서 작업관련성 질환이라는 용어로 부르기 시작했다. 인간공학적 요인과 작업관련성 질환 또는 작업관련성 요인이란

말은 그게 그거인 것 같지만 내포하고 있는 의미는 전혀 다르다. 인간공학이란 산업위생분야에서 추구하는 건강한 작업환경을 조성하기 위한 원리보다 훨씬 넓은 의미에서 기계, 기구, 공구, 가구, 집기 등 모든 요소를 보다 인간의 활동에 적합하도록 추구하는 학문분야를 말한다. 따라서 기본적인 원리가 부적절한 작업으로 육체적 부담의 양이 과다하여 발생하는 문제를 해결하고자 하는 것에 기반을 둔 산업위생학과는 다르다. 생물학분야에서 인체의 해부도를 보는 관점과 의학분야에서 인체의 해부도를 보는 관점이 다르듯이 인간공학분야에서 작업관련성 요인을 보는 관점과 산업보건분야에서 작업관련성 요인을 보는 관점은 차이가 있다. 이는 마치 물리학분야에서 소음을 접근하는 것과 기계공학분야에서 소음을 접근하는 것, 그리고 산업보건분야에서 소음을 접근하는 것과는 공통된 요소와 대상을 다루지만 관점에 있어서는 확실히 차이가 있는 것과 같은 이치다.

꽃

김춘수

내가 그의 이름을 불러 주기 전에는
그는 다만
하나의 몸짓에 지나지 않았다

내가 그의 이름을 불러 주었을 때
그는 나에게로 와서
꽃이 되었다

내가 그의 이름을 불러 준 것처럼
나의 이 빛깔과 향기에 알맞은
누가 나의 이름을 불러다오
그에게로 가서 나도
그의 꽃이 되고 싶다

우리들은 모두
무엇이 되고 싶다
너는 나에게 나는 너에게
잊혀지지 않는 하나의 눈짓이 되고 싶다.

문제를 파악하고 해결하는 방법론, 즉 작업요인에 대한 인식, 측정, 평가, 그리고 개선대책을 마련하는 방법론은 인간공학적 접근이 아니라 산업위생학적 접근이며 이러한 틀이 없는 상태에서 인간공학적 접근만으로 작업장에 대한 올바른 평가가 쉽지 않다. 지난 몇 년간 작업관련성 질환이 사회문제로 대두되었고, 산업보건분야의 이슈로 등장하였지만 산업위생분야에서는 일부 연구대상으로 다루어진 것을 제외하고는 전반적으로 이 문제를 어떻게 다룰 것인가 하

는 것에 대하여 거의 손을 놓고 지내왔다고 해도 과언이 아니다. 오히려 기계공학이나 산업공학분야에서 인간공학이란 이름으로 더 관심을 가지고 접근하고자 했던 것 같다. 산업보건분야나 노동부 등에서도 인간공학이란 타이틀에 현혹되어 그 곳으로부터 어떤 해결책이 나올 수 있다고 기대했던 것 같다. 그러나 지난 몇 년간의 경험을 통하여 소위 ‘인간공학’이란 것만으로는 사업장의 작업관련성 질환에 대한 문제해결이 가능하지 않다는 것이 드러났다. 몇 년 사이로 사업장의 문제가 대규모로 확산되고 본격적인 사회문제로 대두되자 이것이 산업보건분야 특히 산업위생분야의 영역에서 적절한 대책과 관리가 이루어져야 할 것이라는 것이 더 명확해졌다고 보아야 할 것이다.

용어문제로 다시 돌아가서 적절한 용어에 대해 한번 생각해 보자. 먼저 소음에 대해 생각해 보자. 소음은 크게 물리적 요인이며 구체적인 인자는 소음이고 건강장해는 청력손실 또는 청력장애다.

물리적 요인 --> 소음 --> 청력손실

①? --> ②? --> ③?

대부분 건강장해에 대한 인식이 먼저 나타나며 용어도 여기에서부터 시작된다. 위의 형식에서 보면 대개 ③번에 대한 용어가 나타난다. 작업관련성 질환도 마찬가지로 ③번에 해당되는 용어다. 누적외상성질환(cumulative trauma disorders, CTDs), VDT syndrome 등은 모두 ③번에 해당된다

누적외상성질환은 직업이나 작업특성상 특정부위를 과다하게 사용하는 반복동작을 함으로써 발생한다. 신체의 특정 부위를 과다하게 반복하는 동작은 해당부위의 근육, 관절, 혈관 및 신경 등에 손상을 입힌다. 이러한 상태가 지속되면 손상된 조직을 제대로 복구하지 못한다. 결국 손상된 근육이나 신체의 특정 부위가 누적되어 목, 어깨, 팔, 손목 및 손가락 등에 만성적 통증이나 무감각 증상이 나타난다. 이와 관련된 용어로 국내에서 소개되었거나 쓰이는 용어를 살펴보면, 먼저, 산업재해보상보험법 시행규칙 [제39조] 업무상재해인정기준(노동부, 1995)에는 누적외상성 질환의 하나인 ‘경견완증후군’이란 용어를 사용한 바 있다. 여러 가지 관련 용어들은 대개 다음과 같은 것들이 있다.

- o CTDs(Cumulative Trauma Disorders) : 누적외상성질환
- o MSDs(Musculo-skeletal Disorders) : 근골격계질환
- o RSI(Repetitive Strain Injuries) : 반복긴장상해
- o RMS(Repetitive Motion Disorders): 반복동작질환
- o Overuse syndromes : 과도한 작업장해
- o Microtraumas : 미세외상
- o Shoulder-arm syndromes : 견완증후군
- o 경견완증후군(업무상재해인정기준, 노동부, 1994)

2002년 노동부에서 개정하고자 하는 「산업보건기준에 관한 규칙」에서는 ‘작업관련성 질환’이라는 용어를 사용함으로써 앞으로 ‘작업관련성 질환’이라는 용어로 통일될 것으로 보인다.

①에 해당되는 용어는 그 동안 인간공학적 요인이라는 용어가 주류를 이루었으나 이제 ‘작업관련성 요인’ 또는 ‘작업관련 요인’이 더 자연스러운 모양이 될 것이다. 그 동안 ‘작업관련성 요인’은 ‘작업관련성 요인’이라는 말과 혼동될 우려가 있고, ‘작업관련성 요인’이라고 하면 지나치게 폭넓게 해석되어 소음, 진동, 화학물질까지 모두 포괄하는 용어로 오인될 수도 있다. 이 문제에 대하여 매학기 강의시간에 고민하고 여러 용어를 시도해 보았는데, ‘작업 요인’이 간단 명료하면서도 내용을 나타내는데 무리가 없어 보였다. 산업위생측면에서도 작업 요인이라고 쓰면 적절할 것이다. 이제 산업위생분야에서 이러한 요인을 통틀어서 ‘작업 요인’이라 하자.

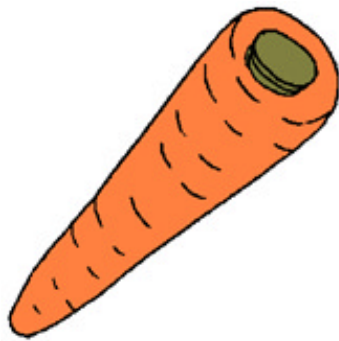
그럼 ②에 해당되는 요인은 무엇이 있을까? 자세, 힘, 반복, 고정, 접촉 및 하중이다. 이러한 요인들은 바로 제4의 유해요인의 핵심내용이므로 뒤에서 자세히 다루기로 하고, 여기에서는 용어만 언급하기로 한다.

8. 아무리 그래도 작업관련성 질환은 인간공학의 문제 아닌가?

아예 소음은 물리학 분야에 맡기고, 가스와 유기용제는 화학분야에 맡기고 환기는 공학분야에 넘기고, 작업관련성 질환은 인간공학과 같은 곳에 맡기자. 또 뭐가 남았는가? 자료처리와 통계... 그건 통계학과에 넘기면 되겠다. 산업위생은 무엇을 하나? 그렇지, 펌프 들고 현장에 갔다오는 일이야 우리 말고 누

가 하려고 하겠는가? 역시 그것만이 우리가 할 일이던가? 이제 됐나?

9. 정말 인간공학적 요인이 아니고 작업요인이며 우리 분야의 대상인가?
그렇다.



II. 지금까지 나와 있는 방법론들

1. 평가표

지금까지 여러 연구들이 이루어져 왔다. 물론 가능하면 특정한 요인 혹은 작업요인을 통틀어서 양-반응관계를 밝혀내기 위한 노력들도 끊임없이 계속되어 왔다. 다른 요인들과 마찬가지로 이들에 대해서도 다음 세 가지의 측면에서 다양한 연구가 이루어졌다.

- Physical stress: 작업공정, 환경, 조건 등에 대한 객체적 요인
- Psychological aspects: 외부 요인에 대한 심리적 측면
- Physiological response: 육체적, 생리적 측면

실제 작업장에 적용되고 있는 도구로는 작업관련성 질환을 일으킬 위험요인

평가를 위한 도구인 평가표(checklist)가 개발되었고, 많은 사례에 대한 적용을 한 연구결과가 나와 있다. 그러나 산업위생분야에서 보편·타당하게 받아들여지고 있는 위험요인 평가표는 아직까지 없다. 지금까지 나와 있는 평가표 가운데 대표적인 것을 정리해 보면 대개 다음과 같다.

① OWAS(Ovaco Work Analysis System)

- 1977년 핀란드에서 Karhu 등이 개발. 주로 작업자세에 초점.

② RULA(Rapid Upper Lim Assessment)

- 1993년 McAtamney 등이 개발
- 점수를 부여하여 정량적으로 평가하는 도구(1-2점: 적절한 작업, 3-4점: 추적관찰요작업, 5-6점: 작업전환 고려 요망작업, 7점: 즉각적인 작업전환 요망작업).
- 평가과정이 어렵고 복잡한 단점과 점수기준의 근거가 모호하다는 비판이 있음.

③ Michigan checklist

- 1986년, 미국 미시간대학교 인간공학센터의 Lifshitz와 Armstrong(1986)이 만든 평가표.
- 주로 손 및 손목 부위의 위험요인에 초점.
- 쉽고 간단하지만 정량적 평가기준 미비. 작업자세에 대한 점 미비.

④ BRIEF(Baseline Risk Identification of Ergonomic Factors)

- 1989년, Humantech Inc.에서 개발.
- 비교적 각 위험요인에 대한 근거가 충실.
- 작업자세와 힘의 평가 기준에 대한 수치화.

⑤ Strain Index

- 1995년 Moore와 Garg에 의해 개발.
- 상지(upper limb)의 누적외상성질환에 대한 평가 도구

- 생리학(physiology), 역학연구(epidemiological study) 및 생체역학(biomechanics)의 근거에 충실.
- 각 작업에 대한 누적외상성질환의 위험도 점수를 구하는 평가기준(Rating Criteria)과 승수표(multiplier table) 제공.
- SI 평가결과와 검진결과의 일치도가 높은 편.
- 일부 요인(손목장애 등 누락).

⑥ ANSI Z-365 Quick checklist

- 1996년 ANSI에서 발표.
- 평가결과(점수)의 판단기준제시: 한계점수(10점, 이에 대한 타당성에 대해서는 논란이 있음)
- 작업현장의 작업자, 관리자가 점검하도록 되어 있음(이에 대해서도 인간공학 비전문가가 평가한다는 문제제기가 있으며, 자세, 동작, 시간(주기)에 대한 판단이 모호하거나 어렵다는 문제가 대두)

⑦ OSHA checklist in 1966

- 1996년 OSHA에서 개발한 평가표
- 평가결과(점수)의 판단기준제시: 한계점수(5점, 이를 초과하면 60일 이내에 인간공학적 세부분석(detail analysis)을 하도록 하는 행정관리지침)
- 전문가가 아니면 평가가 난해하고, 평가시간이 오래 걸린다는 단점.

2. 유해 인자(harmful agents)

앞에서 용어를 논의할 때 ②번에 해당되는 용어 그러니까 직접적으로 작업 관련성 질환을 야기하는 주요 요인이 유해 인자다. 인간공학측면에서는 주로 위험요인, risk factors라고 부른다. 그러나 작업 요인도 물리, 화학, 생물학적 인자의 연장선상에서, 즉 제4의 유해인자이므로 산업위생학에서는 그냥 작업요인의 유해인자라고 부르는 것이 문제의 인식이나 평가 개선대책의 수립에 적절할 것이다. 제4의 유해인자는 이미 말한 대로 간단히 자세, 힘, 반복, 고정, 접촉 및 하중이다. 이에 대한 기존의 연구들을 간단히 정리해 보면 다음과 같다.

ANSI Z-365, Quick check

위험요인		노출시간			특이사항
		<1시간	1-4시간	>4시간	
반복동작	수초마다 반복(15회 이상/분)	0	1	3	
	수분마다 반복	0	0	1	
중량물 들기	>2.3 - 6.8 kg	0	0	1	
	>6.8 - 13.5 kg	1	1	2	
	>13.5 - 22.5 kg	2	2	3	
	>22.5kg	3	3	3	
밀기/ 당기기	가볍다(쉽다)	0	0	1	
	중간 정도다(견딜만 하다)	0	1	2	
	무겁다(힘들다)	1	2	3	
중량물 이동(>3m)	>2.3 - 6.8 kg	0	0	1	
	>6.8 - 13.5 kg	0	1	2	
	>13.5 - 22.5 kg	1	2	3	
작업자세	목/어깨 : overhead/bend	0	1	2	
	extended reach	0	1	2	
	팔꿈치/팔 : twist	0	1	2	
	손/손목 : bend/pinch	0	1	2	
	허리 : twist/bend	0	1	2	
	무릎 : squat/kneel	0	1	2	
동력 공구 사용(power tools)		0	1	2	
신체압박(공구 혹은 작업대로부터)		0	1	2	
정적인 동작		0	1	2	
작업환경(저온, 고열, 광선, 진동, 클래어)		0	1	2	
키보드 작업		0	1	2	
인센티브 제도/작업속도 조절 불가능		0	1	2	
총 점수					

상지의 위험요인 체크리스트(OSHA)

항 목	위험요인	노출시간		8시간 + (0.5/hr)	계
		2-4 hr	4-8 hr		
반복성 (손가락,손 목,팔꿈치, 어깨,목)	1. 15초 미만의 주기로 수행되는 동작	1	3		
	2. 집중적인 키보드 작업(입력 작업 등)	1	3		
	3. 간헐적인 키보드 작업(50-75% 비율)	0	1		
손 힘 (반복/정적)	1. 쥐는 힘(4.5kg 이상)	1	3		
	2. 짚는 힘(0.9kg 이상)	2	3		
작업자세	1. 목 : 숙이기/돌리기($\geq 20^\circ$) 뒤로 젖히기($\geq 5^\circ$)	1	2		
	2. 어깨(들기) : 팔꿈치/팔이 가슴높이 이상에 위치(지지대 없이)	2	3		
	3. 팔(전완) 비틀기(드라이버 작업 등)	1	2		
	4. 손목 숙이기($\geq 20^\circ$) / 젖히기($\geq 30^\circ$)	2	3		
	5. 손가락 손가락집기(칼, 마우스 등)	0	1		
신체압박	1. 날카롭고 딱딱한 면의 신체압박 (손바닥,손가락,손목,팔,팔꿈치)	1	2		
	2. 망치와 같은 공구 사용	2	3		
진동	1. 국소진동	1	2		
	2. 전신진동	1	2		
환경	1. 부적합한 조명/눈부심	0	1		
	2. 저온작업	0	1		
작업조절	1. 기계 의존적인 작업속도	0	1		
총 점					

(1) 미시간 대학교 Armstrong 교수의 정리

Armstrong교수는 미국 미시간대학교 공과대학 교수로 보건대학원 산업보건 학과의 교수를 겸하고 있다. 최근에는 공과대학의 인간공학센터의 일이 과중하여 공대 전임교수로만 활동하고 있다. 초기 연구는 최대작업능력(maximum physical work capacity, Max. PWC)과 8시간 지속이 가능한 작업능력에 대한 것으로 과부하가 걸리는 작업의 휴식시간 산출 및 작업시간을 산정하는 것이었다. 최근 10년 정도의 연구분야는 상지 그러니까 주로 팔과 손목, 그리고 어깨의 국소피로에 집중되어 있다. 미국 우편 배달원들에 대한 근골격계 질환과 관련 요인에 관한 연구를 통하여 단순반복 작업이나 부자연스러운 작업자세로 인한 작업관련성 질환의 원인을 밝혀낸 것은 상당히 유명하다. 그의 연구는 주로 상지(손가락, 손목, 팔, 어깨)에 대한 작업관련성 질환 및 작업요인에 집중되어 있다.

1990년에 그는 누적외상성질환 관련하여 여러 연구문헌을 고찰하여 분석한 다음, 누적외상성질환의 직접적 위험요인으로 다음과 6가지를 꼽았다. Armstrong이 분석한 누적외상성질환은 그가 관심을 기울인 연구분야의 영향 때문인지 주로 상지의 국소피로와 관련된 요인을 중심으로 고찰하였다. 특히, 저온이나 진동 등을 주요 요인으로 꼽은 것은 이를 반증한다고 볼 수 있다.

① 반복(Repetitiveness)

- 관련요인: 작업속도(주로 조립라인 속도), 작업량, 시간당 작업회수, 표준시간
- 기준의 예: 고반복작업이란 작업주기(cycle time)가 30초 미만이고, 하나의 작업단위의 50% 이상인 작업

② 힘(Forcefulness)

- 관련요인: 드는 작업, 미는 작업, 당기는 작업, 공구이용 조립작업

③ 접촉(Contact Stresses)

- 관련요인: 작업대(모서리), 키보드, 작업공구, 가위 사용 등(손목, 손바닥, 상완 등의 구조적인 신체 압박)

④ 작업자세(Work Postures)

- 관련요인: 집는 작업(pinch), 쥐는 작업(power grip), 팔을 드는 작업, 팔뻗기 작업(reaching over head or behind the torso), 손목이 비틀리

는 작업(deviation), 숙이는 작업/젖히는 작업(flexion/hyper-extension), 팔꿈치 펴는 작업(extreme elbow flexion), 팔 비트는 작업(forearm rotation) 등과 관련된 작업

⑤ 저온(Low Temperature)

⑥ 진동(Vibration)

누적외상성질환이 급격히 증가하면서 1997년에 미국국립안전보건연구원(NIOSH)에서는 2000여건 이상의 관련 역학조사 결과를 검토하여 신체부위별 관련요인에 대한 연관성에 대해 다음과 같이 정리하였다.

① 목과 목-어깨 부위

- 자세: 증거가 확실함(strong evidence)
- 반복과 힘: 증거가 있음(evidence)
- 진동: 증거 불충분(insufficient evidence)

② 어깨 부위

- 자세와 반복: 증거가 있음(evidence)
- 힘과 진동: 증거가 불충분(insufficient evidence)

③ 팔꿈치 부위

- 자세-반복-힘의 혼합: 증거가 확실(strong evidence)
- 힘: 증거가 있음(evidence)
- 반복과 자세: 증거 불충분(insufficient evidence)

④ 손 및 손목부위의 수근관증후군(Carpal tunnel syndrome)

- 자세-반복-힘의 혼합: 증거가 확실(strong evidence)
- 반복: 증거가 있음(evidence)
- 힘: 증거가 있음(evidence)
- 진동: 증거가 있음(evidence)
- 작업자세: 증거 불충분(insufficient evidence)

⑤ 손 및 손목부위의 건초염(Tenosynovitis)

- 자세-반복-힘의 혼합: 증거가 확실(strong evidence)
- 반복: 증거가 있음(evidence)
- 힘: 증거가 있음(evidence)
- 자세: 증거가 있음(evidence)

⑥ 손 및 손목부위의 진동증후군(Vibration syndrome)

- 진동: 증거가 확실(strong evidence)

⑦ 허리부위

- 드는 작업: 증거가 확실(strong evidence)
- 힘: 증거가 확실(strong evidence)
- 전신진동: 증거가 확실(strong evidence)
- 자세: 증거가 있음(evidence)
- 부하(힘이 드는 작업): 증거가 있음(evidence)
- 고정(정적인 작업): 증거 불충분(insufficient evidence)

III. 어떻게 할 것인가?

1. 측정하고 평가해야 한다.

“측정할 수 없는 것은 관리할 수 없다.” 경영학 분야에서 유명한 말인데, 산업위생분야보다 이 말이 더 어울릴까 싶을 정도로 산업위생학분야에 딱 맞는 말이다. 특히, 우리나라처럼 법과 제도에 의해 산업보건사업이 시행되고 측정과 건진이 산업보건의 핵심 축을 이루고 있는 현실을 감안하면 문제가 되는 작업 요인은 당장 작업환경측정(평가)대상에 포함시켜야 할 것이다.

작업환경측정이 제대로 되고 있는가에 대해서는 별개의 논의가 필요하다. 작업환경측정제도는 효과나 자원의 효율적 배분의 차원에서 폐지하는 방안까지 포함하여 근본적인 검토가 필요하다고 본다. 그러나 아무런 대안 없이 일방적으로 또는 무조건 작업환경측정제도를 폐지해야 한다는 것은 아니다. 사업주의 의무가 작업환경측정의 이행여부가 아니라 적절한 작업환경 제공을 보장하는

의무로 전환하고 사업주가 이를 증명하도록 하는 시스템과 사업주의 의무를 강화하는 것을 전제로 작업환경측정제도의 폐지를 고려해야 한다. 이러한 논의는 곧잘 논의의 앞뒤를 고려하지 않고, 여러 가지 전제는 모두 거두절미하고 ‘작업환경측정제도의 폐지론’만 남아 유령처럼 떠돌아다닌다.

그러나 당장 대안을 마련하기란 현실적으로 쉽지 않다. 현재의 제도가 유지하려고 한다면 현재 우리가 가지고 있는 제도가 효과를 발휘할 수 있도록 노력하여야 한다. 그 중의 하나가 바로 누락된 요인을 포함하는 것이고, 현재의 측정/평가대상에 작업 요인을 포함하는 것이다.

2. 이렇게 복잡한 요인을 어떻게 평가한단 말인가?

당연히 측정하고 평가하고 싶다. 그렇지만 앞에서 살펴본 바와 같이 아직까지 양-반응관계도 뚜렷하지 밝혀지지 않았다. 게다가 관련된 요인은 또 좀 많은가? 그러니 간단한 평가도구라고 해도 상당히 복잡하다. 조금 복잡한 평가표를 제대로 작성하기 위해서는 하루에 한 공정을 평가하기도 벅찰 것이다. 게다가 상당히 주관적이다. 그러니 아직은 시기상조가 아닌가?

아니다. 벌써 작업관련성질환자가 속출하고 노측이나 사측이나 현장에서 아우성인데 더 이상 무얼 기다린단 말인가? 도대체 평가도구는 누가 만드는가? 바로 산업위생을 하는 사람들이 만들어야 한다. 누가 우리나라처럼 점검차원에서 1년에 2번씩 작업환경측정을 하는데 적합한 도구를 만들어 주겠는가?

좀 간단하게 생각해보자. 사업장에 들어가 작업내용에 대해 설명을 듣고 작업하는 모습을 관찰하면 대개 신체에 무리가 갈 것 같은 작업이나 공정을 파악할 수 있다. 더구나 작업자와 간단히 몇 마디만 주고받으면 관리할 수준에서 작업요인은 일단 거의 파악할 수 있다. 아무 것도 모르는 백지상태에서 위험요인을 찾는 것이 아니다. 만약 측정자가 이러한 작업요인에 대해 일정한 전문교육을 받는다면 적어도 사업장내에서 문제가 될만한 작업요인은 일단 거의 파악이 가능하다.

3. ESC

물론 그렇다고 바로 측정이 가능한 것은 아니며 더구나 정량적인 측정이 손쉽게 이루어지는 것은 아니다. 그러면 작업요인은 어떻게 다루어야 하는가? 나

는 소음같이 틀루엔같이 그렇게 다루어야 한다고 생각한다. 여러분은 소음에 대해 본적이 있을 것이다. 적게는 산업위생학개론서나 원론에 나오는 한 두 장을 정도로 요약된 것을 보았을 것이고, 개중에는 소음관련 전문서적을 본 적도 있을 것이다. 나아가서는 소음과 관련된 여러 전문서적과 문헌들을 공부한 사람들도 있을 것이다. 실제로 소음에 대해 조금만 깊게 공부할라치면 최소한 책 한 권의 분량이 된다. 그런데 막상 현장에서 소음을 측정하고 평가하는 일은 사실상 얼마나 간단·명료한가? 기준은 또 얼마나 간단 명료한가?



복합 유기용제에 대한 독성 작용도 그리 간단한 게 아니다. 생리적인 반응과 대사적용까지 고려한다면 아예 평가자체가 불가능한 일일 것이다. 그러나 복합 유기용제에 대한 평가방법은 또 얼마나 간단명료하고 쉬운가?

사실 노출기준이나 평가는 절대적인 기준도 절대적인 평가도 아니다. 다만, 유해요인을 관리하기 위한 위험성 평가의 차원에서 이루어지는 것이다. 사업장의 입장에서 위험이란 곧 ‘불확실성(uncertainty)’을 의미한다. 불확실성은 곧 모르는(unknown) 것으로부터 발생한다. 따라서 모르는 것을 아는 것으로 바꾸어 놓는 것이 위험관리(risk control)의 첫 번째 단계이다. 우리가 측정을 하고 유해·위험요인을 찾는 것은 모두 uncertainty를 제거하기 위한 것이며, 다른 말로 표현하면 위험요인을 관리의 대상으로 포함시키고자 하는 것이라고 볼 수 있다. 불확실성은 모르는 것에만 발생하는 것은 아니다. 상황을 파악하여 아는 것으로 바꾸어 놓았는데 그 알고 있는 것이 실제(reality)와 다를 경우, 위험성을 줄어드는 것이 아니라 오히려 더 커질 수 있다.

따라서 측정과 평가에는 판단을 내리기에 충분한 정확성이 생명이다. 그런데 작업 요인처럼 정확한 방법조차 확립되어 있지 않은 것에 대해 어떻게 측정·평가가 가능한가? 바로 이러한 문제를 해결하기 위한 것이 안전계수(safety factor)라는 것이다. 측정의 불확실성이나 오차를 감안하여 그만큼 기준을 낮게 설정하거나 1차 측정·검진에서 위험요인이 나타나는 경우 보다 정밀한 측정이나 평가가 필요할 것이다. 이러한 단계가 바로 위험관리의 전형적인 단계다.

사실 소음이나 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 측정이 얼마나 까다롭고 번거로운가? 지금은 비교적 나름대로의 시료채취와 분석시스템이 갖추어져 척척 돌아가지만 이러한 시스템이 갖추어지지 않은 상태에서 이러한 요인을 측정한다고 생각해 보라. 정말 복잡하고 어려운 일이다.

작업요인도 마찬가지다. 일정부분 과감하게 단순하고 쉬운 평가도구를 만들어내고 산업위생의 기관측면에서 시스템을 갖추어 놓으면 그런 대로 전국의 대상 사업장에 대하여 측정이 가능할 것이다. 그러기 위해서, 우리나라의 작업환경측정 제도에 적합한 작업요인의 측정평가방법과 기준은 쉽고(easy), 간단하고(simple), 명료해야(clear) 한다. 요약하면 ECS다.

4. 선진국도 아직 못하고 있는데?

선진국이 별 건가, 먼저 잘 관리해 나가면 그게 선진국이지. 선진국은 죽어도 1년에 2회씩 거의 모든 사업장에 측정을 하지는 못할 것이다. 이러한 제도는 어떻게 운용하느냐에 따라 효과가 달라질 것이다. 제대로 효과가 발휘되도록 한다면 그것이 바로 선진 제도가 될 것이다. 측구도 그랬지 않은가?

5. 누가 할까?

우리나라 산업보건사업은 거의 모든 것을 국가가 관장하고 전문가 집단은 이를 이행하는 방식으로 진행되어 왔다. 따라서 측정이나 평가와 관련된 사항도 모두 노동부의 결정 없이는 아무 것도 진행될 수 없었다. 이러한 시스템 때문에 학계나 전문가조차도 노동부의 규정에 종속되어 실제 우리나라 작업환경측정은 법규 준수여부를 판단하는 근로감독의 보조역할이나 근로감독의 연장선상에서 이루어지고 있다.

당연히 새로운 요인에 대한 측정항목의 설정이나 방식은 모두 노동부에서 결정할 사항이라고 생각한다. 그러나 사실 우리가 하는 작업환경측정이 아무리 법적 측정이고 근로감독의 연장선상에서 이루어지고 있다 하더라도 궁극적으로 우리는 사업장의 유해위험요인을 평가하고 작업환경의 위험을 예방하기 위한 서비스를 제공하는데 있다. 따라서 사업장에 엄연히 존재하는 유해요인과 문제를 측정하고 평가하는 일은 일종의 의무요, 우리의 정체성을 확립해 나가는 문제이며, 나아가 우리의 생존방식에 핵을 이루는 요소다.

이제 이러한 문제는 학회나 작기협(보다 발전된 형태이 진정한 산업위생협회)에서 적극적으로 개척해 나가야 할 것이다. 어떻게 측정할 것 인지에서부터 어떤 결과보고서 양식을 쓸 것인지도 학회나 협회에서 노동자, 사업주, 산업위생실무자나 기관, 그리고 노동부의 입장을 고려해서 결정하고 이를 각 기관에 지침으로 제공하고 인터넷에서 쉽게 즉각적으로 다운받고, 문의할 수 있는 체제를 갖추어야 할 것이다. 이것이 경쟁력이다.

물론 제4의 유해요인도 마찬가지이다.

6. 어떻게 할까?

지금까지 산업위생분야가 노출기준을 정하고 측정방법을 만들었던 것과 다를 게 없다고 생각한다. 온열환경평가를 생각해 보자. WBGT라는 얼마나 간단하고 명료한 지표를 사용하고있는가? 그 노출기준은 또한 얼마나 대담한 약식방법으로 적용하고 있는가? 경작업, 중등작업, 중작업이라니...

작업요인의 유해인자인 자세, 힘, 반복, 고정, 접촉 및 하중에 대해 작업량이나 주기를 구분하여 각각의 기준을 정하고 각각의 측정방법을 만들어야 할 것이다. 각각의 요인은 서로 복합되어 있으므로 복합 유기용제 노출기준처럼 노출지수를 만들 수 있을 것이다. 이 논의는 이 강의에서 충분히 다룰 만큼 정리가 되지 못하였다.

7. 정도관리까지?

가능하다. 정도관리는 다른 말로 측정결과의 품질관리다. 좋은 품질을 보장하기 위해서는 기계, 기구, 농도와 같은 결과도 중요하지만 시스템과 인적 자원관리가 필수적이라는 것은 이미 잘 알려져 있다. 측정이나 평가의 개념에 맞는 정도관리 개념도 우리가 우리 손으로 만들어 나갈 수 있을 것이다.

IV. 제4의 구체적 요인에 대한 측정방법을 위한 예

1. NIOSH Lifting Guide

(1) NIOSH와 NIOSH Lifting Guide의 의의

NIOSH는 미국 보건복지부 산하에 있는 연구소로 노동부의 산업안전보건청(OSHA)과는 조직도상으로는 직접적인 관계가 없다. NIOSH는 주로 직업과 관

련된 건강장해에 대하여 연구를 하는 기관으로 각종 역학조사나 측정과 평가와 관련된 연구개발을 중점적으로 하고 있다. 이러한 연구결과를 바탕으로 OSHA에서는 법적 효력이 있는 법규나 행정규제를 만들어 나간다. 따라서 일반적으로 NIOSH의 가이드라인은 주로 노동자의 건강을 보호하기 위한 것을 중심으로 비교적 최상의 이상적인 방법론을 제시한다. NIOSH는 1970년대 기업이 산업보건에 대해 잘 모르던 때 각종 평가방법(우리가 흔히 NIOSH manual이라고 부르고 있는 분석방법, 통계방법 같은 것)과 역학조사자료를 발간해 내면서 최상의 전성기를 누리다가 1980년대에 후반에 들어서면서 조직의 관료화와 기업의 기술수준발달로 NIOSH의 권위와 능력은 점점 약해지는 쇠퇴기에 들어섰다고 볼 수 있다. 그러나 이직도 단일기관으로는 산업위생측면에서 NIOSH만한 연구성과를 제시하고 있는 곳도 드물다.

NIOSH Lifting Guide(NIOSH의 중량물 취급기준에 관한 지침)도 여러 분야의 연구결과를 종합하여 만들어낸 평가방법으로 상당히 이상적인 평가방법이다. 이상적인 평가방법이라고 한만큼 측정방법이 까다롭고, 복잡하며, 적용이 가능한 작업이나 공정도 그만큼 제한적이다. 그러나 NIOSH Lifting Guide는 요통과 관련된 중량물 취급작업의 여러 요인에 대해 정량적인 기준을 제시하고 관련요인의 중요도에 대해서도 정량적인 평가기준을 제시하고 있다는 점에서 매우 중요하다. 먼저 NIOSH의 Lifting Guide에 대해 살펴보고 이것이 시사하는 바와 우리나라에서 작업환경 측정제도에 포함시키고자 한다면 어떻게 가능할지 더 논의하기로 하자.

(2) NIOSH Lifting Guide의 설정근거와 배경

직업성 요통이 문제가 되자 NIOSH에서는 4개 분야의 연구팀을 구성하여 약 4년간 400여 편의 연구자료를 검토하여 각 요인을 분석하고 기준설정을 시도하였다. 이 연구결과는 1981년 1차 NIOSH에서 A Work Practices Guide for Manual Lifting으로 발표하였다. 이 당시 주요사항을 정리하면 다음과 같다.

① 4개 연구팀과 역할(NIOSH Lifting Guide에서 고려된 측면 또는 기준설정의 배경이나 근거)

- 역학팀: 근·골격계 질환에 대한 역학조사 자료 검토

- 인간공학팀: 생체역학적(biomechanics) 검토
- 생리학팀: 작업생리(work physiology)학적 측면검토
- 정신물리학팀: 정신물리학(psychophysical) 측면검토

② NIOSH 기준의 적용범위

NIOSH에서는 이상적인 기준을 설정하고자 하였으며 그러기 위해서는 이 기준이 맞는 조건을 제한 할 수밖에 없었다. 만약 이것이 법적 또는 규제의 차원에서 적용이 된다면 훨씬 간편하고 단순화된 기준이면서 보다 광범위한 대상에 적용이 되도록 해야 할 것이다. NIOSH에서 제시한 적용범위는 다음과 같다.

- 보통의 작업속도, 두손을 사용하는 작업
- 물체의 폭 75 cm 이하
- 자연스러운 자세
- 바닥: 미끄럽지 않을 것; 잡는데 불편이 없을 것; 박스형태는 손잡이가 적절할 것;
- 작업장의 온도가 적절할 것

③ NIOSH 기준에 영향을 미치는 요인

- 물체무게
- 물체위치: 작업자와의 수평거리와 바닥으로부터 수직높이
- 물체를 들어올리는 높이
- 들어올리는 빈도
- 총작업시간

④ 작업특성에 따른 기준설정시 중요한 요소

- 매우 무거운 물체를 간헐적으로 들어 올리는 작업: 힘이 중요(생체역학적 요소, 예) 서비스업체의 하역작업)
- 가벼운 물체를 자주취급, 1시간이내: 정신물리학적 요소
- 1일 8시간 지속적인 중량물 드는 작업: 피로가 문제(작업생리학 요소가 중요)

⑤ 주로 문제가 되는 작업

- 무거운 물체 취급작업
- 부피가 큰 물체 취급작업
- 물체가 바닥에 놓인 것을 취급하는 작업
- 작업빈도가 높은 작업

⑥ AL설정의 근거

- 역학적 관점: 약간명의 노동자에 대한 장애정도가 나타나는 선
- 생체역학적 관점: L5/S1 disc에 미치는 힘이 3,400 N이하
- 노동생리학적 관점: 에너지 대사량이 3.4 kcal/min이하
- 정신물리학적 관점: 남 99%이상, 여자 75%이상인 큰 피로감없이 일하는 조건

(3) NIOSH Lifting Guide(1981년식)의 이해

NIOSH Lifting Guide의 핵심은 중량물 취급으로 인하여 인체에 부담을 주는 여러 요소에 대하여 각각의 조합을 하나의 식으로 표현한 것이다. 따라서 핵심을 파악하기 위해서는 각각의 요인, 즉 중량물 취급으로 인한 인체의 요통에 영향을 미치는 인자에 대하여 의미하는 바, 크기, 영향의 정도에 대해 정확한 이해가 필요하다.

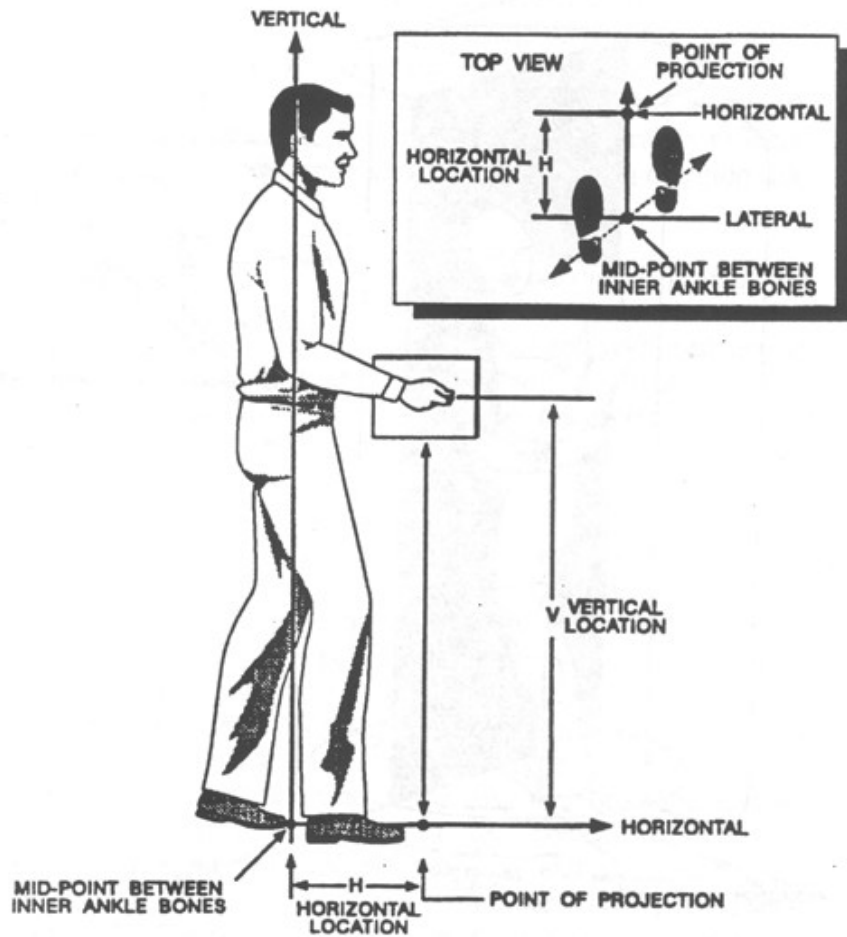


Figure 1 Graphic Representation of Hand Location

NIOSH Guide의 중량물 취급기준은 다음과 같은 식으로 설정하였고 AL(action limit)이라고 하였다.

$$AL(kg) = 40 \left(\frac{15}{H} \right) \left(1 - 0.004 |V - 75| \right) \left(0.7 + \frac{7.5}{D} \right) \left(1 - \frac{F}{F_{\max}} \right)$$

H(horizont al location) :

V(vertical location) :

D(vertical travel distance) :

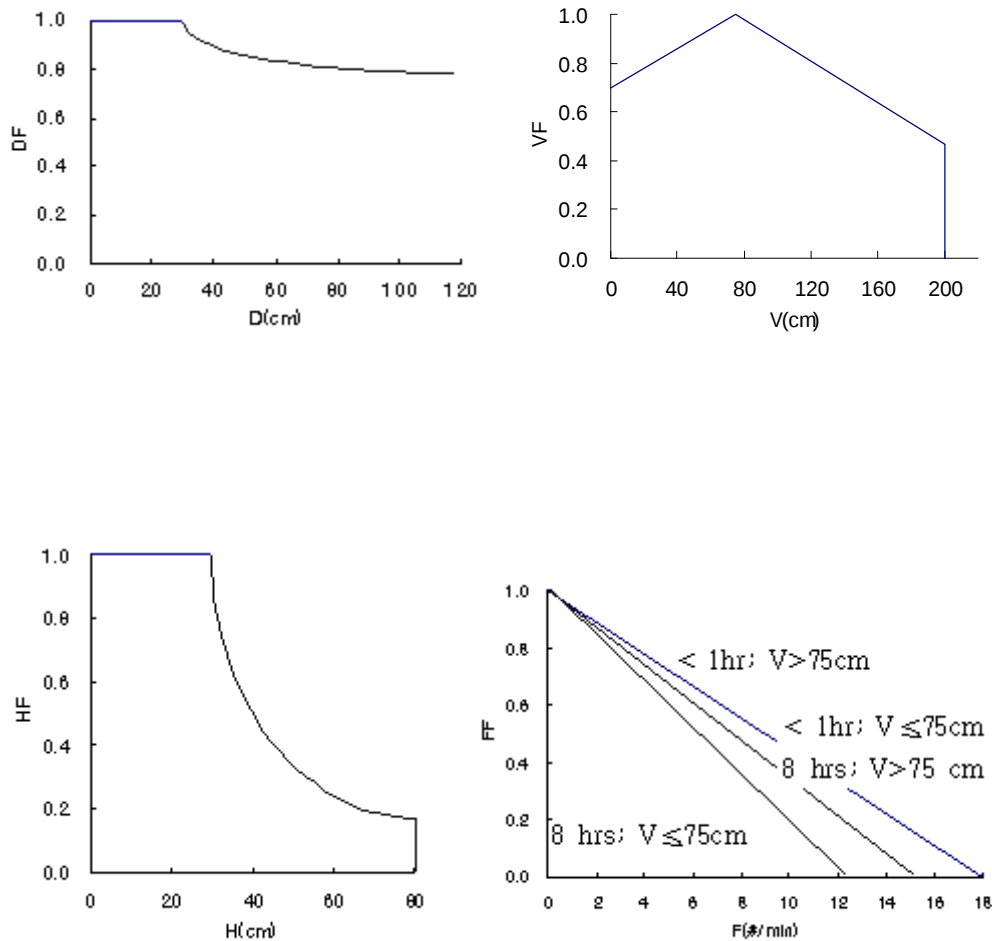
F(ftrequen cy, # /min)

최대허용기준은 AL에 3배 즉, 3AL값을 설정하였고, MPL(maximum permissible limit)라고 설정하였다.

$$MPL = 3AL$$

V와 Fmax의 관계

작업시간(hrs)	Frequency (Fmax, #/min)	
	V>75 cm	V<75cm
1	18	15
8	15	12



NIOSH Lifting Guide와 관련된 요인의 영향

(4) 1994년의 개정된 NIOSH Lifting Equation

1981년에 발표된 NIOSH Lifting Guide의 AL식은 다각도로 검토되었고, 여러 현장에서 적용이 시도되었다. 현장적용과 추후 연구를 통하여 기본적인 요소에

대한 검증이 이루어졌다. 이러한 과정에서 사소한 몇 가지 수치에 대해 보정이 이루어졌지만 기본 골격에는 큰 변화가 없었다.

다만, 산업위생학적 관점에서 1981년 식의 적용에 두 가지 문제점이 제기되었다. 하나는 위의 적용범위가 너무 제한적이어서 실제 사업장에 적용되는 경우가 극히 일부분이라는 것이다. 둘째는 모든 사업장의 공정마다 허용기준을 계산해내야 하므로 보통 기준이 얼마냐고 묻는 노동자나 사업주에게 답변이 곤란하다는 점, 또한 측정, 평가 후 허용기준과 비교할 때 매번 기준과 평가치를 제시해야 하기 때문에 불편하다는 점이였다.

첫 번째 문제의 보완을 위하여 NIOSH에서는 자세요소와 손잡이 요소를 추가한 개정식을 만들어 냈다. 두 번째 불편함을 해소하고자 평가치를 표준화한 단일지수 형태의 기준지수(Lifting Index, LI)를 제시하였다.

$$RWL(kg) = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

LC(load constant):

HM(horizontal multiplier): $25/H$

VM(vertical multiplier): $1 - (0.003|V - 75|)$

DM(distance multiplier): $0.82 + (4.5/D)$

AM(asymmetric multiplier): $1 - (0.0032A)$

FM(frequency multiplier): -- > table

CM(coupling multiplier): -- > table

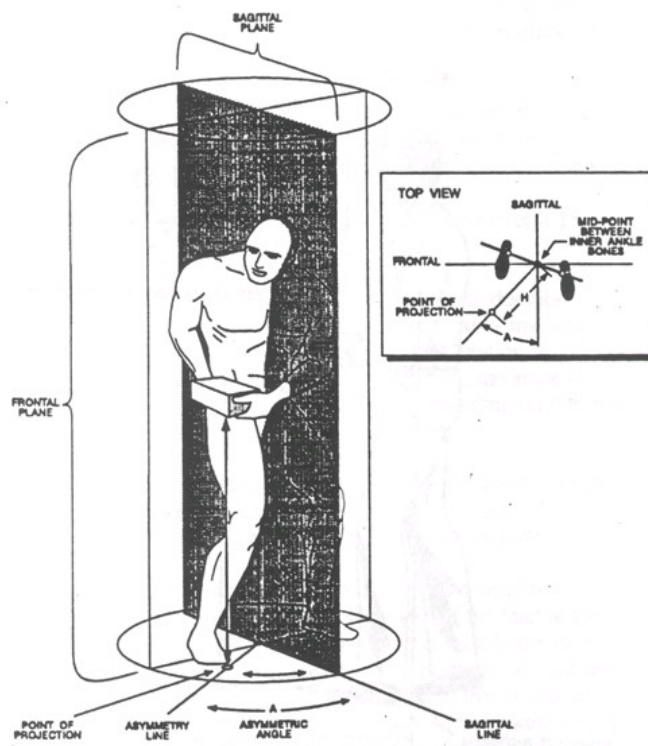


Figure 2 Graphic Representation of Angle of Asymmetry (A)

Table 4
Asymmetric Multiplier

A	AM
deg	
0	1.00
15	.95
30	.90
45	.86
60	.81
75	.76
90	.71
105	.66
120	.62
135	.57
>135	.00

		METRIC	U.S. CUSTOMARY
Load Constant	LC	23 kg	51 lb
Horizontal Multiplier	HM	(25/H)	(10/H)
Vertical Multiplier	VM	$1 - (.003 V - 75)$	$1 - (.0075 V - 30)$
Distance Multiplier	DM	$.82 + (4.5/D)$	$.82 + (1.8/D)$
Asymmetric Multiplier	AM	$1 - (.0032A)$	$1 - (.0032A)$
Frequency Multiplier	FM	From Table 5	From Table 5
Coupling Multiplier	CM	From Table 7	From Table 7

Table 5
Frequency Multiplier Table (FM)

Frequency Lifts/min (F) ‡	Work Duration					
	≤ 1 Hour		>1 but ≤ 2 Hours		>2 but ≤ 8 Hours	
	V < 30†	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
≤0.2	1.00	1.00	.95	.95	.85	.85
0.5	.97	.97	.92	.92	.81	.81
1	.94	.94	.88	.88	.75	.75
2	.91	.91	.84	.84	.65	.65
3	.88	.88	.79	.79	.55	.55
4	.84	.84	.72	.72	.45	.45
5	.80	.80	.60	.60	.35	.35
6	.75	.75	.50	.50	.27	.27
7	.70	.70	.42	.42	.22	.22
8	.60	.60	.35	.35	.18	.18
9	.52	.52	.30	.30	.00	.15
10	.45	.45	.26	.26	.00	.13
11	.41	.41	.00	.23	.00	.00
12	.37	.37	.00	.21	.00	.00
13	.00	.34	.00	.00	.00	.00
14	.00	.31	.00	.00	.00	.00
15	.00	.28	.00	.00	.00	.00
>15	.00	.00	.00	.00	.00	.00

†Values of V are in inches. ‡For lifting less frequently than once per 5 minutes, set F = .2 lifts/minute.

Table 6
Hand-to-Container Coupling Classification

GOOD	FAIR	POOR
1. For containers of optimal design, such as some boxes, crates, etc., a "Good" hand-to-object coupling would be defined as handles or hand-hold cut-outs of optimal design [see notes 1 to 3 below].	1. For containers of optimal design, a "Fair" hand-to-object coupling would be defined as handles or hand-hold cut-outs of less than optimal design [see notes 1 to 4 below].	1. Containers of less than optimal design or loose parts or irregular objects that are bulky, hard to handle, or have sharp edges [see note 5 below].
2. For loose parts or irregular objects, which are not usually containerized, such as castings, stock, and supply materials, a "Good" hand-to-object coupling would be defined as a comfortable grip in which the hand can be easily wrapped around the object [see note 6 below].	2. For containers of optimal design with no handles or hand-hold cut-outs or for loose parts or irregular objects, a "Fair" hand-to-object coupling is defined as a grip in which the hand can be flexed about 90 degrees [see note 4 below].	2. Lifting non-rigid bags (i.e., bags that sag in the middle).

CM에 관한 Table

상태	물체/손잡이 규격	V값에 따른 multiplier	
		V < 75 cm	V ≥ 75
good		1.00	1.00
fair		0.95	1.00
poor		0.90	0.90

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL}$$

2. LI의 의의와 우리나라에서의 방향

LI의 의의는 한마디로 표준화를 통한 단일수치화에 있다. 서두에서도 말한바와 같이 측정할 수 없는 것은 관리할 수 없다. 측정한다는 것은 결과를 낸다는 것이고, 그 결과를 가지고 관리하고자 한다면 무엇보다도 이해관계자가 어떤 방식으로든 이해할 수 있어야 한다. 이해관계자가 누구인가? 노동자, 사업주, 정부의 관리감독자가 될 것이다. 다시 말해서 전문가가 아니다. 전문가는 물론 AL의 식뿐만 아니라 그 내용과 배경 그리고 그에 포함되지 않은 사항까지 알아야 할 것이다. 그러나 이해관계자는 최종결과, 즉 한마디로 요약되는 결과나 수치가 필요하다. 이것은 이미 여러분들이 경험으로 알고 있을 것이다.

V. 결론

다소 강의가 어수선하게 진행되었지만 본 강의의 주안점과 결론은 다음과 같다.

1. 작업관련 요인은 산업위생분야의 제4 요인이다.
2. 구체적 인자는 반복, 자세, 힘, 무리, 고정, 하중, 접촉이다.
3. 이러한 요인에 대해서 측정이 필요하며 당연히 측정이 가능하다. 작업환경 측정 제도내로 포함되어야 한다.
4. 우리나라 작업환경측정제도에 필요한 간단하고, 쉽고, 편리한 측정방법의 표준화가 필요하다.
5. 산업위생분야의 과제이다. (*)