Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 4 pp. 455-463, August 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.4.455

상지, 하지에서 발생하는 근골격계질환의 예방

박희석[1] · 이윤근[2] · 임상혁[2]

[1]홍익대학교 산업공학과 / [2]노동환경건강연구소

Prevention of the Musculoskeletal Disorders at Upper or Lower Extremities

Hee Sok Park[1], Yun Keun Lee[2], Sang Hyuk Yim[2]

[1]Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791
[2]Institute for Occupational and Environmental Health, 131-831

ABSTRACT

Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) are recognized as leading causes of significant human suffering, loss of productivity, and economic burdens on our society. WMSDs are associated with work patterns that include fixed or constrained body positions, continual repetition of movements, force concentrated on small parts of the body, cold environment and vibration. Main effort to protect workers from WMSDs should focus on avoiding repetitive patterns of work through engineering controls which may include mechanization, ergonomic design of tools and equipment, and workplace layout. Where elimination of the risk factors is not practical, administrative controls involving job rotation, job enlargement and enrichment, teamwork should be considered.

Keywords: Work-related musculoskeletal disorders, Risk factor, Engineering control, Administrative control

1. 서 론

근골격계질환을 유발하는 물리적 요인으로는 특정 신체부위를 반복적으로 사용하는 작업, 불편하고 부자연스러운 작업자세, 과도한 힘, 날카로운 면과의 접촉으로 인한 압박, 추운 작업 환경, 진동 등이라고 알려져 있다. 이러한 물리적 요인들 이외에 다양한 심리사회적 요인에 의한 스트레스도 부정적인 역할을 한다고 알려져 있으며, 연령, 성별, 가사노동 및 취미생활 등 개인적인 요인도 영향을 미칠 수 있다 (그림 1).

본 장에서는 요추 부위를 제외한 각 신체부위별로 위험요인들의 특성과 그들을 관리하는 방안을 서술한다.

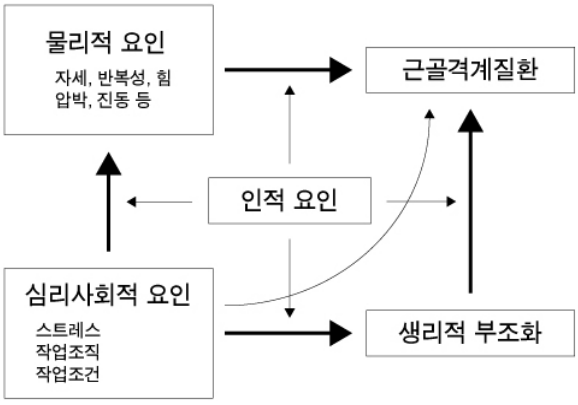


그림 1. 근골격계질환의 위험요인

교신저자: 박희석
주 소: 121-791 서울시 마포구 상수동 72-1, 전화: 02-320-1473, E-mail: hspark@hongik.ac.kr

1.1 목

목과 견갑부에서 근골격계질환의 증상은 해당 부위의 통증, 근력 약화, 움직임의 제한 등으로 나타난다. 대표적인 질환으로는 목 부위의 통증을 유발하는 근막통증후군과 목의 통증과 상지의 방사통을 유발하는 경추 추간판탈출증을 들 수 있다. 근막통증후군은 어깨를 드는 등의 정적인 자세를 장시간 지속하여 근육이 뭉쳐 발생하는 질환이고, 경추 추간판탈출증은 목 주위의 부적절한 작업자세를 수년간 반복적으로 취하여 생기는 질환이다.

목 부위의 근골격계질환을 유발하는 작업관련 요인 중 역학적(epidemiological) 인과관계가 확인된 물리적 요인은 작업자세(특히 전방굴곡, 비틀림), 반복성(또는 지속성), 어깨를 이용한 중량물 이동작업의 3가지이다. 유럽연합과 NIOSH는 여러 역학적 연구를 분석하여 특히 부적절한 자세로 인해 위험성이 훨씬 커지게 된다고 보고하였다(Sluiter et al., 2001 NIOSH, 1997a).

예방 및 관리를 위한 기준으로는 여러 인간공학적 평가도구와 지침에서 주로 작업자세를 기준으로 하고 있으며, 이에 따른 시간적 지속성을 제시하고 있다. 대개 굴곡의 경우는 20~40° 이상, 신전의 경우에는 5~20° 이상, 측면 방향 굴곡이나 비틀림에서는 5° 이상을 위험 수준으로, 반복성에 있어서는 분당 4회 이상을 위험 수준으로 제시하고 있다.

한편, 비록 많은 연구가 이루어지지 않았지만 경추 질환의 원인이 될 수 있거나 또는 질환을 악화시킬 수 있는 직업적 요인으로서 장기간 지속적으로 중량물을 어깨 위에 얹고 운반하는 작업을 고려하여야 한다. 이는 경추 부위에 정적인 부하를 주고 경추의 부적절한 자세를 초래하는 작업형태이다. 머리를 앞과 옆으로 지나치게 숙인 자세와 목 근육들의 극도의 긴장은 경추의 과전만증(Hyperlordosis)또는 비틀림을 유발한다.

1.2 어깨

어깨에서 발견되는 근골격계질환의 증상은 심한 통증과 움직임 제한 등으로 나타나며, 어깨 힘줄의 회전근개 손상(충돌증후군)이 가장 대표적인 직업성 근골격계질환이다. 견관절에는 회전근개라고 불리는 독특한 힘줄이 있다. 극상근, 극하근, 견갑하근, 소원근 등의 네 개의 근육이 마치 하나의 힘줄과 같은 모습이면서 팔을 회전 시키는 역할을 담당한다. 이들은 한 팔뼈를 위쪽에서 덮고 있는 형태를 이루고 있기 때문에 네 개의 힘줄을 모두 합해서 회전근개라고 부른다.

견관절의 충돌증후군은 연부조직, 견봉하 점액낭, 회전근개(주로 극상근) 및 이두건의 장두(long head)가 위로는 견봉(acromion), 오구견봉인대(coracoacromial ligament) 및 쇄골원위부와 아래로는 상완골의 대결절(greater tuberosity of shoulder)에 끼었을(pinched) 때 발생한다. 이러한 현상은 견관절의 외전 및/또는 전방굴곡이 70~120°인 상황에서 발생한다. 끼임으로 인한 압박은 견봉하 점액낭염과 극상근과 이두근장두의 건염을 유발하는데, 여기에 건의 마찰과 약화가 더해졌을 때 파열에까지 이르게 된다. 대부분의 충돌증후군은 직업적으로 또는 비직업적으로 외전이나 굴곡운동이 반복될 때 발생하며, 일반적으로는 통증과 견관절의 운동제한을 동반하게 된다. 유럽연합과 NIOSH는 여러 역학적인 연구를 분석하여 이러한 질환들은 특히 부적절한 자세, 반복작업, 그리고 자세와 반복성과의 조합으로 인해 위험성이 커지게 된다고 보고하였다(Sluiter et al., 2001; NIOSH, 1997a).

회전근개건 파열을 예방하기 위한 작업장 관리기준은 구체적으로 규정되어 있지 않다. 주로 어깨부위의 신체부담을 감소시키고 질환발생을 예방하기 위한 관리기준은 외전 및 굴곡자세가 90° 이상인 경우 강력한 위험요인으로, 신전자세는 20° 이상을 위험요인으로 규정하고 있다. 일부에서는 외전 및 굴곡자세가 45° 또는 60° 이상을 위험요인으로 정하고 있다. 위험요인을 힘, 자세, 반복성의 측면에서 평가할 때, 자세가 가장 중요한 위험요인으로, 반복성이 다음 위험한 것으로 평가되고 있다. 위의 위험요인들을 종합적으로

표 1. 목부위의 근골격계질환 위험요인 요약

작업자세	반복성
• 굴곡/신전: ≥20° (McAtamney et al., 1993; Hignett et al., 2000) • 굴곡: ≥30°, 신전: ≥45° (WDLI, 2000) • 굴곡: ≥20°, 신전: ≥45° (UAW-GM, 1998) • 굴곡: ≥20°, 신전: ≥5° (OSHA, 1999)	• ≥4회/분(McAtamney et al., 1993; Hignett et al., 2000)

표 2. 어깨부위의 근골격계질환 위험요인 요약

작업자세	반복성 (지속시간)
• 굴곡: ≥20° (McAtamney et al., 1993; Hignett et al., 2000) • 굴곡: >90° (손 머리 위, 팔꿈치 머리 위) (WDLI, 2000) • 굴곡: ≥45° (팔꿈치 몸통 중간) (UAW-GM, 1998) • 굴곡: ≥90° (손 머리 위, 팔꿈치 어깨 위) (OSAH, 1999)	• 고반복: ≥2.5회/분 (Kilbom, 1994) • 수초 간격의 작업주기(WDLI, 2000)

평가했을 때, 자세에서는 45° 이상과 90° 이상으로, 반복성(또는 지속성)은 2시간 이상 또는 4시간 이상을 위험요인으로 간주할 수 있다.

1.3 팔/팔꿈치

팔(아래팔)이나 팔꿈치 부위에 발생하는 근골격계질환은 주로 팔꿈치 부위의 통증이나 근력 약화, 움직임의 제한 등으로 나타난다. 특히 테니스 엘보우(tennis elbow)로 많이 알려진 외상과염은 팔꿈치 부위에 나타나는 대표적인 직업성 근골격계질환으로, 손목을 굽힐 때 또는 손을 꽉 쥘 때 팔꿈치 바깥쪽 부위에 통증을 느끼게 되는 질환이다.

이러한 질환들은 손목과 팔꿈치의 반복적인 동작과 부적절한 작업자세, 그리고 손목 또는 아래팔 부위에 가해지는 힘이 원인이 되어 나타나며, 특히 반복성, 부적절한 자세, 힘이 복합적으로 작용할 때 위험성은 훨씬 커지게 된다(NIOSH, 1997a).

부적절한 작업자세는 팔꿈치를 쭉 펴는 동작(full extension), 반대로 팔을 가슴 쪽으로 당기면서 팔꿈치를 완전히 굽히는 동작, 손바닥이 바닥을 향한 상태(pronation), 바닥이 위쪽을 향한 상태(supination)에서 아래팔을 유지하는 동작이 대표적인 자세이다(NIOSH, 1997a). Hughes and Silverstein(1997)의 연구에 의하면 아래팔을 반복적으로 비트는 작업을 하는 경우 팔꿈치 부위의 근골격계질환 위험성은37배 정도 커진다고 하였다. 작업자세에서의 위험요인 평가기준은 몸통으로부터 아래팔의 각도가 100° 이상 또는 60° 미만일 때 부적절한 자세로 평가한다(McAtamney et al.,1993; Hignett et al., 2000).

팔꿈치 부위의 반복성은 크게 2가지로 요약된다. 하나는 반복적인 망치 작업과 같이 팔꿈치를 반복적으로 굽혔다 펴는 동작이고, 다른 하나는 드라이버로 나사를 조이는 작업과 같이 아래팔을 반복적으로 비트는 동작이다(NIOSH, 1997a). 그러나 이러한 팔꿈치 자세와 관련된 연구들은 극히 제한적이다.

한편, 팔꿈치 부위의 독립적인 반복성에 대한 연구보다는 손의 반복적인 움직임 과정에서 수반되는 아래팔의 반복성에 관하여 연구되었다. Baron et al.(1991)은 상점 계산원에 대한 조사에서 시간당 손의 움직임이 1,250~2,500회 정도 되는 작업자군의 상과염 위험비가 2.3배 정도 높다고 하였으며, Burt et al.(1990)은 VDT 입력 작업과정에서 입력 속도와 작업 비중이 많을수록 상과염의 유병율이 2.8배 높다고 하였다. 반복성에 대한 위험요인 평가기준은 연구자에 따라 분당 10회 이상을 고반복으로 평가하거나(Kilbom, 1994), 분당 4회 이상(Moore and Garg, 1995), 또는 수초 이상의 작업주기를 반복할 때(WDLI, 2000) 위험성이 있다고 평가하는 것이 일반적이다.

팔꿈치 부위에서의 힘에 대한 문제는 반복성이나 작업자세에 비해 역학적 인과 관계가 더 많이 보고되고 있다. Chiang et al.(1993)의 연구에 의하면 팔꿈치 부위에서 많은 힘과 고반복성이 동시에 문제될 때 위험성이 가장 크다고 하였다. 기타 다른 연구들에서 팔에 많은 힘을 필요로 하는 작업은 그렇지 않은 작업에 비해 상과염의 위험성(Odds Ratio: OR 2.5~7.0)이 더욱 커지는 것으로 보고하고 있다(Kurppa et al., 1991; Chiang et al., 1993; Moore and Garg, 1994). 그러나 힘에 대한 정량적 평가기준은 제시되고 있지 않다.

표 3. 팔/팔꿈치 부위의 근골격계질환 위험요인 요약

작업자세	반복성	힘/신체압박
• 몸통으로부터 아래팔 각도: ≥100°, <60° (McAtamney et al., 1993; Hignett et al., 2000) • 회내(pronation)/회외(supination) (OSHA, 1999)	• ≥4회/분 (McAtamney et al., 1993; Hignett et al., 2000) • 고반복: ≥10회/분 (Kilbom, 1994) • 수초 간격의 작업주기(WDLI, 2000) • 30초 미만의 작업주기 또는 특정 동작 비율이 작업주기의 50% 이상 (Silverstein et al., 1987)	• 아래팔을 비트는 동작시 가해지는 힘의 유무만을 가지고 평가 (OSHA, 1999) • 아래팔의 지속적인 압박 (UAW-GM, 1998)

1.4 손/손목

손 및 손목 부위에서 발생하는 근골격계질환은 주로 통증, 저림, 저릿저릿함, 쇠약, 움직임 제한 등으로 나타나며, 손목 부위의 건염, 건초염과 수근관증후군, 결절종, 드퀘벵 건초염, 방아쇠 손가락 등이 대표적인 직업성 근골격계질환이다. 이와 같은 질환은 손목 및 손가락 부위의 부적절한 자세, 반복성, 힘 등에 지속적으로 노출될 때 발생할 수 있으며, 특히 과도한 힘과 고반복성 작업일 때 문제가 심각한 것으로 알려져 있다(NIOSH, 1997a).

손목 부위의 부적절한 작업자세는 손목을 과도하게 손바닥 방향으로 숙이거나(굴곡), 손등 쪽으로 젖히는 자세(신전)와 손목이 엄지손가락 또는 새끼손가락 방향으로 편향된 자세가 대표적이다. 부적절한 작업자세의 평가 기준은 연구자에 따라 기준이 다른데, 일반적으로 손목이 신전 또는 굴곡되는 각도가 15° 이상일 때를 기준으로 하고 있으며, 편향되는 자세는 동작의 유무만을 가지고 평가한다(McAtamney et al.,1993; Hignett et al., 2000). 또한 굴곡 각도가 30° 이상,

표 4. 손/손목 부위의 근골격계질환 위험요인 요약

작업자세	반복성	힘/충격
• 신전/굴곡 ≥15°, 편향 유무(McAtamney et al., 1993; Hignett et al., 2000) • 굴곡≥30°, 신전≥45°, 편향≥30° (OSHA, 1999; WDLI, 2000)	• 고반복: 손가락 ≥200회/분, 손목 ≥10회/분 (Kilbom, 1994) • ≥4회/분(Moore & Garg, 1995) • 수초 간격의 작업주기(WDLI, 2000) • 30초 미만의 작업주기 또는 특정 동작 비율이 작업주기의 50% 이상 (Silverstein et al., 1987) • 4시간 이상 자료입력작업 (OSHA, 1999; WDLI, 2000)	• 약간 힘든 작업: ≥10%MVC, • 힘든 작업: ≥30%MVC, • 매우 힘든 작업: ≥50%MVC((Moore & Garg, 1995) • 손가락집기: ≥2파운드, 손바닥 감싸기: ≥10파운드(OSHA, 1999; WDLI, 2000) • 손바닥 감싸기: ≥2.7kg (UAW-GM, 1998) • 손망치 작업≥10회/시간 (UAW-GM, 1998) * 국소진동은 별도로 정리하였음(표 0 참고)

신전 각도가 45° 이상, 그리고 편향된 각도가 30° 이상일 때는 위험성이 높은 극단적인 자세로 평가한다(OSHA, 1999; WDLI, 2000).

손목의 반복성 기준은 작업 주기(cycle time)가 30초 미만이거나, 동일한 동작으로 수행되는 작업이 전체 작업주기의 50% 이상을 차지할 때 위험성이 있는 것으로 판단하고 있다(Silverstein et al., 1987). 분당 반복되는 회수를 정량적으로 제시하는 경우도 있는 데, 손가락은 분당 200회 이상, 손목은 분당 10회 이상을 고반복 기준으로 평가한다(Kilbom, 1994).

힘이 문제되는 작업은 주로 공구를 사용하는 과정에서의 방아쇠 당기기와 손가락 누르기, 그리고 물건을 집는 과정에서의 손가락 집기 및 손바닥 감싸기가 위험요인으로 알려져 있다(OSHA, 1999; WDLI, 2000). 기타 손으로 충격을 가하는 손망치 작업이 위험한 것으로 알려져 있다(UAW-GM, 1998).

1.5 무릎

무릎의 근골격계질환은 주로 보행시 통증과 보행 제한 등으로 나타나며, 무릎관절의 연골손상이 대표적인 직업성 근골격계질환이다. 반월상 연골손상은 주로 부분 굴곡 위에서 회전력이 가해질 때 발생한다. 굴곡 위에서 경골에 대퇴골의 내/외 회전으로 인해 반월상 연골이 후방 그리고 중앙으로 전위되고, 이때 갑작스런무릎관절의 신전으로 연골손상이 발생한다(대한정형외과학회, 2006). 장기간 반월상 연골에 가해지는 부담의 증가에 의한 퇴행성 변화로 파열이 발생하거나, 퇴행성 변화가 동반된 상태에서 미세 손상(minor trauma)에 의한 파열이 발생할 수 있다. 연골 손상의 비직업적 위험요인으로 과체중 또는 비만, 스포츠 활동이 알려져 있다.

표 5. 무릎부위의 근골격계질환 위험요인 요약

위험요인	위험성 기준 및 역학적 근거
오르내리기 (Climbing)	평균적으로 작업일 동안 30줄 계단(약 15층 높이의 계단)을 초과하여 오르내리기에 노출된 경우 OR, 2.7(95% CI, 1.8~4.1)
운전하기 (Driving)	평균적으로 작업일 동안 4시간을 초과하여 운전에 노출된 경우 OR, 2.3(95% CI, 1.4~3.8) (Baker et al., 2003)
무릎 꿇기 (Kneeling)	20~59세의 남성이 평균 작업일 동안 1시간을 초과하는 무릎 꿇기에 노출된 경우 OR, 2.5 (95% CI, 1.3~4.8)(Baker et al., 2002); 평균적으로 작업일 동안 1시간을 초과하여 무릎 꿇기에 노출된 경우 OR, 2.6(95% CI, 1.6~4.3)(Baker et al., 2003)
중량물 들기 (Lifting)	평균적으로 작업일 동안 >10kg, >25kg, >50kg을 10회를 초과하여 노출된 경우 통계적으로 유의한 연관성이 있음(Baker et al., 2003)
쪼그려 앉기 (Squatting)	20~59세의 남성이 무릎증상이 나타났을 때 평균 작업일 동안 1시간을 초과하는 쪼그려 앉기에 노출된 경우 OR, 2.5(95% CI, 1.2~4.9) (Baker et al., 2002); 남성과 여성에서 평균적으로 작업일 동안 1시간을 초과하여 쪼그려 앉기에 노출된 경우 OR, 2.2(95% CI, 1.4~3.6) (Baker et al., 2003)
걷기 (Walking)	평균적으로 작업일 동안 2마일(약 3.2km)을 초과하여 걷기에 노출된 경우 OR, 1.8(95% CI, 1.2~2.7)(Baker et al., 2003)

직업적 위험요인에 대한 인정된 증거는 아직 부족하며 추가적인 연구가 필요하다(AMA, 2008). 국외 여러 연구를 정리하면 무릎의 근골격계질환에 대한 직업적 위험요인은 표 5와 같다. 이 들 위험요인 중 가장 문제가 되는 것은 무릎 꿇기와 쪼그려 앉기로, 작업 시간을 한 시간 이내로 통제하는 것이 바람직하다.

1.6 국소 진동

19세기 중반 이후 광산과 건설현장에서 공기압을 이용한 공구가 사용되기 시작한 이래, 금속산업 등에서 전기모터에 의한 공구가 사용되기 시작하였고, 현재는 많은 산업현장에서 전기모터나 공기압을 이용한 진동공구들이 사용되고 있다.

진동공구로부터 작업자의 손과 팔, 어깨 등으로 전달된 진동은 작업자에게 불편함을 주고 정밀작업 능력을 감소시킬 뿐만 아니라, 계속하여 진동에 노출되면 손에 분포하는 혈관, 신경, 근육과 결체조직 등에 심각한 손상을 줄 수 있

표 6. ACGIH의 국소진동에 대한 TLV

1일 진동노출시간(시간)	ak (㎧)
4~8	4
2~4	6
1~2	8
1 이하	12

다. 국소진동으로 인한 대표적인 질환으로 진동백지증(vibration-induced white finger)을 들 수 있다(ISO, 1986). 진동백지증의 주요증상은 손과 손가락의 혈관이 수축하며, 혈행(血行)이 감소하여 손이나 손가락이 하얗게 변하고, 바늘로 찌르듯이 저리며 통증이 심하다. 춥거나 차가운 곳에 노출되면 그 증상이 심해지고 증상이 나타나는 동안은 손가락 부위의 감각을 전혀 느끼지 못하며, 손을 따뜻하게 하거나 마사지를 통해 다시 회복할 수 있다. 그러나 장기간 반복적인 국소진동에 노출되면 손끝이 갈라지고, 괴사가 일어나며 영구히 감각이 손실될 수 있다(Taylor and Brammer, 1982).

세계적으로 가장 많이 통용되는 진동의 측정과 분석방법은 ISO에서 제시한 ISO5349 지침을 들 수 있다(ISO, 1986). ISO5349에서는 가속도계 부착방법, 대상이 되는 주파수 범위 등의 기초적인 사항에서부터 진동수준 분석을 위한 가속도 값의 변환 등에 대한 폭넓은 자료를 제공하고 있다. ISO 5349에서는 주파수가중 가속도 값을 사용하며, 그 단위는 m/s2이다. 측정된 가속도는 6.3~1,250Hz 범위의 주파수 대역에 대하여 1/3옥타브 범위에서 분석을 한다. ISO5349는 2001년 개정판에서 X, Y, Z축의 가속도 값을 벡터 합으로 합산한 8시간 기준 주파수가중 등가가속도를 사용하도록 하고 있다(ISO, 2001).

American Conference of Industrial Hygienists(ACGIH)는 수지진동(Hand-arm Vibration)에 대한 노출기준(threshold limit values, TLVs)을 확립해왔다 (표 6). 이 기준은 일일 평균 진동노출시간별 주파수가중 진동가속도(X,Y,Z방향 중 최대값, root-mean-square)의 최대수준을 제시하고 있다. 단, TLV는 절대적 허용한도 아니라 지침으로 사용되도록 권유되고 있다.

1.7 인적 특성 및 심리사회적 요인

근골격계질환에 영향을 미치는 인적 요인으로는 과거 병력 및 사고력, 연령, 성별 등이다, 비만, 근력, 일에 대한 수용능력 등은 영향을 미칠 가능성이 있는 요인으로 간주되고 있다(Punnet and Wegman, 2004). 특히, 류마티스 관절염이나 알코올 중독, 당뇨병, 악성종양, 통풍 등과 같은 과거병력이 있거나, 교통사고 또는 추락과 같은 사고경력이 있는 경우, 작업요인에 의해 증상이 더 악화될 수 있다. 생활 및 취미습관 등은 후천적인 요인에 의해 많이 좌우된다. 예를 들면 규칙적인 운동 습관이 있는 경우, 운동의 종류와 강도에 따라 근육발달 및 근력 등이 변화되어 그렇지 않은 사람들에 비하여 근골격계질환 유병율이 낮은 것으로 보고되고 있다. 또한 손목을 자주 쓰는 취미활동(악기연주 등)을 많이 하게 되면 작업요인에 의해 그 증상이 더 심해질 수 있다.

표 7. 근골격계질환 관련 개인적 특성 및 심리사회적 요인

구분	요 인
개인적 특성	연령(고연령), 성별(여성), 과거 병력(당뇨병, 악성종양, 통풍, 류마티스관절염 등), 사고력(운동 중 손상, 사고성 재해, 교통사고등), 비만, 취미생활 및 운동 습관 등
작업조직 요인	작업통제, 기업 문화, 성과급제도, 구조조정 등
작업특성 요인	일의 단조로움, 교대근무, 강화된 노동강도, 부적절한 휴식 시간, 빠른 작업 속도, 장시간 근무(시간외 근무 등), 비 숙련된 작업, 기계 의존적 작업속도 등
스트레스	직무만족도, 긴장감, 대인관계 특성, 직무 요구도, 직무 자율성, 사회적 지지 등

근골격계질환의 위험 요인 중 물리적인 스트레스 외에 작업 조건 요인들로서 부적절한 휴식 시간, 작업 속도, 작업시간, 교대 근무, 시간외 근무, 비숙련 작업, 다양성이 없는 단순 작업, 기계 의존적인 작업 속도 등이 지적되고 있다(OSHA, 1999; NIOSH, 1997a). 또한 직무만족도가 떨어지거나 직장 동료 및 상사와의 대인관계가 좋지 않은 경우, 높은 직무요구도 및 낮은 자율성에 의한 직무 스트레스도 부정적인 요인으로 알려져 있다. 작업방법 및 기술 수준과 관련되어 작업자의 숙련도가 떨어질 때는 무리한 작업자세나 불필요한 힘의 소요 정도가 더 커지게 되어 근골격계질환의 발생 위험도가 높아질 수 있다.

최근의 연구 결과들은 이러한 요인들은 근골격계질환의 직접적인 요인은 아니라 할지라도 근골격계질환 발생에 부정적인 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다(Corona et al., 2005). 따라서 기존의 물리적 요인에 대한 관리 이외에도 심리사회적 요인에 대한 관리가 동시에 이루어져야 할 필요가 있다.

2. 예 방

위험요인의 제거 또는 경감을 위하여 작업을 개선하는 방법은 크게 공학적 방법(engineering control)과 관리적 방법(administrative control)으로 나눌 수 있다. 공학적 개

선은 공구, 장비, 작업장, 포장, 부품, 제품 등의 재배열, 수정, 재설계, 교체 등을 말한다. 관리적 개선은 교육, 직무순환, 작업시간 및 휴식시간 조정, 예방체조 등을 말한다.

2.1 공학적 방법

위험요인의 근원적 제거 또는 위험 정도의 감소를 위한 작업 개선이야 말로 예방과정 중에서 가장 중요하면서도 어려운 과정이라 할 수 있다. 질환자 치료와 같은 의학적 관리가 아무리 잘 시행되더라도 위험요인이 제거되지 않는다면 신규 질환자가 계속 발생할 것이며, 치유나 재활과정을 이수한 복귀자의 질환 재발도 계속될 것이기 때문이다.

대개의 경우, 공학적인 개선을 위해서는 많은 시간과 투자가 필요하며, 심지어는 현실적으로 불가능한 경우(예: 조업중단을 해야만 되는 경우)도 발생한다. 따라서 공학적 개선보다 관리적 개선이 손쉬울 경우도 많으므로 두 가지 개선방법간의 조화로운 균형이 필요하다. 아래에서는 주로 공학적인 개선을 위한 설계지침을 정리하였다(NIOSH, 1997b).

2.1.1 작업장 일반

- 작업자에게 편안히 맞게끔 크기를 조절할 수 있도록 한다.
- 쉽게 닿을 수 있는 곳에 작업물을 배치한다.
- 작업물과 장비를 작업자의 앞에 배치시켜 몸을 비틀어야 하는 동작을 줄인다.
- 몸 전체가 회전할 수 있을 정도로 충분한 작업공간을 확보한다.
- 정적인 작업물, 고정된 작업자세, 그리고 작업자가 안에 들어간 상태에서 자주, 오랫동안 일을 해야 하는 작업공정은 피한다.
- 미세한 작업이 필요한 경우, 작업대가 팔꿈치 보다 약간 위에 있게 한다.
- 무거운 물체를 다루거나 밑으로 누르는 힘이 필요한 작업일 경우, 작업대가 팔꿈치 높이 보다 아래에 있게 한다.
- 좌판, 요추 지지대, 팔 지지대의 높이를 조절할 수 있는 의자를 사용한다.
- 안정적으로 지지가 되는 바닥을 확보한다.
- 작업자의 판단에 따라 일어서고 앉을 수 있게 해야 한다.
- 오래 서 있는 작업자를 위해 매트나 패드처리가 된 작업공간을 제공한다.
- 손, 발을 지지할 수 있게 한다. 필요에 따라 팔꿈치, 손목, 팔, 다리 등을 지지하는 받침을 만들어야 한다.
- 물체를 이동시킬 때는 중력이나 동력을 이용한다.
- 팔의 이동이 연속적이고 곡선을 유지할 수 있도록 작업장을 설계한다. 팔을 곧게 뻗거나 급격한 움직임은 피한다.
- 눈금판이나 표시장치는 읽고, 찾고, 조작하기에 간략하고 명확하고 쉽게 만든다.
- 과도한 소음, 고온, 습기, 저온, 조명과 같이 바람직하지 않은 환경조건은 없애거나 최소화한다.

2.1.2 손, 손목

- 한번 들어 올리는 과정에서의 반복동작을 줄인다. 가능하다면 완전 자동이나 반자동으로 대체한다.
- 손목의 굴곡이나 편향을 줄일 수 있도록 작업을 설계하고 공구를 선택한다.
- 손목이 구부러져 있을 때 전완의 안쪽이나 바깥쪽 회전을 피한다.
- 손목이나 손에 걸리는 힘이나 압력을 감소시킨다.
- 반복적으로 취급하는 물체는 가능한 무게나 크기를 줄이도록 한다.
- 손바닥에 압력을 주는 공구는 피한다.
- 손바닥 또는 손가락으로 물체를 반복하여 두드리거나 세게 누르는 것을 피한다.
- 손가락으로 집는 것 보다는 손으로 드는 것이 자연스럽도록 작업설계를 한다. 손가락으로 집는 것은 손으로 잡는 것 보다 5배 이상 힘이 든다.
- 물체를 신체에 멀리 두지 않도록 한다.
- 어깨 높이 이상, 허리 이하 또는 몸 뒤로 팔을 뻗는 것을 피한다.
- 팔을 반복적으로 뻗는 작업을 피한다.
- 불안정한 자세로 일해야 하는 경우, 보조장비를 활용한다
- 손으로 전해지는 진동을 조절하고 제거시킬 수 있는 공구나 장비를 사용한다.
- 진동공구를 사용해야 할 경우, 작업시간을 단축시킬 수 있는 작업방법을 설계한다.
- 추운 곳에서 일을 할 경우 손에 방한구를 사용한다.
- 다양한 사이즈의 장갑을 비치하고, 오랜 사용으로 장갑이 닳았을 경우 즉시 교체하도록 한다.

2.1.3 수공구

- 손목을 곧게 편다. 손목을 구부리거나 회전시키는 것을 피한다.
- 근육에 지속적인 하중이 가해지는 것을 피한다. 공구의 무게를 줄이고 공구의 크기를 줄인다.
- 무거운 공구를 사용할 때에는 팔꿈치를 올리거나 뻗지 않도록 한다. 크고 무거운 장비의 단점을 보강할 수 있는 다른 보조기구를 사용한다.
- 피부에 자극을 주지 않아야 한다. 손바닥이나 손가락에 압력을 가하는 장비(예: 손잡이가 짧은 펜치나 작업자의 손에 맞지 않는 공구들)를 사용하지 않는다.
- 손가락으로 잡는 장비 보다는 손 전체로 잡을 수 있는

장비를 선택한다.
- 날카로운 면이나 뾰족한 부분은 피한다. 손에 장갑을 끼지 않았더라도 손을 베거나 찌르지 않을 도구를 선택한다.
- 반복적으로 방아쇠를 당기는 동작은 피한다. 네 손가락으로 조정할 수 있을 정도로 큰 스위치를 가진 장비를 선택한다.
- 손을 고온, 저온, 진동으로부터 보호한다.
- 손에 맞는 장갑을 착용한다. 장갑은 작업자의 힘과 기민함을 감소시킨다. 꽉 조이는 장갑은 손에 압력을 가할 수 있는 반면, 헐렁한 장갑은 쥐는 힘을 약하게 하고 다른 위험을 가중시킬 수 있다.

2.2 관리적 방법

관리적 방법은 위험요인에 대한 노출을 근원적으로 제거할 수는 없지만 노출 정도를 경감시킬 수 있는 방법이다. 주로 교육, 직무순환, 작업시간 및 휴식시간 조정 등과 같은 행정적, 관리적 방법을 통해 이루어진다.

2.2.1

근골격계질환의 예방관리는 문제의 심각성과 관련 내용에 대한 정확한 인식에서부터 출발한다. 따라서 교육을 통한 인식의 변화가 가장 중요하며, 예방 대책에서 가장 먼저 진행되어야 한다(Robertson and O'Neill, 2003). 교육 대상은 작업자뿐만 아니라 경영진 및 관리자까지 포함되어야 한다. 그래야만 예방대책 수립과 집행과정에 회사의 정책적 의지가 반영될 수 있다.

작업자 교육 과정에 반드시 포함되어야 할 내용은 다음과 같다(NIOSH, 1997b).
- 근골격계질환의 질환별, 신체부위별 증상 및 징후
- 근골격계질환 발생 요인 및 작업관련 위험요인
- 작업개선 방법 및 개선 과정에서의 작업자 참여와 역할
- 위험요인 및 증상 등의 보고방법과 절차

이러한 내용들이 정확히 이해되어야만 위험요인들이 조기에 발견되고, 이에 대한 대책을 신속하게 수립할 수 있다.

2.2.2 초기질환자 조기보고 체계

근골격계질환의 징후와 증상을 조기에 발견하여 이에 대해 적절한 조치를 취하는 것은 질환의 발전을 늦추거나 중단시키는 데 도움이 된다. 만약 이미 근골격계질환이 문제되고 있는 상태에서 개입이 늦어지게 되면 치료 및 기타 관리비용은 더 커지게 된다. Oxenburgh(1997)의 연구에 의하면 상지의 근골격계질환의 경우 통증 발생 이후 20일 이내에 보고한 작업자는 49일의 결근일을 초래한 반면, 21~50일 이내에 보고한 작업자는 66일, 그리고 51일 이후에 보고한 경우에는 84일의 결근일이 초래되었다.

2.2.3 직무순환

직무순환의 핵심은 특정 작업자의 특정 신체부위에 위험요인이 집중되는 것을 예방하는 데 있다. 따라서 작업 중 주로 사용하는 신체 부위를 고려하여 서로 다른 부위로의 직무순환 순서를 정하는 등의 세밀한 고려가 필요하다. 특히 치료 후 작업에 복귀할 때는 일정 기간 동안 힘들지 않은 작업으로의 배치를 통해 적응 기간을 가지는 것이 재발을 방지하는 데 도움이 된다. 직무순환을 계획할 때는 물리적 부담만이 아닌 작업의 단조로움, 정적인 자세, 단순작업 등이 집중되지 않도록 다양한 작업이 포함되도록 배려해야 한다(NIOSH, 1997b).

2.2.4 작업 및 휴식시간 조정

위험성 평가(risk assessment)에서 검토해야 하는 중요한 요인 중의 하나가 위험요인에는 노출시간(기간)이다. 노출시간은 근무시간과 밀접한 관련이 있으며, 절대적인 노동의 양을 의미한다. 작업 중 휴식은 누적된 근육의 피로를 풀어주고 다음 일을 할 수 있는 준비를 위한 시간이다. 따라서 주기적인 휴식은 근골격계질환 예방에 많은 도움이 되며, 휴식의 주기는 짧게 자주 쉬는 것이 더 효과적이다.

이와 같은 근무시간과 휴식시간과의 비율을 정할 때는 작업 특성과 작업자의 인적 특성(육체적 능력의 차이, 연령 등)이 반영되어야 한다. 얼마나 불편한 자세로 일하는지, 무거운 물건을 얼마나 자주 드는지, 일의 단조로움과 정신적 긴장 정도 등 다양한 작업 특성을 고려해서 그 빈도와 지속시간을 정해야 한다.

또한 규정된 휴식시간을 확보하는 것보다 휴식시간을 이용하는 작업자 습성이 더 중요할 수 있다. 많은 작업자들이 일을 빨리 끝내고 좀 더 많은 휴식시간을 갖고자 하는 경향이 있다. 그러나 이러한 습성은 단위 시간당 노동강도가 높아져 오히려 근골격계질환이 더 심화될 수 있다.

3. 결 론

인간공학적인 원칙들이 적용되기 위해서는 예방관리 프로그램이 조직 내에 존재하고 또 실행되고 있어야 한다. 그 이유는 근골격계질환은 그 위험요인이 다양하고 복합적이며, 그만큼 예방과 관리는 단편적인 노력으로 성공할 수 없기 때문이다. 예방관리 프로그램이 성공하기 위한 조건과 원칙들을 정리하였다.

표 8. 예방관리 프로그램의 원칙과 내용

조건, 원칙	내 용
현실 인식	• 작업 특성상 근골격계질환이 발생할 수 밖에 없다는 현실을 노·사 모두 정확히 인식하는 것이 문제해결의 출발점임 • 조기발견과 조기관리, 지속적이며 체계적인 관리를 통해서만이 문제점을 최소화 할 수 있다는 접근 방법에 대한 동의가 필요함 • 관련 사업에 소요되는 경제적인 요구는 단순 경비가 아니라 보상(pay back)이 수반되는 투자임을 인식함
노·사 공동 참여	• 정책의 성공여부는 노사의 신뢰성 확보에 달려있으므로 반드시 공동 참여와 공동 운영이 필요 • 직무순환, 휴식시간 조절 등과 같은 관리 대책의 상당 부분이 노·사 협의를 통해서 결정되어야 할 사안임
전사적 지원	• 안전보건관리 부서 등 특정 부서만의 활동으로 목적을 달성할 수 없음 • 다양한 관련 부서의 참여가 필요하며, 외국의 많은 사업장에서는 TQM(Total Quality Management)의 차원에서 예방활동을 하고 있음
자율적 해결	• 질환의 조기발견 및 조기치료를 위하여 사업장내에 일상적 자율 예방관리시스템이 정착되어야 함 • 자율적 해결을 위해서는 사업장 내 인적 조직과 체계, 보고 및 상벌 체계가 필요함
시스템적 접근	• 특정요인만을 관리대상으로 할 수 없으며, 발생원인이 작업의 물리적 특성 뿐 아니라 개인적 특성, 심리사회적인 요인 등 복합적인 특성을 가짐에 따라 시스템적 접근 필요
지속성 및 사후 평가	• 질환의 특성상 예방사업의 효과가 단시간에 나타나지 않으므로 지속적 관리 및 평가에 따른 보완과정이 반드시 필요 • 경영성과의 감사와 평가에 반영되어야 함
문서화	• 일상적 예방관리를 위한 실행 결과의 기록보존 및 이에 대한 공유시스템이 있어야만 정확한 평가와 수정 보완이 가능함 • 문서화를 통해 일상적 관리가 제대로 수행되고 있는지에 대한 평가를 가능하게 함

근골격계질환의 예방을 위한 관리대책이 현장에서 성공을 거두기 위해서는 기술적인 내용도 중요하지만 예방관리 시스템이 작업장 내에서 얼마만큼 지속적이고 일상적인 운영체계로 자리 잡느냐가 중요한 관건이라고 할 수 있다. 이를 위해서는 노사간의 협력이 매우 중요하다. 즉, 경영진은 작업자의 안전, 보건이 경영의 우선과제임을 인식하여 이를 위한 기반여건을 확립하고, 작업자는 잠재적인 문제를 경감시키기 위해 그들의 경험을 바탕으로 아이디어를 제공하는 노력이 필수적이라 하겠다.

보다 전향적으로는 새로운 설비, 장비, 공구를 도입하는 경우에 작업자의 인체특성과 위험요인의 특성 등 인간공학적인 측면을 고려하여야 한다. 한번 잘못 도입된 설비는 운영 중간에 교체하거나 변경하기가 거의 불가능하므로 도입 초기에서부터 인간공학적인 검토과정을 거쳐 위험요인들을 근원적으로 제거하는 것이 매우 중요하다.

참고 문헌

대한정형외과학회, *정형외과학*, 제6판, 최신의학사, 2006.

American Conference of Govermental Industrial Hygienists(ACGIH). *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices Hand-arm(segmental) vibration(82-6)*. ACGIH, Ohio, 1991.

American Medical Association, *Guides to the Evaluation of Disease and Injury Causation*, 2008.

Baker, P., Coggon, D., Reading, I.. Barrett, D., McLaren, M. and Cooper, C., Sports Injury, Occupational Physical Activity, Joint laxity and Meniscal Damage. *The Journal of Rheumatology*, 29(3), 557-63, 2002.

Baker, P., Reading, I., Cooper, C. and Coggon, D., Knee disorders in the general population and their relation to occupation, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 60, 794-797, 2003.

Baron, S., Milliron, M., Habes, D. and Fidler, A., *Hazard evaluation and technical assistance report*: *Shoprite Supermarkets*, NIOSH Report No. HHE 88-344-2092, 1991.

Burt, S., Hornung, R. and Fine, L, *Hazard evaluation and technical assistance report,* NIOSH Report No. HHE 89-250-2046, 1990.

Chiang, H., Ko, Y., Chen, S., Yu, H., Wu, T. and Chang, P., Prevalence of shoulder and upperlimb disorders among workers in the fishprocessing industry, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health,* 19(2), 126-131, 1993.

Corona, G., Amedei, F., Miselli, F., Padalino, M. P. and Tibaldi, S., Association between relational and organizational factors and occurrence of musculoskeletal disease in health personnel. *Giornale Italiano Di Medicina Del Lavoro Ed Ergonomia*, 27(2), 208-212, 2005.

Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid entire body assessment(REBA), *Applied Ergonomics,* 31, 201-205, 2003.

Hughes, R. E., Silverstein, B. A. and Evanoff, B. A., Risk factors for work-related musculoskeletal disorders in an aluminum smelter, *American Journal of Industrial Medicine,* 32, 66-75, 1997.

International Organization for Standardization(ISO). *Mechanical vibration guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand transmitted vibration*. ISO5349. Geneve: ISO. 1986.

International Organization for Standardization(ISO). *Mechanical vibration guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand transmitted vibration.*ISO5349. Geneve: ISO. 2001.

Kilbom, A., Assessment of physical exposure in relation to work-related musculos- keletal disorders - What information can be obtained from systematic observation?, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health,* 20, 30-45, 1994.

Kurppa, K., Viikari-Juntura, E., Kuosma, E., Huuskonen, M. and Kivi, P., Incidence of tenosynovitis or peritendinitis and epicondylitis in a meat-processing factory, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 17(1), 32-37, 1991.

McAtamney, L. and Corlett, E. N., RULA: a survey method for the investigation of work- related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.

Moore, J. S. and Garg, A., A comparison of different approaches for ergonomic job evaluation for predicting risk of upper extremity disorders, *IEA 94. Occupational Health and Safety Research,* 1994.

Moore, J. S. and Garg, A., The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(5), 443-458, 1995.

National Institute for Occupational Safety and Health, *Musculoskeletal disorders and workplace factors -A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back*, 2nd edition. Center for Disease Control and Prevention, 1997a.

National Institute for Occupational Safety and Health, *Elements of ergonomics programs,* DHHS publication No. 97-117, 1997b.

Occupational Safety and Health Adminstration. *Federal register Vol 64, No. 225, Ergonomics Program,* OSHA, 1999.

Oxenburgh, M., Cost-benefit analysis of ergonomics programs, *Am. Industrial Hygiene Association Journal*, 58(2), 1997.

Punnett, L. and Wegman, D. H., Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate, *Journal of Electro Kinesiology*, 14, 13-23, 2004.

Robertson, M. M. and O'Neill, M. J., Reducing musculoskeletal discomfort: effects of an office ergonomics workplace and training intervention, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 9(4), 491-502, 2003.

Silverstein, B. A., Fine, L. J. and Armstrong, T. J, Occupational factors and the carpal tunnel syndrome, *American Journal of Industrial Medicine*, 11(3), 343-358, 1987.

Sluiter, J. K., Rest, K. M. and Frings-Dresen, M. H. W., Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health,* 27(1), 1-102, 2001.

Taylor, W. and Brammer, A. J., Vibration white finger in the workplace, *Journal of the Society of Occupational Medicine*, 32, 159-166, 1982.

UAW-GM Center for Human Resources, *UAW-GM Ergonomics risk factor checklist RFC2,* UAW-GM Center for Human Resources, Health and Safety Center, 1998.

Washington Department of Labor and Industries(WDLI). *Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the specific performance approach*, Washington Department of Labor and Industries, 2000.

저자 소개

박 희 석 hspark@hongik.ac.kr
미시간대학교 산업공학과 박사
현 재: 홍익대학교 산업공학과 교수
관심분야: 산업인간공학, HCI

이 윤 근 lyk4140@hanmail.net
가톨릭대학교 보건학 박사
현 재: 노동환경건강연구소 책임연구원
관심분야: 산업보건, 산업인간공학

임 상 혁 imkooro@paran.com
산업의학 전문의
홍익대학교 산업공학과 박사
현 재: 노동환경건강연구소 소장
관심분야: 산업보건, 산업인간공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 07월 08일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 07월 14일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 07월 15일