

종합 병원 종사자 업무의 인간공학적 평가 및 개선 방안

기도형¹ · 송영웅^{2*}

¹계명대학교 산업시스템공학과 · ²대구가톨릭대학교 산업보건학과

Ergonomic evaluation and improving measures of tasks performed in a general hospital

Dohyung Kee¹ · Young Woong Song^{2*}

¹Department of Industrial and Systems Engineering, Keimyung University

²Department of Occupational Health, Catholic University of Taegu

The objectives of this study were to ergonomically evaluate varying tasks performed in a general hospital and to propose their improving measures based on the evaluation results. The tasks found in the hospital were largely classified into two groups of manual materials handling and awkward posture related tasks. Ergonomic tools of NLE, 3-D SSPP and RULA were used for evaluating workload of the tasks. The major findings are: 1) L5/S1 compressive force of patient transferring by one person exceeded the maximum permissible limit(6,400N) by NIOSH. The L5/S1 compressive forces for most of the patient transferring tasks by 2-4 persons were larger than the action limit (3,400N), and the tasks by five persons were analyzed to be safe in the view of L5/S1 compressive force; 2) patient repositioning tasks by 2-3 persons were

hazardous on the basis of L5/S1 compressive force, while most of the tasks by 4-5 persons were safe; 3) many tasks performed in wards were found to be stressful, most of which resulted from improper heights of their working tables or working points. Of varying tasks in general hospitals, patient transferring was the most stressful. Based on the results of this study and high prevalence of musculoskeletal disorders from other studies, it is recommended that the ergonomics program be introduced and enforced for doing improving activities systematically

Key Words : musculoskeletal disorders(MSDs), nurse, RULA, 3-D SSPP, NLE

I . 서론

노동부 통계에 의하면 근골격계질환이 2003년에 4,532건이 발생하여 전년 대비 약 148% 증가하였고, 전체 업무상 질병자의 약 절반 정도가 근골격계질환일 정도로 산업안전 부

야의 큰 문제로 대두되고 있다(노동부, 2004). 간호직을 포함한 병원 종사자의 요통을 포함한 근골격계질환 유병률 및 증상 호소율이 다른 직종에 비하여 높게 나타나, 병원 업무가 힘든 직종 중의 하나인 것으로 알려져 있다.

간호사의 경우 평생 동안 요통 유병률이 35-90%, 최근 12

접수일 : 2006년 1월 3일, 채택일 : 2006년 5월 23일

* 교신저자 : 송영웅 (경북 경산시 하양읍 대구가톨릭대학교 산업보건학과

Tel: 053-850-3740, E-mail: songyw@cu.ac.kr)

개월 동안 유병율 35-80%, 순간 유병율이 16-37%에 이르고 (Knibbe와 Friele, 1996), 간호사의 요통 발병율(incidence rate)은 건설 노동자, 청소부와 비슷한 수준인 것으로 보고되고 있다 (Marras 등 1999). 어깨 부위 근골격계질환 유병율은 43-53%, 목 부위 유병율은 31-48% 수준에 있는 것으로 조사되었다 (Lagerstrom 등, 1995; Ando 등, 2000). 1990년에서 1998년까지 미국 워싱턴주의 자료에 의하면 nursing home에서 일하는 간호사의 근골격계질환 발병율은 전 산업 중에서 가장 높았고, 발병자 수는 두 번째로 높은 것으로 나타났다 (Silverstein 등, 2001). 미국 전체로는 간호사의 근골격계질환 발병율이 전 산업 중에서 여섯 번째로 높고, 근로 손실 일수의 중앙값은 5일인 것으로 미국 노동통계청 자료가 보여주고 있다 (Bureau of Labor Statistics, 1999).

기도형(2005)은 종합병원 간호사를 대상으로 조사한 연구에서 근골격계질환 호소율은 어깨 부위에서 가장 높게 나타났고, 신체 부위에 따라 12-44%를 보이는 것으로 보고하였다. 구정완 등(2005)은 근골격계질환 호소율이 신체 부위에 따라 28-58%로 나타남을 보고하였고, 김철홍 등(2005)의 연구에 의하면 유소견자가 81.6%에 이르고 있다.

미국, 호주 물리치료사의 근골격계질환 호소율은 요통이 가장 높고, 신체 부위에 따라 10.9-62.5%에 이르는 것으로 보고되어 있다(Bork 등, 1996; Cromie 등, 2000). 김강운 등(2004)은 우리나라 물리치료사의 근골격계질환 호소율은 어깨 부위가 68.3%로 가장 높고, 목 65%, 허리 65%, 손/손목 48.3%, 팔/팔꿈치 23.3% 등인 것으로 보고하였고, REBA (Rapid Entire Body Assessment)를 이용한 자세부하 분석에서 물리치료사의 업무 중 개선이 요구되는 작업이 업무에 따라 46.2-100.0%에 이르고, 환자운반보다 체위변경이 허리에 걸리는 부하량이 큼을 보고하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 김강운 등(2004)의 연구를 제외한 병원 업무 종사자의 근골격계질환에 대한 연구는 유병율이나 증상 호소율이 대부분이다. 이러한 유병율이나 증상 호소율은 개선 활동 계획을 세우기 위한 기초 자료로 유용할 것으로 판단된다. 그러나, 근골격계질환 예방을 위해서는 유병율이나 증상 호소율과 더불어 병원 업무의 부하에 대한 정량적 평가가 필요하나, 이에 대한 연구는 거의 없다고 할 수 있다. 즉, 인력운반작업의 경우 척추 디스크 압축력과 같은 인체역학적 부하결과와 NIOSH 들기식을 이용한 부하점수, 부적절한 작업자세가 많은 비정형작업의 경우 작업자세 평가 점수와 같은 정량적 평가 연구는 병원 업무를 대상으로 많지 않은 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 병원에서 일어나는 업무 중 대표적인 것을 선정하여 인간공학적 평가 기법을 이용하여 부하를 정량적으로 평가하고, 개선 방안을 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 산업안전보건법에 의해 수행된 2004년도 정기유해요인조사 결과를 바탕으로 상대적으로 부하가 큰 것으로 판단되는 A 종합 병원의 중환자실, 수술실, 응급실, 병동, 중앙공급실, 재활치료실이 분석 대상 부서로 선정되었다.

2004년도 정기유해요인조사 중 근골격계질환 징후 및 증상 조사에서 병원 전체의 근골격계질환 증상 호소율은 33.2%였으며, 본 연구에서는 호소율이 40%를 넘는 부서 6개를 선정하였다. 근골격계질환 증상 호소율은 NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) 기준을 따라 산정하였다 (U.S. Department of Health and Human Services, 1997). 즉, 지난 1년간 증상이 적어도 1주일 이상 지속된 경우를 근골격계질환 증상 호소자로 분류하는 NIOSH 기준 I을 판정 기준으로 사용하였다. 선정된 부서의 근골격계질환 증상 호소율 (인원)은 중환자실 60.0% (12), 수술실 46.0% (33), 응급실 58.7% (27), 병동 43.7% (14), 중앙공급실 62.5% (15), 재활치료실 57.1% (4)로 나타났다. 선정된 6개 부서별 분석 작업 수는 각각 중환자실 8, 수술실 18, 응급실 29, 병동 30, 중앙공급실 25, 재활치료실 12개 작업이었다.

선정된 부서에 대해서는 현장에서 일어나는 모든 작업에 대한 인간공학적 평가를 수행하였으며, 본 연구에서는 부하가 크게 평가되었거나 개선이 필요하다고 판단된 작업을 제시한다. 선정된 업무는 환자 운반, 체위 변경, 조리 업무, 간호 업무, 간호 보조 업무 등을 포함한다.

2. 연구 방법

업무가 일어나는 현장에서 캠코더로 작업 장면을 촬영하고, 줄자, 고니오미터(goniometer), 휴대용 저울 등을 이용하여 인간공학적 평가 기법 적용에 필요한 자료를 측정하였다. 촬영 및 측정과 더불어 근무 형태, 근무 인원, 업무 빈도 등을 담당자로부터 조사하였다. 촬영된 작업 장면을 되돌려 보면서 부하가 가장 클 것으로 예상되는 장면을 샘플링하여 이를 대상으로 인간공학적 작업 부하 평가를 수행하였다.

작업은 크게 중량물 취급 업무와 작업자세가 문제가 되는 업무로 나누었으며, 중량물 취급 작업에는 환자 운반, 체위 변경, 수액 박스 작업이 포함되었다. 작업자세가 문제가 되는 작업은 환자 간호, 매트리트 시트 교환, 개수대 작업, 기구 포장 작업이 포함되었다.

중량물 취급 작업의 인간공학적 평가를 위해서 NIOSH 들기작업 공식(Niosh Lifting Equation, NLE), 요추 부위에 걸리는 생체역학적 부하 분석에는 3-D SSPP(3-D Static Strength Prediction Program)을 사용하였다. NLE는 들기 작업의 위험성을 예측하고 인간공학적인 작업방법의 개선을 통해 작업자의 직업성 요통을 사전에 예방하기 위해 NIOSH에서 제안한 식이다. 본 연구에서는 먼저 실제 작업을 관찰한 다음, 들기 시작점과 종점에서의 수평거리와 수직거리, 비대칭 각도, 작업 지속 시간 등을 실측하였다. 이러한 실측 자료를 NLE에 대입하여 권장무게한계(Recommended Weight Limit, RWL)를 계산한 다음, 실제 작업 무게를 RWL로 나누어 들기 지수(Lifting Index, LI)를 구하였다. 일반적으로 LI가 1보다 크면 위험한 작업으로 분류된다.

3-D SSPP는 미국 미시간 대학교에서 개발한 프로그램으로, 정역학적 인체역학 모델을 사용하여 작업 시 L5/S1(lumbosacral disc, 5번째 요추와 천추 사이의 디스크) 압축력을 계산하여 준다. 3-D SSPP는 L5/S1 압축력을 계산하기 위해 최적화 모델 중 Double LP(Linear Programming) model(Bean 등, 1988)을 사용하고 있으며, 최적화 모델의 사용편의성(빠르고 사용하기 쉬워서 현장 연구에 적합, Gagnon 등, 2001) 때문에 현장에서의 요추부위 인체역학적 부하 평가에 많이 사용되고 있다. NIOSH에서는 L5/S1 압축력의 크기에 따라 3,400N을 행동한계(Action Limit, AL)로, 6,400N을 최대허용한계(Maximum Permissible Limit, MPL)로 구분하고 있으며, 3,400N 미만일 경우에는 비교적 안전한 작업이고, 3,400-6,400N 사이는 위험한 작업으로 공학적 개선이 이루어져야 하며, 6,400N은 절대 넘지 않도록 제안하고 있다(Waters 등, 1993).

3-D SSPP 분석 대상 자세는 캠코더 촬영 장면 중에서 부하가 가장 클 것으로 예상되는 장면을 선정하였다. 3D-SSPP를 사용하여 L5/S1 압축력을 계산하기 위해서는 작업자의 키와 몸무게 데이터가 필요하며, 기술표준원의 2003-2004년도 한국인 인체치수 조사 자료에 근거하여 평균치로 추정하였다(기술표준원, 2005). 즉, 환자 운반 작업을 수행하는 간호사 혹은 치료사의 연령이 25-29세이었으며, 이 연령대의 한국인 평균치는 남자의 경우 신장은 172.5cm, 체중은 70.1kg, 여자의 경우 신장은 159.3cm, 체중은 54.8kg을 사용하였다. 두 명 이상이 팀을 이루어 수행하는 환자 운반 작업의 경우에는 환자의 체중이 작업자에게 부하되는 분포 비율이 필요하며 신체 부위별 체중 분포 비율(Chaffin 등, 1999)을 사용하여 계산하였다. 즉, 다리 부위(발 포함)는 남자 11.8%, 여자 9.9%, 다리를 제외한 부위는 남자 88.2%, 여자 90.1%이었다(환자 체중 비율). 환자 운반 작업에서 작업자 수에 따른 환자의 체중 분포에 대한 구체적인 가정은 다음과 같다. 1) 2인

휠체어 운반 작업에서 한 명은 몸통을, 다른 한 명은 다리 부위를 잡고, 환자 체중은 다리 부위와 이를 제외한 부위로 나누어져 각 작업자에 분포된다. 한편, 2인이 침상에서 침상으로 이송할 경우에는 환자의 체중이 두 작업자에게 균등하게 부하된다. 2) 3인 운반 작업은 환자 몸통 부위를 2명이 잡고, 1명은 다리 부위를 잡는 방식으로 이루어지며, 환자 체중은 앞서 언급한 2인 운반 작업에서와 같이 다리 부위와 다리를 제외한 부위로 나누어 작업자에게 분산된다. 몸통을 잡는 두 명의 작업자에게는 다리를 제외한 체중이 고르게 분산된다. 3) 4인 이상 운반 작업에서 환자 체중은 각 작업자에게 고르게 분산된다. 4인 작업에서 한쪽의 작업자 2명은 환자를 들고 밀어 주고 다른 쪽 작업자 2명은 환자를 들어 당긴다. 5인 운반 작업에서는 2인은 침상 위에 올라서서 환자를 들고 당기고, 3인은 침상 아래에서 환자를 들어주는 방식으로 작업이 이루어진다.

작업 자세 평가에는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment; McAtamney and Corlett, 1993) 기법을 사용하였다. RULA는 어깨, 팔목, 손목, 목 등 상지에 초점을 맞추어서 작업자세로 인한 작업부하를 쉽고 빠르게 평가하기 위해 만들어진 기법으로, 작업 자세, 동작의 횟수(빈도), 정적인 근육작업, 작업시 요구되는 힘의 4가지 작업부하요소를 고려하여 부하점수를 산출한다. 자세 부하 평가에는 OWAS(Ovako Working Posture Analysis System), RULA, REBA 등이 많이 사용되고 있으나, 업종이나 업무 종류에 관계없이 OWAS, REBA가 RULA에 비해 저평가하는 것으로 알려져 있어(기도형, 2005), 본 연구에서는 RULA를 사용하였다.

이상과 같은 정량적 평가 기법의 분석 결과를 바탕으로 개선안을 제시하였으며, 작업 개선에는 작업대 설계 원칙, 들기 작업 방법 등의 일반적 인간공학적 원칙이 적용되었다.

III. 결과

1. 중량물 취급 업무

1) 환자 운반

환자 운반 작업은 응급실, 병동, 수술실, CT, MRI 촬영실 등 검사를 위한 공간에서 이루어지며, 휠체어에서 침상으로, 침상에서 휠체어로, 침상에서 침상으로 환자를 옮기는 형태로 이루어진다. 휠체어에서 침상으로 혹은 반대 방향으로의 환자 운반은 1-2인이, 침상에서 침상으로 환자를 운반할 때는 2-5인이 통상적으로 수행한다. 병원에서 환자 운반 작업은 작업 인원에 따라 다양한 방법으로 수행되나, 본 연구에서는 작업 인원에 따른 대표적 방법을 선정하여 이에 대한 부하를

분석하였다. 1-5인에 의한 환자 운반 작업 방법은 그림 1에 제시되어 있다. 휠체어의 안장 높이는 45 cm 이었고, 침대의 높이는 81 cm, 너비는 80 cm 이었다.



Fig. 1. Patient transferring by 1-5 persons.

각 환자 운반 작업에 대한 L5/S1 압축력은 표 1에 개선된 방법에서의 압축력과 함께 정리되어 있다. 1인 운반 작업의

경우 환자 체중이 50kg일 때부터 최대허용한계인 6,400N을 초과하였다. 2인이 휠체어에서 침상으로 환자를 운반할 때 다리 부위를 잡는 작업자(표 1에서의 leg lifter)의 L5/S1 압축력은 환자 체중이 80kg일 때도 3,000N 이내에서 있어 행동한계인 3,400N보다 작으므로, 안전한 작업으로 해석할 수 있다. 그러나, 몸통 부위를 잡는 작업자(표 1에서의 trunk lifter)의 경우는 L5/S1 압축력이 행동한계를 벗어나고, 환자 체중이 70kg 이상일 때는 최대허용한계를 벗어났다. 2인이 침상에서 침상으로 운반하는 작업은 환자 체중이 50kg일 때부터 행동한계를 벗어나(운반 작업 방법은 4인 작업과 같음), 개선이 요구되는 위험한 작업으로 분석되었다. 3인이 작업을 할 때 다리 부위를 잡는 작업자의 L5/S1 압축력은 2,000N 이내에 있어 부하가 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 몸통 부위를 잡는 두 작업자의 경우는 행동한계를 초과하고, 환자 체중이 80kg일 때는 최대허용한계를 벗어났다. 4인 작업의 경우에는 환자 체중이 70kg 이상일 경우 행동한계를 벗어났다. 5인 작업에서 침상 위에 올라서서 환자를 당기는 작업자(lifters on bed)의 경우 환자 체중이 80kg 미만이면 행동한계 이내에 드나, 80kg을 초과하면 행동한계를 벗어났다. 침상 아래에서 환자를 운반하는 작업자(lifters on floor)의 경우는 환자 체중이 60kg 미만일 때는 L5/S1 compressive force가 행동한계 이하이나, 60kg을 초과하면 행동한계보다 크게 나타났다. 환자 운반 회수는 병동, 응급실에서 8시간 근무 중 5회 전

Table 1. L5/S1 compressive force for patient transferring (Newton, ± error)

Lifting Type	Number of lifters	Position of lifters(No.)	Body weight of a patientfor patient			
			50kg	60kg	70kg	80kg
Wheel chair to bed	1	-	7,539(±578)	8,674(±699)	10,149(±778)	11,624(±888)
	2	Leg(1)	2,544(±188)	2,649(±196)	2,745(±203)	2,852(±211)
		Trunk(1)	5,158(±414)	6,148(±488)	7,139(±562)	8,141(±637)
	3 †	Leg(1)	2,544(±188)	2,649(±196)	2,745(±203)	2,852(±211)
		Trunk(2)	3,398(±269)	3,670(±293)	3,922(±317)	4,167(±341)
	Bed to bed	2	*	4,063(±335)	4,697(±384)	5,421(±439)
2 ‡		*	2,265(±155)	2,554(±178)	2,829(±201)	3,092(±223)
3		Leg(1)	1,677(±122)	1,785(±130)	1,883(±138)	1,989(±147)
		Trunk(2)	4,790(±394)	5,321(±443)	5,965(±496)	6,742(±556)
4		*	3,095(±244)	3,309(±263)	3,512(±282)	3,706(±300)
5		On bed(2)	3,172(±255)	3,439(±278)	3,700(±301)	3,955(±324)
	On floor(3)	2,981(±217)	3,149(±229)	3,316(±241)	3,483(±254)	

* All workers are in the same position.
 † Improved method (three-person lifting instead of one- or two-person lifting)
 ‡ Improved method (lifting using draw sheet)

후가 가장 많았으며, 10회 이상 발생하는 경우도 있으나 이는 매우 드문 것으로 조사되었다. NIOSH 들기작업 공식을 참조하면 환자 운반 회수는 크게 문제가 되지 않는 것으로 판단된다.

다음에는 전술한 부하의 크기를 바탕으로 환자 운반 작업의 개선을 제시하고자 한다. 휠체어에서 침상으로 환자를 운반하는 작업에서 환자가 의식이 있을 경우는 다음 그림 2와 같은 transfer pole을 설치하여, 환자가 이를 잡고 일어서게 하고 작업자는 옆에서 보조하게 하도록 한다.



Fig. 2. Transfer pole.

환자가 본인의 체중을 감당하지 못하거나 의식이 없을 경우는 몸통을 2인이, 다리 부위를 1인이 잡는 3인 작업으로 전환하는 것이 권장된다. 3인이 휠체어에서 침상으로 운반하는 작업의 L5/S1 압축력을 분석하여 보면, 환자 체중이 50kg 이하일 때는 행동한계 내에 드는 것으로 나타났다(3,398N). 환자 체중이 60kg일 때부터는 L5/S1 압축력이 환자 체중에 따라, 3,670N, 3,922N, 4,167N으로 행동한계를 벗어나 2인 작업에 비하여 L5/S1 압축력이 크게 줄어들었음을 알 수 있다. 그러나, 행동한계를 초과하고 최대허용범위 내에 있게 되어 여전히 개선이 요구된다. 따라서, 인력으로 환자를 휠체어에서 침상으로 혹은 반대 방향으로 인력으로 운반하는 작업은 최소화하여야 하며, 운반할 경우 sit-to-stand lift(그림 3) 등의 기계적 보조 도구를 사용하여 인력 사용을 줄여야 한다.



Fig. 3. Sit-to-stand lift.

2인이 침상에서 침상으로 환자를 운반하는 작업은 부하가 매우 크므로 가급적 피하여야 하며, 3인 이상이 할 경우에도 환자 몸을 직접 잡는 방식 대신 다음 그림 4와 같은 draw sheet를 환자 등 아래에 깔아 이를 잡으면 좋은 자세로 운반 작업을 할 수 있어 부하를 줄일 수 있다. 이는 환자 몸을 직접 잡으면 허리를 크게 구부리게 되어 수평거리가 커져 부하가 급증하게 되기 때문이다. 이렇게 작업 방법을 변경하여 2인이 운반 작업을 할 경우 환자 체중에 따라 L5/S1 압축력은 2,265N, 2,554N, 2,829N, 3,092N으로 크게 줄어들어 행동한계 이내에 들어 안전한 작업이 된다. 앞서 살펴 본 바와 같이 환자 운반 작업은 부하가 매우 커 장기적으로 볼 때, 다음 그림 5의 sling lift와 같은 보조 도구를 이용하여 기계화하여 인력 부담을 덜어 주어야 한다.



Fig. 4. Draw sheet.

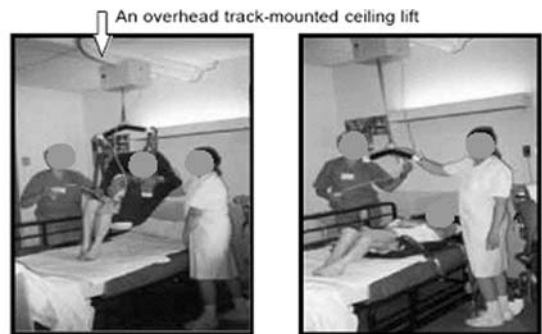


Fig. 5. Sling lifter.

2) 체위 변경

체위 변경 작업은 중환자실, 병동에서 주로 일어나며, 2-5인이 공동으로 작업을 수행한다(그림 6). 중환자실에서는 보통 3-4인이 수행하며 작업 빈도는 8시간 근무 시간 중 5회 이하가 대부분이다. 체위 변경 작업 시에도 환자 운반에서와 같이 환자 체중이 공동 작업자에게 고르게 분산된다고 가정하고, 3-D SSPP를 적용하여 L5/S1 압축력을 계산하였다(표 2).

4-5인 작업은 4인 작업에서 환자 80kg일 때를 제외하면 L5/S1 압축력이 행동한계 3,400N보다 작아, 큰 부하는 없는 것으로 분석되었다. 그러나 2-3인 작업에서는 환자 체중에 관계없이 모두에서 L5/S1 압축력이 행동한계를 초과하여 개선이 요구된다.

환자 체위 변경 작업의 부하를 줄이기 위해서는 위에서 본 바와 같이 가능하면 작업자 수를 4인 이상으로 하여야 한다. 2-3인 작업에서 환자 체중이 가벼울 경우 그림 4에서와 같은 draw sheet를 이용하여 허리를 곧게 펴는 등 작업 자세를 개선하면, L5/S1 압축력을 대폭 줄일 수 있다. 즉, 2인 작업에서 환자 체중이 80kg일 때 L5/S1 압축력이 3,234N이 되어, 환자 체중과 2-3인의 작업자 수에 관계없이 행동한계 이하로 줄어들어 안전한 작업이 된다. 작업 인원이 부족하거나 환자 체중이 무거운 경우는 다음 그림 7과 같은 ceiling lift를 이용하여 인력이 아닌 기계적 보조 도구를 이용하여 인력 부하를

줄여 주어야 한다.

3) 수액 박스 처리 작업

수액 박스를 그림 8에서와 같이 7-8단으로 높게 쌓아 두었다가 수액이 필요할 경우 박스를 바닥에 내려 놓고, 박스를 열어 수액을 끄집어 내어 필요한 곳으로 이동하는 작업이다. 수액 박스의 무게는 10.0kg, 11.5kg, 12.5kg이고, 박스를 들어 내리는 회수는 근무 시간 중 최대 2회이다. 그림 8의 작업에 RULA를 적용하면 action level이 4로 나와 즉각적 개선이 요구된다. 이는 수액 박스가 높이 위치하여 팔을 어깨 위로 들어 올려야 하고 수액 박스가 무겁기 때문이다.

NLE를 적용하여 계산한 권장무게한계, LI가 각 단의 높이와 함께 표 3에 정리되어 있다. 바닥에서 수액 박스를 끄집어 내므로 1단은 NLE를 적용하지 않았다. 수액 박스의 무게를 최대인 12.5kg으로 가정할 경우에도 LI가 1.6을 넘지 않아, 들



Fig. 6. Patient repositioning.



Fig. 7. Ceiling lift.

Table 2. L5/S1 compressive forces for repositioning patients (Newton, ±error)

Number of workers	Body weight of a patient			
	50kg	60kg	70kg	80kg
2 persons	3,958(±317)	4,392(±355)	4,812(±392)	5,217(±428)
2 persons *	2,271(±159)	2,600(±185)	2,921(±211)	3,234(±237)
3 persons	3,510(±279)	3,510(±279)	3,811(±304)	4,099(±329)
4 persons	2,809(±220)	3,046(±240)	3,280(±259)	3,510(±279)
5 persons	2,567(±200)	2,761(±216)	2,952(±232)	3,140(±247)

* Improved method : lifting using draw sheet

Table 3. RWLs and LIs for tasks of lifting/lowering Linger's fluid box

NLE criteria	Layer						
	2	3	4	5	6	7	8
Layer height (cm)	15	30	45	60	75	90	105
RWL(kg)	8.5	8.9	8.8	8.4	8.2	8.1	8.0
LI	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6

기/내리기 작업 관점에서 부하가 높다고 하기는 어렵다. 그러나 LI가 모두 1.0을 초과하므로 개선이 있어야 할 것으로 판단된다.



Fig. 8. Stack of Linger's solution box.

현재 상태에서는 수액 박스를 6단 이하로 쌓는 것이 자세 부하와 들기/내리기 작업 부하를 조금이라도 줄일 수 있는 방안으로 생각된다. 좀 더 적극적으로 개선안을 고려하면 높낮이가 조절되는 리프트에 수액 박스를 쌓아두고, 작업 시 높이를 허리 높이에 맞춰 놓고 작업하면 들기/내리기 작업 부하와 자세 부하를 크게 줄일 수 있다. 이렇게 할 경우 RULA action level이 2로 개선되며, 들기/내리기 작업은 일어나지 않게 된다.

2. 작업 자세

1) 환자 간호

환자 간호는 주사 놓기, 수액 교환, 준비 작업 등 다양한 작업을 포함한다 (그림 9). 그림 9에서 보는 바와 같이 병원에서 사용하는 대부분의 침상이 높낮이 조절이 되지 않는 고정식이고, 침상 높이가 70cm, 80cm로 낮아 환자 처치 작업 시 바닥에 쪼그려 앉거나 허리를 크게 구부리는 문제가 발생하고 있다. RULA를 적용한 자세 부하는 3 혹은 4로 나타나(그림 9에 제시되어 있는 순서대로 action level이 3, 4, 3, 3, 3), 빠른 시일 내 혹은 즉각적 개선이 요구된다.

이러한 큰 자세 부하는 주로 작업점이 낮아 다리를 쪼그리고 앉고, 허리를 크게 구부리기 때문에 발생한다. 한편, 수액 걸기 작업에서는 작업점이 높아 팔을 어깨 위로 들어 올리는 자세 때문이다. 따라서, 전반적으로 작업점을 적절하게 조절하여 주는 방향으로 개선이 이루어져야 한다. 바닥에 쪼그려 앉아 환자 간호를 하는 작업은 그림 10에서와 같이 의자에 앉아서 작업을 하면 RULA action level을 2 수준으로 줄일 수 있다. 환자 간호 시 침상이 낮아 허리를 크게 구부리는 자세



Fig. 9. Nursing tasks.

가 발생하므로, 현재와 같이 고정식이 아닌 높낮이 조절 가능한 침상으로 교체하여(높낮이 조절 가능 범위: 62-95cm), 일반적 입식 작업과 같은 수준으로 높여서 환자 간호 작업을 수행하게 한다. 보통의 입식 작업에서는 팔꿈치 높이보다 약 10cm 정도 낮은 작업대가 권장된다(Eastman Kodak Company, 1983). 천정 부착형 수액 걸이대는 높낮이 조절 가능하게 변경하여 어깨 아래에서 작업이 이루어지도록 하고, 침상 부착형 걸이대는 침상에서 60-70cm 위에 수액 고리가 위치하도록 표준화하여(주사 위치와 50cm 이상의 높이 차가 보장되어야 함) 어깨 아래에서 작업이 이루어지도록 하여야 한다. 위와 같이 작업을 개선하면 RULA action level이 2 이하로 줄어 들게 된다.



Fig. 10. Improved method for nursing patient lying in bed.

2) 매트리스 시트 교환

매트리스 시트 교환 작업은 모닝 케어 작업 시 주로 일어나며 1-2인이 작업을 수행하며, 근무 시간 중 10-15회 정도 발

생한다. 1인이 수행하는 작업에 대하여 RULA를 적용하면 action level이 3으로 나타나 빠른 시일 내에 개선이 요구된다(그림 11). 이는 그림 11에서 보는 바와 같이 몸통을 비틀고 허리를 구부리는 부자연스러운 자세 때문이기도 하지만, 침상 매트리스 한쪽 끝 부분을 들어 올린 상태에서 시트 끝 부분을 묶어 고정하는데 소요되는 힘(2kg 이상) 때문이기도 하다. 침상이나 매트리스의 구조 상 자세를 개선하기는 쉽지 않다. 따라서, 시트 끝 부분에 밴드 혹은 찍찍이(hook-and-loop)를 부착하여 이를 이용하여 시트를 매트리스에 부착하면, 현재와 같이 매트리스 한쪽을 들어 올리는 동작을 줄일 수 있을 것이다(RULA action level: 2).



Fig. 11. Mattress sheet changing task

3) 개수대 세척 작업

개수대의 높이가 낮고(약 80cm 전후) 세척조가 깊어(깊이: 약 30cm 전후) 세척 작업 시 허리를 크게 구부리게 된다(그림 12 a, RULA action level 3). 개수대 높이를 여성의 팔꿈치 높이를 기준으로 85-90cm 정도가 되게 높이고, 세척조 깊이를 15cm 이내로 줄이면, 그림 12 (b)와 같이 작업 자세가 개선되어 RULA action level이 2로 줄어든다.

4) 기구 포장

기구 포장은 수술실, 병동 등에서 사용한 기구들을 수령하여 세척한 후 열처리 소독을 위하여 기구를 포장하는 작업이다. 기구 포장이 이루어지는 작업대는 높이가 약 78cm 정도로 낮아, 포장 작업 시 허리를 크게 구부리는 부자연스러운 자세가 발생한다(그림 13 a, RULA action level: 3). 작업대 높이를 팔꿈치 높이 기준으로 높이가 약 90cm가 되도록 개선하면, 그림 13 (b)에서와 같이 몸통 자세를 크게 개선할 수 있다(RULA action level: 2).



(a) before improvement



(b) after improvement

Fig. 13. Packaging operation and treatment tools.

IV. 고찰

본 연구에서는 응급실, 수술실, 병동, 검사실 등에서 일어나는 1-5인이 수행하는 환자 운반 작업을 3-D SSPP를 이용하여, L5/S1 압축력을 계산하여 작업 부하를 분석하였다. 휠체어에서 침상으로 운반하는 작업과 침상에서 침상으로 운반하는 작업에서 다리 부위를 잡는 작업자와 5인 운반 작업을 제외한 대부분의 환자 운반 작업에서 NIOSH 행동한계를 벗어나 개선이 요구되는 작업으로 나타났다. 1인 작업은 환자 체중에 관계없이 모두 L5/S1 압축력이 최대허용한계를 초



(a) before improvement



(b) after improvement

Fig. 12. Washing tasks in sink.

과하였고, 2인 작업에서 환자 몸무게가 70kg 이상일 경우에도 최대허용한계를 벗어났다. 이러한 결과는 1-2인이 환자 운반을 할 경우 운반 방법에 관계없이 행동한계를 벗어난 매우 위험한 작업임을 밝힌 Marras 등(1999)의 연구 결과와 일치한다.

국내 일부 병원에서 남자 조무사를 채용하여 이들로 하여금 환자 운반 업무를 전담하게 하고 있는 실정이다. 본 연구 결과에서 본 바와 같이 소수의 인원이 환자 운반 작업을 수행할 경우 부하가 매우 큰 것으로 나타나, 이는 올바른 개선 방안이라 하기 어렵다.

2-5인이 수행하는 환자 체위 변경에 대해서도 3-D SSPP를 이용하여 작업 부하를 분석하였다. 분석 결과 전반적으로 환자 운반 작업에 비하여 L5/S1 압축력이 작은 것으로 나타났다. 이는 종합병원 물리치료를 대상으로 한 환자 운반과 체위 변경 작업에 대한 REBA 분석에서, 환자 체위 변경 작업이 더 위험하다고 한 김강운 등(2004)의 연구와 반대의 결과이다. 이것은 김강운 등(2004)의 연구에서는 주로 남자 물리치료사가 분석 대상이었으며, 환자 운반에서는 1-2인이 작업을 하였고(본 연구에서는 1-5인), 체위 변경 작업은 1인 작업(본 연구에서는 2-5인)을 분석하였다는 점, 또한 물리 치료를 위한 매트와 일반 병동에서의 침상의 작업 변수 차이 때문으로 판단된다. 따라서, 두 작업에 대한 부하의 비교는 작업 방법, 작업 인원 등을 고려한 후 이루어져야 할 것이다. Marras 등(1999)의 연구에서도 환자 운반, 체위 변경 방법에 따라 어떤 경우는 환자 운반이 부하가 크고, 반대인 경우도 있어 이를 뒷받침한다 할 수 있다.

환자 운반과 체위 변경의 작업의 빈도는 하루 근무 시간 중 20회를 넘는 경우는 거의 없었으며, NIOSH 들기작업 관점에서 분당 들기작업 회수가 최소치인 0.2회 이내에 들어 작업빈도는 문제가 되지 않는 것으로 판단된다. 이들 작업은 순간 부하가 매우 큰 반면에 작업자의 평균 연령이 높아져 근력이 떨어지고 있어(MacLeod, 1995), 장기적으로는 현재와 같은 인력이 아닌 sling, ceiling lift, sit-to-stand lift 등의 보조 도구를 도입하여 기계화하여야 할 것으로 생각된다. 미국 워싱턴 주에서는 노인요양원(nursing home)의 환자 운반 작업에 sit-to-stand lift, gait belt 등의 보조 도구를 도입하여 사용하는 'zero-lift program'를 시행하여, 근골격계질환을 크게 줄임과 동시에 투자 대비 경제성도 매우 높음을 보고하였다(Silverstein 등, 2001).

본 연구에서 환자 운반과 체위 변경 작업을 인력으로 수행할 경우 draw sheet를 이용한 방법을 개선안으로 제시하였고, 이 경우 L5/S1 압축력이 행동한계 내에 드는 것으로 나타났다. Marras 등(1999)의 연구에서도 비교된 방법 중 draw sheet를 이용한 방법이 부하가 가장 작은 것으로 나타나, 본 연구

의 제안에 타당성이 있음을 보이고 있다.

본 연구에서 환자 운반과 체위 변경 작업 분석 시 공동 작업에서 환자 체중이 작업자에게 고르게 분포되거나 특정 신체 부위의 비율만큼 분산된다고 가정하였다. 그러나, 인체는 각 부위가 독립되어 있는 것이 아니고 유기적이기 때문에 이러한 가정에는 약간의 문제가 있다. 특히, 3,5인의 홀수 작업자가 환자를 운반하거나 체위 변경을 할 경우, 모든 작업자에게 고르게 분산되기보다는 작업 인원이 적은 쪽 작업자에게 조금 더 환자 체중이 분산될 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서 환자 운반과 체위 변경에 대해 제시한 L5/S1 압축력은 실제와 다르게 과소평가할 수 있으므로 주의가 요구된다. 환자 체중이 작업자에게 분산되는 정도를 측정할 방법이 없어 본 연구에서는 이러한 가정을 하였으나, 부하의 전체적 경향을 파악하는 데는 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

주어진 건물이나 부지 규모에서 병원이 확장되면서 충분한 공간이 확보되지 않아, 수액 박스 적재에서 본 바와 같이 중량물을 작업자 키 높이 이상으로 쌓아 두는 문제가 있었다. 또한, 전반적으로 작업대 높이는 인간공학적으로 권장되는 치수에 비하여 낮아 허리를 구부리는 불안정한 자세가 다수 관찰되었다. 이는 모두 노사 양측의 인간공학에 대한 인식 부족이 큰 원인으로 판단된다. 따라서, 근골격계질환 예방을 위해서는 인간공학에 대한 인식 수준 제고를 위한 적극적 교육과 더불어, 높낮이 조절 가능한 침상, 들기작업 보조 도구 보급, 작업대의 전반적 개선 등의 공학적 개선 노력이 병행되어야 할 것으로 판단된다.

위에서 제시된 인간공학적 측면에서의 개선과 함께, 병원 종사자의 적절한 인원 관리를 통한 행정적인 개선도 요구된다. 즉, 경영압박 및 구조조정 등으로 인해 간호 인력이 감소하게 되어, 개인당 작업강도가 높아져 작업스트레스증가, 작업부하증가, 작업피로도 누적 등이 발생할 수 있고, 주기적인 휴식시간관리에도 어려움이 있는 상태가 발생하여 작업 관련성질환발생이 높아질 수 있다. 그러므로, 인원 충원 등을 하지 않고 있는 현 실태를 개선하여 장기적인 관점에서 생산성향상을 유도할 수 있는 적합한 수준이상의 인원관리가 필요하다.

V. 결론

본 연구에서는 종합 병원에서 일어나는 업무 중 산업안전보건법에 의한 유해요인조사 결과를 바탕으로 유해도가 높은 부서의 업무를 선정하여, 인간공학 적 부하 평가를 실시하고 개선 방안을 제시하였다. 수술실, 응급실, 병동, 재활 치료실이 포함되어 사무직과 같은 지원 부서를 제외한 병원에서

일어나는 대부분의 업무가 포함되었다.

분석 대상 작업은 크게 환자 운반과 같은 중량물 취급 작업과 작업대 높이 등의 설계 잘못으로 발생한 부자연스러운 자세 관련 작업으로 나누어졌다. 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 1인 환자 운반 작업은 L5/S1 압축력이 NIOSH 최대허용 한계를 초과하여 매우 위험한 작업이다. 환자 다리 부위를 잡는 작업자를 제외한 대부분의 2-4인 환자 운반 작업은 L5/S1 압축력이 행동한계를 벗어나 개선이 요구된다. 반면 5인 환자 운반 작업은 대부분 안전한 것으로 분석되었다. 전반적으로 다른 작업에 비하여 부하가 높은 것으로 나타났다.

2) 2-3인 체위 변경 작업은 행동한계를 벗어나 개선이 요구되고, 4-5인 작업은 4인 작업에서 환자 체중이 80kg 이상일 경우 제외하고는 행동한계 이내에 들어 대체로 안전한 작업으로 평가되었다.

3) 환자 간호의 경우 침상이 낮거나 수액 걸이대가 높아 부자연스러운 자세가 발생하여 개선이 요구되는 높은 작업 부하를 유발한 것으로 평가되었다. 높낮이 조절 가능한 침상과 수액 걸이대가 보급하여 자세 문제를 해결할 수 있을 것이다.

4) 매트리스 시트 교환은 시트의 끝 부분을 묶어 매트리스에 고정할 때 요구되는 힘으로 인하여, RULA 분석에서 개선이 요구되어 밴드 또는 찍찍이를 부착하여 요구되는 힘을 줄이는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 종합 병원 종사자의 업무에 대한 부하 분석뿐만 아니라, 이에 대한 현실적 개선 방안을 제시하였다. 다수의 경우 실제 개선 사례와 이에 따른 부하 경감 정도를 제시하여, 연구 결과의 활용 정도를 제고하였다.

REFERENCES

구정완, 정은희, 권정현, 유재혁, 김형렬, 김현욱. 병원종사자의 근골격계부담작업에 대한 자각증상을 비교. *추계대한인간공학회논문집* 2005.

기도형. 종합 병원 간호사의 근골격계질환 실태 조사. *대한인간공학회지* 2005; 24(2): 17-24.

기도형. 작업 자세 평가 기법 OWAS, RULA, REBA 비교. *한국산업안전학회지* 2005; 20(2): 127-132.

기술표준원. 한국인 인체측정조사자료 (<http://sizekorea.ats.go.kr/>). 2005.

김강운, 안선희, 최호춘, 정경수, 박소연, 김현욱. 물리치료사의 근골격계 부담작업 유�효인평가-운동치료를 중심으로. *한국산업위생학회지* 2004; 14(2): 144-154.

김철홍, 임상혁, 문명국, 손경일, 장안석. 국내 모 대형병원사업장의 근골격계질환 실태에 관한 조사 연구. *추계대한인간공학회논문집* 2005.

노동부. *산업재해통계*. 서울. 2004.

Ando S, Ono Y, Shimaoka M, Hiruta S, Hattori Y, Hori F, Takeuchi Y. Associations of self estimated workloads with musculoskeletal symptoms among hospital nurses. *Occupational Environmental and Medicine* 2000; 57: 211-216.

Bean JC, Chaffin DB, Schultz AB. Biomechanical model calculation of muscle contraction forces: A double linear programming method. *Journal of Biomechanics* 1988; 21(1): 59-66.

Bork BE, Cook TM, Rosecrance JH, Engelhardt KA, Thomason M-E J, et al. Work-related musculoskeletal disorders among physical therapists. *Physical Therapy* 1996; 76: 827-835.

Bureau of Labor Statistics (<http://stats.bls.gov/oshhome.htm>). 1999.

Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin BJ. *Occupational biomechanics*, 3rd ed. John Wiley & Sons, 1999.

Cromie JE, Roberston VJ, Best MO. Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: prevalence, severity, risks and responses. *Physical Therapy* 2000; 80(4): 336-351.

Eastman Kodak Company. *Ergonomic design for people at work, Volume I*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1983.

Gagnon D, Lariviere C, Loisel P. Comparative ability of EMG, optimization, and hybrid modeling approaches to predict trunk muscle forces and lumbar spine loading during dynamic sagittal plane lifting. *Clinical Biomechanics* 2001; 16: 359-372.

Knibbe JJ, Friele RD. Prevalence of back pain and characteristics of the physical workload of community nurses. *Ergonomics* 1996; 39(2): 186-198.

Lagerstrom M, Wenemark M, Harberg M, Hjelm E. Occupational and individual factors related to musculoskeletal symptoms in five body regions among Swedish nursing personnel. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 1995; 68: 27-35.

MacLeod D. *The ergonomics edge*. Van Nostrand Reinhold, New York. 1995.

Marras WS, Davis KG, Kirking BC, Bertsche PK. A comprehensive analysis of low-back disorder risk and spinal loading during the transferring and repositioning of patients using different techniques. *Ergonomics* 1999; 42(7): 904-926.

McAtamney L, Corlett EN. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied*

- Ergonomics 1993; 24(2): 91–99.
- Silverstein B, Kathleen R, Howard N, Kalat J. Reducing back and shoulder injuries in the nursing home industry Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting 2001; CD-ROM.
- U.S. Department of Health and Human Services. Elements of ergonomics programs, 1997.
- Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics 1993; 36(7): 749–776.