물리치료사의 환자 운반 시 작업 부하 분석에 NIOSH 들기 공식 적용: 사례연구

The Journal Korean Society of Physical Therapy

■ 이인희
■ 계명대학교 의과대학 의료정보학교실

Application of NIOSH Lifting Equation to Analysis of Workload for Patients Transferring by Physical Therapist: a Case Study

In-Hee Lee, PT, MSc

Department of Medical Informatics, School of Medicine, Keimyeung University

Purpose: The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) lifting equation (NLE) is a useful tool to ergonomically analyze a workload. The NLE has high reliability and it can assess tasks by analyzing the work process. The purpose of this case study was to try using the NLE to analyze the workload of transferring patients by physical therapists in the hospital setting.

Methods: We observed a physical therapist (PT) transferring patients from a wheelchair to a tilt table and a therapeutic table in one day. Two types of patient transferring methods were evaluated; (1) the manual single person method of stand, pivot and transfer, and (2) manual two person lifting under the thigh and grasping the waist for totally dependent patients.

Results: The NIOSH lifting indexes of a person grasping the waist during the manual two person lifting were 5.52~4.48 according to the patient's weight. The NIOSH lifting indexes were 3.34 and 4.48 for the tasks performed by the manual single person method.

Conclusion: Because transferring patients is not done very frequently, patients transferring tasks by a PT are not included as one of the musculoskeletal disorder related risky work criteria of the Korea Ministry of Labor. But the NIOSH lifting indexes of a person grasping the waist during the manual two person lifting and the manual single person method were over the NIOSH recommended weight limit threshold.

Keywords: NLE lifting equation, Patients transferring, Physical therapist

논문접수일: 2009년 4월 11일
수정접수일: 2009년 6월 10일
게재승인일: 2009년 6월 22일
교신저자: 이인희, yiinhee@hanmail.net

I. 서론

요추의 불안정으로 인해 발생할 수 있는 요통은[1], 미국에서 발생하는 전체 산업재해의 약 3%, 근골격계 질환의 약 20%를 차지하는 등 산업재해에서 주요한 위치를 차지하고 있다.[2] 우리나라의 경우도 2002년에는 전체 업무상 질병자 중 요통은 660건 이었지만, 2008년에는 전체 업무상 질병자중 요통은 5232건으로 대략 8배 정도로 빠른 속도로 증가하고 있다.[3]

미국에서는 산업재해로 인해 발생하는 요통의 경우, 들기 작업이 약 36%로 가장 높은 발병원인이었다. 병원에서 일어나는 업무 중 가장 힘든 작업으로 알려져 있는 환자 운반 작업도 들기 혹은 내리기 작업의 일종이라고 하였다.[4] 물리치료 업무는 환자를 핸들링하는 직업으로서 물리치료사의 대략 62%에서 요통을 호소하고 있으며, 주요 원인으로는 환자의 이동, 들기와 환자의 갑작스러운 움직임에 반응하는 것이라고 하였다.[5] 업무와 관련된 물리치료사들의 요통 발생상황에 관한 연구에서 응

답자 344명 중 28.9%에서 갑자기 최대의 힘으로 들어올릴 때 요통을 겪었다고 보고하였다.[6] 928명의 물리치료사를 대상으로 한 연구에서 독립적이지 못한 환자를 들기와 운반(transfer)할 때 대부분 요통을 호소하였다고 하였다.[7]

요통의 원인이 되는 들기 작업의 부하를 분석하기 위한 도구 중, NIOSH 들기 작업 공식(NIOSH lifting equation, NLE)은 줄자, 고니오미터(goniometer)와 같은 간편한 도구로 부하를 쉽게 분석할 수 있고, 적용 절차도 비교적 간단하여 분석과정에서 개선방향이 드러나는 장점으로 인해 가장 많이 사용되고 있다. 또한, Kee[8]는 NLE와 전자화된 3DSSPP(3-Dimensional Static Strength Prediction Program) L5/S1 compressive force를 병원 환경인 응급실, 병동, 수술실, 컴퓨터 단층촬영, 자기공명영상 촬영실 등의 공간에서 많이 발생하는 2인에서 6인 1조의 환자 운반 작업에 사용하여 선형 회귀식을 구하였으며, 중량물 운반 작업에 분석에 주로 사용되는 NLE를 병원 작업 환경 내에서 발생하는 환자 들기와 내리기 작업에 적용하여 가능성을 확인하였다.

의료업과 관련된 직업성 근골격계 질환 중 국내 연구는 '일개 대학병원 간호사의 근골격계 부담작업 분석',[9] '종합병원 간호사의 근골격계 질환 실태조사'[10]등 일부 대학병원 간호사 업무에 한정되어 있으며 물리치료사와 같은 기타 업무에 대해서는 거의 이루어지지 않고 있다 또한, 병원 환경에서 물리치료사 작업의 부하를 분석하여 직업성 근골격계 질환과의 관계를 증명한 국내 연구는 거의 없는 실정이다. 국내 물리치료실내에서 발생하는 환자 들기와 운반 작업이 물리치료사의 근골격계 유해 인자로서 작용하는 지를 공식화된 지수를 사용하여 수량화한 국내 연구 또한, 아직 없는 것으로 생각되며, 이로 인해 2년을 주기로 실시하는 노동부의 작업장내 근골격계 유해인자 조사에 객관적인 증거를 제시하지 못하고 있는 실정이다. 앞서 언급한, 환자 들기작업에 NLE의 적용 가능성을 확인한 연구[8]에서는 병원 환경에서 다빈도로 발생 가능한 환자 들기작업을 실험적 환경에서 관찰하였기 때문에, 빈도계수를 최저 값으로 가정하고 NLE를 적용하였다. 본 연구의 목적은 Kee[8]의 연구를 바탕으로 실제 환자들기 작업환경에서 해당 작업이 근골격계 부담 작업 여부를 판단하기 위해 8시간 동안 관찰하고 이를 고려하여 Lifting Index (LI)를 구하고, 물리치료실에서 발생하는 환자운반 작업이 근골격계 부담작업으로 분류할 수 있는 지를 사례연구를 통하여 확인하고자 하였다.

II. 연구방법

1. Revised NIOSH lifting index

LI는 실제 작업물의 무게와 권장 무게 한계(Recommended Weight Limit: RWL)의 비(Ratio)이며 특정 작업에서 육체적 스트레스의 상대적인 양을 나타낸다.

$$LI = \frac{\text{실제작업무게}}{RWL}$$

RWL(kg)=23×수평계수×수직계수×거리계수×비대칭계수×빈도계수×Coupling계수

수평계수는 25/H로 나타내며, 수평거리(25<H<63)는 두발 뒤꿈치 뼈의 중심에서 손까지의 거리(cm)로 작업의 시작점과 종점에서 측정한다. H가 25cm 보다 작을 때는 1, 63cm을 초과할 때는 0으로 한다. 수직계수는 1-(0.003 | V-75 |)로 나타내며, 수직거리(75<V<175)는 바닥에서 손까지의 거리(cm)로 시작점과 종점에서 측정한다. 수직거리가 75cm 미만을 때는 1, 175cm 초과에서는 0이 된다. 거리계수는 0.82+(4.5/D)로, 수직 이동거리(D)는 들기 작업에서 수직으로 이동한 거리(cm)를 측정한다. 수직 이동거리가 25cm 미만을 때는 1, 최대파악한계인 175cm 초과일 경우 0이 된다. 비대칭 계수는 1-0.0032A로, A는 정면(신체중심점)에서 중량물 중심까지의 비틀린 각도이다. 135도를 초과할 경우는 비대칭 계수는 0이 된다. 빈도계수는 작업시간과 수직 거리에 따라 값을 준다. Coupling 계수는 Coupling은 물체를 들 때에 미끄러지거나 떨어지지 않도록 손잡이 등이 좋은지를 RWL에 반영한 것이다.

2. 연구대상

2009년 3월 대구의 D 대학병원의 물리치료실 중 운동치료 부서에서 근무하는 물리치료사 1인의 업무를 불특정 1일(8시간) 간 관찰하였다. 물리치료실 운동치료 부서에서 환자의 들기 업무는 주로, 뇌 손상환자, 척수 손상환자와 다발성 경화증 등 중증환자에게 적용된다. 물리치료사의 들기 업무는 의존적인 환자를 물리치료사 1~2인이 휠체어에서 경사대로, 경사대에서 휠체어로, 휠체어에서 치료대로, 치료대에서 휠체어로 환자를 운반 작업을 할 때 주로 발생한다. 물리치료사 2인 운반 작업은 100% 의존적인 환자에게 적용되며, 대부분의 작업 방식은 1인은 환자 몸통 부위를, 다른 한 명은 환자의 다리를 잡는 방법으로 이루어진다. 본 연구에서 관찰한 물리치료사는 2인 운반작업을 할 시에는 담당 환자의 책임물리치료사로서 환자의 낙상을 예방하기 위해 환자의 체간을 운반하였으며, 동료 물리치료사가 환자의 하지 운반을 보조했다.

Figure 1. Patient transferred by 2 persons

3. 분석방법

NLE 적용 시 사용되는 수평계수는 환자 운반 작업에 따라 25~63cm(63cm를 초과하는 경우는 NLE 적용을 위하여 63cm로 가정함). 수직계수는 경사대와 휠체어의 높이를 고려하였으며, 환자를 휠체어 바퀴 이상으로 안전하게 들어올려 운반하여야 하며, 환자복을 입은 환자는 헐거운 바지로 인해 하방으로 다소 처지는 것을 고려하였다. 하지만, 거리계수에서 25cm 이상 환자를 들지는 않았다. 환자 운반작업은 치료사가 환자 후방에서 정면을 향한 시점과 환자를 경사대에 내려놓은 종점을 고니오미터를 사용하여 비대칭 계수를 구하였다. 환자 운반 작업은 보통 하루 12회 이내 간헐적으로 이루어져 들기 작업 회수는 분당 0.2회 이내, 들기 작업 시간은 8시간 이내로 하였다. 환자 몸에는 손잡이가 없었고 무게 중심이 운반 작업 도중에 변할 수 있기 때문에 coupling 계수는 나쁨(poor)으로 하였다. 본 연구에서는 NLE를 적용하여 작업 인원, 환자 성별 및 체중에 따른 들기 작업의 부하를 분석하였으며, Kee[8]가 제시한 NLE LI(Lifting Index)와의 선형 관계식을 이용하여 L5/S1 compressive force값을 구하였다. 운반 과정에서 뇌 손상환자, 척수 손상환자와 다발성 경화증 등 중증환자는 과긴장, 저긴장과 갑작스런 경직 등이 발생하기 쉽기 때문에 상당한 주의가 필요하며, 종점에서 환자를 조심스럽게 내려놓아야 하는 상당한 조절이 요구되므로 시점과 종점에서 Lifting index(LI)를 구하여 큰 값을 선택하였다.

1) 2인 운반작업

2인 운반 작업에서 환자 체중은 다리 부위와 이를 제외한 부위로 나누어서 각 작업자에 분산 하였다. Chaffin 등[11]에 의한 신체 부위별 체중 분포비율에 의하여 남자의 경우 발을 포함한 다리 부위는 남자 11.8%, 여자 9.9%와 다리를 제외한 부위는 남자 88.2%, 여자 90.1%로 이 비율에 따라 각 작업자에게 환자 체중을 분산하여 NLE를 적용하였다(Figure 1).

Figure 2. Patient transferred by 1 person

2) 1인 운반작업

1인 운반 작업에서는 환자의 운반에 필요한 물리치료사의 힘의 보조 정도에 따라 최소 보조, 중등도 보조, 최대 보조로 나누었다. 운반 작업을 하는 치료사와 면담을 통하여 치료사 보조 정도에 따라 최소 보조는 25%, 중등도 보조는 50%, 최대보조는 75%로 구분하여 NLE를 적용하였다(Figure 2).

III. 결과

1. 2인 환자 운반시 NLE 적용결과

관찰한 1일간 2명의 여성환자와 4명의 남성 환자가 휠체어에서 경사대로 운반되었고, 환자 연령은 29~55세 이었으며, 몸무게의 범위는 51~80kg이었다. 뇌병변 환자 5인과 다발성 경화증 환자 1인 이었다(Table 1).

휠체어에서 경사대로 2인의 환자 운반 작업에서 체간 부위를 잡는 치료사에게 부하된 LI값은 여성 환자 운반의 경우 5 이상, 남성 환자는 7 이상으로 나타났으며, L5/S1 compressive force값은 여성 환자 운반의 경우 5719N이상, 남성 환자는 6655N이상으로 나타났다. 하지 부위를 잡는 치료사의 경우 LI 값의 범위가 0.61~1.13으로 나타났고, L5/S1 compressive

Table 1. Patient general characteristics

	Age	Sex	Weight	Transferred method	Diagnosis
1	52	Male	66	2 persons	Intracranial hemorrhage
2	50	Male	80	2 persons	Anoxic brain injury
3	39	Male	73	2 persons	Aneurism
4	52	Male	76	2 persons	Intracranial hemorrhage
5	55	Female	51	2 persons	Intracranial hemorrhage
6	29	Female	55	2 persons	Multiple sclerosis
7	70	Male	50	1 person	Parkinson disease
8	71	Male	70	1 person	Cerebral infarction

force값의 범위는 2594N~2894.33N으로 나타났다(Table 2).

2. 1인 환자 운반 시 NLE 적용결과

관찰한 1일간 여성환자 1명과 남성 환자 1명이 휠체어에서 치료대로 운반되었으며, 환자의 연령은 70세와 71세, 몸무게는 50kg과 70kg이었다. 환자의 질환은 파킨스씨 병과 뇌병변 환자였다(Table 1). 환자의 몸무게는 각각 51kg과 70kg이었다. 여성 환자와 남성 환자 모두 운반 작업을 한 물리치료사는 50%정도의 중등도 보조가 필요하다고 하였으며, 이로 인해 환자 몸무게의 50%만을 NLE 적용을 하였으며, LI값은 여성환자에서 3.36, 남성 환자에서는 4.68로 나타났다(Table 3).

IV. 고찰

본 연구에서는 중량물 들기 작업에 적용하여 부하 정도를 분석하는 도구인 NLE를 물리치료실에 발생하는 환자 운반 작업에 적용을 시도하였으며, 기존 연구의 선형 회귀식을 적용하여 L5/S1 compressive force값을 구하였다.

NLE는 3DSSPP나 EMG-assisted model같은 고가의 장비가 없어도 고니오미터(goniometer)와 줄자 같은 간편한 도구로 부하를 쉽게 분석할 있지만, 1인이 수행하는 보통 양손의 들기

Table 3. NLE lift index of patients transfer by single person.

From wheelchair to therapeutic table	Patient Sex and Weight (kg)	
	Male/50	Male/70
NLE lifting index	3.34	4.68

작업의 부하를 분석하기 위하여 개발되어 환자 운반작업에는 적용할 수 없었다. 그 이유로서 NIOSH[12]는 병원의 환자 운반작업은 2인 이상의 공동 작업으로 주로 이루어지며, 환자는 무게 중심이 불안정하고, 제한된 공간에서 작업을 수행하기 때문에 작업자가 원하는 자세로 작업을 할 수 없기 때문이라고 하였다. 하지만, 기존 연구에서 LI와 L5/S1 compressive force와의 상관관계에 대하여 0.92의 강한 양의 선형관계를 보고[8]하는 등 NLE를 병원의 환자 운반작업에 적용하려는 시도를 하여왔다. 이러한 연구를 토대로 물리치료실의 환자 들기 업무에 NLE를 적용할 수 있다면 여타 들기 작업 분석에 비해 변수가 많아 적용하기에는 복잡하지만 분석과정에서 개선 방향이 드러나는 장점을 활용하여 근골격계 질환 예방업무에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

NIOSH[12]는 LI값이 1.0이내이면 안전한 작업으로, 1.0~2.0 사이 값이면 일부 작업자에게, 2.0~3.0이면 많은 작업자에게, 3.0을 초과하면 대부분의 작업자에게 위험한 작업으로 분류하고 있다. 본 연구에서는 2인 1조 운반작업에서 체간 부위를 잡는 작업자의 LI는 여성 환자에서는 5.52와 5.96으로, 남성환자에는 7.00~8.48로 나타났으며, 1인 운반 작업에서는 3.34와 4.68로 나타났다. 이는 대부분의 작업자에게 매우 위험한 수준인 것으로 분석되었다. 다리 부위를 잡는 작업자의 LI값은 1.0이내이거나 1.0보다 크더라도 1.5보다 크지 않아 대체로 안전한 작업으로 볼 수 있다. 본 연구에서 체간 부위를 잡는 대상작업과 1인 운반작업의 경우 개선이 요구되는 작업으로 분석되었다. Kee[8]의 2인 1조 환자 운반 작업분석 연구에서는 체간 부위를 잡고 휠체어에서 침대로 운반하는 작업자의 LI범위가 6.3~10.1로 본 연구보다 높게 나타났다. 이는 본 연구에서는 침대보다 낮은 경사대로 환자를 운반하였기 때문이라고 생각된다.

Nursing home에서 환자 운반작업을 인간공학적으로 분석

Table 2. NLE lift index and L5/S1 compressive force of patients transferred by 2 persons.

From wheelchair to tilt table		Patient Sex and Weight (kg)					
		Male/66	Male/80	Male/73	Male/76	Female/51	Female/55
NLE lift index	Trunk	7.00	8.48	7.74	8.06	5.52	5.96
	Leg	0.93	1.13	1.04	1.08	0.61	0.65
L5/S1 Compressive force (N)	Trunk	6655.85	7595.67	7127.45	7326.35	5719.29	5994.58
	Leg	2804.19	2930.38	2867.28	2894.33	2594.97	2625.22

한 Grag와 Owen의 연구[13,14]에서, 2인 1조로 환자를 침대에서 휠체어로 운반할 때 요추 L5/S1 compressive force는 4223N~4557N, 휠체어에서 침대로는 4395N이 간호조무사의 요추 작용한다고 하였다. 두 명의 간호사가 완전 의존적인 환자를 침대에서 휠체어 이동시키는 데 필요한 L5/S1 compressive force는 6066N~6521N이라고 하였다.[15] Marras 등[3]은 EMG-assisted model을 이용하여 50kg의 여성 환자를 팔걸이 없는 휠체어에서 침대로 1인 운반 시 6457.2N이 작용한다고 하였고, 2인 1조에서는 4663.3N이 척추 부하로 작용한다고 하였다. 본 연구에서는 L5/S1 compressive force값이 몸무게에 따라 2인 1조 운반에서는 5719.26N에서 7595.67N으로 기존의 연구와 유사하게 나타났다. 기존 연구[8]에서 개발된 LI 지수와 L5/S1 compressive force 값과의 상관관계는 2~6인 1조 환자 운반작업을 토대로 작성되었기 때문에 본 연구의 1인 환자 운반과정에는 사용하지 않았다.

NIOSH[16]는 L5/S1 compressive force값의 크기에 따라 행동한계를 3,400N, 최대 허용한계를 6,400N을 기준으로 들기 작업의 부하를 분류하고 있다. L5/S1 compressive force값이 행동한계 이내에 있으면 안전한 작업으로, 행동한계와 최대허용한계 사이에 있으면 개선이 요구되는 작업으로 판정한다. 이를 따르면, 본 연구의 체간 부위를 잡고 운반하는 작업은 NIOSH의 최대 허용한계를 초과하고 있다. 기존 연구의 3DSSPP와 LI의 선형 회귀식에서는 개선이 요구되는 작업의 LI는 1.5로, 대부분의 작업자에게 위험한 작업을 3.5로, 최대허용한계 LI를 6.5로 상향을 제시하고 있다.[8] 본 연구에 기존 연구의 상향된 기준을 적용하여도 환자의 체간을 잡고 운반하는 작업은 최대허용한계와 유사하거나 초과하며, 물리치료사 1인 운반작업 또한, 대부분의 작업자에게 위험한 작업으로 분류할 수 있었다.

본 연구의 결과로서, 물리치료사의 환자 운반 작업은 노동부장관 고시[17]의 근골격계 부담 작업 11개 항목 중 제8호 '하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업'과 유사하지만, 중량물 사용빈도의 부족으로 근골격계 부담작업으로 판정하기는 어렵다. 하지만, 노동부 근골격계 부담작업 판정 기준의 정확성에 대한 연구[18]에서 노동부의 판정 기준은 평가대상 작업자의 자세, 중량물의 무게, 사용빈도 그리고 노출시간에 대부분 문제가 있을 경우 부담작업으로 판정하지만, 근골격계 질환은 이와 같은 원인들 중 어느 한 요인에 의해서도 발생할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 물리치료사의 환자 운반 작업은 노동부 기준에 따라 근골격계 부담 작업으로 판정하기는 어렵지만, NIOSH의 최대허용한계를 초과하고 있으며, 중량물의 과도한 무게로 인해 물리치료사의 환자 운반 작업은 근골격계에 과도한 부담을 야기할 수 있기 때문에 반드시 작업 개선이 이루어져야 할 작업으로 생각된다. LI에서 분석된 바와 같이, 물리치료실의 환자 운반작업이 작업의 빈도도 낮고, 환자를 들어올려야 하는 높이도 낮지만, 환자의 몸무게가 문제점이 됨으로 근로자의 근골격계 부담을 경감시키기 위해서는 호이스트, 슬라이딩 보드 등의 작업도구를 사용하여 환자 운반 작업을 기계화하거나, 작업자 수를 늘려야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 NLE를 특정 대학병원의 물리치료사에게만 적용하여, 재활전문병원, 요양병원 등, 다양한 위치의 물리치료사에게 적용을 시도하지 못하였다. 향후 연구는 구체적인 작업의 개선 방향을 제시하고 이를 검증하는데 중점을 두어야 할 것이다. 또한, 물리치료실에서 발생하는 물리치료사의 업무인 환자를 보조하며 보행 시키기, 환자의 관절가동범위 운동 등의 다양한 작업 또한, 구체적인 수량화가 필요하며, 이를 위한 차후 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 결론

제조업의 박스와 같은 중량물의 양손 들기 작업과 같은 제한적인 작업 분석에 사용되는 NLE 기법을 환자 운반작업의 적용에는 제한점이 있었지만, 본 연구에서는 대학병원의 물리치료사 1인의 불특정 1일간 환자의 운반작업을 관찰하여 NLE의 적용을 시도해 보고자 하였다. 2인 1조 환자 운반작업에서 체간 부위를 잡은 작업과 1인 환자 운반작업은 LI가 3.0을 초과하여 대부분의 작업자에게 위험한 작업으로 분류되었고, L5/S1 compressive force 값 또한, 최대허용한계를 초과하였다. 하지만, 본 연구에서 관찰한 특정 대학병원의 환자 들기 작업은 노동부의 근골격계 부담작업으로는 분류되지는 않았다. 하지만, NIOSH 권장 기준을 초과하는 근골격계 부담 작업으로 분류할 수 있었다. 본 연구의 의의는 의료업종에 NLE의 적용을 통해 작업을 분석하고 개선 방향을 설정을 시도하고, 노동부의 근골격계 부담 인자로서 작용하는 지를 확인한 데 있으며, 이와 같은 시도가 요통과 같은 직업성 근골격계 질환을 예방하는 데 유용한 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Lee IH
Acquisition of data: Lee IH
Analysis and interpretation of data: Lee IH
Drafting of the manuscript: Lee IH
Administrative, technical, and material support: Lee IH
Research supervision: Lee IH

참고문헌

1. Lee IH, Park HJ, Jin JS et al. Comparison of radiography finding and magnetic resonance image finding of lumbar spine instability patients. The Journal of Korean Society of Physical Therapy. 2007;19(3):41-6.
2. Mital A, Pennathur A, Kansal A. Nonfatal occupational injuries in the United States Part II-back injuries. Int J Ind Ergon. 1999;25(2):131-50.
3. Korea Ministry of Labor. Industrial disaster statistics. 2008.
4. Marras WS, Davis KG, Kirking BC et al. 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):904-26.
5. Holder LN, Clark AH, Diblasio MJ et al. Cause, prevalence, and response to occupational musculoskeletal injuries reported by physical therapists and physical therapist assistants. Phys Ther. 1999;79(7):642-52.
6. Molumphy M, Unger B, Jensen GM et al. Incidence of work-related low back pain in physical therapists. Phys Ther. 1985;65(4):482-6.
7. Bork BE, Cook TM, Rosecrance JC et al. Work-related musculoskeletal disorders among physical therapists. Phys Ther. 1996;76(8):827-35.
8. Kee DH. Applicability of NIOSH lifting equation to analysis of workload for patients transferring. Journal of the ergonomics society of Korea. 2006;25(2):43-50.
9. Jeung EH, Koo JW. Analysis of musculoskeletal burdened work among nurses at a university hospital. Journal of the ergonomics society of Korea. 2006;25(3):97-103.
10. Seo SR, Kee DH. Survey of musculoskeletal disorders among nurses in a general hospital. Journal of the ergonomics society of Korea. 2005;24(2):17-24.
11. Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin JB. Occupational biomechanics, 3rd ed. New York. John Wiley & Sons, 1991.
12. NIOSH. Applications manual for the revised 1991 NIOSH lifting equation. US Department of Health and Human Services, Cininnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health. 1994.
13. Garg A, Owen BD, Carson B. An ergonomic evaluation of nursing assistants' job in a nursing home. Ergonomics 1992a;35(9):979-95.
14. Garg A, Owen B. Reducing back stress to nursing personnel: an ergonomic intervention in a nursing home. Ergonomics 1992b;35(11):1353-75.
15. Ulin SS, Chaffin DB, Patellos CL et al. A biomechanical analysis of methods used for transferring totally dependent patients. SCI Nursing 1997;14(1):19-27.
16. NIOSH. Work practice guide for manual lifting. NIOSH technical report. US Department of Health and Human Services, Cininnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1981.
17. Korea Ministry of Labor, MSD-related risky work criterion, 2004
18. Park KM, Ryu TB, Kee DH, et al. Accuracy evaluation of MSD-related risky work criterion of Korea ministry of labor using ergonomic workload evaluation methods. Journal of the Ergonomics Society of Korea. 2006;25(2):119-23.