

## 인간공학평가를 이용한 요추간판탈출증의 작업관련성 평가

김정원 · 예병진

고신대학교 의학대학 산업의학교실

### Evaluation on Work-Relatedness of Herniated Discs on Lumbar Spine Using Ergonomic Assessment Tools

Jung-Won Kim · Byeong-Jin Ye

Department of Occupational and Environmental Medicine, Kosin University, College of Medicine, Busan, Korea

#### Abstract

Herniated nucleus pulpous(HNP) on lumbar spine is one of work-related musculoskeletal disorders. We evaluated a worker diagnosed HNP with some ergonomics tools to identify work-related risk factors at his workplace. One tool is are mainly developed to evaluate lumbar disc pressure of 5th lumbar on 1st sacral spine. We used another tool to evaluate lumbar posture. The worker's main job is heavy material lifting and handlings. The results show us that his work can be a musculoskeletal body burden of his low back such as pressure over 3,400N. Finally, We suggested some recommendations to improve his working conditions and prevent his disorder.

Key words : Herniated nucleus pulpous, Rapid Entire Body Assessment, 3D Static Strength Prediction Program

#### 서 론

요통은 전체 인구의 80%에서 일생에 한 번 이상 경험하는 임상적 증후군으로 산업의학적으로 노동력 상실을 초래하는 가장 빈번한 요인으로 알려져 있다.<sup>1-2)</sup> 요추간판탈출증(herniated lumbar disc, herniated intervertebral disc)은 요통의 원인 중 약 5% 정도를 차지하지만<sup>3)</sup> 질환자체의 임상적 측면 및 이로 인한 노동력 상실의 측면에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 추간판 탈출증의 발병기전과 관련해서 물체의 거상 운반 및 요부의 뒤틀림이 추간판내의 압력을 증가시킴으로써 유발한다고 하였던 바, 작업부하를 정량적으로 평가할 수 있는 도구들이 많이 개발되었다. 이에 중량물 들기 작업에 의해 발생한 요추간판 탈출증을 생체역학적

모델인 REBA (Rapid Entire Body Assessment)<sup>4)</sup>와 3DSSPP (3D Static Strength Prediction Program)<sup>5)</sup>로 작업 부하를 정량적으로 계산하여 업무와의 관련성을 분석한 1례를 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

#### 증 례

**환자 :** 45 세, 남자

**주소 :** 요통 및 좌측 방사통

**현병력 :** 상기환자는 완성차 생산 공장의 변속기 품질 관리부서에서 23년간 근무하였다 실차작업 중 폐부품 박스를 옮기는 작업 중 수년 전부터 시작된 허리 통증 및 최근 발생한 좌측 방사통 있어 외부병원에서 검사한 MRI 상 요추간판탈출증으로 진단받고 치료를 하던 중 본인의 업무와 질병의 관련성을 확인하기 위해 내원하였다.

교신저자 : 김 정 원  
주소 : 602-702 부산광역시 서구 압남동 34번지  
고신대학교 복음병원 산업의학과 교실  
TEL: 051-990-6368 FAX: 051-990-6694  
E-mail: hedoc68@gmail.com

**과거병력:** 허리의 골절, 외상, 질병 등의 과거병력은 없었다.

**개인력:** 허리에 무리를 주는 여가활동은 하지 않았으며 20여 년간 하루 반 갑 정도 흡연을 하였으며 맥주 및 소주 2병을 주 2회 정도 마셨다고 하였다.

**가족력:** 특이소견 없음

**직업력 및 작업내용:** 상기환자 1991년 완성차 공장의 변속기 품질관리부서에 입사하여 20년 동안 하루 정상 근무 8시간과 연장근무 4시간을 합쳐 12시간 동안 작업하였다. 변속기 품질관리부 작업은 자동차로부터 트랜스미션을 탈착하는 탈착작업(salvage)과 분해된 트랜스미션을 분해하는 실차작업(disassembly)으로 나누어진다.

트랜스미션 탈착작업의 작업물량은 1일을 기준으로 3대정도이며, 1대당 4시간 정도 소요되었으며, 트랜스미션 분해작업의 경우 1개당 2시간 정도 소요되는 것으로 파악되었다. 실차작업의 경우 분해된 부품을 상자에 담아 모아준 후 1주일에 1회 정도 2인 1조 작업으로 처리하고 있었다. 또한 주행불능 차량의 경우는 외부에서 운반기구로 4-5인이 밀어 넣는다. 탈착(salvage)작업장은 2대의 리프트(car Lift)가 설치되어 있으며 천정에 탈부착시에 사용되는 호이스트가 설치되어 있다. 실차작업장의 경우는 트랜스미션 분해작업대가 설치되어 있고 폐트랜스미션을 적재해둔 자리와 호이스트간의 거리가 멀어 호이스트까지 작업자가 트랜스미션을 끌고 가야 하는 상태이다.



Fig 1. Working processes of salvage job

구체적으로 salvage 작업은 Fig. 1과 같이 허리를 숙인 채로 수초에서 수분 동안 분해작업을 반복적으로 수행한다. 그리고 하부작업시에는 리프트를 이용하여 자동차를 1.7m정도 들어올린 후 작업을 실시한다. 하부작업의 경우 사진과 같이 양팔을 들어올리고 목과 상체가 뒤로 젖혀진 자세로 수 초에서 수 분간 작업에 임한다. 주로 이용되는 공구는 임팩트렌치인데 그 무게가 2.8kg 정도이다. 트랜스미션 탈거 후 CV Joint 분해시 지렛대를 이용하고 작업을 실시하고 있으나 상당히 불안정한 자세를 취하고 있어 공구의 이탈시 사고발생의 위험이 있다. 탈거된 트랜스미션은 대차로 이용하여 실차작업장으로 이송된다. 그리고 트랜스미션 부착작업은 이과정의 역순을 취하고 있다. salvage에서의 1일 작업량은 차량 3대 정도이며, 1대당 작업시간은 4시간 정도이다. 취급하는 트랜스미션의 무게는 60-100kg정도이다.

실차작업의 트랜스미션의 분해는 Fig. 2와 같이 1인 작업으로 이루어지고, 60-100kg의 트랜스미션의 분해를 위해 위치조정을 하게 된다. 분해된 부품들은 손으로 들어 바닥에 있는 폐부품박스에 수집한 후 일주일에 1번 폐기처분한다. 이때 모아진 부품의 무게는 실측결과 90kg 정도이고, 2인 1조로 옮기게 된다. 트랜스미션 케이스(25.5kg) 및 토르크 컴퓨터(19.45kg)와 같이 부피가 큰 부품은 하나씩 옮기게 된다. 중량의 트랜스미션을 다룰 때 일시적으로 큰 힘을 사용해야 하므로 위험부담이 존재한다. 그리고 폐기될 트랜스미션을 적재해 두거나 이송할 때 천정에 설치된 호이스트의 위치가 트랜스미션이 적재된 위치와 1.8-3.0m정도 떨어져있어 작업자가 직접 60-100kg 정도의 트랜스미션을 호이스트 위치까지 끌고 오게 된다. 실차작업의 경우 중량물을 직접 취급하는 경우가 많아 허리 및 상지부 등에 직접적인 영향을 줄 가능성이 있다.

**동작분석:** 작업자세에 대한 인간공학적 평가와 동작분석을 위해 비디오 카메라를 통해 촬영을 실시하였다. 작업자세의 평가를 위해 REBA를 이용하였으며 인력운반 작업시의 자세예측과 예측된 자세에서 주요관절에 부과되는 역학적 부하를 계산하기 위해 3DSSPP를 이용하였다.

Table 1. Results of REBA

Job	Contents	low back	neck	legs	load	upper limbs	lowerlimbs	wrists	handling	Total scores	Action levels
Salvage	upper part dissembly	4	1	1	0	3	2	1	0	4	1
	lower parts dissembly	3	3	1	0	3	1	2	0	6	2
	CV Joint dissembly	2	3	2	2	3	2	1	0	9	3
Dissembly	transmission(1)	1	2	1	2	2	2	2	1	4	2
	transmission(2)	1	1	1	0	2	1	1	0	2	1
	transmission(3)	2	2	1	2	3	1	1	1	8	3
	box lifting	3	1	2	2	1	2	1	1	7	2
	set up transmission	3	2	2	2	2	2	1	1	7	3
	pulling transmission	4	1	2	2	4	2	1	1	9	3
	평균		2.56	1.78	1.44	1.33	2.56	1.67	1.22	0.56	6.22

Table 2. Results of 3DSSPP (Unit: N)

Job	Load	NIOSH criteria	Action limits	Results
lifting transmission case	3800			Danger
lifting boxes	5940	3,400	6,400	Danger
pulling transmission hoist	4403			Danger
setting up transmission	3909			Danger

1) REBA분석결과

REBA 분석결과 관찰된 9개 작업자세에서 조치수준 3이상인 작업자세가 4개였다. 이들은 CV Joint 분해, 트랜스미션분해, 트랜스미션 적재, 트랜스미션 끌기작업으로 근골격계에 상당한 영향을 미치는 것으로 평가되었다. 평가결과 허리와 상완의 점수가 가장 높았고, 다음으로 목의 순으로 높게 나타나 허리와 상완부위의 위험요인이 높은 것으로 평가되었다.(Table 1.)

2) 3DSSPP 분석결과

3DSSPP를 이용한 요추부부하량 측정결과 폐박스들기(2인1조)에서 5940N, 크랜스미션 끌기에서 4403N, 트랜스미션 적재에서 3909N, 트랜스미션 케이스 들기에서 3800N으로 모두 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH, National Institute of Occupational Safety and Health) 기준인 3400N을 상회하는 것으로 평가되어 이들 작업은 요추부에 상당한 위험요인으로 작용하여 작업자에게 직접적인 영향을 미칠 수 있는 상태이다.(Table 2. Fig. 2, Fig. 3)



Fig 2. Work contents of dissembly job

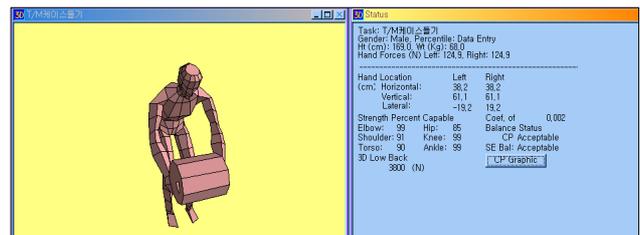


Fig 3. Results of lifting transmission using 3DSSPP

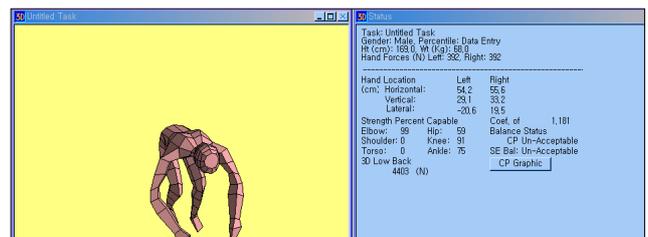


Fig 4. Results of pulling transmission hoist using 3DSSPP

## 고찰

요추부 추간판 탈출증은 변성화된 추간판과 불안정한 척추에 외상을 받았을 때 퇴행성 변화를 일으킨 수액이 탄력성을 잃은 섬유륜 특히 후종인대가 뒤틀리지 않은 후외측으로 돌출되어 신경근을 압박하여 발생하는 질환으로 발생부위는 임상적으로 제5요추-제1천추간에서 대부분 발생한다고 알려져 있다.<sup>6)</sup> 발생원인과 관련하여 외상력이 가장 중요하고 그 외 하루 중 반이상을 앉은 자리에서 일하는 작업에서도 추간판 탈출증의 빈도가 높는데 이는 인간공학적 측면을 고려하지 않고 제작된 의자나 바르지 않은 자세가 추간판 수액에 물리적 부하를 가하기 때문이라고 하였다.<sup>7)</sup> 그리고 물체를 자주 반복하여 드는 작업을 하는 경우에도 요추 추간판 탈출증의 발생빈도가 증가한다는 보고가 있다.<sup>8)</sup>

산업 현장에서 이루어지는 작업 평가(work evaluation)의 대부분은, 해당 작업이 근로자에게 부과하는 작업 부하(workload)를 측정, 평가해 근로자에 대한 작업의 유해도(hazard level)를 알아보고 이에 따른 작업 개선 등을 하기 위해 수행되는 것을 의미한다. 이때 작업자에게 가해지는 작업부하를 객관적으로 측정, 평가하기 위해 수많은 인간공학적 방법들이 개발되어 사용되고 있다.

작업부하 평가방법들 중 작업자세 위주 평가방법의 한 방법인 REBA(Rapid Entire Body Assessment)는 작업장 보건관리에서 발견되는 예측할 수 없는 작업자세를 민감하게 잘 적용되는 작업자세 평가도구로서 정적이거나 급속히 변하거나 불안정한 자세를 평가할 수 있도록 고안되었다. REBA에서의 평가는 몸통, 목, 다리의 A군은 총60개의 자세를 가지며, 최대 9점까지 산출이 가능하고 여기에 부하량/힘의 점수가 더해져 A군의 점수를 산출한다. 그리고 상지, 하지, 손목의 B군은 총36개의 자세를 가지며, A군과 같이 최대 9점까지 산출이 가능하고 여기에 손잡이 점수가 더해져 B군 점수가 산출된다. 그리고 A군과 B군 점수에 의해 만들어지는 총 144개의 조합에서 해당 점수를 찾은 다음 활동점수를 더하여 최종점수를 산정하게 된다.

점수에 따라 5단계의 조치수준으로 구분된다. REBA 점수가 8점이상인 조치수준3, 4에서는 근골격계에 미치

는 위험수준이 높은 상태로 조치 및 더 많은 평가가 급적 빨리 이루어져야함을 나타낸다. 국내의 경우 최근 조선소 심층 작업자의 근골격계 질환 평가에 이용되어 작업자세의 평가와 개선에 대해 보고되었다.<sup>9)</sup>

그리고 작업부하 평가방법들에서 중량물 취급작업 평가방법 중 하나인 3DSSPP는 인력운반 작업시의 자세 예측과 예측된 자세에서 주요관절에 부과되는 역학적 부하를 계산해 주는 소프트웨어로서 밀기, 당기기, 들기, 내리기 작업 등 손으로 행해지는 작업에서 정적인 업무를 평가하는 데 적당한 도구이다. 3DSSPP로부터 작업자세가 분석되어 작업 시 발생할 수 있는 관절의 움직임을 이용하여 작업자의 생체역학적인 작업능력인 주요 관절에서 발휘되는 등척성 근력(isometric muscle strength), 허리부위(L5/S1)에 걸리는 압축력(compressive force), 신체의 평형능력 등을 예측할 수 있다. 국내의 경우 최근 병원에서 환자들이작업<sup>10)</sup>에서 발생하는 작업부하에 대해 연구하여 개선사항을 보고하였다.

본 증례에서는 작업부하 평가방법인 REBA와 3DSSPP를 통해 들기작업을 수량화시켜 평가하여 추간판 탈출증과 업무와의 관련성을 증명하였다. 앞으로도 객관화된 작업부하 평가를 이용하여 업무와 관련된 작업의 유해도(hazard level)를 알아보고 이에 따른 작업 개선 등을 시도해야 한다. 이는 노동부 등의 법적 조치사항을 준수하는 것이기도 하다.<sup>11-12)</sup>

## 참고문헌

- 1) Kelsey JL, White AA: Epidemiology and impact on low back pain. Spine 1980;5: 133.
- 2) Nachemson AL: The load on lumbar disk in different positions of the body. Clin Orthop 1966;45: 107-122.
- 3) Chatterjee S, Foy PM, Findlay GF: Report of a controlled clinical trial comparing automated percutaneous lumbar discectomy and microdiscectomy in the treatment of contained lumbar disc herniation. Spine 20: 734-8, 1995
- 4) Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), Applied Ergonomics, 31, 201-205, 2000.
- 5) Feyen, R., Lie, Y., Chaffin, D., Jimmerson, G. and Joseph, B., Computeraided ergonomics: a case study of incorporating

- ergonomics analyses into workplace design, *Applied Ergonomics*, 31, 291-300, 2000.
- 6) Spangfort EV. The lumbar disc herniation. A computer-aided analysis of 2,504 operations. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1972;142:1-95.
  - 7) Nachemson AL, Elfstrom G; Intravital dynamic pressure measurement in lumbar disc; A study of common movements, maneuvers and exercises. *Scand J Rehab Med(Suppl 1)* 1970;2:1
  - 8) Videman T, Nurminen T, Tola S, Kuorinka I: Managing low back pain. 2nd ed. New York, Churchill Livingstone Co. 1988; 307-314
  - 9) 구분연, 박근상, 김창한, 조선업의 심층작업에 종사하는 비정형 근로자에 대한 근골격계질환 분석, *대한인간공학회지*, 26(2), 113-122, 2007.
  - 10) 기도형, 병원 환자 운반 업무의 작업 부하 분석에 NIOSH 들기 작업 공식의 적용 가능성, 25(2), 43-50, 2006.
  - 11) 노동부 고시 제2003-24호. 근골격계 부담작업의 범위
  - 12) 노동부 고시 제2000-72호. 단순반복작업근로자 작업관리 지침.