



POSTECH
포항공과대학교



수작업의 반복성 평가 방법 비교 및 분석

2003. 05. 16.

포항공과대학교 기계산업공학부

권 오 채, 선 미 선, 유 희 천



Agenda



- ❖ 연구의 배경
- ❖ 연구의 목적
- ❖ 반복성 평가 방법 조사 및 비교
- ❖ 결론





수작업과 반복성



❖ 수작업의 문제점

- ❖ 미국: 2001년 작업장 질병의 65%가 반복적인 수작업과 관련 (BLS, 2002)
- ❖ 한국: 1999년 전체 질환 중 상지의 근골격계 질환이 40% (한국산업안전공단, 2002)

❖ 수작업의 반복성

- ❖ 과도한 힘, 부자연스러운 관절 움직임과 더불어 수작업의 위험한 요인 (NIOSH, 1997; Putz-Anderson, 1988)
- ❖ 다른 위험 요인과 독립적으로 상지의 질환에 심각한 영향 (Colombini, 1998; Silverstein et al., 1987)
- ❖ 반복성과 상지 질환의 연관 관계 (Latko et al., 1999; NIOSH, 1997; Kuorinka and Forcier, 1995)



문헌 조사 방법



- ❖ 논문 검색 학술 database
 - ❖ ScienceDirect®
 - ❖ Ingenta Select
 - ❖ MEDLINE
- ❖ 논문 검색 keyword - 반복, 상지, 작업 관련 word의 조합
 - ❖ 반복 관련 word: repetitiveness, repetition, repetitive, repetitious
 - ❖ 상지 관련 word: hand, wrist, finger, elbow, shoulder, forearm, arm, manual, upper limb, upper extremity
 - ❖ 작업 관련 word: task, work, job, motion, movement
- ❖ 논문 선별
 - ❖ 초록(abstract)을 통해 연구에 목적에 적합한 논문 선별



반복성 평가의 현황과 한계



- ❖ 기존 연구 현황: 최근 97년 이후 발표된 논문 30여 편 기준
 - ❖ 평가 척도: # wrist joint motions 외 20여종
 - ❖ 측정 방법: Electrogoniometer 외 10여종
 - ❖ 분석 방법: Mean power frequency (MPF) 외 10여종
 - ❖ 기존 연구의 한계
 - ❖ 다양한 척도에 대한 비교 이해가 미흡하다.
 - ❖ 수작업 특성에 따른 평가 척도의 사용 기준이 없다.
 - ❖ 현장에서의 반복성 평가 방법이 정립되지 않았다.
- ⇒ 수작업의 반복성에 대한 근본적인 이해와 평가 방법에 대한 체계적인 분류 및 관련 적용 기준 수립이 필요하다.



연구의 목적



- ❖ 수작업의 반복성 평가 방법 비교 및 분석
 - ❖ 반복성 정의 및 구분 기준들을 비교
 - ❖ 반복성 평가 척도의 분류체계를 구축
 - ❖ 반복성의 측정 및 분석에 사용되는 방법들을 정리
 - ❖ 측정 방법의 선정 시 고려되어야 하는 요소들을 파악

⇒ 연구 결과는 수작업의 반복성 평가 시 사용할 척도와 측정 및 분석 방법의 선정에 활용



반복성의 기술적 정의 - 상지 작업



구분	연구	정의
관절 동작 (joint motion)	Malchaire et al. (1996)	손목의 중심위치(0°)로부터 한계위치(편향에서는 최대변위의 50% 이상, 굴곡/신전에서는 최대변위의 60% 이상)로의 분당 움직임의 횟수
	Coury et al. (2000)	일정시간 동안 손목 관절이 5° 이상 변화하는 횟수
	Spieholz et al. (2001)	분당 정의된 각변위의 각도(굴곡/신전 30° , 요골편향 10° , 척골편향 15° , 내전/외전 45°)를 지나 중심위치(0°)로 돌아오는 움직임의 횟수
몸 동작 (body movement)	Genaidy et al. (1993)	일정시간 동안의 움직임 횟수나 작업 활동 횟수
	Colombini (1998)	단위 시간당 정의되어진 기술적 동작(technical action)의 수행 횟수
힘 적용 (force exertion)	Malchaire et al. (1997)	분당 힘의 평균 수용 한계점(mean acceptable contraction; 15% MVC*) 이상에 달하는 횟수

*: Maximum voluntary contraction

⇒ 반복성의 정의에 대한 일관된 기준이 없다.



반복성의 구분 기준 - 상지 작업



구분	척도		기준
높은 반복성 (high repetitiveness)	주기 시간 (cycle time)	작업 (work)	$CT^1 < 30s$ or same motions for $CT > 50\%$
		근본적 작업 (fundamental work)	$FCT^2 < 2s$
	관절 동작 (joint motion)	횟수 (number)	$NM^3 > 20$ motions/min
		MPF ⁴	$MPF > 0.53Hz$
	속도 (velocity)	$F/E^5: VM^7 > 42.2$ deg/sec, $R/U^6: VM > 25.9$ deg/sec	
보통 반복성 (moderate repetitiveness)	주기 시간 (cycle time)	근본적 작업 (fundamental work)	$2s < FCT < 10s$
	관절 동작 (joint motion)	횟수 (number)	10 motions/min $< NM < 20$ motions/min
		MPF	$0.28Hz < MPF < 0.53Hz$
		속도 (velocity)	$F/E: 28.7$ deg/sec $< VM < 42.2$ deg/sec $R/U: 17$ deg/sec $< VM < 25.9$ deg/sec
낮은 반복성 (low repetitiveness)	주기 시간 (cycle time)	작업 (work)	$30s < CT < 2min$ and same motions for $CT < 50\%$
		근본적 작업 (fundamental work)	$10s < FCT < 30s$
	관절 동작 (joint motion)	횟수 (number)	$NM < 10$ motions/min
		MPF	$MPF < 0.28Hz$
	속도 (velocity)	$F/E: VM < 28.7$ deg/sec, $R/U: VM < 17$ deg/sec	

(Notes) ¹Cycle time; ²Fundamental cycle time; ³Number of motions; ⁴Mean power frequency; ⁵Flexion/extension; ⁶Radial/ulnar deviation; ⁷Velocity of motion

⇒ 평가 척도간 반복성 구분기준의 비교가 어렵거나 결과의 일관성이 없다.



반복성 평가 척도 분류



❖ 평가 척도: 반복성의 정량적인 평가에서 기준이 되는 요소

차원	분석 대상의 유형	척도
시간 (time)	작업 주기(work cycle) 시간	전반적(overall) 작업주기시간 근본적(fundamental) 작업주기시간
	휴식(rest) 시간	작업 내(within task) 휴식시간 작업 간(between tasks) 휴식시간
	작업/휴식 시간(W/R) 비율 (ratio)	전반적(overall) 작업/휴식 시간 비율 근본적(fundamental) 작업/휴식 시간 비율
빈도수 (frequency)	작업 주기(work cycle) 빈도수	전반적(overall) 작업주기 빈도수 근본적(fundamental) 작업주기 빈도수
	몸 동작(body movement) 빈도수	손가락(finger) 동작 빈도수 손과 손목(hand and wrist) 동작 빈도수 손과 팔(hand and arm) 동작 빈도수
	관절 운동(joint motion) 빈도수	손가락(finger) 관절운동 빈도수 손목(wrist) 관절운동 빈도수 팔꿈치(elbow) 관절운동 빈도수 어깨(shoulder) 관절운동 빈도수
	힘 적용(force exertion) 빈도수	Power 힘 적용 빈도수 Pinch 힘 적용 빈도수

⇒ 차원(시간과 빈도수)간 척도의 비교분석이 가능

반복성 평가 척도 적용 현황 (1997~2002년)

척도		실험실 연구 (# studies)		작업장 연구 (# studies)			
15	시간	작업 주기	전반적	CD, SP	(2)	BK, KR, LW-2, TF, JB-2, YT-1	(6)
		시간	근본적				
	휴식 시간	작업 내			LW-1, LW-2, YT-2	(3)	
		작업 간		CD	(1)		
	작업/휴식 시간 비율	전반적		CD	(1)	CH1	(1)
		근본적				LW-2	(1)
소계				(4)		(11)	
41	빈도수	작업 주기	전반적	CD	(1)	YT-1	(1)
		빈도수	근본적	CD	(1)	HM	(1)
	몸 동작 빈도수	몸 동작	손가락				
		손과 손목	AT, LT, SP	(3)	LW-1, LW-2, JB-2	(3)	
	손과 팔			BK, JB-2	(2)		
	관절 운동 빈도수	손가락	YM-1, YM-2	(2)			
	관절 운동 빈도수	손목	CE, CV, LM-1, LM-2, LM-3, SE, SP, YM-1	(8)	CH2, HG1, HG2, JB-1, JB-2, MJ, MR, SM, YT-1, YT-2	(10)	
		팔꿈치			YT-1, YT-2	(2)	
		어깨			YT-1, YT-2	(2)	
	힘 적용 빈도수	Power		CV, PJ	(2)	LW-2, MJ	(2)
Pinch			KM	(1)			
소계				(18)		(23)	
합계				(22)		(34)	

❖ 빈도수 차원의 척도들 (41번)이 시간 차원의 척도들(15번)에 비해 많이 사용

❖ 다양한 척도 중 손목 관절 운동의 횟수(18번)가 가장 많이 사용



반복성 측정/분석 방법 분류



- ❖ 측정 방법: 평가 척도의 측정을 위한 방법
- ❖ 분석 방법: 측정된 값을 구체적인 반복성의 값으로 분석하는 방법

분류		설명	예
측정 방법 (measurement method)	객관적(objective) 측정 방법	측정 장비를 이용하여 객관적으로 반복성을 측정하는 방법	Stopwatch, video, electrogoniometer, electromyography (EMG)
	주관적(subjective) 측정 방법	여러 가지 범주나 일정한 비율구간 내에서의 특정 값을 선정하는 방법	Rating index (RI), checklist, visual analogue scale (VAS)
분석 방법 (analysis method)	통계적(statistical) 분석 방법	측정된 raw data를 통계적 기법으로 분석하는 방법	Mean (standard deviation), derivative, logistic regression
	스펙트럴 (spectral) 분석 방법	측정된 raw data를 spectral analysis 기법으로 processing하는 방법	Spectral analysis, mean power frequency (MPF)





측정 방법 선정 시 고려 요소



항 목	설 명
간섭성(interference)	결과값이 측정 장비가 수행하는 작업에 얼마나 영향을 받는가의 정도
강건성(robustness)	결과값이 측정 환경에 얼마나 영향을 받는가의 정도
민감성(sensitivity)	측정한 결과값이 얼마나 상세 단위까지 나올 수 있는가의 정도
사용 용이성(ease of use)	실험준비에서 실험/분석에 이르기까지 실험자나 피실험자가 사용하기에 얼마나 쉬운가의 정도
신뢰성(reliability)	반복적으로 측정한 결과값들이 얼마나 일관성이 있는가의 정도
적용 범위(applicability)	사용 방법이 얼마나 다양한 적용 분야에 사용될 수 있는가의 정도
정확성(accuracy)	정량적인 결과값이 얼마나 정확할 수 있는가의 정도
효율성(efficiency)	결과값을 얻기까지 어느 정도의 시간이 필요한가의 정도

⇒ 반복성 측정 방법 선정 시 고려해야 할 항목들로 실험 목적에 따라 선별적인 사용이 가능



토의



- ❖ 평가 척도의 분류체계에서 척도들간의 상호 비교분석이 가능
 - ❖ 시간 차원 척도: 하나의 작업이나 동작 등에 걸리는 시간의 길이
 - ❖ 빈도수 차원 척도: 단위시간당 발생한 작업이나 동작 등의 횟수
- ⇒ 시간과 빈도수는 역함수 관계로 결과값의 상호 변환도 가능
- ❖ 빈도수의 척도가 시간의 척도보다 상대적으로 많이 사용
 - ❖ 실제로 반복성으로 인한 CTS 발병률 예측에 상대적으로 정확 (Babski-Reeves and Crumpton-Young, 2002; Juul-Kristensen et al., 2001; Kilbom, 1994)
- ❖ 평가 척도의 특성에 따라 반복성 구분 기준도 다르게 적용할 필요
 - ❖ (손가락 운동 > 손목 운동 > 팔꿈치/어깨 운동) - 질환 유발 가능성이 다르므로 구분 기준이 달라져야 함(Kilbom, 1994)



결론 및 추후 연구



❖ 결론

- ❖ 반복성의 정의 및 구분 기준을 정리
- ❖ 기존 문헌을 통한 반복성 평가 척도의 체계적인 분류
- ❖ 반복성 측정 및 분석 방법의 정리
- ❖ 측정 방법 선정 시 고려하여야 할 요소들을 제시

❖ 추후 연구

- ❖ 수작업 특성을 고려한 체계적인 반복성 평가 방법의 구축



Q & A

