

파킨슨병 조기 진단을 위한 근 경직도 측정 시스템 개발

*Development of a Muscle Rigidity Measurement System
for an Early Diagnosis of Parkinson's disease*

2013. 5. 24

이승훈, 박현지, 박장운, 유희천

포항공과대학교 산업경영공학과

AGENDA

- 연구 배경 및 필요성
- 연구 목적
- 근 경직도 측정 방법 조사
- 근 경직도 측정 시스템 개발
- 토의

파킨슨 병(Parkinson's Disease)이란?

□ 흑색질 손상에 의한 dopamine 부족으로 근육의 과도한 흥분 억제 기능이 상실되는 **만성 진행성 퇴행성 질환**(Birkmayer et al., 1961)

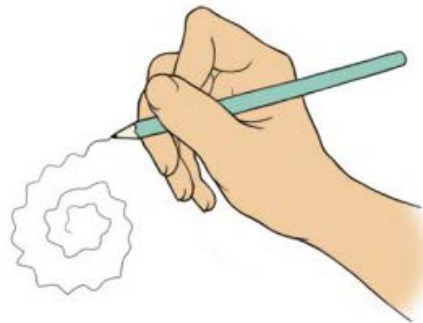
□ 주요 3가지 증상(Daniel Weintraub, 2008)

- 1) 근 경직(muscle rigidity): 근육이 급격히 수축하는 현상으로 90% 이상의 파킨슨병 환자에게 발견
- 2) 떨림(tremor): 개별적인 근육이 교대로 또는 동시에 수축하여 일정한 빈도로 진동하는 운동
- 3) 운동 완서(bradykinesia): 근육의 운동이 비이상적으로 완만한 현상

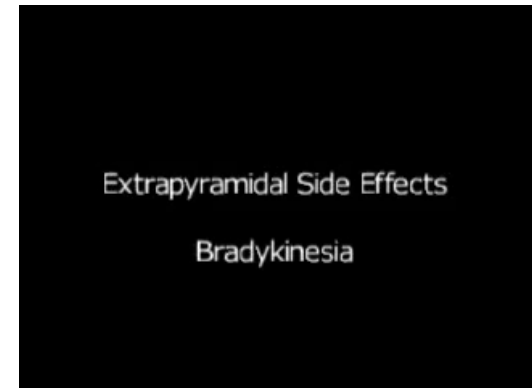
⇒ 파킨슨병 초기에 대부분 **근육 경직** 증상 발견 됨



근육 경직(muscle rigidity)



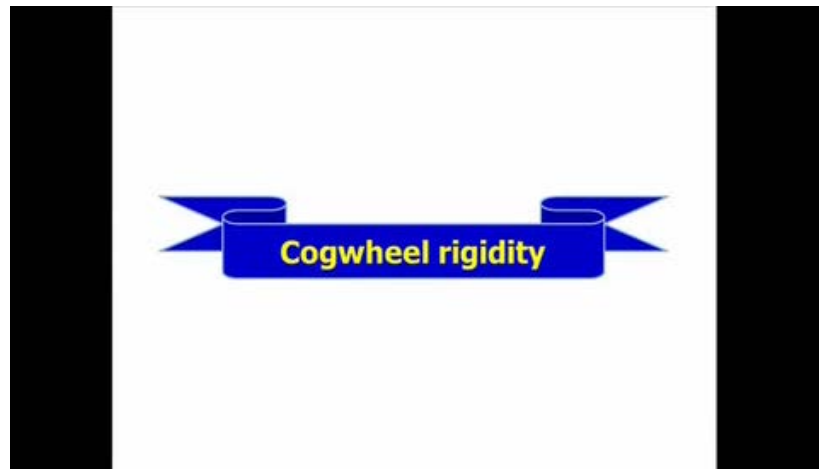
떨림(tremor)




운동 완서(bradykinesia)

파킨슨병 진단법: Weintraub (2008)

1. 환자의 **임상적 증상 및 병력 청취를 통한 의사 소견** 진단
 2. **파킨슨병 평가 점수**(Unified Parkinson's Disease Rating Scale, UPDRS)를 활용한 진단
- 기존 파킨슨병 진단 방법의 한계점(Park et al., 2011)
- ✓ 의사의 주관적 판단에 의한 소견 결과로는 **정확한 진단이 어려움** ⇒ **파킨슨병 진단에 특화된 정량적 진단 기기 개발 필요**
 - ✓ 정성적 평가에 기반한 **UPDRS 점수의 신뢰성의 한계**



톱니바퀴 경직(Cogwheel rigidity)

- 
- Part 1 Non-motor experiences of daily living
Part 2 Motor experience of daily living
Part 3 Motor examination
3.1 Speech
3.2 Facial expression
3.3 Rigidity
score 0 = Absent
score 1 = Slight
score 2 = Mild to moderate
score 3 = Marked
score 4 = Severe
Part 4 Motor complication

파킨슨병 평가 점수(UPDRS)

파킨슨병 조기 진단을 위한 근 경직도 측정 시스템 개발

- 근 경직도 측정 방법 조사 및 특성 파악
- 기존 근 경직도 측정 시스템의 개선안 도출
- 정상인 및 환자의 근 경직도 측정 실험 수행
- 통계적 진단 모형 개발 및 효용성 검증

} 연구 진행 중

근 경직도 관련 논문 조사

	Sepehri et al., 2007	Park et al., 2011	Patrick et al., 2001	Lee et al., 2004	Weintraub et al., 2008	Prochazka et al., 1997
측정 위치	팔꿈치	손목	팔꿈치 또는 손목	상완	손가락	상완
차지 면적	아래팔 ~ 손	아래팔 ~ 손	손목	아래팔 ~ 손	손	아래팔 ~ 손
측정시간	0.4 min	2.5 min	1.7 min	10 min	-	2 min
특징	<ul style="list-style-type: none"> Motor 사용 EMG 센서 이용 신뢰성 ↓ 	<ul style="list-style-type: none"> Motor 사용 측정 속도 다양 	<ul style="list-style-type: none"> Device 크기 ↓ 다양한 부위 측정 	<ul style="list-style-type: none"> Motor 사용 착용 번거로움 	<ul style="list-style-type: none"> Motor 사용 자가 측정 가능 	<ul style="list-style-type: none"> Motor 사용 Linear motion
사진						

상지(팔꿈치, 손목) 측정

0.4 min ~ 10 min

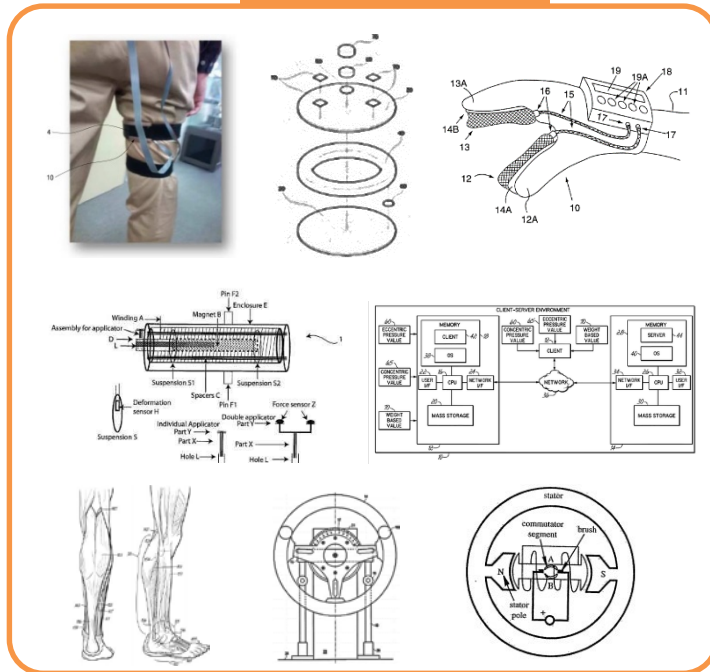
Motor 기반 장비 사용

고정형 장비

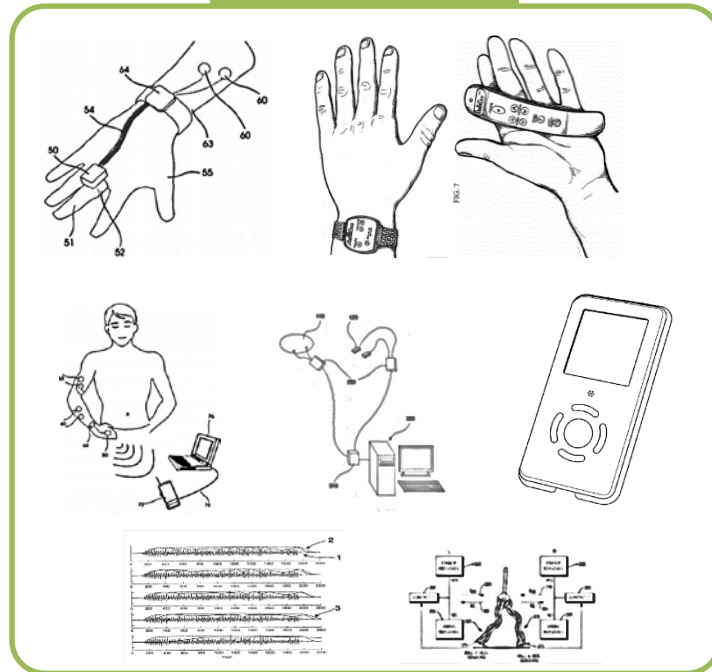
근 경직도 측정 관련 기존 특허 조사

- ❑ 분석대상 국가: 한국(3건), 미국(27건), 일본(7건), 유럽(2건)
- ✓ 근 경직도 측정 기술 분야는 **torque 측정과 근 전위 측정으로 구분 가능함**
- ✓ 대부분 근 활성화 측정에 관한 특허이며 **근 경직도 측정에 특화된 특허는 미흡**
- ✓ 대부분 **근 피로도 측정과 스포츠용**으로 특화된 장치 ⇒ **임상용 근 경직도 측정 장치 개발 필요**

Torque 측정



근 전위 측정



근 경직도 측정 관련 기존 제품 조사

□ 기존 장비의 근 경직도 측정 방법

- ✓ Torque based method: 수동적 움직임에 저항하는 힘으로부터 근 경직도 측정
- ✓ EMG based method: 근육의 전기적 신호변화 직접 측정

측정 방법	장점	단점	기존 제품
EMG-based	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 측정 용이성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신뢰성 ↓ ▪ 신호의 noise ↑ 	
Torque-based	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 뛰어난 신뢰성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Device의 크기 ↑ ▪ 고가 	

신뢰성이 높은 torque based 근 경직도 측정
장치의 크기를 줄이는 개선을 통해 근 경직도 측정 장치 개발

근 경직도 측정 관련 전문가 의견 조사



김은주 교수, 부산대병원 신경과의

Q1. PD 환자의 진단 지표 중 하나인 rigidity 측정 시, 굳이 손목의 rigidity를 관찰하는 이유는 무엇인지요?

A. manual로 측정하기가 가장 편합니다.

Q2. 이미 개발되어 있는 muscle stiffness 측정 device가 많음에도 병원에서 사용하지 않는 이유는 무엇인지요?

A. 낮은 인지도와 높은 가격 때문입니다.

Q3.. PD 환자 뿐 아니라 다른 뇌 손상 환자들도 근육이 경직되는 현상이 나타나는지요?

A. Degenerative disease환자들 대부분에서 parkinsonian feature가 동반되고 대표적 증상이 rigidity입니다.



Dr. Floyd, Duke hospital 뇌과의

... there would be **much demand** for something like this. There are several causes of rigidity, and it takes lots of information on other symptoms and risk factors to make a diagnosis of Parkinson' s disease. (중략)

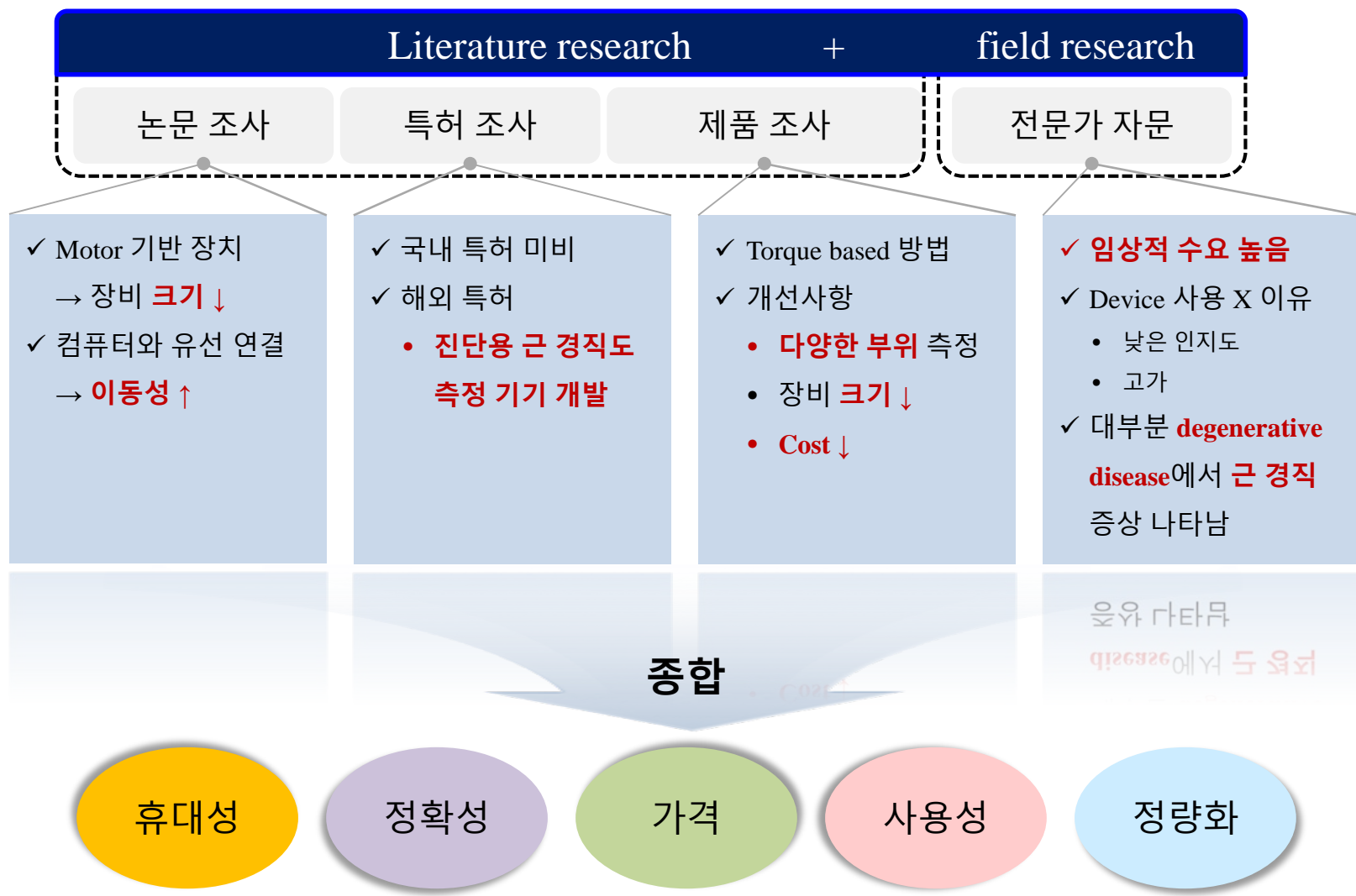


안지현, 서울대 자연과학 신경연구

... muscle의 rigidity의 변화가 어떤 질병의 시작 포인트, main cause가 되는 질병의 경우 그를 **빨리 진단해내어 “예방”**하는 용도로 쓰일 수 있다면 가능성이 있을 것 같다. (중략)

⇒ 조기진단을 위한 근 경직도 측정장치는 **임상적 수요가 크며 효용가치가 높음**

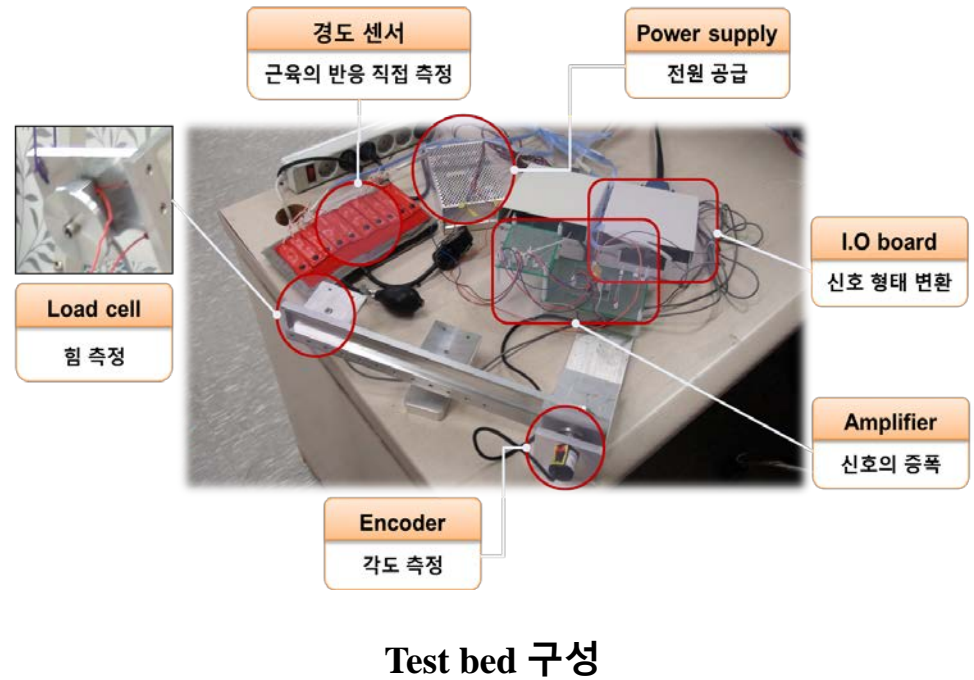
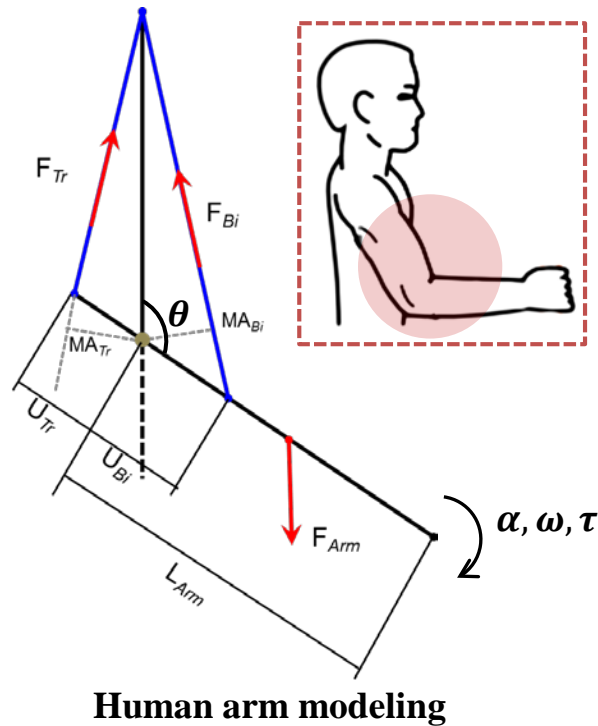
선행 연구 조사 기반 개선안 도출 전략



근 경직도 측정을 위한 Test Bed 제작

□ Test bed를 통한 muscle rigidity 측정 장비의 개선안 도출

- ✓ 기존 제품(NeuroFlexor)을 benchmarking하여 측정 장비 설계 및 제작
- ✓ 팔꿈치 각도(θ)와 torque(τ)를 이용하여 모멘트 평형 방정식 수립
- ✓ Torque-based method의 유용성 검증 및 기존 장비 mechanism 분석에 사용



Test-bed를 이용한 근 경직도 측정 결과

□ UDPRS에 따른 측정된 torque의 크기 분류

- ✓ 조기 선별을 목적으로 UDPRS 1,2에 대하여 torque 측정
- ✓ 정상인 대상 실험이므로 일정한 근 경직도 유지 불가능(score 2 넓은 범위에 분포)
- ✓ UDPRS에 따라 측정된 torque가 증가함을 확인할 수 있음

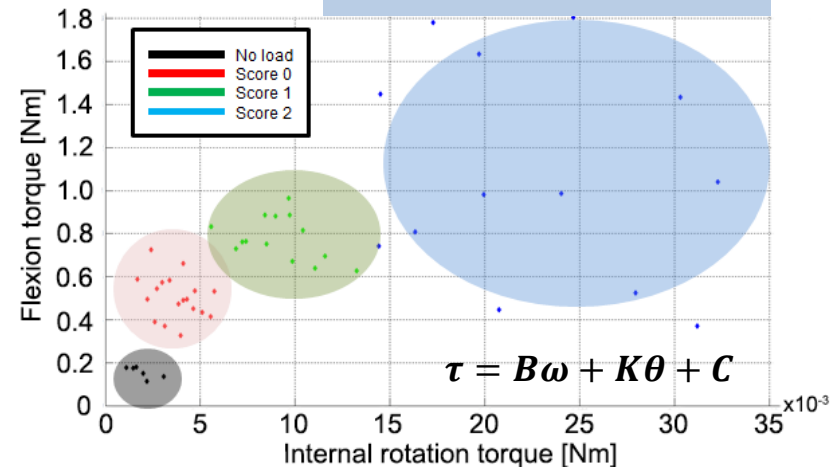
⇒ torque based method의 근 경직도 측정 **유용성 검증**

UDPRS (rigidity score)

- score 0 = Absent
- score 1 = Slight
- score 2 = Mild to moderate



test bed 시연



test bed로 측정된 토크

개선안 도출: 가속도 영향 파악

- 팔의 수동적 운동 유도를 위한 motor의 효용성 검증 실험
 - ✓ 등속 운동 vs. 가속 운동 시의 **가속도의 영향 파악**
 - ✓ 각도와 각속도에서 유의한 차이 없음
 - ✓ 사람의 팔은 낮은 진동수(< 1 Hz)로 움직이므로 **각 가속도 무시 가능**
- ⇒ 등속운동을 위한 **motor 제거 가능**

θ (등속도 운동)

$$I\alpha = \tau - B\omega - K\theta + C$$



$$\tau = B\omega + K\theta + C$$

(Daniel Weintraub, 2008)

B : damping 계수

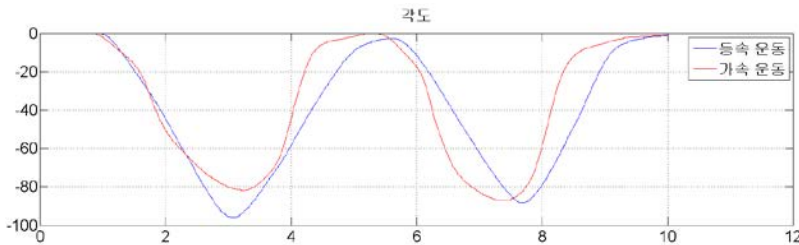
τ : torque

K : spring 계수(stiffness)

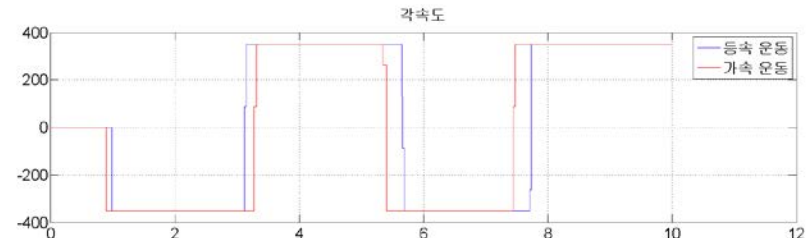
θ : angle

C : 중력항(constant)

ω : angular velocity (= θ')



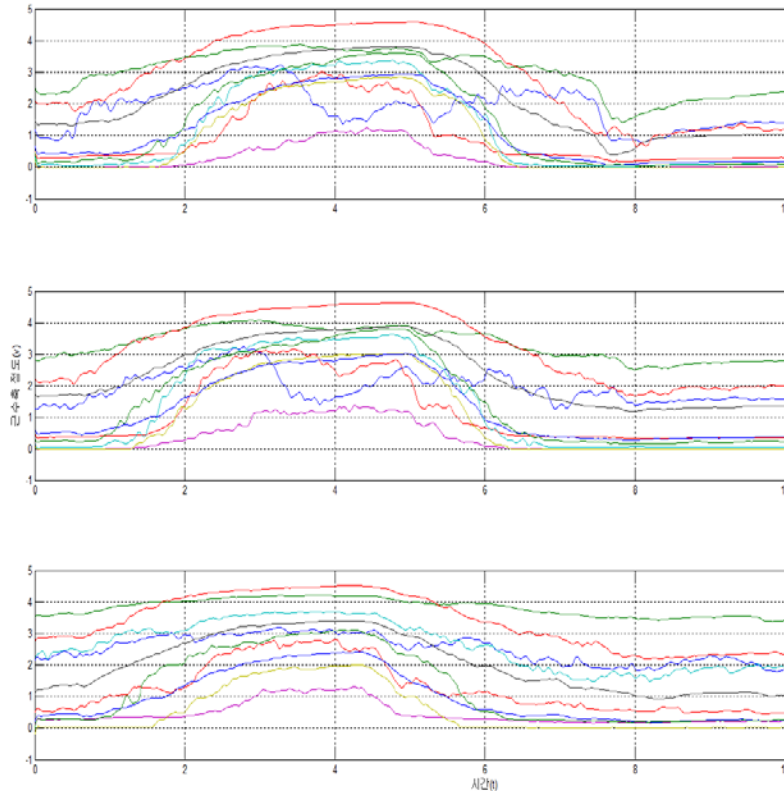
각도 변화



각속도 변화

개선안 도출: 지지대 효용성 검증

- 팔 관절의 회전 방향에 따른 근 수축 변화 정도 파악
 - ✓ 경도 센서를 이용하여 팔꿈치 관절의 회전 방향에 따른 근육의 수축 측정
 - ✓ 미소 회전 방향과 관계없이 근육은 동일하게 수축 ⇒ 팔 지지대 제거 가능



경도 센서로 측정된 근 수축 정도

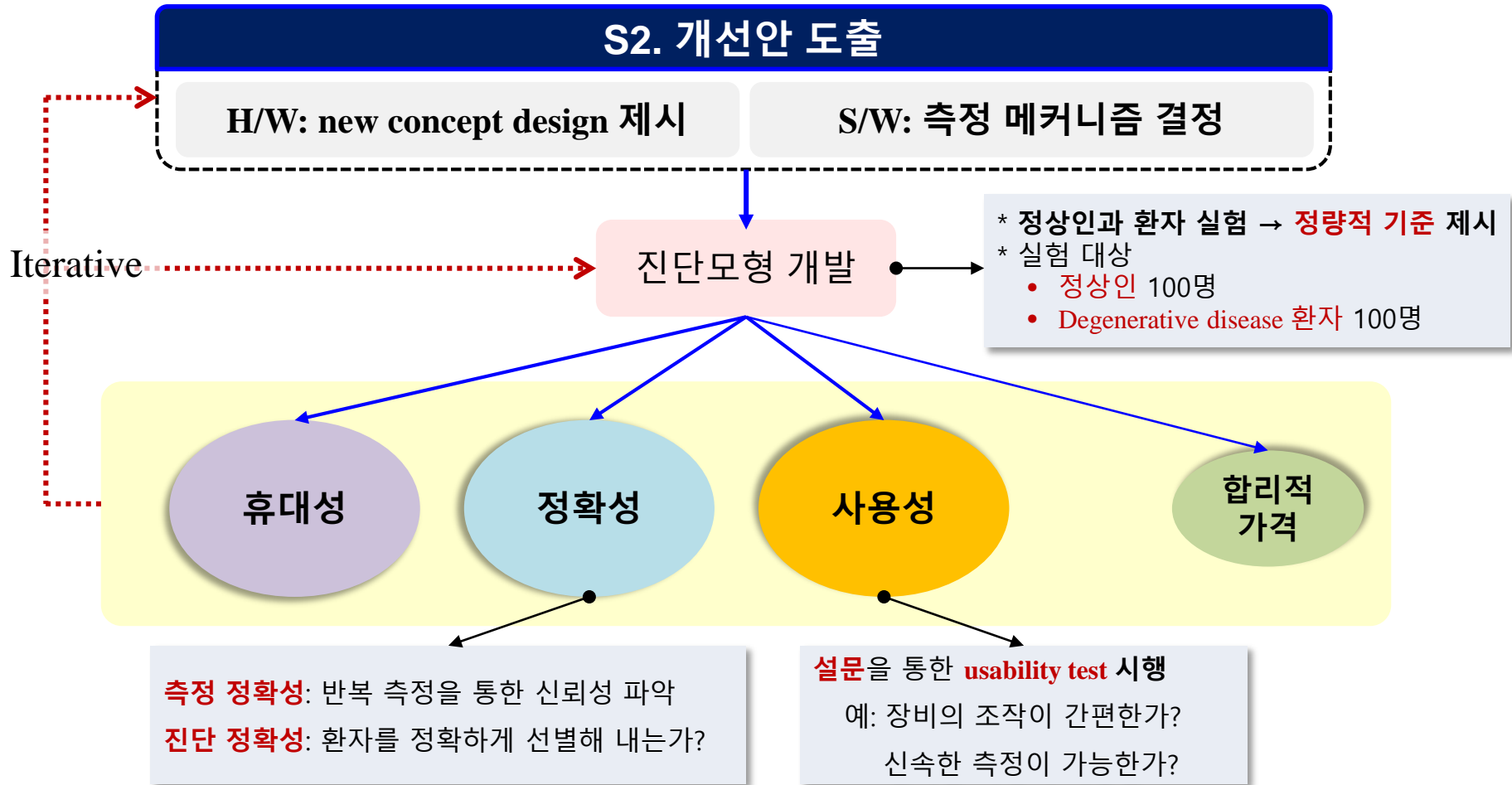
개선안 도출: Summary

□ Test bed를 통한 개선사항 도출 ⇒ **개선안이 반영된 concept design** 특허 출원 중

기존 장비 및 test bed	개선안 도출
<p>1. Passive한 움직임 control 방법: motor 대부분의 기존 장비는 motor 사용 ⇒ 장비의 크기 및 무게 ↑</p>	<p>팔의 움직임에서 발생하는 가속도 무시 가능 ⇒ 등속도 운동을 위한 motor 사용 불필요</p>
<p>2. 지지대 사용</p>	<p>근 수축은 팔의 미소 회전 방향과 관계 없음 ⇒ Frame 제거 가능</p>
<p>3. 장비의 signal을 컴퓨터와 연결하는 cable 대부분의 기존 장비는 유선 장비 ⇒ 장비의 휴대성 및 사용성 ↓</p>	<p>연결 cable을 제거한 무선 장비</p>
<p>4. 사용성을 고려하지 않은 디자인</p>	<p>사용성을 고려한 wearable & compact 디자인 신속한 측정 및 환자 선별을 위한 display 필요</p>

개선안 평가

□ 개선안 평가 시나리오



Evaluation Results

Representative device

	<i>Glove type</i>	NeuroFlexor, Aggero MedTech AB	MyotonPRO, Esotonia
Illustration	 특허 출원 중		
가격(₩)	제작비: 50만원(추정) 😊	제작비: 100만원 ↑ (추정) 😞	가격 정보 X 😐
규격(mm)	휴대용 전화기 size 😊	300 (H) × 162 (W) × 410 (D) 😞	162 (H) × 67 (W) × 28 (D) 😊
무게(kg)	0.2kg 😊	10 kg 😞	0.3kg 😊
신호처리	▪ 블루투스 (무선) 😊😊	▪ 연결 cable (유선) 😞	▪ 연결 cable (유선) 😐
사용성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 착용이 간편함 ▪ 간단한 측정 프로토콜 ▪ 정량적 수치 제공 	추후 다양한 신체부위 측정 평가 ▪ 측정시간 ↑ (10min.)	다양한 신체부위 측정 ▪ 비교적 간편한 측정
용도	의료용: 뇌 손상 환자 선별 😊	General use 😐	Sports, physicians 😞

Discussion

□ 근 경직도 측정 기법 및 절차 파악

- ✓ 기존 측정 방법(EMG, torque based method)별 특성 파악
- ✓ Torque based method 분석을 통한 측정 유용성 확인

□ 기존 근 경직도 측정 시스템을 통한 실험 및 개선안 도출

- ✓ 근 경직도 측정 시 가속 운동에 의한 영향 무시 가능
- ✓ 측정 장비의 크기, 무게, 휴대성, 사용성 측면의 개선안 도출

□ Contribution

- ✓ 의료용으로 특화된 portable muscle rigidity measurement device 개발

□ 추후 연구

- ✓ 뇌 손상 환자와 정상인 대상 실험으로 진단모형 개발
- ✓ 사용성 평가를 통한 개선안 보완

Q & A



Thank you for your attention