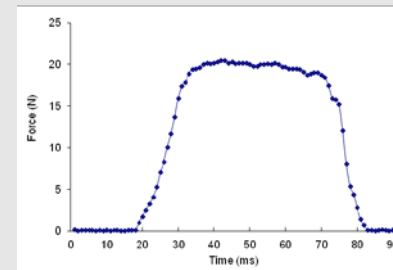
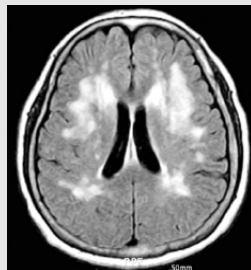


운동의지장애 환자의 조기 선별을 위한 정상인의 손가락 힘 특성 분석

*Analysis of Finger Force Control Capabilities for Early Detection of
Motor Intentional Disorders (MIDs) Patients*



2012. 11. 2

박현지¹, 이백희¹, 정기효², 이병화³, 나덕렬³, 유희천¹

¹포항공과대학교 산업경영공학과

²울산대학교 산업경영공학부

³성균관의대 삼성서울병원 신경과

POSTECH

SAMSUNG

삼성서울병원

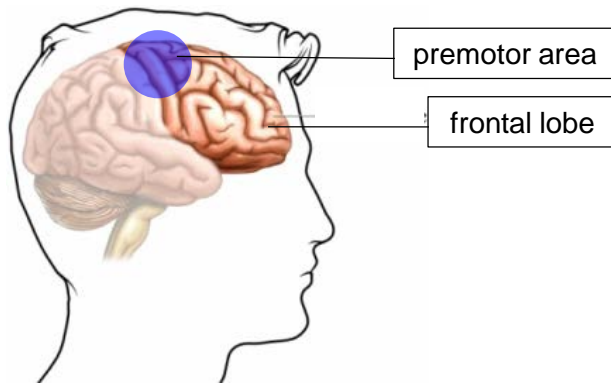
목 차

- 연구 배경 및 필요성
- 연구 목표
- 연구 절차
 - 손가락 힘 측정 시스템 개발
 - 정상인 힘 측정 실험
- 정상인 힘 특성 분석 결과
- 토의

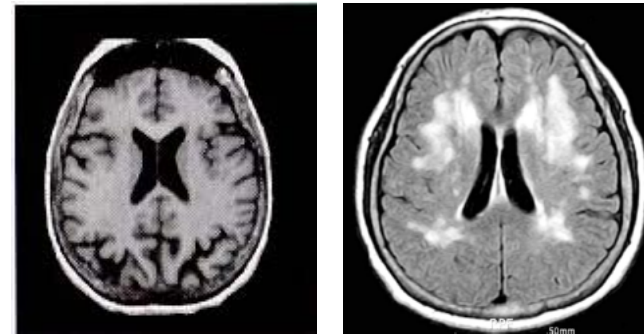
운동의지장애의 임상적 중요성

□ 운동의지장애(motor intentional disorders, MIDs)

- ✓ 뇌 손상으로 인해 신체를 움직이려는 의지가 저하되는 장애(Seo et al., 2009)
- ✓ 병인: 전두엽(frontal lobe) 내 운동전영역(premotor region) 손상
 - 혈관성 치매 환자에서 초기에 주로 나타남(홍재란, 2010)
 - 파킨슨병 환자의 80 ~ 90%에서 운동완서증 발생(Weintraub, 2008)



MIDs 발병 원인

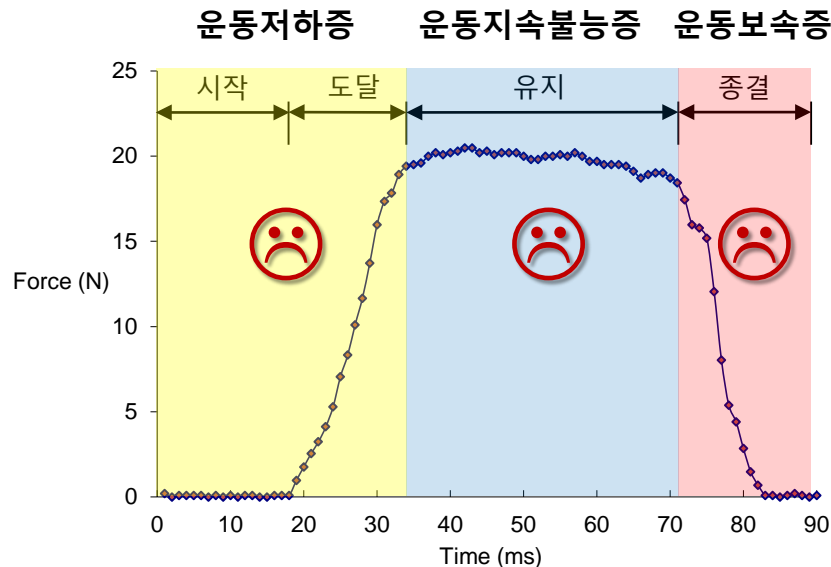


정상 뇌(좌)와 피질하 혈관성 치매 환자 뇌(우)

⇒ 운동의지장애는 뇌 손상 질환에 따라 나타나는 정도의 차이가 있으나, 대부분의 환자는 **발병 초기에 운동의지장애가 나타나 조기 진단이 중요함**

MIDs 유형

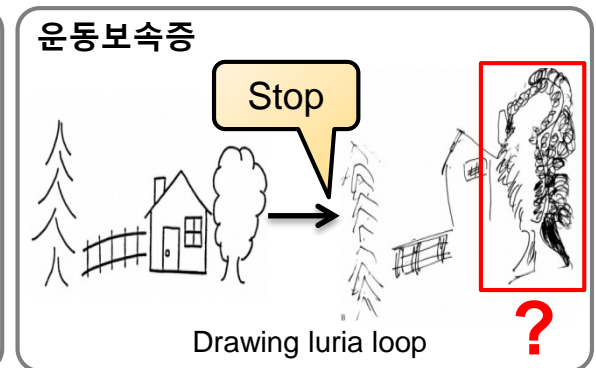
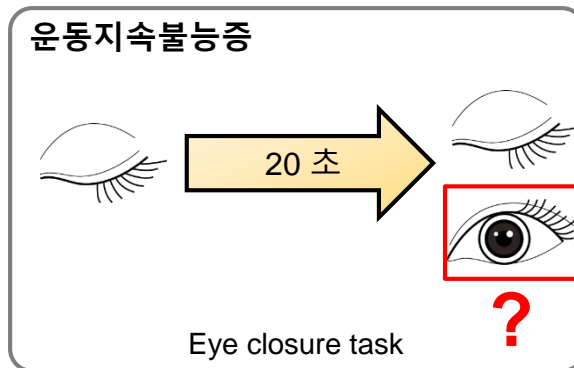
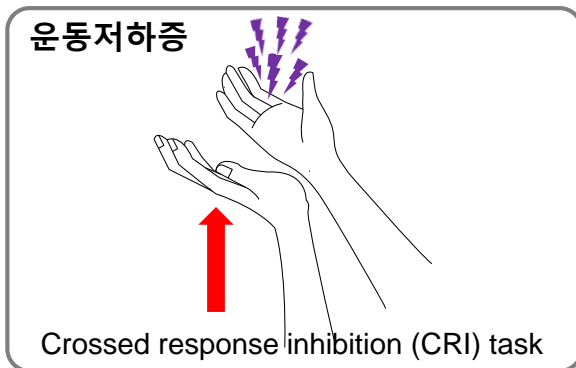
- 운동국면에 따른 3가지 MIDs 유형(Heilman, 2004)
 - ✓ 운동저하증(hypokinesia): 동작의 **시작**이 지연되는 장애
 - ✓ 운동지속불능증(motor impersistence): 동작의 **지속**에 문제가 있는 장애
 - ✓ 운동보속증(motor perseveration): 동작의 **종결**이 지연되는 장애



힘의 네 가지 운동국면

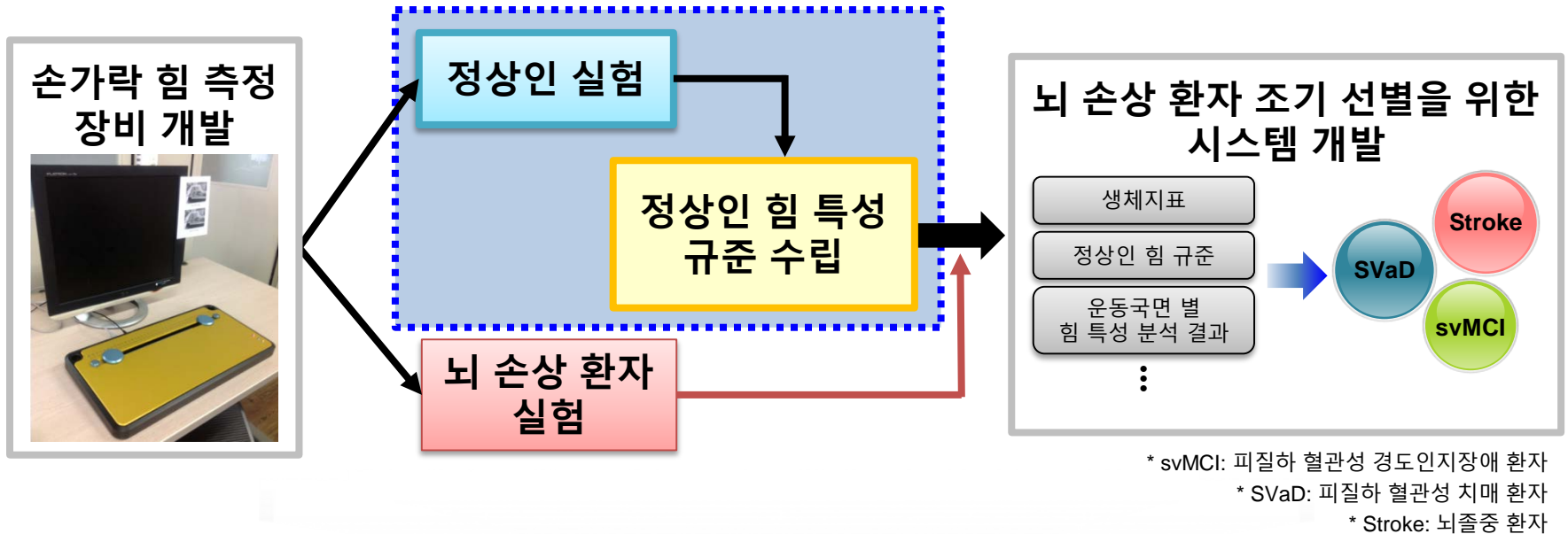
기존 MIDs 평가 방법의 한계점

- 기존 MIDs 평가: 임상가에 의한 환자의 **행동 관찰**을 통해 운동의지장애 유무를 진단(Crucian et al., 2007; Heilman, 2004)
 - ✓ **운동저하증**: 눈 감은 상태에서 한 손의 자극에 대한 반대 손의 반응 여부 검사
 - ✓ **운동지속불능증**: 눈 감은 상태를 **20초** 간 유지하는지의 여부 검사
 - ✓ **운동보속증**: 제시되는 그림에 대한 **luria loop**의 중복 여부 검사



⇒ 운동국면 별 운동의지장애 정도를 **체계적**이고 **정량적**으로 평가할 수 있는
시스템 개발이 필요함

연구 개관



운동의지장애 환자 조기 선별을 위한 정량적 진단 시스템 개발

운동의지장애 환자의 조기 선별을 위한 정상인의 손가락 힘 특성 분석

1. 손가락 힘 측정 시스템 개발

- ✓ 운동국면(시작, 도달, 유지, 종결) 별 힘 통제 특성 정량화 척도 도출
- ✓ 운동국면 별 힘 통제 특성 평가 방법 개발

2. 정상인 힘 특성 기준 수립 및 특성 분석

- ✓ 힘 특성에 대한 4가지 인자(연령대, 성별, 손 위치, 공간 위치)의 효과 분석
- ✓ 정상인과 뇌 손상 환자의 힘 특성 비교

S1. 운동국면 별 평가 방법 정립

- 선행 연구 리뷰를 통한 평가 척도 도출
- 힘 통제 특성 평가 방법 개발

S2. 손가락 힘 측정 시스템 개발

- H/W: finger touch (FT) 장비 개발
- S/W: 운동국면 별 프로그램 개발

S3. 정상인 힘 특성 측정 실험

- 실험대상: 20 ~ 70대 정상인
- 운동국면 별 손가락 힘 특성 측정

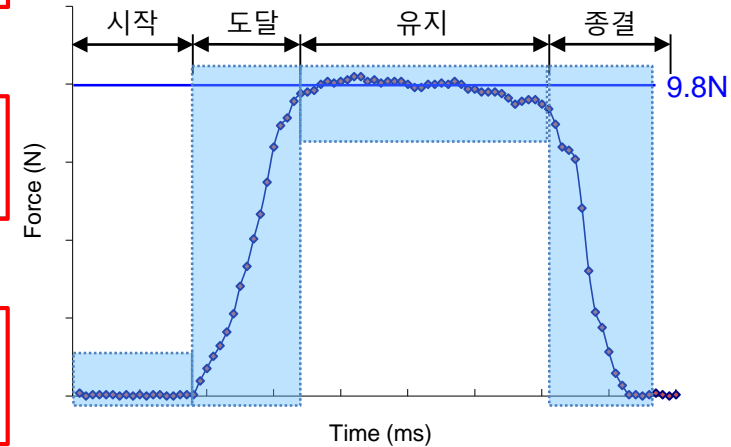
S4. 정상인 힘 특성 분석

- 정상인 힘 특성 분석 및 기준 수립
- 뇌 손상 환자의 힘 특성과 비교

S1. 운동국면 별 평가 방법 정립

□ 운동국면 별 평가 척도(Seo et al., 2009)

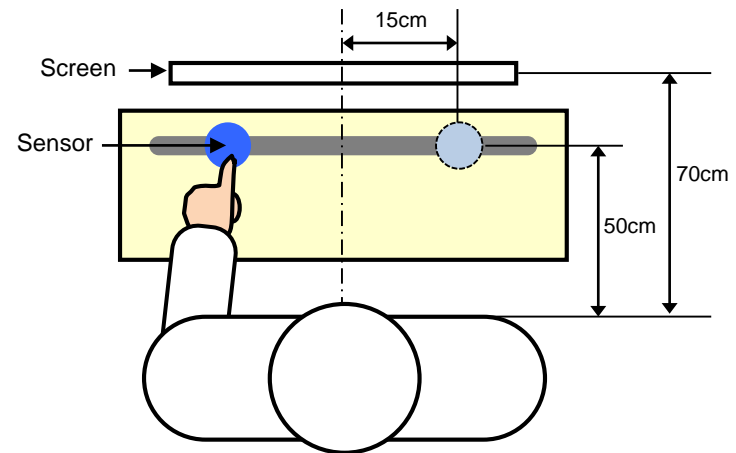
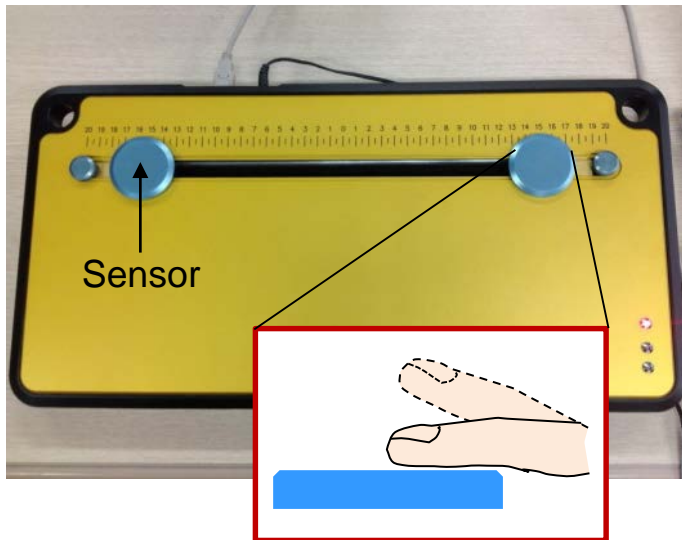
국면	평가 척도
시작	$\text{Reaction Time (RT)} = t_i - t_j$ <i>i</i> = time to press the sensor; <i>j</i> = time to appear red signal
무작위로 제시되는 신호에 대한 최단 반응 시간(msec)	
도달	$\text{Development Time (DT)} = t_i - t_j$ <i>i</i> = time to reach 9.8N; <i>j</i> = time to press the sensor
목표 힘(9.8N)에 도달하는데 걸리는 최단 시간(msec)	
유지	$\text{Maintenance Error (ME)} = \frac{\sum_{i=0}^{10000} f_i - 9.8 N }{10000}$ <i>f_i</i> = finger force at time <i>i</i>
목표 힘(9.8N)을 10초 간 최대한 유지할 때 발생하는 유지 오차(N)	
종결	$\text{Reaction Time (RT)} = t_i - t_j$ <i>i</i> = time to release the finger; <i>j</i> = time to appear red signal
제시되는 신호에 대해 유지하던 힘을 종결하는 최단 반응 시간(msec)	



S2. 손가락 힘 측정 시스템 개발: H/W


장비 구성

- ✓ Finger touch (FT) 장비(SeedTech Co., South Korea)
 - 운동국면 별 손가락 힘 측정
 - 압력 sensor (load cell) 사용(precision = 0.196 N, sampling rate = 30 ~ 32 Hz)
- ✓ 19인치 모니터(FLATRON L1940P, LG Electronics Co., South Korea)

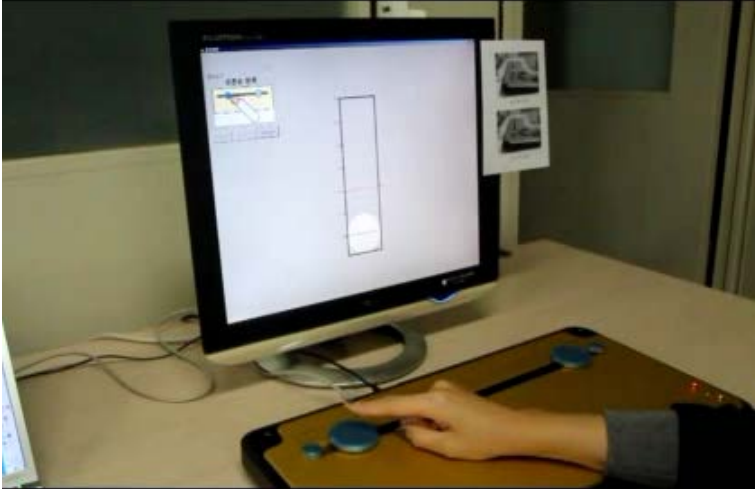
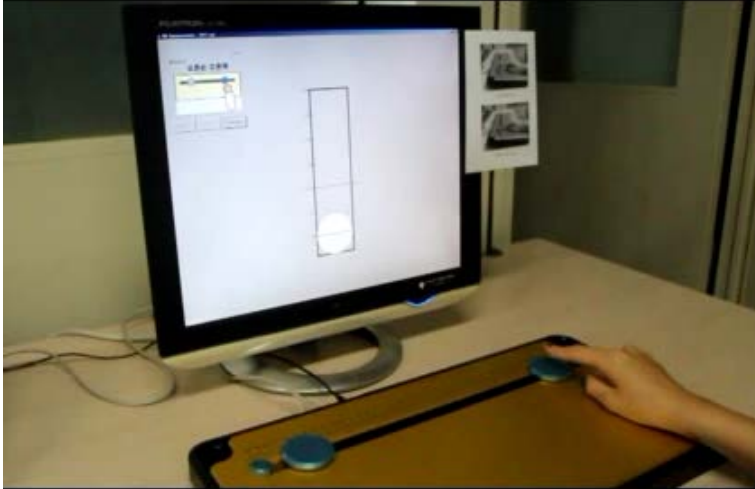


시스템 구성(검사 조건 예: 왼손 왼쪽)

S2. 손가락 힘 측정 시스템 개발: S/W

검사	시작 검사	도달 검사
검사방법	신호 표시부(흰색 원)에 빨간 신호 가 들어오면 최대한 신속하게 센서를 누름	센서를 눌러 목표 힘(9.8N)까지 최대한 신속하게 도달
검사화면		

S2. 손가락 힘 측정 시스템 개발: S/W (cont.)

검사	유지 검사	종결 검사
검사방법	센서를 눌러 목표 힘(9.8N)에 도달한 후, 10 초 간 목표 힘을 최대한 유지	센서를 눌러 목표 힘을 유지하다가 신호 표시부에 빨간 신호 가 들어오면 최대한 신속하게 손가락을 떼어냄
검사화면		

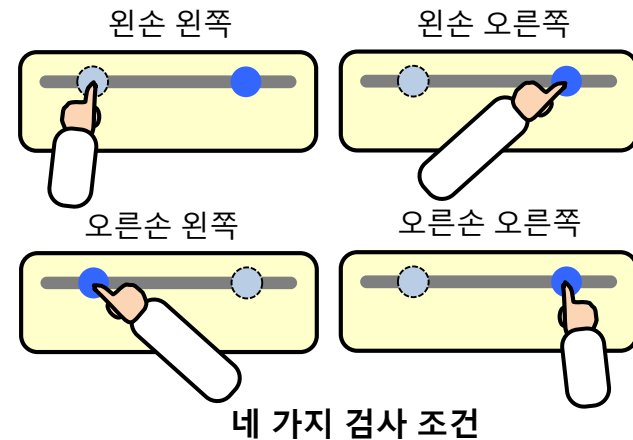
S3. 정상인 힘 특성 측정 실험: 실험 환경

- ❑ 실험참여자: **정상인 344명**(표 참조; 총 360명 실험 예정)
- ❑ 네 가지 국면 별로 검지손가락으로 실험
- ❑ 4-factor mixed-subjects design
 - ✓ b-s-f: **연령대**(20 ~ 70대), **성별**(남, 여)
 - ✓ w-s-f: **손 위치**(좌, 우), **공간 위치**(좌, 우) → 실험 조건
- ❑ 반복 횟수: 각 실험 조건 별 4회

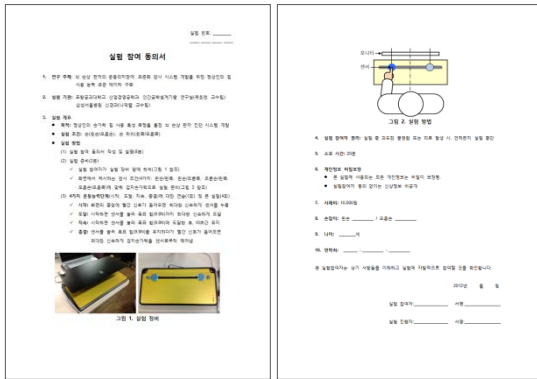
표. 연령별 및 성별 실험참여자

	20대	30대	40대	50대	60대	70대	총 계
남성	30	28	24	26	30	26	164
여성	30	30	30	30	30	30	180
총 계	60	58	54	56	60	56	344

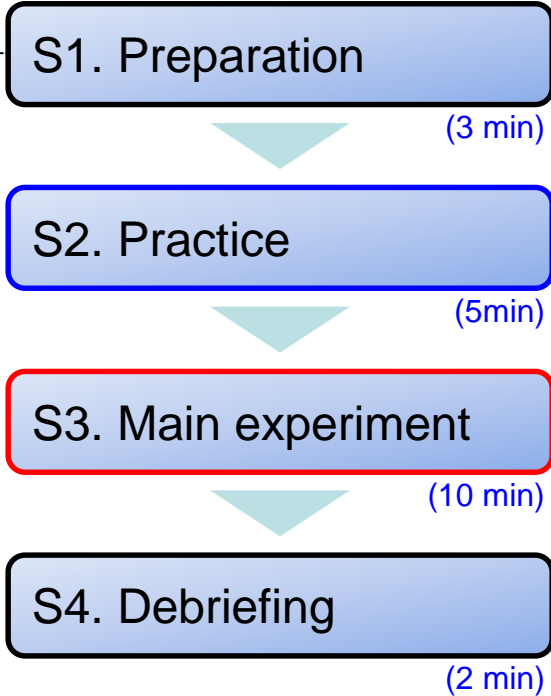
* 연령대 및 성별 목표 실험 인원: 30명



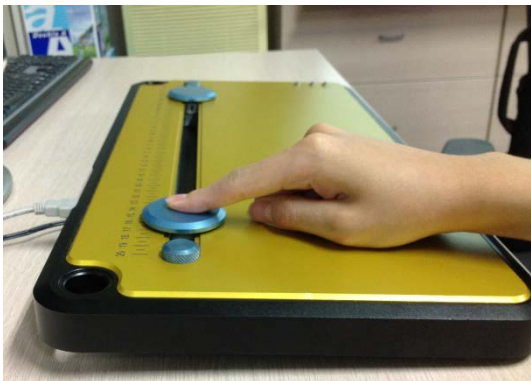
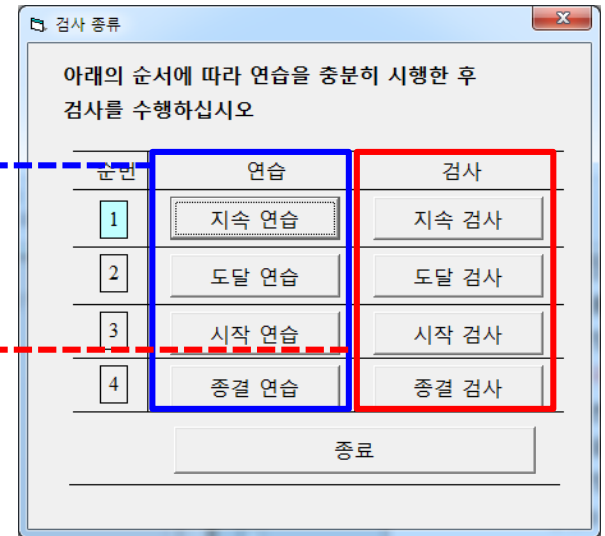
S3. 정상인 힘 특성 측정 실험: 실험 절차



1인당 실험시간: 20분



※ 검사 순서: random



S4. 결과: Total

□ 정상인 손가락 힘 특성에 대한 연령대, 성별, 손 위치, 공간 위치의 효과 분석

표. 운동국면 별 정상인 힘 특성 ANOVA p-value table

	시작	도달	유지	종결
Age group (A)	< 0.001	0.012	< 0.001	< 0.001
Gender (G)	0.009	0.051	< 0.001	0.406
Hand (H)	0.840	0.002	0.017	0.017
Location (L)	0.966	0.480	< 0.001	0.258
A × H	0.398	0.408	0.071	0.522
G × H	0.291	0.907	0.402	0.724
A × L	0.647	0.008	< 0.001	0.648
G × L	0.987	0.337	0.274	0.173
H × L	0.566	0.674	0.347	0.274

※ Shaded area: significant at $\alpha = 0.05$

※ 3인자 이상의 교호 작용 무시

⇒ 정상인의 힘 특성은 모든 국면에서 **연령대** 효과가 유의함

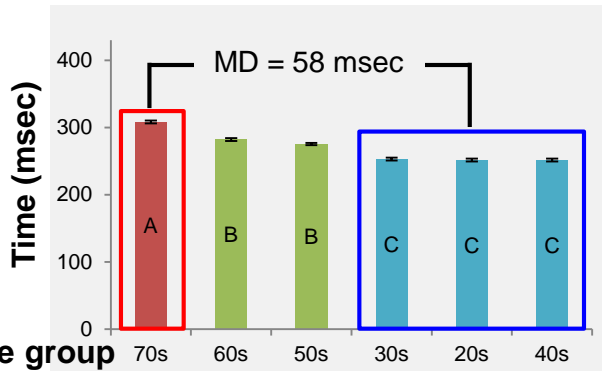
⇒ 정상인은 운동국면에 따라 힘 특성에 영향을 주는 요인이 다르게 분석됨

S4. 결과: 시작, 도달, 종결 국면

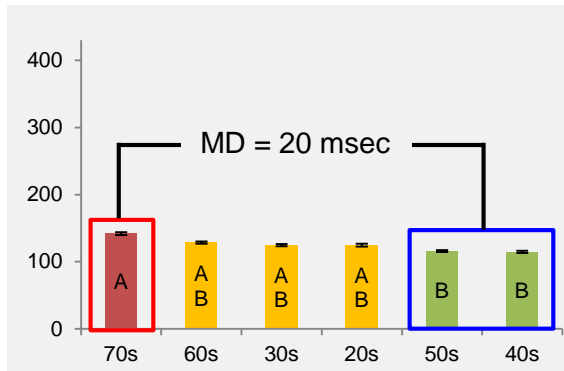
□ 정상인은 연령이 높을수록 힘 시작, 도달, 종결 시간이 느려짐

(시작: $F(5, 319) = 16.22, p < 0.001$; 도달: $(F(5, 321) = 3.03, p < 0.001)$; 종결: $(F(5, 296) = 22.27, p < 0.001)$)

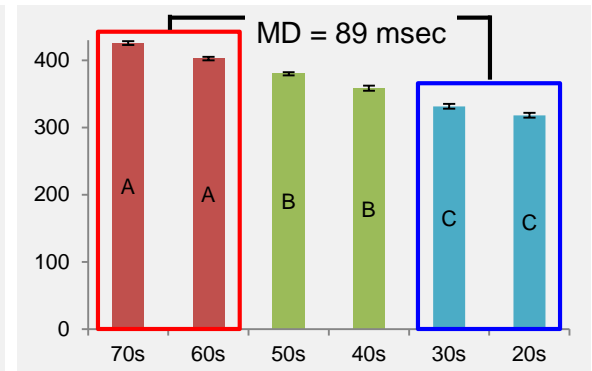
※ MD = mean difference
 ※ 반응시간에 따라 연령대를 내림차순으로 정렬



시작국면



도달국면



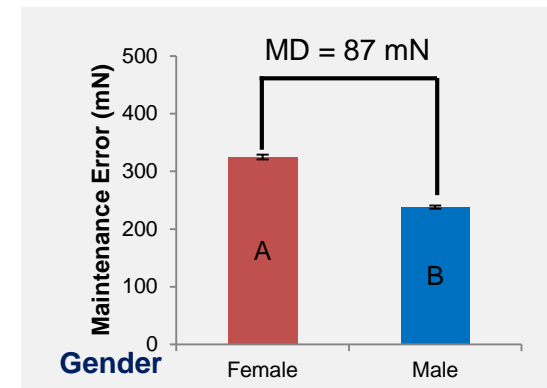
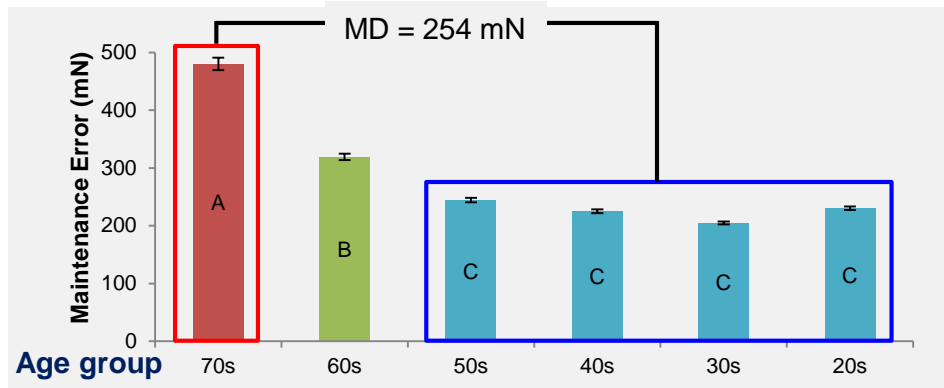
종결국면

⇒ 70대는 다른 연령에 비해 시작, 종결 작업 시 반응 시간이 느림

⇒ 정상인의 종결 반응시간은 시작 반응시간에 비해 102 msec 만큼 느린 것으로 분석됨

S4. 결과: 유지 국면

- 정상인은 유지 국면에서 **연령대**와 **성별**에 따른 유의한 차이를 보임
 - ✓ **연령대** 효과: 연령 ↑ → 유지 능력 ↓ ($F(5, 320) = 40.89, p < 0.001$)
 - ✓ **성별** 효과: 남성 > 여성 ($F(1, 320) = 38.55, p < 0.001$)



*MD = mean difference

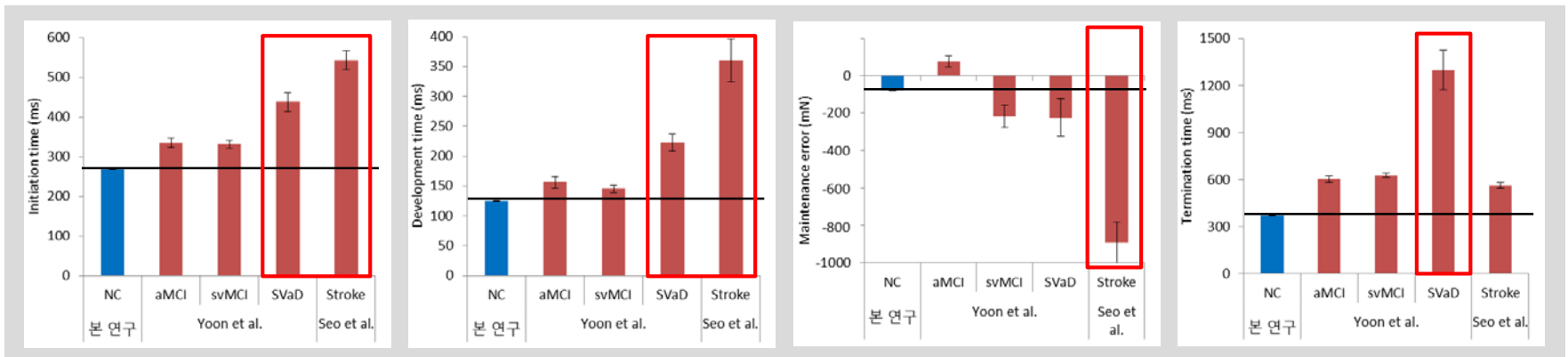
- ⇒ 정상인 20 ~ 50 대의 지속 능력은 유사한 것으로 분석됨
- ⇒ **70대의 지속 능력은 60대를 전후로 현저히 저하됨**
- ⇒ **남성이 여성보다 87 mN 만큼 유지를 잘하는 경향을 보임**

유용성 검증: 정상인 vs. 뇌 손상 환자

□ 기존 뇌 손상 환자 실험 결과와 비교(Yoon et al., under review; Seo et al., 2009)

✓ 정상인과 SVaD, stroke 환자의 국면 별 힘 특성은 1.5 ~ 11.3배의 차이를 보임

■ 정상인 ■ 환자



시작국면

도달국면

유지구면

종결국면

※ NC: 정상인, aMCI: 기억상실성 경도인지장애, svMCI: 피질하 혈관성 경도인지장애 환자, SVaD: 피질하 혈관성 치매 환자, Stroke: 뇌졸중 환자

⇒ 정상인 힘 특성 기준: 뇌 손상 환자의 MIDs 유무 및 정도를 정량적으로 평가하는데 활용될 수 있음

토의

□ 정량적 힘 특성 측정 시스템 개발

✓ 손가락 힘 측정을 통한 운동국면 별 **정량적** 평가 방법 개발

⇒ 기존 **정성적** 평가 방법을 보완하여 보다 **정확한 진단**에 기여할 수 있음

□ 정상인 힘 특성 파악

✓ 시작, 도달, 종결국면: **연령** ↑ → **반응시간** ↓

✓ 유지국면: 70대 < 20 ~ 50대, **2.1배**

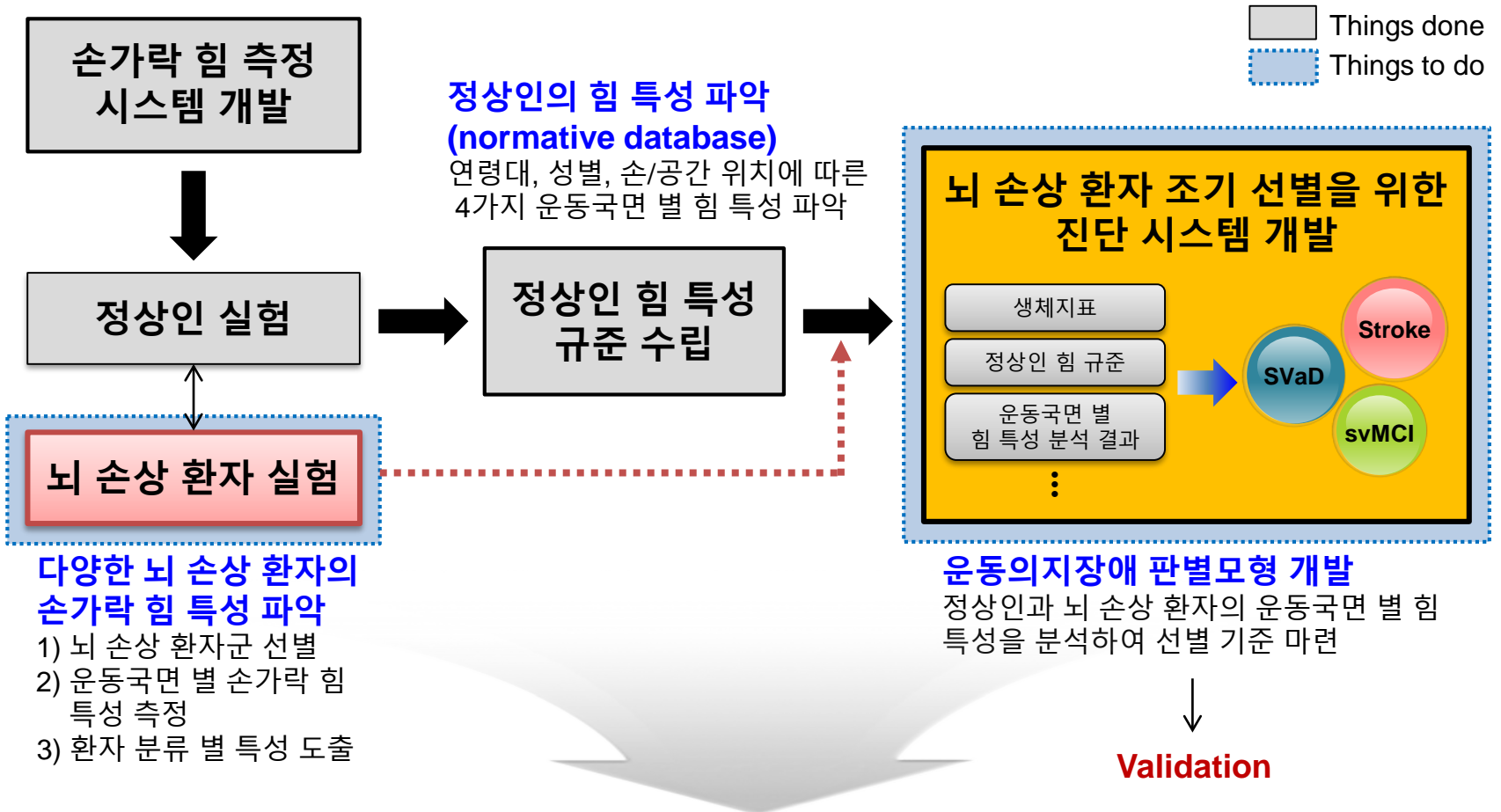
✓ **종결국면** 반응시간 > **시작국면** 반응시간: 종결 검사는 **single task**로 이루어진 시작 검사와 달리 **multi-task**를 처리하는 작업으로, 반응 시간이 느린 것으로 추정됨

□ 유용성 검증: 정상인과 뇌 손상 환자의 힘 특성 비교

✓ 운동능력: **SVaD, stroke** 환자 < 정상인, **1.5 ~ 11.3배**

⇒ 개발된 FT 장비는 **뇌 손상 환자의 운동의지장애 정도를 평가**할 수 있는 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대됨

추후 연구



운동의지장애 환자 조기 선별을 위한 정량적 진단 시스템 개발

Q & A



Thank you for your attention