

손가락 힘 통제 특성에 기반한 운동의지장애의 정량적 평가 방법



정기효¹, 이민정¹, 서상원², 이병화², 김은주², 유희천¹, 나덕렬²

¹ 포항공과대학교 인간공학 설계기술 연구실

² 성균관의대 삼성서울병원

목 차

- 운동의지장애의 개관
- 연구의 목적
- 장애의 정량화 방법
- 평가 적용 사례: 뇌교량 손상 환자
- 토의



운동의지장애의 정의

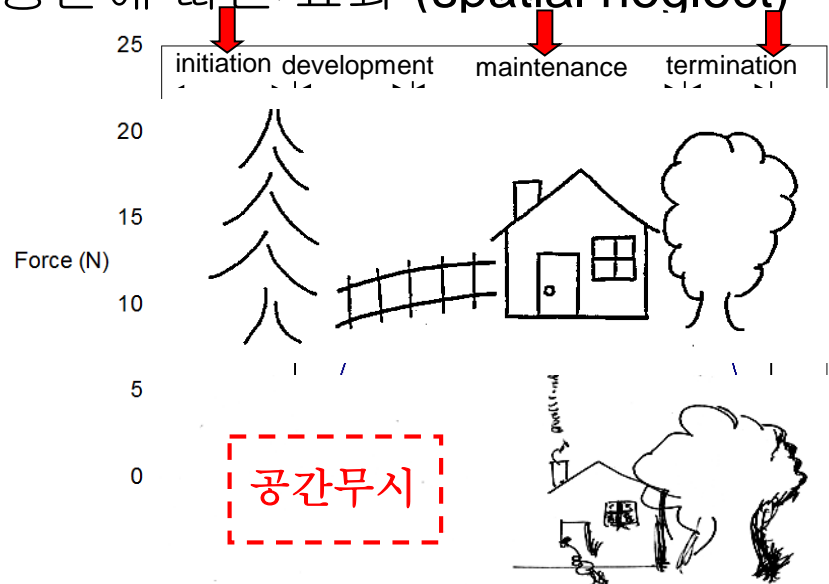
- 기본적인 운동기능에 장애가 없음에도 불구하고 **운동의지의 결여**로 인해 신체를 **움직이지 않으려 하는 장애**
- 뇌의 손상으로 한쪽 손에 마비가 있는 환자가 운동기능에 전혀 장애가 없는 다른 손도 움직이지 않으려는 하는 증상
- 전두엽(frontal lobe) 부위의 손상으로 알려져 있고, 우반구 손상 환자에서 주로 나타남

운동의지장애의 유형

□ 장애의 세 가지 유형(Heilman, 2004)

- 운동 결여증(hypokinesia) ⇒ 신체 동작의 시작 지연
- 운동지속 불능증(motor impersistence) ⇒ 신체 동작의 유지 불안정
- 운동 보속증(motor perseveration) ⇒ 신체 동작의 종결 지연

□ 운동 공간에 따른 효과 (spatial neglect)



정량적 장애 평가 방법 필요성

- 임상가에 의한 환자의 행동 관찰을 통해 운동의 지장애의 유무만을 진단 (Heilman, 2004)


| 장애 | 진단 방법 |
|----------|---|
| 운동 결여증 | 오른손에 자극을 주면 왼손을 들어올리는 task를 통해 동작 시작의 지연을 관찰 하여 진단 |
| 운동지속 불능증 | 일정시간(예: 20초) 동안 환자의 눈을 감게 하여 지속 여부를 관찰 하여 진단 |
| 운동 보속증 | 반복적인 그림(Luria loop)을 그리게 한 후 중복 여부를 관찰 하여 진단 |

➔ 장애의 심각성 진단과 뇌의 선별 장애의 정량적 평가 방법



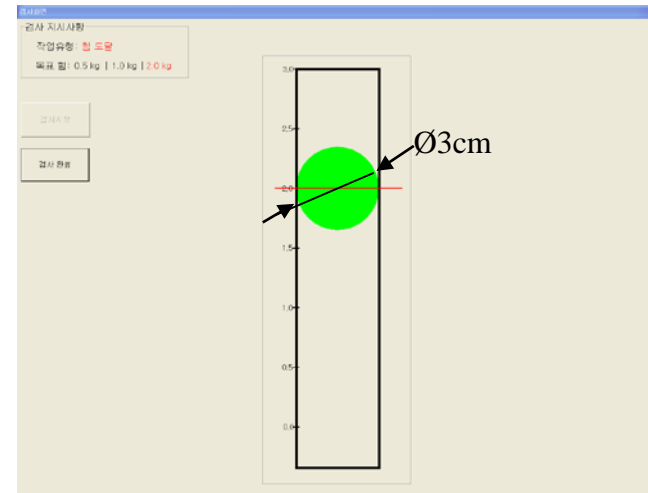
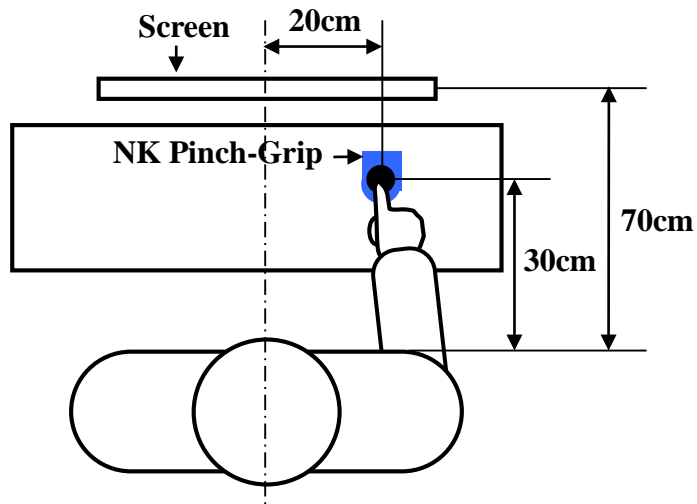
상 연구를 위한 운동극면

연구의 목적

- 
- 손가락 힘 통제 특성에 기반한 힘 발휘 국면 별 운동의 지장애의 정량적 평가 방법 개발
 - 발휘 힘 및 반응시간 측정 시스템 구성
 - 힘 통제 특성 정량화 척도 개발
 - 뇌교량(corpus callosum) 손상환자의 평가 적용

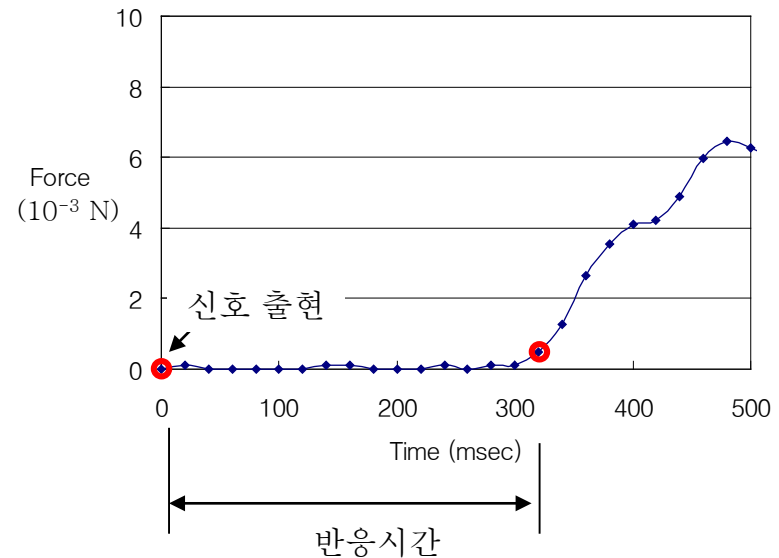
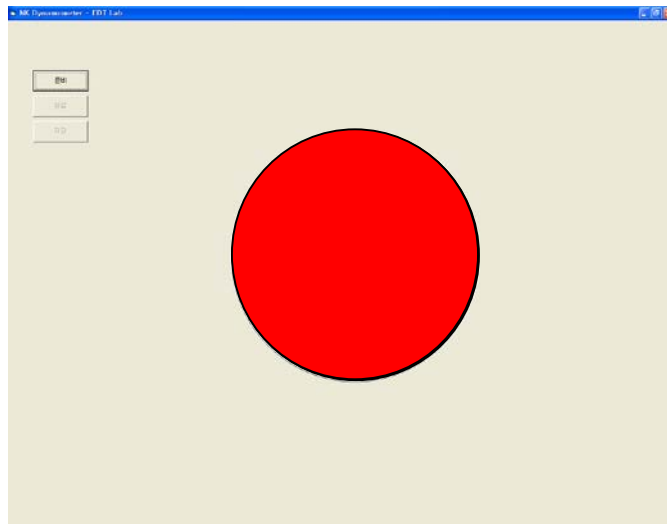
힘 통제 특성 측정 시스템

- NK Pinch-Grip™ (precision = 0.098N, sampling rate = 50Hz) 을 사용하여 손가락 발휘 힘 및 반응시간 측정
- Screen을 통해 실험 지시 사항 및 visual feedback 제공



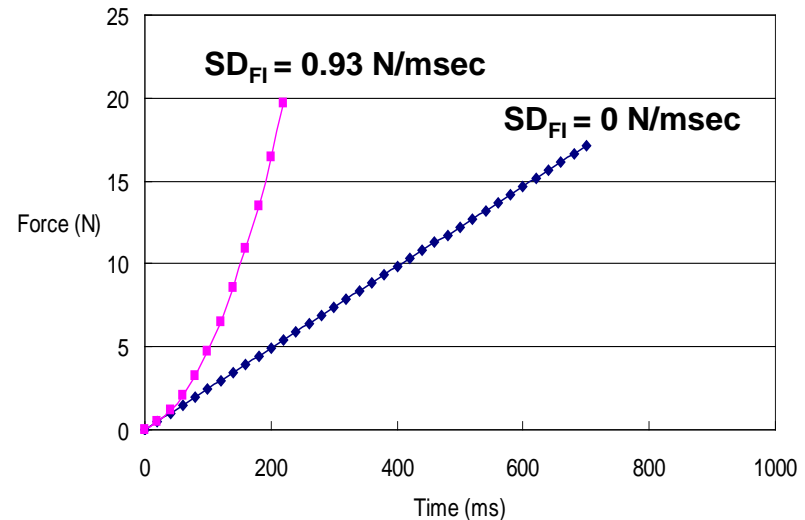
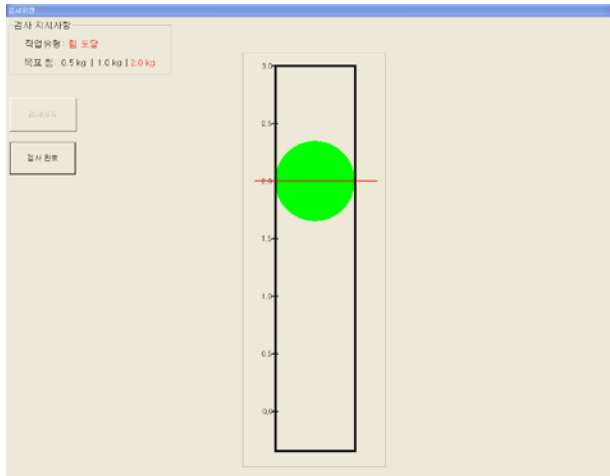
힘 발휘 시작 (force initiation)

- 피실험자가 검지손가락을 NK Pinch-Grip 위에 약 1cm 이내로 위치하고 있다가 신호가 제시되면 **최단 시간 내에 NK Pinch-Grip 버튼을 누르는 작업**
- 평가 척도
 - 반응시간: 신호 출현부터 NK Pinch-Grip 버튼을 누르는데 걸리는 시간



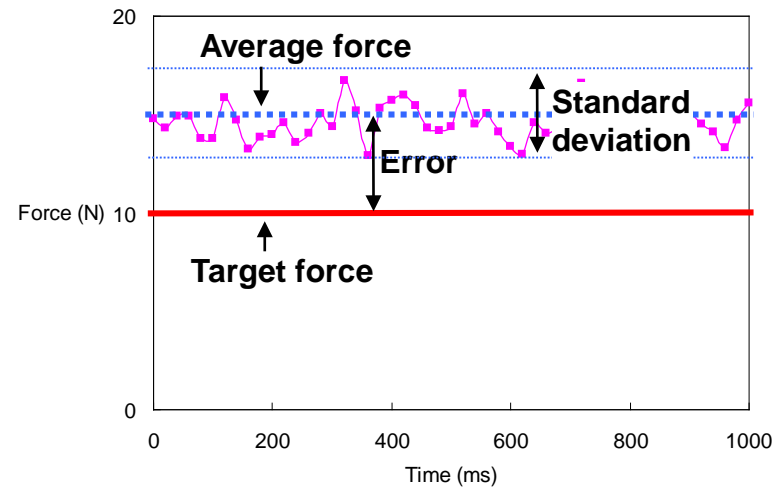
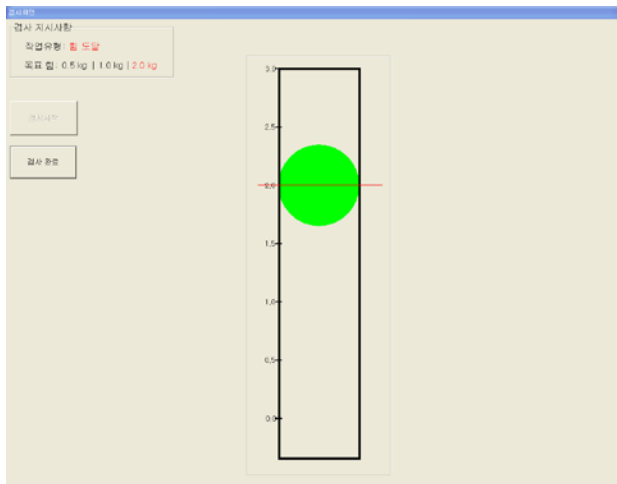
힘 발전 (force development)

- NK Pinch-Grip 버튼에 힘을 가하여 **최단 시간 내에 목표 힘 수준(예: 9.8N)에 도달하는 작업**
- 평가 척도
 - 도달시간: 목표한 힘 수준에 도달할 때까지 소요된 시간
 - 힘 증가분 표준편차(힘 증가 패턴): 힘 발휘 증가분에 대한 표준편차



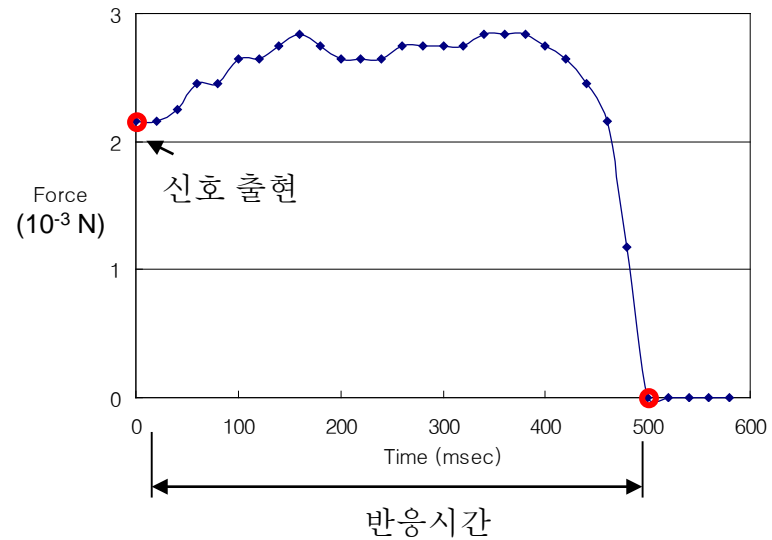
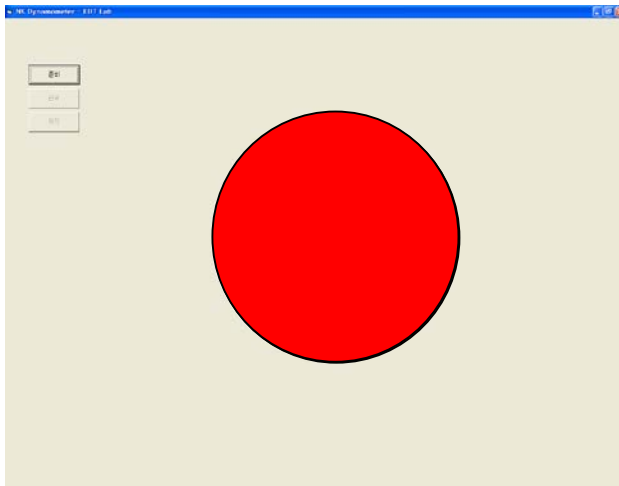
힘 유지 (force maintenance)

- NK Pinch-Grip에 지정된 일정 수준의 힘(예: 9.8N)을 일정 시간 동안(예: 10초) 지속적으로 가하는 작업
- 평가 척도
 - 오차: 목표 힘과 유지 힘 평균의 차이
 - 표준편차: 유지 힘의 표준편차



힘 발휘 종결 (force termination)

- NK Pinch-Grip을 누르고 있다가 신호가 제공되면 버튼에서 손을 떼는 작업
- 평가 척도
 - 반응시간: 신호 출현부터 NK Pinch-Grip 버튼을 떼는데 걸리는 시간



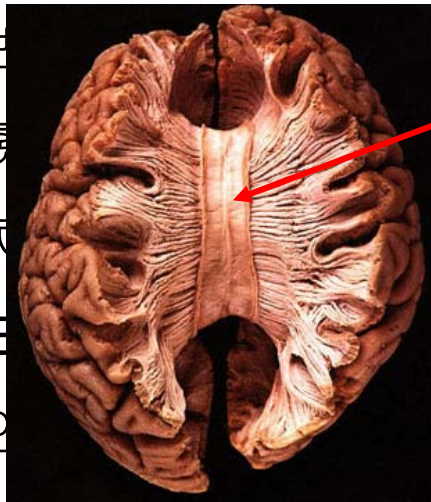
뇌교량 손상 환자 평가

□ 평가 대상자

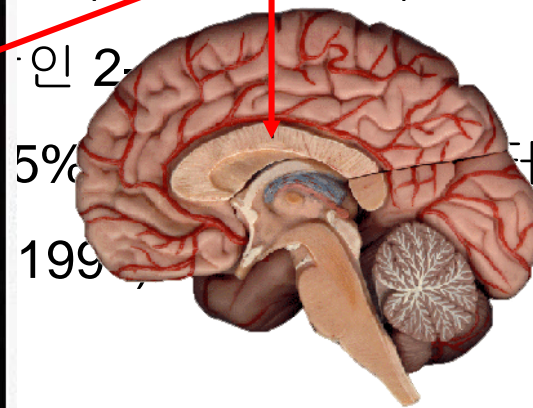
- 뇌교량(corpus callosum) 손상환자 (66세 남성; 최대 힘 왼손 =225N, 오른손=245N)
- 정상인 그룹 (60대 남성 6명; 최대 힘 왼손=255N, 오른손=265N)

□ 평가 방법

- 독립변수: 왼손, 뇌교량(Corpus callosum), 과 우측)
 - 반복측정: 인 2-
 - 이상치: 5%
- test (E) 199, 199 (환자 6개(5%), 정상인



왼손, 뇌교량(Corpus callosum), 과 우측)



인 2-

5% 199, 199 (환자 6개(5%), 정상인

뇌교량 손상 환자 실험 장면



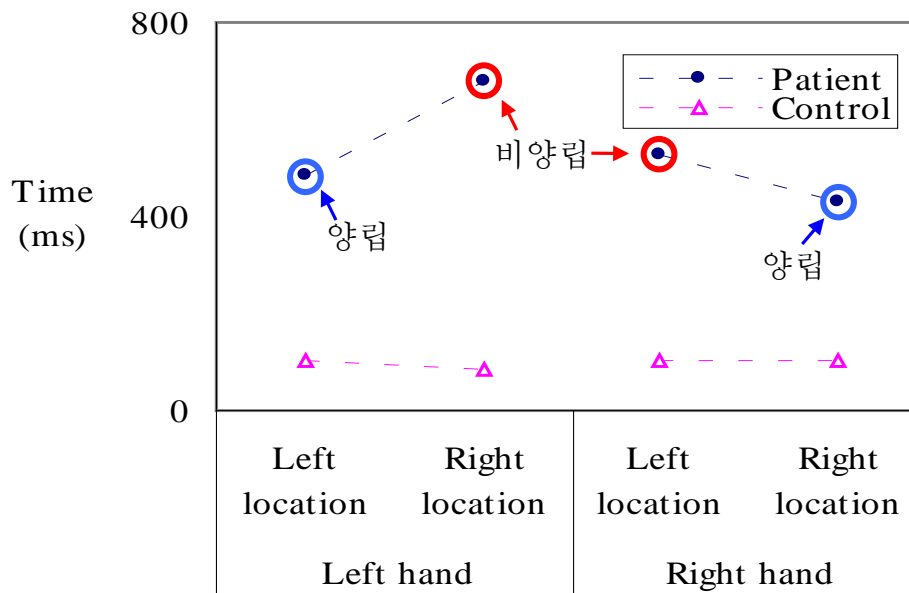
정상인과 환자의 힘 통제능력 비교

- 환자는 정상인 대비 **현저한 힘 통제 능력 저하**를 보임
- ANOVA 분석 결과, 정상인은 손과 공간위치에 따른 수행도가 일정하나, 환자는 **손과 공간위치의 효과가 유의**하게 나타남

| 힘 발휘 국면 | 평가 척도 | 정상인 대비 비율(표준편차) |
|---------|------------|-----------------|
| 시작 | 반응시간 | 4.6 (4.2) |
| 발전 | 도달시간 | 28.4 (20.3) |
| | 힘 증가분 표준편차 | 0.3 (0.3) |
| 유지 | 오차 | 16.7 (9.7) |
| | 표준편차 | 6.9 (9.5) |
| 종결 | 반응시간 | 5.3 (4.5) |

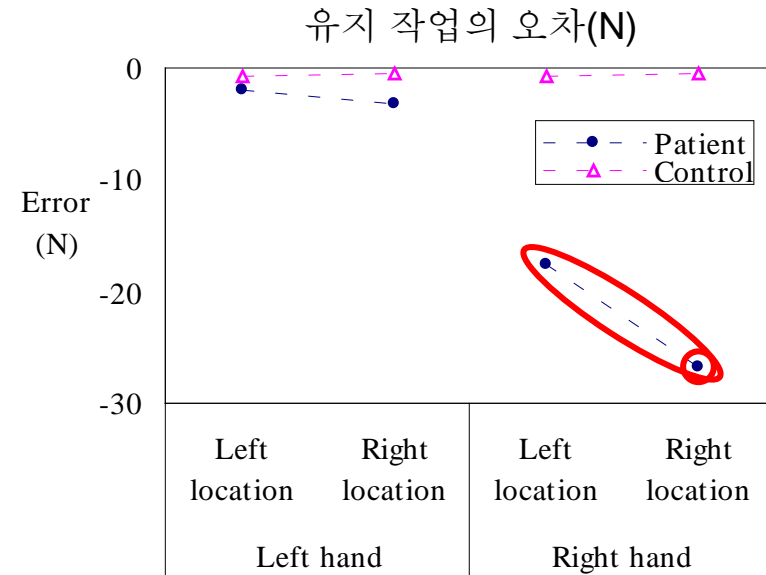
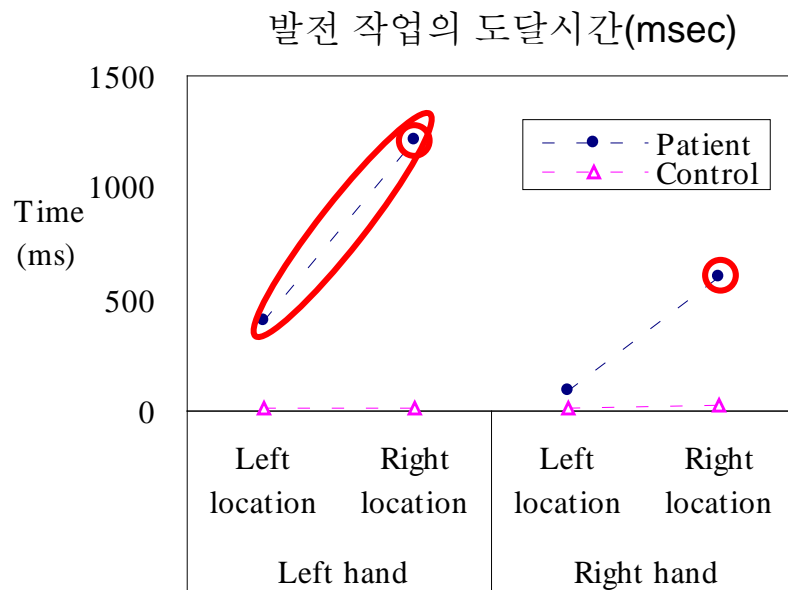
힘 발휘 시작 및 종결

- 손과 공간이 **비양립**할 때(오른손-좌측공간, 왼손-우측공간) 반응시간이 길게 나타남($p=0.04$)
- 왼손-우측공간**에서 가장 큰 운동 기능의 저하(환자: 523msec, 정상인: 83msec)를 보임



힘 발전 및 유지

- **우측 공간**의 힘 통제 능력이 발전($p < 0.001$)과 유지($p = 0.034$) 작업에서 동일하게 유의한 저하를 보임
- 발전은 왼손($p = 0.008$), 유지는 오른손($p < 0.001$)의 힘 통제 능력이 더욱 저하되어 **손에 대해 대립**되는 결과를 보임



신경회로망 특성 연역에의 활용

- 힘 발휘 국면 별 힘 통제 능력을 분석하여 **뇌의 신경회로망 특성 연역 가능**

| 힘 발휘 국면 | 운동 능력 저하 | | | | | |
|---------|----------|-----|------|----|------|-----|
| | 손 | | 공간위치 | | 교호작용 | |
| | 왼손 | 오른손 | 좌측 | 우측 | 양립 | 비양립 |
| 시작 | ○ | | | | | ○ |
| 발전 | ○ | | | ○ | | |
| 유지 | | ○ | | ○ | | |
| 종결 | | | | | | ○ |

토 의

- 힘 통제 능력에 기반한 **운동의지장애의 정량적 평가**
방법 개발

- 힘 통제 능력 정량화를 통해 **뇌의 신경회로망 특성**
분석

- 임상 실용화를 위한 추후 연구
 - 힘 발휘 국면 별 정상인에 대한 표준 자료 구축
 - 장애의 심각성 수준을 평가하는 모델 개발 (MRI
결과 활용)

Q & A

경청해 주셔서 감사합니다.

