

  2022 NIA 데이터 세미나



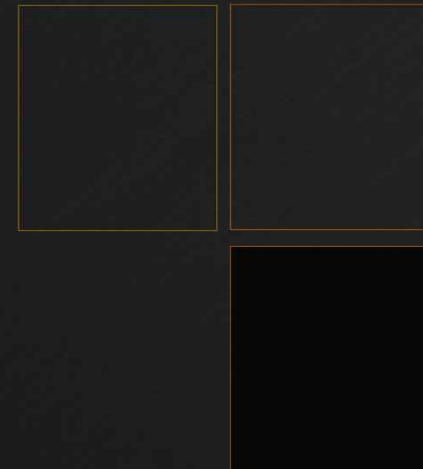
생체신호기반 DATA 분석을 통한 휴먼 인터페이스 기술개발

- 상지(및 하지) 절단자를 위한 **로봇 손(근전전동의수)**(및 로봇 의족) 소개 -

2022.9. 23

근로복지공단 재활공학연구소

첨단의지연구팀장 박세훈



근로복지공단 재활공학 연구소 소개

❖ 설립목적

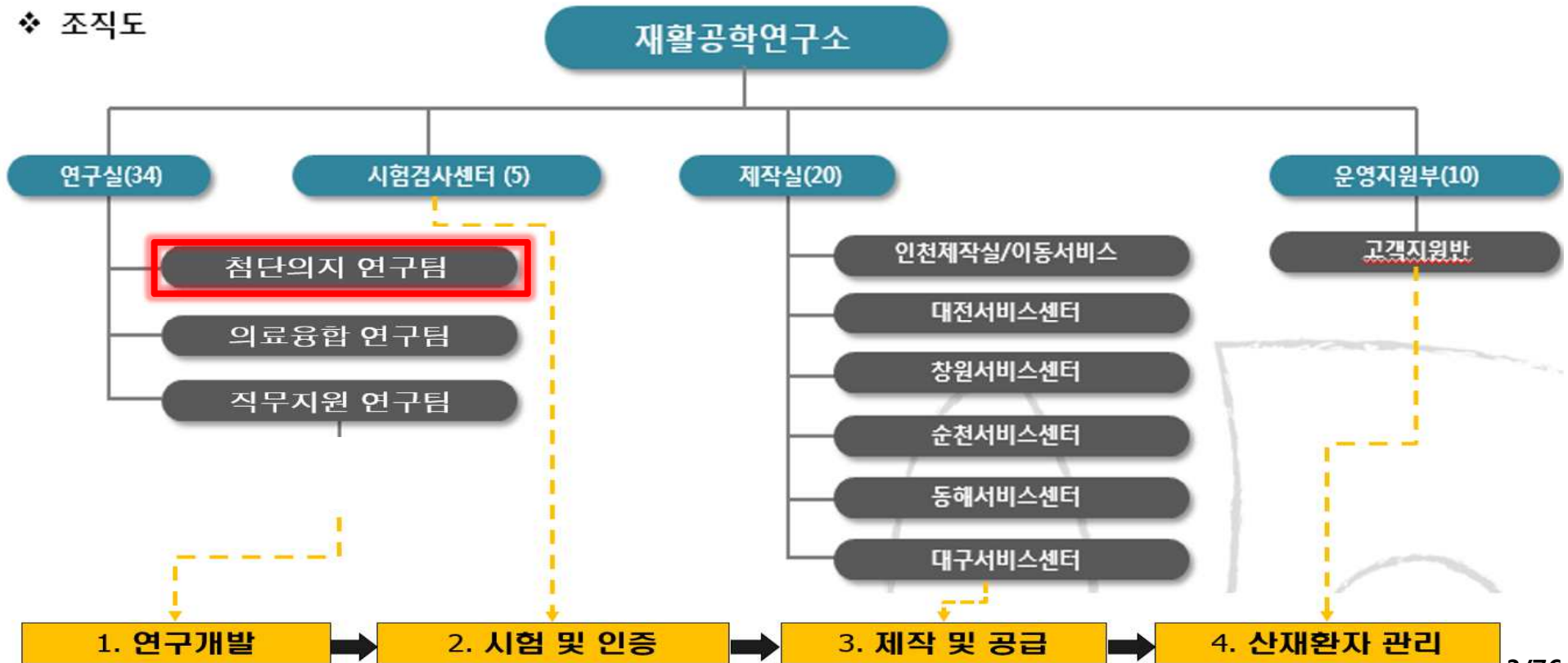
첨단 재활보조기구 및 재활훈련기법의 연구개발을 통하여,
산재 노동자에게 과학적 의료재활, 직업재활 서비스를 제공
함으로 **산재노동자의 조기 사회복귀를 촉진**

❖ 연혁

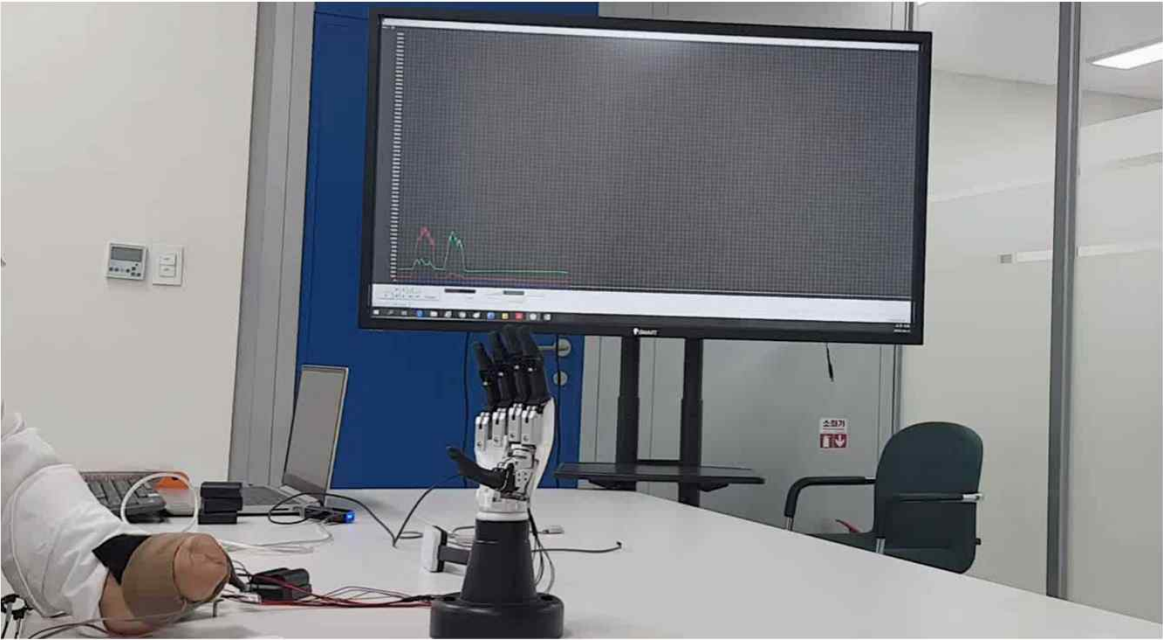
- 1994. 산재의료관리원 전신인 근로복지공사에 「재활공학연구소」 설립
- 1999. 산업자원부로부터 국제 표준화기구(ISO) 한국 간사기관으로 지정
- 2000. 전국 순회 '의지/보조기/휠체어 이동서비스' 버스 운행 시작
- 2002. 대전, 창원, 순천, 동해 4개 지역에 재활보조기구 권역서비스센터 설치
- 2008. 보건복지부로부터 노인장기요양보험 「복지용구 시험·검사기관」 지정
- 2010. 기관통합으로 「근로복지공단 재활공학연구소」 로 명칭변경
- 2012. 지식경제부로부터 국가상호인정「KOLAS 시험·검사기관」 인증
- 2014. 현재 신청사 준공 및 이전(2월)



❖ 조직도

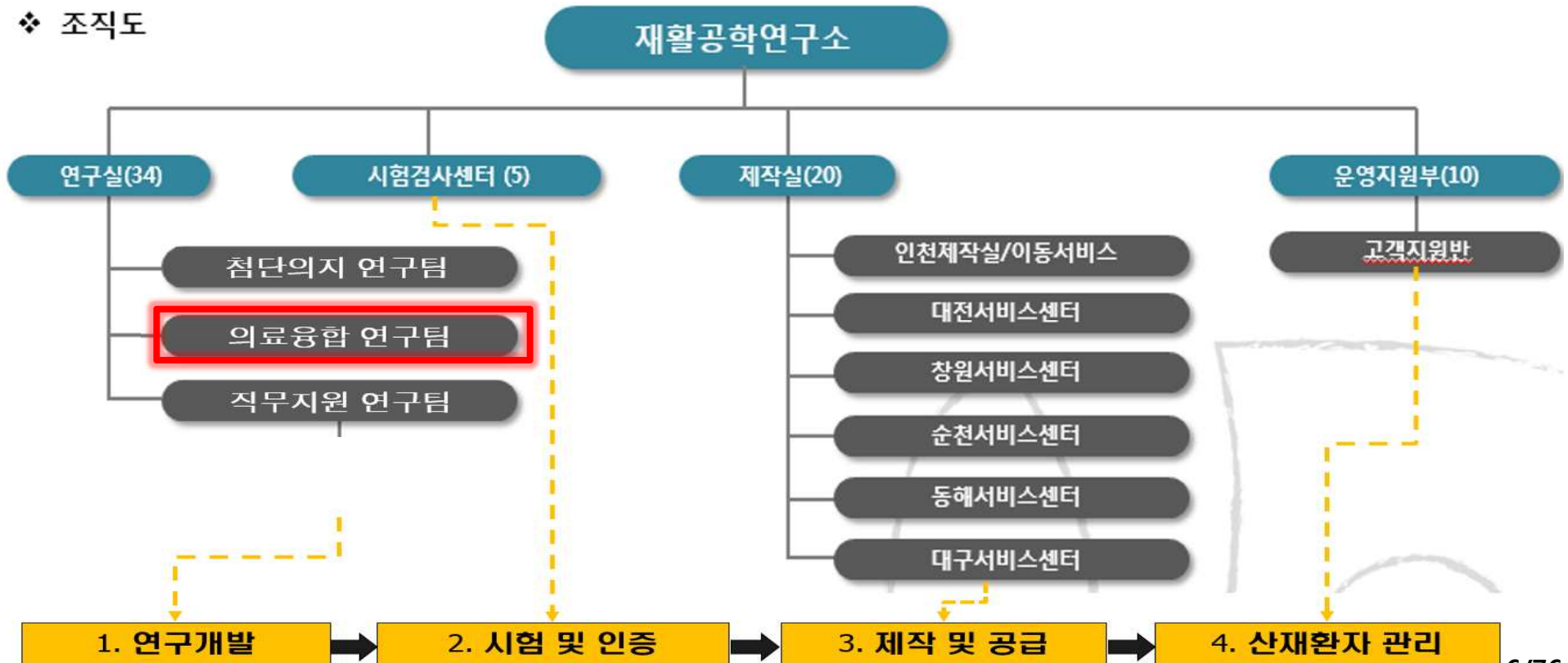




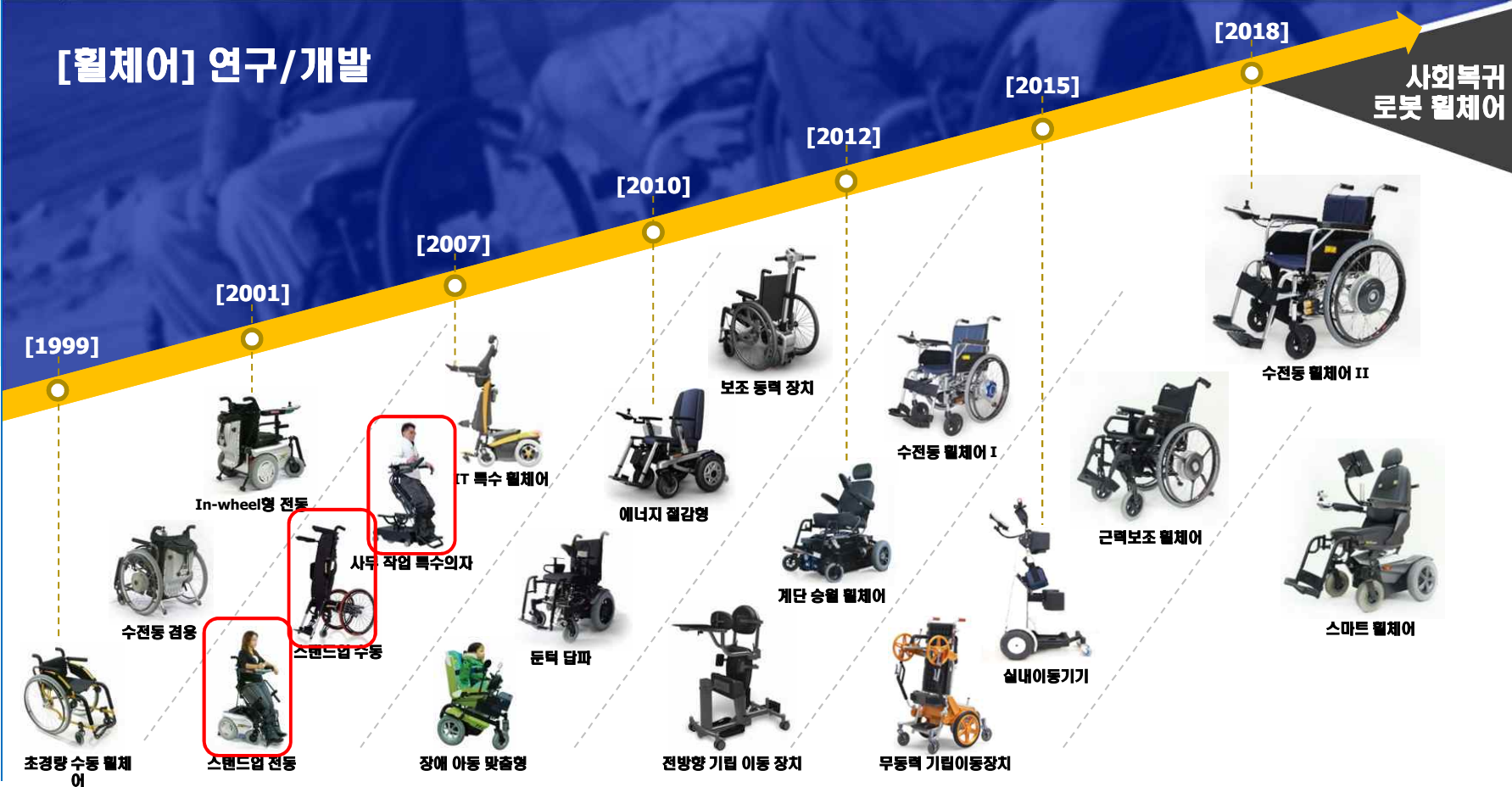




❖ 조직도



하지마비 산재장애인을 위한 첨단 휠체어 연구



하지마비 산재장애인을 위한 보행보조장치 연구

[보조기] 연구/개발

▶ 웨어러블 로봇

[1995]



한국형 보조기

[2005]



전동 보행 보조기

[2006]



신전보조 보조기

[2011]



심폐기능 저하자용 보행보조로봇

[2012]



마비환자용 동력보행보조로봇 (PGO)

[2013]



마비환자용 왕복보행보조기 (RGO)

[2018]



사회적약자용 근력보조시스템

웨어러블 로봇



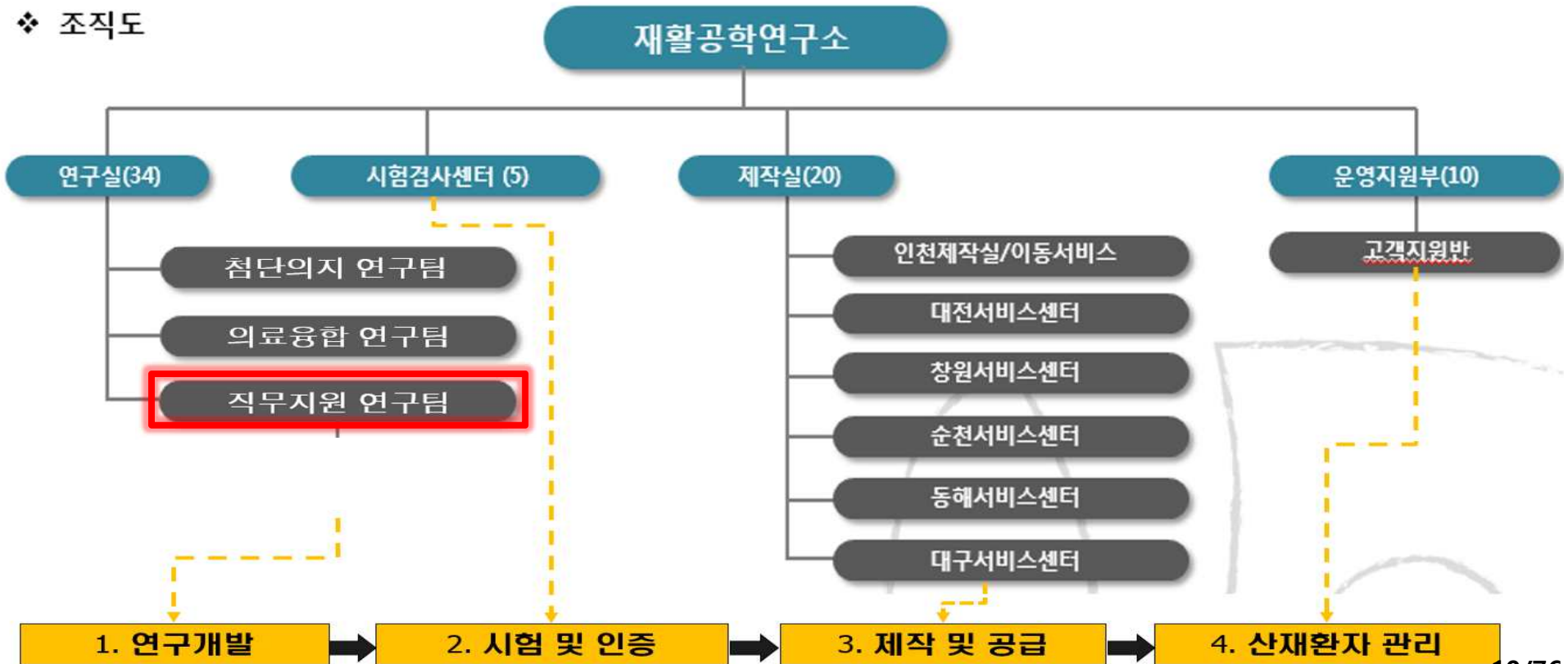
이데일리TV 특집다큐
다시찾은 희망 세한

RGO (Reciprocating Gait Orthosis)

왕복보행보조기



❖ 조직도



상지 산재장애인을 위한 다양한 보조장치 연구



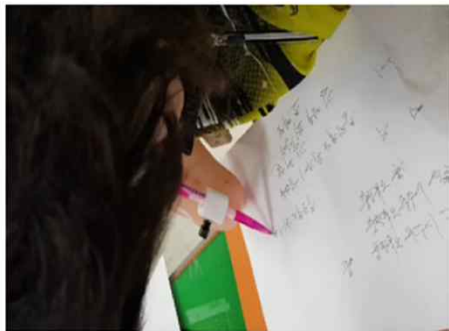
1. 작업용 공구(전/상완)



2. 운전봉(수부, 양손)



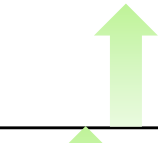
3. 일상생활용(수부, 저완)



절단부위에 따른 상하지 기능복원 인공대체기기



견관절



(AE) 상박

주관절

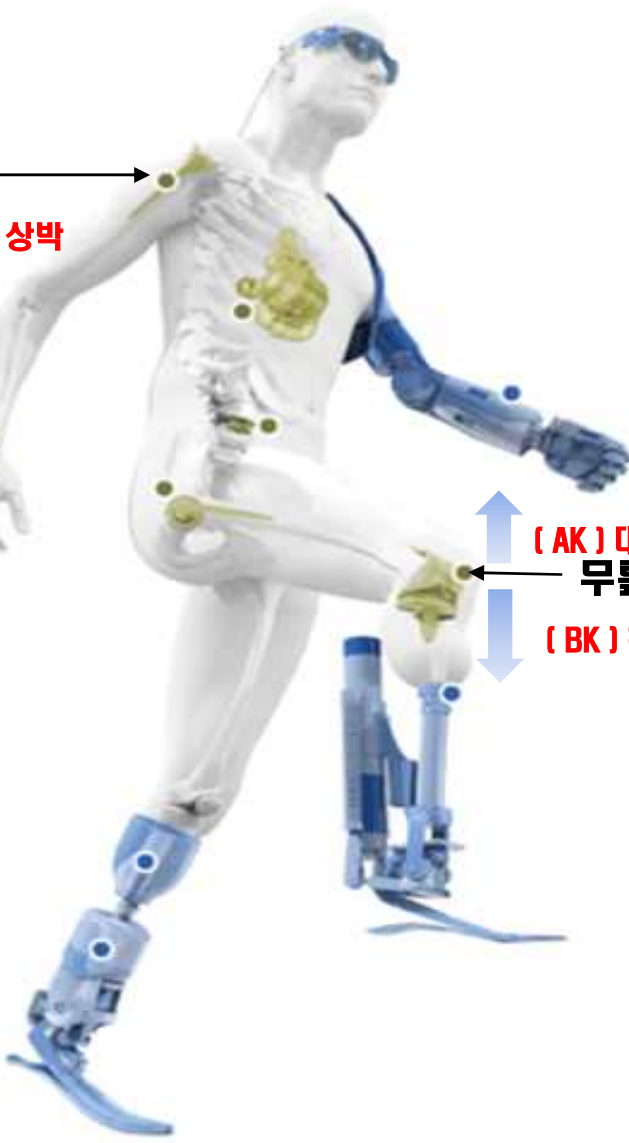


(BE) 전박

완관절



손가락



(AK) 대퇴 무릎



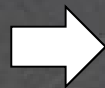
(BK) 하퇴



차 례

사전조사

- 연구동향
- 시장현황
- 기술수준
- 수요자 성향



핵심기술 분류 및 개발

- 근전전동의수
- 생체신호 획득기술
- 국내 환자의 특성을 고려한 알고리즘 개발
- 국내 생활환경에 적합한 메커니즘 개발



제품 분석(A/S)

- 제품 문제점 도출
- A/S 현황 및 소비자 패턴
- 제품 개선을 위한 시스템 구축
- 결과 분석

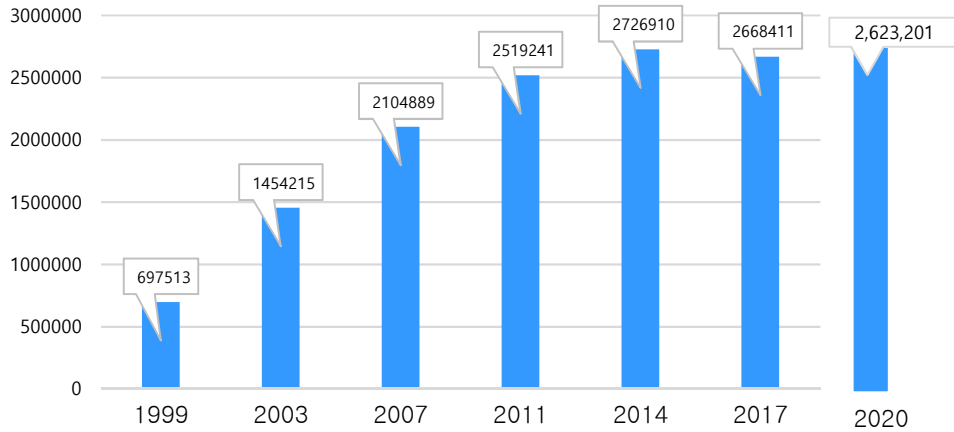
DATA

DATA

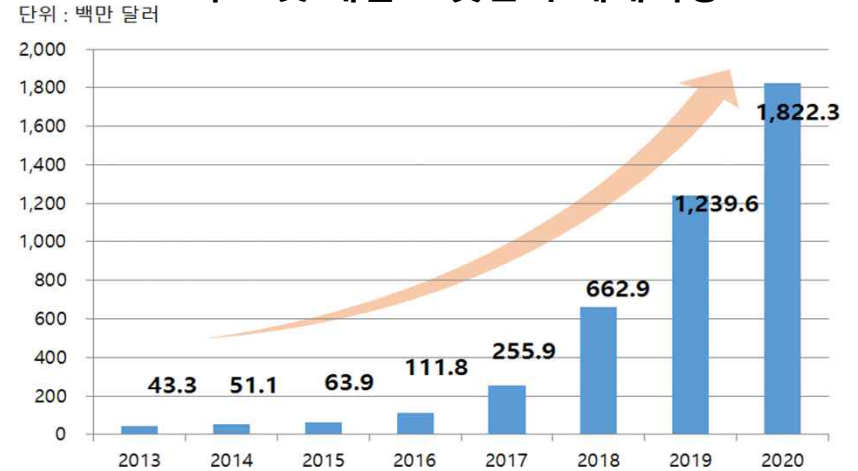
DATA

개발 대상(근전전동의수) 선정을 위한 사전 조사

< 국내 장애인 발생현황 >



< 의료 및 재활 로봇분야 세계시장 >



지체장애인 구분	비율	인원
절단	13.1	176,678
마비	20.1	259,213
관절	50.6	652,548
변형	15.6	201,180
	100	1,289,619

어깨이상	7737
팔꿈치~어깨	9027
손목~팔꿈치	12896
손목미만	95431
무릎~엉덩이	3868
발목~무릎	7737
발목미만	12895

+

- 기술수준,
- 필요성,
- 주변환경

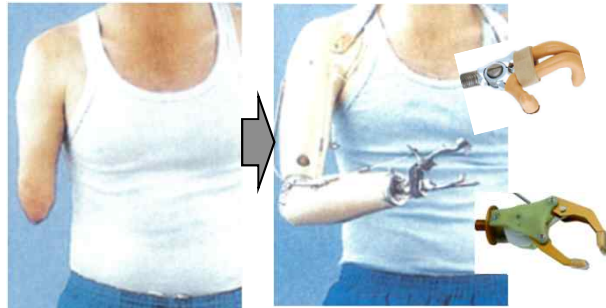
상지기능 복원기술의 국내외 발전동향



- 미관형
- 고정된 모양
- 가볍고 실제 손모양과 유사
- 주로 팔꿈치 아래 한손 절단자 사용

- 반자동형
- 단순 잡기기능
- 몸에 걸쳐서 사용
- 주로 팔꿈치 위쪽 절단자 사용

- 자동형
- 다양한 동작 및 파워 잡기기능
- 생체신호로 제어
- 3손가락/5손가락 타입



근전전동의수



차 례

사전조사

- 연구동향
- 시장현황
- 기술수준
- 수요자 성향

핵심기술 분류 및 개발

- 근전전동의수
- 생체신호 획득기술
- 국내 환자의 특성을 고려한 알고리즘 개발
- 국내 생활환경에 적합한 메커니즘 개발

제품 분석(A/S)

- 제품 문제점 도출
- A/S 현황 및 소비자 패턴
- 제품 개선을 위한 시스템 구축
- 결과 분석

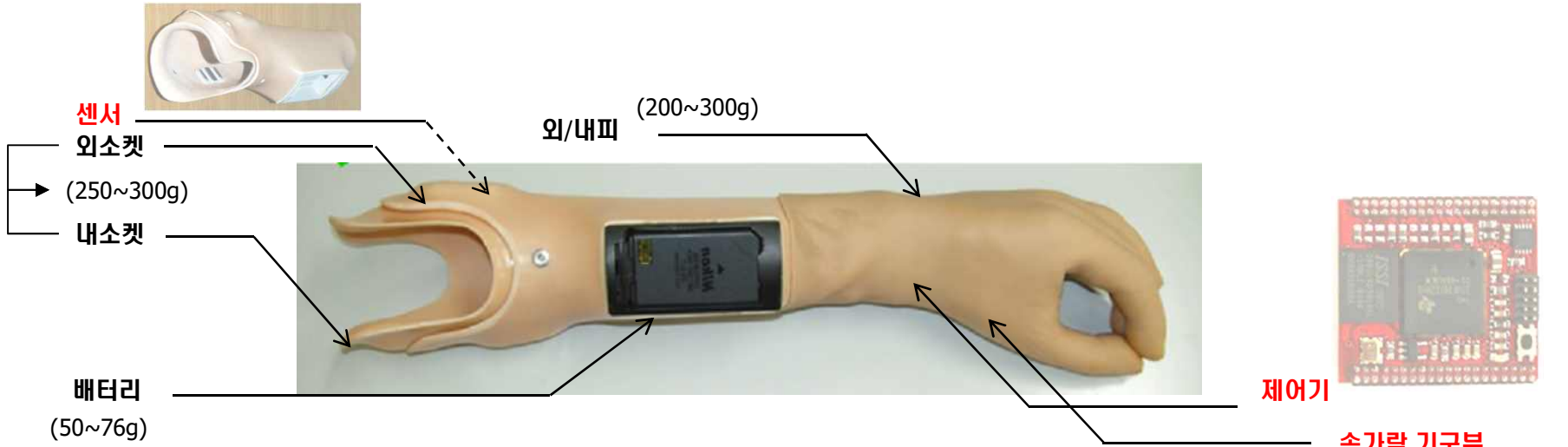
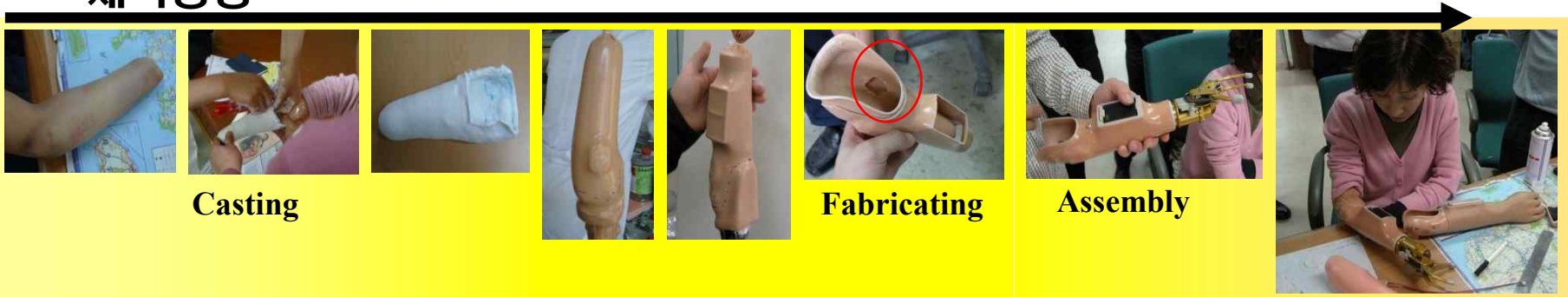
DATA

DATA

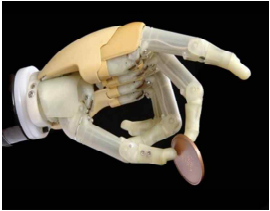
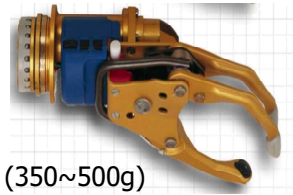
DATA

근전 전동의수 공정 및 주요 구성요소

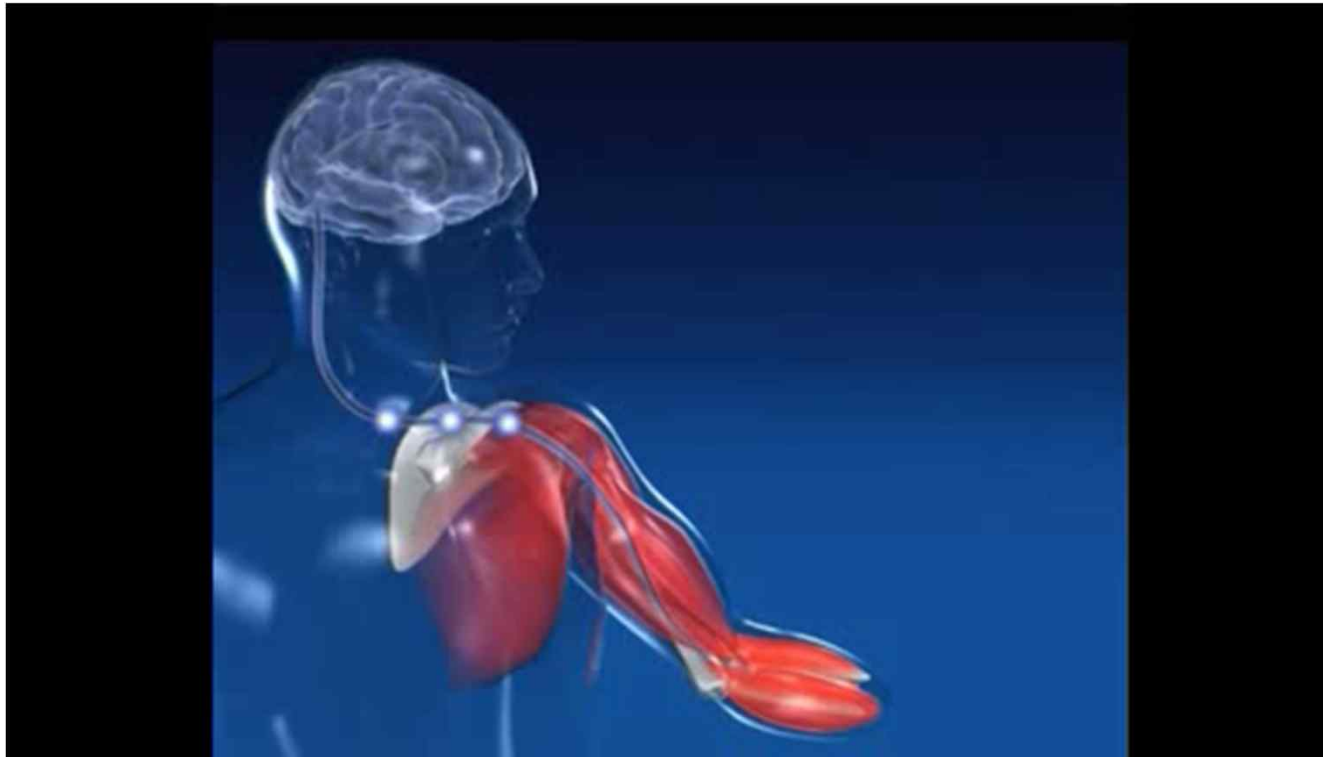
■ 제작공정



■ 무게: 900~1100g

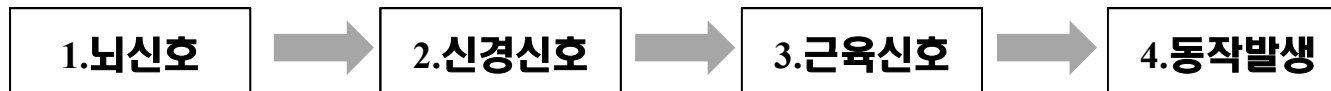


상지기능 복원기술(근전전동의수)의 기본원리

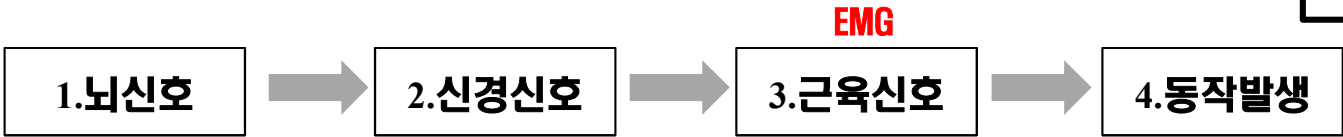


< 제어신호 고려조건 >

1. 반응속도
2. 안전성(제약조건)
3. 오동작 여부



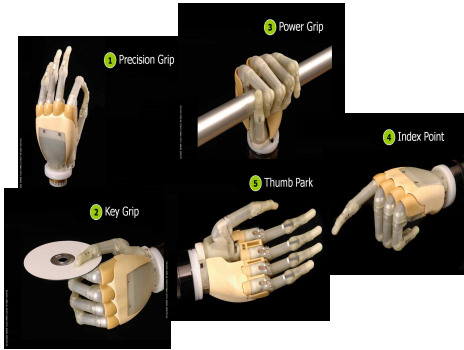
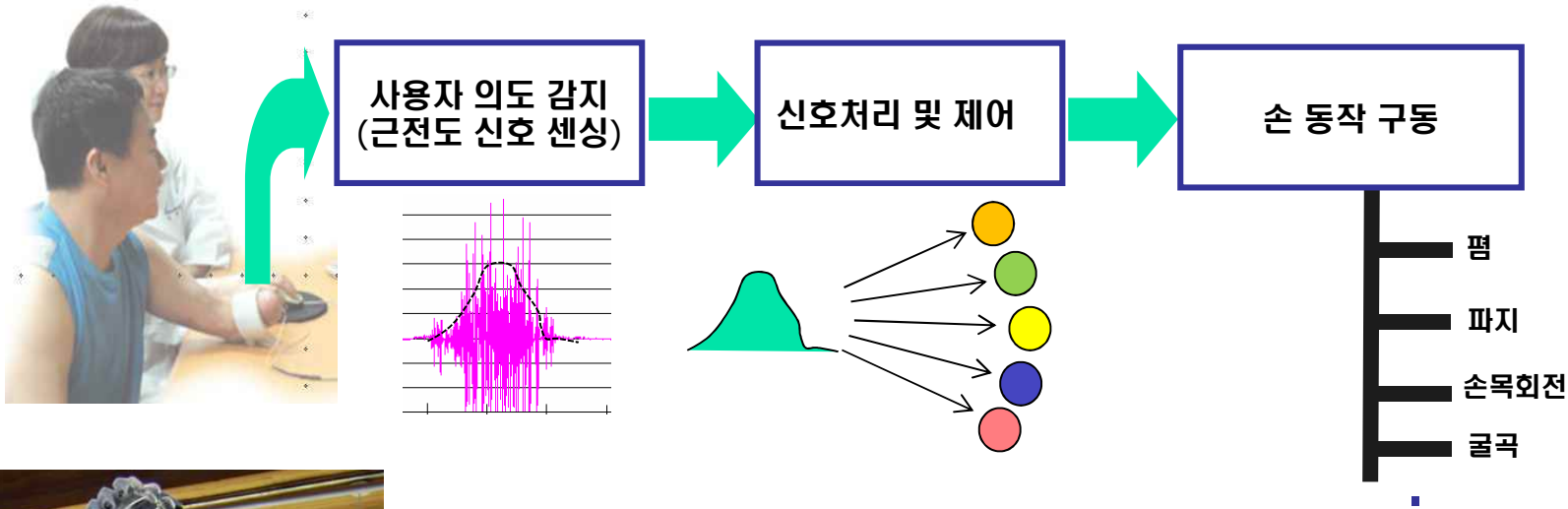
상지기능 복원기술을 위한 제어(생체)신호 선정



<p>반응속도</p> <p>안전성(제약조건) [수술X]</p> <p>제어 신호 (오동작 가능성) 1~3% 이하</p>	<p>←</p> <p>→</p> <p>→</p>	<p>←</p> <p>→</p> <p>→</p>	<p>←</p> <p>→</p> <p>→</p>	<p>←</p> <p>→</p> <p>→</p>
--	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

근전 전동의수란?

- 절단부위의 잔존근육에서 발생하는 생체신호인 **EMG(근전도)** 신호를 이용하여 사용자의 동작의도를 감지하여 파악하고 손동작을 구현하는 전동(로봇)의수



근전 전동의수 핵심 기술

1 동작의도 인지/인식

근전도 센서(EMG) 또는 TMR

- just 1 or 2 independent EMG signal



2 제어 알고리즘

모드변환, 패턴인식, 인공지능

- Easy and intuitive Control algorithm

3 손가락 메커니즘

변속기능, 자동락킹, ...

- just Grasping simple object

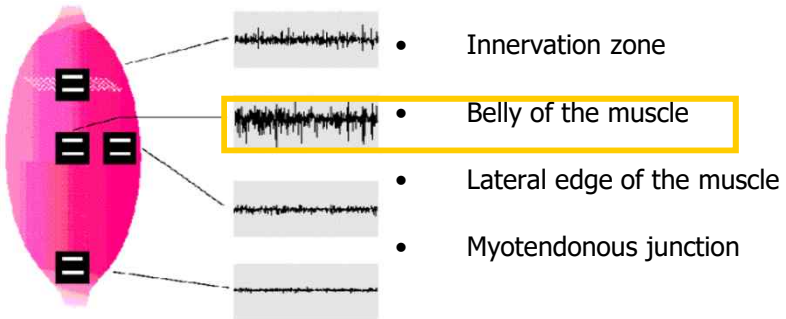
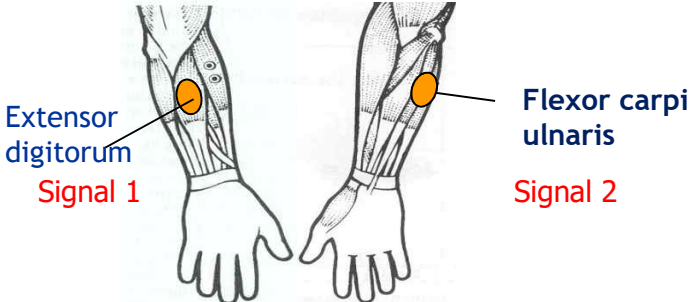


4 검사 및 진단, 훈련 시스템

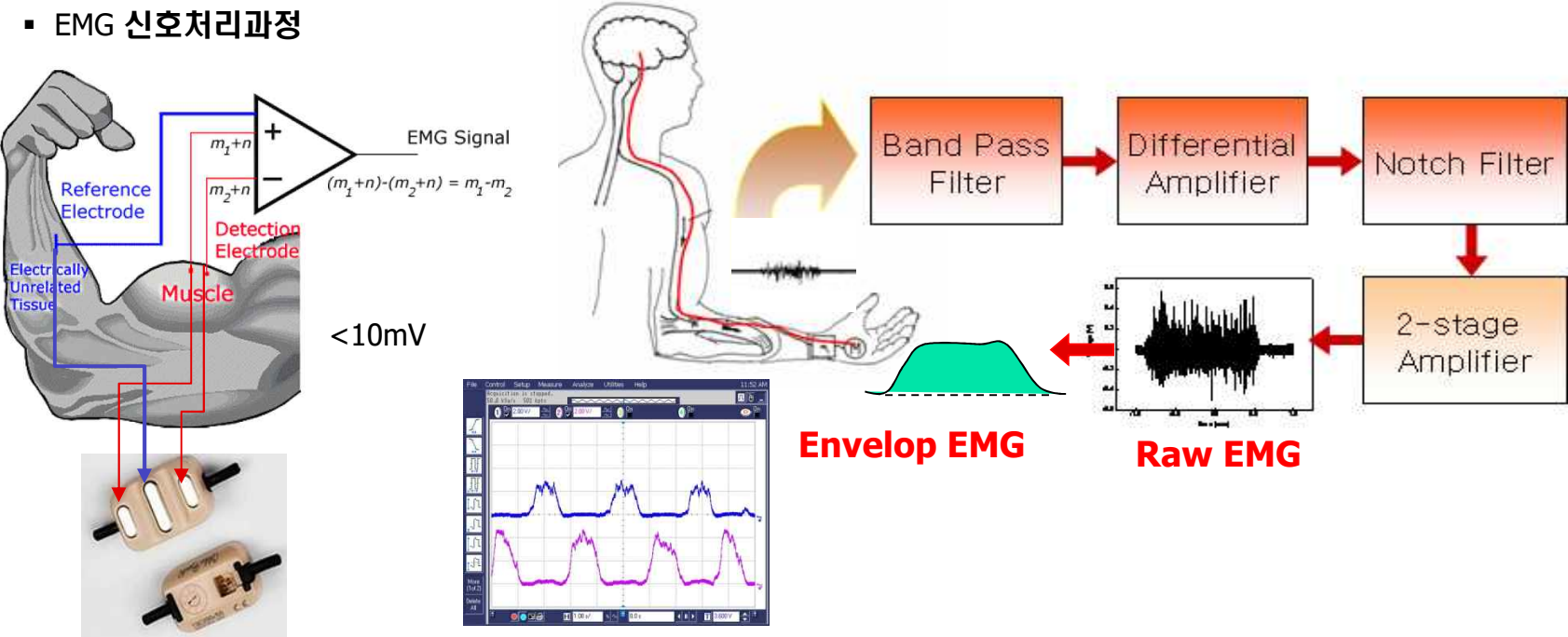
생체신호 제어 적합성 및 고장 검사 장치

동작의도파악을 위한 근전도 신호 획득 및 신호처리

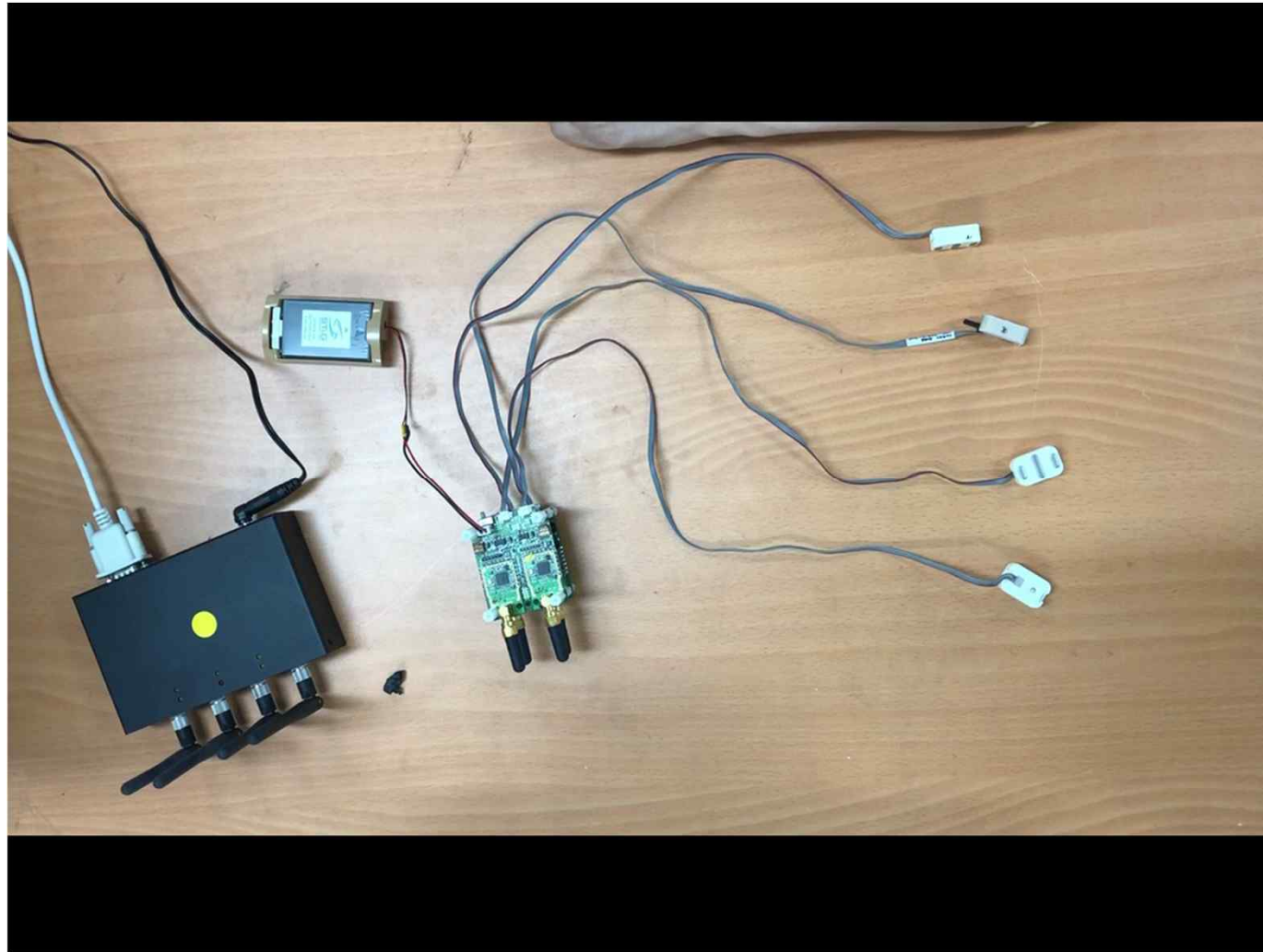
- EMG 센서 부착위치(상용 근전전동의수)



- EMG 신호처리과정



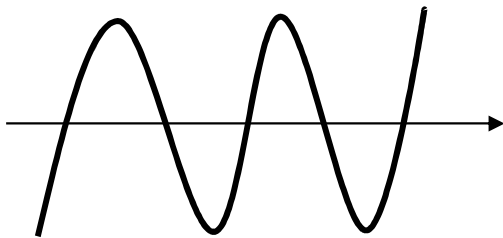
Raw 및 Envelop 근전도 신호



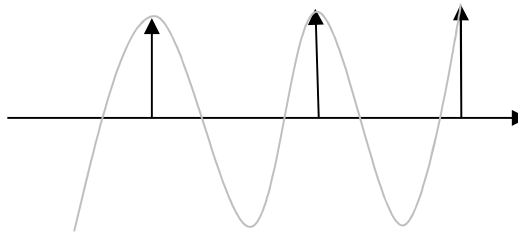
정확한 데이터 저장방법

- Analogue to Digital Converter

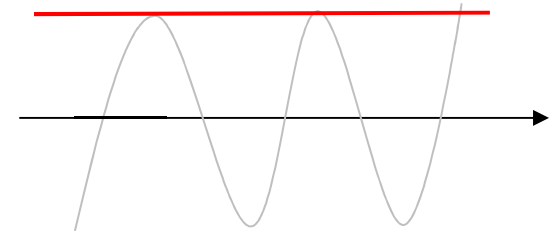
< Analogue Data >



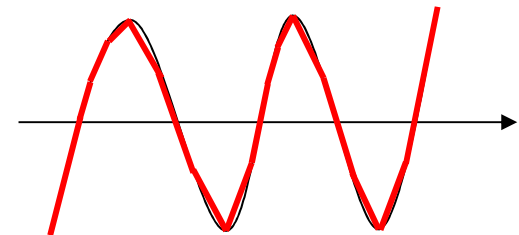
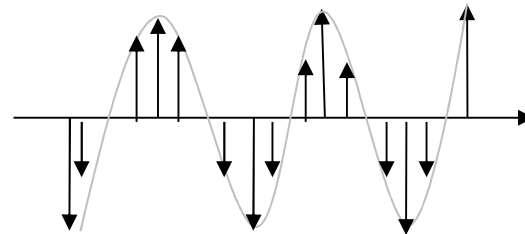
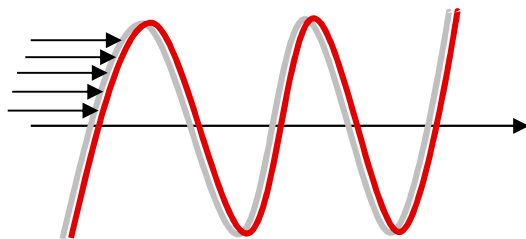
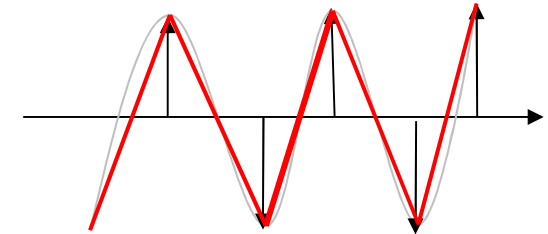
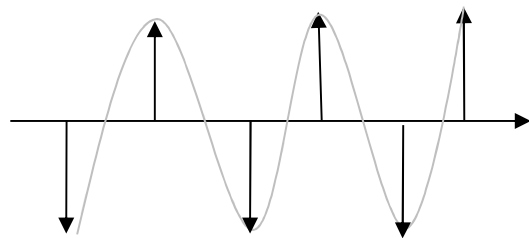
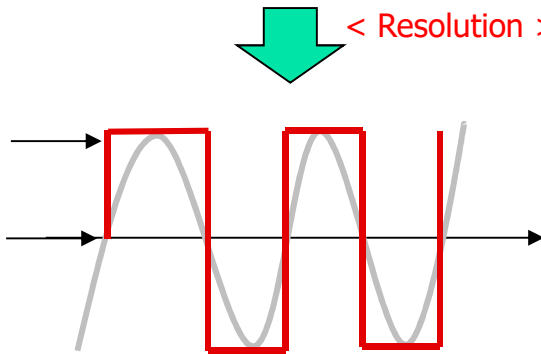
< Sampling >



< Digital Data >

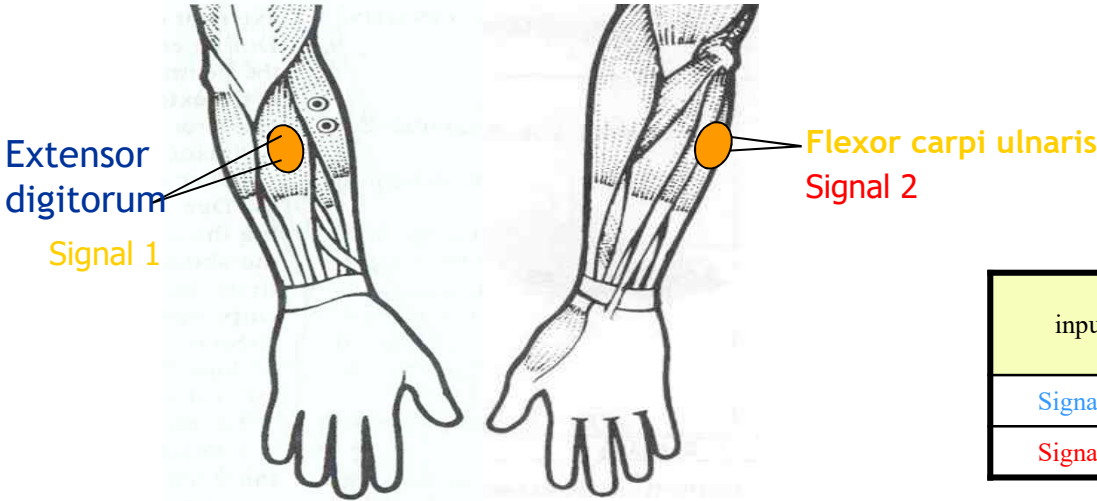


< Resolution >



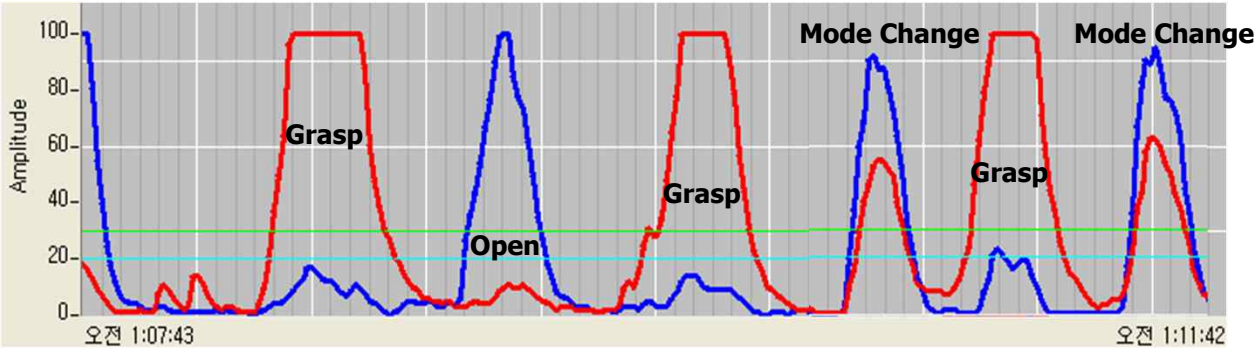
Mode Change with the EMG Signal

- Sensor placement



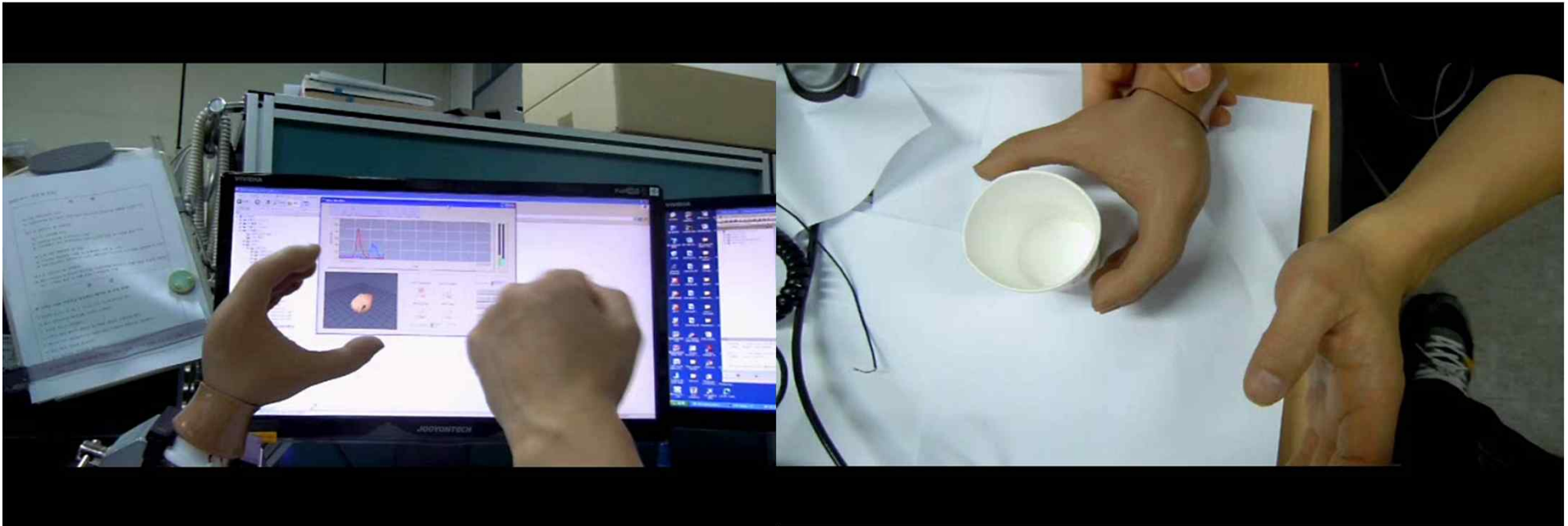
<Co-contraction> <Contraction 1> <Contraction 2>

input	Output value (Moving average)		
	CO(M.C)	C1(open)	C2(grasp)
Signal 1	HIGH	HIGH	LOW
Signal 2	HIGH	LOW	HIGH



근전전동의수 구동(파지)방법

- 사용방법: 2개의 근전도 신호(굴곡근, 신전근)을 사용하여 펴고 파지 동작구현

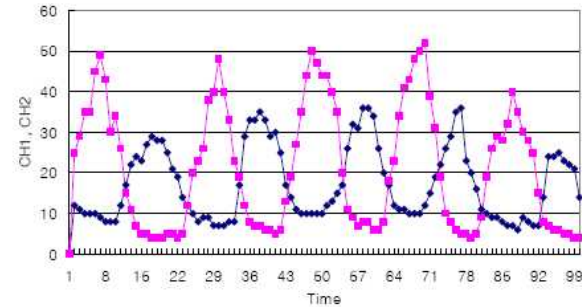


국내 절단환자의 환부상태 및 근전도 신호

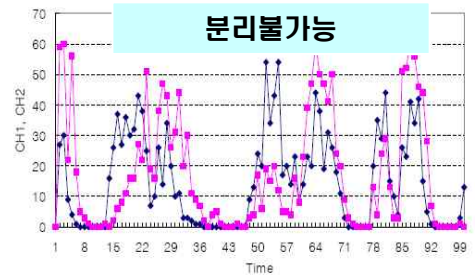
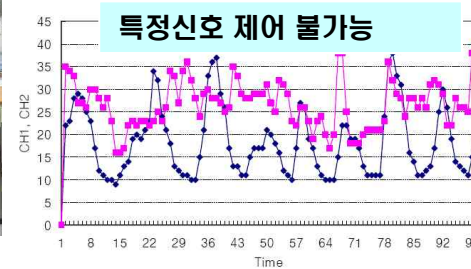
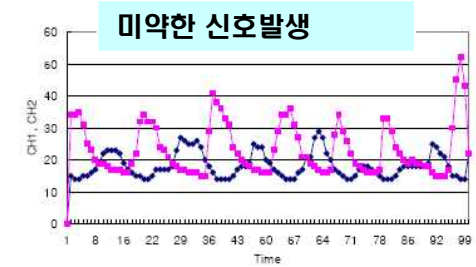
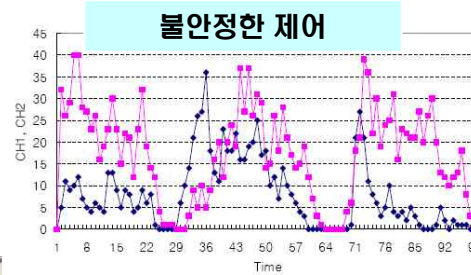
- 2개 이하의 근전도 센서 부착이 가능(2동작만 가능?)



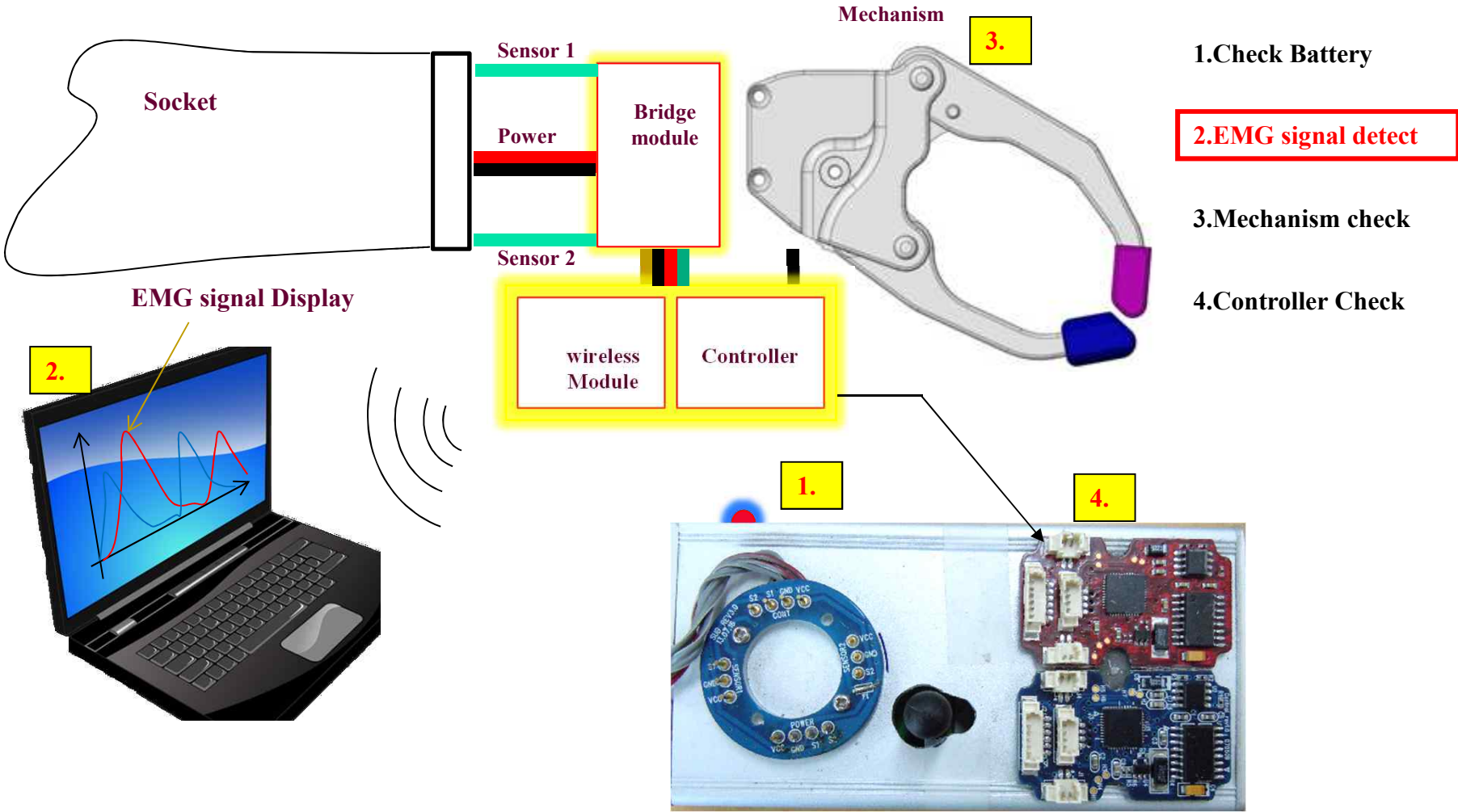
이상적인 근전도 신호형태



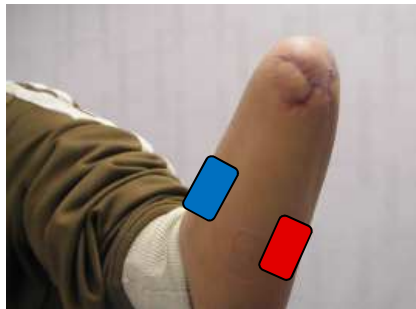
훈련전 환자의 근전도 신호 형태



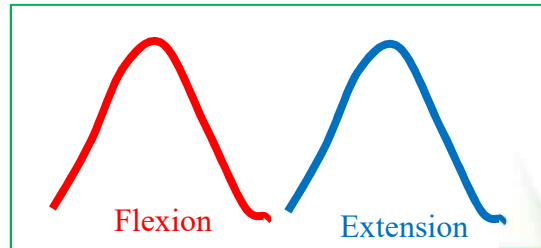
오동작 진단 전용 무선모듈



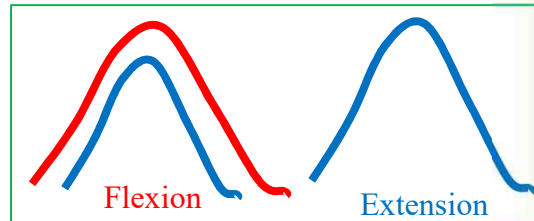
국내 산재환자의 환부상태와 근전도 신호



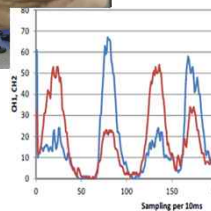
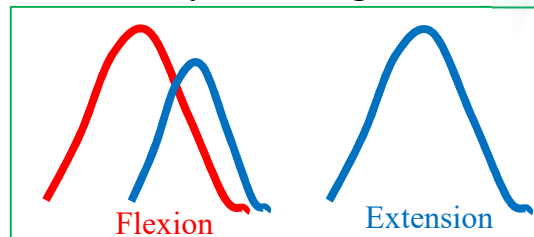
case 1. Normal EMG Signals



case 2. Co-contraction EMG signals



case 3. Delayed EMG signals



Action

Normal activation 20%

Grasp	open
-------	------

mal-function 70%

No action	open
-----------	------

mal-function 10%

Grasp and Open	open
----------------	------

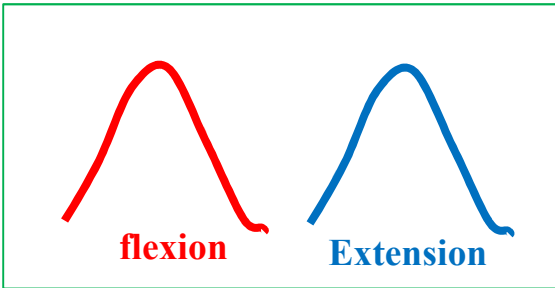
오동작 방지를 위한 제어 알고리즘 개선

< EMG Signal Patterns >

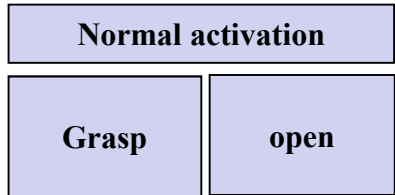
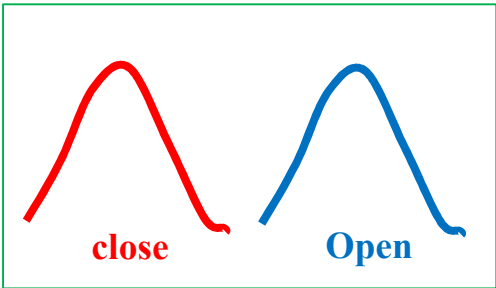
< Control pattern >

Action

case 1. Normal EMG Signals

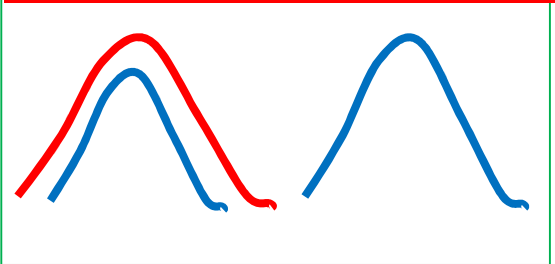


< Control pattern 1 >

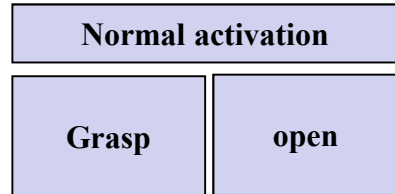
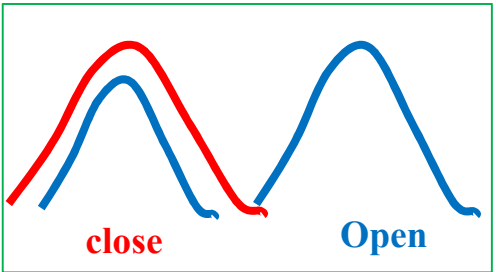


20%

case 2. Co-contraction EMG signals

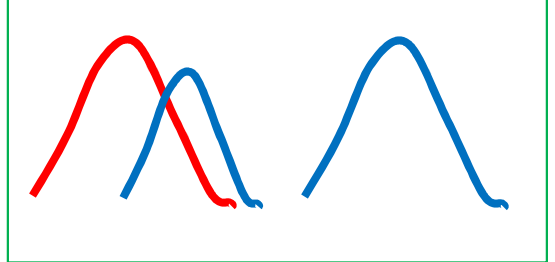


< Control pattern 2 >

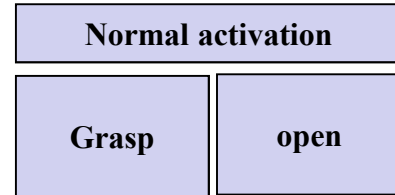
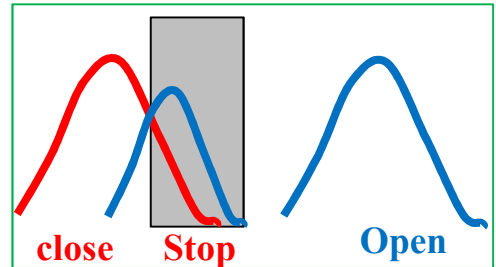


70%

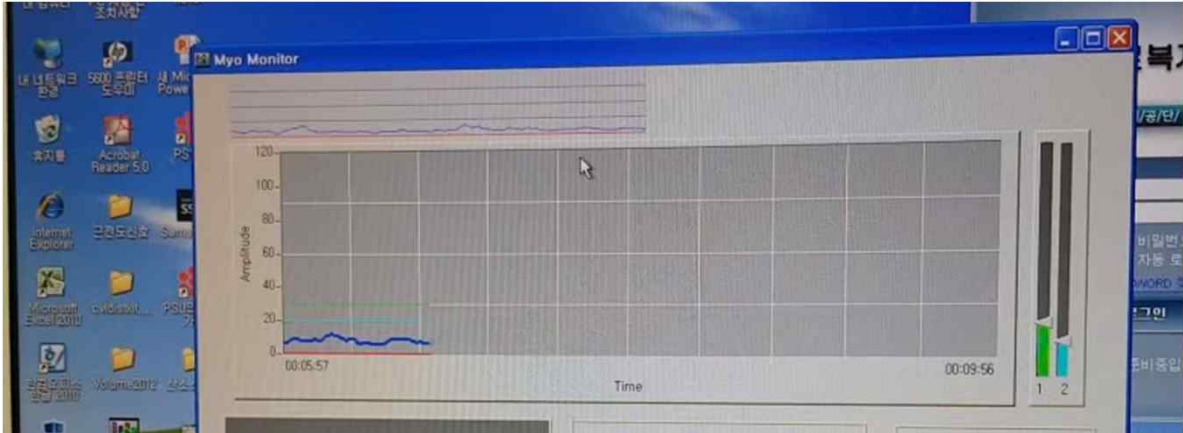
case 3. Delayed EMG signals



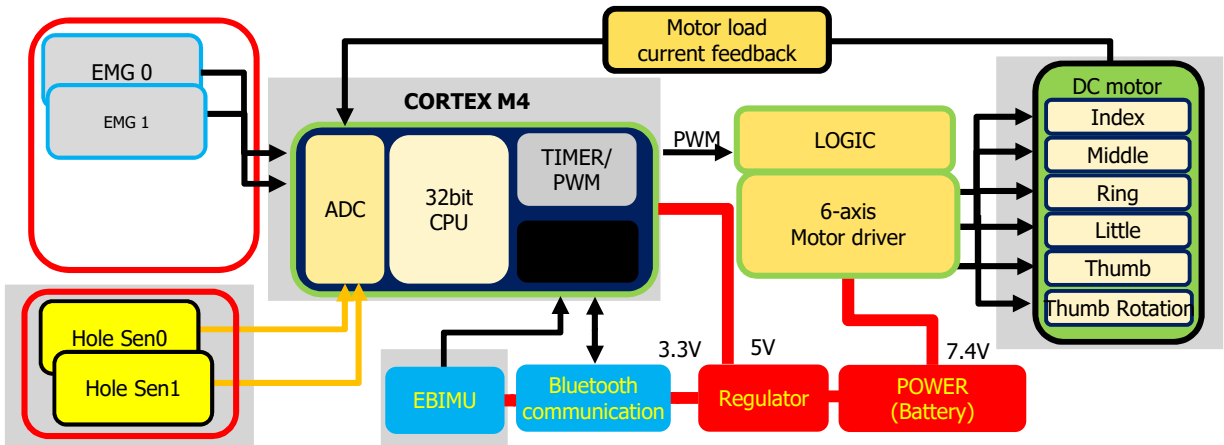
< Control pattern 3 >



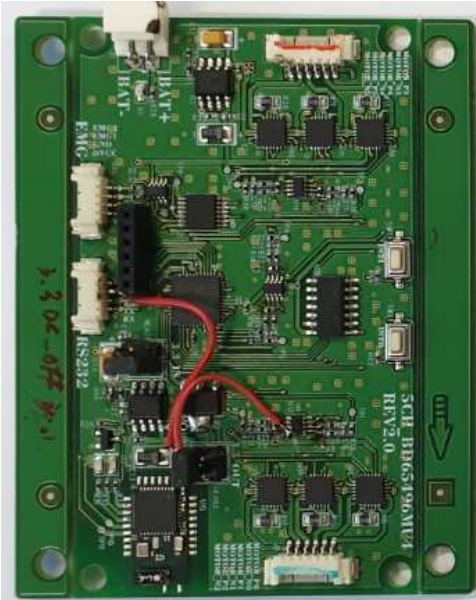
10%



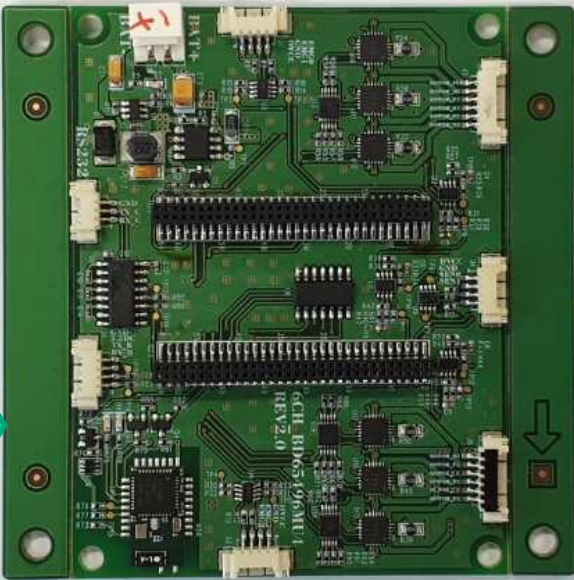
근전전동의수 전용 제어기 개발



3 Finger



8Bit Atmega

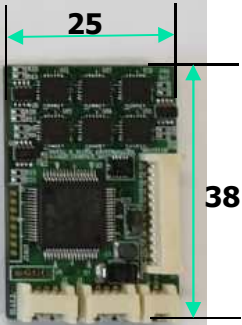


32Bit DSP28335



32Bit Cortex M4

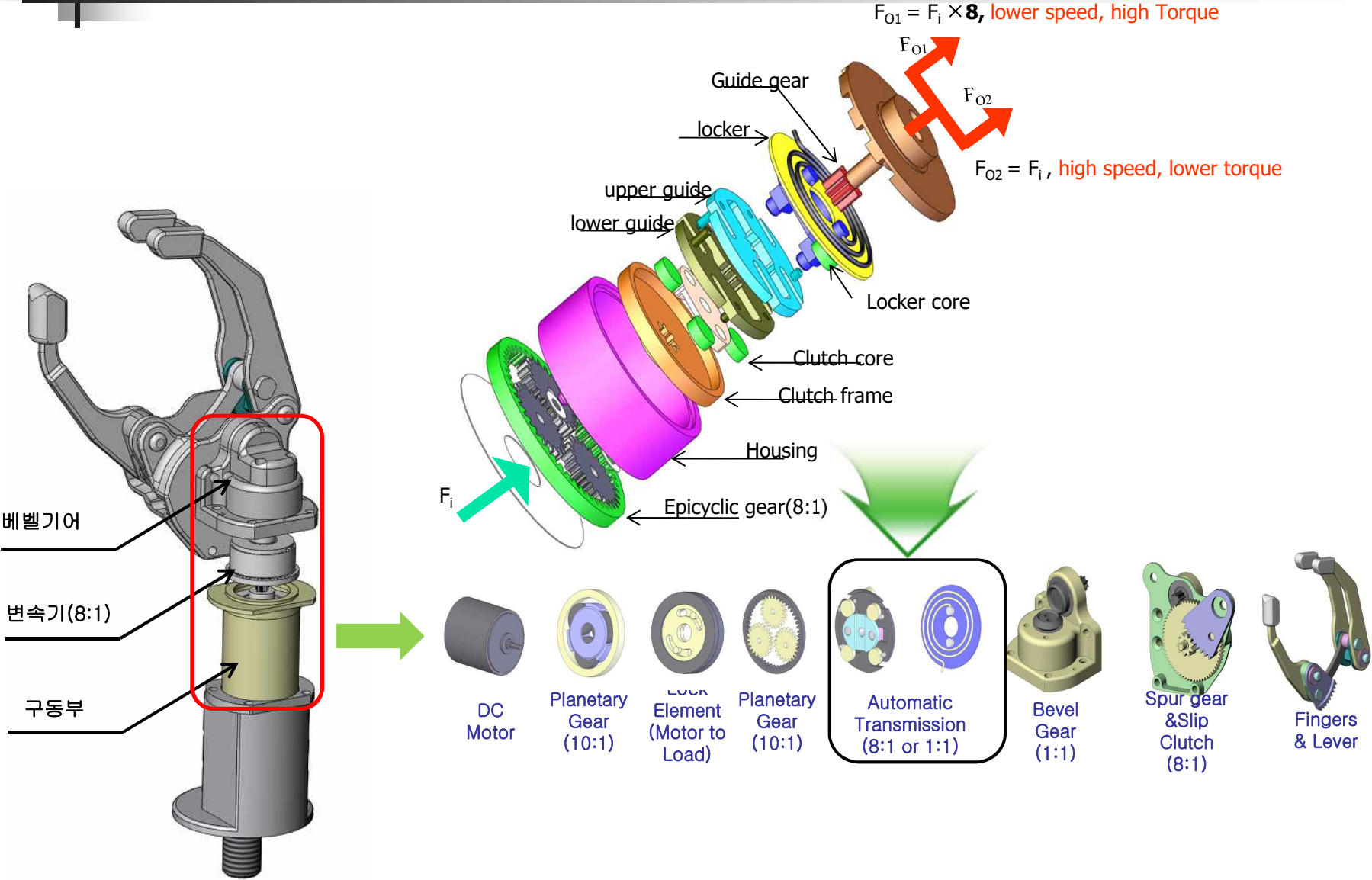
5 Finger



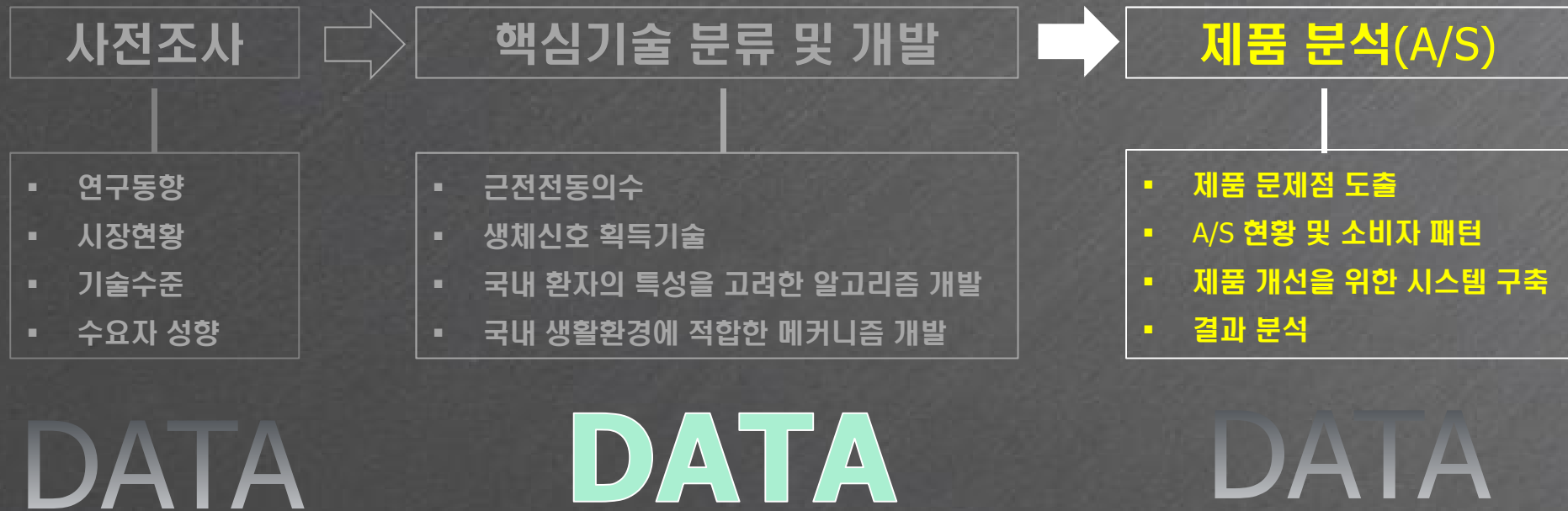
25

38

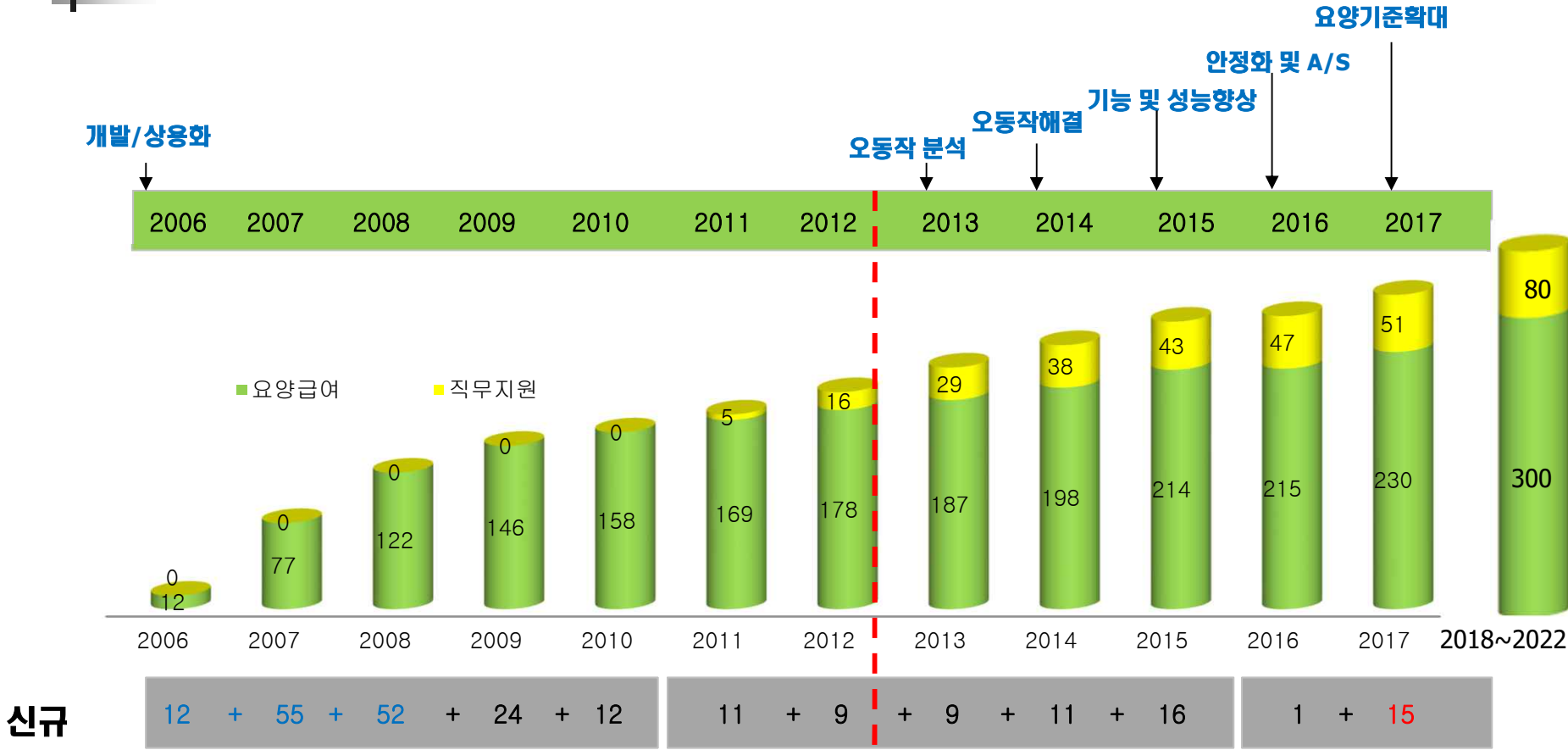
근전전동의수 핸드 메커니즘



차 례



2006년 근전전동의수 개발 이후 보급현황

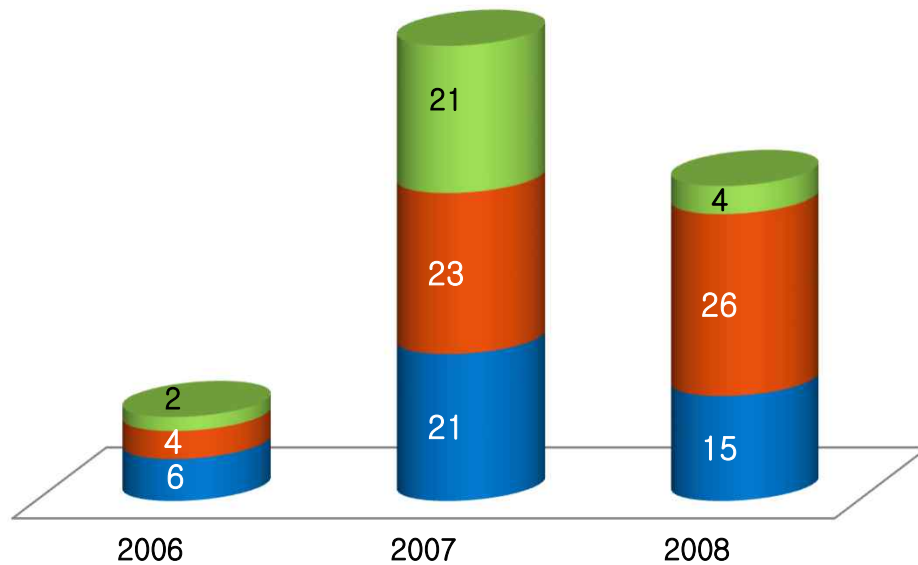


초기 지급자 5년후(2011~2013) 재지급 현황



2006~2008 근전 전동의수 지급자 현황

■ 미관형으로 교체 ■ 미지급 ■ 신규교환



119명중 27명(22.3%) 교환

42명(35.2%) 미관형

53명(44.5%) 미지급

초기 근전전동의수 문제점 도출

	문제점	해결방안			
센서	1. <u>개인성능</u>	회로수정	스위치	18. 접촉불량	이격 최소화/ 배선정렬
	2. 방수	방수액/실리콘	내소켓	19. 센서위치(간섭발생)	
	3. 케이블 접촉	맞춤제작/공정개선		20. 센서 밀착불량	뒤틀리기 작업
	4. 내구성	전극조립공정개선		21. 재질	
	5. 전자파 노이즈	회로수정		22. <u>센서착용부(고무더미)</u> 불량	
손목 연결모듈	6. 방수	하우징 설계/실리콘	외소켓	22. 착용시 덜렁거림	
	7. 전기적 안전성	퓨즈 삽입		23. 팔 움직임이 불편	
	8. <u>조립시 오동작 발생</u>	재질(테프론)변경/가공		24. 배터리 위치로 인한 미관상 좋지 않음	
	9. 커넥터 체결여부	공차 재설정			
제어기	10. 다단계과지	알고리즘 구현	배터리	25. 단자 불량	고탄성 단자 제작
	11. 환자별 맞춤 제작	신호패턴 분류 및 맞춤 제작		26. 사용상 불편(잘 안빠짐)	조립공정 개선
	12. 원/오 구분	단일화	내피/외피	27. 엄지, 검지 끝부분 찢어짐	다단계 제어
기구부	13. 손가락 힘	구조 설계변경		28. 엄지, 검지 사이 찢어짐	손가락 링크 재설계
	14. 검지 <u>링크부</u> 부러짐	열처리/공정변경		29. 중지 끝부분 찢어짐	핀부분 고정
	15. 변속이 불규칙	기준 제어기 공급		30. 약지, 새끼손가락이 어색함	
	16. 파지동작이 기구부마다 제각기 다름	기준 제어기 공급		31. 때가 너무 잘탐	
	17. 나사풀림	고정	모터	32. 내구성/소음	윗단 링 개선
			브레이크	33. 미끄러짐	조립공정개선

근전전동의수 검사/진단 프로세서 및 장치 개발

1. 무선 EMG 센서 신호 검사모듈

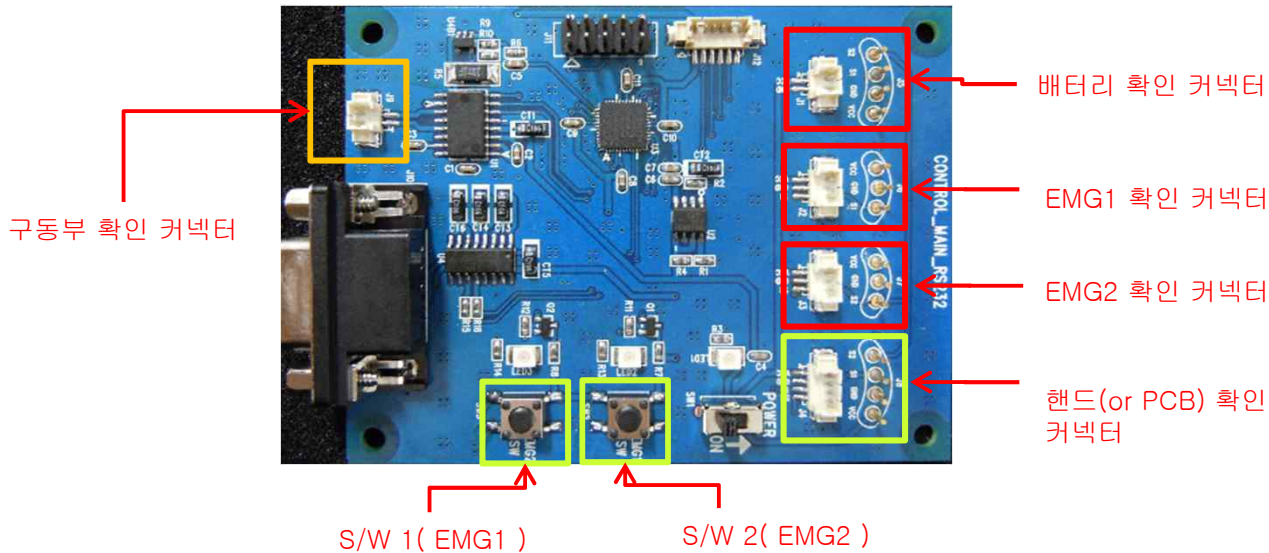
< 2ch EMG display >



< 2ch EMG Wireless detector >

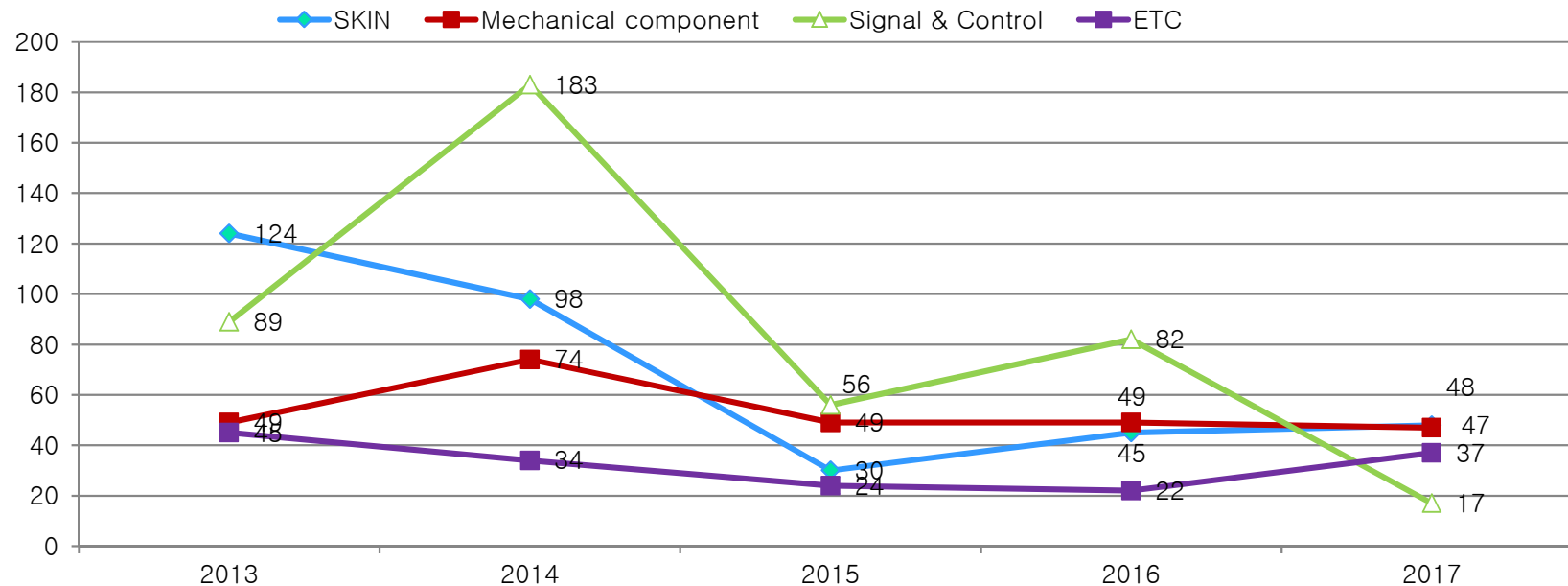


2. 검사/진단용 장치보드



근전전동의수 보급 및 A/S 경과 현황(안정화 현황)

	외피부		기구부								전장부				주변부품			A/S 건수
	왼손 외피/내피	오른손 외피/내피	새기구 부	기구부 외관	변속기	손목 연결부	손가락 부품	완관절 부품	스위 치	모터	센서 조절	근전 센서	원형 PCB	제어기	배터리 케이스	배터리	충전기	
2013	29/29	39/27		24	9	5	2	2	5	2		72	9	8	17	20	8	307
2014	25/20	30/23		20	12	10	19	3	3	7		107	27	49	14	15	5	389
2015	10/21	5/3		8	13	4	14		4	6		39	9	8	12	10	2	159
2016	12/10	15/8	4	22	12	9	21		8	24	13	51	13	18	8	12	2	262
2017	13/9	16/10	18	4	3	6	6		3	7		5	7	5	9	18	10	150



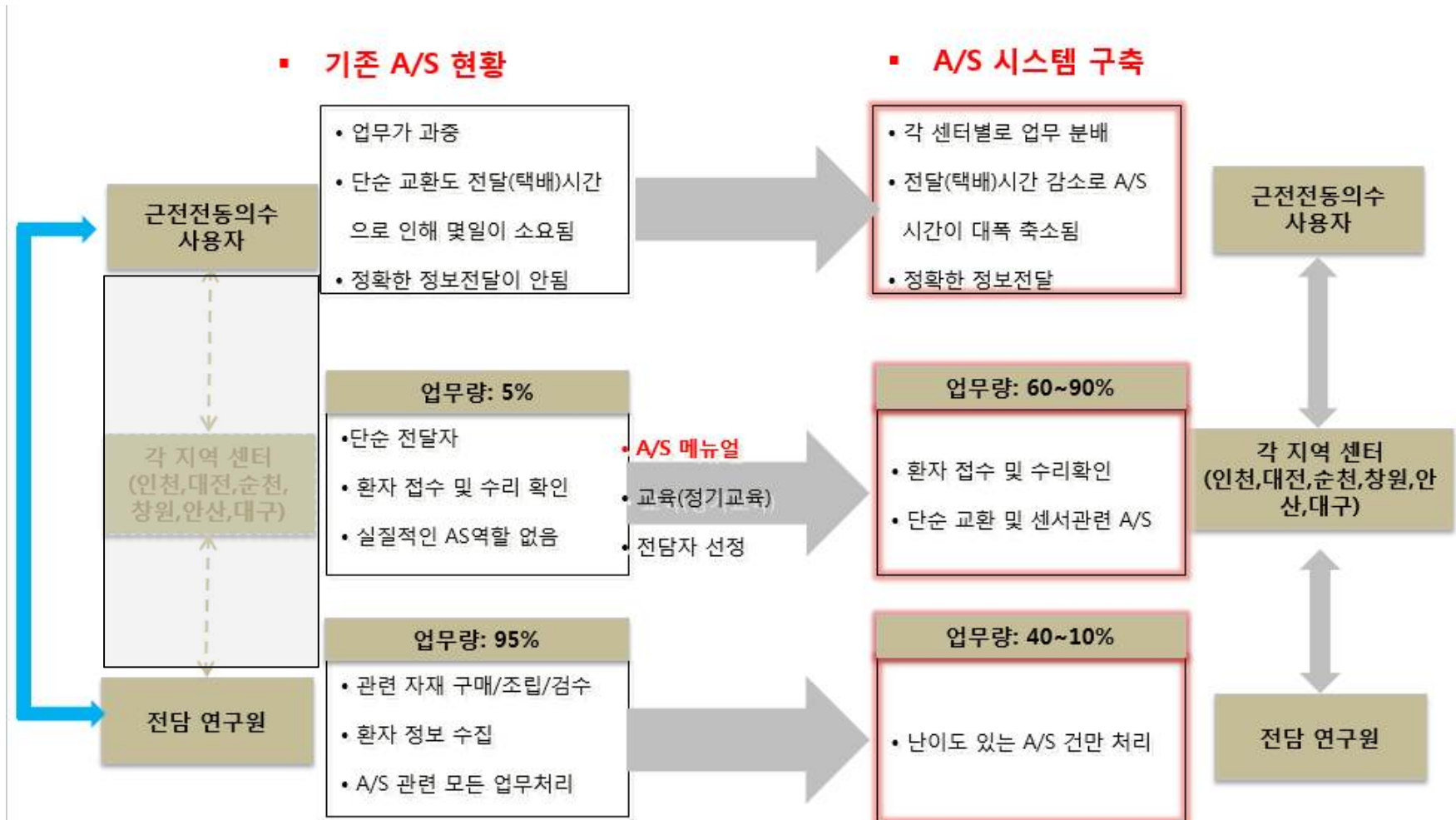
주요 증상에 따른 A/S진단 가이드라인

대분류	중분류	소분류	문제요인 및 해결방안	경우
무반응: 기구부가 전혀 움직이지 않을 때	배터리 전원문제		충전이 안됨	1
	커넥터 접촉불량		손목PCB 모듈에 전원 커넥터가 빠짐	2
	손목 PCB	<ul style="list-style-type: none"> - PCB 퓨즈 단락 - 구형 PCB가 손목고정 나사에 의해 미세하게 찢려 합선 	- 구형 PCB 불량(신형으로 교체)	3
손가락이 동작중 멈출 때	평/파지 동작중 같은 위치에서 멈춤	멈춤에서 손으로 힘을 주면 움직임	구동시 부하가 걸리므로 구동부 점검	4
		계속 멈춤	기어 불량	5
		물체 파지시점에서 멈춤	변속기 불량	6
	멈춤위치가 변함		제어기 불량	7
			구동부 불량	8
크게 퍼지지 않음/끝까지 파지가 잘 안됨	완전히 안퍼짐(파지잘됨)	추운날 안퍼짐/외피가 두꺼움	외피특성	9
		속도가 느림	구동부 또는 배터리전원	10
	완전히 퍼졌다가 다시 약간 오므라듬	파지가 자주 멈춤	구동부	11
		멈춤상태에서 손으로 잡으면 오므라듬	브레이크	12
될 때도 있지만 자주 오동작이 발생함.	한쪽동작만 됨		센서 불량	13
	수시로 오동작이 발생		센서 게인/불량	14
	힘을 많이 줘야 동작함		센서게인 조절	15

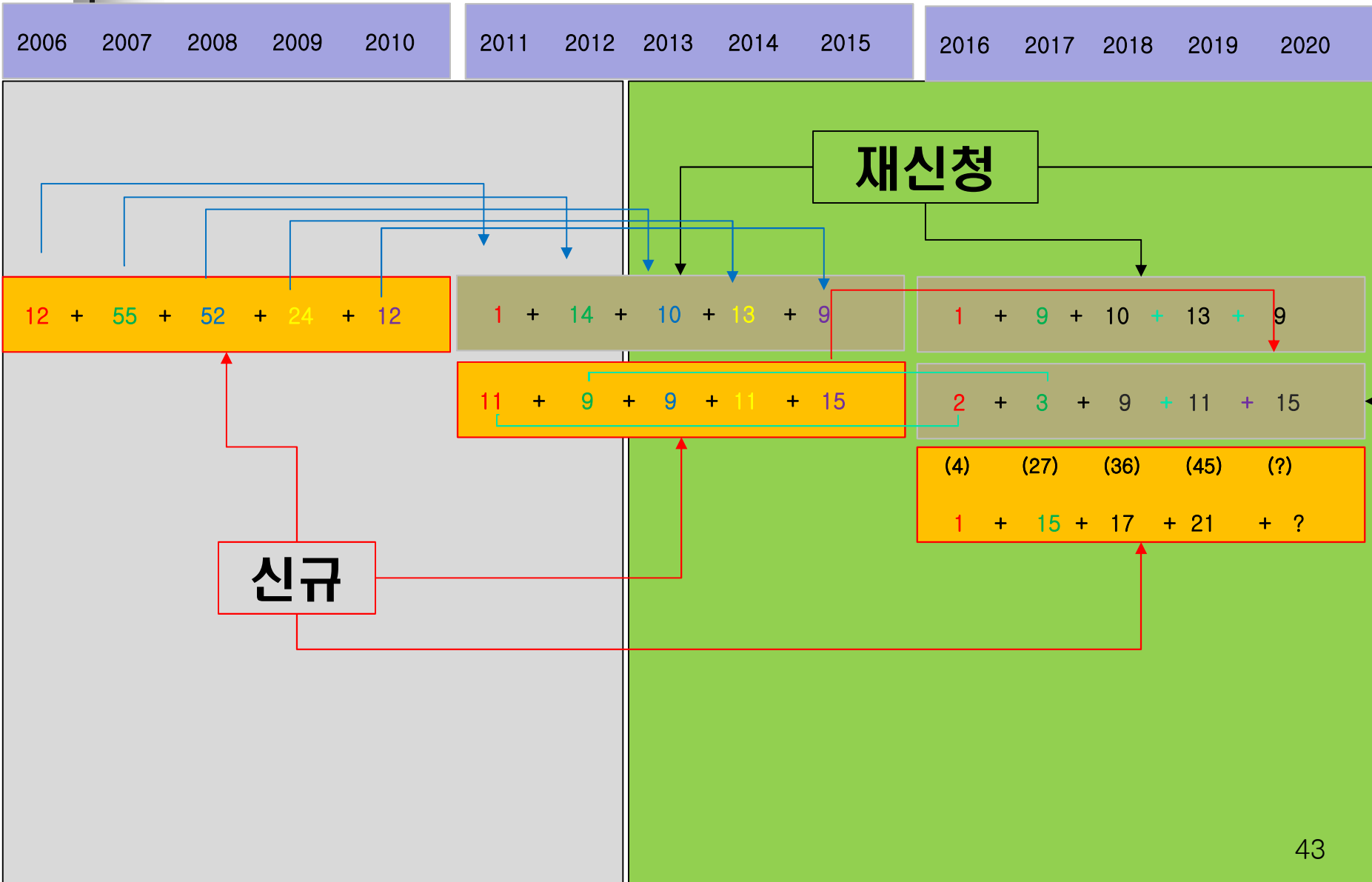
주요 부품 고장에 따른 증상 15가지

고장부품	고장내용	증상	경우
배터리	충전 안됨	전혀 동작 안함	1
	커넥터 빠짐	전혀 동작 안함	2
센서	Flexion 센서고장	파지 동작이 안됨	3
	Extension 센서 고장	펴 동작이 안됨	4
	신호가 약하거나 노이즈가 심함	동작이 잘 안되거나, 오동작이 발생함.	5
기구부	브레이크	최대한 펴졌다가 다시 오므라듦.	6
	변속기	파지동작은 되지만 물건을 칠 힘이 없음	7
	모터 및 감속기	속도가 떨어지거나 중간에 잘 멈춤	8
제어기	출력이 약함	동작이 될때도 있고 안될때도 있음. 외부에서 약간의 힘을 보태면 동작함.	9
	PCB 고장	전혀 동작 안함	10
소켓	센서 밀착이 안됨	특정자세(팔자세: 뺏는동작, 접는동작, 아래로 늘어뜨린자세 등)에서 동작이 안됨. 오동작이 발생함.	11
손목 PCB	퓨즈 단락	전혀동작 안함	12
	손목고정 나사와 접촉	각각은 이상이 없으나 손목만 조립하면 동작안함.	13
외피	겨울철 추운날씨	파지는 빠르게 되고 펴 동작시 완전히 퍼지지 않음	14
	외피가 다소 두꺼움	파지는 빠르게 되고 펴 동작시 완전히 퍼지지 않음	15

근전전동의수 A/S 시스템 구축



근전전동의수 개선전후 보급현황



근전전동의수 개선전후 보급현황

2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

개선작업 시작후 재선정 확률 100%

12 + 55 + 52 + 24 + 12

1 + 14 + 10 + 13 + 9

1 + 9 + 10 + 13 + 9

11 + 9 + 9 + 11 + 15

2 + 3 + 9 + 11 + 15

Pattern Recognition with 4 CH Raw EMG Signal

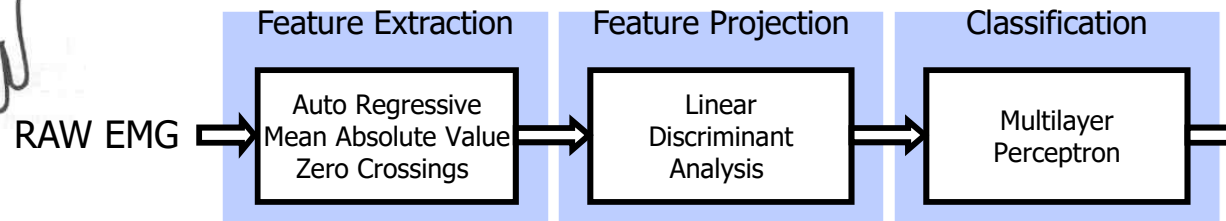
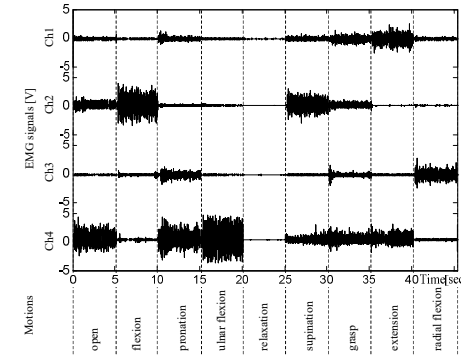
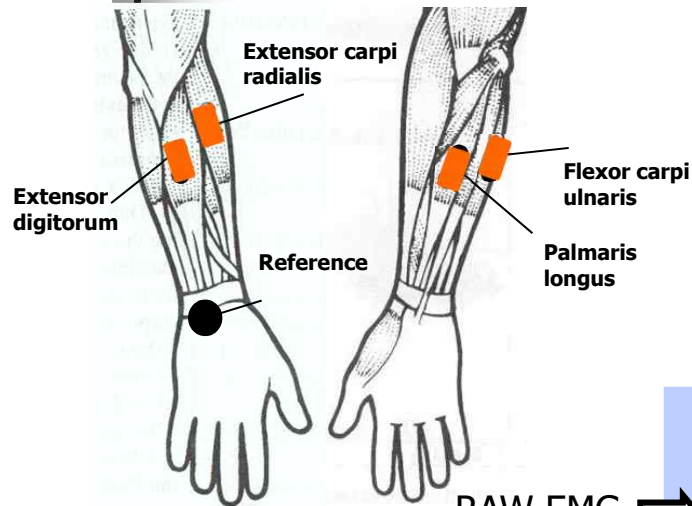


Table I The average values of Sammon's stress and Fisher's index.

	LDA	PCA	NLDA	SOFM
Sammon's stress, E	0.8402	0.2503	0.8475	0.8875
Fisher's index, J	17928.4	0.0032	2997.6	28.0875

Table II The average values of the MLP classification success rate and processing time.

	LDA	PCA	NLDA	SOFM
success rate [%]	97.2	94.9	97.3	95.6
processing time [msec]	2	2	150	300

Motion	Extension	Flexion	Radial flexion	Ulnar flexion	Pronation	Supination	Grasp	Open
Accuracy(%)	99	98.9	98.1	98.9	97.5	98.1	92.8	92.5

견관절 절단자를 위한 근전전동의수

- 견관절 절단환자 (손, 손목, 팔꿈치, 어깨 4개 관절 제어를 위한 의 근전도 신호)
< Targetted Muscle Reinneveraton(TMR) >

1 Electrodes attached to muscle respond to thoughts

2 Computer processes signals from electrodes

3 Motors in the arm provide movement

1 Following amputation nerve endings remain

2 Nerves rerouted to healthy muscle "Targetted muscle reinnervation"

3 When patient thinks about moving arm, muscle contracts

4 Electrodes detect the movement, send signal to processor

근전전동의수의 국내외 발전동향 및 현황

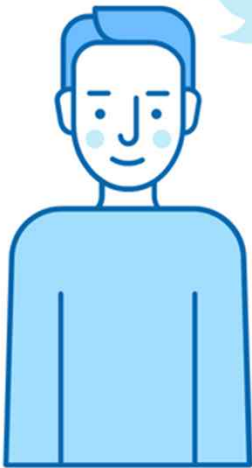
동영상



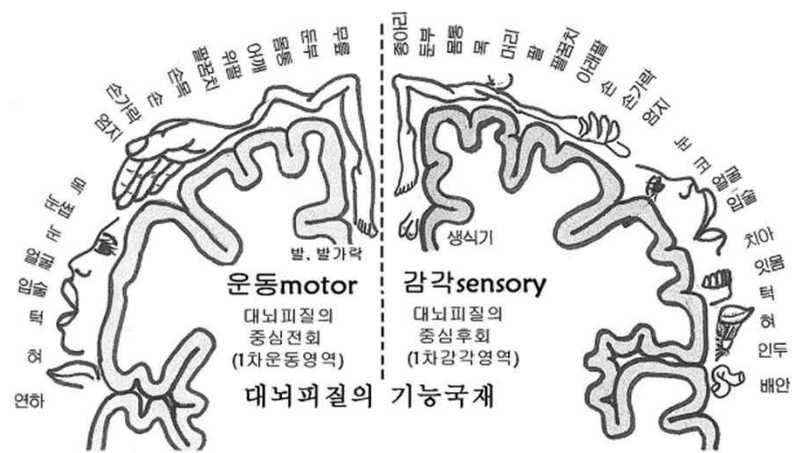
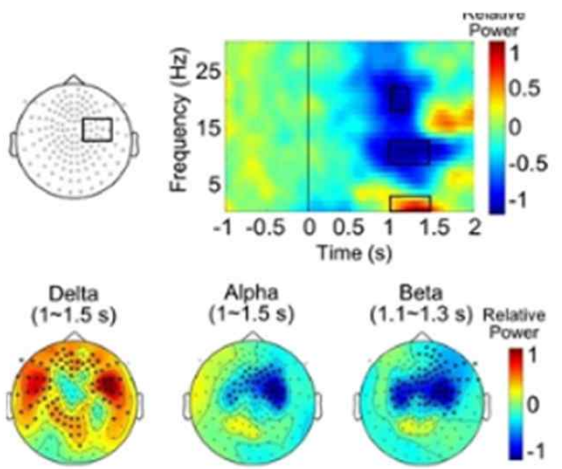
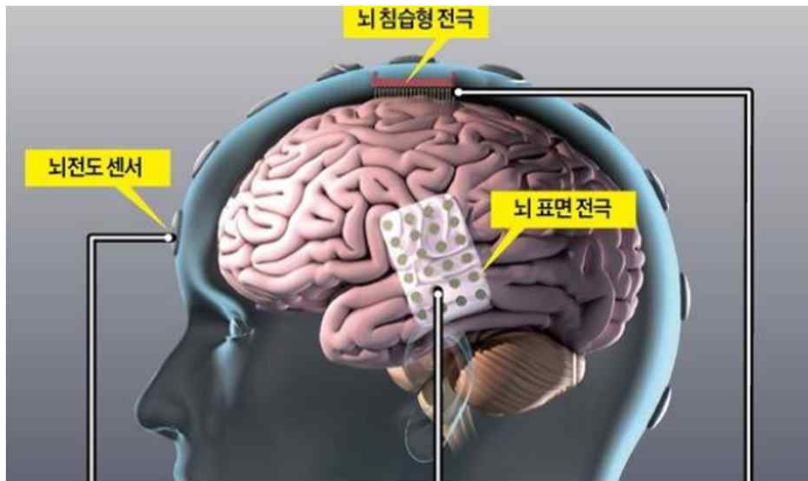
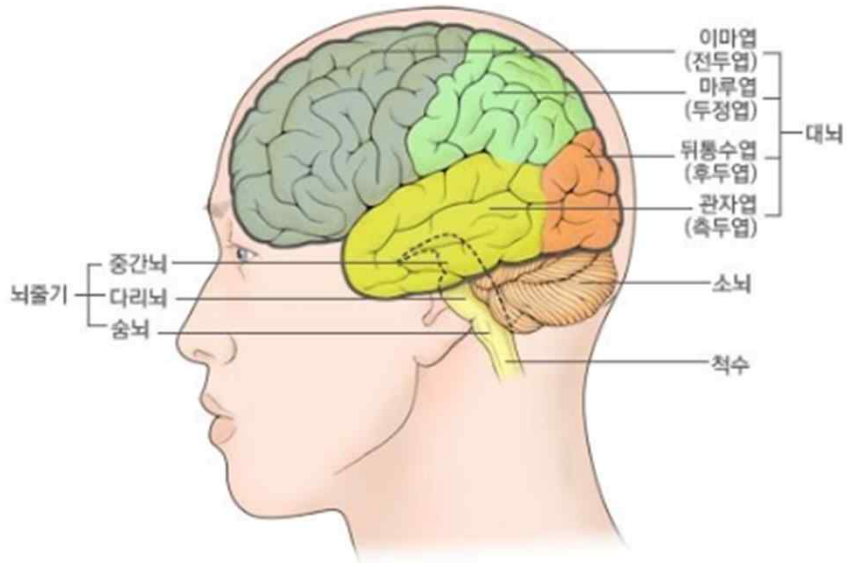
사전질문 Q&A



궁금해요



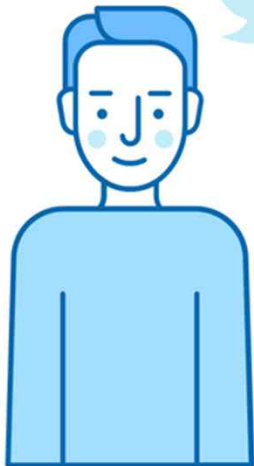
- Human engineering told the minimum 10 mA force to move the muscles. Is it true and what about nerves in brain? Some lab show reading brain with too small electricity?
(인간공학은 근육을 움직이기 위해서는 최소한 10mA의 힘이 필요하다고 이야기합니다. 이는 과연 사실이고 뇌의 신경은 이때 어떤 움직임을 보여주나요? 어떤 연구실에서는 정말 적은 전기로 읽는 뇌를 보여주나요?)
- 로봇 기술 개발에 사용된 프로그램은 어떤 것이 있을까요?
- 아이언맨 영화에서 나왔던 웨어러블 슈트가 상용화 가능성이 있을까요?
- 생체기술 휴먼 인터페이스 로봇기술이 현재 어디까지 와있는지 궁금하네요.



사전질문 Q&A



궁금해요

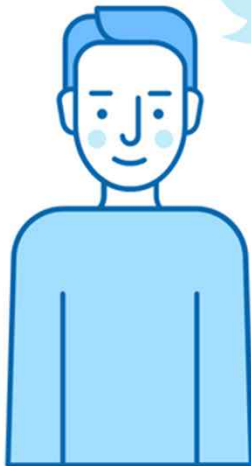


- Human engineering told the minimum 10 mA force to move the muscles. Is it true and what about nerves in brain? Some lab show reading brain with too small electricity?
(인간공학은 근육을 움직이기 위해서는 최소한 10mA의 힘이 필요하다고 이야기합니다. 이는 과연 사실이고 뇌의 신경은 이때 어떤 움직임을 보여주나요? 어떤 연구실에서는 정말 적은 전기로 읽는 뇌를 보여주나요?)
- 로봇 기술 개발에 사용된 프로그램은 어떤 것이 있을까요? **C++**
- 아이언맨 영화에서 나왔던 웨어러블 슈트가 상용화 가능성이 있을까요?
- 생체기술 휴먼 인터페이스 로봇기술이 현재 어디까지 와있는지 궁금하네요.

사전질문 Q&A



궁금해요

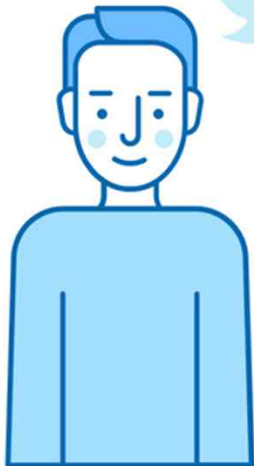


- Human engineering told the minimum 10 mA force to move the muscles. Is it true and what about nerves in brain? Some lab show reading brain with too small electricity?
(인간공학은 근육을 움직이기 위해서는 최소한 10mA의 힘이 필요하다고 이야기합니다. 이는 과연 사실이고 뇌의 신경은 이때 어떤 움직임을 보여주나요? 어떤 연구실에서는 정말 적은 전기로 읽는 뇌를 보여주나요?)
- 로봇 기술 개발에 사용된 프로그램은 어떤 것이 있을까요?
- 아이언맨 영화에서 나왔던 웨어러블 슈트가 상용화 가능성이 있을까요?
- 생체기술 휴먼 인터페이스 로봇기술이 현재 어디까지 와있는지 궁금하네요.

사전질문 Q&A



궁금해요



- Human engineering told the minimum 10 mA force to move the muscles. Is it true and what about nerves in brain? Some lab show reading brain with too small electricity?
(인간공학은 근육을 움직이기 위해서는 최소한 10mA의 힘이 필요하다고 이야기합니다. 이는 과연 사실이고 뇌의 신경은 이때 어떤 움직임을 보여주나요? 어떤 연구실에서는 정말 적은 전기로 읽는 뇌를 보여주나요?)
- 로봇 기술 개발에 사용된 프로그램은 어떤 것이 있을까요?
- 아이언맨 영화에서 나왔던 웨어러블 슈트가 상용화 가능성이 있을까요?
- 생체기술 휴먼 인터페이스 로봇기술이 현재 어디까지 와있는지 궁금하네요.

1. 등에 지고 있는것은 무엇일까요?

ReWalk
(Israel, 2011 FDA)

Rex



Indigo



eLEGs

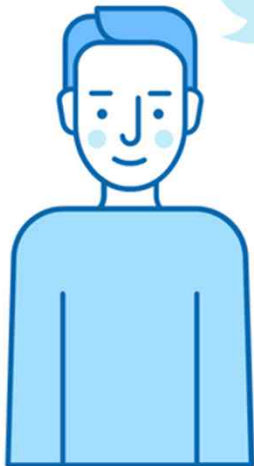


2. 인간이 슈트를 입고 서울을 날면 어떤일이 일어날까요?

사전질문 Q&A

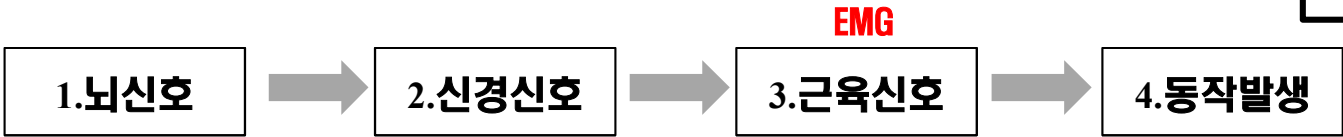


궁금해요



- Human engineering told the minimum 10 mA force to move the muscles. Is it true and what about nerves in brain? Some lab show reading brain with too small electricity?
(인간공학은 근육을 움직이기 위해서는 최소한 10mA의 힘이 필요하다고 이야기합니다. 이는 과연 사실이고 뇌의 신경은 이때 어떤 움직임을 보여주나요? 어떤 연구실에서는 정말 적은 전기로 읽는 뇌를 보여주나요?)
- 로봇 기술 개발에 사용된 프로그램은 어떤 것이 있을까요?
- 아이언맨 영화에서 나왔던 웨어러블 슈트가 상용화 가능성이 있을까요?
- 생체기술 휴먼 인터페이스 로봇기술이 현재 어디까지 와있는지 궁금하네요.

상지기능 복원기술을 위한 제어(생체)신호 선정



반응속도	←	←	←	←
안전성(제약조건) [수술X]	→	→	→	→
제어 신호 (오동작 가능성) 1~3% 이하	→	→	→	→

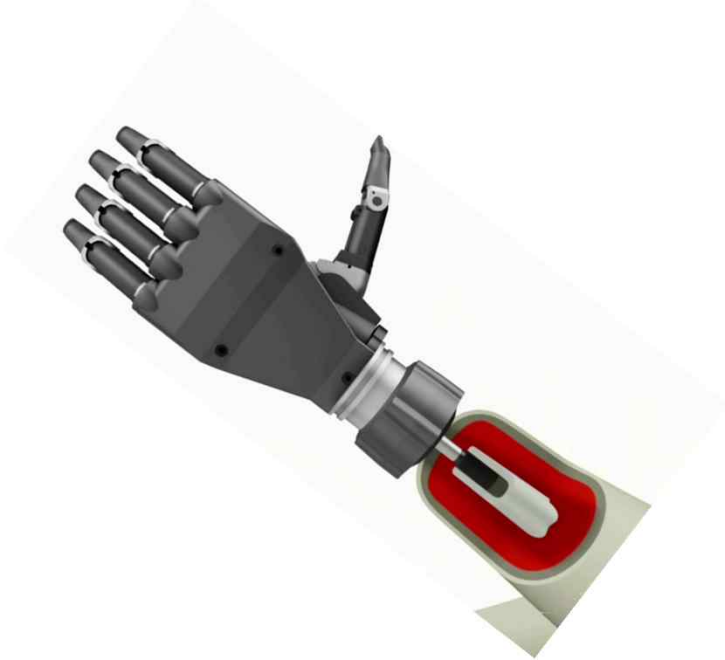
사전질문 Q&A



궁금해요

- 구체적으로 어떤 생체신호 데이터를 사용하는지 궁금합니다!
- 인간과 로봇의 접점을 자세하게 알고 싶습니다.
- 휴먼 인터페이스의 미세조작능력이 어느정도 인지 궁금합니다.





사전질문 Q&A



궁금해요

- 구체적으로 어떤 생체신호 데이터를 사용하는지 궁금합니다!
- 인간과 로봇의 접점을 자세하게 알고 싶습니다.
- 휴먼 인터페이스의 미세조작능력이 어느정도 인지 궁금합니다.





- 파워 파지
- ↓
- 정밀 파지
- ↓
- 승리
- ↓
- 오케이
- ↓
- **엄지 측면이동**
- ↓
- 가위,바위, 보
- ↓
- 인덱싱
- ↓
- 측면 파지
- ↓
- 후크 파지
- ↓
- 측면 파지

감사합니다 !!!

