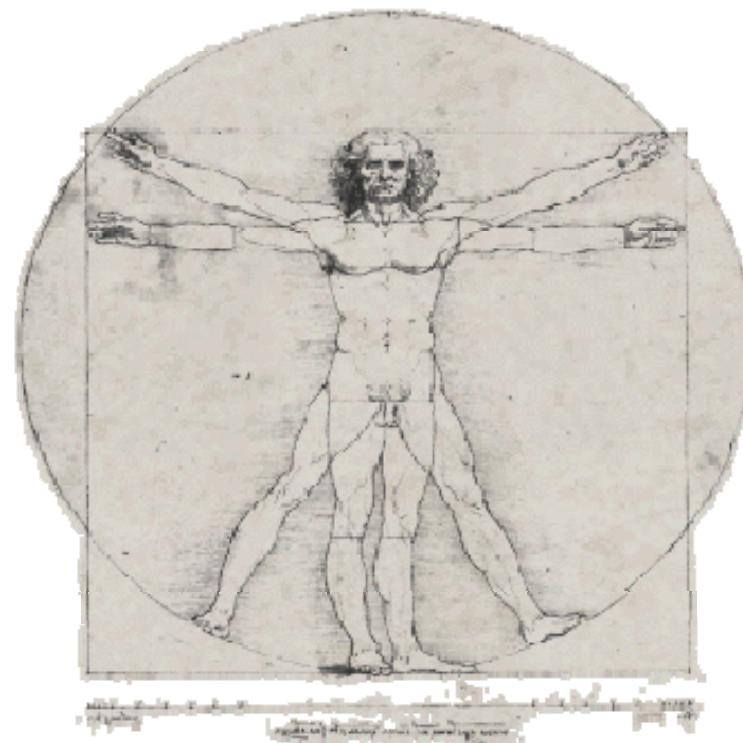


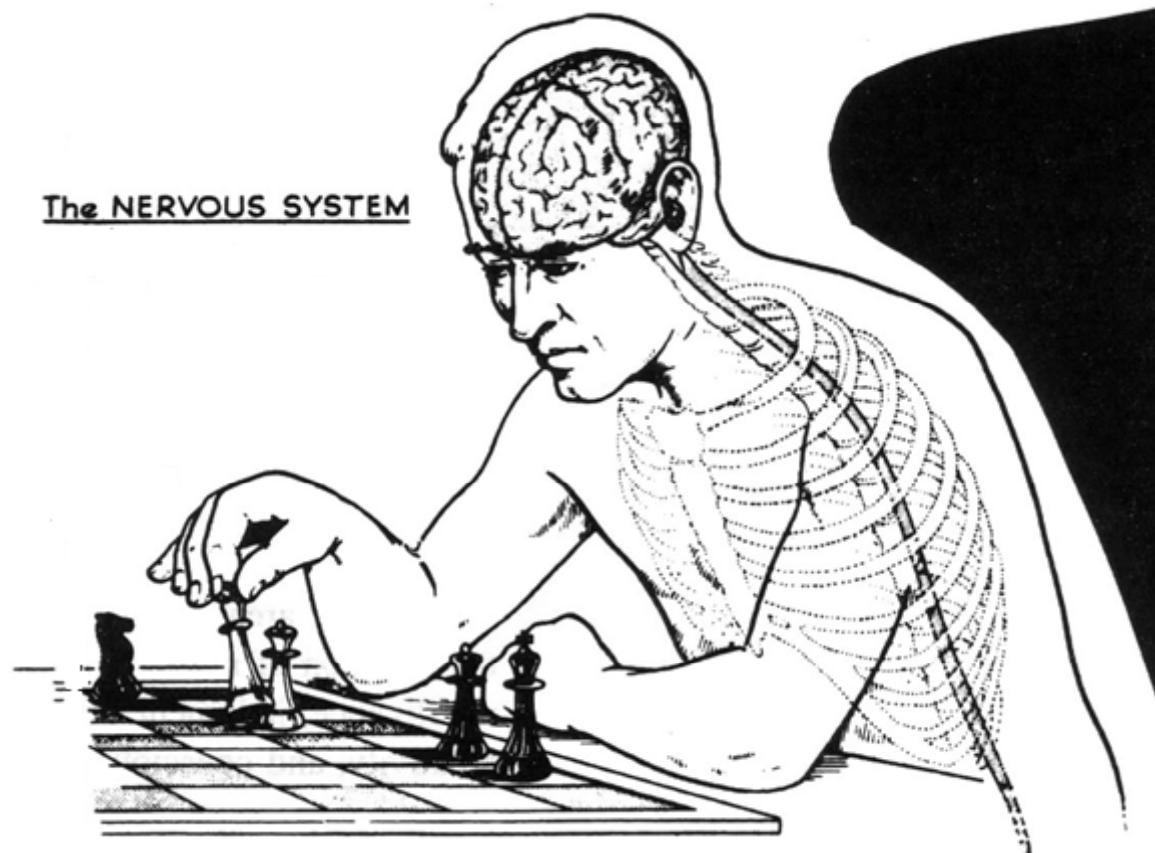
# Biomedical Engineering

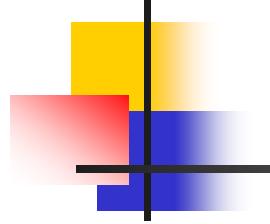


# 주요 생체신호 계측기(1)

- 뇌전계(**EEG**)
- 심전계(**ECG**)
- 근전계(**EMG**)
- Other Biopotentials

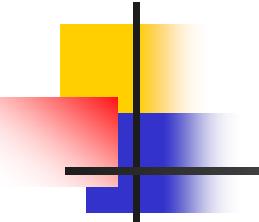
# 뇌전계(뇌파계) EEG(Electroencephalograph)





# 뇌전계(뇌파계) EEG(Electroencephalograph)

- 뇌의 생리학적 활동에서 발생하는 미약한 뇌파신호의 전위차(수십  $\mu$ V~수백  $\mu$ V)를 머리표피에 장착한 전극으로 측정하여 뇌파신호의 주파수 성분을 분석, 뇌종양, 뇌혈관장애, 두부외상을 동반한 중추신경계의 기능상태를 알아내는 검사기기
- 이때 얻은 뇌파신호를 뇌전도(Electroencephalogram)라 한다
- 생체전극에 의해 검출된 뇌파신호 성분은 **1~60 Hz** 대역이다
- 사용 목적에 따라 뇌파기록 전용으로 사용하는 전용형, 뇌파(뇌전도)와 심전도(ECG), 근전도(EMG), 호흡, 안구운동(EOG), 맥파 등 각종 생체현상기록에 사용되는 다용도형
- 대뇌병변의 탐지와 위치의 확인, 간질병 진단, 간질병환자가 어떤 형태의 발작을 하는지 판단하는데 도움이 되며, 치매, 무의식기간의 평가, 수면상태, 감각자극에 대한 뇌 반응의 관찰과 분석, 혼수상태환자의 뇌사 확인 등에 사용된다

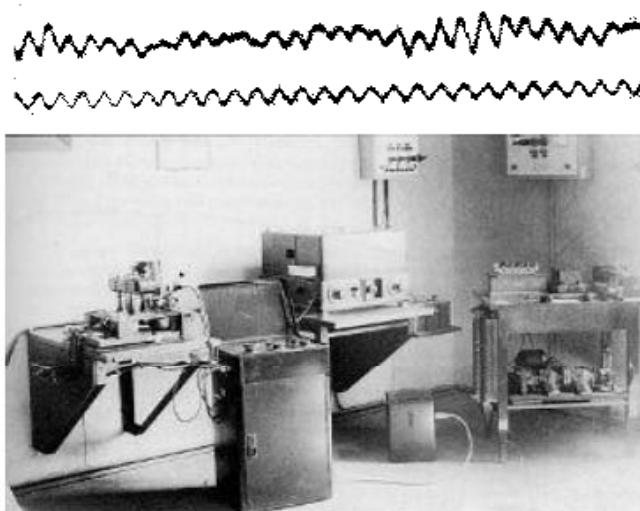


# 1st EEG Recording

- By Hans Berger in 1929(cf: 1886 ECG)
  - Tiny electrical signal from brain: 100uV(cf: 1mV ECG)
- Many important discoveries
  - Attention affects alpha and beta waves



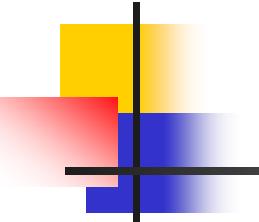
Hans Berger



Dr. Berger's EEG recording apparatus

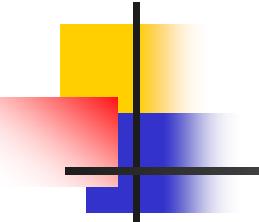


Electrode cap



# 뇌전계의 장.단점

- 수초간의 신경생체 신호를 분해하는데 필요한 ms수준의 탁월한 시간분해 능을 갖고 있으며, 작은 금속전극과 신호증폭기로 이루어진 단순한 센서를 갖고 있는 점이며, 이것은 저비용으로 전극을 자연스럽게 머리 피부위에 설치하여 장시간 뇌파신호를 검출, 기록할 수 있다
- 뇌파계의 단점은 공간분해능이 낮다. 공간분해능 향상의 걸림돌은 두 가지인데 첫째는 임상검사 시 19개의 전극을 사용하고 있는데 더 많은 전극이 필요하다는 것이다
- 둘째는 뇌에서 생긴  $\mu V$  수준의 전위차가 뇌와 저밀도 두개골을 통한 전기 전도로 인하여 생기는 신호의 외곡현상을 감소시키기 위한 공간강화처리 (spatial enhancement procedure)이다



# 뇌전계의 핵심 기술

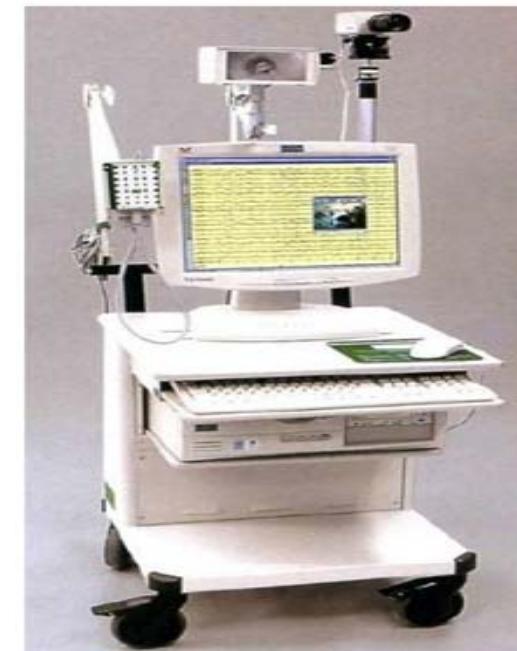
---

- 뇌파신호를 잘 검출하도록 만드는 전극기술과, 뇌파신호는 심전계, 근전계 등의 생체신호(**1 mV**)에 비하여 **1/1,000**배 정도로 미약하기 때문에 뇌파신호를 **100**만 배 이상 증폭시키는 증폭기기술, 신호의 공간분해능 향상기술, 디지털신호처리, 기록, 저장기술 등이다
  - 비정상적인 환경변화와 외부자극에 반응하여 뇌파신호를 발생하고 있어 예를 들면 비 오는 소리와 천둥소리를 들으면 뇌는 이에 반응하여 뇌전도에 대응하는 뇌파신호와 전위를 보여준다.
- , 즉 사건관련 전위(**ERP, event-related potential**)의 측정 필요

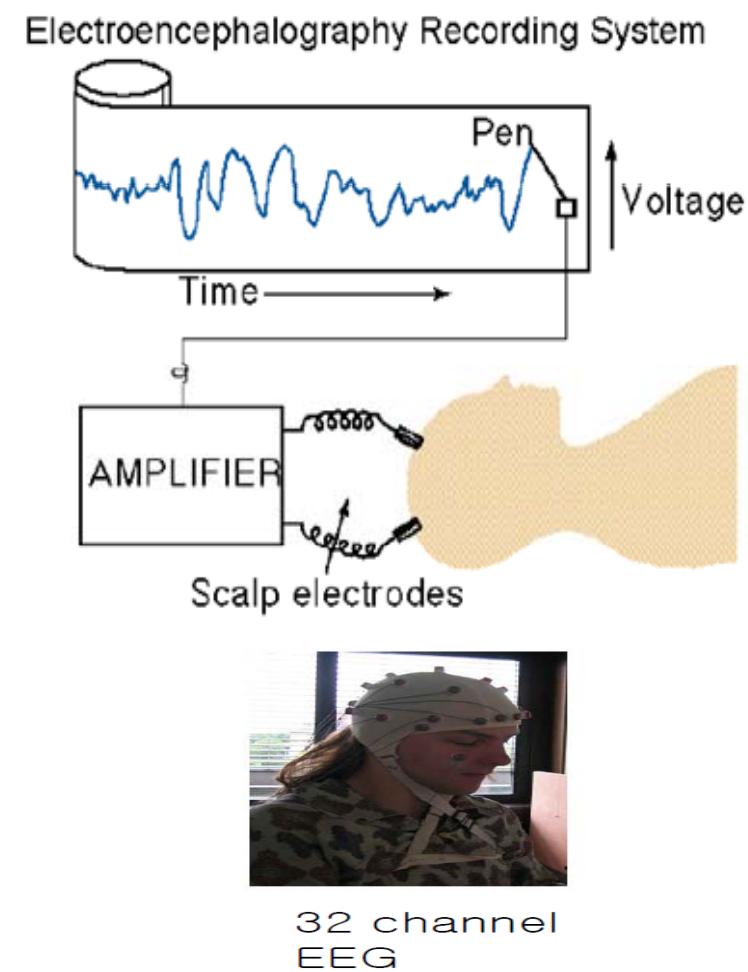
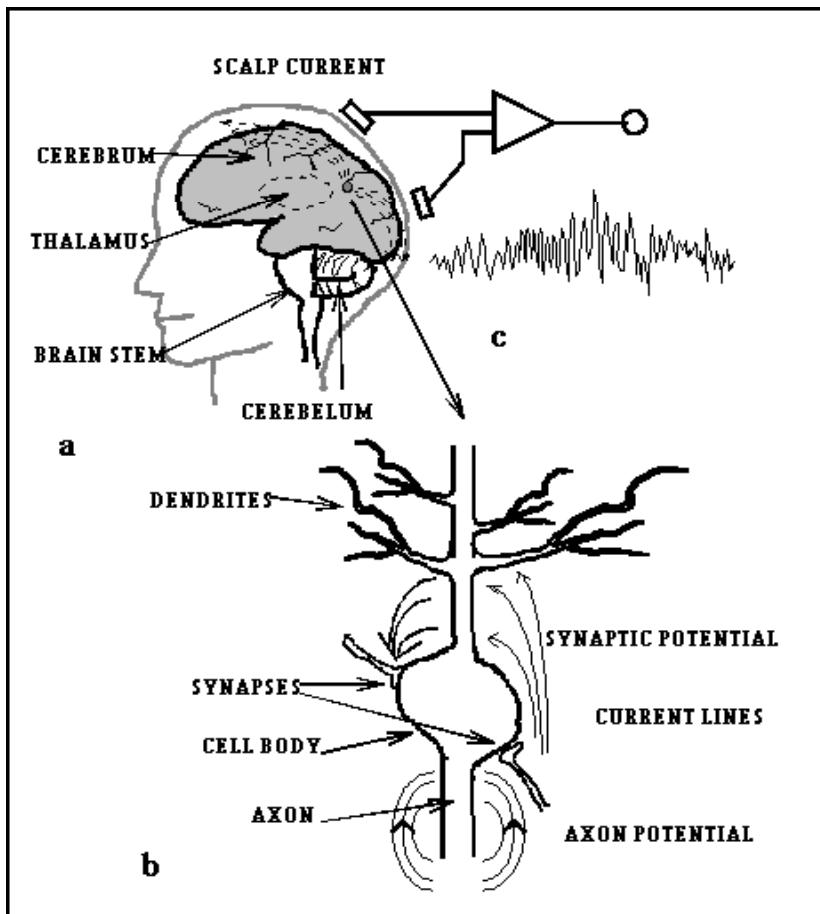
# 뇌파의 분류

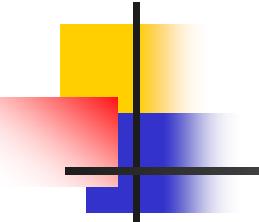
- 뇌파를 식별하는 데는 각 주파수대역에서 **δ파**, **θ파**, **α파**, **β파**, **γ파**로 분류
- **δ파**는 주파수가 **0.5~3 Hz**이며 수면 시 관측되고, **θ파**는 **4~8 Hz** 신호로서 멍하고 있거나 수면 시, **α파**는 **8~13 Hz** 신호로서 의식을 집중 시켰을 때, **β파**는 **14~30Hz** 신호로서 긴장했을 때, **γ파**는 **30 Hz**이상 신호로서 흥분했을 때 관측된다

beta(β)	13~30Hz	측두 및 전두부	
alpha(α)	8~13Hz	후두부	
theta(θ)	4~8Hz	소아, 취침중인 성인	
delta(δ)	0.5~4Hz	태아, 취침중인 성인	
스파이크	3Hz	간질환자	

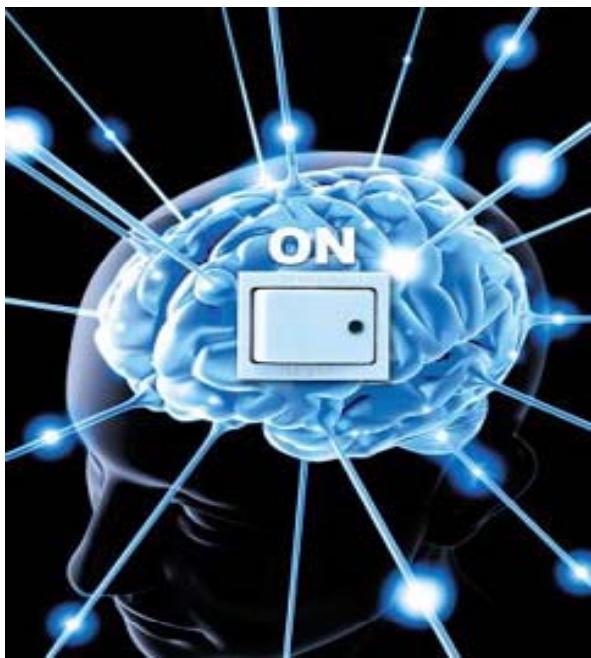


# 예) 뇌파의 측정





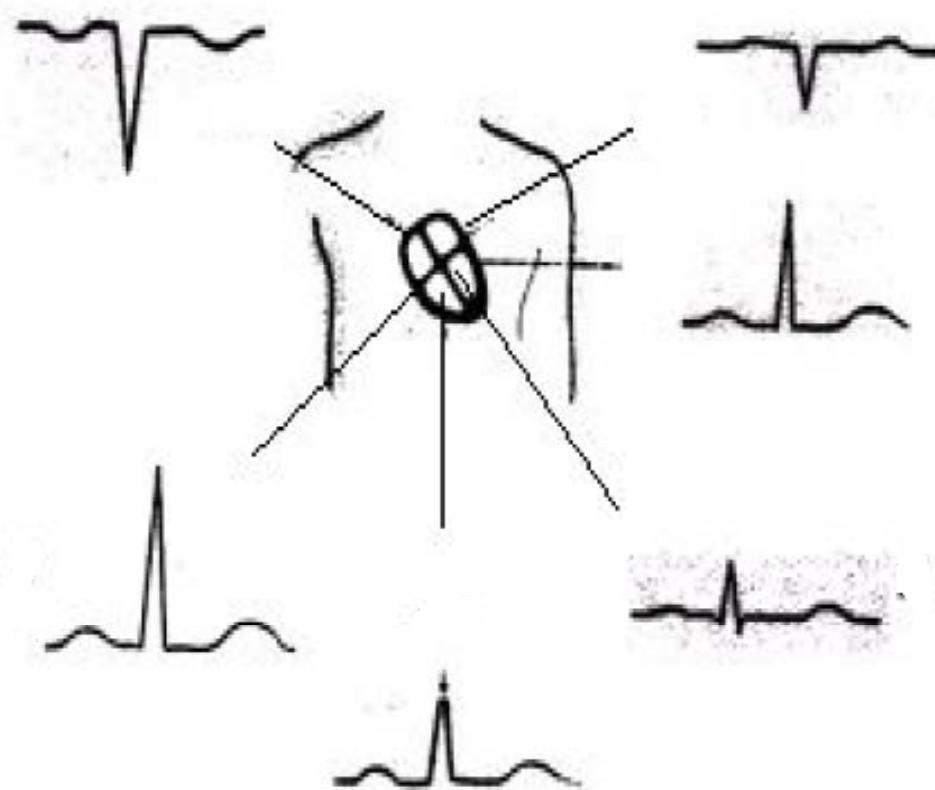
# Applications

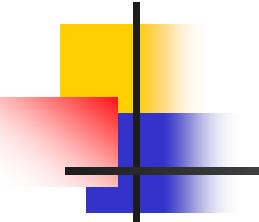


해마 전기 자극을 통한 장기 기억 기능 제어

이식형 파킨슨씨병 치료기:뇌자극기기

# 심전계 ECG(Electrocardiography)

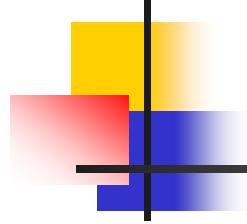




# 개념

---

- 심장이 박동하면 심근에 발생한 미소한 활동전위차(**1mV**의 전압)를 생체표면에 부착한 전극으로 측정하여 시간에 따른 변동곡선(**0.1~200 Hz** 정도의 주파수 성분)을 기록하여 표시하는 장치
- 심장벽을 형성하는 근세포가 수축할 때 발생하는 활동전위는 심장으로부터 온몸으로 퍼져 전류를 일으킨다
- 몸 전체로 퍼진 전류는 몸의 위치에 따라서 전위차를 발생하며, 이 전위를 피부에 부착한 표면전극을 통해 검출하여 기록할 수 있다
- 심장의 전기적 전위파형(**cardiac electrical potential wave form**)의 도식화한 기록을 **심전도(Electrocardiogram)**라 한다
- 심장의 특수한 전기적 시스템은 심장이 펌프와 같이 규칙적으로 수축할 수 있도록 만든다

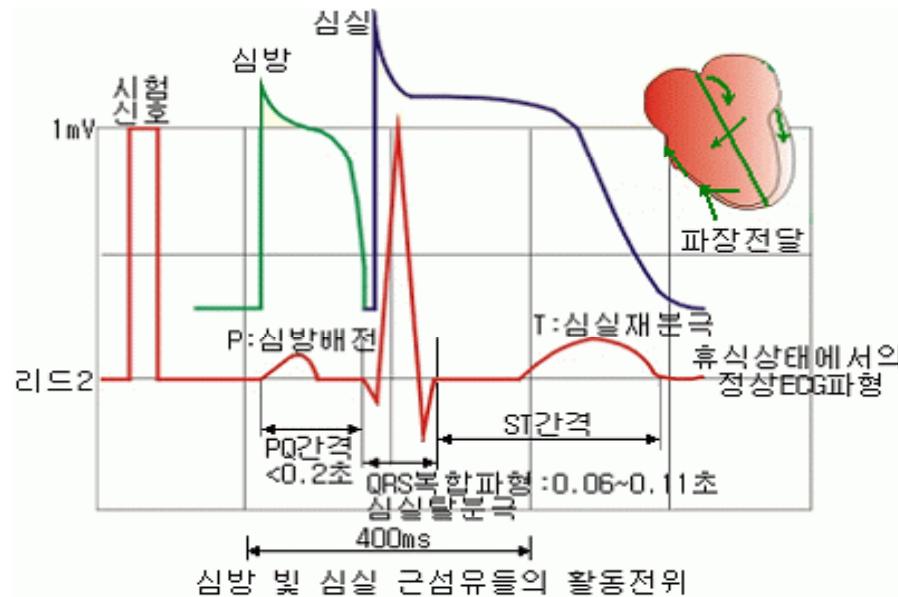


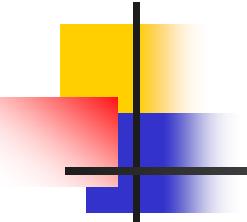
# 1st ECG Recording

- 1895년에 네덜란드의 라이덴대학의 아인트호벤(**Willem Einthoven**)교수에 의해 발명되어 심전도 파형이 **P, Q, R, S, T** 등으로 구성되 있음을 발견, 그는 이 업적으로 1924년에 노벨 의학상을 수상
- 1949년 미국 몬타나의 의사 홀터(**N. J. Holter**)는 등에 짊어지고 심전도를 기록할 수 있는 홀터심전계(**Holter ECG**)를 개발하였으며, 이것은 후에 크기가 작아지고 테이프와 디지털기록을 할 수 있는 휴대용 **ECG**가 되었다
- 1963년 브루스(**R. Bruce**)는 트레이드 밀에서 운동하여 심장에 부하를 걸었을 때 심전도를 기록할 수 있는 부하심전계(스트레스심전계)를 개발하였다
- 1980년에 GE는 12개 리드 **ECG**로 동시에 얻은 데이터를 분석하기 위한 “**GE12SL ECG** 컴퓨터분석 프로그램”을 도입하여 심장신호를 정밀하게 측정하고 신호의 리듬과 파형분석을 함으로써 이 프로그램은 전산화 **ECG** 분석에 있어 표준방법이 되었다.

# 심전도 발생

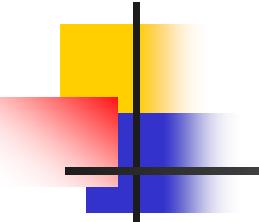
- 심장박동에 의한 전위차의 시간에 따른 변화는 파동으로서 심장 수축으로 인한 네 가지 성분을 나타내는 파형이 된다
- 심방 수축을 표시하는 **P파**, 심장 박동 충격이 **AV node(방실결절)** (**atrioventricular node: AV node**)를 통과하는데 걸리는 시간인 **PR간격**, 심실 수축을 나타내는 **QRS파**, 심방의 재수축이 시작되기 전 휴식상태를 나타내는 **T파**





# 심전계의 용도

- 심전도에 나타난 심장박동으로 인한 전기적 파형(심전도)를 분석하여 부정맥, 협심증, 심근경색(심장마비) 등의 허혈성 심장질환, 심방과 심실의 비대, 확장 등의 진단을 할 수 있다
- 심전계는 용도에 따라 **12유도심전계**, 해석기능부착 심전계, 부하심전계(**스트레스 심전계**), 홀터 심전계(**Holter ECG**) 등으로 분류한다
- **12 유도심전계**는 임상용으로 채널 수에 따라 1~12개 채널에서 동시 측정이 가능하며, 5~10개 리드선을 심장부근과 손목과 발목에 전극으로 연결하여 심전도 검사를하게 된다
- **해석기능부착 심전계**는 내부에 마이크로 컴퓨터를 설치하여, 심전도파형을 자동 측정하여 측정치를 토대로 자동해석이 가능하다. 기록시작부터 해석까지 수분 걸리며 많은 사람의 심전도를 단시간에 처리할 수 있는 이점이 있다

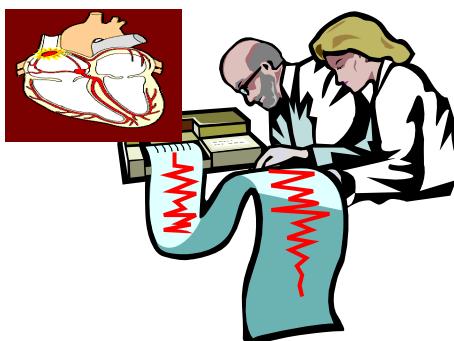


# 심전계의 용도

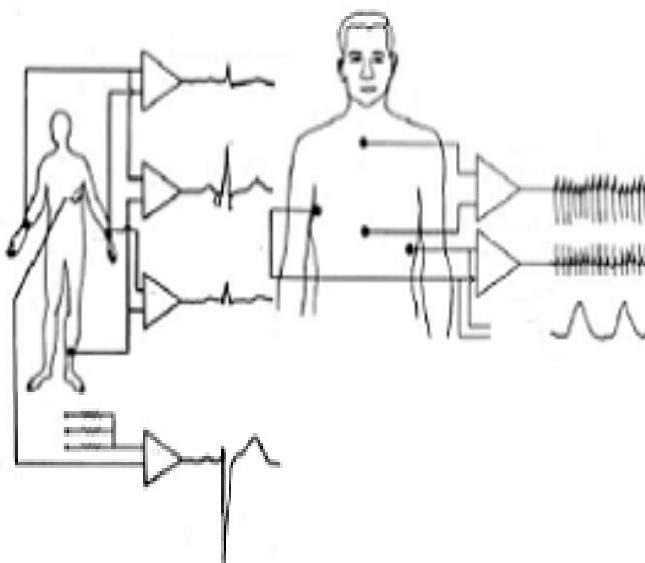
---

- **부하심전계(스트레스심전계)**는 트레이드 밀이나 자전거 패달을 돌려 심장에 운동 부하를 걸어 부하 중이거나 부하 후에 심전도를 검사한다. 안정 시 나타나지 않는 잠재성 관동맥 질환의 유무나 중증정도의 진단, 관동맥질환의 약물치료 효과의 평가, 심근경색 환자의 원상회복, 운동요법에서 운동 강도의 처방 등에 이용된다
- **홀터심전계(Holter ECG)**는 카세트 테이프나 **IC메모리**를 사용하여 **24시간 이상** 일상생활중의 심전도를 기록한다. 안정시의 심전도에는 나타나지 않는 일과성 또는 간헐적인 부정맥 검출, 불안정한 협심증의 진단, 부정맥 치료약 효능평가 등에 사용되며 급사의 위험이 있는 환자에게 주로 사용된다. 휴대가 간편하도록 설계되어야 하고 장시간 심전도와 환자상황을 기록할 수 있는 기록기능이 필수적이다

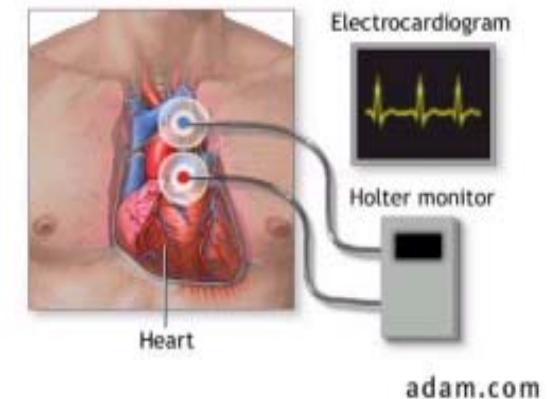
# 예) 심전도 측정



ECG

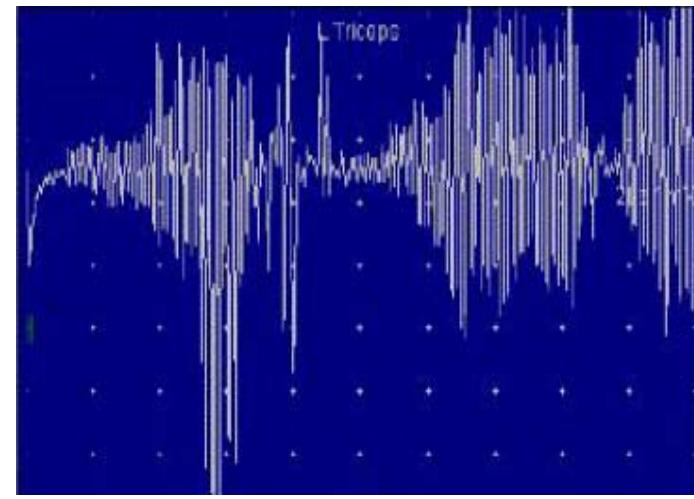
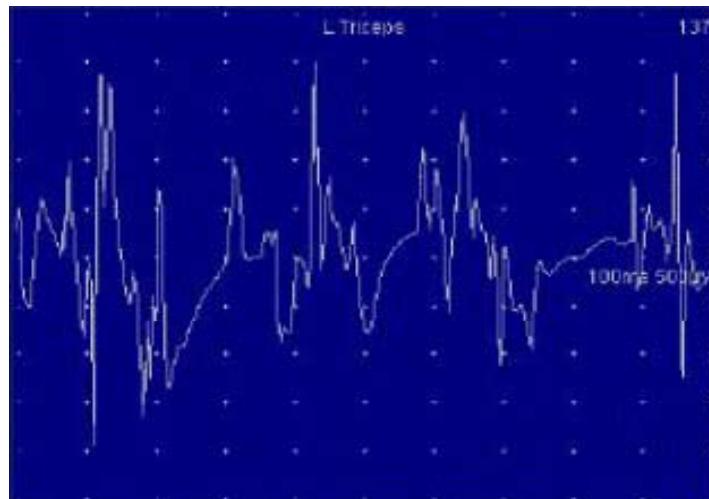


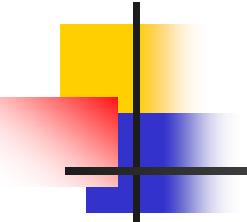
ECG 계측개념



홀터심전계로 얻은 심전도

# 근전계 EMG(Electromyography)





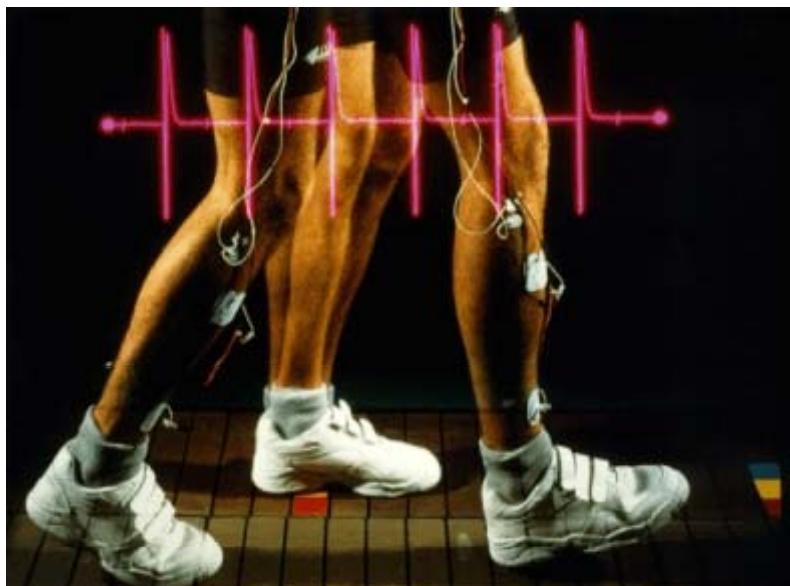
# 개념

---

- 근육의 생리학적 활동에서 발생하는 미약한 전위차(**20 µV~5 mV**)를 근육표면에 부착한 전극으로 측정하여 발생한 전기신호의 주파수 성분을 분석, 근육질환 및 근육을 지배하는 신경의 상태를 진단하는 장치를 말하며, 이때 얻은 전기신호를 시간에 따라 기록한 것을 **근전도(Electromyogram)**라 한다
- **근전계는** 생체전극, 증폭기, 기록계 등으로 구성되어 있으며 전극으로는 근섬유의 활동전류가 합성된 것을 근육 위에 있는 피부로부터 유도하는 원형은 판전극과 침전극이 있으며 보통 침전극을 많이 사용한다
- 검출된 전기신호의 주파수 특성은 **10~500 Hz**, 신호의 진폭은 **0 ~1.5 mV(rms)**, 사용가능 신호는 전기적 잡음보다 큰 에너지를 가진 신호이다. 신호 대 잡음비(**S/N**)와 신호의 외곡(**distortion**)현상은 **EMG**신호 특성에 영향을 준다

# 근전계의 용도

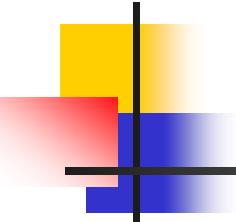
- 근전계는 근피로도, 근회복도, 근육수축력검사, 근육 통증진단과 인식생리학연구에 이용된다



수축력을 받고 있는 정강이뼈 앞 근육에서  
검출된 EMG신호



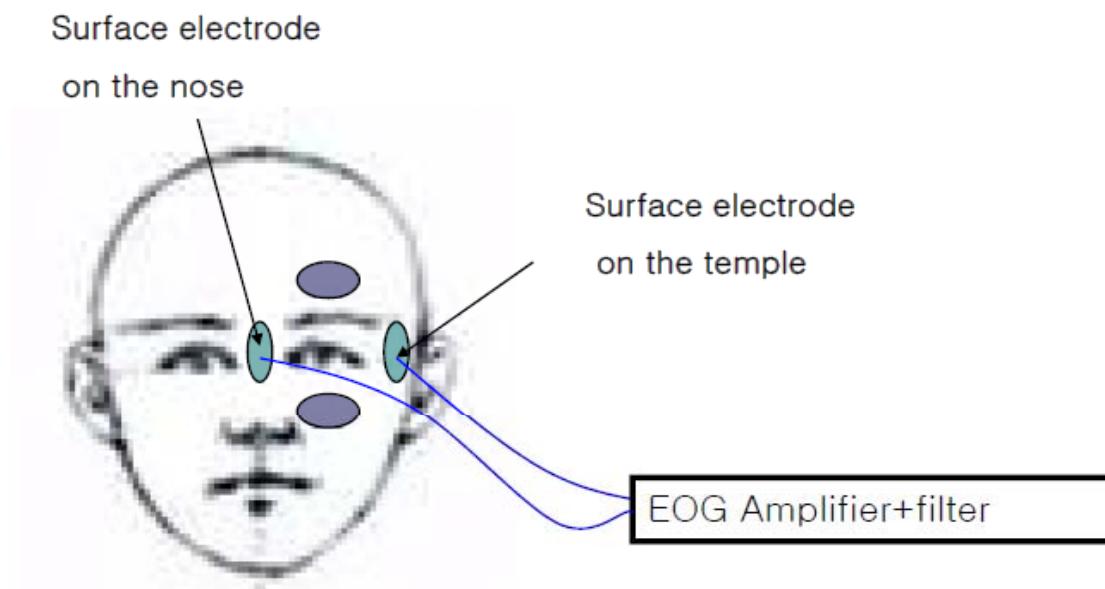
팔 근육의 근전도 측정

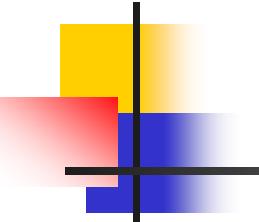


# Biopotentials related with Vision

- **EOG(Electro-Oculogram)**

- ✓ 안전도, 전기안구도, 눈전위도, **eye battery** 측정
- ✓ 일정한 거리의 두 점을 교대로 보게 하면서 뇌파기록





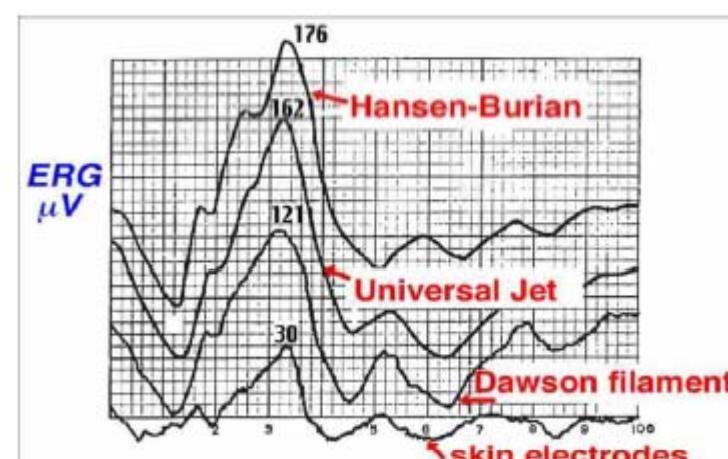
# Biopotentials related with Vision

- **ERG(Electroretinogram)**

✓ 망막전계, 광자극에 의한 망막의 전기적 반응 계측

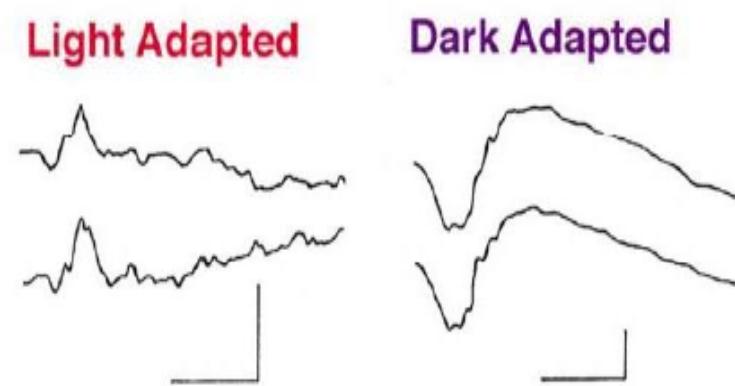
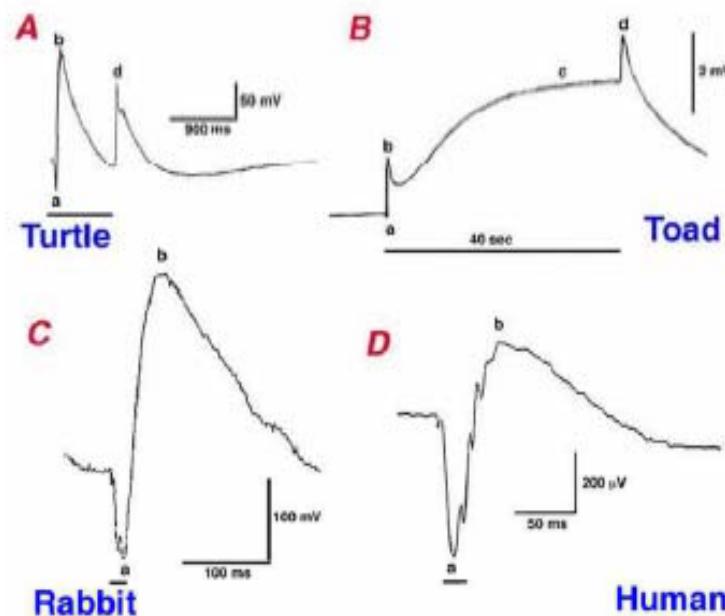


*some corneal ERG electrodes*

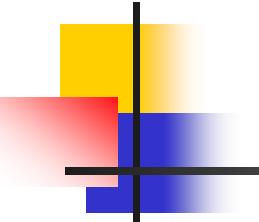


# Biopotentials related with Vision

- ERG Responses from Different Species
- ERG Responses from different light Adaptation

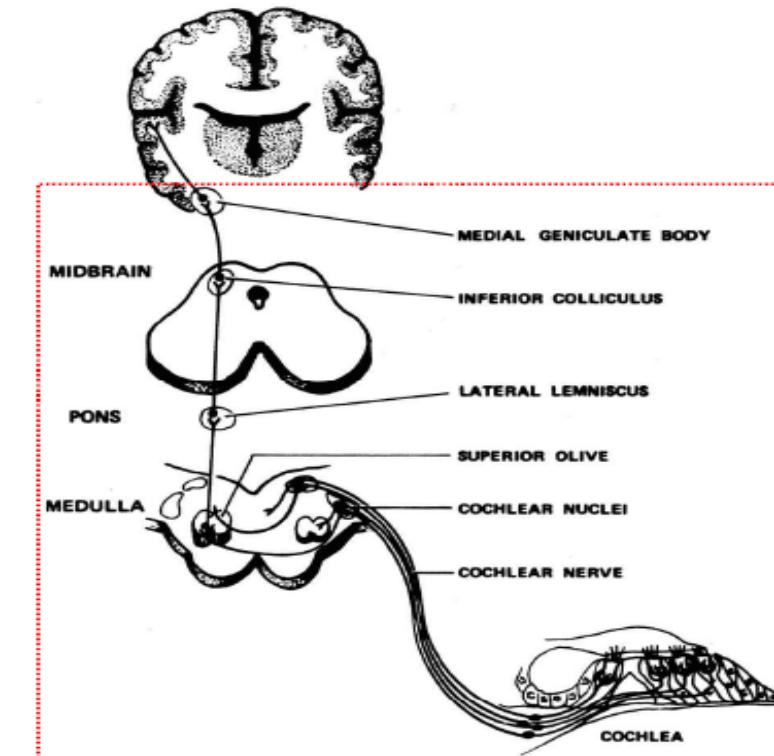
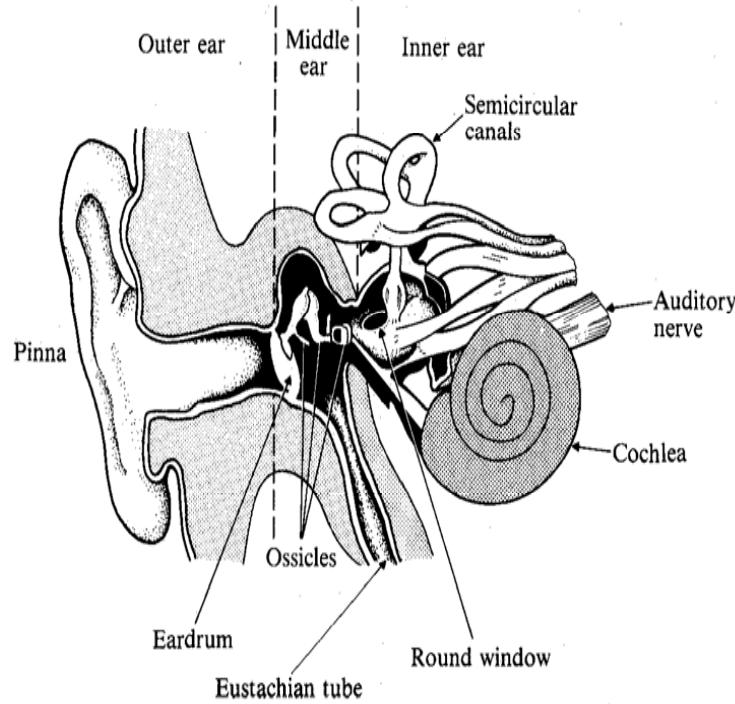


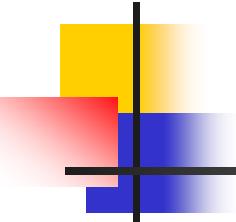
The same light stimulus was used.



# Biopotentials related with Hearing

- Schematic Diagram of the Ear
- Auditory Pathway

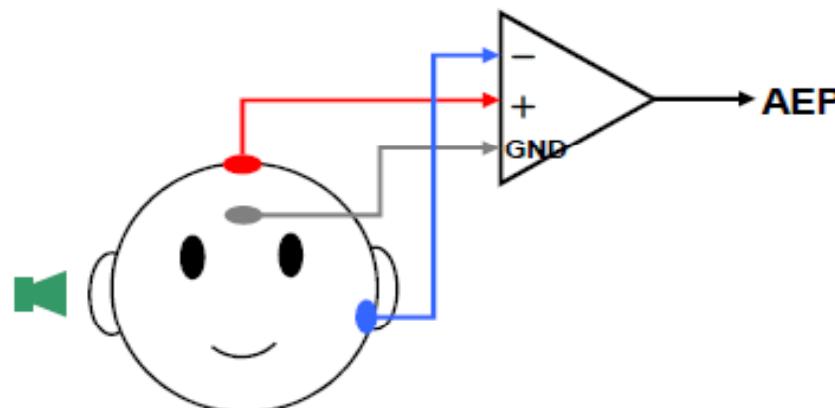




# Biopotentials related with Hearing

- **AEP(Auditory Evoked Potential)**

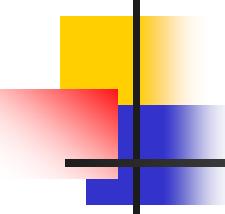
- ✓ Tests are far field recordings of neuro-physiological responses to auditory stimulation
- ✓ In a Bioelectric background
- ✓ Can be measured using acoustic sound or electrical stimulation
- ✓ Used to identify auditory neuropathy
- ✓ can be measured non-invasively



## 주요 생체신호 계측기(2)

- 심자계(**MCG**)
- 뇌자계(**MEG**)
- 환자감시장치 (**PMS**)

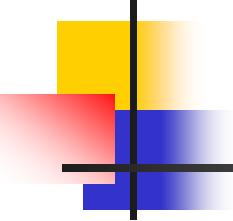




# 심자계

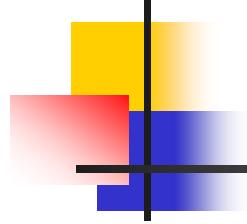
## MCG(Magnetocardiography)

- 심장의 생리학적 활동에서 발생하는 미세전류가 만드는 미약한 자기장(**10-10 Tesla**, 지자기의 **1백만분의 1**)을 측정하기 위하여 초전도양자간섭소자(**SQUID**)라 부르는 고감도 자기센서 어레이 시스템을 사용하여 측정
- 심장의 국부자기장의 분포도(**Contour map**)인 심자도 (**Magnetocardiogram**)을 얻는 기술(장치)
- 여기서 **SQUID** 어레이 시스템을 **SQUID**자력계(**magnetometer**)라 한다
- 생체의 해부학적 영상을 보여주는 **MRI, CT** 등은 외부에서 자기장/고주파나 X 선 같은 전자기파를 조사하여 영상을 얻는 반면에,
- 심자계(**MCG**), 뇌자계(**MEG**) 등은 생체의 생리학적 활동에서 생기는 미약한 자기장을 비침습적으로 측정하여 심장이나 뇌의 생리학적 국부자기장의 분포도를 실시간으로 얻을 수 있으며 시간분해능과 공간분해능이 **MRI, CT**에 비해 훨씬 우수하다.



# 심자계 MCG(Magnetocardiography)

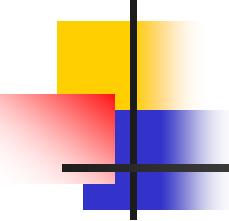
- 생체의 전위차를 측정하는 심전계(**ECG**), 뇌전계(**EEG**)에 비해 두개골, 조직의 여러 가지 층 같은 절연장벽으로 인한 **자기장의 감소나 외곡현상이 없으며** 심전계로 측정할 수 없는 현상을 측정할 수 있는 이점이 있다
- 관상동맥의 조기진단·치료, 심장 돌연사의 예측, 심근허혈증 진단, 부정맥의 위치 추정, 태아의 심자도 검사, 간의 철분량 조사평가 등에 이용되고 있다.



## 뇌자계

# MEG(Magnetoencephalophy)

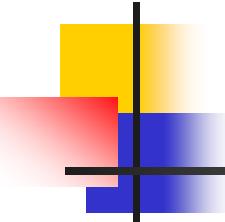
- 뇌의 신경활동에서 생기는 미약한 자기장(지자기의 **10억** 분의 **1이하**)을 측정하기 위하여 두 개의 조셉슨 소자를 고리 모양으로 만든 초전도 양자간섭소자 (**SQUID, Superconducting Quantum Interference Device**)라 부르는 자기센서를 사용하여 신경세포가 만드는 자기장을 측정
- 뇌 속의 국부자기장의 분포도, **뇌자도**를 얻는 기술
- 고감도 자기센서인 **SQUID**는 액체헬륨 온도(**4.2 K**)에서 **초전도상태**를 유지하도록 하고 외부의 자기적 잡음에 영향을 받지 않도록 고성능 자기차폐실에 설치
- 헬멧 위에 **10~200개**의 **SQUID**를 설치하여 헬멧을 머리에 쓰고 **뇌 전체**에서 오는 신경세포에 의한 국소자기장을 한번에 측정할 수 있게 되어 있다



## 뇌자계

# MEG(Magnetoencephalophy)

- 신경 세포가 작용하고 있는 동안에 신경세포에는 이온전류가 흘러 전류는 자기장을 발생한다. **신경세포의 자기장 변화는** 전자기차폐실에 설치된 신경자력계(**neuro magnetometer**) 즉 **MEG**로 측정
- 신경과학 및 정신과학 분야에서 뇌자계로 얻은 신경활동의 정보는 뇌수술시의 리스크 관리, 외부자극에 의한 뇌신경 활동을 보여주는 생리학적 기능영상을 제공하며, 해부학적 영상을 보여주는 **MRI** 또는 **CT**영상과 함께 사용하면 진단의 정확도를 높일 수 있다



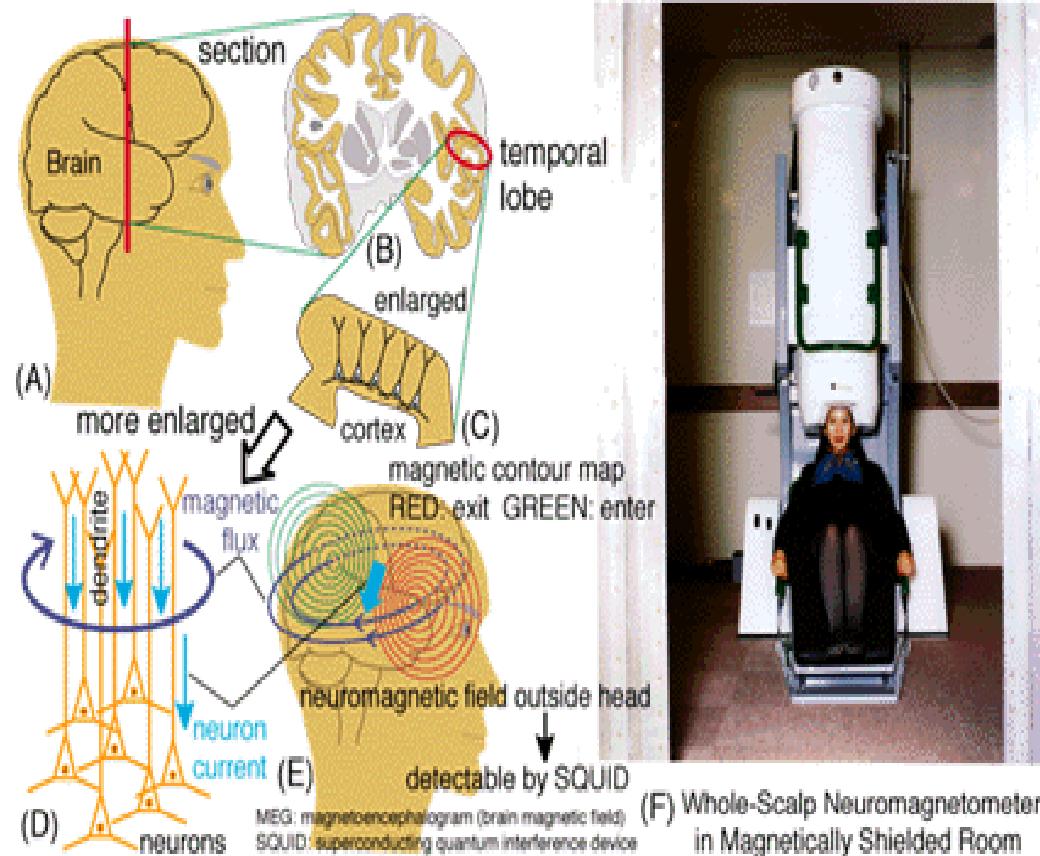
## 뇌자계

# MEG(Magnetoencephalophy)

- 뇌자계를 이용한 진단기술은 시간분해능과 공간분해능이 우수하고 비접촉이며 인체에 해를 전혀 가하지 않는 비침습적인 측정방법이다
- 뇌자도 신호의 종류는 외부자극(청각, 시각, 후각 등)에 따른 뇌의 반응을 나타내는 유발신호, 뇌의 신경활동에서 생기는 자발신호, 자발신호에는 **α파, γ파, 간질 스파이크(spike)** 등이 있다
- 뇌질환 진단에 뇌수술 전 수술부위의 기능 맵핑과 수술 후 기능손실 최소화, 간질 발생부위 국소화, 학습장애, 독서 장애, 자폐증 등의 소아 정신질환, 강박증, 실어증 등의 기능성 뇌질환, 뇌 위축으로 인한 알츠하이머병의 조기발견 등이다. 뇌자도는 기억, 학습, 언어능력, 감성 등 뇌기능연구(인지과학)에 이용되고 있다

# 예) 신경세포의 자기장 변화 측정

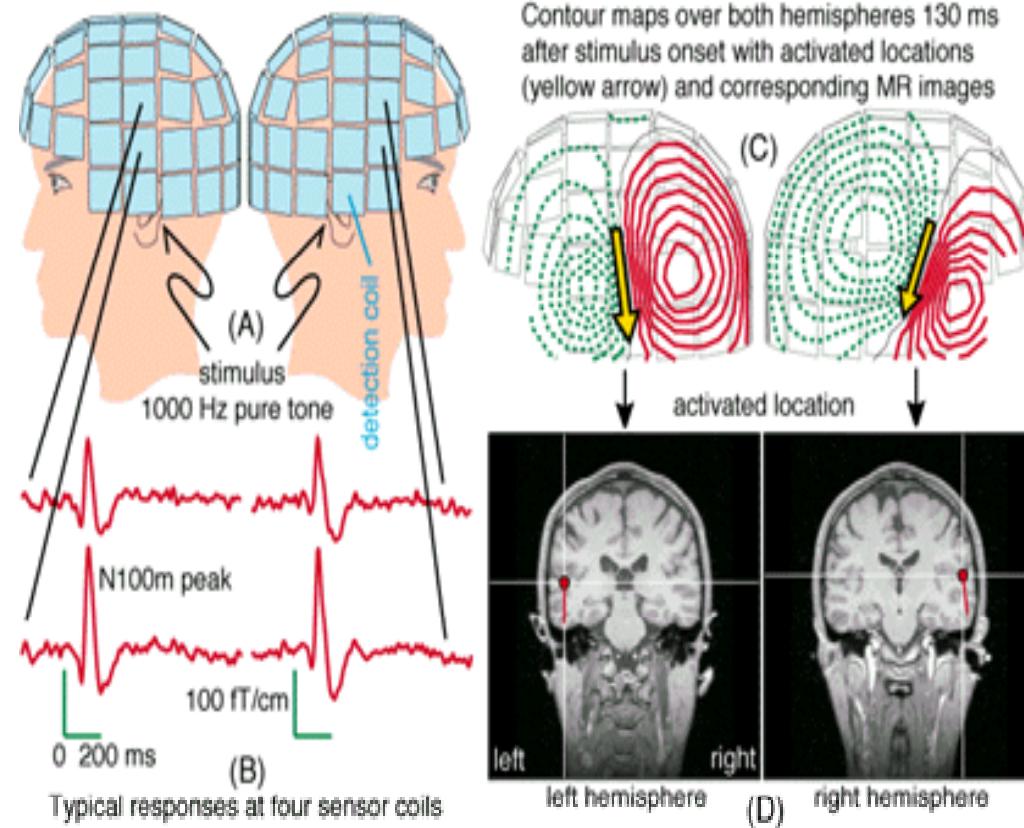
## Revealing Brain Mechanisms by MEG



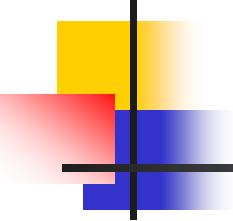
- (A) 뇌의 중추는 (B)와 같이 뇌의 표면을 차지하고 뇌 중추는 (C) (D)와 같이 신경세포의 수지상 돌기가 균일하게 배치 되 있고 수지상돌기에 흐르는 전류는 뇌 밖에서 **SQUID**로 검출할 수 있는 자기장을 만든다
- (E)는 뇌신경세포 전류가 만드는 자기장
- (F)는 뇌자기장 분포를 측정 하는 전자파 차폐실에 있는 신경자력계이다

# 예) 시각의 자극에 의해 생긴 뇌 자기장의 분석

## Analysis of Auditory Evoked Brain Magnetic Fields



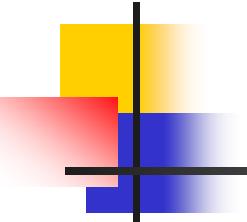
- (A) 1,000 Hz의 소리를 들으면 머리에 쓴 헬멧의 **SQUID**센서는 뇌신경 반응에 의한 자기장 신호 **(B)**를 검출하고,
- (C)는 뇌의 좌우 두 반구에 생긴 국부자기장의 분포도를 나타내고,
- (D)는 대응하는 **MRI** 영상이다



## 환자 감시 장치

# PMS(Patient Monitoring System)

- 심전도, 심박수, 혈압, 체온, 호흡수, 태아심박, 태아심전도, 무호흡 등을 측정하여 생명유지에 가장 중요한 순환기, 호흡기 및 태아를 감시하는 장치
- 분만 감시 장치, 모체감시기능 부착 분만 감시 장치, 기타 순환기, 호흡기 감시 장치, 산소 농도계, **CO2** 가스모니터 등이 있다
- 환자 감시 장치의 핵심기술은 생체신호검출용 센서기술, 신뢰성 높은 경보음 검출, 분석알고리즘 및 리스크 관리기술, 유무선 중앙집중 감시기술, 사용자 인터페이스 프로그램 및 네트워크제어 프로그램 등이다



## 환자 감시 장치의 유형 및 기술현황

- 모듈형 침대옆 감시 장치(**bedside monitor**): 모듈에 ECG, 호흡, 체온, 혈중산소포화농도(**SpO2**), 기록장치 등이 설치되어 있다. 침대 내외의 유선 및 무선 네트워크 설치와 침대 옆 모니터본체(칼라**LCD**사용) 등이 설치되어 있다
- 중앙 스테이션: 여러 환자 침대사이의 유선 및 무선 네트워크를 형성하여 환자의 상태를 중앙에서 집중적으로 관리한다.
- 모듈형 **Bedside Unit**의 기능 향상
- 통신규격과 정보의 시스템화
- 지능형 경보시스템
- 운반 가능한 침대 옆 감시 장치와 무선통신 기능의 채택

# 주요 생체신호 계측 요약

분류	원리	핵심 기술	응용 분야
심전계(ECG)	심장박동에 의해 심근에 발생한 미소 활동전위 차 ( $\sim 1 \text{ mV}$ , $0.1\text{-}200\text{Hz}$ ) 측정	- 생체전극 설계·설치 기술 - 신호처리·해석기술	부정맥, 협심증, 심근경색, 심방, 심실의 비대화장증 진단
뇌파계(EEG)	뇌의 생리학적 활동에서 발생한 미약한 뇌파 신호의 전위차( $\text{수십 } \mu\text{V}$ , $1\text{-}60\text{Hz}$ ) 측정: δ, θ, α, β, γ파	- 생체전극기술 - 신호증폭기술 - 신호처리, 기록, 해석 기술	뇌종양, 뇌혈관장애, 간질병, 치매진단, 뇌사 확인, 알콜중독 예측
근전계(EMG)	근육의 생리학적 활동에서 발생한 미약한 전위 차 ( $20 \mu\text{V} \sim 5 \text{ mV}$ , $10\text{-}500\text{Hz}$ ) 측정	- 생체전극기술 - 신호증폭기술 - 신호처리, 기록, 해석 기술	근피로도, 근회복도, 근육수축력 검사, 근육통증진단, 인식생리학연구
심자계(MCG)	심장의 생리학적 활동에서 발생한 미세전류가 만드는 미약한 자기장을 SQUID자기센서로 측정	- SQUID센서기술 - 신호처리, 기록, 해석 기술	관상동맥의 조기진단·치료, 심장돌연사 예측, 부정맥위치 추정, 태아의 심자도검사, 간의 철분량 조사평가
뇌자계(MEG)	뇌의 생리학적 활동에서 발생한 미약한 자기장을 SQUID자기센서로 측정	- SQUID센서기술 - 신호처리, 기록, 해석 기술	뇌기능연구, 뇌의 기능적 질환진단, 뇌혈관 진단
환자감시장치(PMS)	심전도, 혈압, 혈중산소포화농도, 혈당, 호흡, 체온측정	- 유선/무선네트워크 - 신호처리기능의 실시간 수행	태아감시, 분만감시, 모체감시

# Questions ?

