



전자기장과 뇌질환 치료

2023. 8. 23

한국항공대학교 항공전자정보공학부

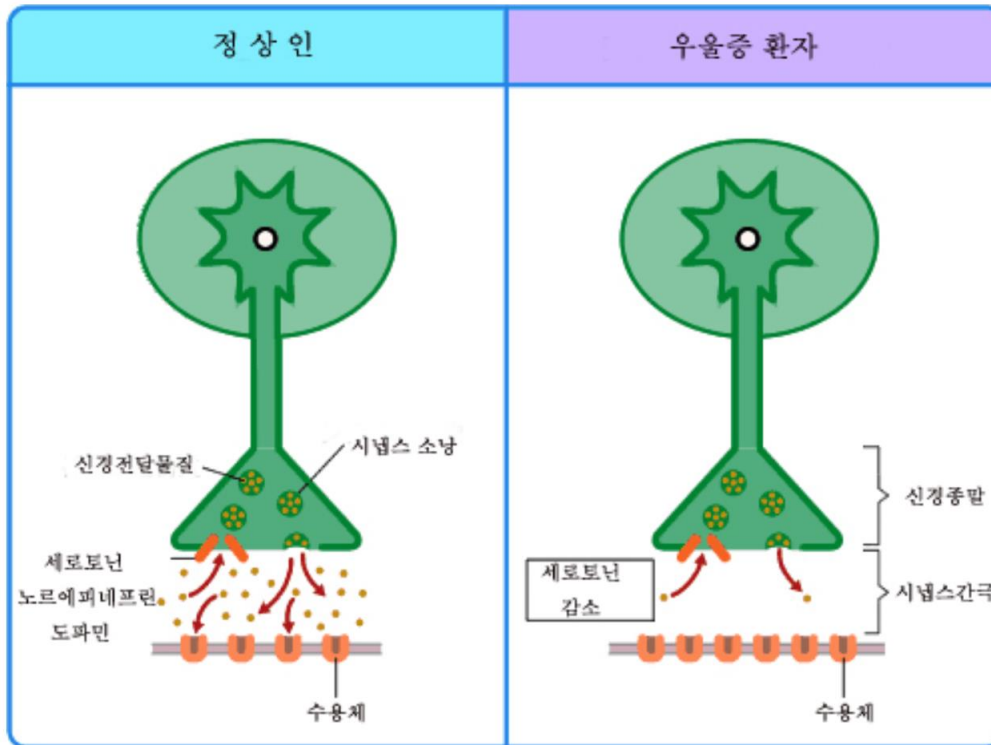
조춘식

1. 뇌 질환의 종류
2. 비침습적 치료
3. 전자기장과 뇌질환 치료
4. 전자기장과 치매 치료

뇌신경 장애로 인한 질환

- ❖ 우울증 (Depression)
- ❖ 불안 장애 (Anxiety Disorder)
- ❖ 자폐 스펙트럼 장애 (Autism Spectrum Disorder, ASD)
- ❖ 경도 인지 장애 (Mild Cognitive Impairment, MCI)
- ❖ 치매 (Dementia)
- ❖ 불면증 (Insomnia)
- ❖ 중독 (Control Addiction)

우울증



- 우울증 발생 기전을 완벽하게 설명하는 이론은 없음
- 중추신경계의 시냅스 내의 신경전달물질의 부족으로 발생한다는 것이 가장 유력한 가설

불안 장애

증상

비정상적 불안·공포
호흡곤란·가슴 답답함·발작

범불안장애

원인없는 불안

+

공황장애

숨 막힐 듯한 고통

+

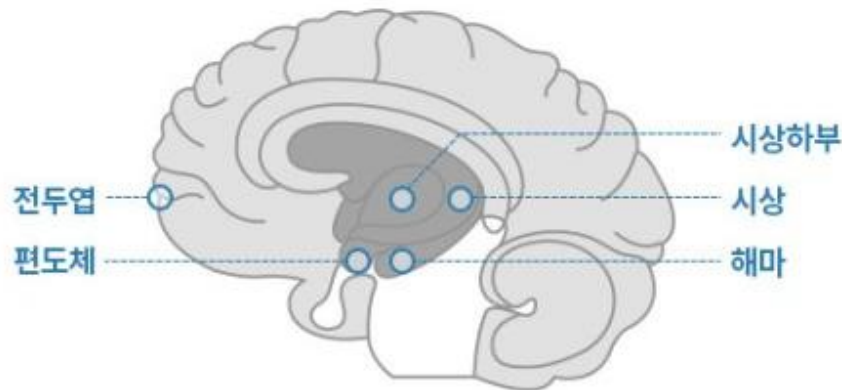
강박장애

반복적인 행위

+

외상 후
스트레스 장애

대형사고 후 공포감



1 편도체

불안과 공포 편도체를
흥분시켜 시상하부를
자극함

2 시상하부

스트레스 호르몬을
분비하고 교감신경계를
과흥분 시킴

3 해마

해마의 기능이 저하되면
불안과 공포의 감각기억
만해마와 대뇌피질에
장기기억으로 저장

4 뇌간

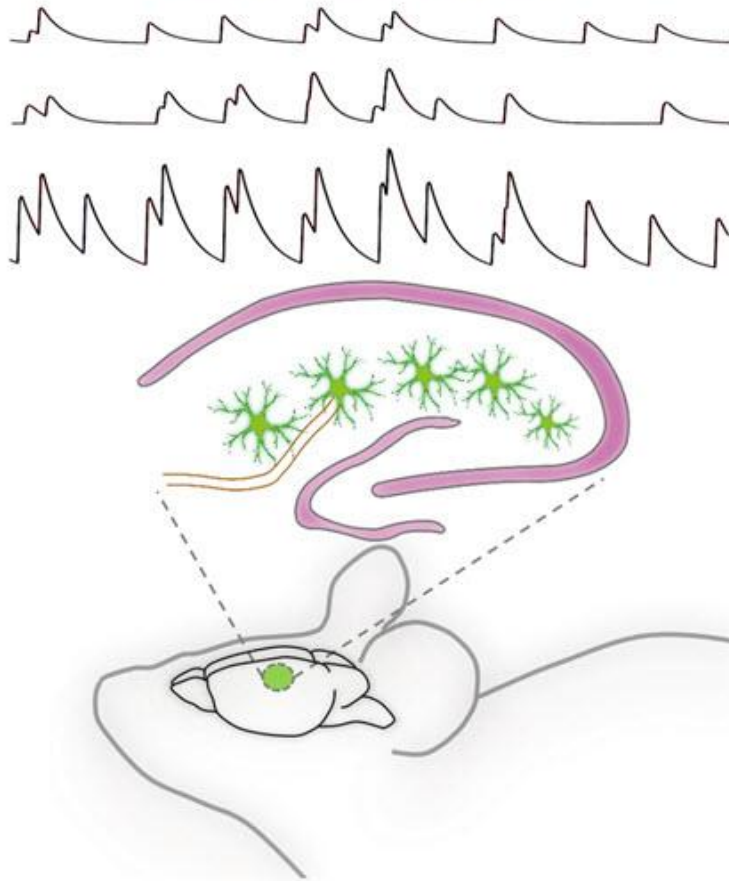
뇌간의 과흥분은
과잉 각성을 초래하여
과호흡과 과긴장이 발생

5 전두엽

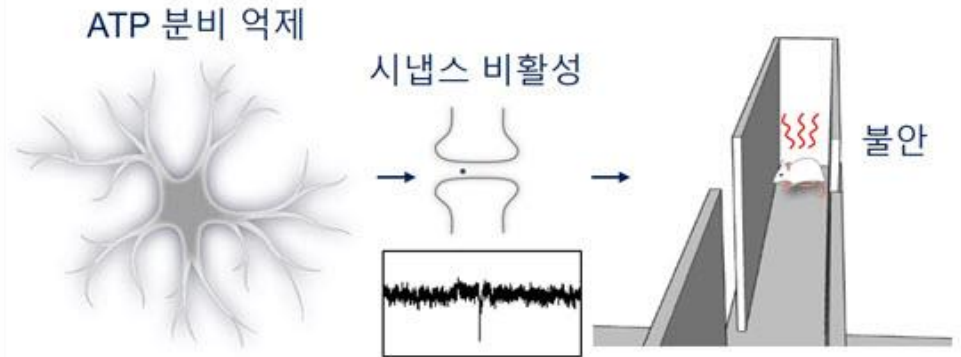
오른쪽 전두엽의
활성은 부정적인 정서를
이끌어냄. 또한 과잉활동
불안감을 초래함

불안 장애에 대한 최근 연구 결과

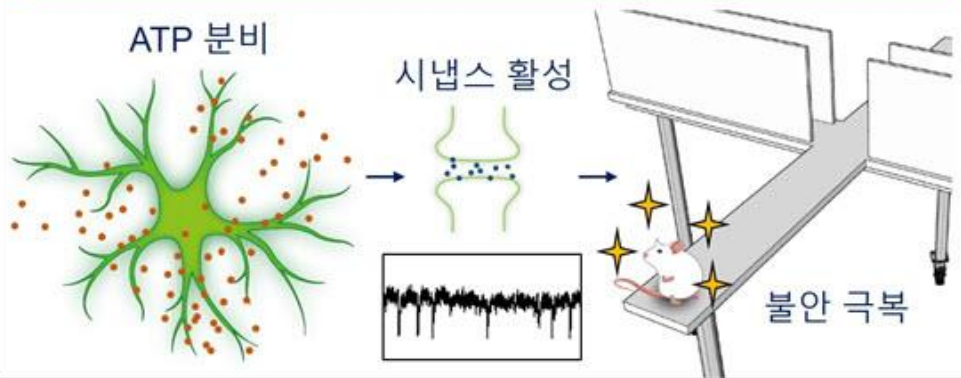
해마 성상교세포 칼슘 신호



성상교세포 비활성



성상교세포 활성화



❖ 자폐증 (Autism)

- ✓ 만 3세 이전부터 시작되는 전반적 발달장애(Pervasive developmental disorder, PDD)의 한 형태
- ✓ 뇌 질환
- ✓ 사회성(social interaction)의 결여, 언어적 의사소통(communication)의 장애, 타인의 감정적신호를 읽는 상상력(imagination)에 문제 발생

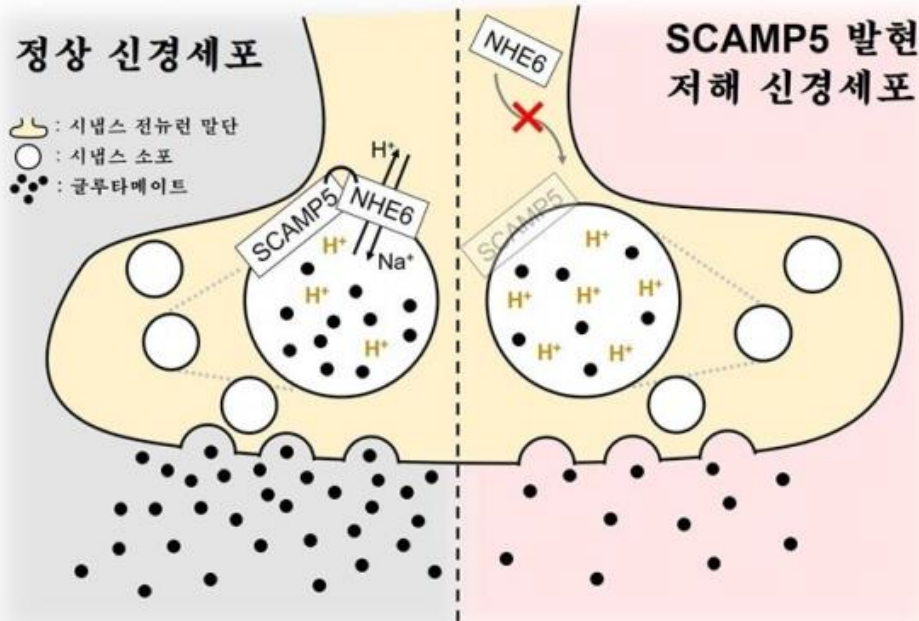
❖ 자폐 스펙트럼 장애 (ASD)

- ✓ 가벼운 증상의 아동들까지 포함하는 포괄적인 개념
- ✓ 자폐증을 포함하여 PDD, 레트 장애 (Rett's Disorder), 소아기 붕괴성 장애, 아스퍼거증후군 (Asperger Syndrome) 및 광범위성 발달장애-비지정 (PDD-NOS)도 포함
- ✓ 자폐증의 원인이 규명되지 않았고 확립된 치료법도 없어, 대부분의 경우 일생 동안 지속(life-long)되는 장애
- ✓ 남아의 경우 여아보다 3~4배 가량 발병 가능성이 높음

❖ 자폐증의 원인에 대한 이론

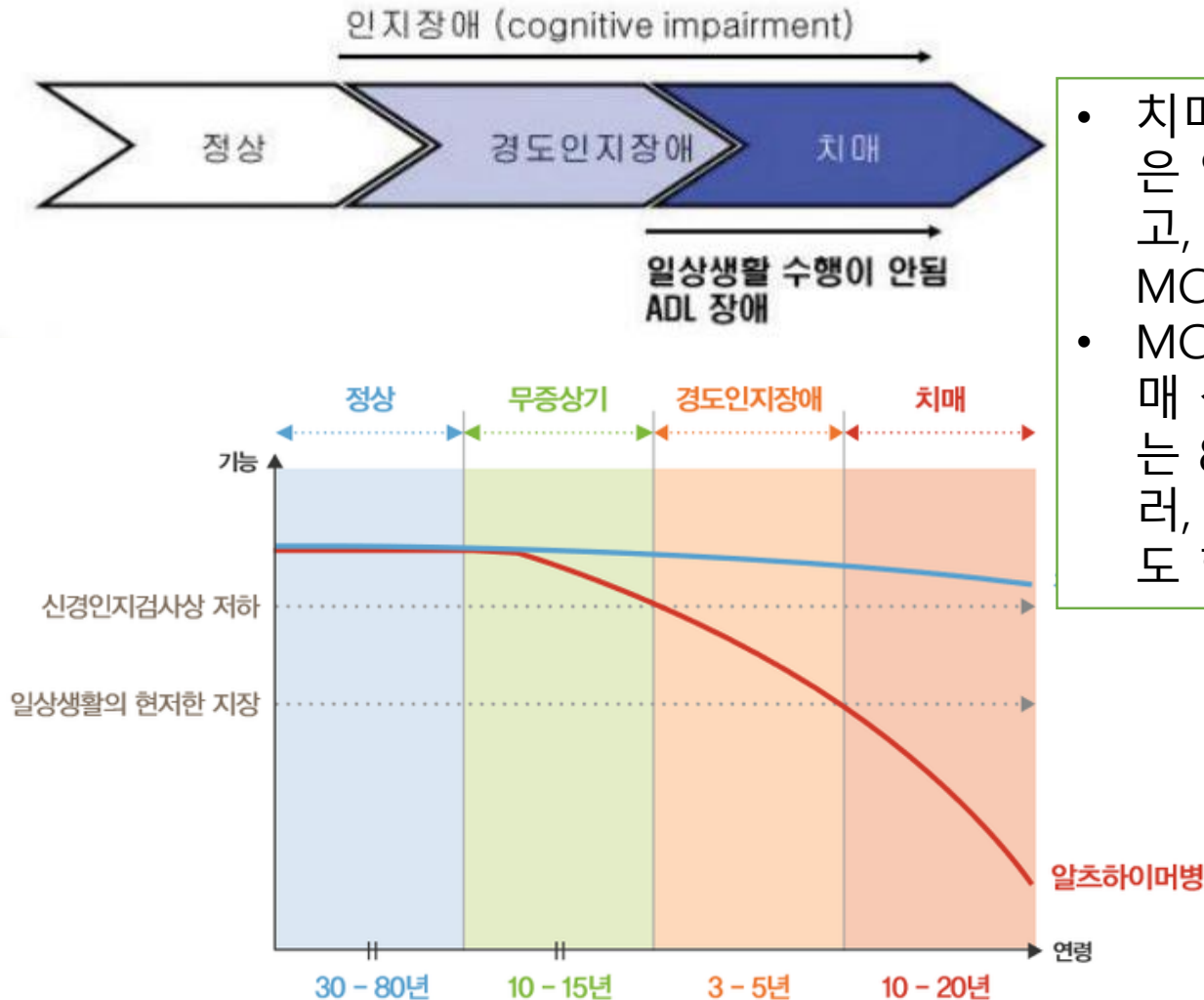
- ✓ 자폐증에 취약한 유전자보유(유전자변이)
- ✓ 염증 관련자(TNF)의 증가
- ✓ 소화기계통의 문제와 면역이상
- ✓ 자가면역반응, 환경독소로 인한 산화스트레스의 증가
- ✓ 해독능력저하
- ✓ 미토콘드리아기능 저하
- ✓ 임신중 바이러스감염
- ✓ 백신(vaccine) 첨가제의 독성과 면역반응
- ✓ 식품첨가물과 과다한 글루타메이트 (glutamate) 섭취
- ✓ 비타민 D의 결핍 등이 거론

자폐성 뇌발달장애 원인 유전자의 기능 규명에 대한 최근 연구 결과



- 자폐증 원인 단백질로 알려진 SCAMP5와 NHE6가 직접적 상호작용을 통해 뇌신경세포의 신경전달물질 분비를 조절한다는 기전을 규명
- 뇌신경세포에서 두 단백질 간 상호작용의 억제 시 흥분성 신경세포의 신경전달물질인 글루타메이트의 분비량이 현저히 감소해 시냅스의 신경신호 전달 및 생리학적 기능에 심각한 문제를 초래

경도 인지 장애 (MCI)



- 치매 원인인 퇴행성 뇌질환은 약 20년 전 부터 시작되고, 치매 발생 5년 전부터는 MCI 시작
- MCI의 약 10%는 1년 뒤 치매 상태에 이르고 6년 후에는 80%가 치매 상태에 이르러, MCI를 치매 전 단계라고도 함

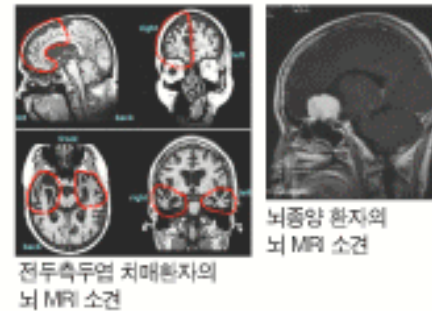
❖ 치매

퇴행성 뇌질환

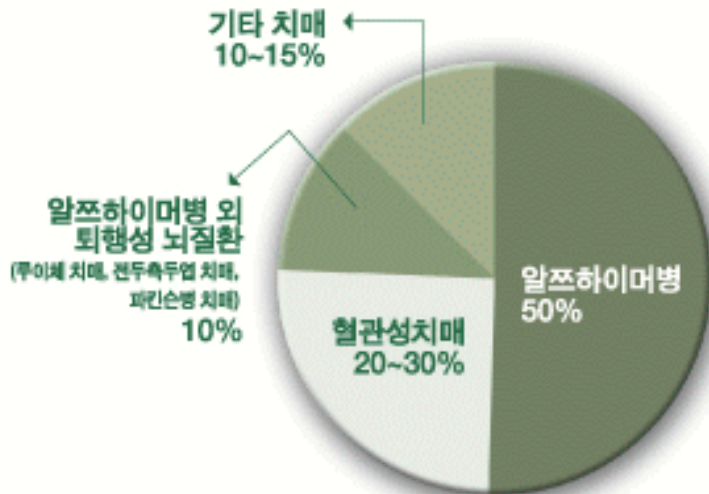
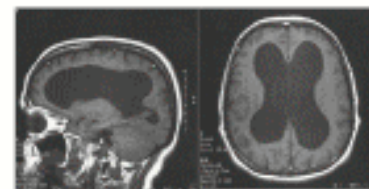
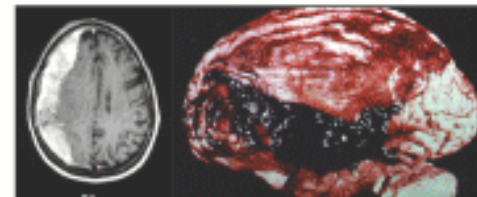
- 알츠하이머병
- 루이체 치매
- 전두측두엽 치매
- 파킨슨병 치매
- 기타 퇴행성 뇌질환

기타 원인 질환

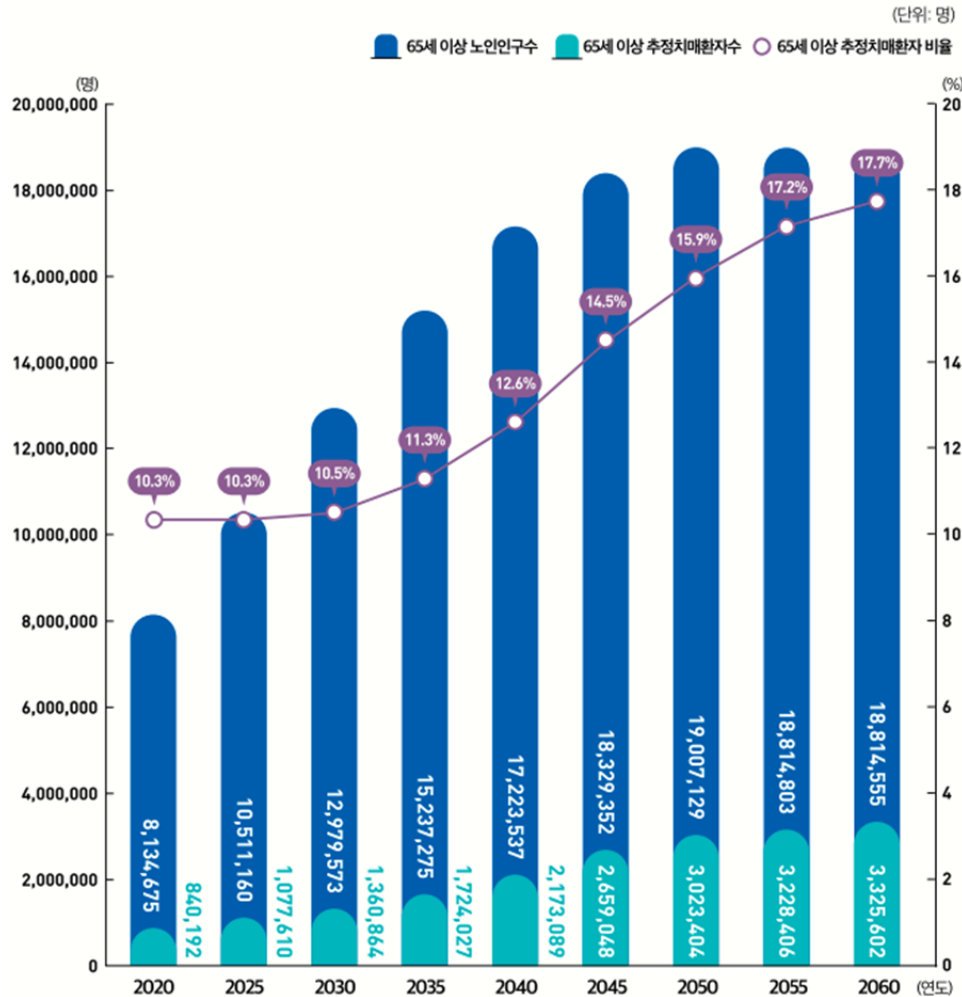
- 혈관성 치매(뇌혈관 질환)
- 대사성 질환(갑상선기능저하증)
- 결핍성 질환(비타민 B12 결핍증)
- 중독성 질환(알코올 중독)
- 감염성 질환(뇌염)
- 두부 외상(경막하혈종)
- 우울증, 뇌종양, 뇌수두증



뇌종양 환자의 뇌 MRI 소견



국내 치매 환자 수



➤ 전국 65세 이상 추정 환자 수는 2022년 92.5만명 (10.3%유병률)

2030년 136만명

2040년 217만명

2050년 > 300만명

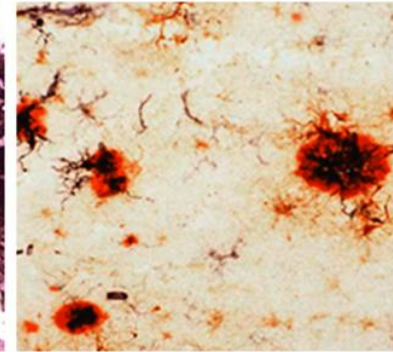
➤ 65세 이상 노인인구 대비 추정치매 환자 증가 추세(그림)

알츠하이머병의 병태 생리

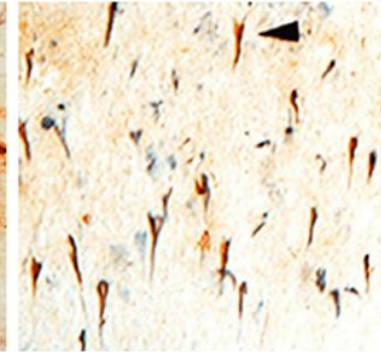
- 치매의 원인 질환 중 가장 흔한 퇴행성 질환으로 **매우 서서히 발병하여 점진적으로 악화**가 진행되는 경과가 특징임.
- 아직까지 알츠하이머 치매의 정확한 발병 기전과 원인에 대해서는 알려지지 않음.
- 뇌조직 검사에서 베타아밀로이드 단백질이 침착되며 생긴 **신경반(senile plaque)** 및 타우(tau) 단백질이 과인산화되면서 형성된 **신경섬유농축제(neurofibrillary tangle)**가 관찰됨
- 신경세포 소실로 인해 **뇌 위축 소견**을 보임



알로이스 알츠하이머
(Alois Alzheimer)
독일정신과 의사



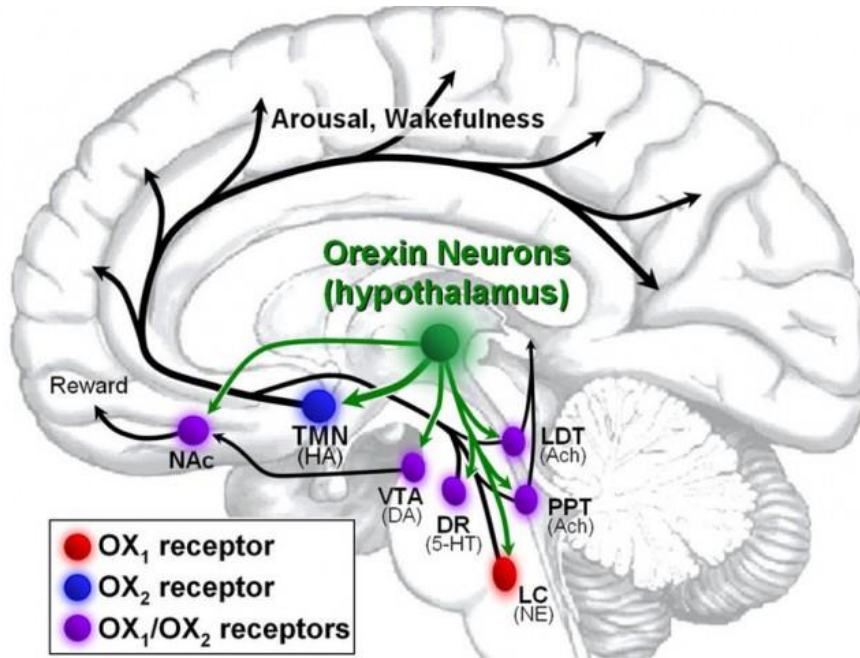
노인성 반점
(Senile plaque)



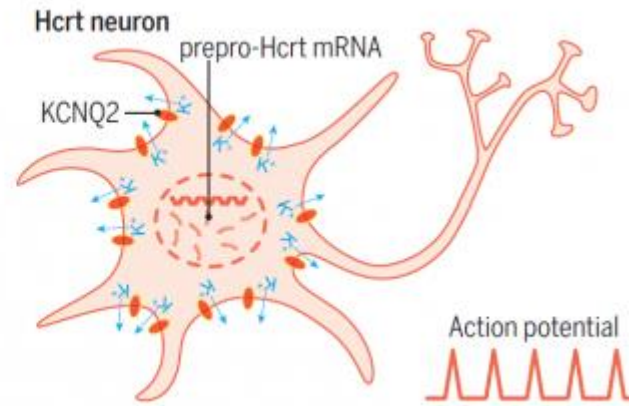
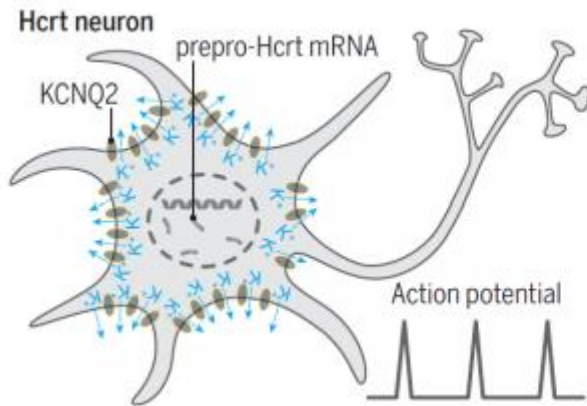
신경섬유다발
(Neurofibrillary tangle)

	뇌조직	자기공명영상(MRI)	FDG양전자 방출 단층 촬영(PET)	아밀로이드 양전자 방출 단층 촬영(PET)
알로이스 알츠하이머 치매				
정상				

불면증 발생 기전



- 실제 각성에 관여하는 신경전달물질인 오렉신 (=히포크레틴)의 수치는 하루 24시간 리듬을 보인다.
- 오렉신은 뇌의 시상하부에 존재하는 오렉신뉴런(=Hcrt뉴런)에서 만들고 분비
- Hcrt뉴런이 활성화되면 축삭돌기 말단의 시냅스에서 오렉신이 분비돼 각성 신호를 전달
- 나이가 들수록 Hcrt뉴런이 점점 더 민감해져 약간의 자극으로도 활성화돼 오렉신을 분비하고 그 결과 각성 네트워크가 수시로 작동해 잠드는 걸 방해하고 자다가 자주 깬다



- Hcrt뉴런 세포막에는 KCNQ2 칼륨 통로 단백질이 분포해 세포 내부의 칼륨 이온을 바깥으로 내보내 충분한 자극이 있을 때만 활성화될 수 있게 한다(왼쪽).
- 나이가 들수록 KCNQ2 밀도가 떨어지며 칼륨 이온을 제대로 내보내지 못해 작은 자극에도 활성화되며 시도 때도 없이 오렉신을 분비하고 그 결과 수면의 질이 떨어진다고(오른쪽).

중독 (Addiction) 발생 기전

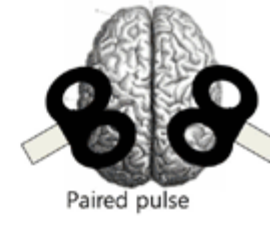
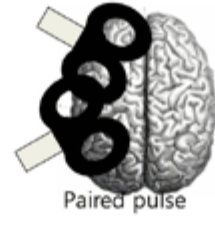
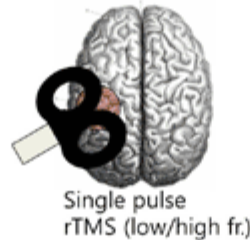
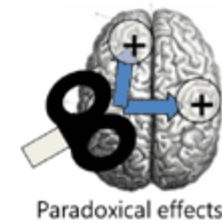
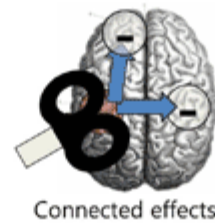


- 중독은 도파민 회로가 차단되는 생리적 질병
- 중독은 두뇌에 도파민 보상회로라는 내적 동기부여 시스템이 약해지면서 나타남
- 이는 단독으로 작동하기 보다는 해부학적으로 뇌에서 가장 상위 기관인 전두엽, 운동 기능을 담당하는 기저핵과 연결되는 '통로'를 형성



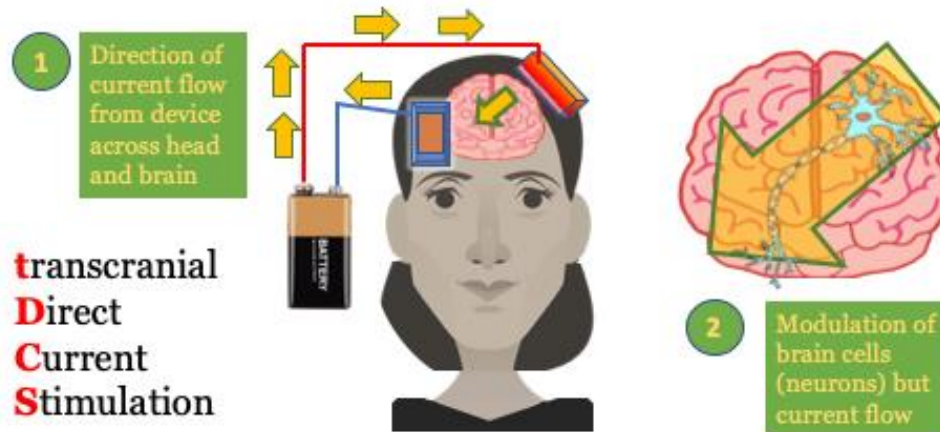
❖ TMS (Transcranial Magnetic Stimulation)

✓ 경두개 자기 자극

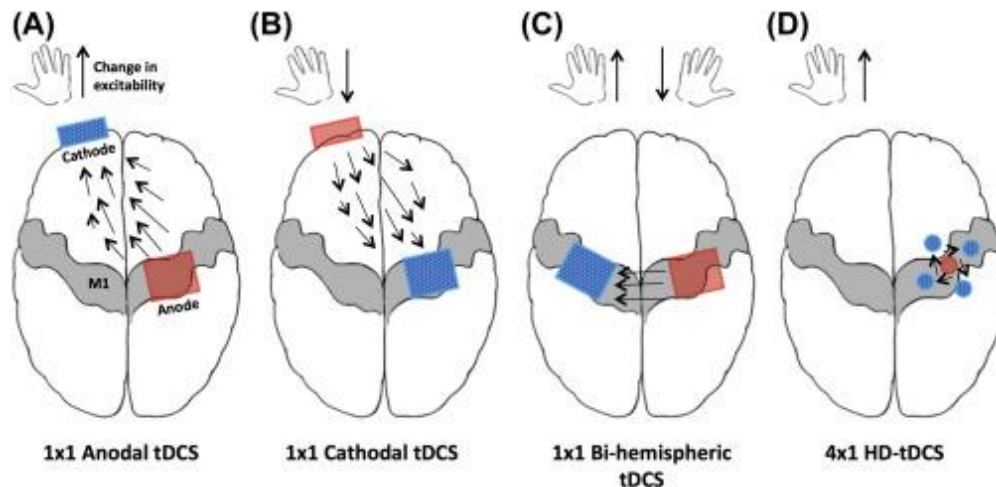


❖ tDCS (Transcranial Direct Current Stimulation)

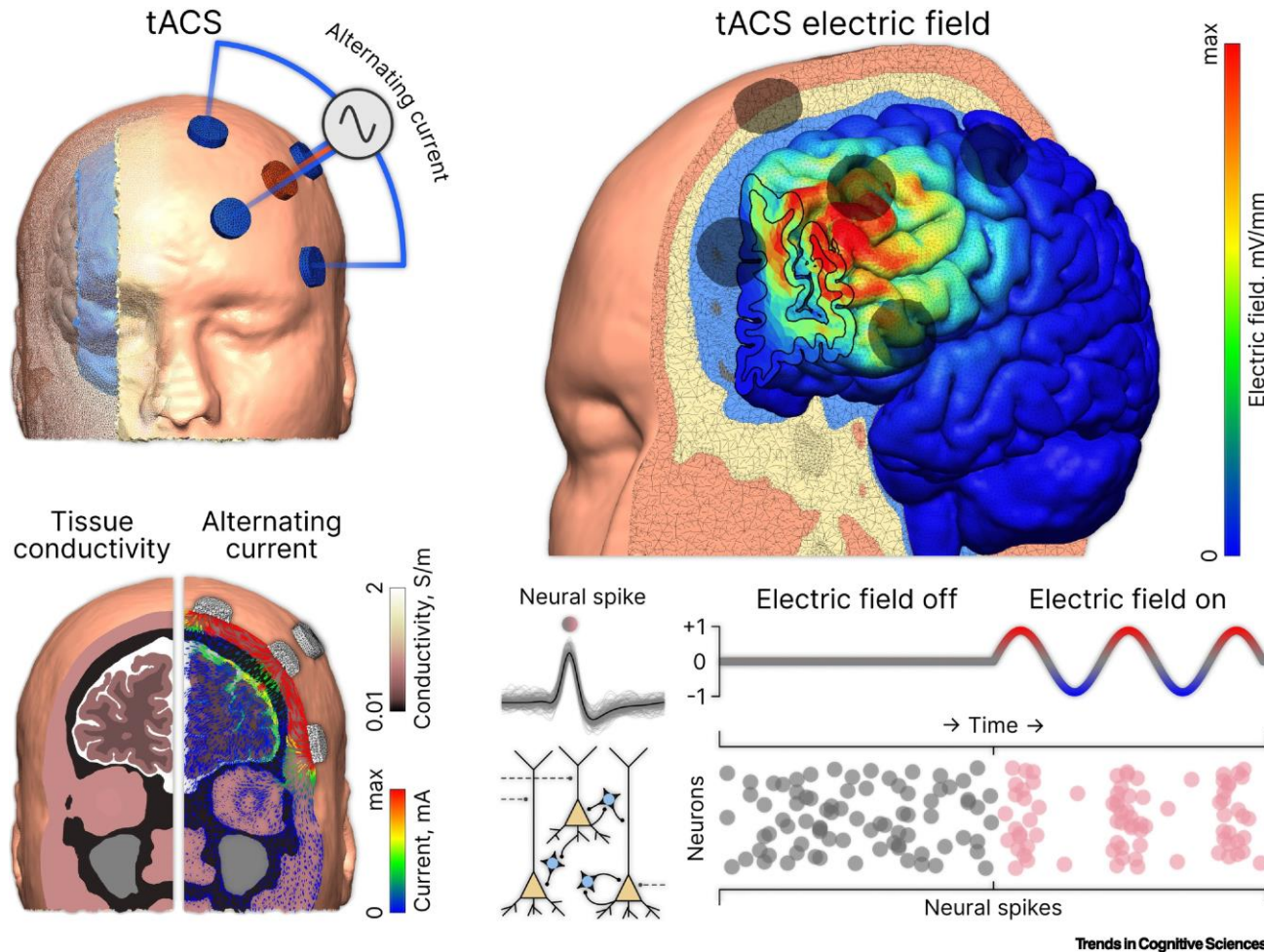
✓ 경두개 직류전기 자극



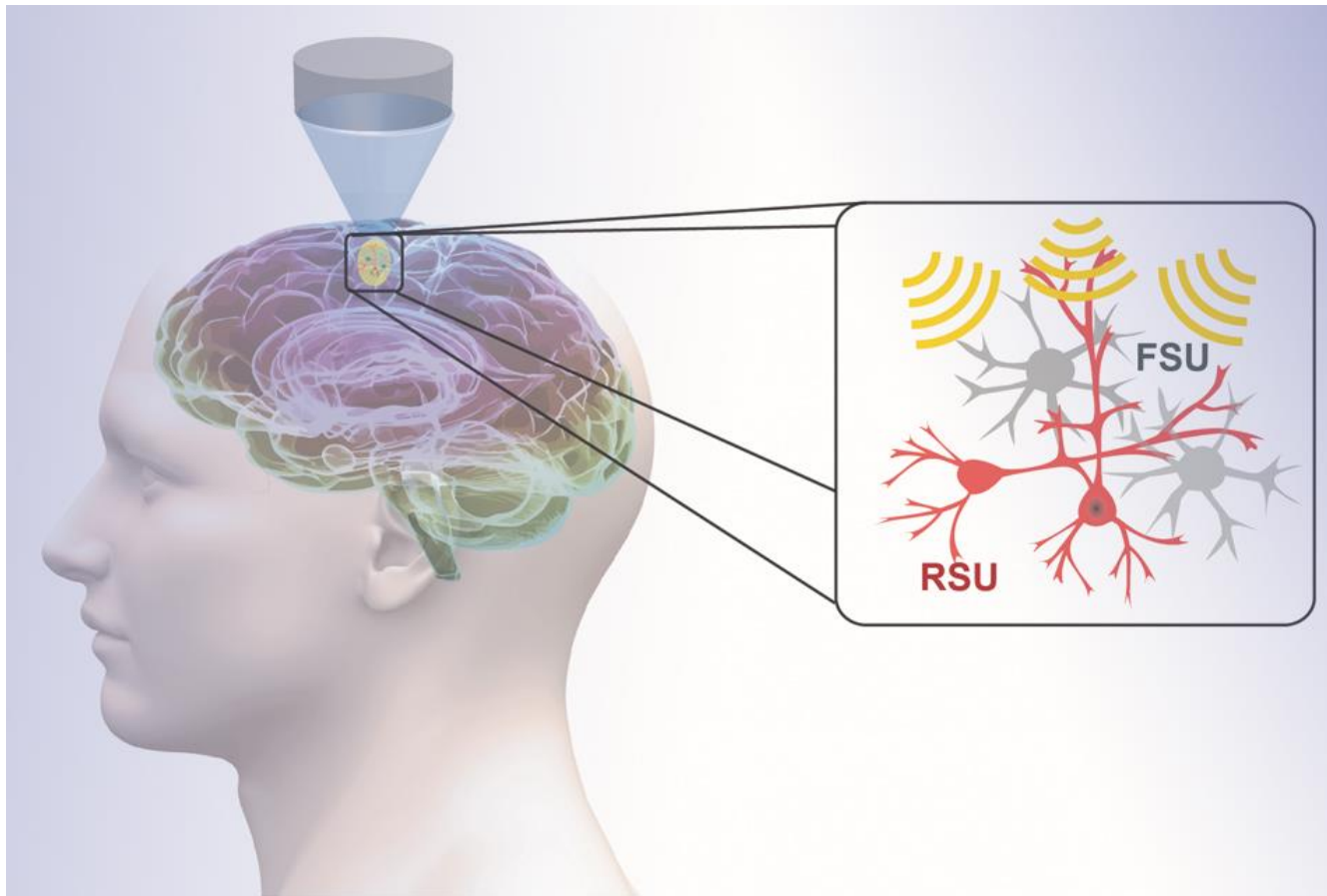
- 0.5 – 2 mA 를 전극에 공급
- 2020년에 미국 FDA 에서 우울증 치료에 인가



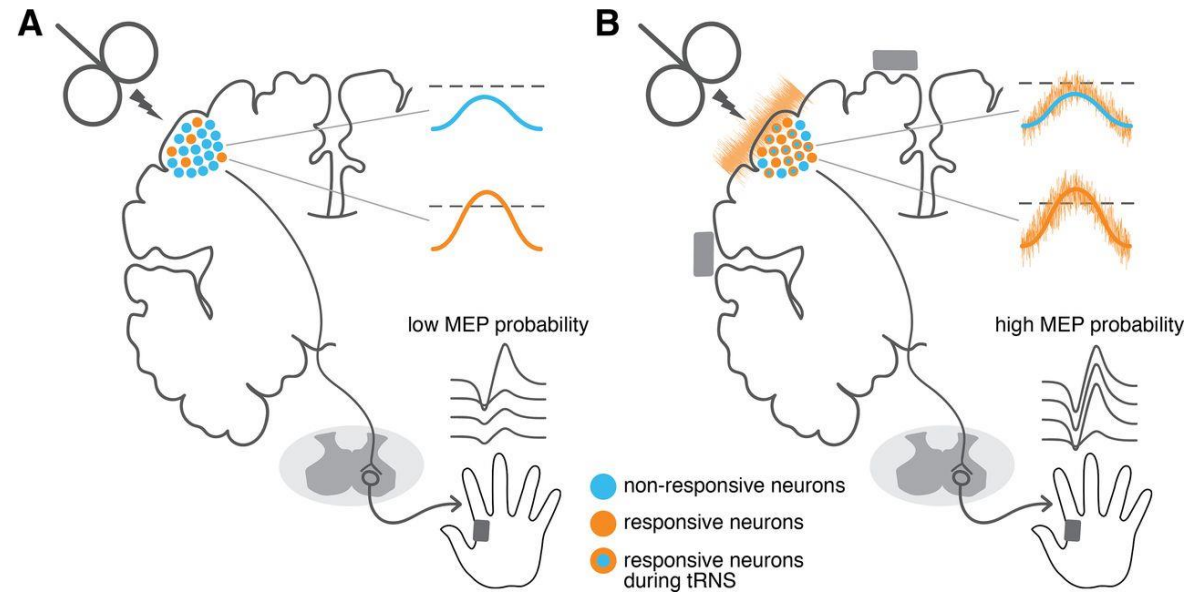
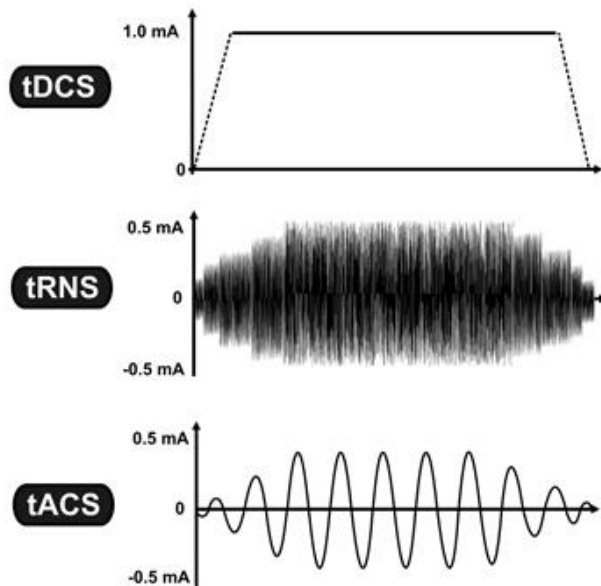
❖ tACS (Transcranial Direct Current Stimulation)



❖ tFUS (Transcranial Focused Ultrasound Stimulation)



❖ tRNS (Transcranial Random Noise Stimulation)



✓ **MEP: 운동 유발 전위 (Motor Evoked Potential)**

3. 전자기장과 뇌 질환 치료

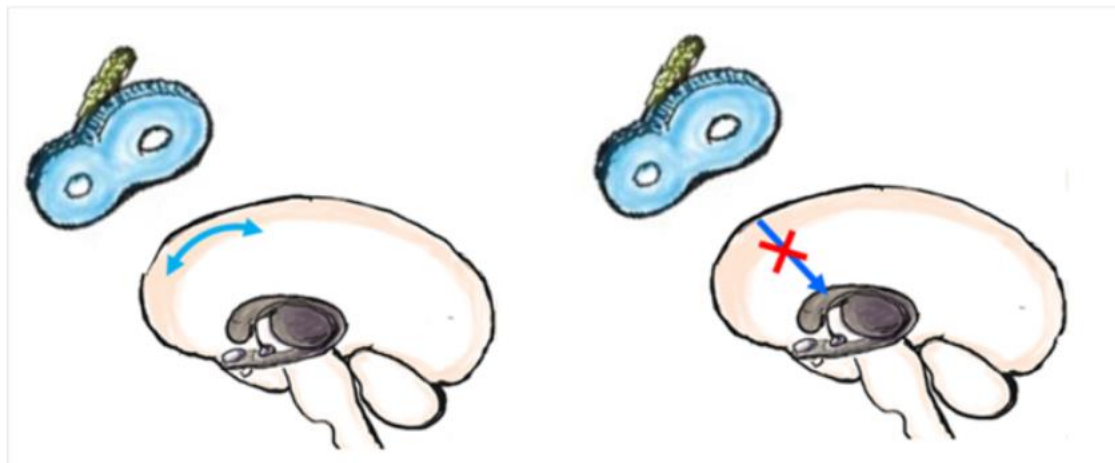
2023년 한국전자파학회 하계종합학술대회

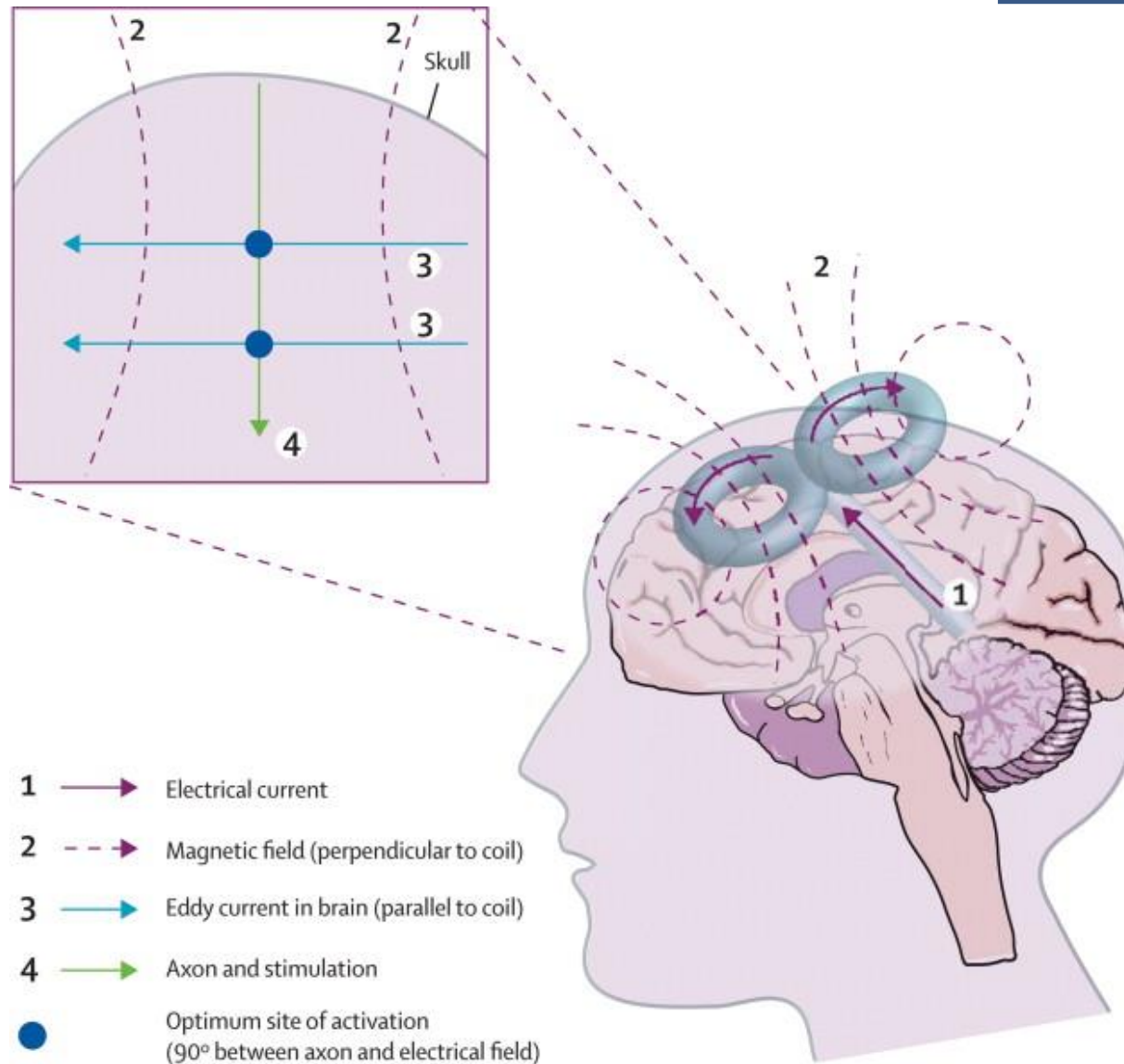
Workshop #6 전파 바이오메디컬

일자 2023년 8월 23일(수) 장소 델피노리조트, 사파이어2 (소노캄 B1F)

TMS 기반 뇌 질환 치료를 중심으로

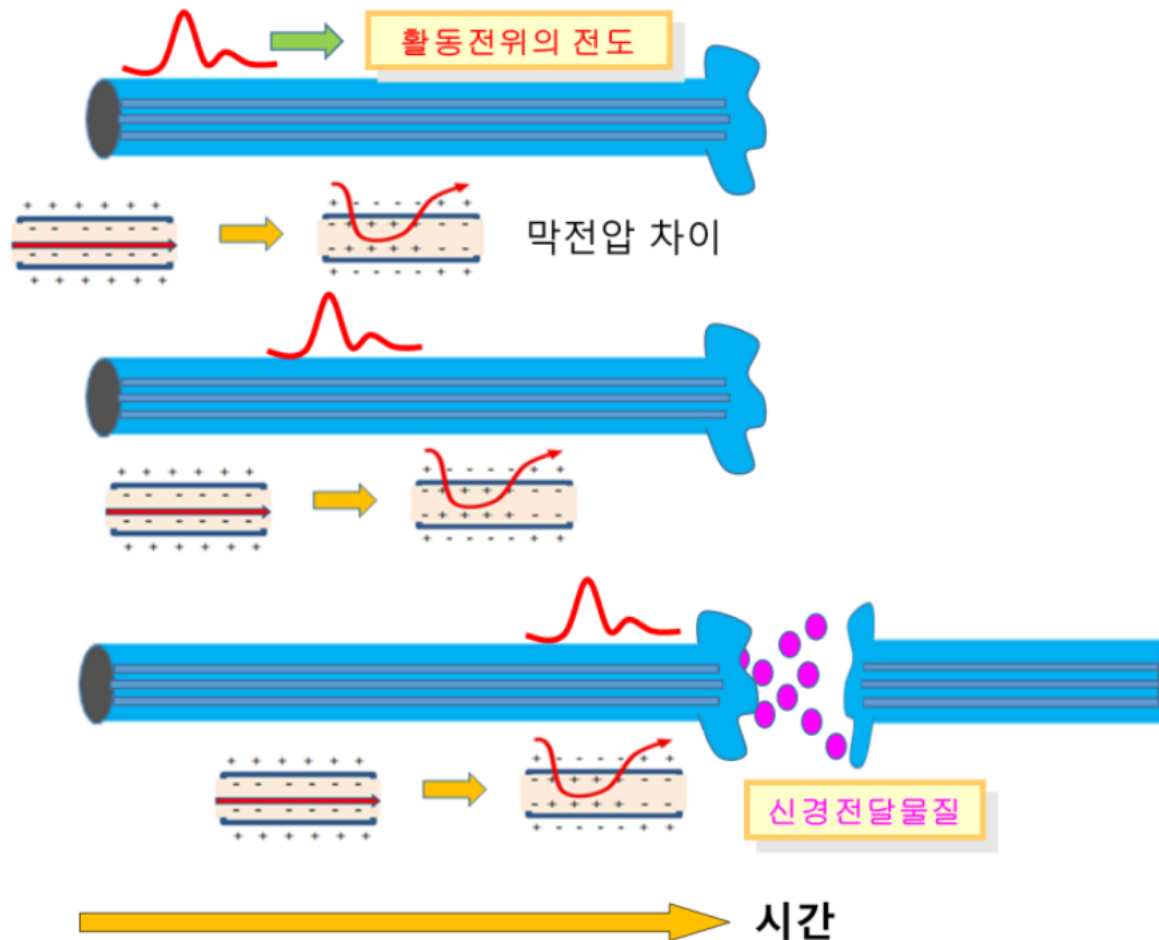
- ❖ 비침습 뇌 자극 장치에 의한 질환 치료의 미국 FDA 인가는 TMS를 이용한 우울증 치료가 유일함
 - ✓ 2008년에 인가
- ❖ 대뇌 피질 (Cerebral cortex)에만 작용

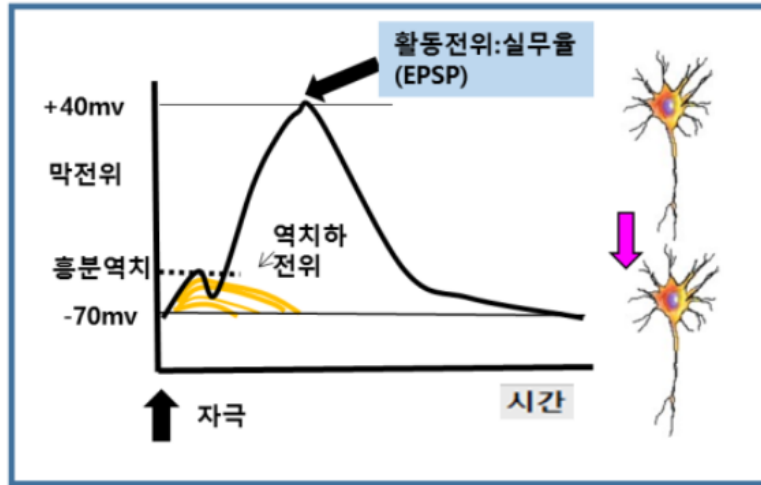




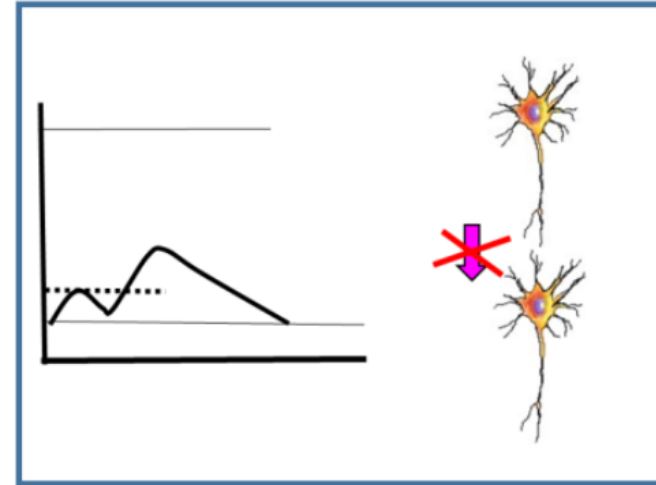
- ❖ 우울증에서는 뇌가 전반적으로 활성화가 떨어져 있고, 왼쪽 전전두엽과 변연계 부분의 활성화가 낮은 반면 오른쪽 전전두엽은 과활성화
- ❖ 왼쪽 전전두엽을 자극하거나 오른쪽 전전두엽을 방해하는 것이 TMS를 활용한 우울증 치료의 기전
- ❖ 우울증 이외에도 불면증, 공황장애, ADHD, 공황장애, 강박증, 섬유 근육통 등 원인불명의 통증 등에서도 연구가 많이 되어 있고, 통증이나 재활의학쪽에서도 많이 사용 중

뇌 속에 문제가 생겨 전기가 흐르지 않으면 필요한 신경물질이 흐르지 않게 되고 우울증, 불안증 등 발생

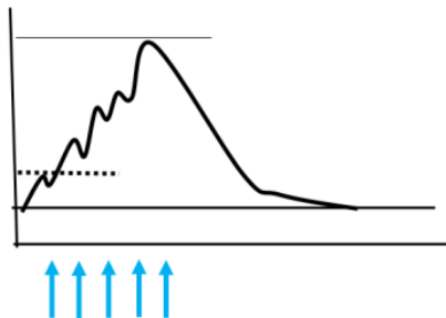




전위의 강도가 정상수준이면
신경전달물질 이동한다.

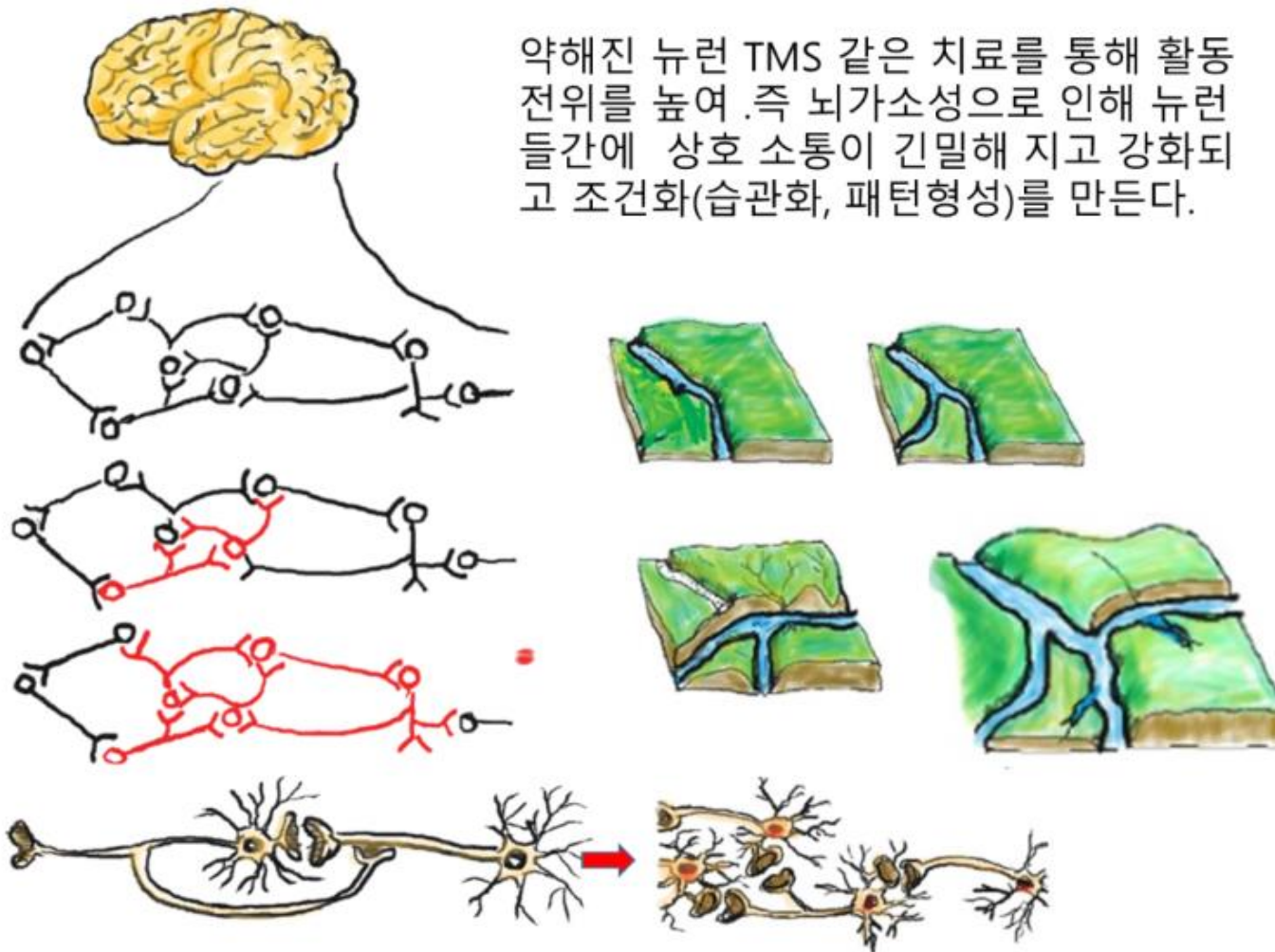


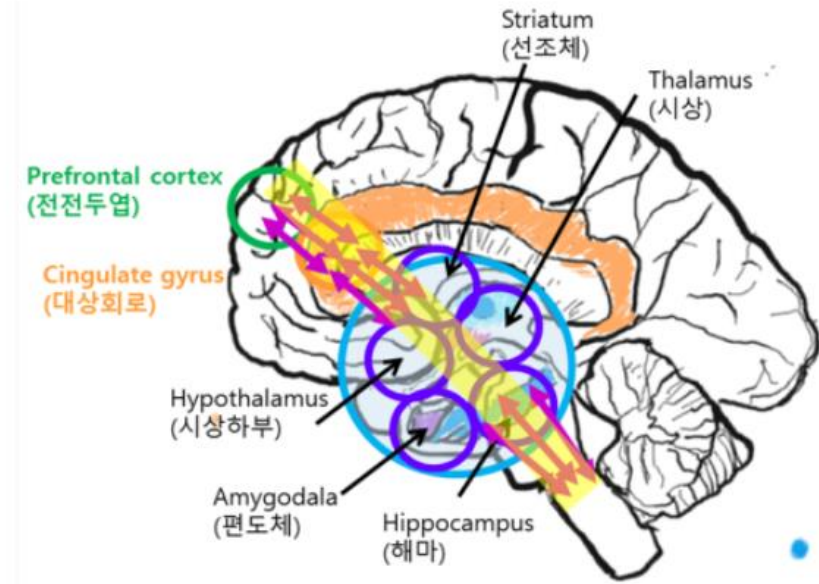
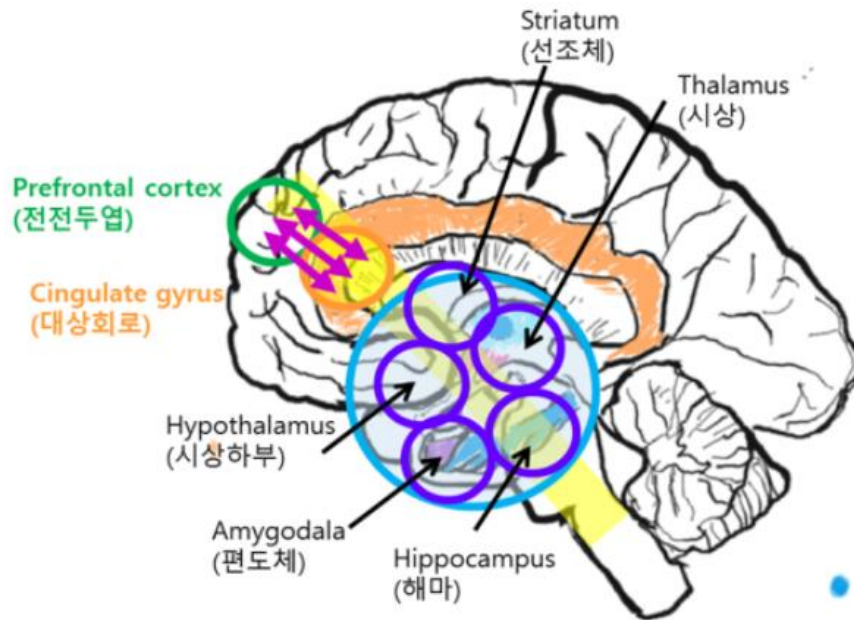
전위의 강도가 낮아 신경전달
물질이 이동하지 못한다.

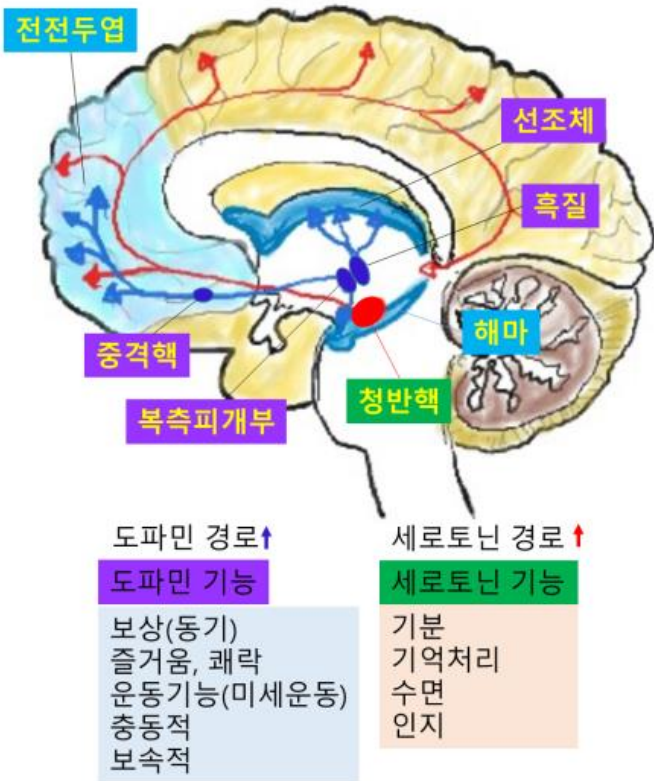


지속적인 TMS 치료를 통해
전위의 강도를 높여 다른 뉴
런으로 신경물질이 전달하게
한다.

- 외부 방해가 없을 때, 막 (Membrane)은 전기적 분극화를 유지하는데 세포막 안쪽은 음전위이며 (안정전위) -70mV 정도
- 뉴런이 자극을 받으면 전위차에 의해 신경물질 전달되며 일정한 전위 필요

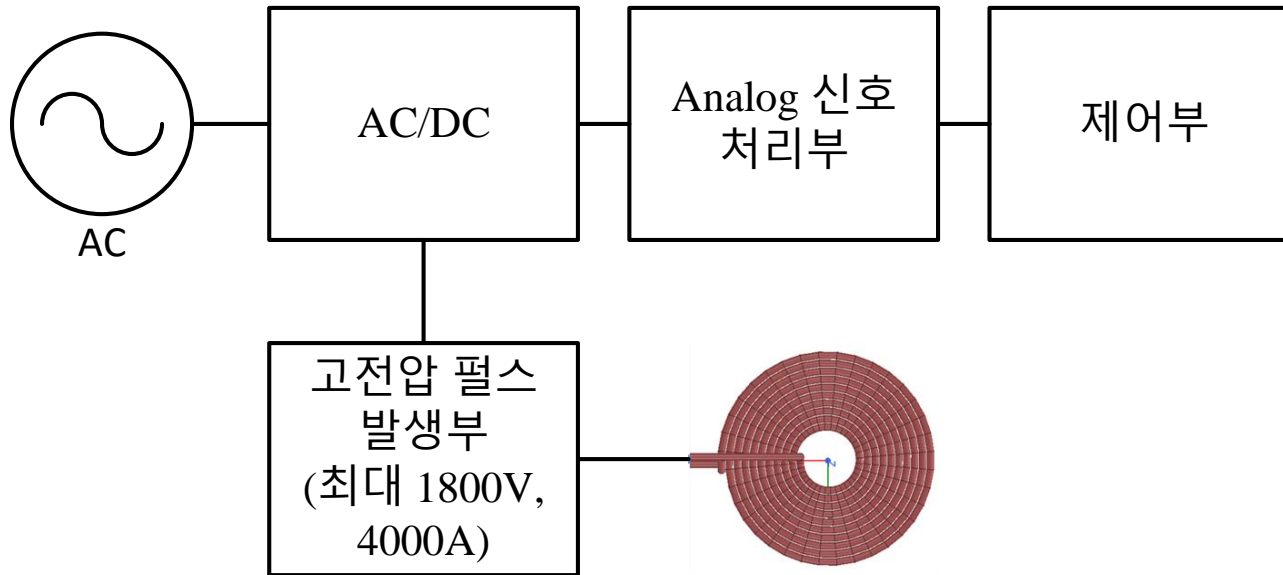






- 피부, 뼈를 통과한 자기장이 국소적 대뇌 피질에 있는 뉴런을 자극,
- 뇌 안의 모든 신경은 거의 모두 연결되어 있음
- 특히 배외측 전전두엽은 모든 기능을 최종적으로 집행하는 영역이며 모든 뇌 안의 뉴런들은 직, 간접적으로 이곳을 통과함.
- 즉, 이곳만 정확하게 활성화시켜도 다른 영역에도 궁극적으로 영향을 미쳐 뇌를 균형있게 안정화 시킬 수 있다.

❖ 블록도



- ✓ Stimulator와 Transducer (코일)로 구성
- ✓ Stimulator 내부의 커패시터와 코일의 인덕턴스로 고전압 펄스의 주파수 조절
- ✓ 고전압 펄스를 생성하는 전력 반도체인 Thyristor의 공급자 우위 시장
- ✓ 코일이 TMS의 성능을 좌우



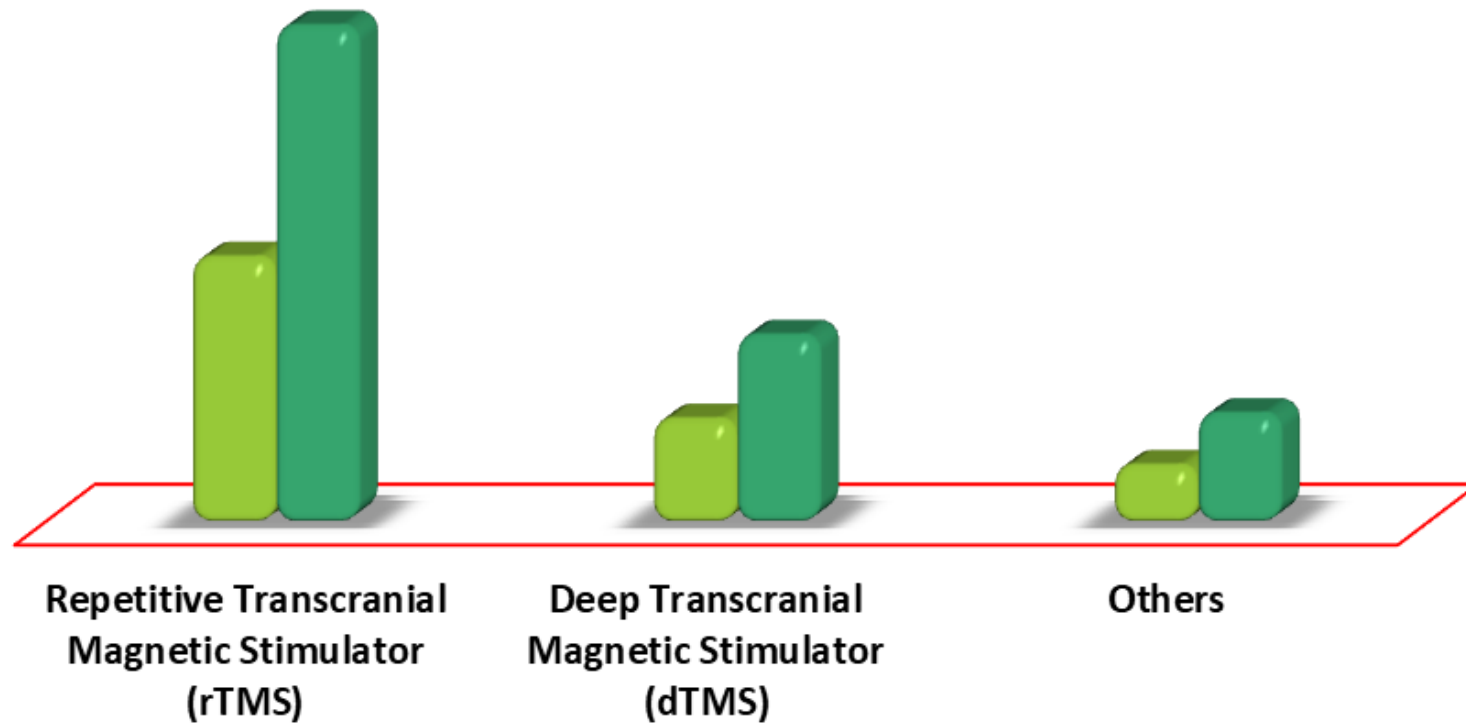
Global Transcranial Magnetic Stimulators Market

2021-2028

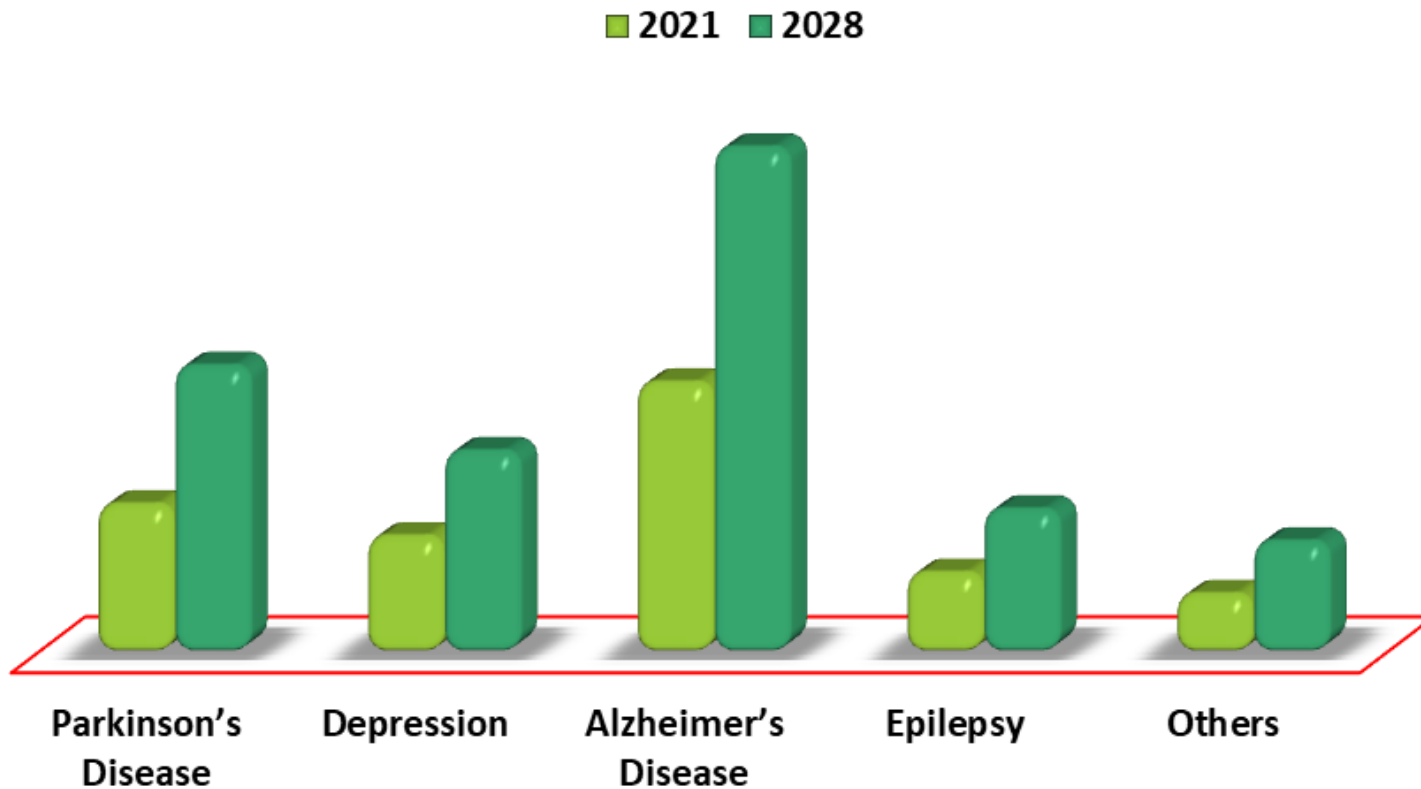


GLOBAL TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATORS MARKET, BY TYPE (USD MILLION)

■ 2021 ■ 2028

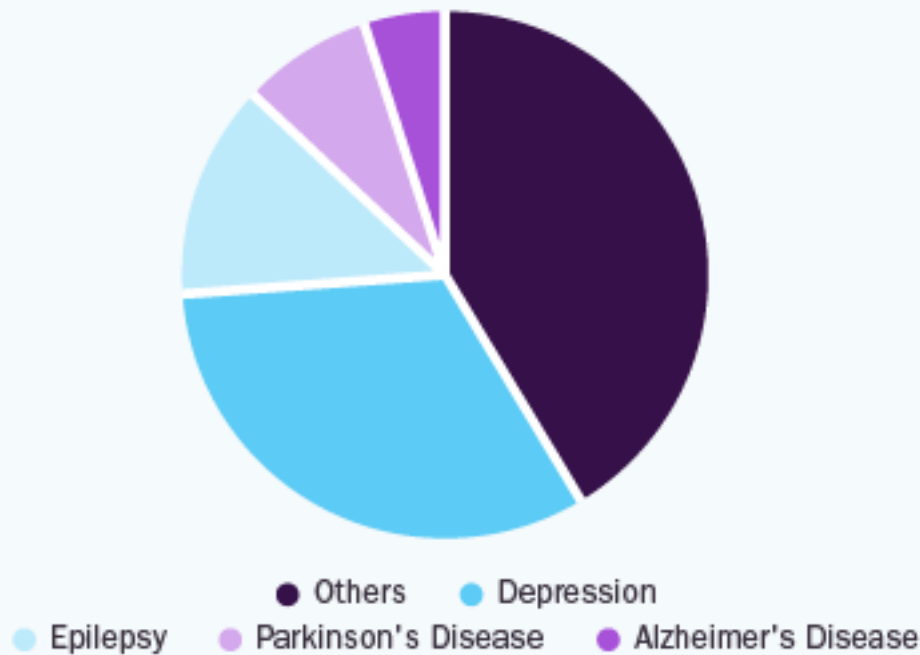


GLOBAL TRANSCRANIAL MAGNETIC STIMULATORS MARKET, BY APPLICATION (USD MILLION)



Global Transcranial Magnetic Stimulation System Market

share, by application, 2021 (%)



GRAND VIEW RESEARCH

\$1.0B

Global Market Size,
2021

Source:

www.grandviewresearch.com

Transcranial Magnetic Stimulation System Market

trends by region



GRAND VIEW RESEARCH



● Largest Market

● Fastest Growing Market

Source:

www.grandviewresearch.com

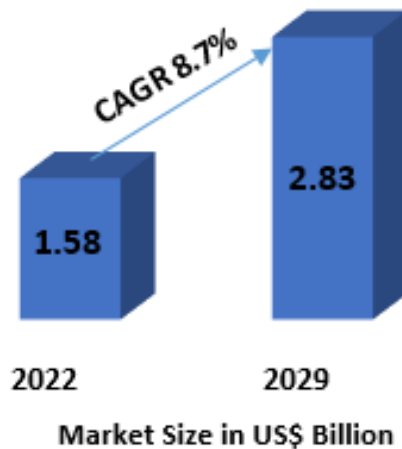
Transcranial Magnetic Stimulators Market



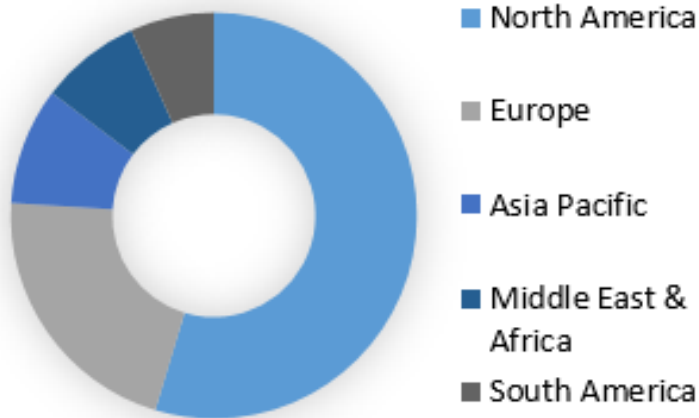
Key Players

Axilum Robotics
Mastigm
Nexstim plc
Neuronetics, Inc.
Brainsway Ltd.
TMS Neuro Solutions

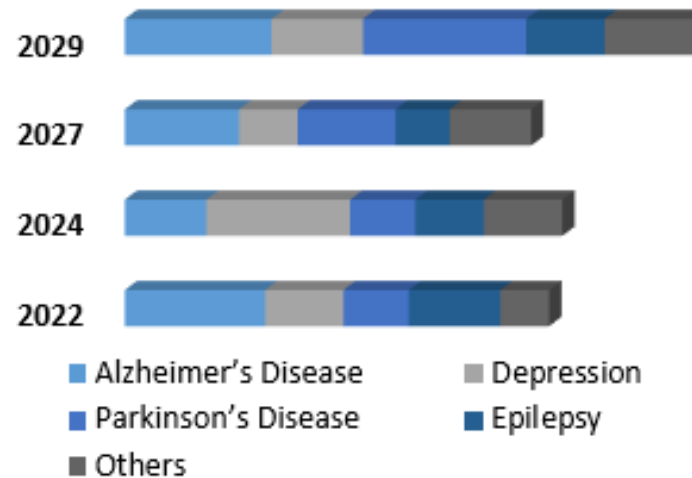
Neurosoft
eNeura
MagVenture
Remed
Dr. Langer Medical



Regional Analysis in 2022 (%)



Application Segment Overview

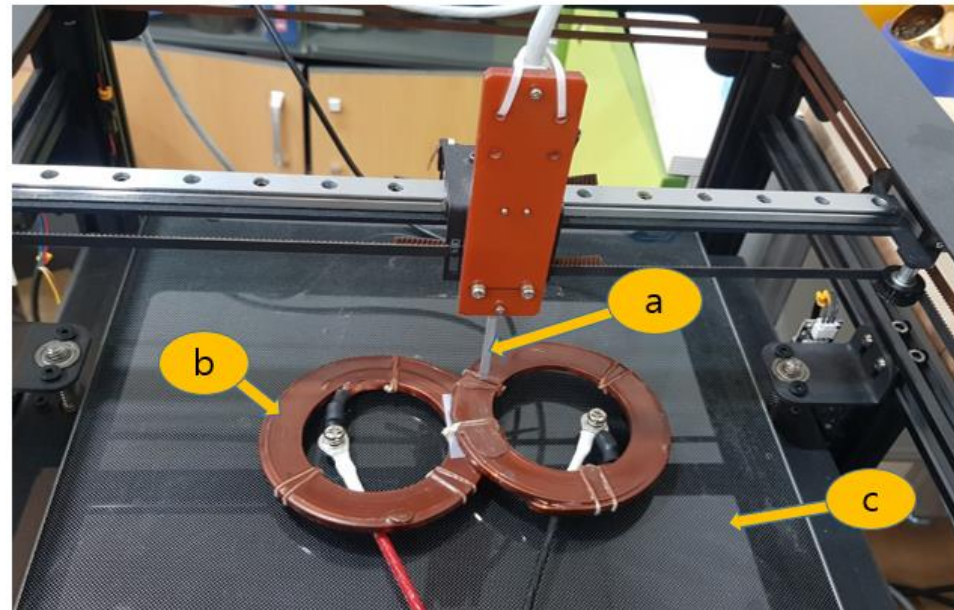
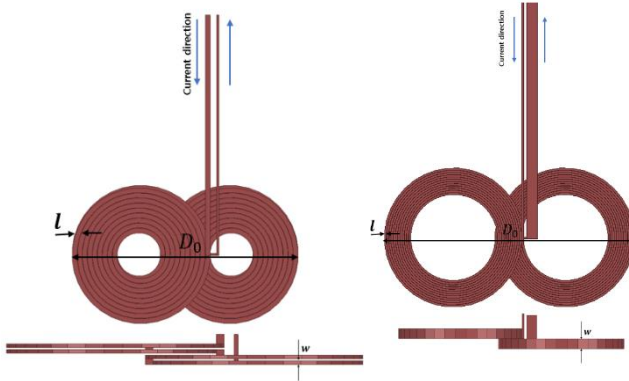


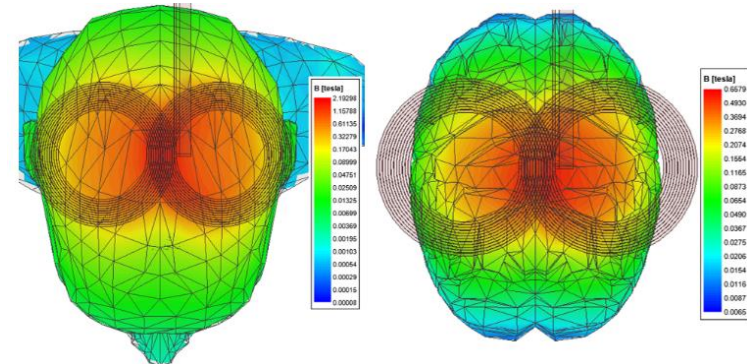
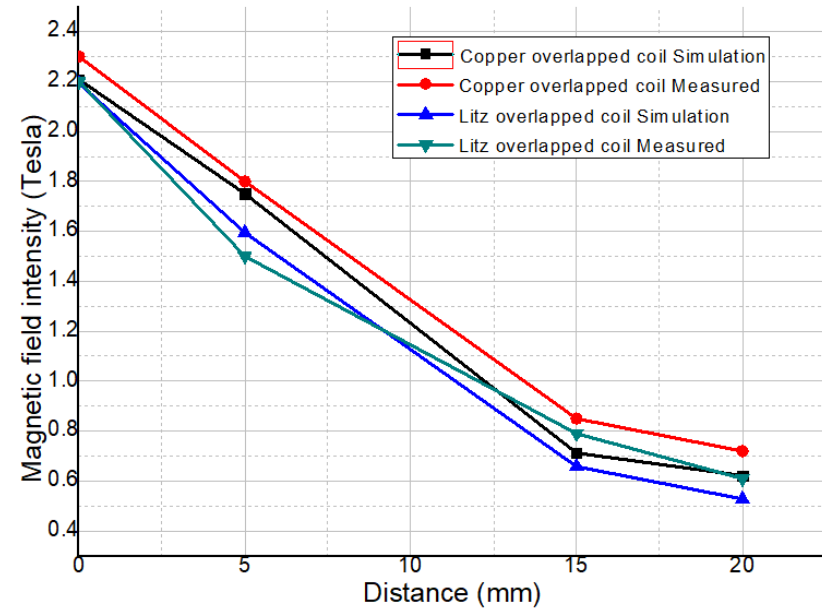
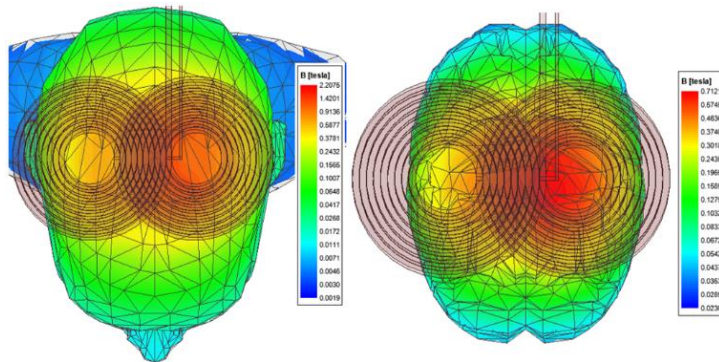
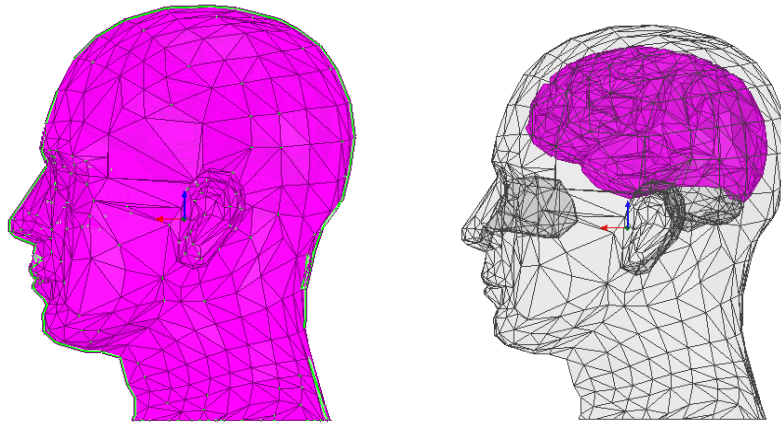
• 전세계 TMS 제조 및 판매 기업들이 시판중인 코일 종류

회사	코일	성능
Deymed		Round coil 125 mm - spinal stimulation Butterfly coil 120 mm - deep cortical simulation
Magstim		19 μ H 인덕턴스 최대 자기장 1.44 T 외경 80 mm Cable 길이 2 m
Mag&More		170 μ s pulse length 최대 자기장 2.2 T 13 windings 110 mm 지름 1800 펄스

회사	코일	성능
Shenzhen Yingchi		Connector : LEMO 6 pins Cable length : 1.5m Inner diameter: 30mm Outer diameter: 80mm
Jali Medical		Air cooled coil 지름 40 mm 8자형
MagVenture		No cooling 8 자형 2 x 10 windings 2 m cable length Max initial dB/dt 31 kT/s near the coil surface Active pulse width 280 μ s (Biphasic)
Brainsway		최대 3.5 cm 깊이 침투

❖ TMS용 코일 설계 ((주)리메드와 한국항공대)



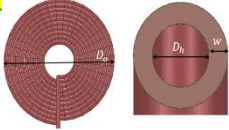
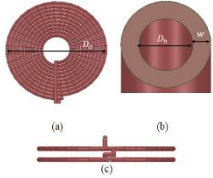
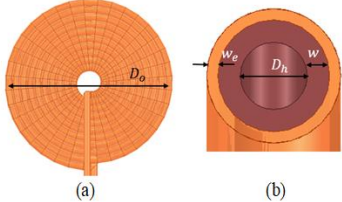
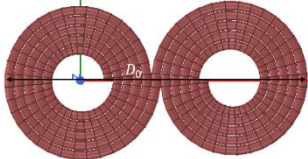


다양한 코일 설계 예

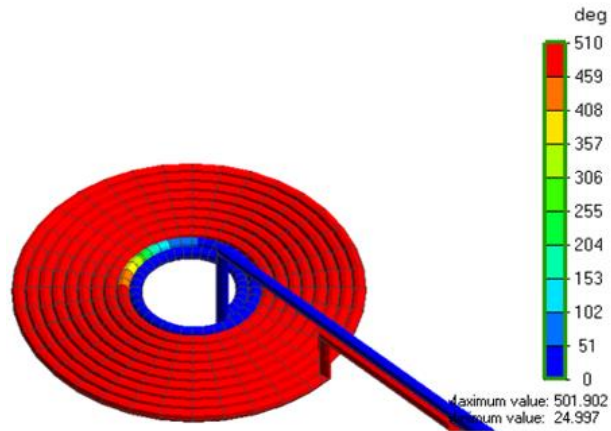
2023년 한국전자파학회 하계종합학술대회

Workshop #6 전파 바이오메디컬

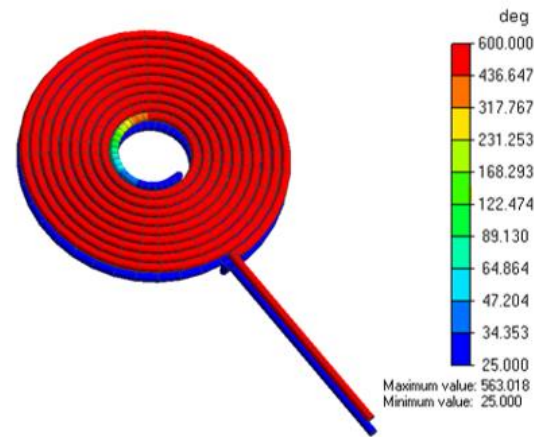
일자 2023년 09월 22일(수) 장소 뎀파리조트 사파리야드 (스노카미드)

코일 종류	설계 형태	층수	권선수	지름 (D_o)	높이
중공 코일		1	10	120 mm	5 mm
이중 층 중공 코일		2	20	120 mm	15 mm
단층 에나멜 적층 중공 코일		1	10	140 mm	6 mm
이중층 에나멜 적층 중공 코일		2	20	140 mm	17 mm
8자형 코일		1	10	160 mm	5 mm

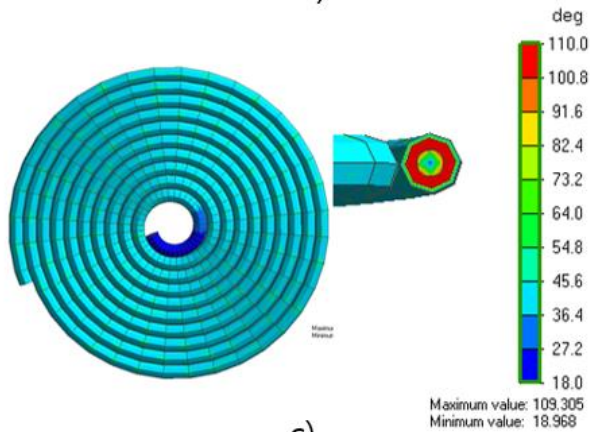
❖ 코일의 온도 분포



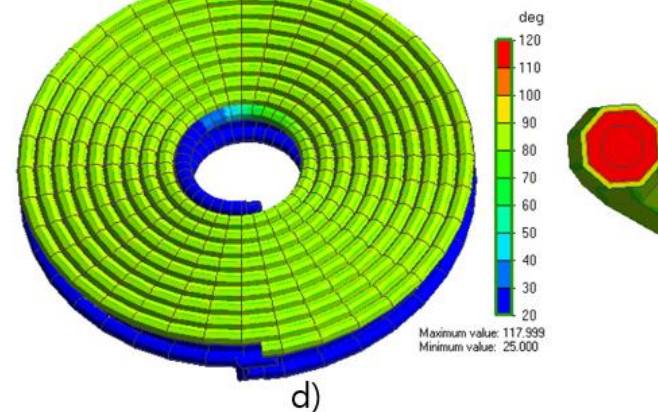
a)



b)



c)



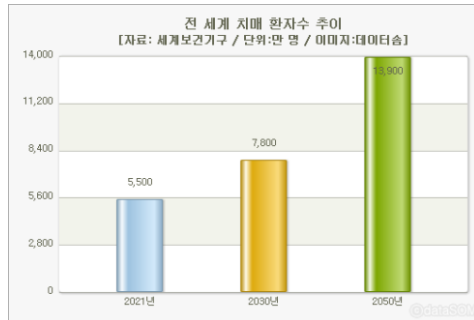
d)

4. 전자기장과 치매 치료

알츠하이머를 중심으로

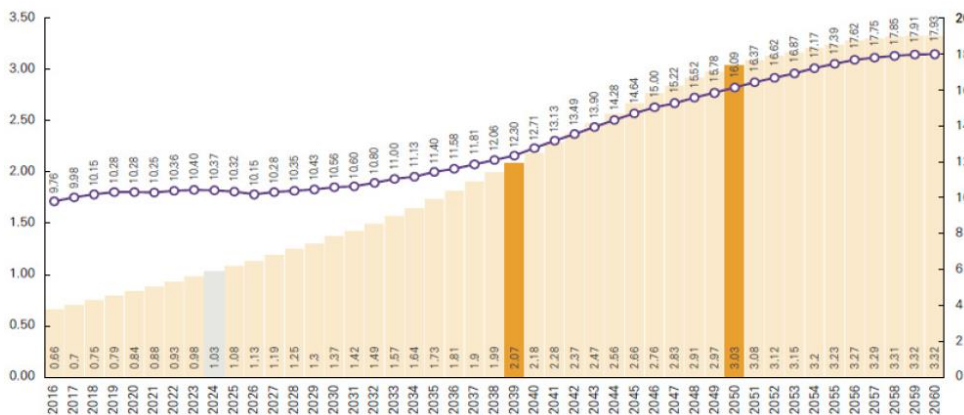
❖ 전 세계 치매 환자

- ✓ 2021년 5500만
- ✓ 2050년에 알츠하이머 환자 1억명 이상 예상



❖ 국내 치매 환자의 구성

- ✓ 65세 이상 치매환자 93만명 (10.3% 유병률)
- ✓ 환자의 76% - 알츠하이머



[우리나라의 연도별 치매환자 수 및 유병률 추이(2016~2060)]

치매의 정의

- ❖ 정의: 정상적으로 생활해오던 사람이 여러 인지기능의 지속적인 저하 발생 → 일상생활 및 사회생활 어려움을 초래하는 상태
- ❖ 하나의 질병 명이 아니라, 특정한 조건에서 여러 증상들이 함께 나타나는 증상들의 묶음
- ❖ 70가지 이상의 다양한 병이 원인이 되어 발생하는 상태로, 원인 질환에 따라 치료 방법이나 예후가 크게 다르며,
- ❖ 치매의 약 10-15% 정도는 완치 가능

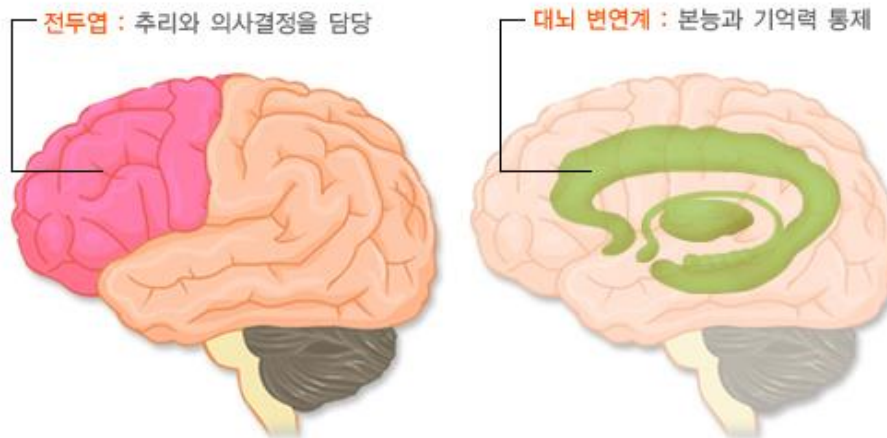
❖ 알츠하이머 병의 증세

✓ 증상: 인지기능 장애

- 기억장애, 실행증 [평소에 하던 행동을 어려워함], 실인증 [사람을 몰라봄], 언어장애

✓ 병이 진행되어서 뇌의 전두엽을 침범하게 되면 문제 해결, 추상적 사고, 결정 내리기가 힘들어 지고 판단력이 떨어짐.

〈그림. 뇌의 구조와 기능〉



보건복지부
MINISTRY OF HEALTH & WELFARE



대한의학회
Korean Academy of Medical Sciences

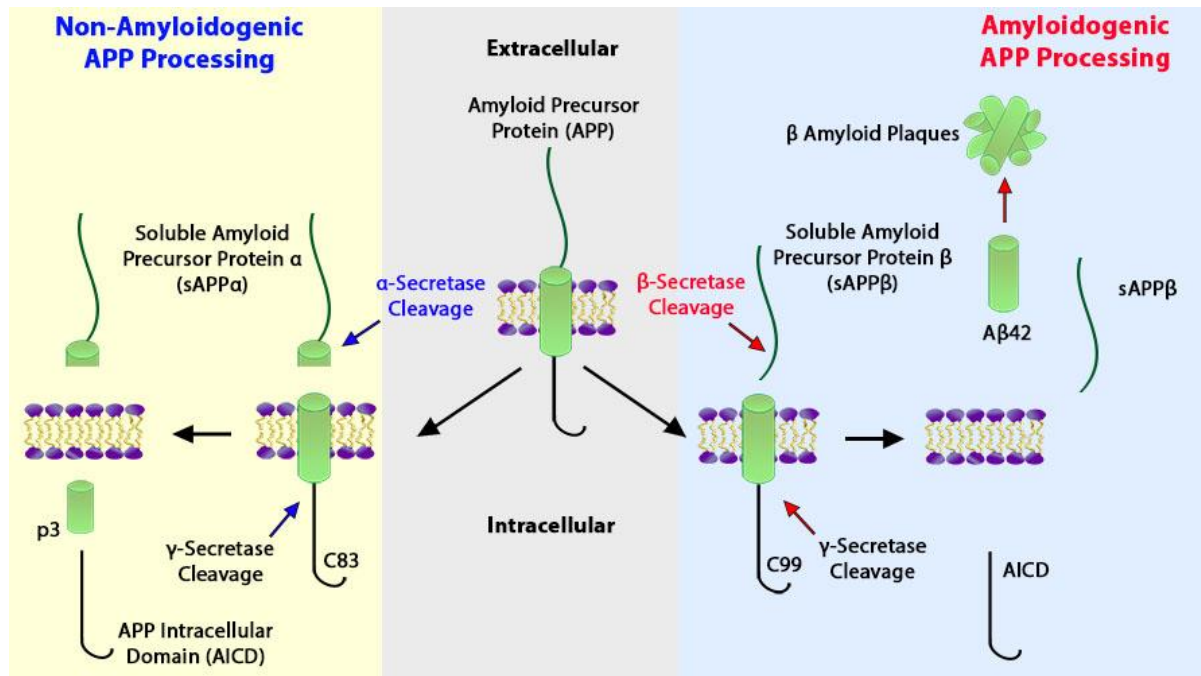
❖ 알츠하이머 병의 병태 생리

❖ 정확한 발병 기전과 원인이 아직까지 알려지지 않았고, 다양한 가설들 존재

- ✓ Cholinergic hypothesis – 아세틸콜린 분비 감소 가설
- ✓ Glutamatergic & excitotoxicity hypothesis – Glutamate의 과도한 활성화
- ✓ Amyloid beta ($A\beta$) cascade hypothesis – $A\beta$ 단백질 반 형성 가설
- ✓ Tau hypothesis – 타우 단백질 얽힘 가설
- ✓ Inflammation hypothesis – 염증 가설
- ✓ Oxidative stress hypothesis – 산화 스트레스 가설
- ✓ Microglia 가설

Amyloid beta ($A\beta$) 단백질 가설

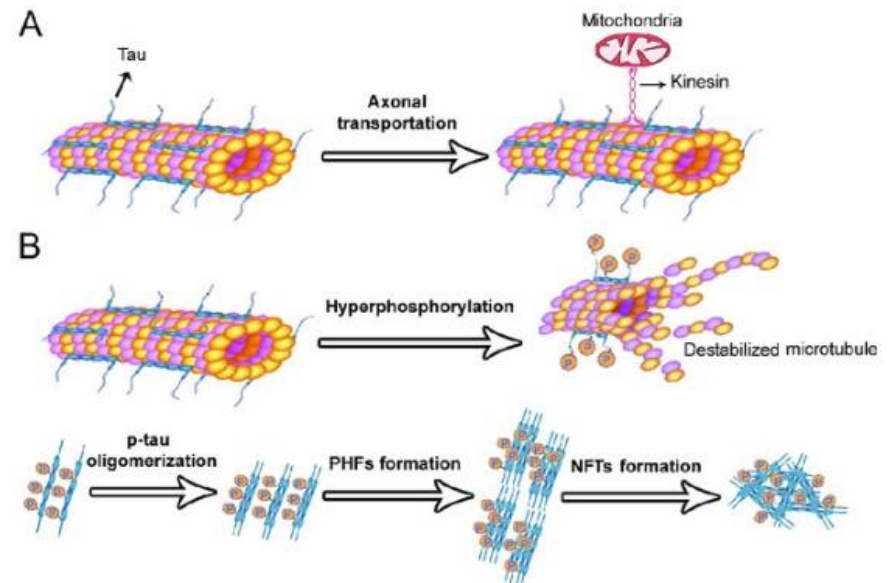
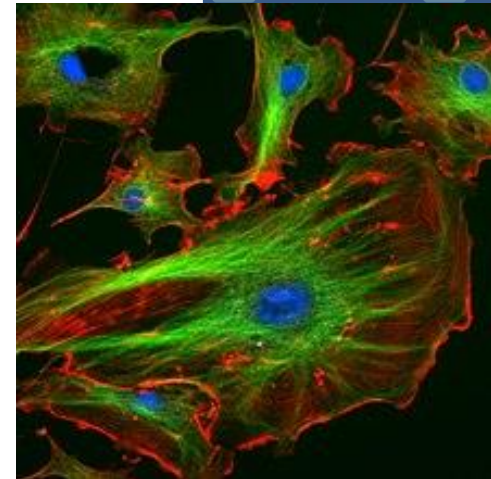
- $A\beta$ 단백질은 $A\beta$ 전구 단백질 ($A\beta$ precursor protein, APP)로부터 α , β , 혹은 γ -secretase (분해효소)의 작용으로 잘라져 나오는 토막
- Insoluble (불용성) $A\beta$ 단백질이 축적되면 신경세포 사멸에 이르게 됨.

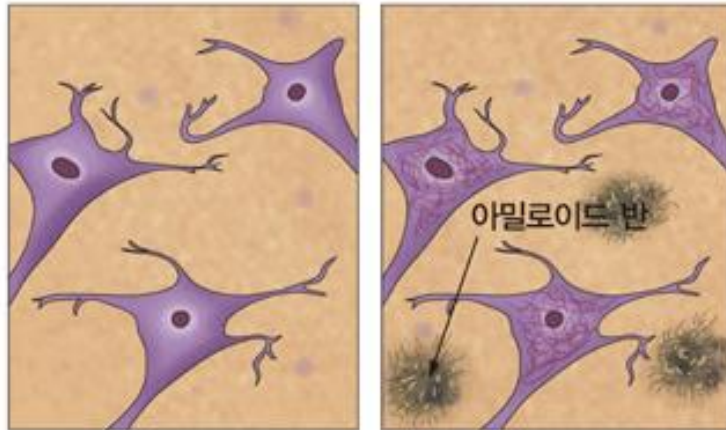


- 1) Past, present and future of therapeutic strategies against amyloid- β peptides in Alzheimer's disease: a systematic review. Ageing Res Rev. 2021 Dec; 72:101496
- 2) Malik, Rohit, et al. "Overview of therapeutic targets in management of dementia." Biomedicine & Pharmacotherapy (2022): 113168.

타우 단백질 가설

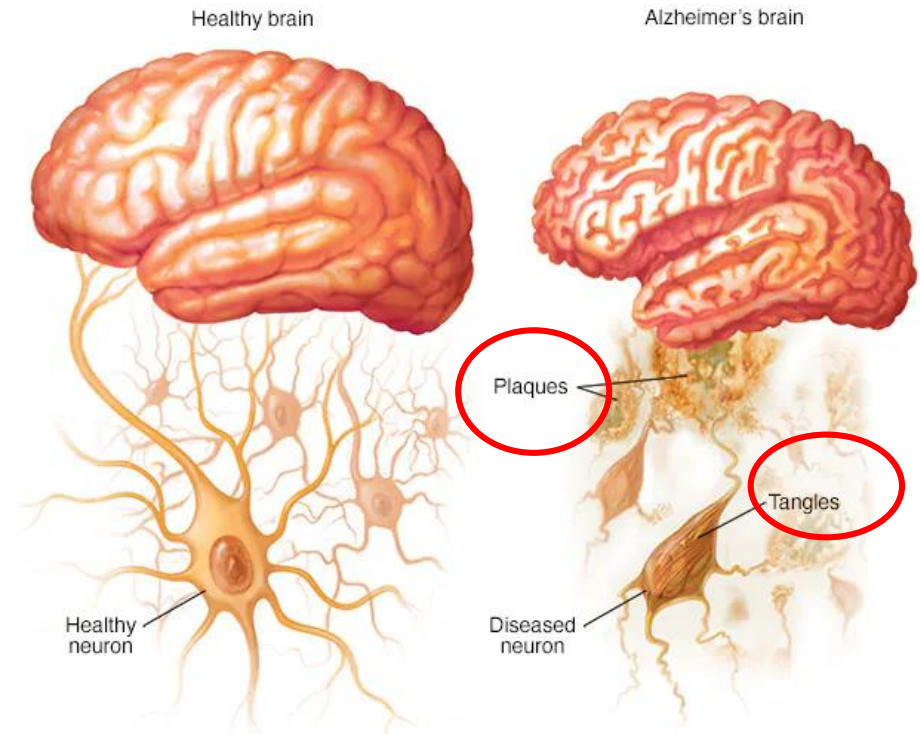
- 타우(tau) 단백질은 세포 내에 있는 단백질로 tubulin이 중합할 때 결합하여 미세관 (microtubule)을 안정화시킴.
- 알츠하이머병에서는 타우 단백질이 비정상적으로 인산화 → 신경섬유덩어리 (neurofibrillary tangle, NFT) 형성 → 세포 내 미세 골격 구조가 손상, 세포형태 유지나 대사물 이동 등의 생체기능을 유지하지 못하게 함 → 신경세포 사멸





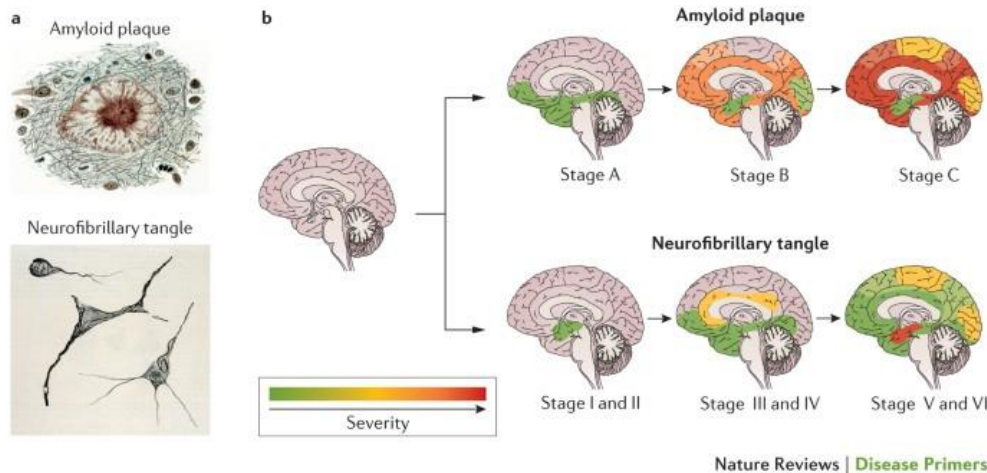
정상

알츠하이머병

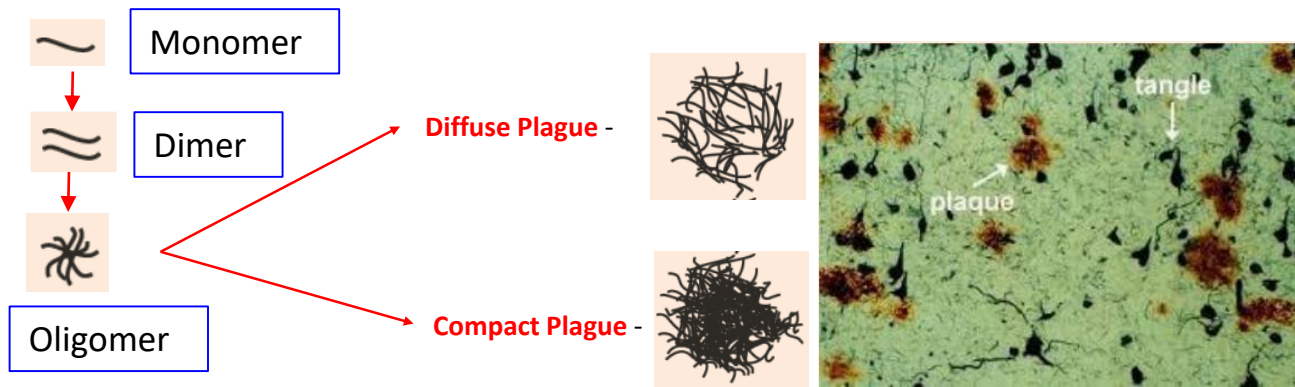


A. Lorenzo, et. Al., “**Amyloid β interacts with the amyloid precursor protein: a potential toxic mechanism in Alzheimer’s disease**,” *Nature Neuroscience*, vol.3, no.5, May 2000.

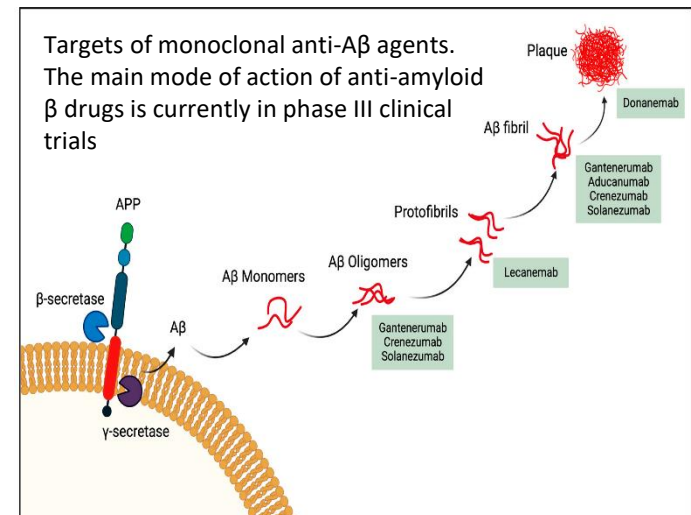
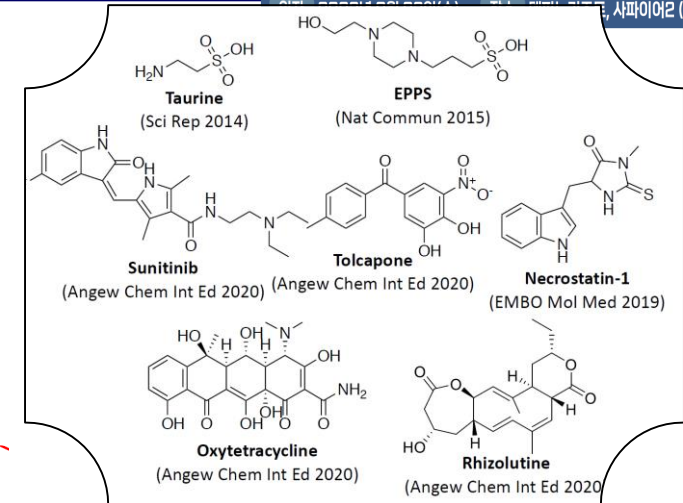
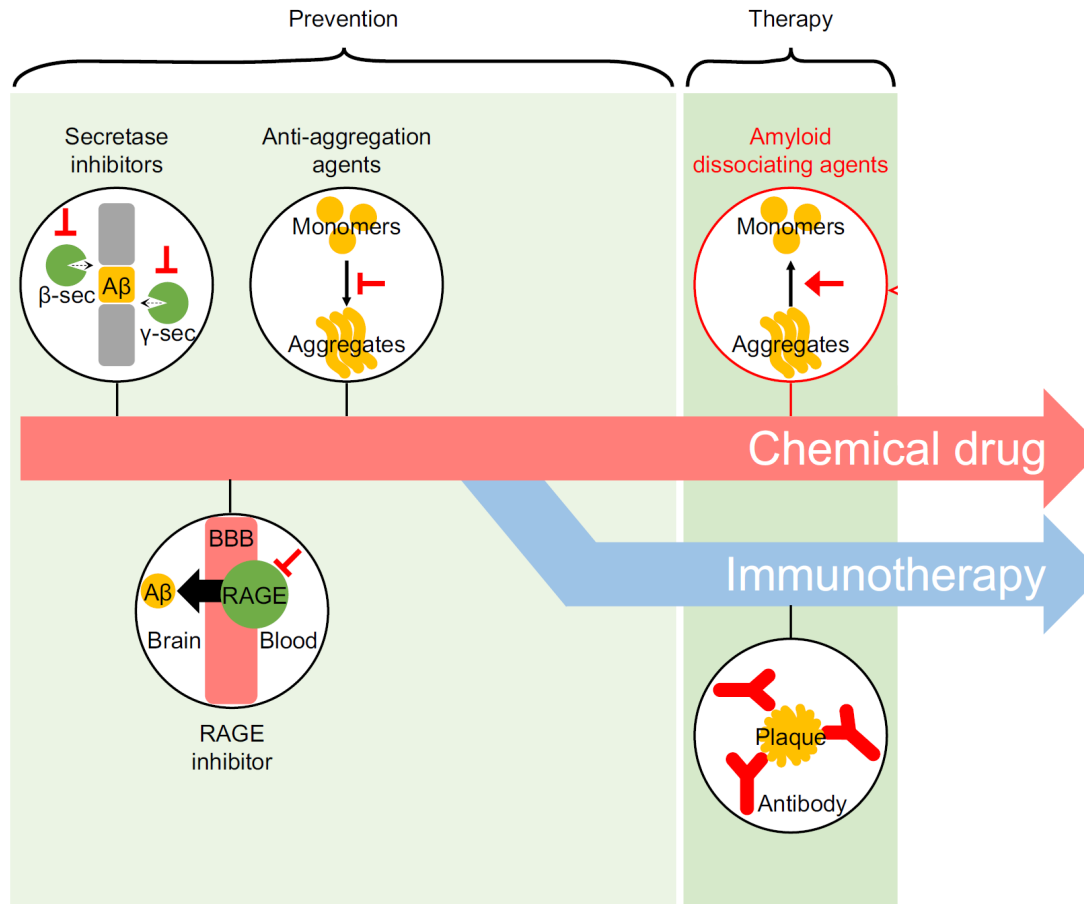
❖ 아밀로이드 단백질의 침착과 타우 단백질의 얽힘 과정



❖ 아밀로이드 단백질과 타우 단백질의 중합체 형성 과정

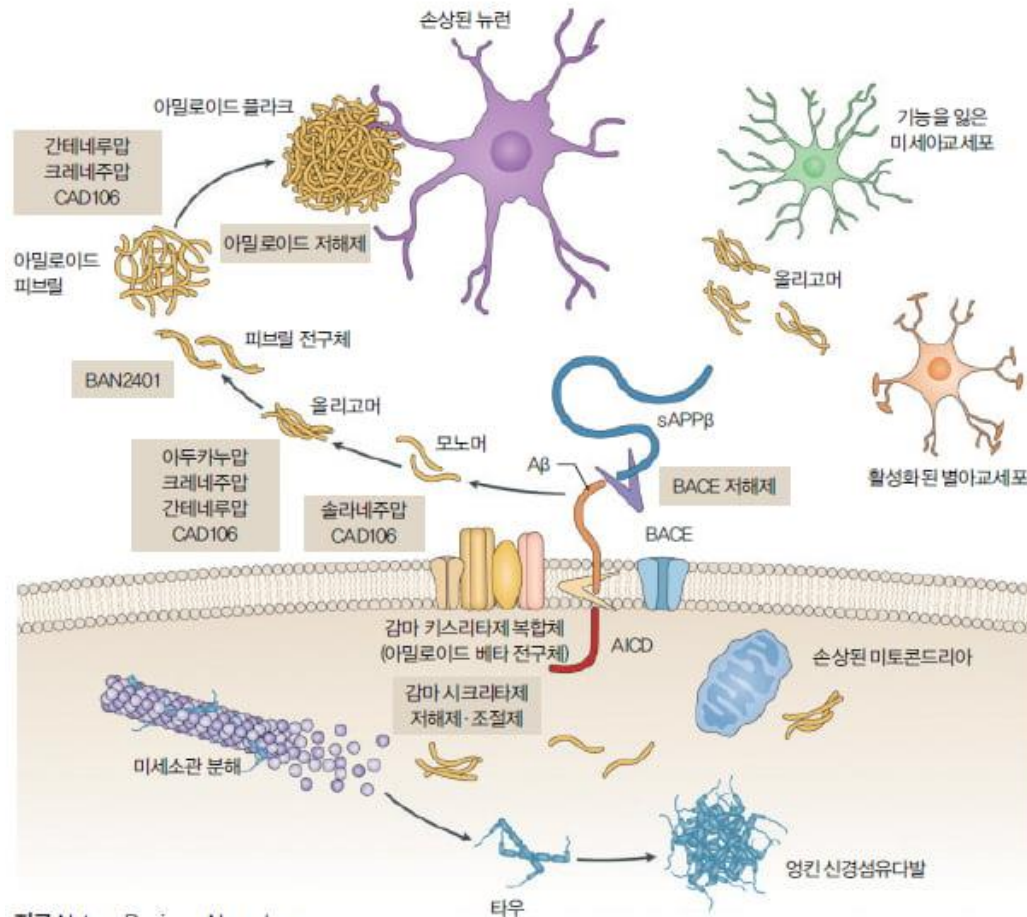


A β 단백질 기반 알츠하이머 치료



알츠하이머병 치료에 접근하는 다양한 메커니즘

아밀로이드 베타는 모노머(단량체)에서 올리고머 형태로 결합하면서 독성을 띄게 된다. 올리고머가 모여 아밀로이드 플라크를 만드는데, 여기에 이르는 여러 과정을 차단하는 파이프라인이 개발되고 있다. (그림에 제시된 파이프라인 중 일부는 현재 임상을 중단했다.)



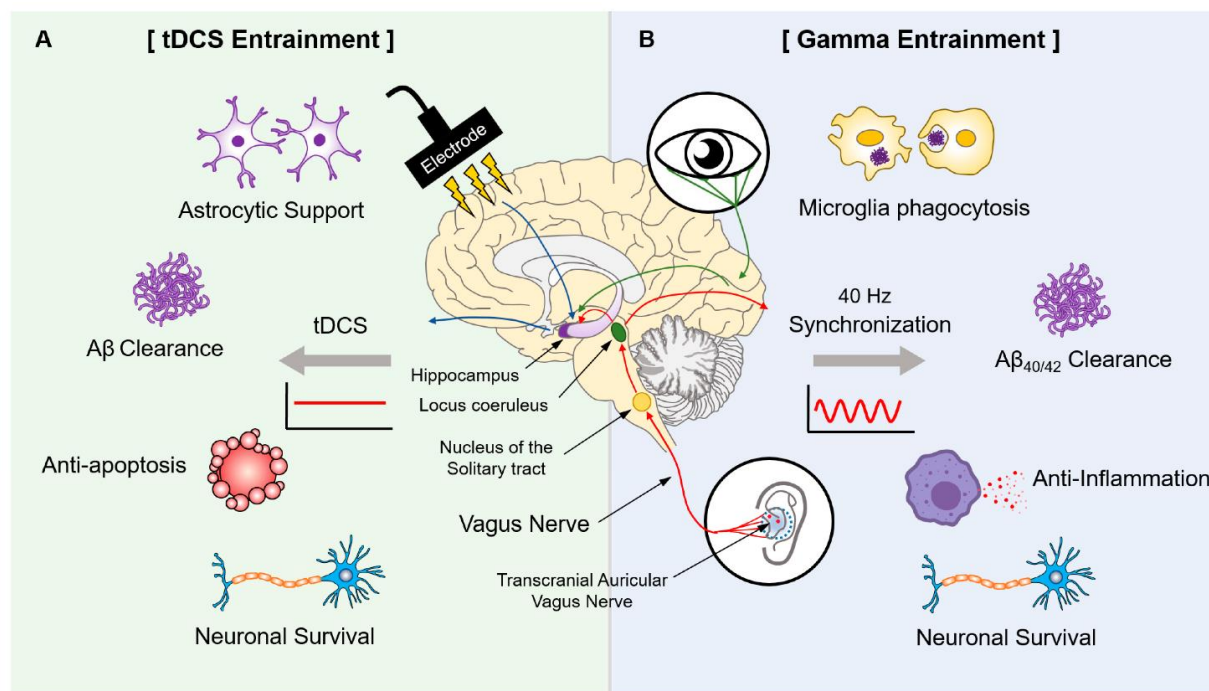
자료 Nature Reviews Neurology

tDCS

- A β 감소
- 면역반응 조절(Activates microglia phagocytosis)
- 항염증 반응 유도(Anti-inflammation)
- 신경전달 물질 생성 증가 (choline acetyltransferase)
- 신경 가소성 회복

tACS

- 다양한 신경질환에서 20~50Hz의 감마 진동(gamma oscillation)이 손상
- A β 감소
- 면역반응 조절 (Activates microglia phagocytosis)
- 항염증 반응 유도(Anti-inflammation)

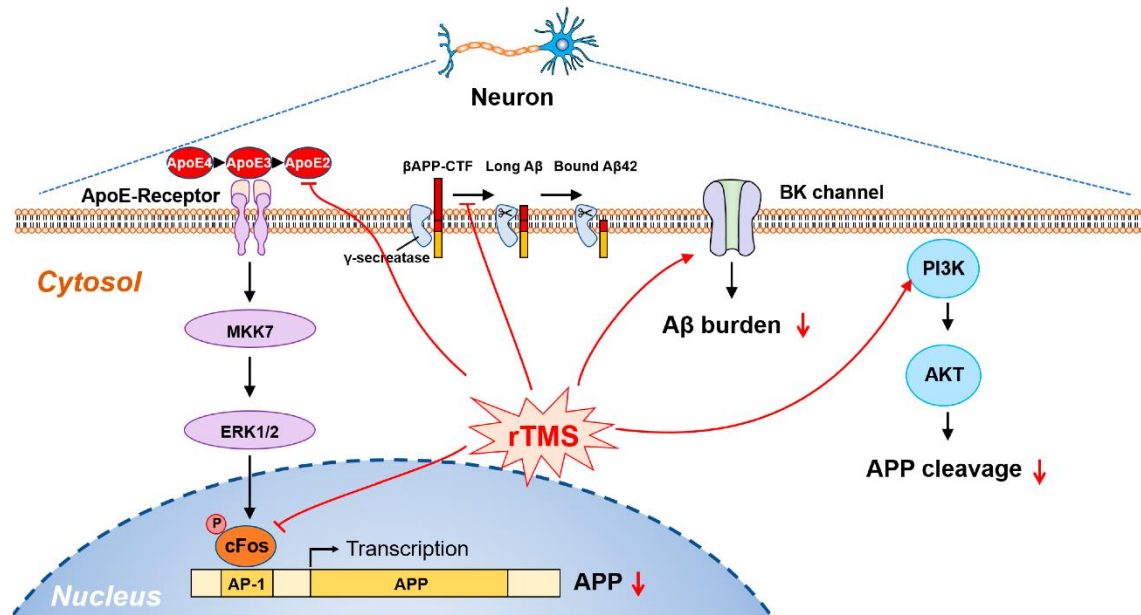


Bok, Junsoo, et al. "Disease-Modifying Effects of Non-Invasive Electroceuticals on β -Amyloid Plaques and Tau Tangles for Alzheimer's Disease." International Journal of Molecular Sciences 24.1 (2023): 679.

Wu, Chongyun, et al. "Therapeutic non-invasive brain treatments in Alzheimer's disease: recent advances and challenges." Inflammation and Regeneration 42.1 (2022): 1-32.

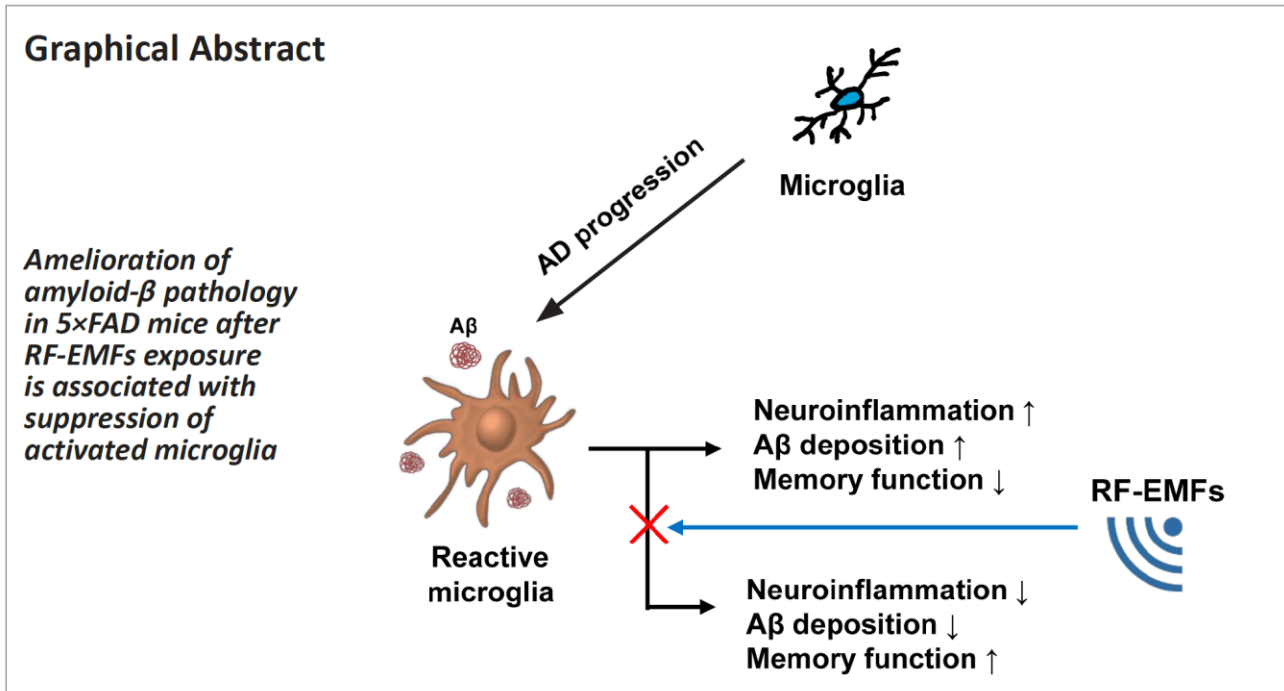
❖ TMS

- A β 축적 감소, 타우 단백질 감소
- 면역반응 조절(Activates microglia phagocytosis)
- 항염증 반응 유도(Anti-inflammation)
- 미토콘드리아 기능 보존 및 항산화 반응 감소
- 신경전달 물질(세로토닌, 도파민, gamma-aminobutyric acid) 증가와 조절
- 시냅스 가소성 증가

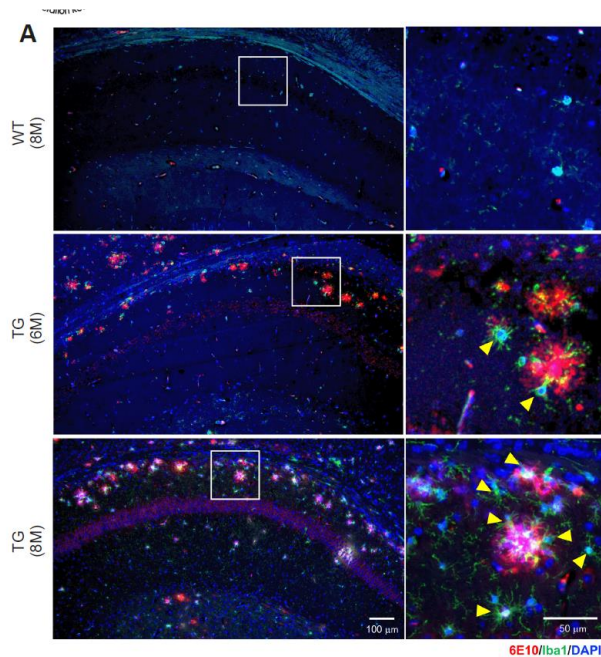


Bok, Junsoo, et al. "Disease-Modifying Effects of Non-Invasive Electroceuticals on β -Amyloid Plaques and Tau Tangles for Alzheimer's Disease." International Journal of Molecular Sciences 24.1 (2023): 679.

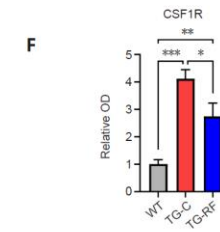
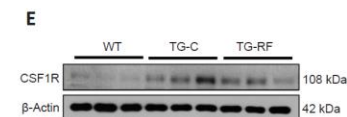
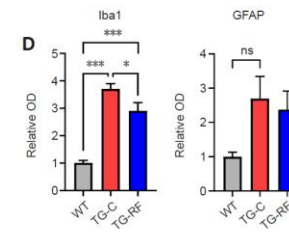
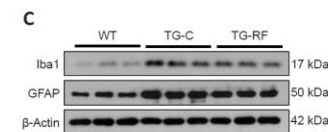
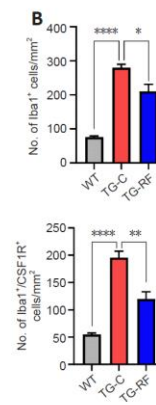
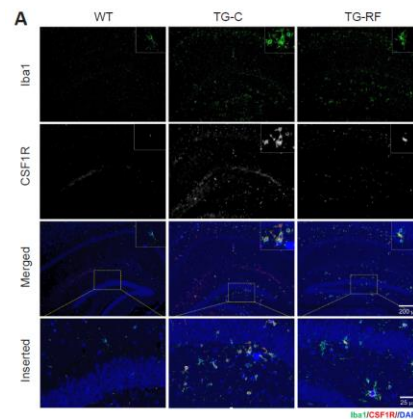
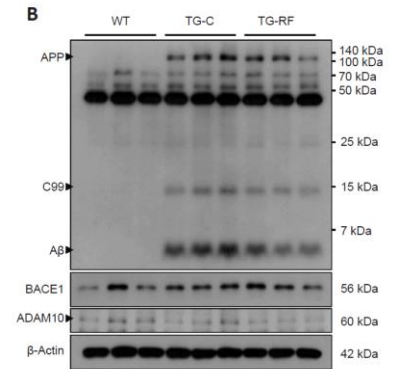
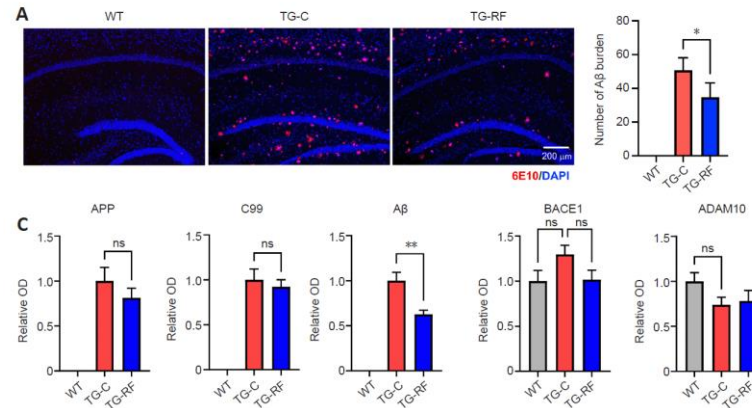
❖ EMF를 쥐에 조사하여 Microglia 감소시킨 예



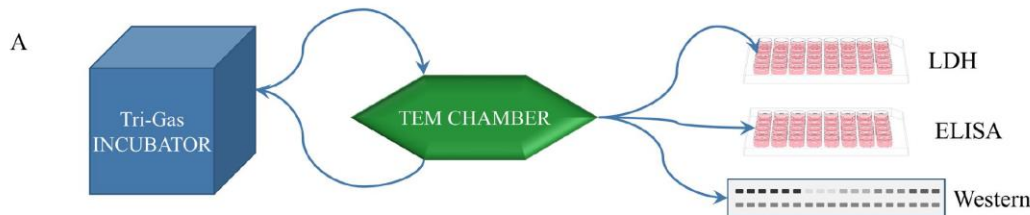
Yeonghoon Son, Hye-Jin Park, Ye Ji Jeong, Hyung-Do Choi, Nam Kim, Hae-June Lee, Long-term radiofrequency electromagnetic fields exposure attenuates cognitive dysfunction in 5 \times FAD mice by regulating microglial function, *Neural Regeneration Research*, Nov. 2023.



1950 MHz RF



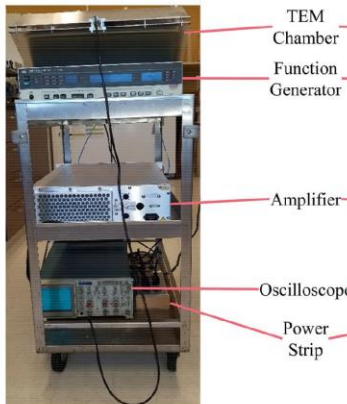
❖ 인간의 배양된 조직에 EMF를 조사하여 A β 감소



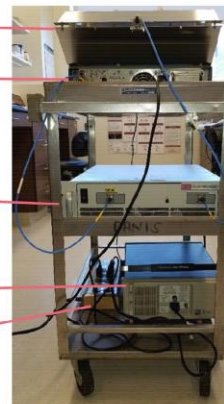
64 MHz RF



C. Front View



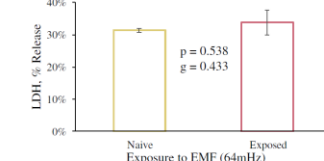
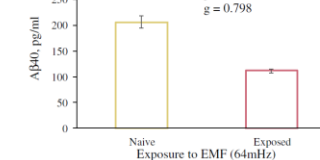
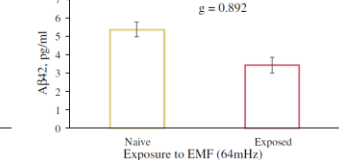
D. Rear View



E. TEM Chamber Side View

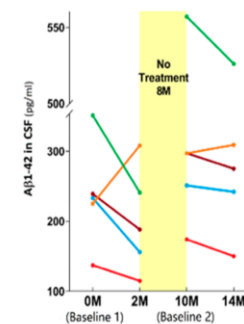
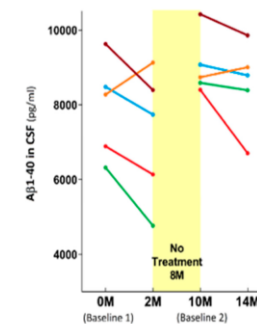
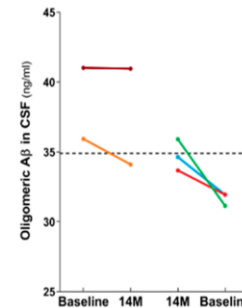
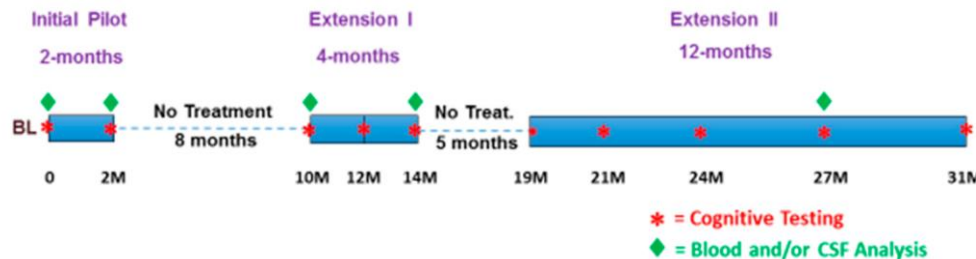
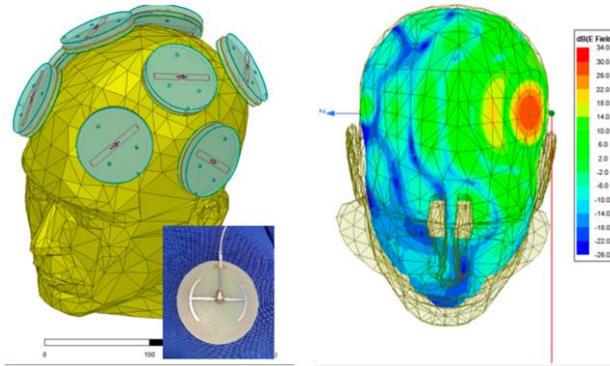


B. % LDH Release

C. A β 40D. A β 42

Felipe P. Perez, Bryan Maloney, Nipun Chopra, Jorge J. Morisaki and Debomoy K. Lahiri, "Repeated electromagnetic field stimulation lowers amyloid- β peptide levels in primary human mixed brain tissue cultures," *Scientific Reports*, Nov. 2021.

❖ Transcranial electromagnetic treatment (TEMT)로 알츠하이머 인지 감소를 억제: 2½ 년간 관찰



G. Arendash 등, “Transcranial Electromagnetic Treatment Stops Alzheimer’s Disease Cognitive Decline over a 2½ –Year Period: A Pilot Study,” *medicines*, 2022.

- ❖ EMF를 조사하여 쥐, 배양 조직 등의 $A\beta$ 를 감소시킨 연구 결과가 조금씩 축적되고 있음
- ❖ 그러나 EMF 조사 $\rightarrow A\beta$ 감소의 기전을 밝힌 연구는 없음
- ❖ 우리의 향후 연구 방향
 - ✓ EMF 조사 $\rightarrow A\beta$ 의 Plaque 붕괴가 가능한가?
 - ✓ 가능하다면 어떤 기전으로?

