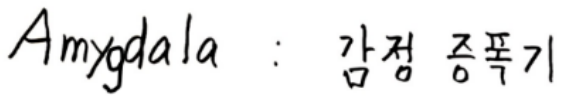
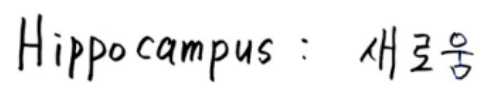
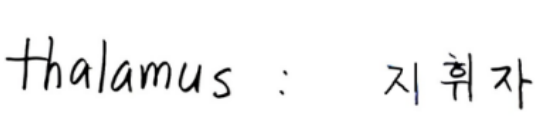
제 11회 특별한 뇌과학 2강 노트

(박문호 박사님 강의를 요약 정리한 내용입니다.)

브레인 주요 부위의 압도적인 기능을 상징적으로 표현하면







Amygdala: 감정의 증폭기

Hippocampus: 새로움

Thalamus: 지휘자(conductor)

시상의 기능은 오케스트라 지휘자와 비슷하다. 지휘자의 지휘봉에 따라 여러 가지 악기들이 연주를 시작하고 리듬을 타는 것과 비슷하다. 리듬을 만들어 준다.

PFC: Present itself, 현재 그 자체 PFC가 작동하지 않으면 현재가 왜곡되거나 붕괴된다.

현재가 정합적으로 만들어지지 않는 것을 정신분열이라 한다.

Present itself는 Working memory이며 prediction이다. 현재가 유지되기 위해서는 가까운 미래가 현재 속에 포함되어야 한다. 수초 후의 앞을 예측(prediction) 못하면 행동할 수 없다.

작업기억에는 수초 이내의 미래가 포함되어 있다.

"우리의 모든 행동은 예측의 자기 실현이다". 행동에 앞서 예측이 폭포수처럼 쏟아 진다.

예측 없이 행동할 수 없다.

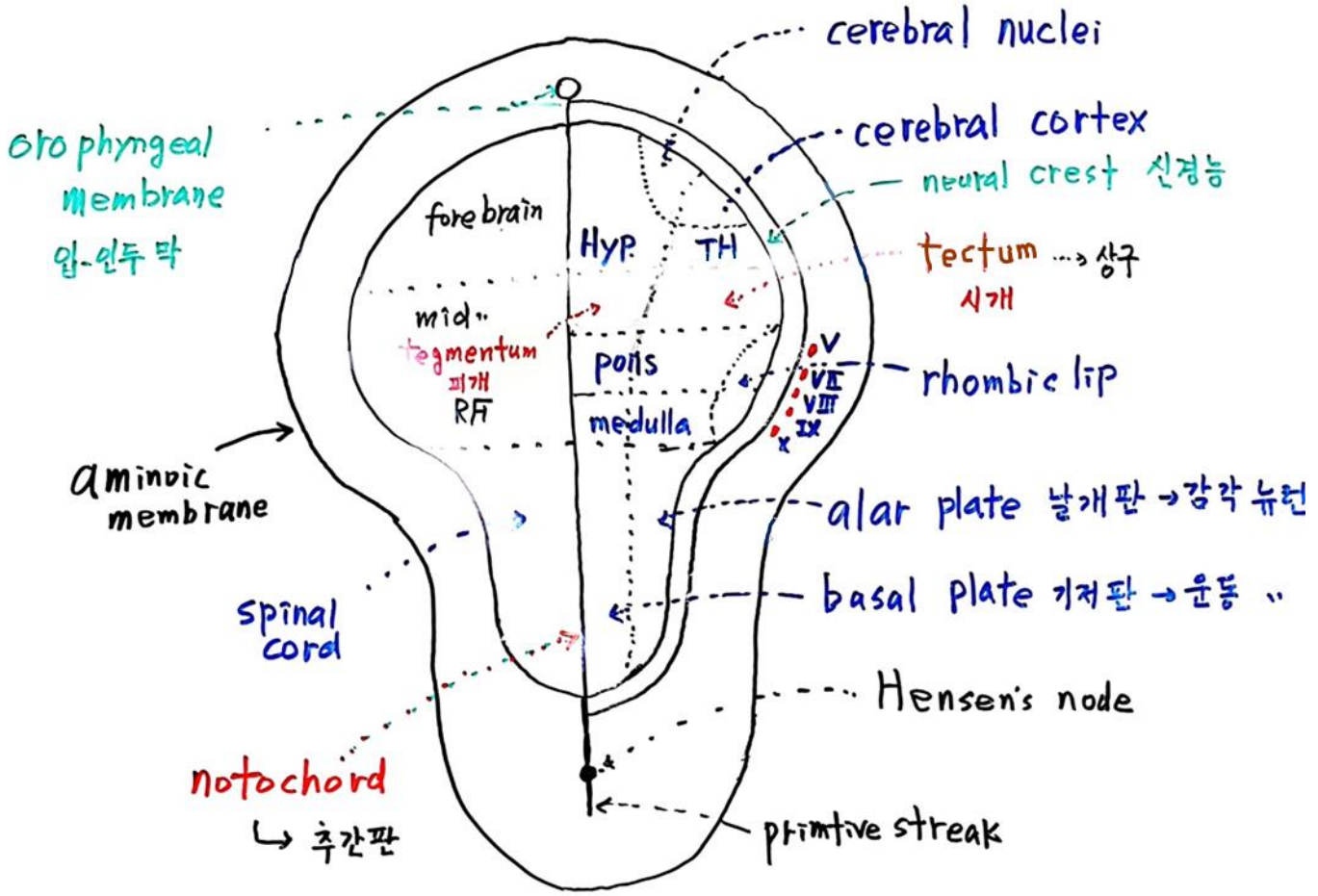
인간이 불가능한 것이 2가지가 있다.

첫 째 목적 없는 행동은 불가능하다

둘 째 다른 사람의 얼굴을 보았을 때 감정이 생기지 않는 것은 불가능하다.

현재와 관련이 있다.

발생적으로 브레인이 어떻게 만들어 졌는지 알아야 한다.



척추동물 전체에 해당되는 그림이다.

태 속에서 발생하고 있을 때 브레인의 운명지도이다.

가운데 선이 notochord이다. 제일 위에 있는 원이 입 인두막(oropharyngeal membrane)이다. 막혀져 있지만, 열리면 목구멍과 창자로 연결되고 항문으로 나온다. 테두리가 neural crest(신경 능)이다. 제4의 배엽이라고도 한다. 전체를 덮는 것이 양막(amnionic membrane)이다.

안에 부채 모양으로 된 판(neural plate)이 브레인의 씨앗 같은 곳이다.

이 판을 세 등분으로 구분하여 맨 위가 전뇌(fore brain), 중간이 중뇌(mid brain), 그리고 아래 부분이 척수(spinal cord)가 된다.

cerebral nuclei는 이후 선조체(striatum)으로 분화된다.

cerebral cortex는 신 피질(neo cortex)로 분화된다.

Hyp: hypothalamus, 시상하부 시상 밑에 있다.

Th: thalamus: 시상

Tegmentum: 피개, 이후 그물형성체(RF: reticular formation)가 되는 부위이다.

Tectum: 시개. 시각과 관련이 있다. 시각을 무의식적으로 컨트롤하는 시각중추인 상구가 있는 부위이다.

Pons: 교뇌

Medulla: 연수

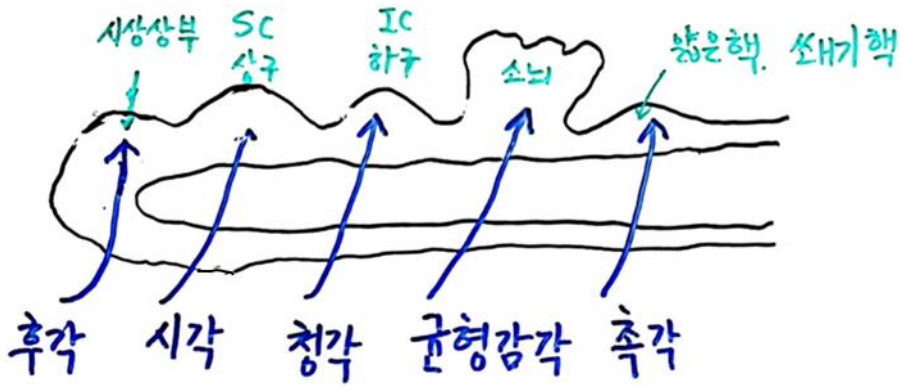
Rhombic lip: 능형 입술
Alar plate; 날개 판, 이후에 감각뉴런으로 분화한다.
Basal plate: 기저 판, 운동뉴런으로 분화 된다.
Fore brain: 전뇌
Mid brain: 중뇌
Spinal cord: 척수
Notocord: 척색, notochord의 유도를 받아서 척수가 만들어 진다. 인간은 태아일 때는 있으나 태어나기 전에 없어진다. 멍게와 창고기에는 남아 있다. 인간에서는 일부가 척추간 추 간판(disk)으로 남는다.
척추의 유연성을 갖게 해주어 앞 뒤 운동이 가능하다.
Primitive streak: 원시선
Hensen's node: 헨센노드, 항문이 된다.
Oropharyngeal membrane; 입 인두막, 식도와 창자로 연결하는 문이 된다.

외배엽에 브레인이 만들어 지는 지도(신경 판: neural plate)가 있다.
이 신경 판에 고랑(neural groove)이 생긴다. neural groove가 접촉하여 관을 이루면, 신경 판에서 분리되어 떨어진다. 이렇게 만들어진 관을 신경관(neural tube)라고 한다. 신경관이 신경 판과 붙어 있다가 떨어진 부위가 neural crest이다.
신경관(neural tube)의 앞쪽은 대뇌가 되고 밑으로는 척수가 된다.

신경관이 분화되어 아래 부분은 운동세포가 되고, 위 부분은 감각 세포가 된다.
영장류와 인간은 직립하면서 앞 부분이 운동이고 뒤가 감각이 되었다.
신경 판에서는 중앙선과 가까운 안쪽은 운동이고 중앙선과 먼 바깥은 감각이 된다.
감각과 운동이 태반 속에서 갈라진다. 브레인은 감각과 운동 그리고 가운데 기억 이 세가지로 구성되어 있다.

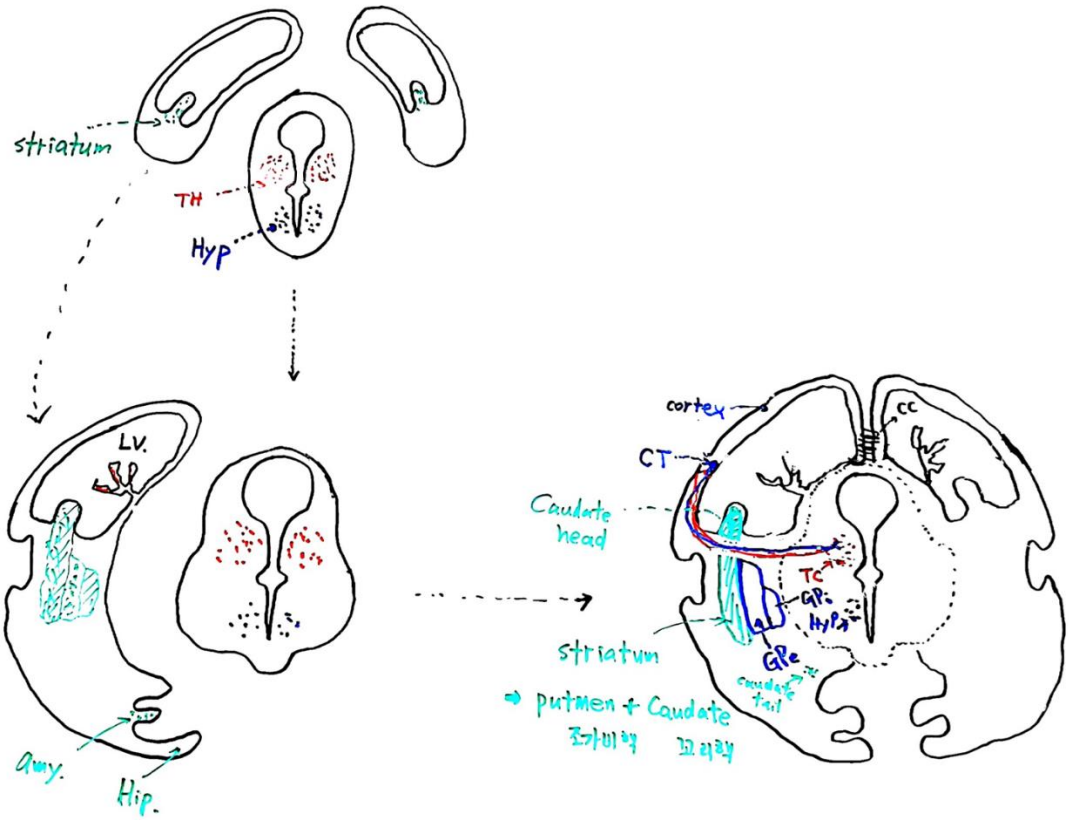
그리고 뇌신경이 있다.
5번 삼차신경, 7번 안면신경, 8번 전정 와우신경, 9번 설인신경, 10번 미주신경 핵이 여기서 출현한다.
신경 판의 바깥은 외배엽이다. 신경 판이 말려서 대뇌와 척수를 만든다.

초기 브레인의 모습이다.



동물은 관이다.
위에 있는 것은 감각을 담당하는 부위들이다.
앞에서부터 시상상부(ET), 상구(SC), 하구(IC), 소뇌, 얇은 핵, 쐐기 핵이 있다.
각각 후각, 시각, 청각, 균형감각, 촉각을 담당한다. 모두 감각을 담당하는 부위들이다.
관 밑부분은 운동을 담당한다. 대뇌 피질의 첫 번째 역할은 감각을 처리하는 것이다.

간뇌는 시상과 시상하부가 있는 곳이다.



공부에서 안다는 것(seeing)과 한다는 것(doing)이 있다. 보거나 들어서 아는 것은 운동신경으로 체화(體化)가 되지 않는다. 공부는 doing을 해야 한다. Seeing만 해서는 doing으로 넘어가는 것이 10%도 안 된다.
박자세 공부는 doing을 지향한다. 신경판 그림을 체화하면 전문 용어 20-30개를 알 수 있다.

간뇌는 척수 단면과 비슷하다. 위는 시상이 되고 밑은 시상하부가 된다.
간뇌 위에 cerebral cortex가 위치한다. 외측 내실 앞 부분이 분화되어 striatum이 된다. Striatum은 습관운동과 관련이 있다..

다음 단계에 대뇌 피질이 더 발달한다.
대뇌 피질의 끝 부분에 해마(hippocampus)가 생기고 해마 바로 위에 편도체(amygdala)도 생긴다.
외측 내실에 있는 모세혈관 다발인 맥락총에서 영양분을 공급한다.
striatum이 분화하여 이후에 basal ganglia로 분화된다.

다음은 대뇌 피질과 뇌간이 결합한다. 이때 대뇌피질과 시상 및 시상하부도 결합한다. 결합한 봉합선이 보인다. 제 3 뇌실 주위에 시상과 시상하부가 있다.

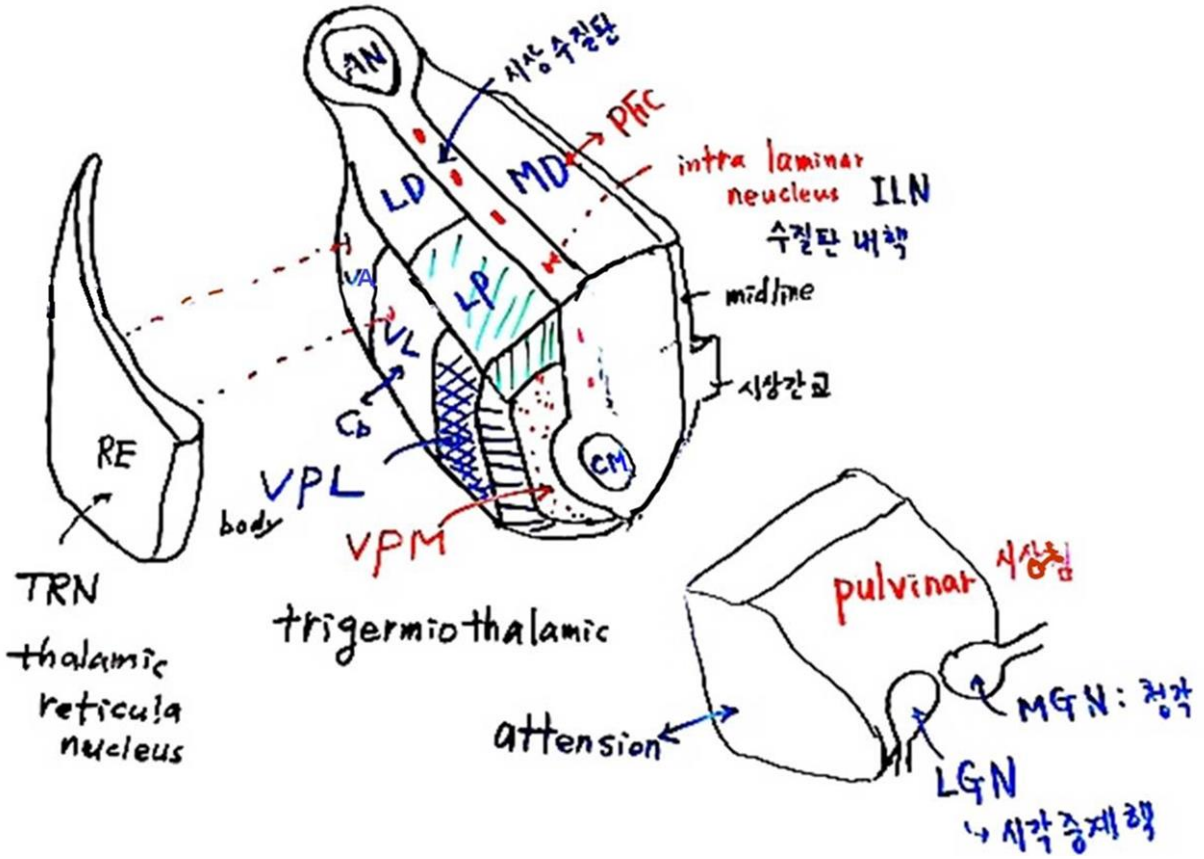
꼬리 핵과 조가비 핵이 합쳐져 있고, 그 아래에 창백 외핵(GPe)과 창백 내핵(GPi)이 있다
시상은 대뇌피질과 커뮤니케이션 한다. 그렇게 하려면 뉴런이 연결되어야 한다. 그래서 시상의 뉴런이 striatum을 통과 하면서 구멍을 만들었다. 선조체라는 이름이 구멍이 있는 형상에서 나왔다. 시상에서 나온 신경이 대뇌 피질의 신경세포와 시냅스 하면 대뇌 피질의 신경세포가 시상의 신경세포와 시냅스 한다. 서로 shake hand 한다. coupling 되어 있다. 이것이 우리 신경회로에서 가장 중요한 것이다. 시상은 태생적으로 지휘자이다.
시상과 신 피질이 협연하여 의식의 흐름을 만든다. 모든 감각, 운동, 상상조차도 모두 시상과 대뇌 피질의 협연이다. 시상과 신 피질이 협연하여 의식을 만든다.

신경 해부학에서 명명할 때 원칙이 FROM- TO이다. 출발지가 앞에 오고 도착지가 뒤에 온다.
TC(thalamocortical neuron) 뉴런은 시상과 신 피질을 연결하는 시상뉴런이고,
CT(corticothalamic neuron) 뉴런 신피질과 시상을 연결하는 신피질 뉴런이다.
기억, 의식, 운동, 감정 모두 이 두 뉴런이 관여하고 있다. 서로 손에 손을 맞잡고 있다. 협연할 수 밖에 없다.
대뇌 피질이 관현악단이고, 시상이 지휘자이다. 그래서 우리 의식이란 드라마가 펼쳐진다.

striatum은 조가비 핵(putman)과 꼬리핵(caudate)이 합친 것이다. 전전두엽과 꼬리핵의 신경 다발이 비정상적으로 강화되면 강박증이 생긴다. 꼬리핵 머리에서 꼬리까지 아치형으로 이루어져 있다 아래 쪽에 caudate tail이 있다.
CC(corpus callosum)은 좌뇌와 우뇌를 연결하는 신경 다발인 뇌량이다.
global pallidus에는 GPe와 GPi가 있다. Striatum과 global pallidus를 합하여 대뇌 기저핵(basal ganglia)라고 한다.

브레인에서 가장 주요한 부위가 PFC, 시상, 해마이다.
3가지 부위의 역할을 정확히 알아야 한다. 그래서 발생 때부터 추적해야 한다.

시상의 모습이다.



LD 등쪽 외측핵

MD 등쪽 내측핵은 PFC와 연결되어 있다.

MD와 상호작용하는 부위를 신 피질이라고 하자는 의견도 있다. Present itself는 MD핵과 PFC의 상호 작용이다.

AN 시상 전핵, 파페츠 회로를 구성한다.

CM centromedian nucleus

LP lateral posterior nucleus

VA ventral anterior nucleus

VL ventral lateral nucleus

VPL ventral posterior lateral 다리에서 오는 감각 처리

VPM ventral posterior medium 얼굴에서 오는 감각 처리, 삼차시상로(trigeminothalamic tract)가 들어온다.

ILN: intra laminar nucleus 수질판 내핵 ILN이 꺼지면 브레인 전체가 off된다. ILN이 대뇌 신피질 모든 곳에 연결되어 있어 ILN이 작동하지 않으면 의식이 없어 진다.

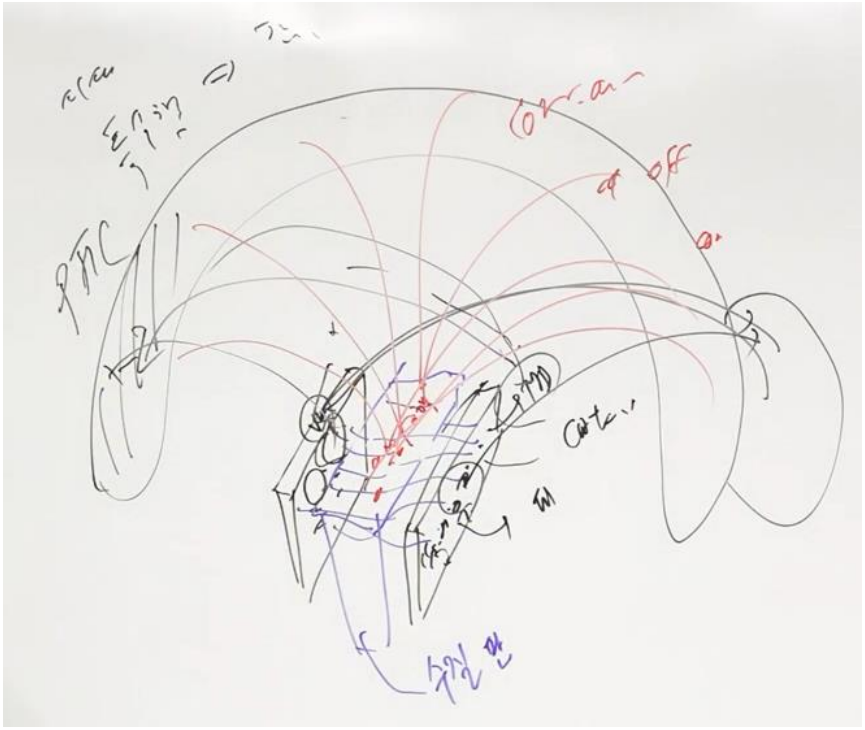
핵은 수천 개에서 수 만개의 신경세포 덩어리이다. 신경세포로 구성된 부분을 피질이라고 한다.

반면에 신경섬유로만 이루어진 부분을 수질이라고 한다. 신경섬유들이 모여서 판을 이루면 수질판이라고 한다.

수질 판 속에 들어있는 핵을 수질 판내핵이라고 한다. ILN(intra laminar nucleus of thalamus)은 시상 수질판 안에 있는 핵이다. 이 핵을 건드리면 의식이 사라진다. 수질 판내핵이 대뇌 피질 모든 곳에 연결되어 있다.

MD핵 옆에 Midline 핵이 있다. midline 핵에 양쪽 시상을 연결하는 시상간교가 있다.

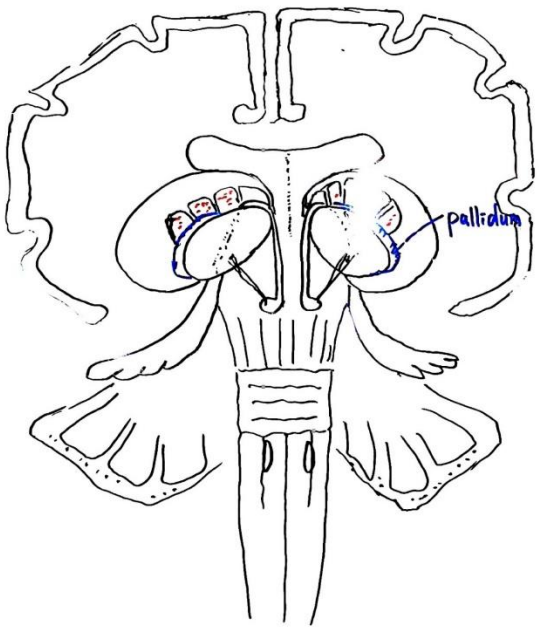
TRN(thalamic reticular nucleus)은 얇은 막처럼 생겼다.



시상의 핵과 핵 사이에 수질판이 있다. 수질판은 신경섬유들이 모여 있는 곳이다. 그 수질판 속에 들어 있는 핵이 시상수질판내핵이다. VPL이나 MD핵은 대뇌에 연결해야 할 고유 영역이 있다. 시상의 이런 핵들을 특수핵이라 한다. 특수핵들은 주로 감각을 relay한다. 그러나 시상 수질판내핵은 대뇌 피질의 전 부분과 연결되어 있다.
그래서 이 수질 판내핵이 문제가 생기면 대뇌피질 전체가 OFF 상태가 되어 의식이 사라진다.
수질 판내핵은 의식을 부팅시킨다.

시상 VPL 뉴런이 촉각을 담당하는 대뇌 피질의 뉴런과 시냅스 하면, 대뇌 피질에서 촉각을 담당하는 뉴런이 다시 시상 VPL 뉴런과 시냅스를 한다. 발생 때부터 시상과 대뇌피질이 연결되도록 되어 있는 것은 그만큼 중요한 기능이기 때문이다.
PFC가 현재를 만들어 주기 위해서는 PFC가 시상에서 오는 여러 감각들을 스위칭을 해야 한다.
PFC는 task가 있다. Task 를 수행하기 위해서 감각피질에 있는 것을 PFC가 불러와서 조율한다.
조율한 결과는 다시 감각 피질로 보낸다. 그 모든 과정에 시상의 핵들이 중계해 준다.

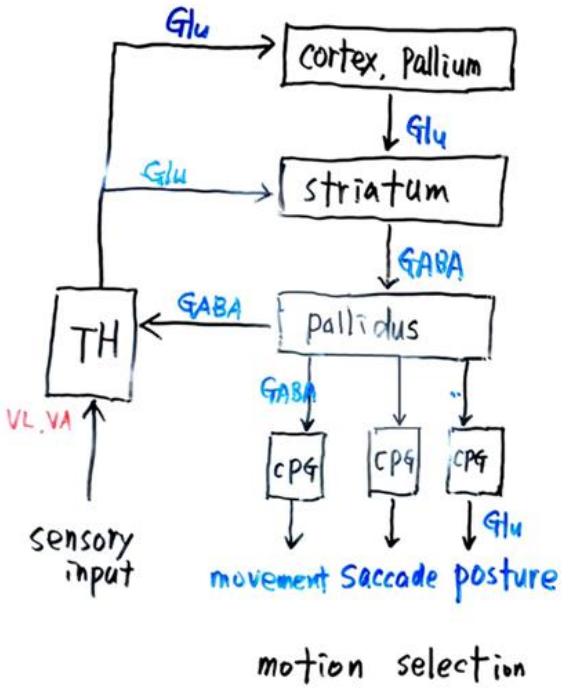
시상의 나머지 부분은 pulvinar 와 LGN, MGN이 있다.
LGN은 시각을 중계하고, MGN은 청각을 중계한다. Pulvinar는 시상침이라고 한다.
pulvinar는 attention과 관련이 깊다.



반드시 알아야 할 브레인 그림 10개에 포함되는 그림이다.
먼저 시상을 그린다. 시상 밑에 유두체(MB: mammillary body)가 있다. 시상과 유두체를 연결한다.
시상과 유두체를 연결하는 신경다발이 fornix이다.
MB와 시상의 AN 핵을 연결하는 MTT(mammillo thalamic tract)를 그린다.
시상을 둘러 싸고 창백핵(Global pallidus)이 있다. 시상에 가려서 잘 보이지 않는다.
시상과 창백핵을 꼬리핵이 감싼다. 꼬리핵이 자전거 타기, 운전, 수영 등 습관적 운동을 관장한다.
꼬리핵에는 시상의 신경 다발이 지나가는 통로 구멍이 있다. 이 구멍으로 시상에서 대뇌 피질로 가는 신경섬유가 지나간다. 커다란 해마가 시상 밑에 보인다.
대뇌를 받히는 대뇌각이 있고 대뇌각 밑에 소뇌 가로 섬유가 있다.
소뇌 가로 섬유 밑으로 척수가 있다. 척수에 얇은 핵과 쐐기 핵이 있고 올리브 핵도 보인다.
올리브 핵은 운동 학습과 관련이 있다.

꼬리 핵 위로 외측 내실이 있고, 외측 내실 가운데 있는 점선이 투명중격핵이다. 투명중격핵을 사이에 두고 꼬리핵이 보인다. 엄청 크다. 꼬리핵은 강박증과 관련이 있다. 강박증이 200 종류가 더 된다.
대뇌 피질을 대칭에 맞게 그린다. 대뇌 피질 바닥에 있다고 해서 대뇌 기저핵이라 한다. 대뇌 기저핵은 습관운동을 관장한다. 대뇌 피질과 대뇌 기저핵 사이는 신경섬유들이다.
소뇌는 교뇌 뒷면에 있다. 소뇌 단면은 엽으로 되어 있다. 소뇌피질에서 유명한 세포는 푸키니 세포이다.
중요한 그림이므로 언제든지 그릴 수 있도록 연습해야 한다.
브레인 발생의 순서를 따라가면 쉽게 기억된다.

시상이 관여하는 2가지 기능을 나타내는 그림이다.
시상의 첫 번째 기능은 감각을 중계한다. 시상이 운동 출력으로 연결해 준다.
다음 도표가 운동선택 회로이다.



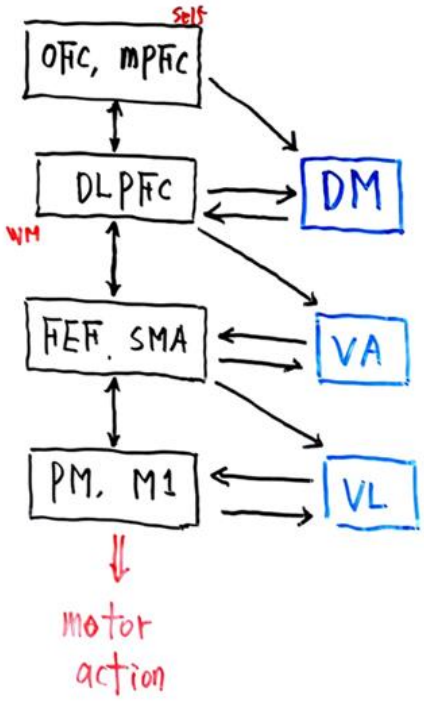
motion selection

시상에서 맨 먼저 cortex로 간다. pallium이라고 한다.
오래된 피질을 Pallium이라 한다. 외투라는 뜻이다. cortex이다.
cortex에서 선조체로 간다. 선조체에서 pallidus로 간다. pallidus은 창백핵이다.
창백핵에서 크게 3가지 CPG(central pattern generator)로 나간다. 운동의 generator가 3종류이다.
우리가 하는 운동은 연속이고 교번이다.

먼저 자세(Posture)가 만들어 진다.
다음은 saccade가 일어 난다. 안구도약운동이다. 안구의 움직임은 연속적이지 않고 도약한다.
욕망을 따라 무의식적으로 움직인다. 안구도약 운동이 가장 정교하고 빠른 운동이다.
안구도약 운동은 대부분 무의식이다.
FEF(frontal eye field)는 의식적 안구 도약 센타이다.
브레인 속에 안구 도약 센터가 4군데이다. 상구가 첫 번째 중요한 안구도약 센타이다.

세 번째 운동이 movement이다.
무의식, 습관적 운동이 movement이고, 계획(plan)에 의한 task 수행은 action이다.
각 운동 연결 망의 chemical이 다르다. GLU와 GABA가 있다. GLU는 흥분 시키고 GABA는 억제한다.
시상에서는 VL과 VA가 작동한다.

다음은 시상이 작용하는 hierarchy이다.



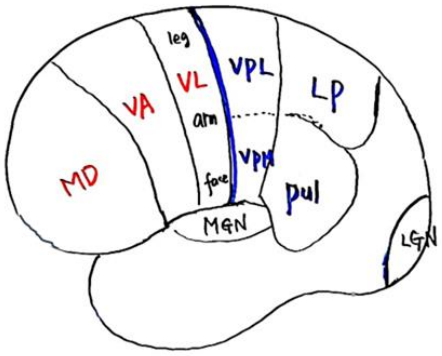
맨 위에 OFC와 mPFC가 있고, 두 번째는 DLPFC, 세 번째는 FEF와 SMA, 마지막으로 PM과 M1가 있다.
대뇌피질과 시상이 연결되는 모습이다.
DLPFC-MD
FEF, SMA-VA
PM, M1-VL
다중적으로 연결되면서 계층적으로 조직되어 있다.
정합적인 현재를 만든다는 것, 상황에 맞는 제스쳐를 취하고 말을 할 수 있다는 것은 기적 같은 것이다.
한꺼번에 되지 않는다.

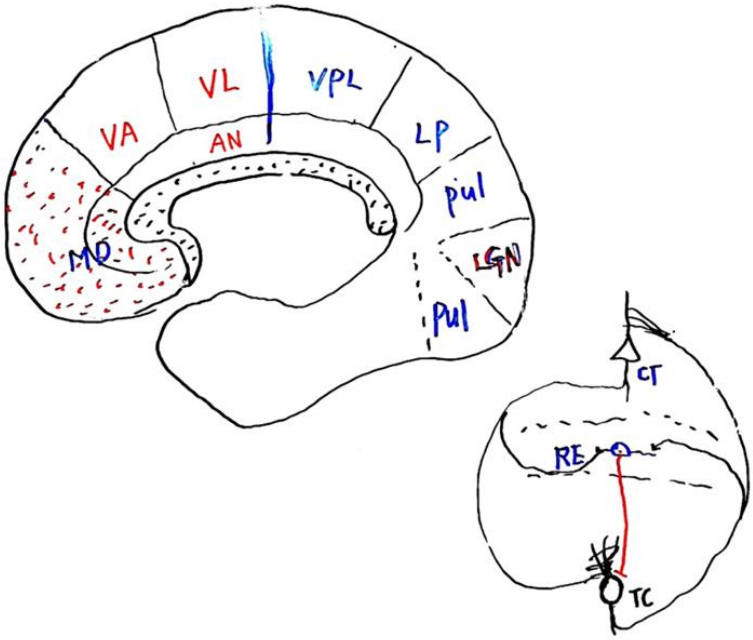
OFC와 mPFC는 본능을 처리한다. self이다. DLPFC는 모든 정보를 통합하여 working memory를 만든다.
최종 M1에서 나오는 것이 motor action이다. 운동이 나오는 과정에 시상의 운동 핵이 계층적 다중적으로 연결되어 있다. 운동에 self와 감정이 관여되어 있다.

말은 속여도 행동은 속일 수 없다. 행동은 말의 단계를 거쳐서 내려온다.
생각을 수 십 개 해야 그 중의 하나가 행동으로 나온다. 생각의 뿌리는 내 감정, 내 본능, 나의 내면의 세계이다.
시상이 교황곡을 지휘할 수 있는 이유가 발생 때부터 대뇌피질과 계층적, 다중으로 커뮤니케이션하기 때문이다.
발생 때부터 시상과 대뇌 피질은 손에 손을 맞잡고 있다. 시상과 대뇌피질이 서로 손을 마주 잡고 있는 이것이 우리의 의식의 흐름을 만들어 준다. 매 순간 강물처럼 흘러가는 의식을 이들이 만들어 준다.
thalamus- cortical communication이다. 그것이 우리의 생각이고 우리의 의식이다.

(2교시)
오늘 강의의 주제는 시상이다. 시상의 기능을 교황곡 지휘자라고 했는데, 시상의 10여개 핵이 발생 때부터 대뇌

피질과 연결되어 있다. 다음 그림은 시상과 대뇌 피질이 mapping되는 모습이다.





중심열을 기준으로 브레인의 앞 부분은 운동이고 뒤는 감각이다.

1차 운동 영역에는 VL핵이 연결된다. 위로부터 leg, trunk, arm, face 순이다.

PM(premotor) 영역은 시상의 VA핵이 연결되어 있다.

PFC와는 MD핵이 다중으로 연결된다. 일부 학자는 PFC의 정의를 시상의 MD 핵으로부터 투사 받는 영역이라고도 한다.

감각의 위 부분은 VPL(다리와 몸통)과 아래 쪽은 VPM(얼굴)이 연결되어 있다.

신 피질의 다중 연합 영역과는 LP와 Pulvinar가 연결된다.

pulvinar는 supramarginal gyrus area와 angular gyrus와 연결된다. 브로드만 39번과 40번인 이 영역은 언어와 도구 사용과 관련된, 인간을 인간으로 만들어 주는 영역이다. 청각, 시각, 촉각이 모두 모이는 영역이다.

pulvinar는 시상의 1/3정도로 크다. 인간에 와서 커 졌다. Attention에 관여한다. Attention은 시각의 고급기능이다.

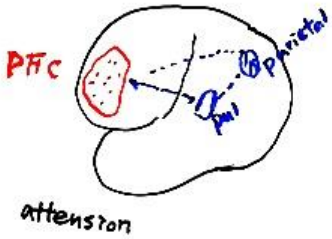
pulvinar는 연합시각 영역과 시냅스 한다.

후두엽의 시각영역과는 LGN이 연결되고, 측두엽의 청각 영역과는 MGN이 연결된다.

대뇌 피질의 대부분의 영역과 시상이 일대 일로 연결되어 있다.

대뇌 피질이 어떤 역할을 하는지 알고 싶으면 시상의 어느 핵과 연결되어 있는지 보면 된다.
MD핵은 affective loop(감정회로)의 중심이다. 운동에도 감정이 연결되어 있다.
시상을 이해한다는 것은 다층적이다.

브레인 내측은 CC(corpus callosum)을 먼저 그린다. CC를 대상회가 덮고 있다.
중심열 앞 쪽이 VL과 연결되고, 감정과 인지가 겹치는 영역은 VA가 연결된다. AN은 대상회와 연결된다.
MD는 PFC와 연결된다. Acc의 앞 부분도 MD핵이 관여한다. MD핵은 감정을 넘어 Self까지도 연결된다.
중심열 바로 오른 쪽에 있는 몸통과 다리에서 오는 촉각 영역은 VPL이 연결된다. VPL 오른 쪽은 LP와 연결된다.
1차 시각 영역(브로드만 17번)은 LGN과 연결되고, 시각 고유 피질인 19번은 pulvinar가 연결된다.
pulvinar는 시각 연합을 넘어 통합적 기능을 수행한다. Attention이다.



고 : 3% 개 : 7%

침: 11% 인: 30%

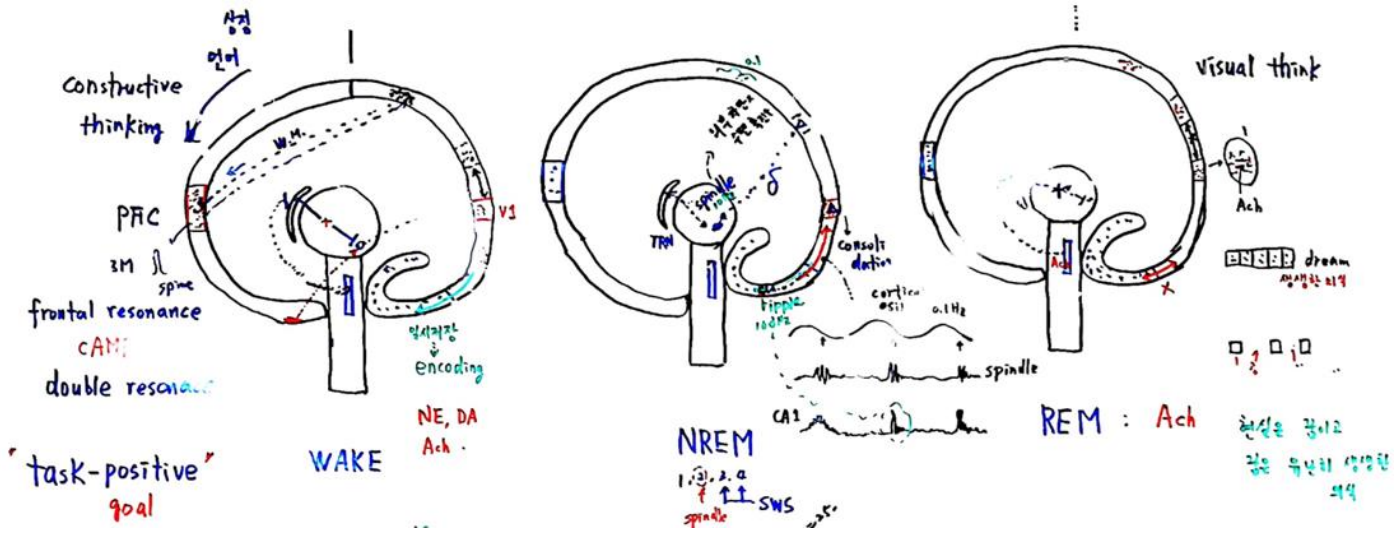
주의집중 능력은 대뇌피질 전체에서 PFC 영역이 차지하는 비율에 비례한다.
PFC의 비율은 고양이 3%, 개 7%, 침팬지 11%, 사람 30%이다. PFC 비율이 높으면 attention능력이 높다.
사람의 능력은 지능지수(IQ)가 아니라 attention능력이다. Attention은 예측능력과 관련이 깊다.

인류는 침팬지와 600만년 전에 갈라졌고 300만년 전에 직립했다. 250만년 전에 도구를 사용하였다.
대뇌피질보다 먼서 pulvinar가 커 졌다. pulvinar가 커 지면서 인간은 attention을 길게 할 수 있게 되었다.

또한 PFC-Pulvinar- Parietal cortex가 삼각 편대를 이루어 attention을 빨리 스위칭을 할 수 있게 되었다
주의의 삼각형이라고 불린다. 스위칭이 늦으면 스토커가 된다. 편집증이 된다.
빨리 스위칭을 할 수 있어야 다음 포인트로 넘어 갈 수 있다.

전문 운동 선수나 음악 연주자는 VL핵이 매우 발달한다. VL은 소뇌와 밀접히 연결되어 있다.
계획적이고 목적 지향적인 사람은 MD핵이 발달한다.

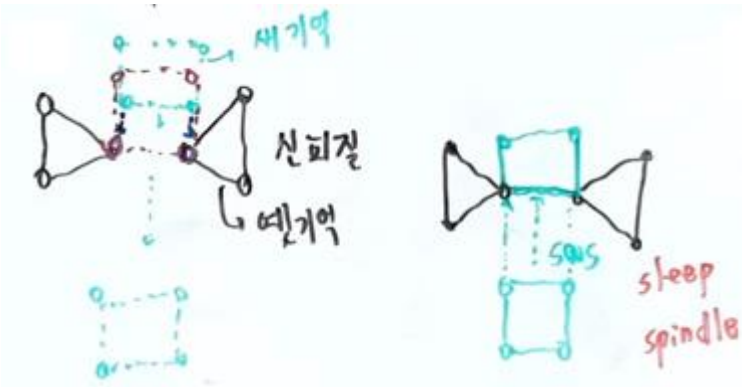
다음은 박문호 박사가 모델링한 이론이다.



그리는 순서는 대칭과 순서를 맞추어 직사각형 3개를 그린다. 브레인 스템(BS)이다.

뇌는 24 시간 동안 3가지 상태가 있다. Wake, NREM, REM 상태이다..
NREM은 REM이 아닌 서파 수면 상태이고, REM은 꿈을 꾸는 상태이다.
BS 안에 3가지 상태를 만드는 핵인 RF(reticular formation)핵을 그린다.
BS 위에 시상을 그린다. 시상 옆에 막처럼 있는 TRN(thalamic reticular nucleus)를 그린다.
TRN은 항상 시상을 억제하고 있다. 그 위에 대뇌피질을 그린다. 해마는 대뇌피질이 말려 들어가 있는 모습이다.
해마는 피질의 일부이다. 원시피질이라 한다.

깨어 있는 동안(WAKE)에는 우리가 사물을 볼 때 망막에서 LGN으로 신호가 간다. 이 때 RF에서 신호를 보내 TRN을 억제한다. 그러면 시상을 억제하던 TRN의 억제 기능이 해제되게 되어 신호가 대뇌피질 V1 영역으로 올라가게 된다. 이런 형태로 청각과 촉각도 올라간다.



감각 기간에서 받은 신호가 시상을 거쳐 대뇌피질로 올라가는 것이 일시적(temporary)으로 기억되는 것이다.
기억은 낮에 하는 것이다. 시각, 청각, 촉각을 통해 sensory input이 시상의 통제를 거쳐 감각연합피질로 올라간다.
새로운 기억(초록색 점선)이 대뇌 피질로 올라가서 대뇌 피질에 정착하려면 고리가 있어야 한다.
그 고리 역할을 비슷한 옛 기억이 한다. 그곳에 일시적 기억(붉은 색 점선)을 만든다.

새로운 기억(초록색 점선)은 해마로 내려와 일시 저장된다. 해마에서 기억의 점선이 실선으로 바뀐다.
이 과정을 부호화(encoding)라 한다. 이 부호화된 기억을 서파수면 2단계에 spindle에 실어 신피질로 보내어 저장한다. 옛 기억에 새로운 기억이 추가된다. 이것을 기억의 공고화(consolidation)라고 한다. 이렇게 기억이 계속 확장된다. 새로운 기억은 반드시 옛 기억을 통과한다.
통과한다 걸린다 링크된다 모두 같은 말이다.

PFC는 기억을 저장하지 않고 기억을 control하는 영역이다. 대뇌 피질에 있는 기억을 불러온다(working memory). 대뇌피질에 있던 기억이 PFC에 와서 일시적으로 시냅스 한다. PFC에서 공명(resonance)이 일어난다. 이것을 전두엽 공명(frontal resonance)이라 한다. 이때 cAMP가 촉진된다. 그러면 전두엽에서 일어 났던 공명이 대뇌피질로 옮겨가서 대뇌피질에서도 공명이 일어난다. 이 현상을 double resonance라 한다.
이런 현상은 task positive 상태에서 일어난다. 목적이 있어야 한다.

브레인이 행동을 하는 3가지 경로이다.

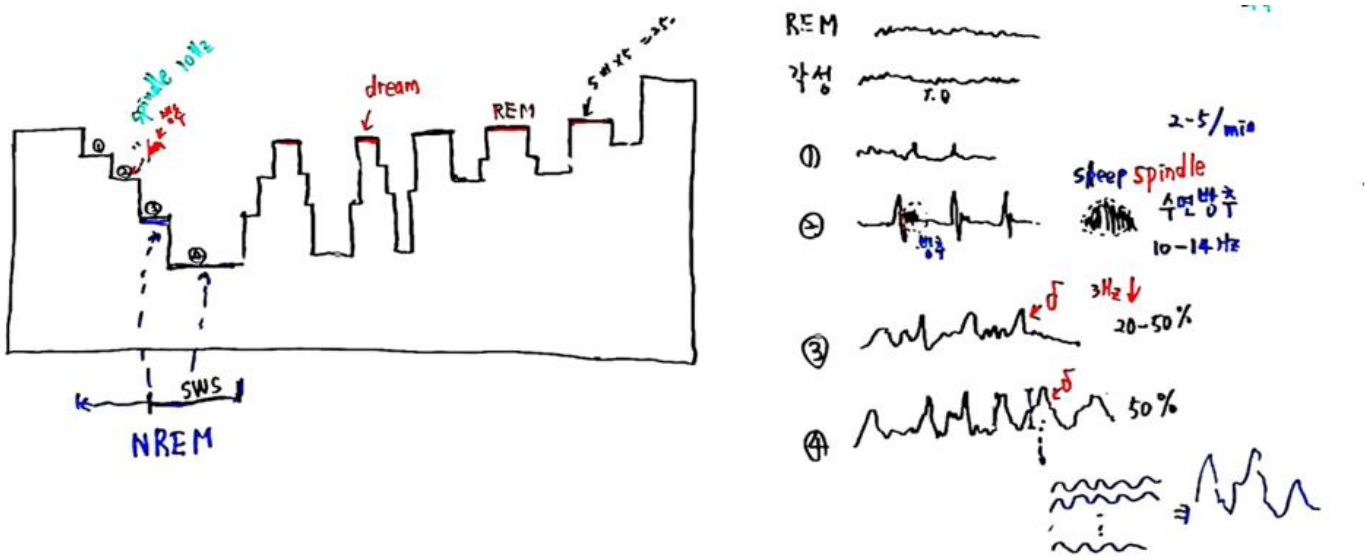
NAc는 보상(reward)과 관련이 있다. 그래서 reward driven approach를 한다.
어린애들은 과자, 장난감등 reward에 접근한다.

OFC는 value based decision을 한다. 사춘기에 접어들면 멋이 생긴다. Value가 생길 때이다.
모든 선택을 value based decision을 한다. 유행을 따라간다.

DLPFC는 goal directed control을 한다. 어른은 목표가 제일 중요하다.
Control은 goal을 위해 다른 욕망을 억제하는 것이다.

어른은 자기 목적이 방해 받을 때 화를 낸다. 운전할 때 화를 가장 많이 낸다.
목적훈련은 목적을 세우고 목적이 얼마나 달성되었는지를 항상 피드백 한다.
목표는 숫자로 구체적으로 세워야 한다. goal을 향하는 것이 task positive 상태이다.

수면의 모습이다.



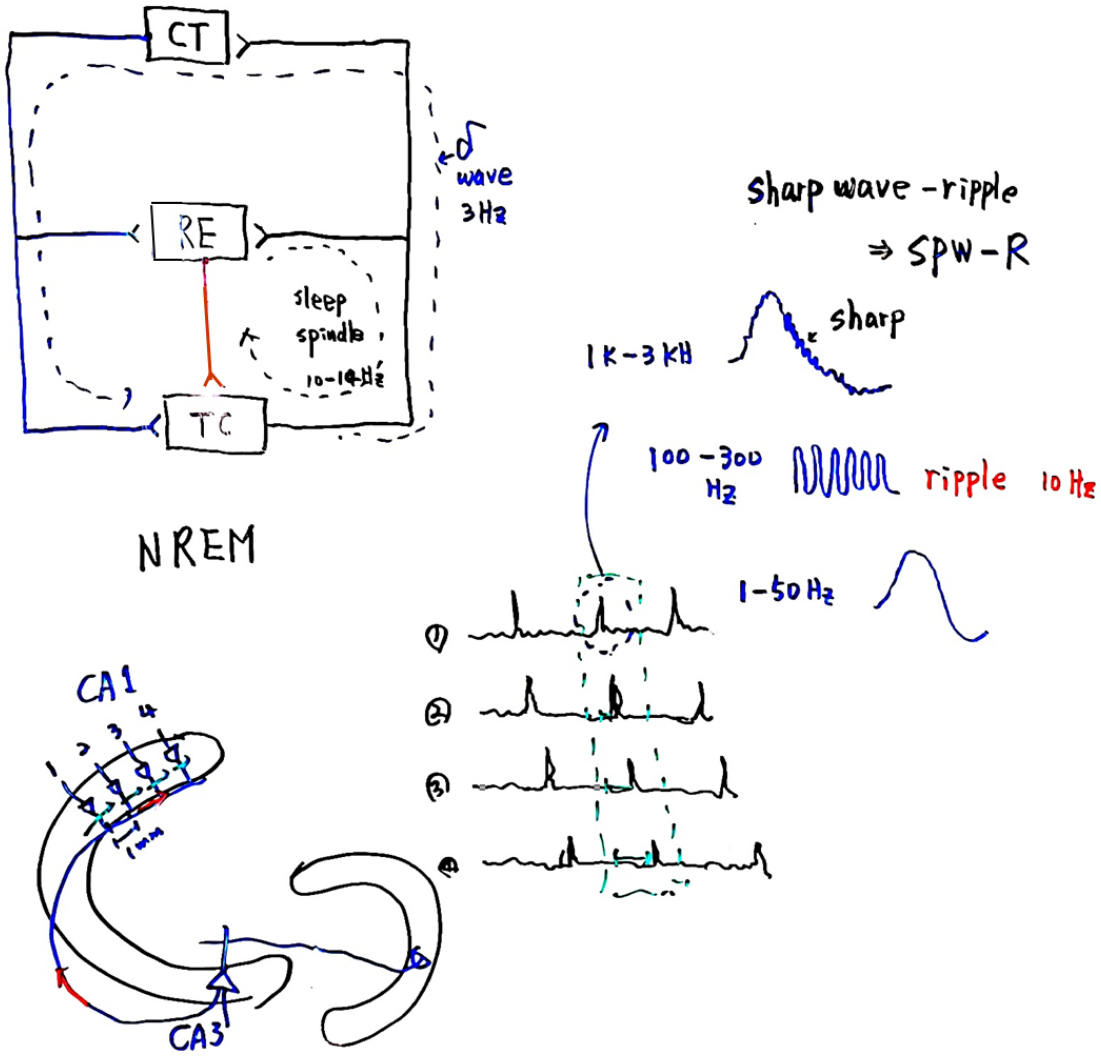
1단계 수면이 10분정도 지속되고, 2단계는 15분, 3단계도 15분, 4단계는 가장 깊은 수면으로 25분 동안 지속된다.
하루 밤에 5-6회 반복된다. 4단계 수면은 이후 줄어든다. 사람마다 다르다.
붉은 선으로 표시한 부분이 REM 수면이다. REM 수면은 갈수록 길어 진다.

1-4단계 수면을 합쳐 NREM수면이라 한다. NREM 수면 중 3단계와 4단계 수면을 합쳐서 서파 수면(slow wave sleep)이라고 한다. 3,4 단계 수면이 깊은 수면이다. 나이가 들면 4단계 수면이 줄어든다. 얕은 잠을 잔다.
깊은 잠을 위해서는 가급적 일찍 자는 것이 좋다. 새벽에는 꿈이 많다.

수면 단계별로 뇌파가 다르다.
2단계에서 K complex와 연동하여 굉장히 빠른 파가 나온다. 이 빠른 파를 sleep spindle 이라고 한다.
수면 방추(실패)라고 한다. 12-14Hz이다. 분당 2-5회 나온다.
3단계는 델타파가 나온다. 델타파는 3Hz이하이다. 3단계에서는 델타파가 20-50%가 나온다.
4단계는 델타파 비율이 50%가 넘는다.

델타파의 기원은 가지런한 파가 계속되면서 보강강습이 되면 큰 파가 나온다. Coherence wave가 나온다.
깊은 잠을 잘수록 브레인에 동기화된 큰 파형이 생긴다.
이렇게 되는 이유는 원래 브레인이 갖고 있는 resonance 때문이다. 브레인은 외부자극이 없는 잠을 자는 동안 브레인 고유의 파장으로 진동한다. 측정하면 델타파가 나온다. 그 뿌리는 TC-CT의 harmonic oscillation이다.
깊은 잠 동안 손에 손잡고 강강술래를 하는 것이다. 잠을 깊이 자면 브레인이 가지런하게 oscillation한다.

낮에는 이 파장에 모래를 뿌린 것과 같다. 모래에 의해 발생한 작은 파장들이 큰 파장에 간섭을 일으켜 파장이 부서져 흩어진다. 빠르고 진폭이 낮은 알파파가 된다. 각성 때 나오는 뇌의 파형이다.
서파수면 2단계 때에는 고요한 델타파에 Spindle이 실린다.
이 spindle에 낮 동안 일시적으로 저장했던 기억을 실어 대뇌 피질로 이동하여 저장된다..



TRN은 항상 시상 핵들을 억제하고 있다. 이 억제를 RF에서 다시 억제한다. 억제의 억제는 탈 억제가 된다.

TE(TRN)는 TC를 항상 억제한다. TC는 CT와 시냅스 한다. CT는 다시 TC와 시냅스 한다. 이 둘은 태어날 때부터 연결되어 있다. TC가 올라 가면서 곁가지를 RE에 보낸다. CT도 내려 오면서 곁가지를 RE에 보낸다.
이것이 NREM mode이다. TC와 RE를 돌면서 나오는 것이 sleep spindle이다. 10-14Hz이다.

TC와 CT 사이에서 만들어 지는 것이 델타파이다 3Hz 이하이다. NREM 때 일어나며 이것이 고유한 진동이다.
이 때에 해마에 있던 기억이 spindle에 실려서 대뇌 피질로 이동되어 저장된다.
새로운 기억은 옛 기억에 붙는다.이것을 기억의 공고화(consolidation)이라 한다.

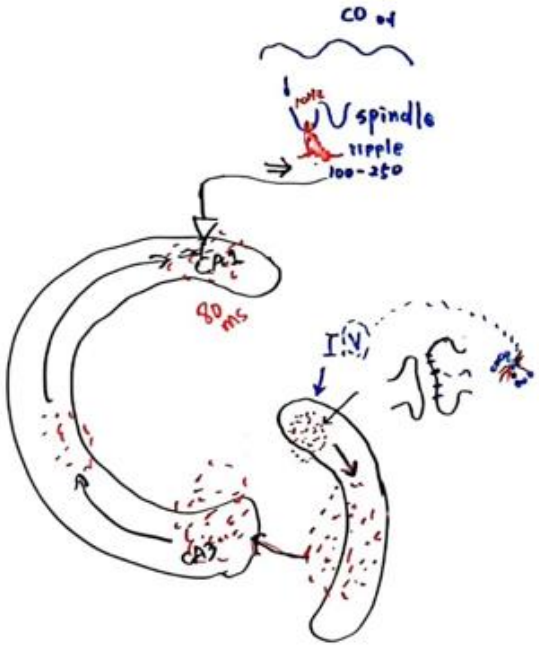
REM 수면 때에는 해마와 신 피질의 연결이 끊어 진다. REM 수면의 뇌파는 각성 때의 뇌파와 거의 같다.
WAKE 때와 같이 RF가 RE를 억제하면 시상이 탈 억제가 된다.
WAKE 때 나오는 신경조절물질은 노르에피네프린(NE)과 도파민(DA) 그리고 아세틸콜린(Ach)이다.

REM 수면 때는 아세틸콜린이 주도적이다. 아세틸콜린은 기억을 활성화 한다.
WAKE 상태에서는 기억들이 장거리 연결을 한다.
REM 수면 때에는 장거리 연결이 되지 않는다. 국지적이다. 꿈은 국지적 기억 속에서 이루어 진다.
한번의 REM 기간 동안 5개 정도의 꿈을 꾼다. 하루 저녁에 약 25개 정도의 다른 꿈을 꾼다.
꿈과 꿈 사이에는 연결이 되지 않는다.
하나의 꿈 속에서는 장면과 장면이 잘 연결된다. 그 연결을 원활히 하는 것이 아세틸콜린이다.
꿈에는 구멍이 없다. 영화의 스틸 장면처럼 연결이 촘촘하다. 꿈은 생생한(vivid) 의식이다.
대신 낮 동안의 의식에는 구멍이 많다. 낮에 ATTENTION을 유지하는 것은 30% 밖에 되지 않는다.

Sleep spindle의 역할은 외부 자극을 차단하고, 그리고 수면을 촉진한다.
대뇌피질의 고유한 진동수(0.1Hz)인 cortical oscillation을 이용하여 기억을 실어 나른다.

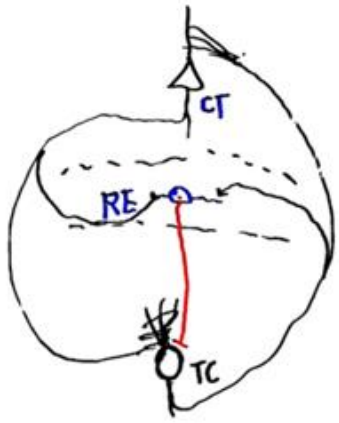
CA1에서 새로운 뇌파가 측정되었다. 이 파장을 1mm 간격으로 4개의 탐침을 꽂고 측정했다.
파장이 치상회-→ CA3-→CA1 방향으로 조금씩 이동하는 것이 관측되었다. 파장을 분석해 보았다.
1-3kHz 대역을 통과 시켰더니 고주파와 나왔다. SPW-R(Sharp wave ripple)이라고 명명했다.
다음은 100-300Hz대역을 통과 시켰더니 10Hz 정도의 가지런한 ripple파가 나왔다.
1-50Hz 대역을 통과 시켰더니 단일 곡선인 Sharp wave가 나왔다.
SPW-R파는 고주파인 sharp파에 ripple파가 중첩된 것이다.
Ripple과 Spindle을 조사 했더니 이들이 동기화 되어 있음을 발견했다.

spindle은 시상의 TRN이 만들고 Ripple은 해마의 CA3와 CA1이 만든다.
CA3에서 CA1으로 이동하는 것이 바로 기억이다.



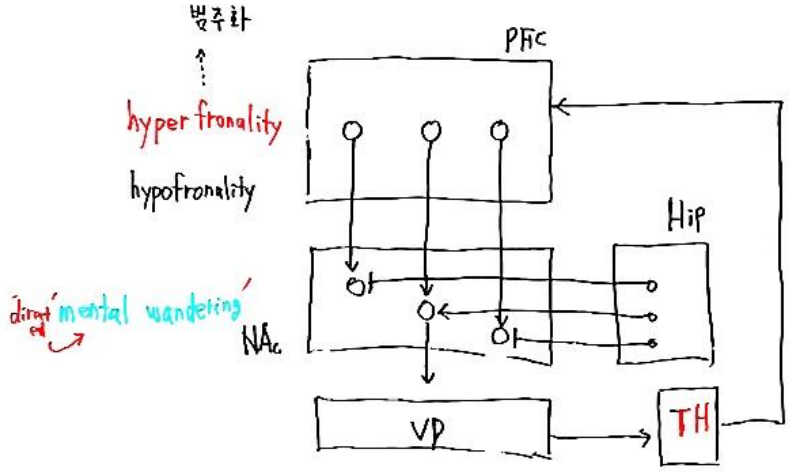
치상회에 전류를 집어 넣으면 수 만개 과립세포들이 전류의 영향을 받아 흥분한다. 과립세포 시냅스에 이온채널이 있다. 이온 채널은 아미노산 서열로 되어 있다. 아미노산 서열을 전원에 민감하도록 유전적으로 조작하면 이온채널에서 빛을 낸다. 흥분한 이온 채널에서 내는 빛을 특수 카메라로 촬영할 수가 있다.
흥분한 과립세포들이 이동하는 것을 볼 수 있다. 이동하고 나면 그 전에 있던 과립세포의 빛은 사라져 검게 보인다.

치상회에서 CA3그리고 CA1으로 이동한다. 걸리는 시간은 약 80ms정도이다. 기억이 이동하는 모습을 볼 수 있다. 80ms 지난 후 사진을 보면 기억이 대뇌피질로 모두 빠져 나가서 아무것도 보이지 않아 까맣다.
이제 인류는 기억을 눈으로 본다. 서파 수면 2단계에 이동한다.
기억을 담은 100-250Hz인 ripple이 10Hz인 spindle에 실린다. 서파수면 2단계에 Ripple이 spindle이라는 택시를 타고 대뇌피질로 이동한다. Ripple과 spindle이 동시에 생긴다. . Ripple- spindle co-occurrence가 일어난다.
대뇌피질로 이동할 때는 0.1Hz인 cortical oscillation을 타고 이동한다.
현실은 꿈 같고, 꿈은 유난히 생생한 현실 같다



TRN(RE)뉴런은 가지가 특이하게 옆으로 되어 있다. TC에서 CT로 시냅스 한다. 가다가 곁가지를 내어 RE와도 시냅스 한다. CT뉴런이 TC 뉴런과 시냅스 한다. 마찬가지로 곁가지를 내어 RE에 시냅스 한다.
RE는 TC를 억제하고 있다.

PFC와 시상과의 관계를 보여주는 그림이다..



당면한 문제가 3개가 있다. PFC가 문제를 NAc에 내려 보낸다. 해마가 조절하여 두 번째 문제만 VP로 보낸다. VP에서 시상으로 간다. 시상에서 다시 PFC로 보낸다. 반복하면서 강화된다.
이것을 전두엽 과활성(Hyperfrontality)라 한다. 우리 생체 기관은 너무 과하게 되면 항상 문제가 생긴다. 과유불급이다. 그러나 예외적으로 전전두엽은 강하면 강할수록 좋다. 부작용이 없다.

그것이 창의성이고 발산하는 과정이다. 이것이 인간을 우주까지 가게 했다.
전두엽 과활성은 좋은 것이다. 그러나 전두엽 저활성(hypofrontality)는 나쁘다

.
시상을 매개로 계속 반복되면 범주화가 된다. 범주화의 본질은 overlap되는 것이다.
다른 여러 상황에서 동일한 특성을 보일 때 그것을 그 사람의 특징이라 한다. 반복해야 한다.

창의성은 "directed mental wandering"이다. 방향 지워진 방황이다. 목적을 갖고 두리번거리라는 뜻이다.

피질에서 PFC로 보고할 때는 반드시 언어로 해야 한다. 상징을 써야 한다.

브레인은 0.1초 이내는 의식할 수 없다. 그런 과정이 수 만개 모여서 꽃을 보고 사랑을 느낀다.

꿈은 상징(언어)을 사용하지 않는다. 꿈은 이미지를 쓴다. 시각 장면을 그대로 사용한다.
낮 동안의 생각은 전적으로 언어로 되어 있다. 전전두엽에 보고할 때는 전적으로 상징으로 한다.
언어를 통한 구성적 사고(Constructive thinking)이다. 언어를 쓰면 어순을 바꿀 수 있고 한 단어에 엑센트를 줌으로서 구성적 사고가 가능하다. 감정 회로를 언어에 링크시킨다. 그래서 "어" 다르고 "아" 다르다.
visual로 구성을 하면 gap이 없다. 상징을 사용하지 않으므로 실물을 그대로 보여 준다.

NREM과 REM 상태에서는 PFC가 작동하지 않는다. 그래서 꿈에 현재가 없고, 목적의식도 없다.
꿈은 예측이 되지 않는다. 예측한 영역이 현재이다. 그래서 꿈에서는 스토리를 만들지 못한다.
꿈은 visual thinking이다.

브레인에서는 PFC, 해마, 시상이 제일 중요하다. 그것을 표현한 것이 저 모델링이다.
전전두엽이 현재를 만든다. 꿈에는 현재가 없다. PFC에는 언어가 관련된다. 상징을 쓴다.
Visual thinking과 constructive thinking 모두 의식적이다.

전전두엽은 탈착이 빠르다. Post it 같다. 우리의 사고가 탈착이 빠르다.
전전두엽의 기능은 통합이다. 내부욕망과 감정 그리고 기억을 통합한다. 이것이 현재이다.
과거 기억이 있기 때문에 예측이 가능하다. 현재에는 예측이 있어야 한다. 예측이 없는 현재는 위험해 진다.
예측이 있기 때문에 조정된 출력으로 행동을 선택하고 운동 명령이 나간다.
우리의 행동은 자기 예측의 실현이다. 예측 없는 행동은 할 수 없다.

행동보다 중요한 것은 예측이다. 폭포처럼 예측이 쏟아진다.
예측은 범주화를 바탕으로 한다. 범주화는 목적의식에 링크되어 있다.
화분을 정리하다가 벌집을 건드려서 벌의 공격을 받으면 먼저 파리채로 벌을 쫓다가 안되면 방으로 도망친다.
잠시 동안 파리채와 방은 벌을 피하는 수단으로 범주화 된다.

범주화는 초 단위로 만들어지고 분해되는 현상이다.
범주화는 시상이 유지해 준다. 운동도 회로를 돌고 욕망도 회로를 돈다. 회로를 도는 것이 범주화이다.
시상이 모두 잡고 있다. 시상이 오케스트라의 conductor이다.
수고하셨습니다.