

제 12 회 특별한 뇌과학 7 강 노트

(박문호 박사님 강의를 요약 정리한 내용입니다.)

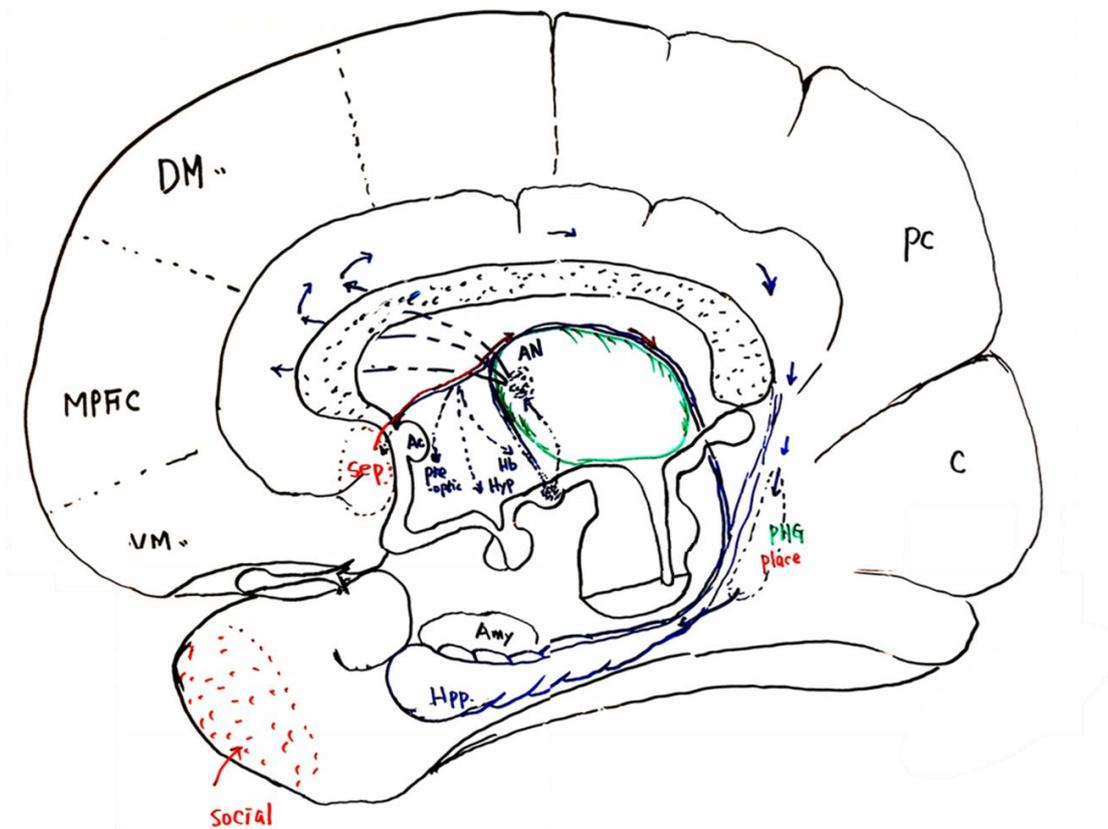
브레인의 앞쪽은 운동이고, 뒤쪽은 감각이다.

감각 중 시각이 70%, 청각 20%, 나머지(촉각, 미각, 후각) 10% 정도이다.

받아 들이는 정보 측면에서는 시각이 거의 90%로 압도적이다. 전체 포유류와는 다르다. 영장류부터 시각이 압도적으로 되었다.

Self, 의식, 판단력 등 브레인의 고급 기능은 안 쪽에 있다.

안 쪽 브레인을 그린다.(그리는 방법은 동영상을 참고하시기 바랍니다.)



AC(anterior commissure)는 좌,우뇌의 편도체를 연결한다.

뇌하수체 전엽은 샘(grand) 조직이고, 후엽은 신경 조직이다. 발생때부터 다르다.

유두체(mammillary body)는 limbic system 과 hypothalamus 그리고 brain stem 이 연결되는 지점에 있다. 시상하부 구성 요소의 하나이며 파페츠 회로의 일부이기도 하고 브레인스텨와도 연결된다.

AC 와 PC(posterior commissure)를 수평적으로 같은 위치에 그린다.

corpus callosum 은 좌뇌와 우뇌를 연결하는 2 억개의 신경다발이다. 앞 쪽을 genu 라고 하고 body 와 splenium(팽대)가 있다. 아인슈타인의 브레인을 해부하여 비교한 결과 팽대부분이 30% 정도 컸다고 한다. 주로 입체 공간을 처리하는 좌 우 두정엽을 연결하는 부위이다.

PC(precunius)는 self 와 default mode 에 중요한 부위이다. Cunius 는 삼각 김밥 모양인데 전적으로 시각을 처리하는 부위이다.

해마(hippocampus)는 안 쪽으로 말려 들어가 소시지 모양인데 상당히 큰 조직이다.
 해마의 출력 다발이 fornix 이다. 100 만개가 넘는 fornix 의 섬유 다발이 시상을 타고 돌아가서 유두체와 시냅스를 하고 유두체에서 MTT 를 타고 시상 안쪽으로 들어가 AN(anterior nucleus of thalamus: 시상전핵)과 시냅스 한다. MTT(mammillothalamic tract)는 파페즈 회로의 일부이다. AN 에서 ACC 로 간다. ACC 에서 cingulum 을 타고 PHC 와 EC 를 거쳐 다시 해마로 간다. PHC 는 place 를 처리한다. 해마에서 fornix 를 통해 나온 신호는 PFC, Septal area, POA, AN of Hypothalamus, MB, Habenular N, AN of thalamus 등으로 전달된다.

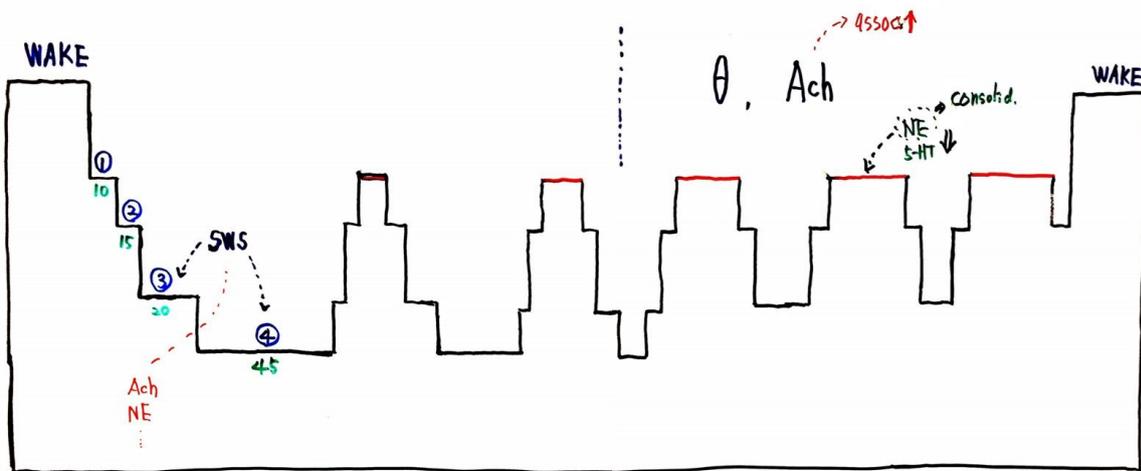
Medial PFC 는 DMPFC, MPFC, VMPFC 로 나누어 진다.

Septal area 가 감정을 처리한다. Septal area 에서 fornix 를 통해 역으로 해마로 들어 간다. 그래서 감정과 기억이 분리되지 않는다. 감정이 풍부하고 다채로운 사람이 총명하다.

TP(temporal pole: 측두극)에서 사회적 정보를 처리한다.

꿈을 통해서 기억을 관찰해 보자

수면의 단계를 나타낸 그림이다. 쉬운 것 같지만 연습이 필요하다.



수면에 방향이 있다

WAKE(각성)--->NREM--->REM--->WAKE 로 진행된다. 거꾸로 되지는 않는다.

단계별 수면 시간은 1 단계: 10 분, 2 단계: 15 분, 3 단계: 20 분, 4 단계: 45 분해서 한 주기가 약 90 분이다.

90 분 주기가 포유동물에 보편적이다.

3,4 단계를 서파수면(SWS: slow wave sleep)이라고 한다.

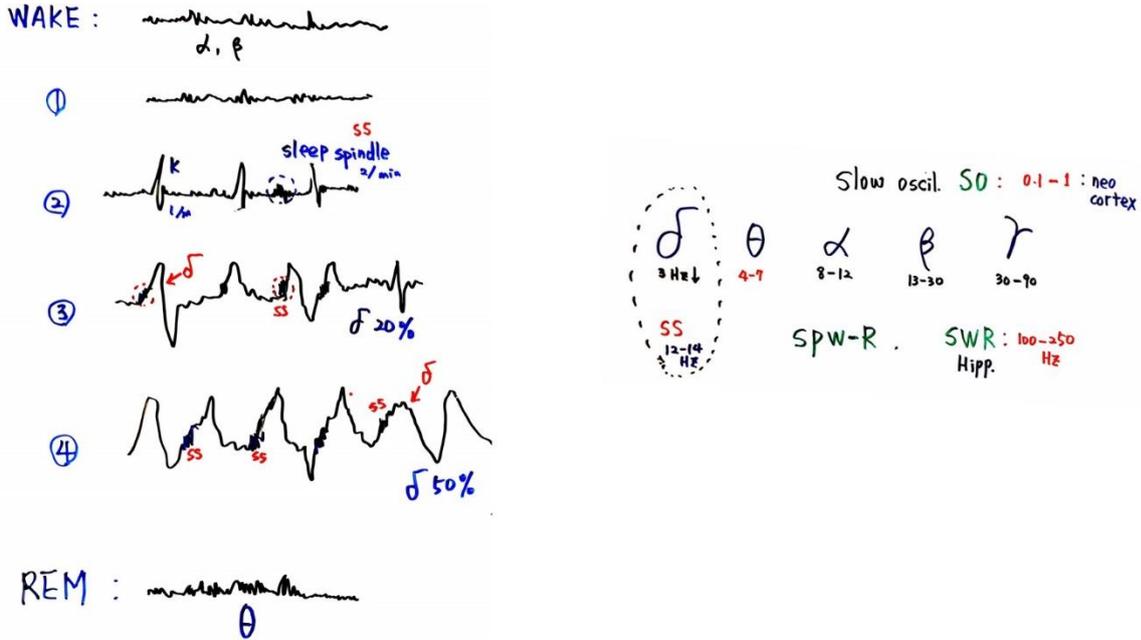
1,2,3,4 단계를 합해서 Non REM 수면이라고 한다.

반복 될 수록 4 단계 수면은 짧아지고, REM 은 길어진다. 특히 나이가 들면 4 단계 수면이 짧다.

전체 REM 시간은 약 90 분 정도이다. 주로 잠의 마지막 부분에 꿈을 많이 꾀다.
 꿈의 90%는 REM 상태에서 꾀다.
 잠에는 Body 가 쉬는 것과 brain 이 쉬는 것이 있다.

수면 단계별 뇌파를 그려보면 차이가 확실히 드러난다.

독일의 생리학자이자 정신과의인 한스 베르거가 1924 년에 처음으로 사람의 뇌파를 기록했다.
 그동안 뇌파는 간질환자와 꿈의 연구에 주로 이용되었다.



깨어 있을 때는 주로 α 파와 β 파가 주로 나온다.

1 단계는 WAKE 상태와 별 차이가 없다.

2 단계에는 SS(sleep spindle: 수면방추)과 K complex 라는 unique 한 파가 포함된다. SS 는 분당 2 개, K complex 는 분당 1 개 정도 나온다.

3 단계에는 δ 파가 포함되어 있다. δ 파의 비중이 20%-50% 정도 된다. δ 파 앞부분(up state)에 SS 도 붙어 있다.

4 단계는 δ 파의 비중이 50% 이상이다.

REM 수면 때의 뇌파는 θ 파가 조금 포함 된 것 말고는 WAKE 때와 별 차이가 없다.

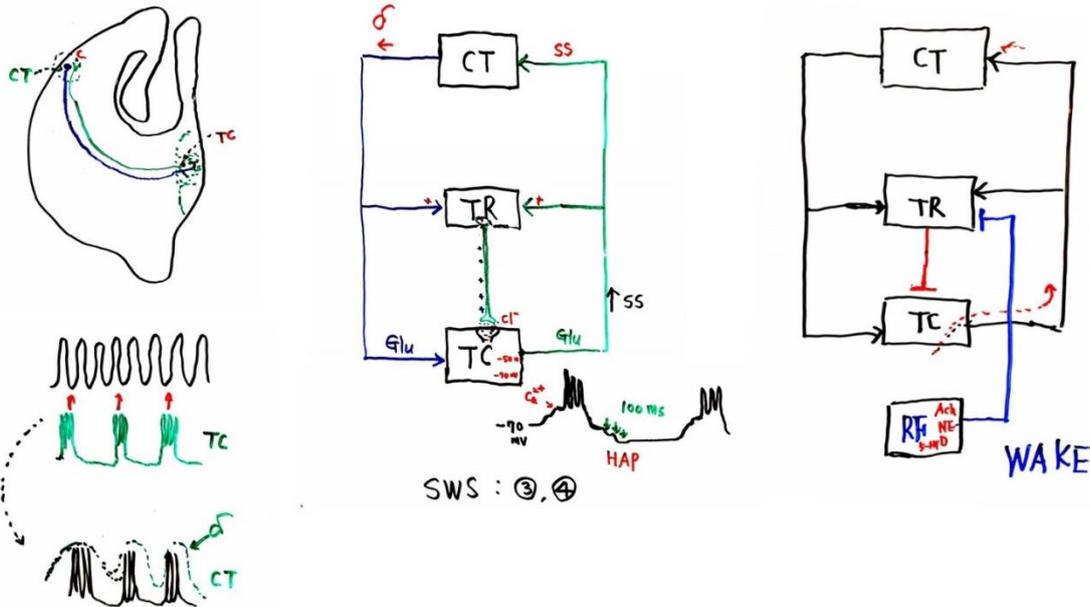
각 파의 파장은 δ 파: 3Hz 이하, θ 파: 4-7Hz, α 파: 8-12Hz, β 파: 13-30Hz, γ 파: 30-90Hz 이다.

δ 파 up state 부분에 있는 SS(sleep spindle)는 대개 12-14Hz 정도이다.

그리고 해마에서 만들어져 기억을 대뇌 피질에 전달하는 역할을 하는 SWR(sharp wave ruffle)은 100-250Hz 이다. 그리고 SO(slow oscillation)은 0.1-1Hz 정도이다. 브레인의 long range 연결이 SO 와 연결되어 있다는 것이 밝혀 지고 있다. SWR 만 해마에서 만들어지고 나머지 뇌파는 신 피질 전체에 존재한다.

깨어 있을 경우에는 아주 많은 자극이 입력되므로 파장이 짧은 α 파와 β 파가 많다.

가만히 내버려두면 자연에는 가지런한 고유 진동 Oscillator 들이 있다. 심장 박동도 조용히 있을 때는 가지런하다. 그러나 뛰어 다니면 심장이 요동을 친다. 브레인도 깊은 잠이 들었을 때 외부 자극이 없으므로 브레인 내의 진동자가 울린다. 서파 수면 때 뇌파 모습이다. 이 뇌파가 어떻게 생기는지를 아는 것이 중요하다. 뇌파는 뉴런의 집단들이 만들어 낸다.



TC(thalamocortical)뉴런과 CT(corticothalamic) 뉴런과 서로 신호를 주고 받는다. 이 두 세포의 연결은 발생 때부터 시작된다. 발생 때부터 TC 세포는 CT 를 향해 간다. TC-CT 세포의 연결은 specific area 끼리 한다.

TC 에서 CT 에 신호를 보내면 CT 에서 다시 TC 로 답신을 보낸다. 이 회로를 에델만이 dynamic core 라고 했다. 태아 때부터 자연이 만들어준 회로이다. 모두 glutamate 가 나오는 흥분성 회로이다. 태아가 성장함에 따라 TRN(thalamic reticular nucleus)이 발달하게 되면 TC 에서 CT 로 올라가면서 곁가지를 TR 에 보내고 CT 에서 TC 로 내려 올 때도 TR 에 곁가지를 보낸다.

잠잘 때는 TRN 이 TC 를 억제한다. TRN 은 시냅스에서 Cl^- 를 내보낸다. 그러면 TC 뉴런의 전압이 떨어져 활동이 일어나지 못한다. 즉 억제가 일어난다. 이 시스템은 잠을 자는 모든 포유동물은 태어날 때 갖고 나온다. 잠자는 동안 δ 파와 SS 파는 이 회로가 돌면서 나온다. AHP(afterhyperpolarization) 기간이 약 100ms 정도 되고 이것 때문에 δ 파가 생긴다.

잠잘 때 TR 와 TC 사이에서 sleep spindle 이 생긴다. 출발점은 TR 이다. TR 이 없으면 SS(sleep spindle)는 생기지 않는다. TR 이 pace maker 이다. TC 와 TR, 그리고 CT 가 함께 만드는 것이 delta wave 이다.

수면 3, 4 단계를 특징 짓는 δ 파와 sleep spindle 은 TC 와 CT 그리고 TRN 의 상호 관계에 의해 이런 진동이 발생하고, 파충류부터 인간을 포함한 모든 포유류가 공유하는데, 잠잘 때 일어난다.

잠을 자는 이유는 기억때문이다. 잠을 자지 않아도 다음날 육체 노동이나 운동을 하는 데는 크게 지장이 없다. 그러나 머리가 무겁고 생각이 잘 안된다. 상대방의 얼굴 표정을 잘 읽지 못한다.

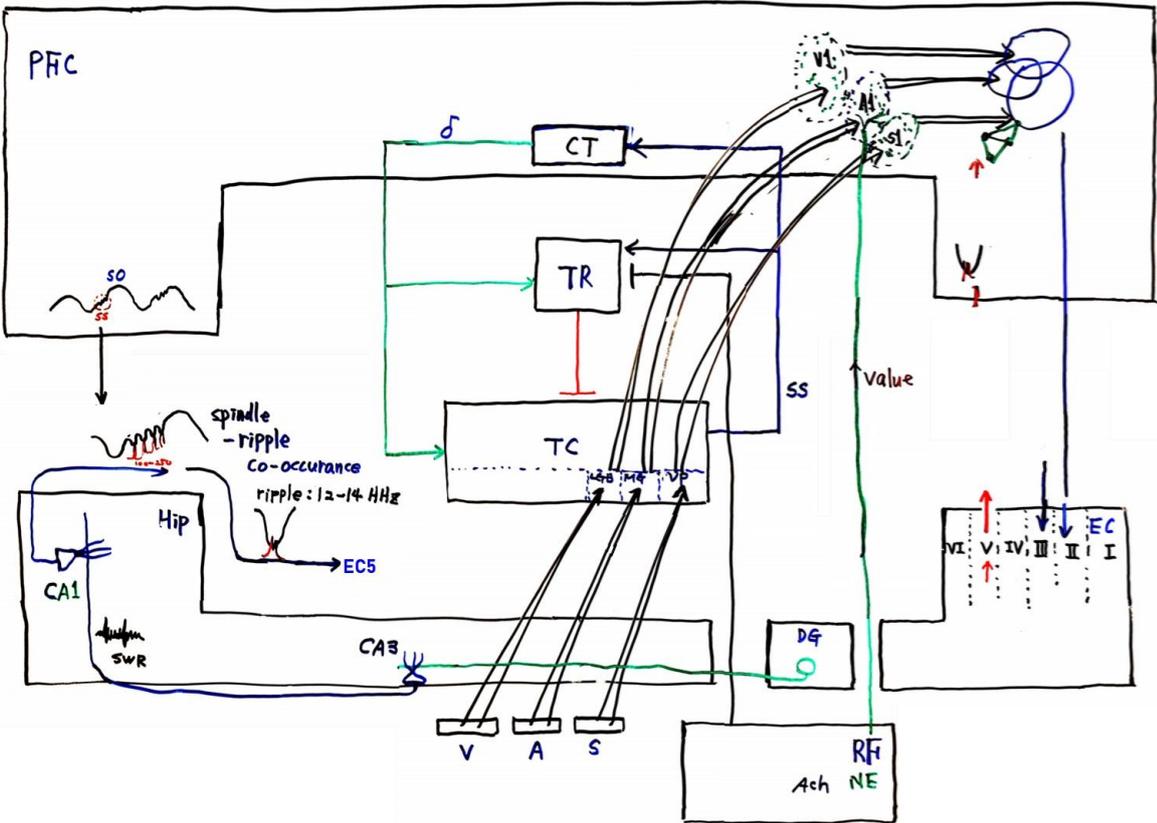
그리고 잠을 자는 동안 편도체를 reset 해준다고 한다. 꿈을 통해 감정을 분출함으로써 감정을 순화해 준다. 잠을 적게 자면 감정 영역이 훼손된다.

잠을 자는 동안 필요하지 않은 시냅스를 제거하여, 새로운 기억을 저장할 수 있도록 버퍼를 비우는 일을 한다. 뇌 속에는 빈 공간이 없다. 새로운 기억을 위해서는 새로운 spine 을 위한 공간이 필요하고 수면 중에 불필요한 시냅스들을 없애서 새로운 기억을 위한 공간을 만든다.

깨어 있을 때는 RF(reticular formation)가 TRN 을 억제한다. 억제의 억제는 탈 억제가 된다. 그러면 TC 를 통해서 감각이 CT 로 들어 간다.

RF 에서 Ach, NE, DA 그리고 5-HT 가 분비된다. Cortical arousal 이 일어 난다.

다음 그림은 두 그림을 한꺼번에 그린 그림이다. 신 피질과 시상, 해마가 모두 포함된 그림이다. (그림 설명은 동영상상을 참고하시기 바랍니다.)



해마는 Hip(hippocampus)와 DG(dentate gyrus) 그리고 EC(enthorhinal cortex) 3 부분을 나누어 그린다. DG 밑으로 RF 를 위치 시킨다.

TC 와 CT 그리고 TR 사이에서 SS 와 δ wave 가 생긴다.

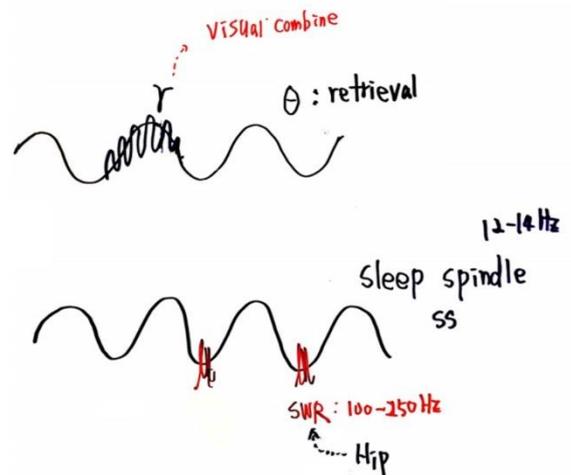
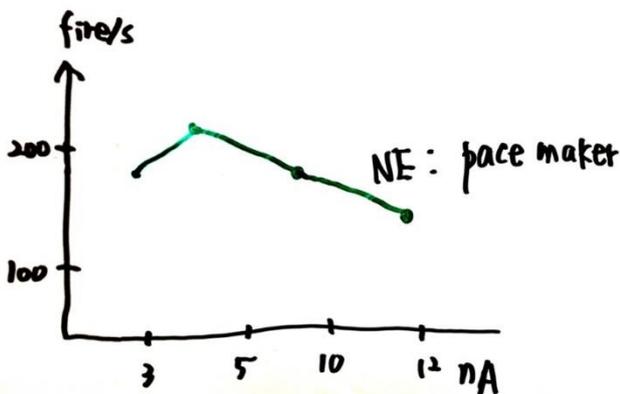
깨어 있을 때는 RF가 TRN을 억제하여 줌으로써, 감각판 Visual, Auditory, Somatic에서 TH에 있는 LGN, MGN, VP을 통해 1차 감각영역인 V1, A1, S1으로 감각이 올라간다. 1차 감각 영역은 map으로 되어 있다.

1차 영역에서 연합감각영역으로 간다. 연합감각 영역에서는 감각들이 overlap 된다. 에델만은 이를 두고 degeneracy 되었다고 한다. 감각들이 overlap 되면 대상이 출현한다. 그 대상을 상징으로 mapping하는 것이 언어이다. 연합영역에서 EC로 간다. EC는 6개 층으로 되어 있다. EC의 2번과 3번으로 들어온다. 나갈 때는 5번을 통해서 나간다.

DG에 있는 과립세포에서 mossy fiber를 통해 CA3 피라미드 뉴런으로 간다. CA3에서 Schaffer's collateral pathway를 통해 CA1 피라미드 뉴런으로 간다. CA1에서 나온 출력이 fornix를 구성한다. CA1에서 나온 출력은 EC의 5번으로도 간다. EC는 해마의 입출력 buffer이다. EC는 해마만큼 크다. EC의 5번에서 나온 출력이 다시 연합감각 영역으로 가서 새로운 기억을 구성한다. 기억은 항상 업데이트되고 새로워진다.

RF에서 나온 축삭 다발이 대뇌 피질 전체에 퍼진다. 만개에 불과한 세포에서 나온 신경전달물질이 100억개가 넘는 대뇌 피질 전체 뉴런에 스프링 쿨러처럼 살포된다. 세포는 20 μ m인데 그 축삭이 20cm나 된다 올라 가는 감각들이 잘 정착될 수 있도록 환경을 만들어 준다. 이 역할을 cortical arousal이라고 한다. 깨어 있을 때는 NE가 뿌려진다. Attention을 일으킨다.

서파 수면일 때 PFC와 해마 사이에 대화가 이루어진다. SO의 up state에 SS가 올라타게 된다. 이 SO에 올라 탄 SS에 해마에서 만들어진 SWR가 실린다. 이것을 spindle-ripple co-occurrence라고 한다. sleep spindle이 12-14Hz인데 SWR은 100-250Hz이므로 SS 한 파장 속에 SWR이 10여개 들어간다. 2019년 10월 실제로 사람한테서 SWR이 SS를 타고 이동하는 것을 측정한 논문이 나왔다. 기억이 해마에서 만들어져 피질로 이동하는 과정을 실제로 확인한 것이다. SWR이 정보(기억)이고 sleep spindle이 운송 수단인 것이다. 그래서 기억이 새로 만들어 지는 것이다.

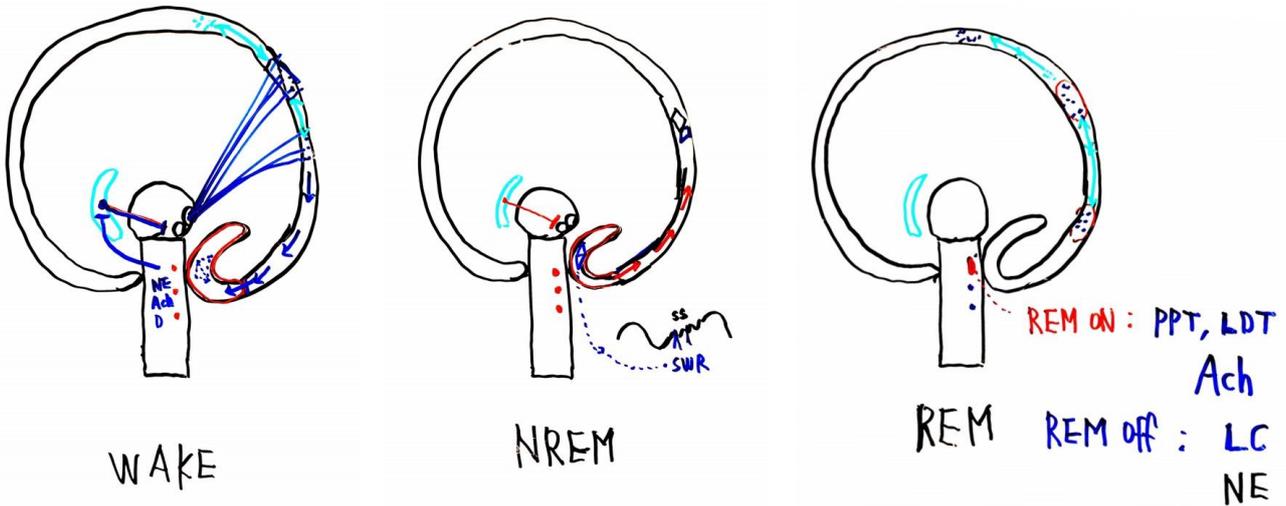


NE가 나오면 뉴런들의 firing rate가 2배까지 증가한다. 그래서 NE를 pace maker라고 한다.

(2 교시)

θ wave 에 γ wave 가 실린다. θ 파는 기억 인출(retrieval), γ 파는 visual combine 할 때 쓰인다.
sleep spindle(12-14Hz)에 SWR(100-250Hz)이 실린다. SWR 은 해마에서 만들어 진다.

브레인의 3 가지 상태인 WAKE, NREM, REM 을 요약 정리한 그림이다.



WAKE: RF 가 TRN 을 억제하여 감각이 피질로 올라간다. 피질로 올라간 감각이 낮 동안에 해마로 들어가서 기억을 일시 저장된다. 대뇌피질에서 기억들 간의 장거리 연결이 왕성하다.

NREM: Ach, NE, 5-HT 가 나오지 않는다. 밤에 sleep spindle 이 SO(slow oscillation)를 타고 해마에 있던 기억(SWR)을 이동시켜 대뇌 피질에 장기 저장한다. 기억은 옛 기억에 저장한다. RF 가 쉬고 있어, TRN 에 의해 감각은 차단되어 있다. 대뇌 피질이 고요한 상태에서 기억이 전달된다.

서파수면(SWS) 때는 Ach, NE, 5-HT 가 나오지 않는다. Ach, NE, 5-HT 는 유독 물질이다. 이들이 나오지 않을 때 spine 이 refresh(회복)된다고 한다. 그리고 서파수면 때 spine downscaling 을 한다. 잠을 자야만 새로운 spine 을 위한 공간을 만들 수 있다.

잠을 적게 자면 육체 노동은 문제가 없지만 생각은 어렵다. Spine 의 효율이 떨어진 것이다.

모든 것은 spine 이다. spine 이 기억을 만든다. spine 이 생기지 않으면 모든 것을 잃는다.

대부분의 정신병은 spine 과 관련이 있다.

REM: Ach 가 많이 나온다. NE 와 5-HT 는 나오지 않는다. Ach 가 많이 나오므로 연상이 활발하다.

고속도로가 끊어져 기억들 간의 장거리 통신은 되지 않는다. 고속도로가 slow oscillation 이다.

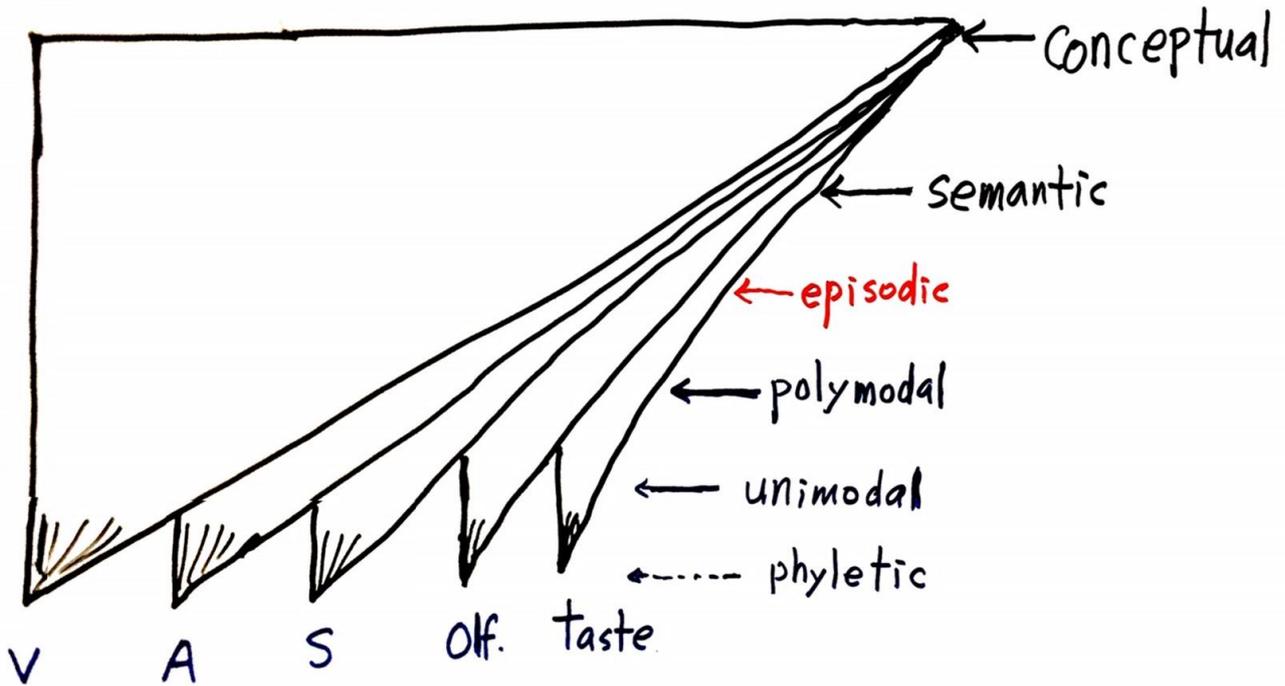
하루 저녁에 20 회 정도의 꿈을 꾀다. 하나의 꿈에서는 정서가 일관성을 갖는다.

REM 꿈에는 스위치가 2 개이다. REM ON 스위치가 PPT(pedunculopontine tegmental nucleus), LDP(laterodorsal tegmental nucleus)이다.

PPT, LDT 는 아세틸콜린 센터다. REM 상태에서는 θ 파가 나와서 기억을 불러온다. 그리고 아세틸콜린이 폭발적으로 많이 나오므로 그 불러온 기억들 간 과잉 연결 현상이 일어난다.

REM OFF 스위치는 LC 이다. LC 에서는 NE 가 나온다. NE 가 나오지 않으므로 consolidation 과정이 일어나지 않아 대부분의 꿈은 기억이 되지 않는다.

REM 수면 때는 해마와 전 전두엽이 연결되어 있지 않다. REM 중에는 DLPFC 가 작동하지 않는다. 그래서 장소, 시간, 인물, 행동의 단절이 일어난다.



각각 시각, 청각, 체 감각, 후각, 미각을 나타낸다.

뾰족한 부분이 종 본연의(phyletic) 감각이다.

다음 단계가 unimodal 단계이다. 다음이 polymodal 단계이다. 시각을 예로들면, 색채, 형태, 움직임 각각은 시각의 unimodal이고, 색채, 형태, 움직임이 합쳐진 것이 시각의 polymodal이다.

다음 단계를 episodic이라고 한다. 시각, 청각, 촉각 등 각각의 감각이 overlap 되어 장면을 형성하는 단계이다. 장면의 연쇄가 스토리이다.

다음 단계가 semantic이다. 스토리를 모두 듣고나면 의미가 남는다.

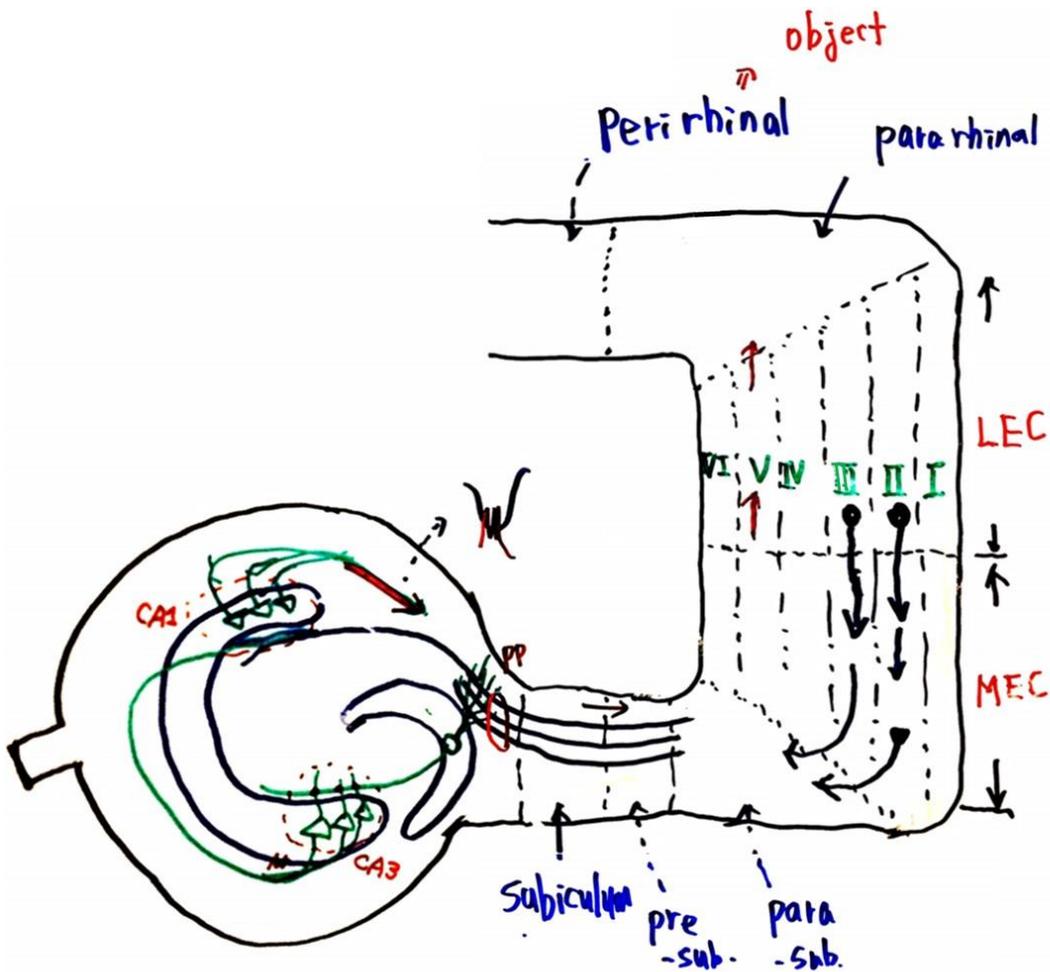
마지막이 conceptual이다.

개념은 각각의 감각이 최고의 정보를 가질 때 개념으로 바뀐다.

해마에는 polymodal 상태로 들어온다. Polymodal 상태가 스냅 사진이고 스냅 사진이 연쇄되어 해마에서 공간적 상관관계가 만들어 진다. 장면은 장소와 사물의 결합이다. 사물은 PRC(perirhinal cortex)에서 처리 되고, 장소는 PHC(parahippocampal cortex)에서 처리 된다.

해마를 다시 그려 보겠다.

(그림 설명은 동영상을 참고하시기 바랍니다.)

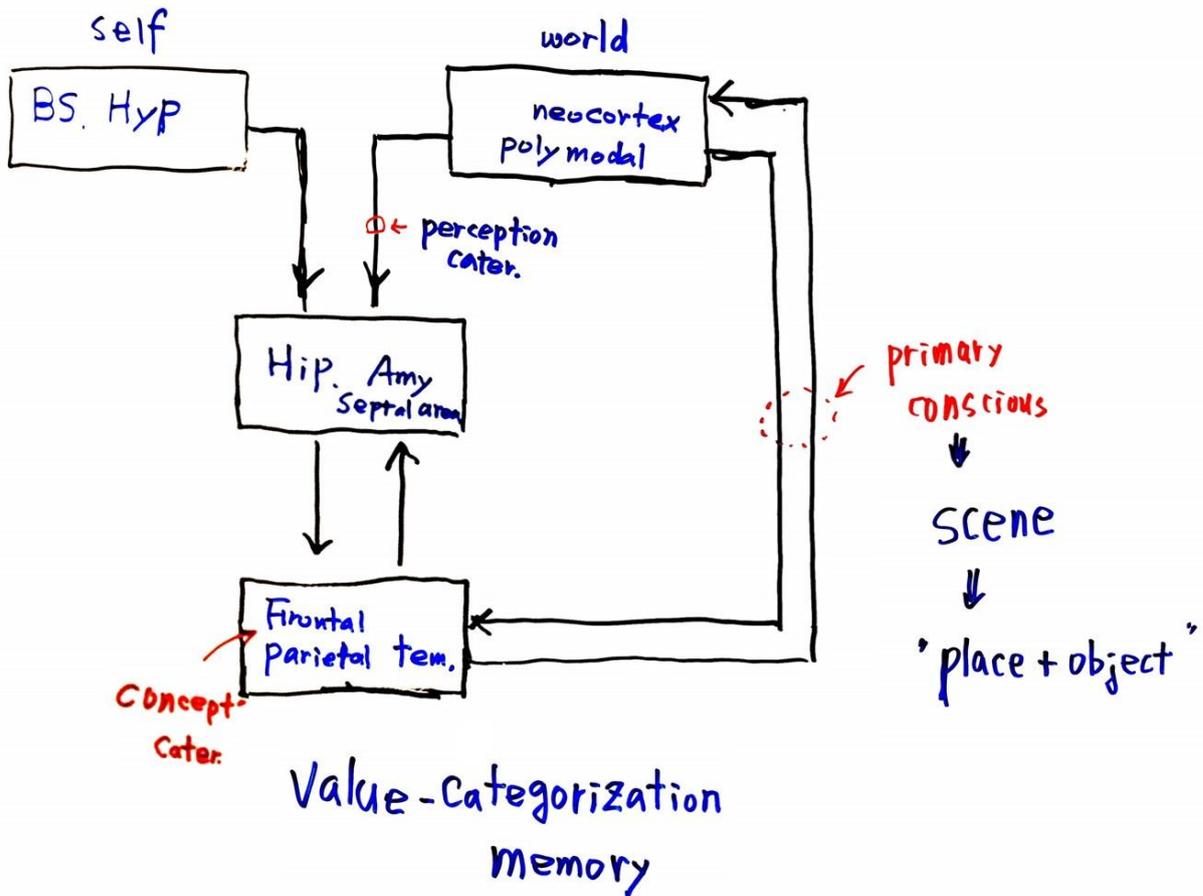


LEC(lateral enthorhinal cortex)

MEC(medial enthorhinal cortex)

LEC에서 2번과 3번 층에서 뉴런이 나오고, MEC에서는 2번층에서 뉴런이 나온다. 3가닥 뉴런이 PP(perforant pathwat)를 거쳐 DG(dentate gyrus)에 있는 과립세포와 시냅스한다. 과립세포에서 나온 축삭인 mossy fiber가 CA3 피라미드 뉴런과 시냅스한다. Mossy fiber 와 CA3 피라미드 뉴런과 시냅스가 등간격을 이루고 있는데 이 시냅스를 detonater라고 한다. 브레인에서 가장 강한 actin potential 이 생기는 시냅스이다. CA3에서 CA1으로 간다. CA1에서 나오는 출력 다발이 LEC 5번층을 통해 처음 왔던 감각 연합피질로 다시 간다. 기억은 끼리끼리 모인다.

다음 그림이 에델만 모델이다.



Self가 만들어지는 부위가 Brain stem과 Hypothalamus이다.

World가 출현하는 곳은 신 피질의 1차 및 2차 감각 연합영역이다.

Self와 world가 만나는 곳이 hippocampus, Amygdala 그리고 Septal area이다. 그리고 frontal, parietal, temporal cortex로 간다. 운동을 포함한 다중 감각연합 영역이다.

에델만 모델의 하이라이트는 1,2차 감각 연합영역과 frontal, parietal, temporal cortex가 실시간으로 양 방향으로 연결된다는 것이다. 이 연결이 1차의식이며, 에델만은 장면(scene)의 생성이라고 했다. 장소와 사물이 결합한 것을 장면이라고 한다. 장면은 정확히 스냅 사진이다. 1차의식에는 시간이 없다.

해마에서 다루는 것은 순서까지는 있지만 시간은 약하다. 호모사피엔스에게 시간은 언어를 통해서 출현했다. 그것을 고차의식이라고 한다.

이렇게 한바퀴 돌고 나면 1,2차 감각피질에서 지각의 범주화가 일어나고, frontal, parietal, temporal cortex에는 개념의 범주화가 일어난다.

개념을 만들어주는 빵 틀이 가치이다. 가치는 brain stem에서 나온다. 인간은 가치에 의해 형성된 기억들을 갖고 있다. 감정이 가치이다. 에델만은 이 모델 하나로 30년동안 뇌과학 전부를 설명한 학자이다.

꿈은 장면으로 구성되어 있다.

에델만은 <뇌의식의 우주>에서 지각(perception), 심상(mental image), 느낌(feeling)은 비표상적(non representation) 기억이라고 했다. 비표상이란 장면으로 되어 있고 조작할 수 없다.

- perception, mental image, feeling

⇒ non-representation

느낌은 떠오르는 것이다. 떠오를 뿐 내가 어떻게 할 수 없다. 어떤 사람을 생각할 때 이미지가 떠오르는 것은 내가 조작할 수 없다. 핵심은 조작할 수 없다는 것이다.

우리의 정신작용은 조작할 수 있는 것과 조작할 수 없는 것이 있다. 조작하는 것이 표상이다. 표상은 언어(language)의 덩어리이다. 언어는 조작할 수 있다. 어순을 바꿀 수 있고, 엑센트를 넣을 수 있다.

우리는 어떤 말을 하기 전에 내가 무슨 말을 할 것인지 알고 있다.

꿈이나, 느낌, 심상은 조작할 수 없다. 꿈은 언어가 매개하기 전, 동물상태가 반복되는 것이다.

그러면 낮에 우리가 공부하고 기억하는 것은 무엇인가?

초등학교 때부터 지금까지 한 공부의 90% 이상은 언어로 되어 있다. 표상 기억이다.

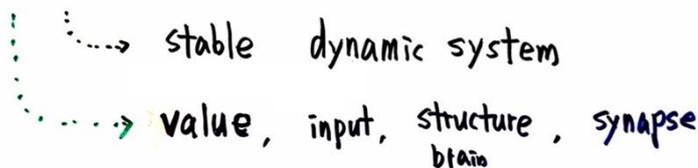
표상 기억과 지각, 심상, 느낌은 구분해야 한다. 느낌, 지각, 심상은 조작할 수 없고, 언어로 되어 있지 않다. 꿈의 내용에도 언어로 된 것은 극히 일부이다.

에델만은 "심상은 표상이 아니다"라고 말했다. 표상은 언어를 말한다.

표상(언어)에서 출현한 것이 시간이다. 두 번째 출현한 것이 인과율이다. 언어를 사용하면서 순서를 바꿀 수 있게 되었다. 시간은 순서 개념이다. 인과율은 모든 일에 결과가 원인을 앞설 수 없다는 것이다. 인과율은 순서의식이다. 언어가 만들어 준 그림자가 인과율이다. 동물은 인과적으로 행동하지 않는다.

인과는 동물이전에는 없었다. 인간 이후에 출현했다. 자연에는 인과율은 없다. 자연에 없는 인과를 인간이 인과적으로 해석하게 된 원동력이 표상(언어)에서 나왔다. 자연에 있는 것은 상관관계이다. 언어의 본질은 순서이다. 짧은 구문이라도 거꾸로 말하기 힘들다. 순서에 그만큼 민감하다.

- memory ⇒ constructive recategorization



Memory → constructive recategorization

기억은 구성적 재범주화이다. 기억은 매 순간 새롭게 구성하는 과정이다.

기억은 안정적(stable)이고, 또한 기억은 동적 시스템(dynamic system)이다.

인간 브레인에서 기억을 만들어 주는 4가지 요인은

- 1)value system
- 2)invironment input
- 3)brain structure
- 4)synapse change

기억은 stable 해야한다. 그러나 한편으로 동적특성을 갖는다. 미약한 자극도 비선형적으로 증폭될 수 있다. "어" 다르고 "아" 다르다. 비 선형적 자극에 대하여도 적응하기 위해 진화된 비상한 능력이다. 기억은 open 시스템이다. 언제든지 변화를 수용할 수 있도록 진화되어 왔다. 그것이 constructive recategorization 이다.

체화는 서술로 대체될 수 없다. 존재(Being)가 먼저이고, 서술(Description)은 그 다음이다.

선택은 논리로 대체되지 않는다. 자연선택은 논리에 선행한다. 논리는 뒤에 만든다.

에델만의 이론은 neural group selection 이론이다. 진화론만 있으면 무생물 바위에서부터 인간의 상상까지 모두 만들어 낼 수 있다고 주장한다. 그만큼 자연선택을 중시한다.

행동은 이해에 선행한다. 이해 없이도 행동은 일어난다. 동물들은 논리 없이도 문제를 해결한다.

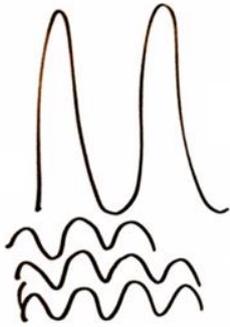
의식이 없는 상태 중 하나가 간질이다. 간질 발작 후 전혀 기억을 못한다. 그 시간 동안 의식이 사라진 것이다. 간질 발작 시 뇌파의 파장이 굉장히 크다.크다는 것은 coherence가 일어난 결과이다. 모든 상태가 하나로 결맞아진 결과이다. 상태의 개수가 적으면 의식이 사라진다.

에델만의 주장에 의하면 의식은 고등한 분별이다. 상태의 수가 많은 것을 의식이라 한다.

에스키모는 눈을 설명하는 형용사가 40여 가지가 된다고 한다. 그들에게는 눈이라는 환경이 생존에 절대적이므로 눈을 의식하는 레벨이 우리의 10배나 된다. 의식은 구별되게 카운트할 수 있는 상태의 개수이다.

간질 발작이 일어난 경우 상태가 하나 밖에 없고, 상태가 하나로 모아졌기 때문에 진폭이 크다.

우리가 의식이 없는 두 번째 사례가 NREM 수면 이다. 파장이 길고 진폭이 큰 델타파가 50% 이상 존재한다.



상태가 모두 같다. 이런 것을 coherence하다고 한다. 상태가 같은 파를 모으면 진폭이 큰 파가 나온다. 상태의 개수가 적으므로 의식이 되지 않는다. 의식은 세분화된 상태이다. 감각질(qualia)은 상태 수가 무지하게 많다. 상태수가 너무 많기 때문에 감각질은 다른 것으로 환원이 불가능하다.

에델만의<뇌의식의 우주>에서 가장 중요한 개념은 "표상"이다

인간 브레인을 알기 어려운 이유는 언어에 오염되었기 때문이다.(01:28)

우리 정신 작용의 90%는 언어이다. Science는 전적으로 언어이다.

이미지는 비표상이다. 조작할 수 없다. 전 시간에 공부한 G-quadruplex라는 용어가 자연을 표상화(언어화)한 예이다.

표상(언어)의 가장 큰 특징은 조작할 수 있다는 것이다. 조작할 수 있기 때문에 논리구조나 감정을 심을 수 있다. 브레인 속에는 사칙연산이나 미.적분을 풀 수 있는 구조는 없다. 반도체는 그런 회로를 구성할 수 있다. 우리의 두뇌의 연산작용은 언어의 논리적 구조가 심어준 것이다. 문화가 만들어 준 것이다. 우리가 하고 있는 위대한 수학과 과학은 논리구조이다. 자연에는 논리구조가 없다. 논리구조는 표상세계(언어)에서 왔다. 언어는 주어-동사-목적어라는 논리구조로 되어 있다.

세계가 언어로 구성되었다고 한다. 맞는 말이다. 그러나 그기에 빠진 것이 nature이다.

Nature가 남아 있는, 언어가 거의 없는 세계가 꿈이다. 꿈은 조작할 수 없다. 꿈은 동물의 세계이다.

꿈은 느낌의 세계이다. 느낌은 조작할 수 없다.

"느낌과 감정은 영향은 받지만 명령은 받지 않는다". 감정이 생기는 것은 내가 조작할 수 없다.

언어(표상)는 조작할 수 있다. 언어가 조작가능한 결정적 증거는 내가 다음 무슨 말을 할 지를 내가 알고 있다는 것이다. 그러나 다음에 무슨 꿈을 꿀지는 모른다. 꿈의 스토리는 지어낼 수 없다. 그것이 비표상의 세계이다. 비표상의 세계는 조작이 불가능하다.

비 표상의 세계에 사는 생명체가 동물이다. 인간도 1차의식이 동작하는 언어가 없는 꿈에서는 비 표상의 세계에 산다. 그러나 언어가 동작하는 낮의 세계에 들어오면 표상의 세계이다.

표상의 세계는 논리와 문화의 지배를 받는다. 논리의 세계에서는 우주까지 이해가 가능하다.

에델만을 제대로 이해하면 뇌과학이 어디까지 갈 수 있는지 볼 수 있다.

기억은 4가지 구조의 상호작용으로 일어나면서 매 순간 세계를 재범주화하는 지속적 과정이다. 한 순간도 멈춰있지 않다. 우리가 생각했던 기억은 모두 언어로 된 기억이다. 초등학교 때부터 배운 거의 대부분이 언어로 된 기억이다. 그러나 기억은 그것 만이 아니다. 그 기억은 논리의 세계이고 과학의 세계이다. 동물에는 없는 기억이다. 문화를 통해서 이루어진 것이다. 문화는 언어에서 생긴 것이다. 언어의 조작 가능성, 표상성이 워낙 강했기 때문에 우리는 그것이 없는 세계를 상정하지 못했던 것이다. 표상이 없는 세계가 동물의 세계와 꿈이다.

인류가 언어를 갖게된 후부터 인과율이 생겼다. 언어의 본질은 순서이다. 우리는 인과율에 구속된 존재이다. 에델만은 "장면은 우리를 현재에 고정시키고, 심상은 잠시 현재를 벗어나게 해준다"고 말한다. 우리는 장면에 구속되어 있다. 시간이란 독재자에 구속된 것이다. 현재는 "기억된 현재"이다. 과거의 모든 물결이 끝단에 와 있는 상태가 현재이다. 현재는 기억을 통해 매 순간 갱신되어 가는 과정이다.

동물이 하는 기억과 꿈에서 나타나는 기억은 장면으로 구성되어 있다. 꿈에는 본질적 감정이 들어 있다. 꿈은 "정서의 시각적 상영"이다. 정서와 감정은 조작가능하지 않다.

지각은 매 순간 창조되는 과정이다. 우리는 동일한 세계를 볼 수 없다. 매 순간 달라진다. 우리가 매순간 어떤 것을 보거나, 듣거나, 냄새를 맡는 과정은 순수하게 창조적 과정이다. 한번도 전과 같을 수 없다.

기억, 지각, 느낌, 감정은 비 표상의 세계이다. 언어에 오염되어 있지 않다. 이때 기억은 비표상 기억이다. 언어로 된 기억 말고도 우리가 갖고 있는 기억의 실체는 풍경화적으로 심상을 울리는 엄청나게 많은 기억의 바다가 있다.

에델만을 통해 비표상의 세계로 들어 가면 nature를 만날 수 있다. 그 nature를 만날 때 언어가 second nature라는 것을 알게 된다. 에델만의 "second nature"라는 책이 있다.

표상적 기억을 통해 만들어 낸 세계가 second nature이다. 고차의식과 언어를 통해 만들어낸 세계이다. 그것은 자연에 없는 것이다. 그래서 제 2의 자연이라고 한다.

(수고하셨습니다)