

(박문호 박사님 강의를 요약 정리한 내용입니다)

오늘 강의는 생각이다.

감각 지각 생각 순이다. 감각과 지각 사이는 인과 관계가 아니다.

감각은 시각, 청각, 촉각이다. 감각은 전용라인을 통해 들어간다. 감각은 map을 형성한다.

30억년 전에 나온 단세포 생물인 박테리아는 자극에 대한 반응만으로도 잘 살아간다.

15억년 경 다세포 생물이 출현했다. 여러 세포들이 모여서 된 다세포 생물은, 기능이 분화되었다.

앞으로 나아가기 위해서 감각 기관이 생겼다. 감각 수용기는 2차원 평면이다. 망막과 달팽이관, 피부 모두 2차원 평면이다. 그 평면이 map을 구성한다.

시각과 청각은 map을 느끼기가 쉽지만, 촉각은 손가락을 등에 대면 그 손가락 위치가 느껴 진다.

그것이 map이다. 그리고 각 세포들 간에 소통을 위해 신경 시스템이 생겼다. 신경 세포는 감각 세포와 운동 세포를 연결하는 중계 기관인 것이다.

감각map과 운동 map이 overlap되는 일이 발생한다. 이러한 overlap은 여러 곳에서 일어난다.

SMG에서는 사지의 위치를 안다. 위치를 아는 것과 감각이 overlap 될 수가 있다. 여기서 제스처가 나온다.

이것이 상징의 출현이다. 상징(symbol)은 감각 map과 운동 map이 overlap되어 일어난 사건이다.

나의 팔 다리의 위치를 아는 것은 운동 map이다. 내가 전달하고자 하는 것은 감각 정보이다. 감각 정보와 운동 정보가 overlap되면 제스처가 나온다.

오케스트라 지휘자를 생각해 보자. 지휘자가 들은 각 악기의 소리와 본인의 음악적 느낌을 실어서 지휘(몸동작)를 하는 것이다. 소리를 듣고, 자신의 머리 속에 있는 음악을 손가락 운동으로 표출하는 것이다. 지휘는 제스처에서 발전한 것이다. 제스처는 상징이다. 상징이 생각으로 가는 지름길이다.

감각과 운동이 중첩되면서 상징이 출현한다. 그것이 인간이 쓰는 제스처이다. 그 제스처를 음성으로 코딩한 것이 언어이다. 상징을 몸동작으로 코딩한 것이 제스처이고 음성으로 코딩한 것이 언어이다.

생각은 전적으로 언어이다. 생각이 무엇이냐고 묻는 것은 언어가 무엇이냐고 묻는 것과 같은 것이다. 우리 생각은 90% 언어이다. 100만년 전 구 석기 시대 인류의 생각은 지금 우리의 생각과는 완전히 다르다.

생각에는 생각의 대상이 출현해야 한다. 대상은 감각이 모인 하나의 사물이다. 생각의 대상을 지향성이라고 한다.

About what이 있어야 한다.

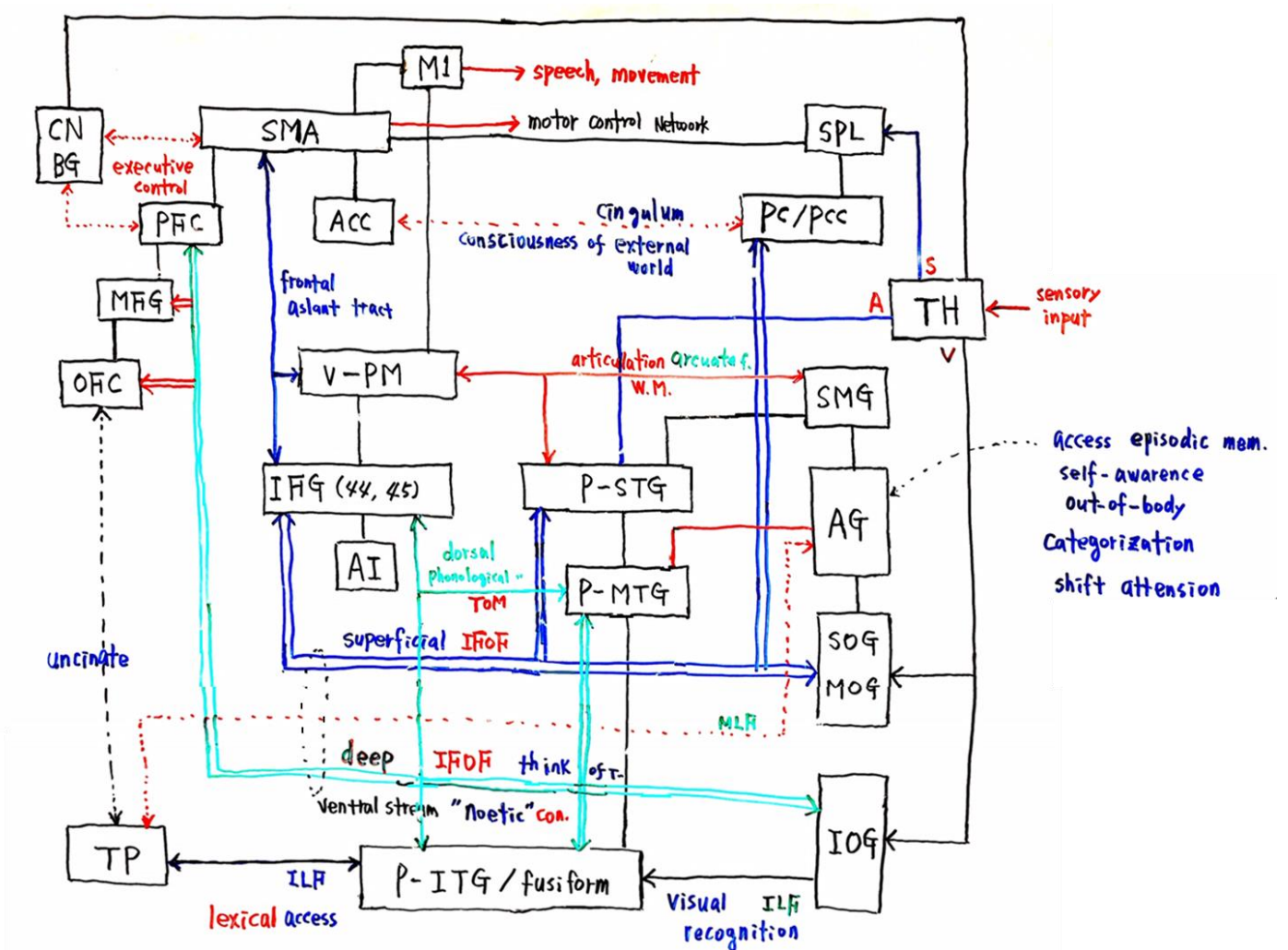
About what이 아닌 생각이 있다. 우리 브레인 80%를 몸 상태 관리에 쓴다.

15%는 이미지이고 5%만이 생각을 한다.

그래서 생각을 잘 해야 한다. 생각은 언어이다.

언어를 우리 뇌가 어떻게 처리하는지가 중요하다.

언어 처리에는 뇌의 21개 부위가 관여 된다. 네이처 리뷰 페이퍼에 나온 내용이다.



거의 대부분 대뇌 피질 영역이다.

시작은 시상에서 한다. 다음은 PC(precuneus, 7번)와 Pcc(23,31번)이다. DMN의 센터들이다.

위에 SPL(superior parietal lobule)이 있다. PC/Pcc와 SPL이 직선으로 연결되어 있다.

화살표 없이 직선으로 연결된 것은 U fiber로 연결된 상태이다. 바로 옆에 있어서 태어나면서부터 연결되어 있다.

시상 밑에 SMG(supra marginal gyrus, 40번)가 있다. 제스처와 공감을 처리하는 부위이다.

SMG는 AG(angular gyrus, 39번)와 연결되어 있다.

AG는 Episodic memory에 access할 수 있다. 그러므로 self-awareness가 가능하다. 또한 잘못되면 out of body가 일어난다. 그리고 범주화(categorization)가 일어나고, attention shift가 일어난다.

AG와 시각처리 고위 피질인 SOG(superior occipital gyrus)와 MOG(medial occipital gyrus)가 연결된다.

SMG가 p-STG(posterior superior temporal gyrus)와 연결된다. P-STG는 p-MTG와 연결된다.

p-MTG는 p-ITG 및 fusiform gyrus와 연결된다.

SPL과 같은 높이에 SMA(supplementary motor area, 8번)를 그린다. PM은 외부에서 기인한 움직임에 대응하는 운

동을 처리하고, SMA는 내부에서 기인한 운동을 처리한다. 대표적으로 자세를 취하거나 말하고 싶은 의도를 만들어 주는 영역이다. SMA에 문제가 생기면 말하고자 하는 의욕이 없어 진다. SMA와 M1이 연결된다.

브레인먼저 driving force를 만들고 출력한다. 생각을 100번 정도 해야 운동이 하나 정도 나온다. 생각이 많이 모여서 운동으로 나간다. 먼저 욕망(desire)과 motivation이 있어야 한다. 동물은 이것이 약하기 때문에 항상 가만히 있다. 인간은 운동을 하게끔 계속 부추기는 영역들이 진화되어 왔다. 그래서 8000m 산에 오르고, 42.195km를 달리고, 우주에까지 나갔다.

M1에서 v-PM(ventral premotor, 6번)으로 연결된다. v-PM은 SMG와 같은 높이에 그린다. v-PM은 발음을 하는 부위이다. PM에는 Mirror 뉴런이 있는 곳이다. 따라 하기를 한다.

브로카 영역은 발음을 만드는 영역이 아니다. 발음의 음가를 계산하는 곳이다. 직접 발음을 하는 영역이 v-PM이다. 인간은 간판이나 문자를 보면 속으로 읽는다. 속으로 발음하지 않고는 책을 읽을 수 없다. 인간은 문자를 보는 순간 발음을 하게 된다. 고대 사람들은 소리를 내어 읽었다. 낭독과 낭송을 했다. 중세에 와서야 묵독을 할 수 있게 되었다. v-PM은 바깥으로 발음하는 영역이고 브로카 영역은 안으로 발음하는 영역이다.

SMA와 연결되어 있는 영역이 Acc이다. Pcc와 같은 높이로 그린다.

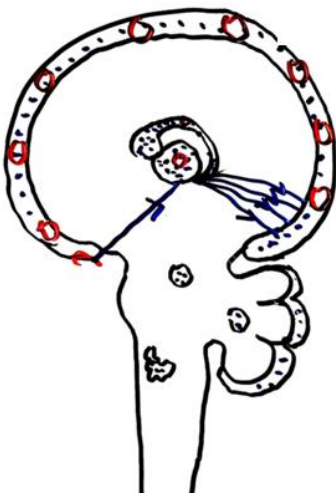
v-PM과 연결되는 부위가 IFG(inferior frontal gyrus, 44,45번)이다. IFG가 브로카 영역이다.

SMA 밑으로 PFC, MFC 그리고 OFC가 연결된다.

IFG와 AI가 연결된다. AI는 사회적 정서를 처리하는 영역이다.

그리고 CN(Caudate nucleus)과 BG(basal ganglia)가 시상과 연결된다. 화살표가 아니라 U fiber로 연결되는 것을 유의해야 한다 시상과 연결되면 운동출력으로 나갈 수가 있다.

연결되지 않은 2 부위가 있다. IOG(inferior occipital gyrus)와 TP(temporal pole)이 있다. TP에는 사회적 정서가 모이는 곳이다.



브레인에서 신경 세포가 있는 부위가 점으로 찍혀 있다. 대뇌 피질과 소뇌 피질에 신경 세포가 있다. 그리고 대뇌 기저핵, 그리고 시상, 올리브 핵, 적핵, 소뇌 심부핵에 신경 세포가 있다. 나머지 흰 부분은 신경 섬유들이다. 위의 도표는 신경 세포들 중에서 생각과 관련이 되는 20여 곳을 추출해 낸 것이다.

생각을 만드는 부분은 대뇌 피질부분이다. 대뇌 피질은 감각을 재료로 상징과 언어를 만드는 곳이다.

대뇌 피질 아래 부분은 통증과 본능, 혈당, 체온, 이산화 탄소 농도 등 몸 상태와 관련된 일을 하는 곳이다. 대뇌 신 피질에서 하는 것이 생각이다.

사람은 몸 상태 관리에 에너지의 80%를 쓴다. 나이가 든다고 저절로 현명해 지지 않는다. 오히려 지적 수준이 낮아질 수 있다. 나이가 들수록 몸 상태 관리에 더 많은 시간을 쓴다.

일반인도 제대로 된 생각은 5%에 불과하다. 그 5%마저도 생각의 속성에 의해서 스위칭 한다.

생각(언어)에 대뇌 피질 전체가 관여하고 있다. 연결 망도 20여개가 넘는다. 이 총체적 결과로서 일어나는 것이 우리의 생각이다. 그래서 생각에도 표층적(superficial) 생각이 있고 심층적(deep) 생각이 있다. 회로가 다르다.

그러면 연결 망을 보도록 하자.

먼저 시상으로 감각 자극이 들어 온다. 체 감각(통증, 온도, 압력, 진동, 고유감각)은 SPL로 들어 간다

청각은 p-STG로 간다 시각은 SOG/MOG와 IOG로 들어 간다

시각은 IOG에서 ILF(interior longitudinal fasciculus)를 통해 p-ITG와 TP(temporal pole)로 간다. IOG와 p-ITG 사이에서 시각재인(visual recognition)이 일어난다. P-ITG와 TP 사이에는 Lexical access가 일어난다.

OFC와 TP 사이에는 Uncinate fasciculus가 연결되어 있다. 연결회로에서 화살 표가 없는 것은 U fiber이다.

언어처리에서 중요한 IFG와 SOG/MOG가 양 방향으로 연결된다. 이 회로의 이름이 superficial IFOF(inferior fronto occipital fasciculus)이다. 이 회로는 p-STG와 PC/Pcc와도 연결된다.

Deep IFOF는 PFC에서 IOG까지 연결되어 있다. 이 하이웨이는 MFC와 OFC와도 연결되어 있으며 또 p-MTG와 p-ITG와도 연결되어 있다. 대뇌 피질에서 가장 긴 신경섬유다발이다

현대 언어학에서 뇌 과학 쪽으로 가장 중요하게 생각하는 것이 IFOF이다. 전두엽과 시각 처리하는 후두엽이 링크되어 있다. 언어의 이중 이론에서 Deep과 superficial IFOF를 ventral stream 이라고 한다.

Deep IFOF를 noetic consciousness 라고 한다. Thinking of thinking이다. Meta thinking이다. 사고에 대한 사고를 하는 것이다.

말을 많아 하면 META 사고가 되지 않는다. 말은 사고가 아니다. 정교한 운동이나 급한 운동을 할 때는

Thinking 이 중지 된다. 자동적이면서 가장 정교한 운동은 말하기이다. 말하기와 문자 언어 생활은 구분해야 한다.

잡담할 때는 생각이 깊을 수가 없다. 말을 하면 생각이 끊어 진다. 말과 생각은 병행할 수 없다.

몸동작을 할 때도 생각이 끊어 지지만 익숙한 길을 걷는 산책은 깊은 생각에 도움이 된다. 운동과 감각 입력이 멈추었을 때 생각이 잘 된다. 그런 상태가 좌선이다.

발음을 하려면 말을 하고 싶다는 내적 욕구가 있어야 한다. 무슨 말을 할 것인지 만들어 내어야 한다.

이 발음하는 회로가 언어의 dorsal stream 이고, IFG 와 p-MTG 와 p-ITG 를 연결한다.

여기서는 발음을 하는 것이 아니라, 발음을 내부적으로 coding 하는 곳이다.

구체적인 발음(articulation)은 SMG 와 v-PM 및 p-STG 와 연결된 AF(arcuate fasciculus)를 통해 이루어 진다. 이것이 working memory 이다. 중얼 중얼 그린다.

시각은 즉각적이고, 감각의 지연이 없다. 그러나 청각은 지속된다. 청각은 반복적이다. 리허설은 발음으로 반복하는 것이다. 찬송가와 염불은 반복한다. 소리는 브레인에서 자동적으로 반복한다. 반복을 통해서 자동적으로 기억된다. 600 만년 동안 진화해온 AF 를 통해 이루어 진다.

이 회로는 의미 없는 단어를 따라 할 수 있다. 처음으로 문자를 배울 때 A, B, C, D 나 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ 은 의미가 없어도 반복하여 따라 하면서 배운다. 어릴 때는 말을 따라 하면서 배운다. AF 가 반향 언어 회로이다. 반향 언어증은 어른이 되어도 남의 말을 계속 따라 하는 증상이다.

언어에 감정이 실리는 회로가 Acc 와 Pcc 가 연결되는 cingulum 이다. 그래서 "아"다르고 "어"다른 것이다. Acc(24,32,33 번)는 정서의 브레인이고 Pcc(23,31 번)는 감각의 브레인이다.

Acc 와 Pcc 는 신경 세포의 조직 형질이 서로 다르다. 세포의 조직 형질이 다르므로 기능이 다르다. 진화적으로 순수 감각과 감정이 cingulum 을 통해 링크되는 것이다. 감정이 실린 말은 의식이 된다. 여기에서 Consciousness of external world, 객관적 세계가 출현한다.

Mentalizing 에는 human factor 가 들어 간다. Mentalizing 의 핵심은 타인의 의도를 읽는 것이다. PC 와 Pcc 가 self 가 출현하는 영역이다. 그리고 나의 자전적 기억을 인출해 볼 수 있다.

이 도표가 언어에 대한 것이지만 한편으로는 우리의 정신현상 전체를 설명하는 도표이다. 우리의 생각은 90% 언어로 되어 있기 때문이다. 생각은 언어로 되어 있다. 이 도표는 우리의 생각을 설명하고 있다.

CN 과 BG 가 SMA 와 양방향으로 연결되어 있다. CN 과 BG 가 PFC 와도 양방향으로 연결되어 있다.

이 회로에서 지금 실행하는 운동을 조율한다(Executive control). 말에 대한 control 이다.

말에 대한 control 은 쉽지 않다. 감정이 격할 때는 어렵다.

PFC 가 진화가 진행 중이어서 아직 미숙하기 때문이다.

조율이 끝나면 말을 한다. SMA 에서 motor control 을 하고 M1 에서 방아쇠를 당긴다. 그러면 Speech 와 movement 가 나온다. 말은 행동을 불러 온다. 진화적으로 링크되어 있다.

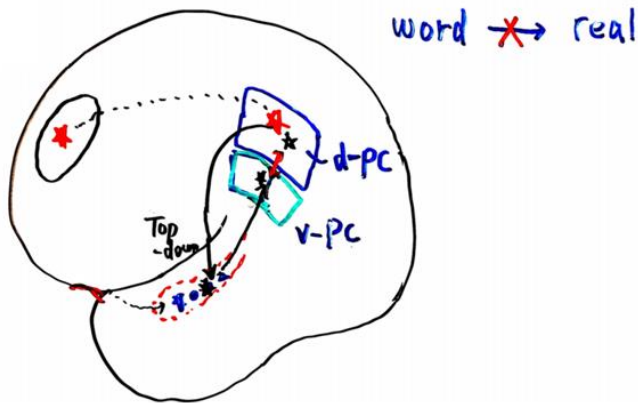
브레인은 5 억년에 걸쳐 진화해 왔으나, 말하는 능력은 20 만년 정도 밖에 되지 않는다. 그래서 말은 꼬집어 내어야 한다. Spontaneous speaking(44 번)과 speech(45 번)는 다르다. Speech 의 driving 회로가 FAT(frontal aslant fasciculus)이다. SMA 와 v-PM(6 번)및 IFG(44, 45 번)를 연결하는 회로이다. SMA 는 말할 의욕을 일으킨다. 말은 말할 의지가 동반 되어야 한다.

21 개 뇌 부위가 상호작용을 통해 하나의 생각이 만들어 진다.

사회적 브레인에 속하는 TP 와 AG 가 연결된다. 이 회로 이름이 MLF(medial longitudinal fasciculus)이다.

AG 의 기능은

1) Access to episodic memory, 2) self-awareness, 3) out of body, 4) categorization, 5) shift attention 등 이다.



SMG 와 AG 를 합해서 VPC(ventral parietal cortex)라 하고 PC(pre cuneus) 영역을 DPC(dorsal parietal cortex)라 한다.

PFC 에서 goal 을 만들면 SLF(superior longitudinal fasciculus)를 타고 DPC 로 보낸다. 그러면 DPC 에서 Top down 으로 해마로 보낸다. 해마에서는 실시간으로 들어온 정보 중에서, 요청 받은 것과 일치하는 정보를 찾아 VPC 로 보낸다. 이것이 bottom up 이다.

우리가 사용하는 단어는 실재 사물을 지칭하는 것이 아니다. 언어는 대상을 가리키는 것이 아니다. 오히려 언어는 대상에서 분리 시킨다. 언어는 구체적 실재를 가리키지 않으므로 누구에게나 통용된다.

언어를 사용하면서 즉각적 경험으로부터 자유롭게 되었다. 환경의 종속으로부터 독립하였다.

동물은 환경에 종속되어 있다. 동물은 감각을 지연할 수 없다. 그래서 즉각적 반사 행동을 한다. 시간이란 개념이 없어 입력이 들어오면 곧장 출력이 나간다. 접근이나 회피반응뿐이다. 또는 동결반응을 보인다.

언어의 본질은 "지금 여기"가 아니다. 지금 여기에 대하여는 언어를 사용하지 않는다. 보면 알기 때문이다.

언어는 과거나 미래에 대해서 사용한다. 언어는 과거와 미래를 연결해 준다.

언어는 직접적 자연과 분리시켜 주는 도구이다. 그래서 인간은 시간의 압제에서 벗어날 수 있었다.

언어는 인간을 시간으로부터 자유롭게 해 주었다. 그 출발이 범주화이다.

범주화는 일어난 여러 가지 사례 군의 집합에서 공통 부분을 표상한 것이다.

공통 부분을 표상하여 언어적으로 코딩한 것이 단어의 출현이다. 단어는 구체적 대상이 아니라 그 대상이 갖고 있는 공통 특징을 말한다. 그 공통 특징이 개념이다.

attention shift 가 유연한 사고를 만들었다. 사고는 언어이다. attention shift 는 단어를 연결하여 문장이 되는 과정이다.

AG 가 p-MTG 와 연결되어있고 p-MTG 는 dorsal phonological stream 의 일부이다.

여기서 TOM(theory of mind)를 가져온다. 타인의 마음을 읽게 된다. 인간이 공동의 상징을 만들었기 때문에 가능한 일이다.

thinking 은 대뇌 피질을 모두 사용한다.

이 도표가 감정이 실려 있는 인간 정신 현상의 현 주소이다.결론은 생각을 잘해야 한다.

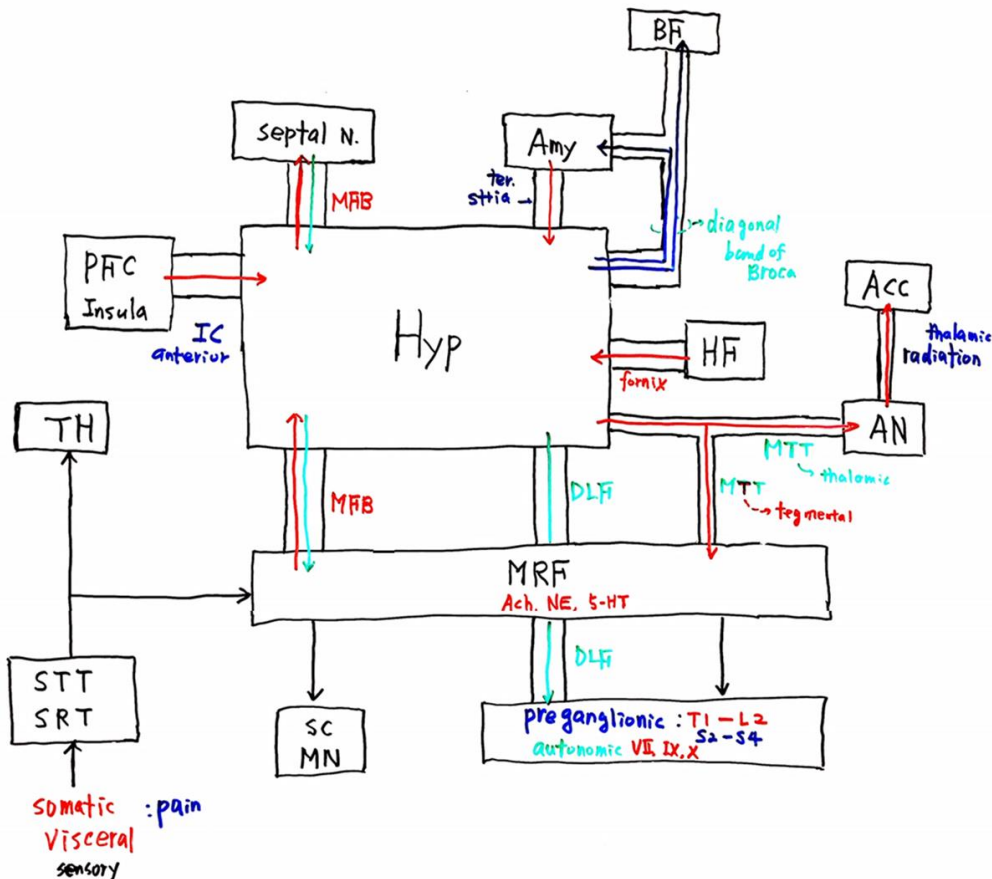
석가모니께서 正 思惟 하라고 했다.

생각을 잘하면 아인슈타인 같은 사람도 될 수 있고, 잘못하면 사이코패스가 된다.

(2 교시)

다음은 시상하부의 연결모습이다.

도표에서 브레인 부위들이 연결되는 양상의 차이점을 유심히 보기 바란다.



시상하부는 감정이 행동으로 표출되는 중앙 센터이다. 감정은 거의 막지 못한다. 감정에 모든 정보가 모이기 때문이다.

시상하부는 밑에 있는 MRF(mesencephalic reticular formation)와 연결된다. Ach, NE, 5-HT 가 나오는 신경 핵이 모인 곳이다 MRF 에서 Spinal cord 의 운동 뉴런(MN: motor neuron)과 연결된다.

시상하부에서 DLF(dorsal longitudinal fasciculus)를 통해 MRF 와 연결되고, MRF 에서 DLF 를 통해 교감 부교감 절전 신경(preganglionic neuron) 그리고 7 번, 9 번 10 번 신경으로 신호가 나간다.

시상하부 위에는 Septal nuclei, Amygdala 그리고 BF(basal forebrain)와 연결된다. Amy 와 연결하는 신경로가 stria terminalis 이고, 시상하부와 BF 를 연결하는 신경로가 diagonal band of Broca 이다.

옆으로는 PFC 및 Insula 와 internal capsule anterior branch 를 통해 연결된다.

오른 쪽 옆으로는 해마복합체(HF)와 fornix 를 통해 연결되고 시상 전핵(AN)과는 MTT(mammillothalamic tract)을 통해 연결된다. 시상전핵과 연결하는 신경로의 일부 가지가 또 다른 MTT(mammilothegmental tract)을 통해 RF 로 내려 간다.

AN 핵과 Acc 가 thalamic radiation 을 통해 연결된다.

내장과 몸에서 올라오는 통증 신호는 STT(spinothalamic tract)와 SRT(spinothalamic tract)를 거쳐 시상(TH)으로 올라 간다. 가면서 MRF 에도 신호를 보낸다. MRF 와 시상하부 그리고 septal nuclei 는 내측 전뇌 속(MFB: medial forebrain bundle)을 통해 연결된다.

시상하부와 주위 영역이 연결되는 양상은 언어와 관련된 연결망의 양상과 확연히 다르다. 연결망이 다르므로 다른 기능이 나온다. 시상하부에는 모여서 출력이 나간다. 이 회로에서 브레인의 중요한 신경회로를 모두 볼 수 있다.

본능이 판단, 비교, 예측, 추론하는 PFC 와 곧장 연결되어 있다. 그래서 대부분 감정에 물든 판단이 된다.

인간은 원래부터 감정적이다. 감정이 행동을 만든다. 분리 되어 있지 않다. 기억과 감정도 분리되지 않는다.

기억과 감정이 분리되면 코타르 증후군이 생긴다. 자신이 죽었다고 주장한다. 가까운 사람인데 감정이 생기지 않으면 요망한 귀신이 들어와 흉내 내고 있다고 해석한다.

브레인은 이야기를 만든다. 브레인이 언어를 사용하고부터 시간 의식을 획득했기 때문에 모든 것을 인과적으로 연결하려고 한다.

배우겠다는 사람은 일체 비판하면 안 된다. 일단 따라야 한다. 문을 닫아 놓고 손님을 맞을 수는 없다. 선택했으면 무조건 따라야 한다.

대니얼 코일의 <Talent cord>에 의하면

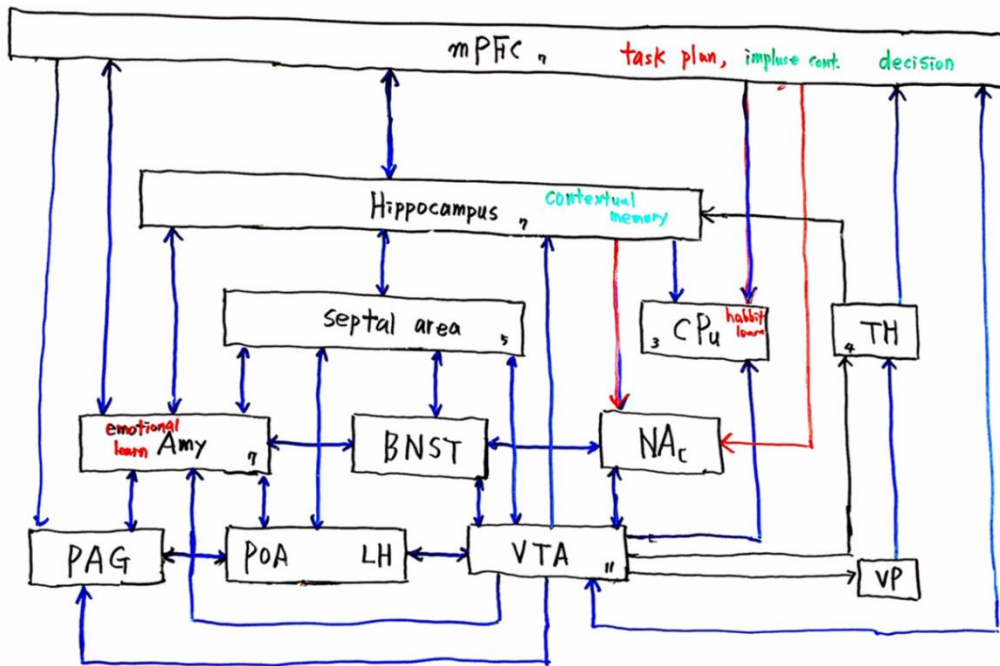
창의적 폭발이 인류 역사에 3 번 있었다. 처음에는 아테네, 두 번째는 르네상스 시대의 피렌체, 세 번째가 대영제국 시대였다. 이 중에서 저자가 주목하는 곳이 피렌체였다. 피렌체는 도제식 교육을 시켰다. 피렌체에서 집중적으로 천재들이 나타난 것은 도제식 교육 덕분이었다. 도제식 교육의 특징은 묻지 말고 따라 하는 것이다. 장인의 지식을 통째로 배우게 된다. 오히려 도제식 교육에서 창의성이 꽃 핀다. 대가들의 지식을 가장 빨리 훔치는 방법은 토론이 아니다. 그냥 따라 하는 것이다.

질문은 위대하다. 그러나 스스로에게 해야 한다. 소중한 질문을 남에게 보여주어서는 안 된다. 질문은 자신의 재산이다. 질문이 세계를 알게 해 준다. 질문에 대한 답은 모두 책에 있다. 그래서 남에게 질문할 필요가 없다.

다음은 강화학습에 관련된 뇌 부위의 연결모습이다. 연결 선이 어떻게 다른지 유의하기 바란다.

브레인에서 가장 대표적인 계층 구조이다.

강화학습은 행동의 결과에 대한 평가가 다음 행동을 결정한다. 5 개 층으로 구성된다.



reinforcement learning 강화학습 : 행동 결과 → 다음 행동

맨 아래 층에는 PAG, POA, LH, VTA, VP 가 있다. VTA 는 도파민 센터이다. 각 브레인 부위가 상호 연결되어 있으며 VTA 와 PAG 가 연결되어 있다.

두 번째 층에는 Amygdala, BNST, 그리고 측좌핵(NAc: nucleus accumbens)이 있다. 확장된 편도체 시스템이라고 한다. 두 번째 층의 브레인 영역들은 수평으로 상호 연결되어 있다. 그리고 맨 아래층 브레인 영역과 수직으로 상호 연결된다. 편도체는 맨 아래층의 VTA 와도 연결되어 있다.

세 번째 층에는 septal area 와 선조체(CPu: caudate and putamen) 그리고 시상(TH: thalamus)이 위치한다. Septal area 는 두 번째 층의 편도체와 BNST, VTA 와 연결되고 첫 번째 층의 POA 및 LH 와도 연결된다. CPu 는 VTA 와 연결된다. 시상도 VTA 및 VP 연결된다.

네 번째 층에는 해마(hippocampus)가 있다. 해마는 세 번째 층의 septal area, CPu, TH 와 연결되고 두 번째 층의 편도체 및 NAc 와도 연결된다. 그리고 첫 번째 층의 VTA 와 연결된다.

맨 위층에는 MPFC 가 있다. MPFC 는 맨 아래층의 PAG 및 VTA 와 연결되고 두 번째 층의 편도체, NAc 와 연결된다.

세 번째 층의 시상과 CPu 그리고 네 번째 층의 해마와 연결된다.

연결선이 MPFC 7 개, 해마 7 개, septal area 5 개, CPu 3 개, 시상 4 개, 편도체 7 개, 그리고 VTA 11 개이다.

이 도표가 강화학습(reinforcement learning) 회로이다.

편도체에서 emotional learning 이 일어나고, 선조체에서 habit learning 이 일어난다. 해마에서는 contextual memory 가 형성된다. MPFC 에서는 task planning 과 impulse control 그리고 decision making 을 한다.

강화학습은 행동의 결과가 다음 행동에 feed back 된다. 3 가지 회로를 언제든지 그릴 수 있도록 훈련하기 바란다. PPT 강의는 동영상참고하시기 바랍니다.

수고 하셨습니다.