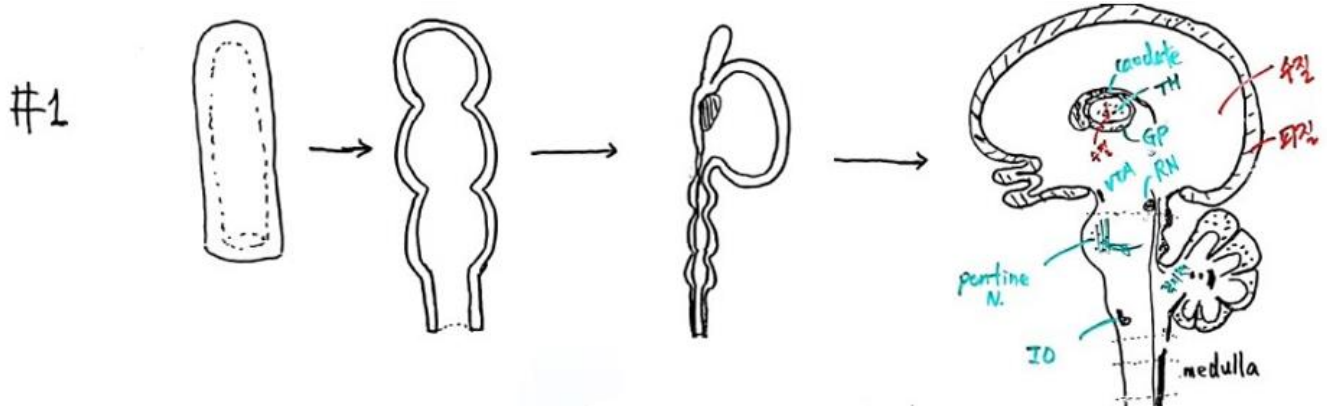


(박문호 박사님의 제 10 회 특별한 뇌 과학 5 강 내용을 초록한 것입니다.)



발생 때 태속에 있는 브레인의 형태이다.

처음에는 골무형태에서 세 등분으로 구획화 된다. 전뇌, 중뇌, 후뇌 이다. 여기서 브레인이 분화된다.

그 다음 단계는 후각 망울이 나온다. 대뇌에 해당하는 부분이 커진다.

전뇌 중뇌, 후뇌의 형태는 남아 있다.

대뇌 피질이 둘러 싸고 있다. 자른 단면을 보여 주고 있다.

진화적으로 피질의 일부가 안으로 들어간다. 대뇌 기저핵으로 바뀐다.

파충류부터 포유류까지 모두 해당되는 prototype 이다.

인간의 브레인은 후각 망울에 해당하는 것은 측두엽 쪽에 있다.

이 그림을 통해서 인간의 브레인이 어떻게 진화해 왔는지 이해할 수 있다.

측두엽 피질과 후각 망울이 그대로 있다.

대뇌 피질이 전체를 둘러 싸고 있다. 익숙해 지면 활용도가 굉장히 큰 그림이다.

브레인 스템은 pons와 medulla가 있다. 반대 편에는 상구, 하구 그리고 소뇌가 나온다. 소뇌는 전엽, 후엽, 타래엽이 있다.

개념적으로 매우 중요한 그림이다. 피질이 있고 안 쪽은 엑손 다발 즉 연결 망이다.

껍질 부분은 빗금을 친다.

공부하면서 자주 질문이 생기는 것은 기본적 개념이 헷갈리기 때문이다.

신경세포 principle cell은 주로 피라미드 세포이다.

그 외에 과립세포, 바스켓 세포, 성상 세포, 인터뉴런 등 10 여종의 다른 세포들이 있다.

그 중 가장 중요한 세포가 피라미드 세포이다. 우리 기억의 실체는 피라미드 세포의 연결이다.

세포는 선별적으로 흥분해야 한다.

다른 피라미드 세포를 흥분 못하게 즉 방향 억제하는 인터뉴런이 피라미드 세포보다 10 배는 더 많다.

함께 흥분하는 피라미드 세포의 패턴을 기억이라 한다.

대뇌 피질에는 피라미드 세포가 가장 많다.

가운데 있는 세포덩어리가 꼬리 핵이 있다.

꼬리 핵에는 head, body, tail 이 있다. 내실이 자라는 형태가 곡선으로 되어 있어 꼬리 핵도 곡선이다.

브레인 구조에서 활 모양을 갖는 것이 3-4 개 되는데 이유는 내실 막이 분화되어 세포를 만들므로 따라갈 수 밖에 없다.

브레인을 시상 면으로 자르면 가운데에 복숭아 씨 같은 것이 들어 있다.

바깥에서 보면 꼬리 핵 앞에 조가비 핵이 보인다. 안 쪽 방향에서 보면 창백 핵이 보인다. 지금 그림은 안 쪽에서 본 그림이다.

창백 핵과 함께 시상이 보인다.

브레인 공부는 숲을 먼저 보고 나무를 봐야 한다. 숲 전체를 모르고 나무 한 그루를 논하는 것은 넌 센스이다.

빗금 친 부분과 점 찍은 곳에는 세포가 있다. 창백 핵은 100 만개, 조가비 핵은 1 억개의 세포로 구성되어 있다.

하얀 부분은 피라미드 세포에서 나온 선들로 가득 차 있다.

소뇌에도 겹질 부분에 세포가 있다. 소뇌 피질(cortex)이다. cortex 에는 신경 세포들이 있다. 흰 부분에는 액손 다발들이 있다.

액손 다발을 부르는 이름이 7-8 개 있다.

stria, bundle, tract, radiation, fasciculus, lemniscus, commissure, chiasma 등이 있다.

이름이 헛갈리니까 브레인이 어렵다고 한다.

<박문호의 뇌과학 공부> 1 장에 표로 정리해 두었다.

소뇌 안에 있는 nucleus 를 소뇌 심부 핵(deep cerebella nucleus)이라 한다. 치아 핵, 중간위치 핵, 꼭지 핵이 있다.

세 핵을 알아야만 소뇌를 이해할 수 있다. 핵은 세포 덩어리이다.

브레인에서는 세포냐 세포 아니냐를 구분해야 한다.

흰 부분에는 하행 운동과 상행 감각 용 고속도로가 있다. 고속도로가 도달하는 곳이 사지말단이다.

고속도로 중간에 휴게소가 몇 곳이 있다.

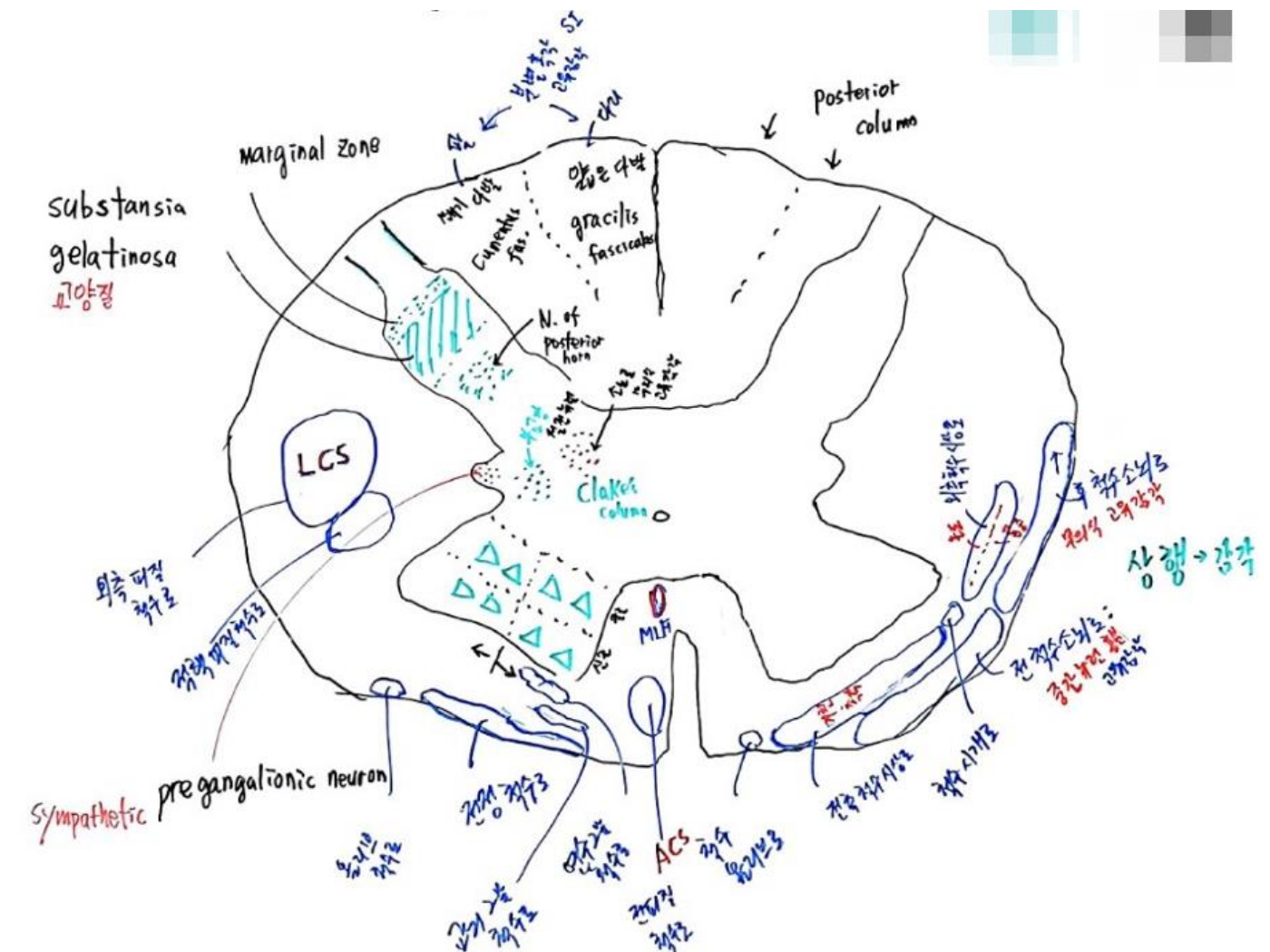
pones 에는 pontine nucleus 가 있다. 중뇌에 VTA 가 있고, 맞은 편에 적 핵(Red Nucleus)이 있다.

그리고 밑에 하 올리브 핵(Inferior Olivary Nucleus)가 있다.

뇌 척수 핵은 하루에 500cc 회전 되고 있다.

뇌 무게가 1.4kg 이지만 뇌 척수 핵 속에 떠 있기 때문에 50g 밖에 안 된다. 충격을 완화시킨다.

척수 단면을 보자. 척수는 자른 부위에 따라 모양이 다르다. 좌우로 대칭을 맞춰주면 된다.



척추는 빠고, 척수는 브레인과 같은 중추신경계이다.
그리는 방법은 원 속에 큰 나비가 한 마리 있다고 생각하면 된다.
척수는 나비 안쪽이 세포가 있는 곳이다. 나비 안쪽을 회색 질이라 하고 바깥을 백 질이라 한다. 대뇌와 반대로 되어 있다.

후각으로 들어오는 부분이 marginal zone 이다. 그 다음이 교양 질(substantia gelatinosa)이라 하는데 통증과 관련이 있다.

다음에 있는 세포 덩어리가 Nucleus of posterior horn 이다.

척수에 교감, 부교감 신경의 중계 센터가 있다.

교감 신경은 mPFC-Amygdala-Hypothalamus 를 통해 내려 온다. 교감 신경은 에너지를 쓰는 모드이다.

교감 신경을 행동으로 바꿔 주는 곳이 Hypothalamus 이다.

브레인 공부를 하고 그 지식을 실제로 자기 행동에 적용해 보지 않으므로 잘 모른다.

뇌 과학을 공부 한다는 것은 인간을 설명할 수 있어야 한다. 척추가 뭔지 물으면 어떻게 대답할 수 있나?

척추에 대한 top down 식 대답은 우선 "아프다"이다. 통각이다.

또한 척추에 문제가 생기면 움직이지 못한다. 잘 못된 부위 밑으로 움직이지 못한다. 움직이지 못하는 것은 골격근이다. 모든 척추 마디에서 신경이 나간다. 내장에 까지 나간다. 척추를 아는 것은 우리 자신을 아는 것이다.

그 다음으로 중요한 척수의 기능은 고유감각과 균형감각을 처리한다.

교감 신경도 척수에서 나간다.

중간 뿔 쪽이 교감신경절전 뉴런(sympathetic preganglionic nucleus)이고 그 안 쪽이 부교감 신경절전뉴런(parasympathetic preganglionic nucleus)이다. 교감 신경과 부 교감 신경이 신체 말단으로 나가기 전에 스위치 해 주는 곳이다.

그 옆이 clark's column 이다.

척수 전각을 4 부분으로 구분한다. 이곳에 피라미드 뉴런들이 있다. 알파 모터 뉴런 들이다. 사지 말단의 움직임이 시작 되는 곳이다.

바깥 쪽은 원 위부(distal), 안쪽이 근 위부(proximal)이다. 위쪽이 굴 근이고 아래 쪽이 신 근이다.

백 질은 고속도로이다. 상행과 하행이 있다.

후 척수소뇌로는 고유 감각(실 시간 근육 길이 변화)을 클라크 기둥을 통해 척수에서 소뇌로 보내는 통로이다.

신경 엑손 다발이 가장 굵다. 다발의 굵기가 20 마이크로 미터나 된다. 가장 빠르다.

전 척수 소뇌로는 알파 뉴런의 20 배나 많은 인터 뉴런의 정보(근육의 긴장도 정보)를 전달한다. 상 소뇌 각으로 간다.

외측 척수 시상로는 통증과 관련된다. 안쪽은 온도, 바깥은 통증과 관련이 있다.

전측 척수 시상로는 거친 촉각을 전달한다.

분별촉각과 거친 촉각은 다르다. 분별 촉각이 위대하다. 감정, 기억과 연결되어 있다.

시상으로 간다. 시상도 통증을 느낀다. 통증은 생명 진화에서 긴급한 일이다.

아픈데 아픈 것을 느끼지 못하면 생명이 위험할 수 있다. 한센 병 환자는 손가락이 떨어져 나가도 통증을 느끼지 못한다.

촉각이 마비가 되면 거친 표면이나 날카로운 물건, 그리고 뜨거운 불 같은 것을 한 두 번은 피해도 계속 피할 수가 없다.

그러면 시간 누적적으로 접촉하는 횟수가 엄청 많으면 위험해 진다. 촉각은 굉장히 중요하다.

외측과 전 측 척수 시상로 사이에 있는 것이 척수 시개로이다. 척수에서 상구로 가는 길이다.

전 척수시상로 앞에 척수에서 올리브핵으로 가는 척수 올리브로가 있다.

지금까지 상행 감각로를 살펴 보았다.

이어서 하행 운동로를 보자.

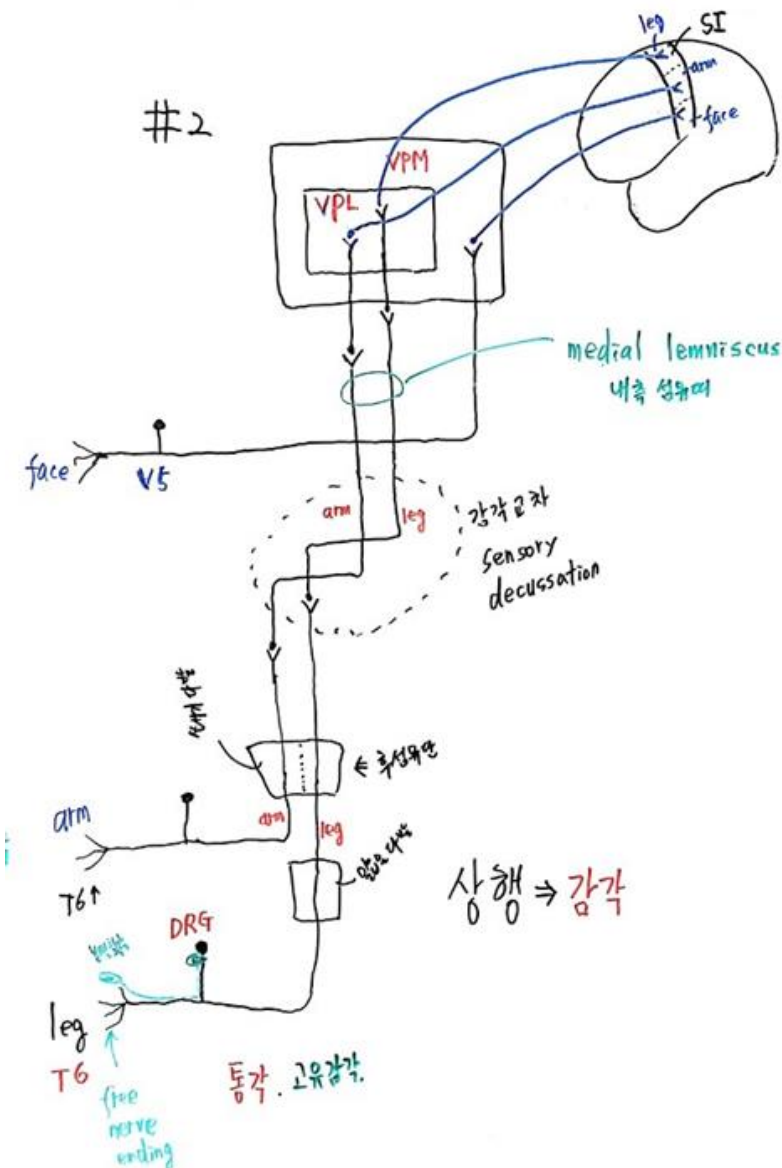
먼저 피질에서 척추로 내려오는 외측피질척수로(LCS: lateral corticospinal tract))이다. 경부 고속도로 하행선과 같다.

그 옆에 있는 것이 적핵척수로(rubospinal tract)이다. 적핵에서 척수로 내려가는 길이다.
 전정핵에서 척수로 내려오는 전정척수로(vestibulospinal tract), 그리고 연수그물 척수로와 교뇌 그물척수로가 붙어 있다.
 올리브핵에서 척수로 내려오는 올리브 척수로(olivospinal tract)가 있고,
 외측피질 척수로와 대응하여 전 피질 척수로(anterior corticospinal tract)가 있다.
 그리고 마지막으로 가운데에 내측중속(MLF: medial longitudinal fasciculus)이 있다. 균형 감각을 처리한다.

얇은 다발(gracilis fasciculus)은 다리에서 올라오는 분별 촉각과 고유 감각들이 통과한다.
 그 옆에 있는 것이 췌기 다발(cuneatus fasciculus)인데 팔에서 올라오는 분별촉각과 고유감각들이 통과한다.
 둘 다 S1으로 간다.
 췌기다발과 얇은 다발을 합쳐서 후 섬유 단(posterior column)이라 한다.

클라크 기둥은 무의식적 고유감각이 소뇌로 가는 통로이다.

1:02.



상행 감각, 하행 운동이다. 먼저 상행 감각부터 한다.
 척추를 통해 올라가는 가장 중요한 감각이 통각이다. 그 다음이 고유감각이다.

사지 말단에서 시작한다. 척추 바깥에 나가 있는 신경을 주변(말초)신경이라 한다.
흉추 7 번 이하 다리의 통증과 감각들은 DRG(dorsal root ganglion)에 모여서 얇은 다발을 통과한다.
흉추 6 번 이상 팔의 통증과 감각들은 뺨기 다발을 통과한다. 아직 시냅스 하지 않는다.

연수 부근에서 1 차 시냅스 한다. 그리고 감각 교차(sensory decussation)한다.
그래서 바깥 쪽에 있던 팔에서 올라온 감각들이 안쪽으로 가게 되고, 다리에서 올라온 감각들이 바깥 쪽으로 가게 된다.
감각 교차 후 2 차 시냅스를 하고 시상에서 VPL 에서 3 차 시냅스 한다.

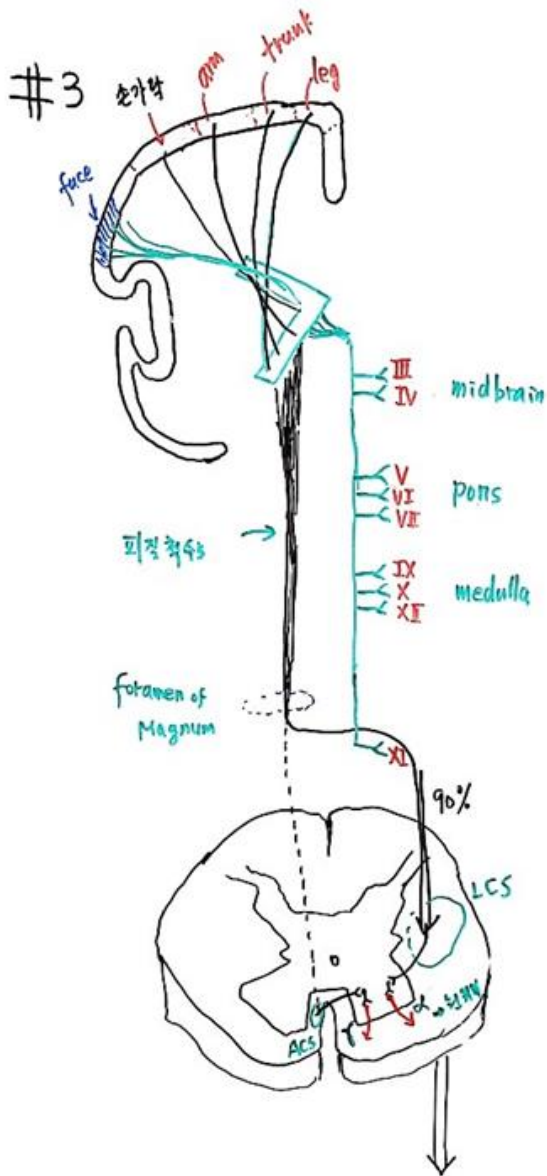
한편 얼굴에서 3 차 신경을 거쳐 올라온 감각은 교차한 후 시상에서 VPM 에서 시냅스 한다.
최종적으로 S1 에 위상적으로 배열된 곳으로 간다. 제일 위부터 leg, arm, face 순으로 배열되어 있다.
이것이 상행 감각로이다.
이 시그널이 전달하는 것이 통각이다. 통각, 통증, 고통은 모두 다르다. 여기서는 통각(아픈 감각)이다.
통각뿐 아니라 분별 촉각, 온도, 고유 감각도 모두 이 통로를 거친다.

감각 교차 후 신경통로의 이름이 내측 섬유띠(medial lemniscus)이다.
이름을 아는 것이 공부의 전부다. 후 섬유단, 내측섬유띠는 대단히 중요하다.
척추의 지름이 0.9cm 정도인데 후 섬유단이 전체 척추의 30%정도 차지한다. 그만큼 중요하다.
후 섬유단에서 올라온 감각(통각, 촉각, 고유감각, 온도, 압력)들이 1 차 체감각에 전달되어 우리 인류는 기계문명을 향유할 수 있게 되었다.
손가락 끝의 분별 촉각이 중요하다. 사춘기 때 좋아하는 사람의 손을 처음 만졌을 때의 느낌을 상상해 보라.
온몸이 전율한다.
위대한 촉각이다.
분별 촉각은 의식이 된다. 모든 감정 회로와 링크된다. 그리고 감각은 훈련할 수 있다.

수용기에 따라 감각의 종류가 구분된다.
마이스너, 메르켈, 루피니, 파치니 등 세포 소 기관이 피부 밑에 깔려 있다.
간지러움으로 고문하기도 했다. 간지러워 웃다가 죽는다고 한다.

1:23
다음은 하행 운동이다.
대뇌 피질에서 내려 간다. 1 차 운동영역에 호문클루스가 있다. leg, trunk, arm, finger, face 순으로 배열되어 있다.
leg 가까이 성기 영역이 있다. 손가락이 차지 하는 면적이 몸통 전체보다 넓다.
face 영역도 넓다. 그 중에 압권은 입술이다. 발음을 만든다.

손가락, 입술, 눈동자.
인간 현상은 이 3 가지로 설명할 수 있다. "그 입술에 그 눈동자" "수작을 부린다."
인간이 감정을 표출하는 3 개의 창문이다. 색깔의 컨트라스트가 모두 여기에 있다.
눈의 검은 눈동자와 흰자위, 붉은 입술. 모두 유혹이다, 색깔은 이 3 곳에 있다. 그래서 젊은 여성이 입술에 루즈를 바른다.
인간의 비밀은 손가락, 눈동자, 입술에 있다.



1 차 피질은 유전자가 대부분 결정한다. 70 억 인류가 1 차 피질은 대개 비슷하다.
그러나 어렸을 때 훈련을 많이 하면 바뀔 수도 있다. 피질 가소성에 의해서 달라진다.

운동과 척수 관계를 보여주는 그림이다.

운동 명령이 내강(internal capsule)을 통과한다.

내강후지에 leg, trunk, arm, finger 가 배열되는 위치를 잘 보아야 한다.

내강전지에는 face 와 관련된 신호가 지나 간다.

2 차원 공간에서는 교차하는 것처럼 보이지만, 실제 3 차원 공간에서는 교차하지 않는다.

내강 후지에서 내려오는 신경들이 피질 척수로 구성한다.

90%의 신경들은 내려 오다가 감각 교차하여 반대 쪽 전 피질척수로(LCS) 가고, 10%는 동측인 전 피질척수로(ACS)로 간다.

LCS 에서 나온 가지가 척추 전각에서 시냅스를 하고, 이어서 인터 뉴런과 시냅스 한다. 그 인터 뉴런과 알파모터 뉴런이 시냅스 하여 운동 출력이 나간다. 이 알파 뉴런에서 나가는 운동 출력을 final common pathway 라 한다. 모든 골격근에 간다.

한편 ACS 에서 나온 신경은 교차를 한다. 그래서 반신불구가 생긴다. ACS 신경이 교차를 하지 않으면 반신불구라는 개념이 있을 수 없다. 모두 오른 쪽으로 몰렸다. 그 이후의 프로세스는 동일하다. 마지막에 감각 모터 뉴런을 통해 운동 출력이 나간다.

알파 모터는 주로 원 위부 . 사지 말단을 움직인다. 우리 브레인의 가장 중요한 자원이 손가락 끝으로 간다. 피아니스트, 수화, 온갖 제스처가 손가락 끝에서 나온다. 손가락을 움직이지 못하면 문자를 쓸 수 없다. 그만큼 중요하다.
이것이 피질 척수로이다.

얼굴에서 오는 운동 명령은 결 가지을 2 개, 3 개, 3 개, 1 개를 낸다. 12 개 뇌 신경을 이렇게 공부하면 쉽다.
4 부위로 구분한다.
midbrain 3.4, pons 5.6.7, medulla 9.10.12 그리고 마지막으로 11 번이다.
종착하는 부위가 모두 다르다.

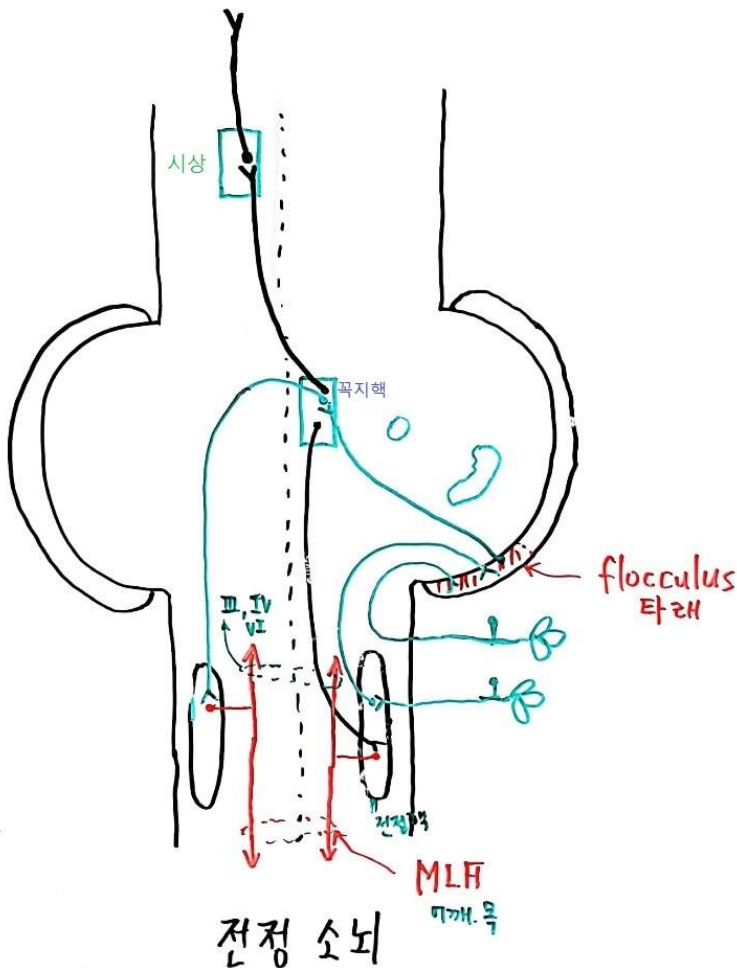
1.2.8 번이 없다. 일반 감각이 아니고 특수 감각이기 때문이다.
8 번(전정 와우), 1 번(후각), 2 번(시각)은 척수로 내려갈 이유가 없기 때문에 표시되지 않았다.

11 번은 떨어져 있다. 뇌 신경이 대 후두공(foramen of magnum)을 통해 밖으로 나오는데,
11 번은 빠져 나오자 마자 있다.

가성비 높은 그림이다. 시간 적게 들고도 엄청난 정보를 얻을 수 있는 지식들이 가성비가 높다.

1:46
이제 소뇌를 공략할 차례이다.

소뇌는 3 박자를 알면 된다.
원시 소뇌, 구 소뇌, 신소뇌
전정 소뇌, 척수 소뇌, 대뇌 소뇌의 개념을 확실히 해야 한다.
걸어가며 다리에 박자를 맞추어(전정, 척수, 대뇌) (전정, 척수, 대뇌) (전정, 척수, 대뇌) (전정, 척수, 대뇌)
2 시간 걸으면서 몸에 익혀야 한다. 그러면 몸에 심어진다. 설명하지 않아도 몸이 안다. 그것이 자기 지식이다.
소뇌가 3 명과 대화한다.



먼저 전정소뇌이다.

소뇌가 전정핵과 신호를 주고 받는다.

전정핵이 좌우에 있다. 심부핵 중 꼭지핵이 함께 작용한다.

세반고리관에서 나온 신호가 전정핵을 거치지 않고 타래결절엽에 시냅스한다.

세반 고리관에서 나온 또 한 신호는 전정핵에 시냅스 한 후 타래 결절엽(원시 소뇌)으로 간다.

타래 결절엽에서 나온 신호는 꼭지핵에 시냅스 한다.

꼭지핵에서 러셀 갈고리를 거쳐 반대편 전정핵에 시냅스 한다. 꼭지핵에서 나온 신호는 동측에 있는 전정핵과도 시냅스 한다.

꼭지핵에서 시상으로 시냅스하고 시상은 대뇌피질과 시냅스 한다.

양 쪽 전정핵에서 상행 하행 신호가 나온다. 이 두 신호가 모인 것을 MLF(medial longitudinal fasciculus)라고 부른다.

상행 MLF 는 눈동자 움직임과 관련있다. 3,4,6 번 신경으로 간다.

하행 MLF 는 목, 어깨 운동에 관여 한다, 곡예사 들이 균형 잡을 때 장대를 잡고 한다. 목과 어깨근육으로 균형을 잡는다.

소뇌가 하는 가장 중요한 기능이 균형 감각이다. 균형은 소뇌 혼자 하기는 역 부족이라 대뇌 피질 까지 올라간다.

넘어질 때 반사 동작도 일어난다, falling response 를 담당하는 뇌 영역이 브로드만 8 번이다.

소뇌가 없어도 움직일 수 있다, 걸을 수 있다. 소뇌에 문제가 있어도 어릴 때 훈련하면 금방 운동을 배울 수 있다.

나이가 들면 어려울 수 있지만 둔해도 걸을 수 있다. 그러나 소뇌가 없으면 정교한 움직임은 못한다.

척수소뇌는 중간 위치핵이 작용한다.
척수 소뇌에서는 적핵과 하 올리브핵이 가장 중요하다.

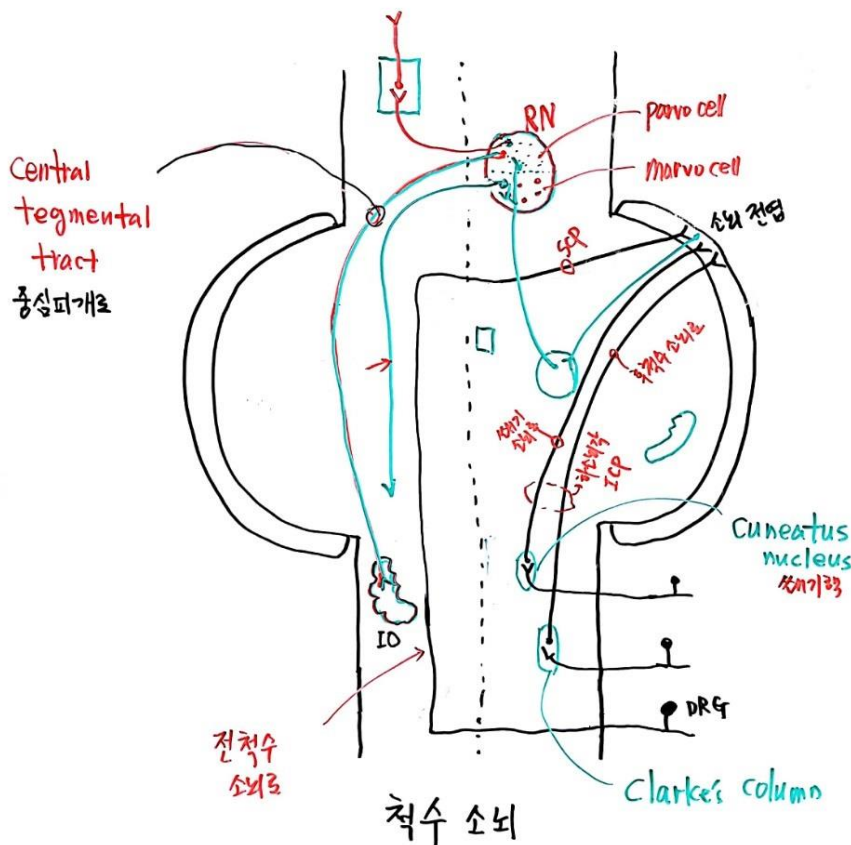
적핵은 2 부분으로 나눈다. Parvo cell 과 magno cell 이다.

보통 사지동물들은 magno cell 이 압도적으로 많다. 그러나 인간에 와서 parvo cell 이 많아지면서 섬세한 운동이 가능해 졌다.

올림픽이 가능해 졌다. 사람처럼 정교한 운동을 하는 동물은 없다. 원숭이보다 훈련한 인간이 줄을 더 잘 탄다. 피아노와 기타를 치고, 서예를 하며, 자전거를 탄다. 언젠가 TV "달인" 프로에서 철로 레일 위를 자전거 타는 것을 본 적이 있다.

동계 올림픽은 전 세계 70 억 인구의 균형감각 컨테스트이다.

새로운 운동 훈련을 하는 곳이 parvo cell 이다. 적핵, 하 올리브핵, 소뇌가 함께 삼각편대를 형성하여 운동 학습을 한다.



고유감각이 교차하여 쪽 올라가서 상 소뇌각(SCP: superior cerebellar peduncle)을 통해 소뇌 전엽으로 간다. 전 척수소뇌로를 타고 올라 간다.

다음은 클라크 기둥에서 시냅스하고 후 척수소뇌로를 타고 소뇌 전엽으로 간다.

또 한 신호는 섬기 핵(cuneatus nucleus)에서 시냅스하고 섬기소뇌로를 거쳐 소뇌 전엽으로 간다.

소뇌 전엽에서 나온 신호는 중간 위치핵(interposed nucleus)에서 시냅스하고 적핵(RN: red nucleus)으로 간다. 섬기소뇌로와 후 척수 소뇌로는 하소뇌각(ICP: inferior cerebellar peduncle)을 통한다.

적핵의 magno cell 에서 나온 신호가 적핵척수로 거쳐 척수로 간다

parvo cell 에서 나온 신호는 중심피개로(central tegmental tract)를 통해 하 올리브핵으로 간다.

인간의 소뇌에 기반한 엄청난 운동학습의 바탕은 바로 이것 때문이다.

적핵 parvo cell 에서 시상을 거쳐 대뇌 운동 피질로도 간다.

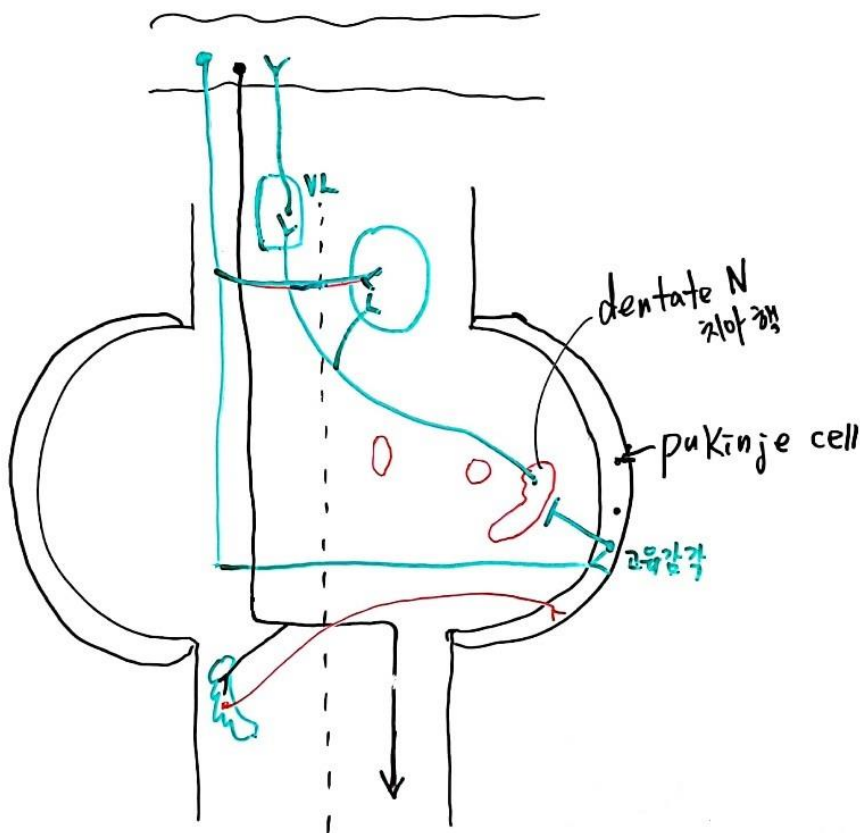
척수소뇌가 만만치 않다. 사고 실험을 많이 해야 한다.

10년째 공부한 사람도 잘 심어지지 않는데, 1-2시간 강의 들어서 자기 것이 되지 않는다.
 걸으면서 박자에 맞추어 (전정, 척수, 대뇌) (전정, 척수, 대뇌) (전정, 척수, 대뇌) (전정, 척수, 대뇌) 하루 종일 해 봐야 한다.

균형감각은 알지만 고유감각이 뭔지 잘 와 닿지 않는다. 눈감고, 귀 막아도 내 손의 현재 위치가 어디 있는지 안다.
 시각도 아니고, 청각도 아니고 촉각도 아닌데 내 몸의 각 부분이 어디에 있는지 안다. 엄청난 감각이다. 이것이 고유 감각이다.
 통각이나 균형 감각은 문제가 되면 금방 알지만 고유 감각은 보통 사람들이 실체를 느끼기가 어렵다.
 고유감각이 없어진 사람들의 기록들을 보면 경악한다. 고유 감각이 없으면 우리의 존재 자체가 붕괴된다.
 우리는 느끼지 못하지만 소뇌가 고유감각을 처리한다. 척수 소뇌에서 처리한다.
 소뇌는 대부분 균형감각과 고유감각을 처리한다.
 소뇌가 처리하는 고유감각은 무의식적이다. 대뇌는 의식적 고유감각을 처리한다.

새로 습득한 지식을 자신에게 심어야 하는데 심는 과정이 최소한 1주일 정도 걸린다.

대뇌소뇌는 대뇌 피질과 통신한다.
 대뇌 소뇌는 소뇌 후엽과 관련이 많다.



대뇌소뇌

⇒운동 계획

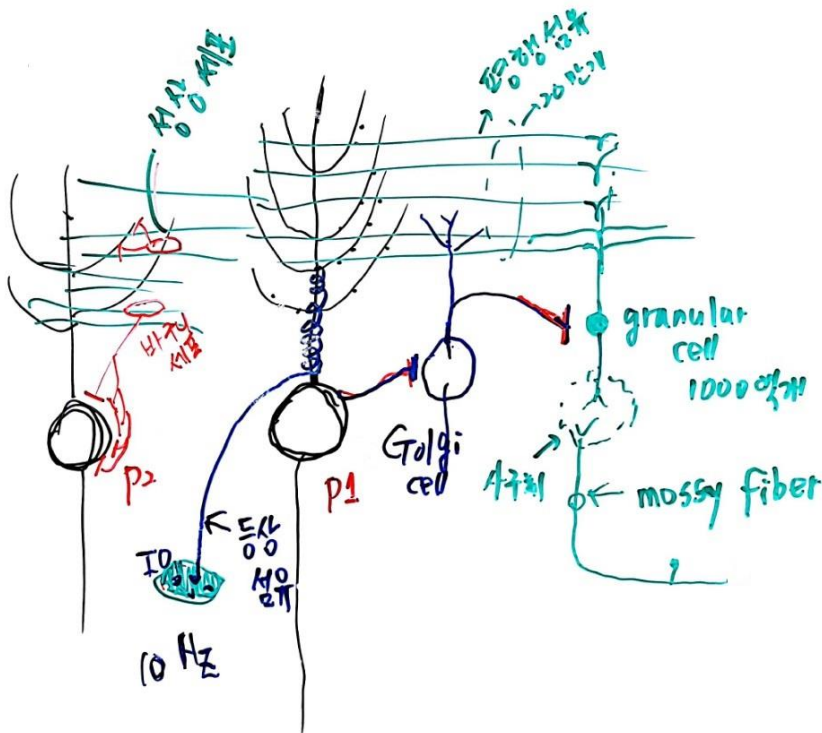
관여되는 핵은 적핵과 시상 그리고 소뇌 치아핵이다.
 시작은 대뇌피질 운동영역에서 나온다. 곧바로 소뇌 피질로 가고, 가면서 결가지를 적핵에도 보낸다.
 소뇌 피질에서 나온 신호가 치아핵을 억제한다.
 치아핵에서 나온 신호가 시상으로 가고, 결가지를 적핵으로 보낸다.

시상(VL)에서 대뇌 피질로 간다. 대부분 고유 감각 정보를 전달한다.

운동 출력이 피질척수로 타고 내려오면서 감각교차를 하고 척수로 간다. 결가지가 하올리브핵에도 시냅스 한다.

그러면 하 올리브핵에서 소뇌피질로 시냅스 한다. 이것이 운동 학습이다. **marr albus theory** 이다.

소뇌신경 회로이다.



가장 큰 푸키네 세포가 있다. 가지가 전나무처럼 되어 있다. 한 세포에서 나온 신경돌기가 10,000 개가 넘는다. 푸키네 세포에 과립세포에서 나온 평행섬유가 지나간다. 하나의 푸키네 세포에 지나가는 평행섬유가 약 20 만개이다.

소뇌의 과립세포 수가 1000 억개가 넘는다. 브레인에서 가장 많다.

과립 세포는 mossy fiber 와 시냅스 한다. 그 시냅스 부위를 사구체라 한다. mossy fiber 는 여러 곳에서 기원한다.

하올리브핵은 10Hz 로 진동한다. 하 올리브에서 올라온 축삭(등상 섬유)은 푸키네세포 의 축삭을 감는다. 특히 세포체 부근을 많이 감는다. 세포체 부근에서 firing 이 일어나면 전체 세포가 흥분할 확률이 높다. 평행섬유는 20 만개나 되지만 아주 미세하게 조절한다.

하 올리브에서 오는 신호와 푸키네 세포에서 나오는 신호에 에러가 생길 때 20 만개의 평행섬유가 미세 조절을 해 준다.

marr albus 의 소뇌 학습이론이다.

하 올리브핵에서 오는 시그널과 푸키네 세포의 시그널에 오차가 생기면 그것이 예측 오차이다.

그 예측오차를 줄이는 것이 운동학습이다. try & error . 반복학습이다. 농구선수, 10 년을 연습한다.

푸키네 세포가 사람에게 2000 만개 정도 있다.

성상 세포와 바구니 세포는 푸키네 세포를 억제한다.

골지 뉴런이 과립세포를 억제한다. 푸키네 세포가 골지 뉴런을 억제하면, 해당 과립세포는 활성화 된다.

그러면 푸키네 1 세포만 활성화되고 푸키네 2 세포는 활성화 하지 않는다.

하 올리브에서 올라오는 축삭은 1 초에 10Hz 의 진동이 일어난다. 이것이 운동의 cpu clock 이다.

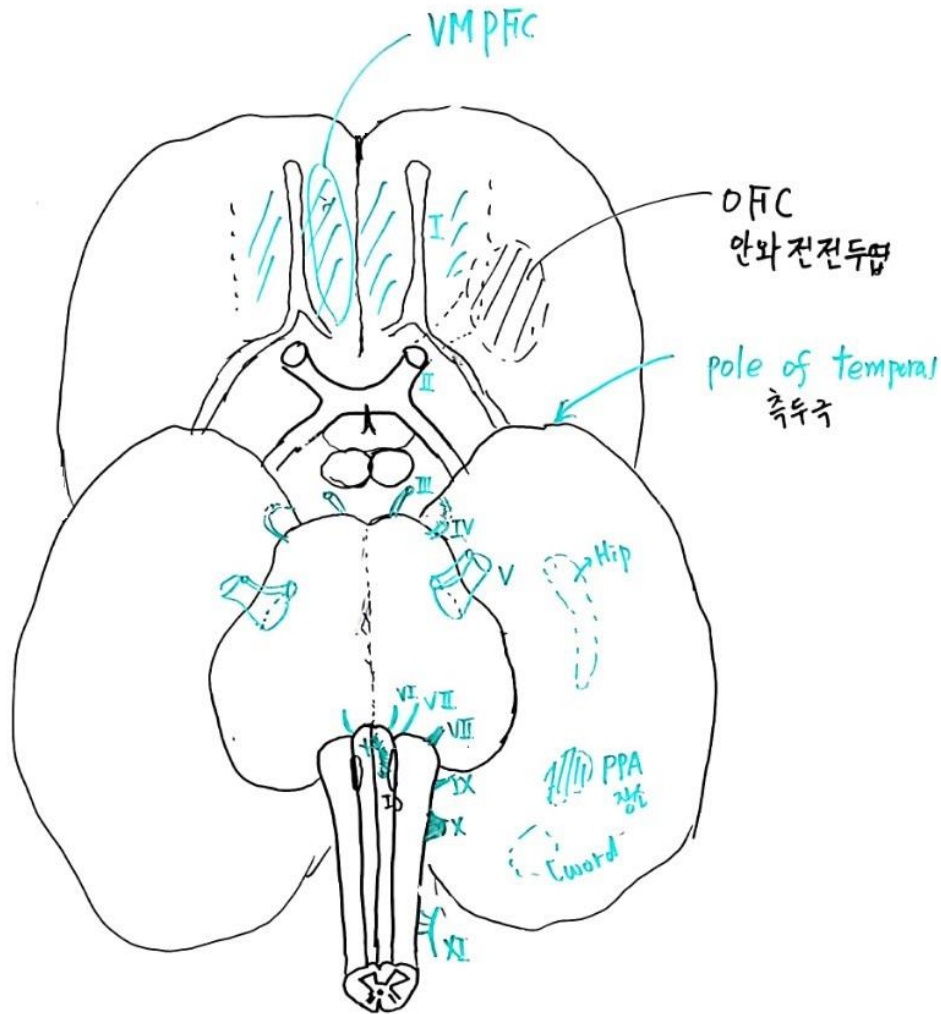
그래서 아무리 빨라도 1 초에 10 번 이상 할 수 없다.

대뇌소뇌는 운동계획이다.

운동 명령은 대뇌 피질에서 나온다. 운동 출력이 나오고 나서 치아핵이 바뀐다. 운동출력이 먼저이다.

12 개 뇌신경을 보자.

#5



시 신경을 먼저 그린다.

1 번 olfactory bulb 를 그린다. 내측과 외측 후각선조를 그린다. 시상 하부 영역이 나와 있고 infundibular 가 보인다.

infundibular 밑에 뇌하수체가 있다. 시상하부 밑에 유두체가 있다.

밑으로 중뇌와 pons 를 그린다. 밑으로 연수와 척수를 그린다. 그리고 측두엽을 크게 그린다.

안와 전두엽과 복내측 전전두엽을 그린다. 후각 망울이 안와 전두엽 거의 끝까지 나가 있다.

시교차가 있는 곳이 2 번 시신경이다.

동안 신경(3 번)은 배쪽으로 튀어 나와 있다. 3 번 신경 부위를 자르면 바로 상구가 나온다.

4 번 도르레 신경은 유일하게 등쪽으로 뒤로 가서 교차한다.

5 번 삼차 신경은 굉장히 큰 신경이다. 얼굴에 있는 일반 감각을 담당한다.

감각은 일반감각과 특수감각 있다. 일반 감각은 척수에서 처리한다.

5 번 신경에는 운동 신경을 따로 표시해 주어야 한다. 3 차 신경 운동핵이라 한다.

6 번 외전 신경, 옆에 7 번 안면신경 , 그리고 8 번 전정와우 신경이 있다.

9 번 설인신경이 밑으로 나오고 그 밑에 10 번 미주신경이 있다. 미주 신경은 굉장히 크다.

11 번 척수 부신경은 척수와 거의 연장선이라고 봐도 된다.

12 번 설하 신경은 하올리브핵 옆에 있다.

덤으로 눈동자 있는 영역이 안와 전전두엽이다.
 후각 망울 사이에 있는 영역이 복내측전두엽(VMPFC)이다
 그리고 측두극(pole of temporal)도 보인다.

해마는 측두엽 안에 있다.
 그리고 word 를 기억하는 영역과, 장소 정보를 기억하는 PPA(parahippocampal place area)가 있다.
 이 그림에서 척수의 전각과 후각의 위치를 그릴 수 있어야 한다.

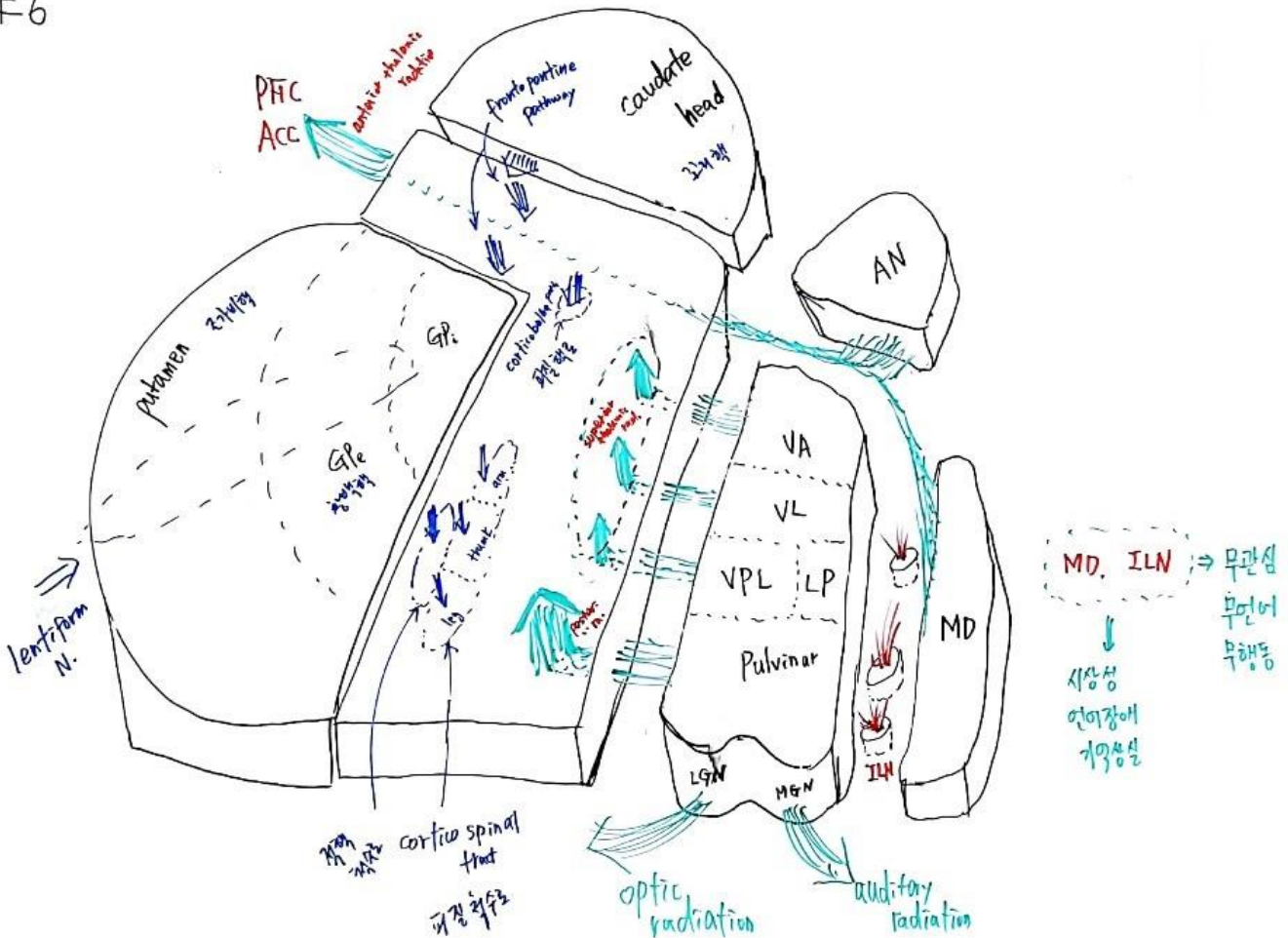
12 개 뇌신경 반드시 그릴 수 있어야 한다.

0 번 신경도 있다고 한다, 0 번 신경은 페르몬과 관계가 있다. 고래에서 발견이 된다고 한다.

앞으로 질문을 해도 좋다. 그러나 20 개 그림을 다 암기한 후 질문하기 바란다.
 20 개 그림을 철저히 암기하고 나면 ,거의 대부분의 질문은 사라질 것이다.

시상이다.

#6



내낭전지를 큼직하게 입체로 그린다. 그러 보면 어렵지 않다.
 삼각형 김밥처럼 보이는 것이 렌즈 핵이다. 조가비핵(putaman), 창백핵 외절(GPe), 창백핵 내절(GPi)로 구성되어 있다.
 내낭전지 위쪽이 꼬리핵 머리(caudate head)이다.

그리고 오른쪽에 시상을 그린다. 알통이 2 개 나온다. 맨 앞 쪽이 VA 이고 다음이 VL, 그리고 VPL 과 LP
마지막이 Pulvinar 이다.

pulvinar 끝에 나와 있는 알통이 LGN 과 MGN 이다. 그 옆에 있는 핵이 MD 이다.

그리고 사이에 섬처럼 있는 것이 시상수질판내핵(ILN: intra laminar nucleus)이다. 시상 앞에 있는 것이 AN 이다.

VA 에서 신경 다발이 내낭 후지로 들어가서 수직으로 튀어 나온다. VL, VPL, LP 도 마찬가지다,

이 수직으로 올라오는 신경 다발을 상 시상방사(superior thalamic radiation)이라 한다.

다음에 pulvinar 에서 나오는 다발을 후 시상방사(posterior thalamic radiation)이라 한다. 시각연합 영역으로 주로 간다.

상행은 감각이다.

그리고 optic radiation 과 auditory radiation 이 있다.

MD 와 AN 에서 PFC 와 ACC 로 간다. 이 다발을 전 시상방사(anterior thalamic radiation)라 한다.

마지막으로 시상수질판내핵(ILN)에서는 대뇌피질 전체로 나간다.

MD 와 ILN 에 문제가 생기면 무관심, 무언어, 무행동이 된다.

또한 시상성 언어장애와 기억상실까지 온다. 시상이 잘 못되어도 기억 상실이 일어난다.

인간의 완벽한 파멸은 flatness 가 되는 것이다. 감정의 굴곡이 없어진다.

인간의 핵심은 감정이 명확해야 한다.

상행 감각은 5 가지 radiation 으로 설명된다.

superior thalamic radiation(상 시상방사), posterior thalamic radiation (후 시상방사), anterior thalamic radiation(전 시상방사), optic radiation, auditory radiation 이다. 이 모든 것이 시상을 지나간다.

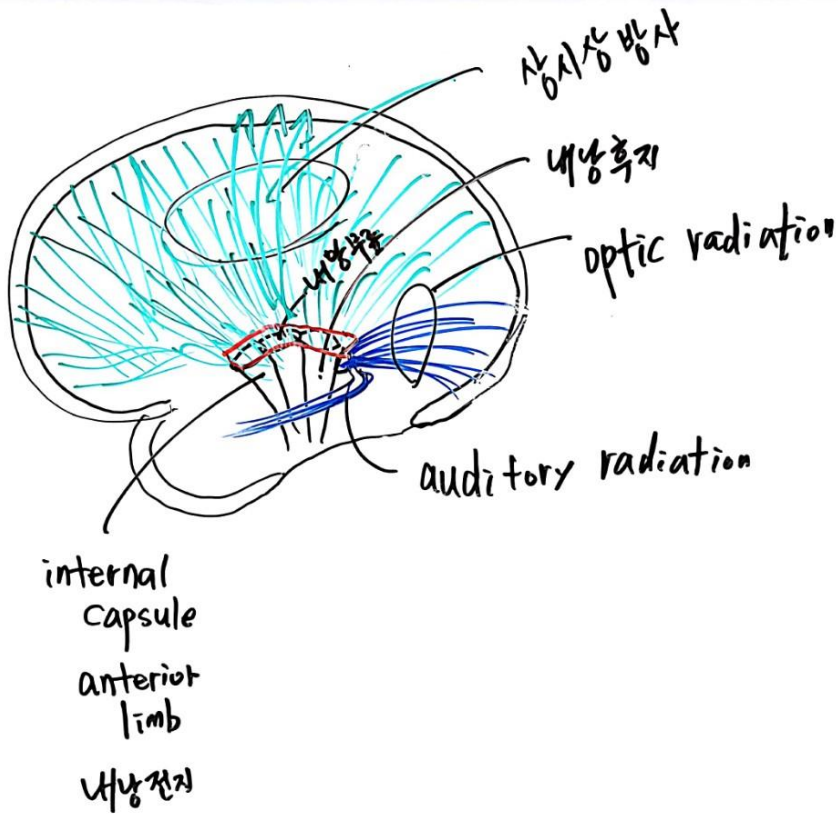
다음은 하행 운동이다.

먼저 피질 척수로(cortico spinal tract)이다. 피질척수로도 arm, trunk, leg 으로 구분되어 있다.

옆에 적핵 척수로가 있다. 내낭무릎 부근에 피질핵로가 있다. 예전에는 cortico bulbar pathway 라고도 했다.

다음에 중요한 pathway 는 꼬리핵 머리에서 내낭전지로 들어와서 내려가는 전두 교뇌로(fronto pontine pathway)이다.

조가비핵과 창백핵 전체를 합쳐서 렌즈핵(lentiform nucleus)이라고 한다.



피질에서 무수한 신경 다발이 나온다. 신경 다발이 모인다.

앞 쪽 묶음이 내낭전지(internal capsule anterior limb)이고 뒷 묶음이 내낭후지이다.

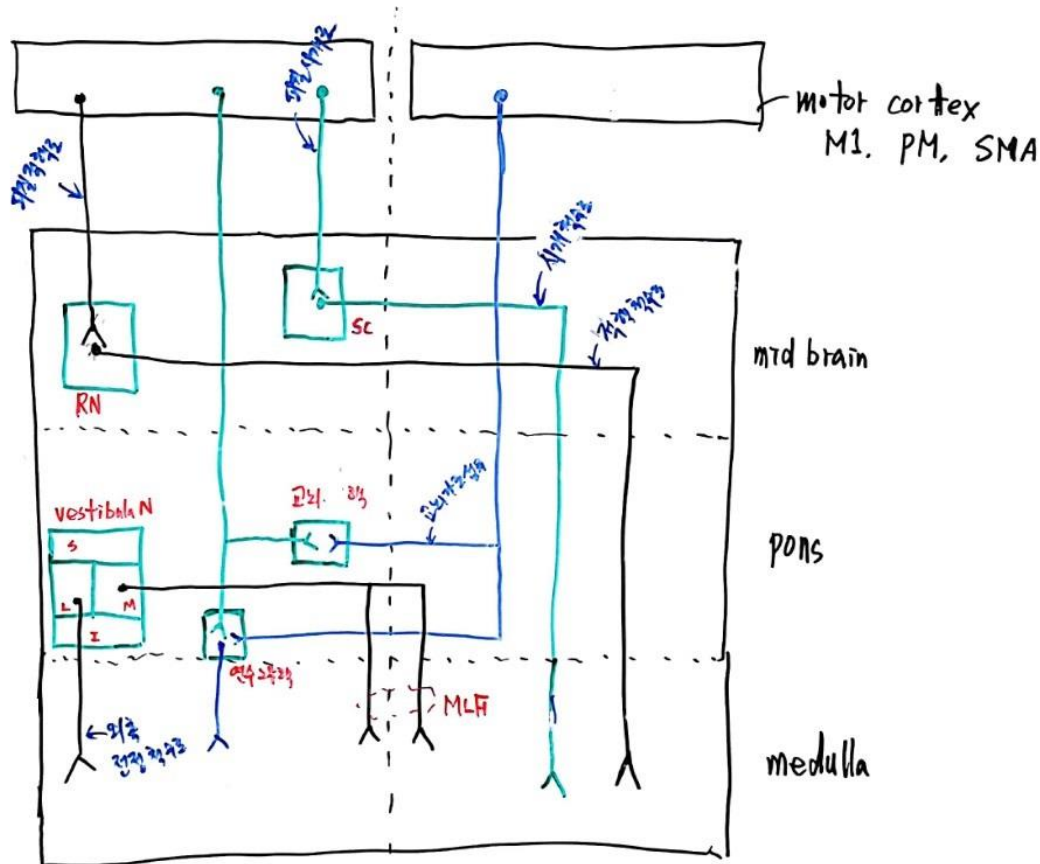
내낭전지와내낭후지 사이가 내낭무릎이다.

LGN 에서 나온 것이 optic radiation 이고 MGN 에서 나온 것이 auditory radiation 이다.

위로 올라가는 신경 다발을 상 시상방사라고 한다.

3:28

#7



하행 운동을 잘 표현한 그림이다.

맨 위가 좌. 우뇌 운동피질(motor cortex)이다. 운동피질은 M1, PM, SMA 를 이야기 한다.

여기에 들어 가는 핵을 먼저 표시한다.

중뇌(midbrain)에는 상구(SC)와 적핵(RN)가 있다. 교뇌(pons)에는 전정핵과 교뇌핵이 있다.

먼저 왼쪽 대뇌 운동피질에서 피질 시계로를 따라 내려온 신호는 상구에 시냅스하고,

상구에서 나와 교차한 후 시계 척수로 따라 척수에 간다.

또 한 신호가 왼 쪽 대뇌피질에서 내려와 연수 그물핵과 시냅스 한다. 그 과정에 결가지가 나와 교뇌핵과 시냅스 한다.

오른 쪽 대뇌 피질에서도 신호가 내려와 교차한 후 교뇌핵과 연수 그물핵에 시냅스 한다.

교뇌핵과 시냅스하는 신경 다발이 교뇌 가로섬유이다.

왼쪽 대뇌 피질에서 피질적핵로를 따라 내려온 신호는 적핵과 시냅스 하고,

적핵에서 나와 교차한 후 척수로 내려가는 적핵 척수로가 된다.

외측 전정핵에서 나온 신호는 척수로 가는 외측 전정척수를 형성하고 ,

내측 전정핵에서 나온 신호는 하나는 교차하여 반대 편으로 내려가고, 하나는 동측으로 내려가 함께 MLF 를 구성한다.

앞으로 강의가 3 번 남았다. 지금부터 매주 그림 5 개 정도를 공부할 것이다.

그러면 모두 20 개 정도 되는데, 20 개 그림은 한 사람도 빠짐없이 암기하기 바란다.
11 월 말에 약 2 주간의 강의 없는시간이 있으므로, 12 월 2 일 마지막 강의 때 까지 암기하기 바란다.
그림 당 30 번씩 그려보기 바란다. 20 장 그림은 600 장 중 가장 중요한 것만 고른 것이다.

prediction, emotion 과 관련된 신경회로를 정리해야 한다.
지난 2 시간 동안 추상적인 것을 했었다. 그것을 촘촘하게 회로적으로 연결해야 한다.

12 월 마지막 강의 때 의식을 할 것이다. 의식을 알려면 먼저 무의식을 알아야 한다.
이런 단계를 촘촘히 거치고 나서 나중에 prediction, emotion, memory, language 를 다시 해야 한다.
prediction 같은 어려운 추상적인 것을 먼저 했다. 그러면 헛갈린다. 많이 헛갈려 보아야 한다.
그러면 도대체 회로적으로 어떻게 되는가 고민하게 된다. 지금까지 강의는 몇 군데만 공략했다.
brainstem, midbrain, thalamus, limbic, cortical 이렇게 다시 올라 가야 한다.

멘토들은 조원이 암기를 잘 하는지 체크하기 바란다. 다음 강의 때 해야 할 복잡한 그림은 멘토를 통해 알려줄 예정이다.
수고하셨습니다.