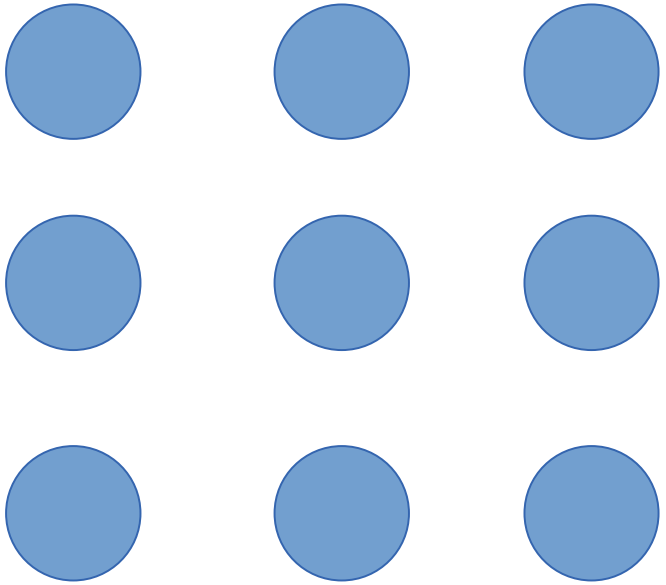
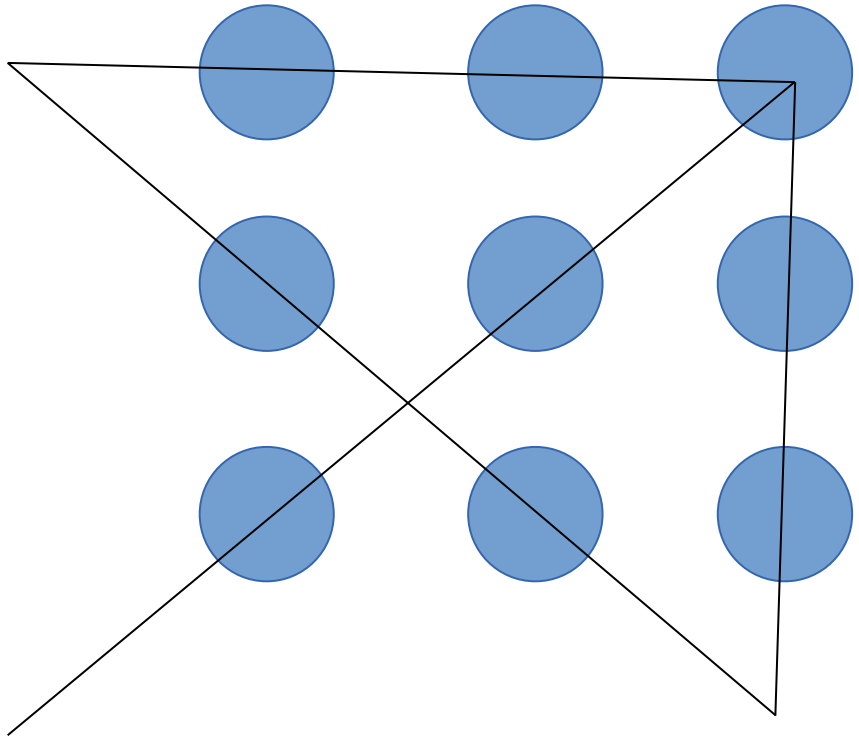
Cognitive systems

TRIP INSIDE OUR BRAIN

(NEUROSCIENCE PERSPECTIVE)



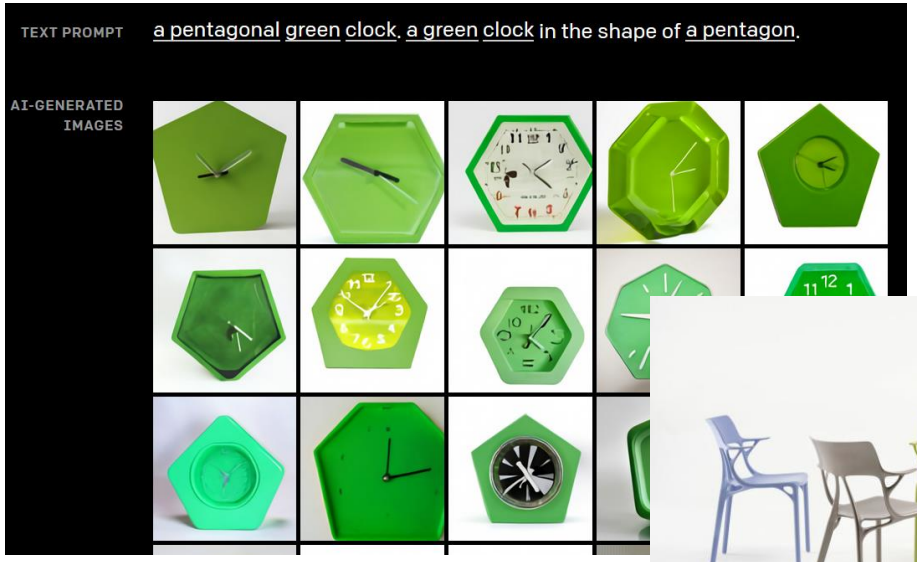
Can you connect all the dots by 4 lines directly following each other?

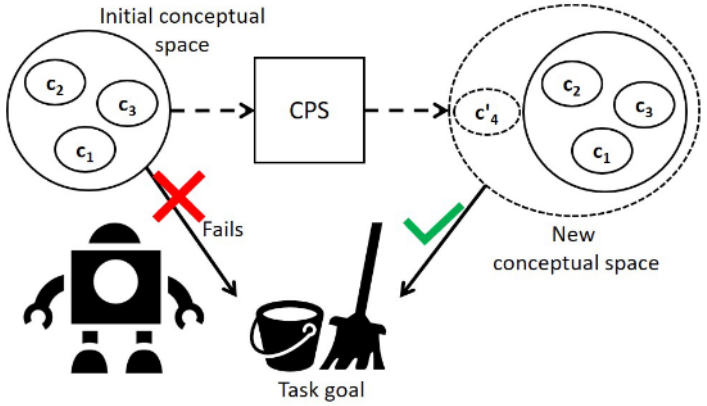


AI and insights vs. creativity

- Insightful: Extend initial conceptual space, AlphaGo creativity
- Creativity: AlphaGo, Art, Music…

https://ai.facebook.com/blog/generative-ai-text-to-video/





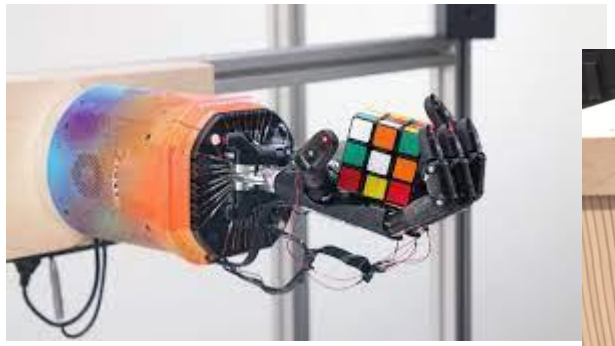
Visual attention

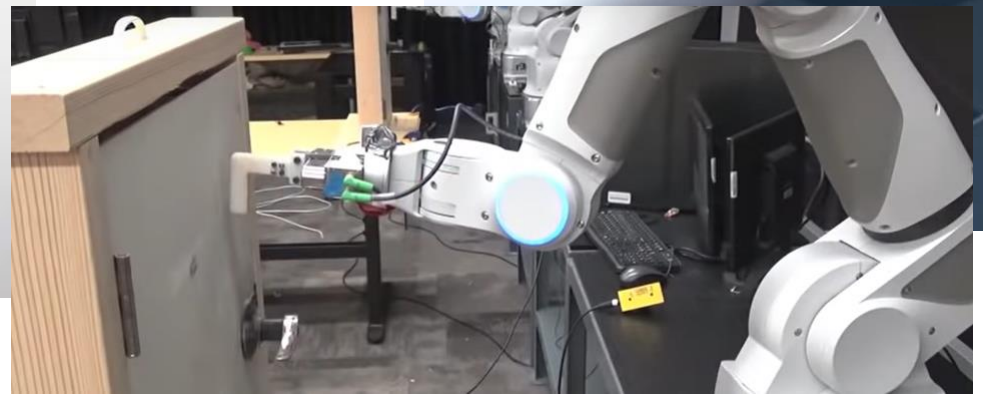
Visual attention

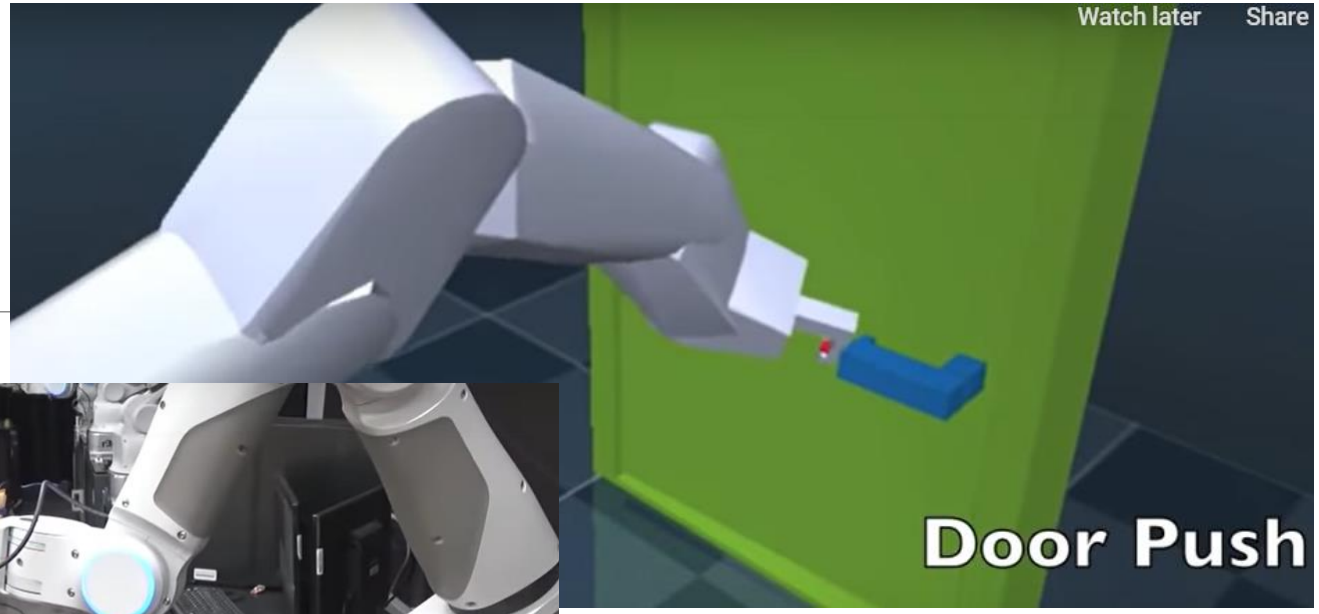
Pareidolia

Motoric memory (tightening your laces)

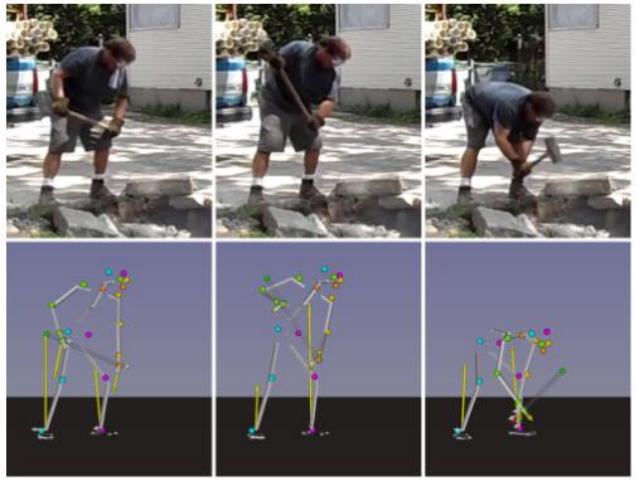
Robots learning motoric skills

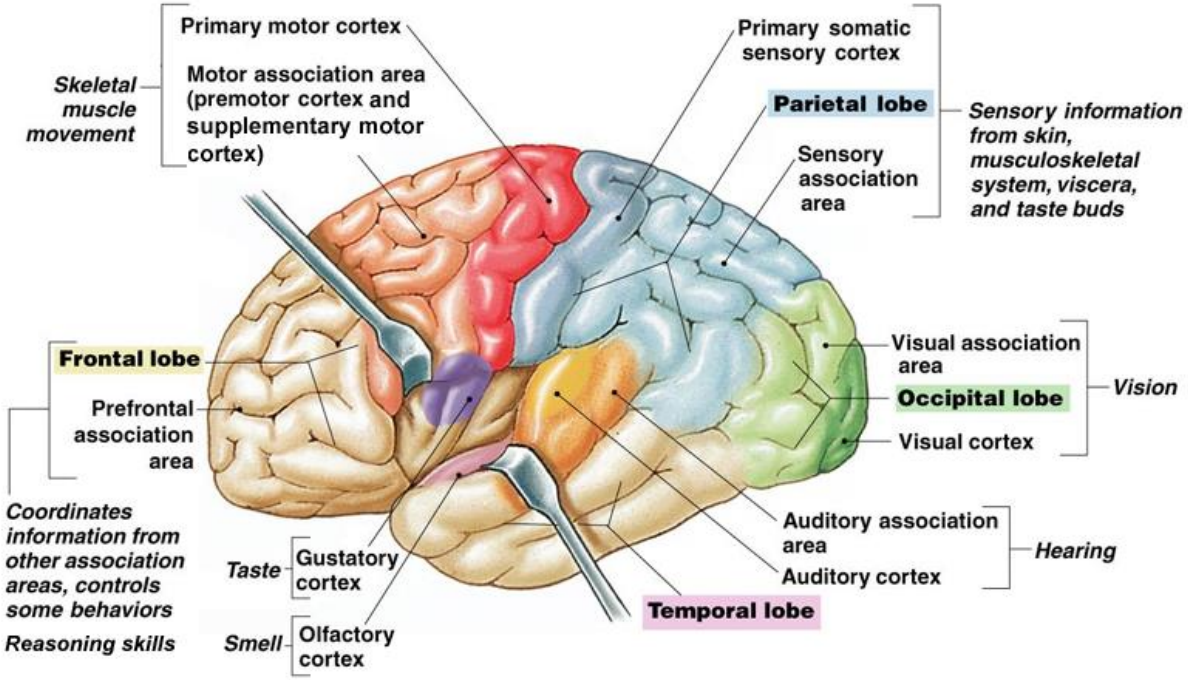






https://www.youtube.com/watch?v=ZhsEKTo7V04





Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Fig. 9-15

What happens inside the brain?

- Brain – nepotřebný orgán
- Imhotep (3500 BC)– 1.lékař, abnormality chování, objevitel mozkomíšního moku?, Egypťané, Aristoteles,… – centrum duše je srdce
- Hippocrates (400 BC)– „The brain exercises the greatest power in the man“
- Descartes (1.pol. 17.st.)

„mind-body problem“, dualismus – mysl kontrolu nad tělem, tělo ovlivňuje mysl

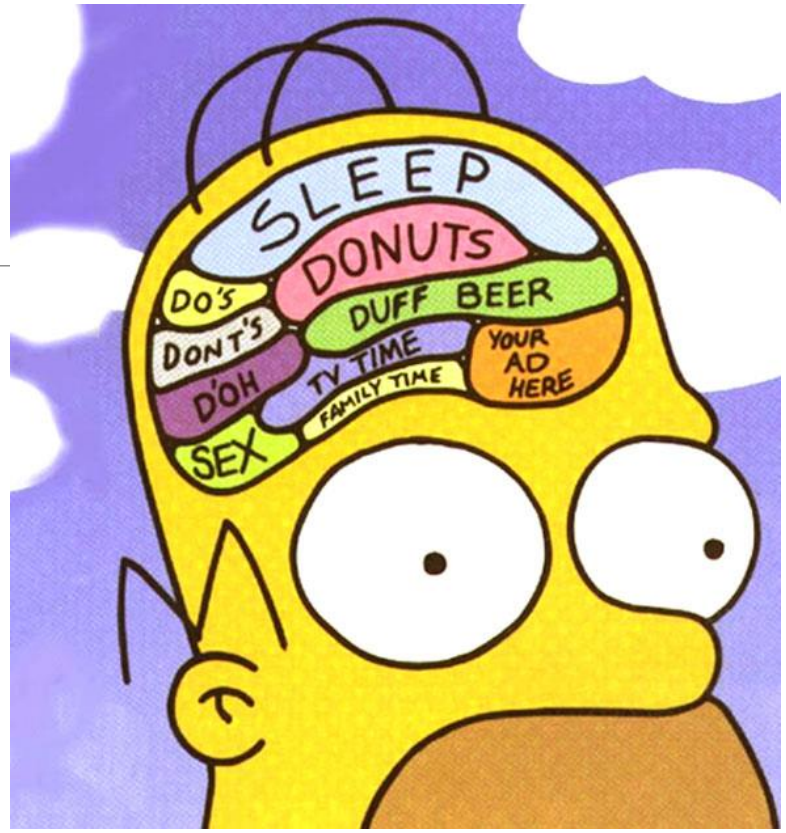
Anatomické pokusy, tělo smrtelné, mysl nesmrtelná

- Thomas Willis (pol.17.st.)

termíny „hemisféra“, „lalok“, „neurologie“, „psychologie“

I jiní živočichové myslí

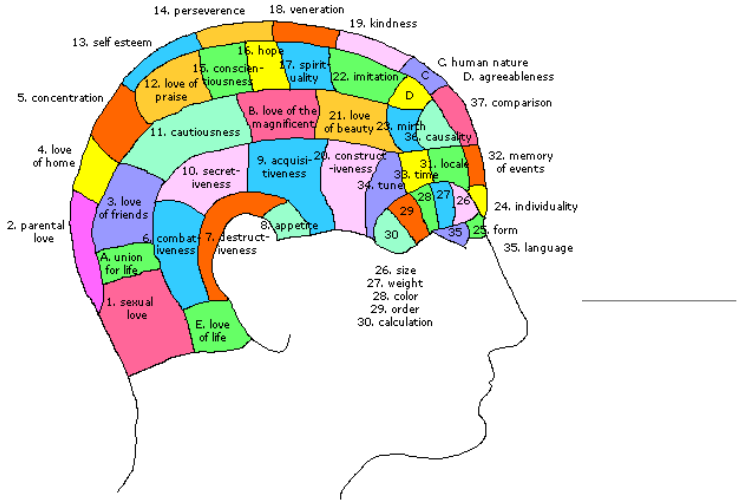
vyšší struktury mozku – více komplexní funkce, nižší struktury – automatické reakce, dýchání atp. -> testy na zvířatech i lidech



History of brain research (neuroscience)

Franz Joseph Gall – 18.-19.st., osobnost vztažena ke strukturám v mozku

frenologie – tvar lebky přímo určuje lid. inteligenci a osobnost



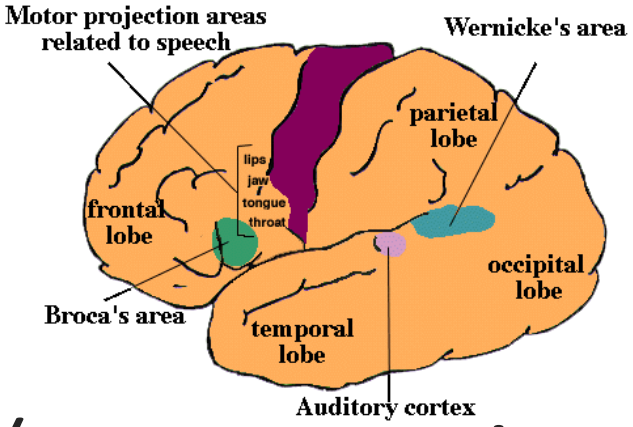
Jean-Baptiste Bouilland (konec 19.st) – různé oblasti mozku zodpovědné za jednotlivé funkce (řeč)

pozorování lidí s mozkovými zraněními

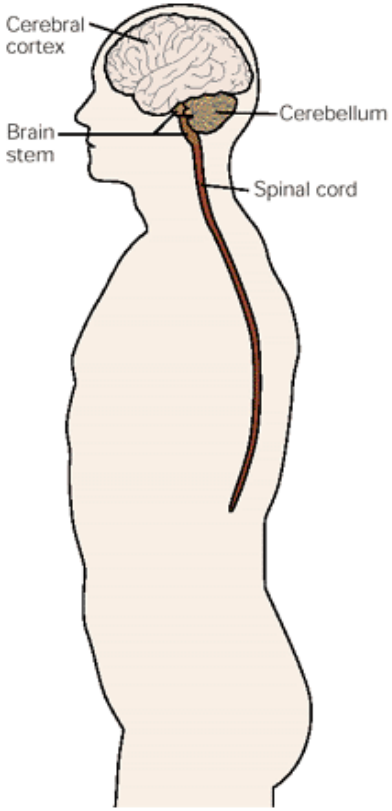
Paul Broca – centrum pro zprac. řeči -> Brocovo centrum

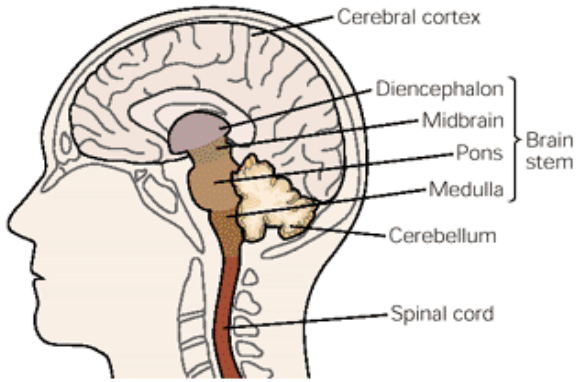
Karl Spencer Lashey (1.pol.19.st) – ztráta paměti – kolik tkáně odebráno a ne kde (na myších) – komplexní úloha (primární a asociační oblasti)

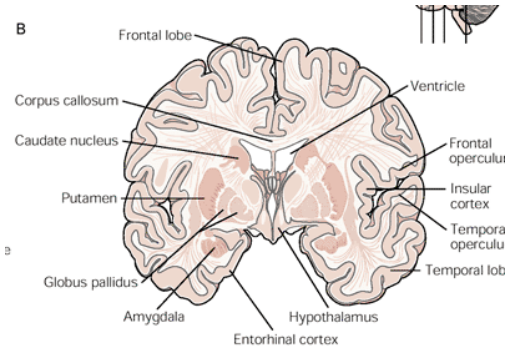
Část oblastí může převzít funkce jiných (plasticita)

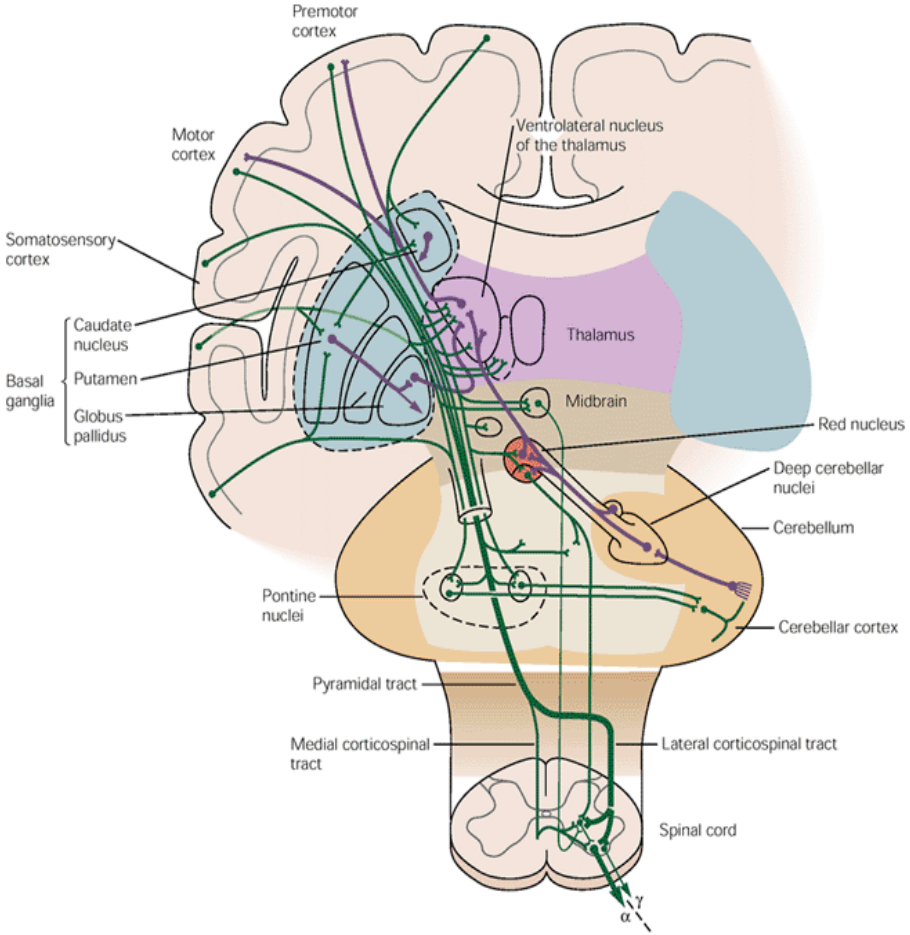


History of brain research (neuroscience)

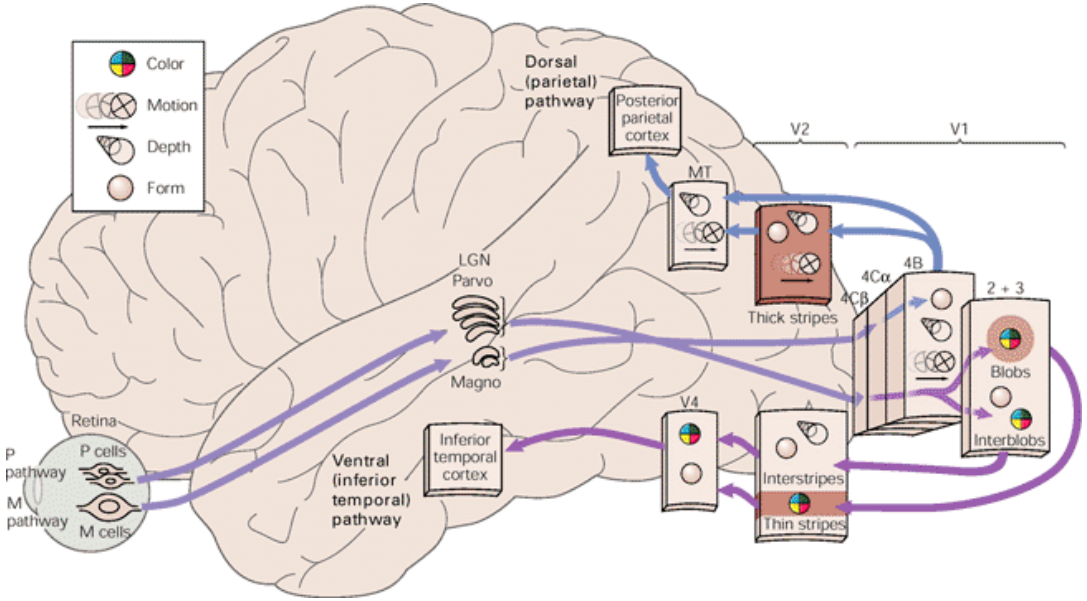


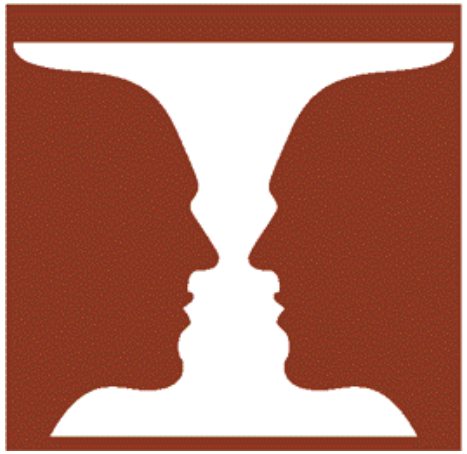


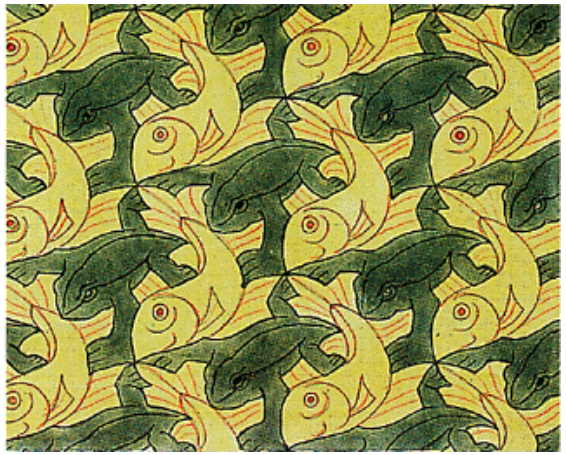




Different information pathways

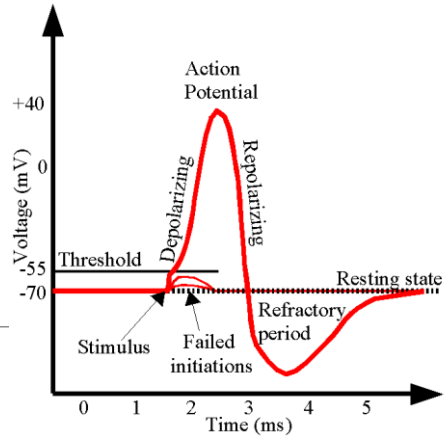


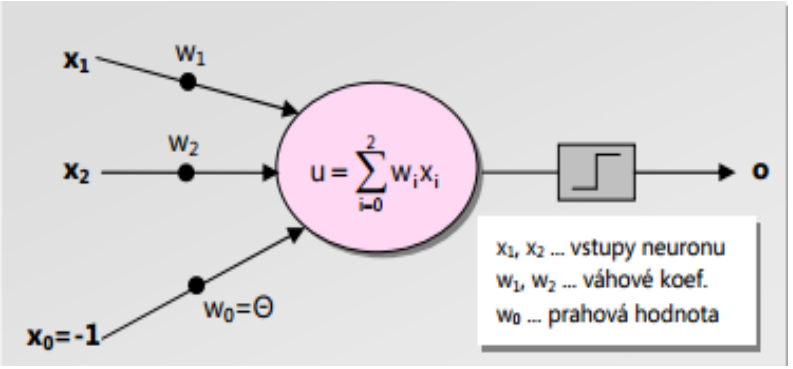




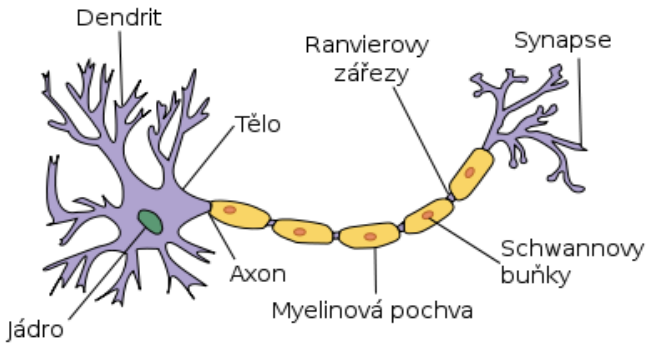
Different information pathways

Neurons



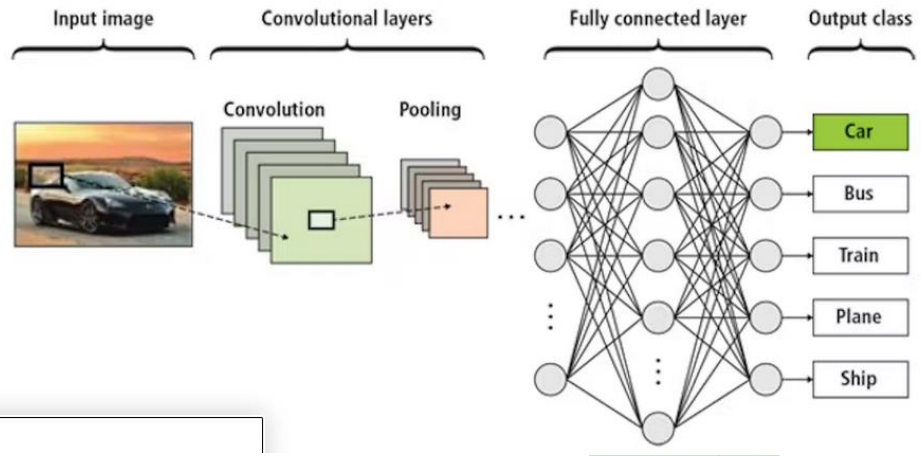


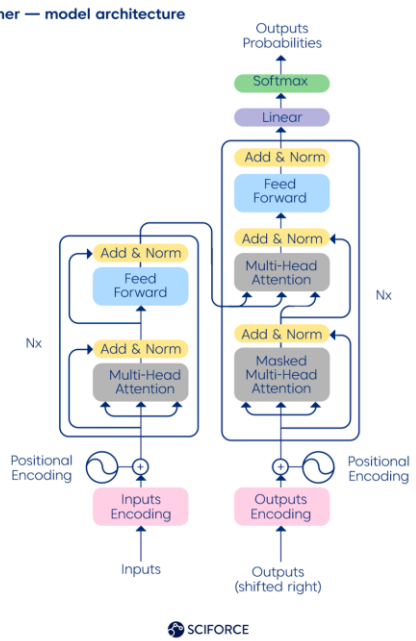
1943 McCulloch and Pitts

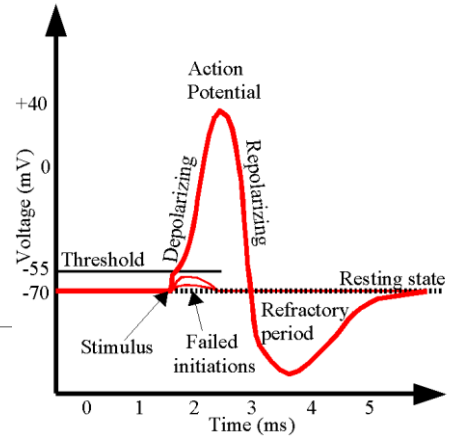


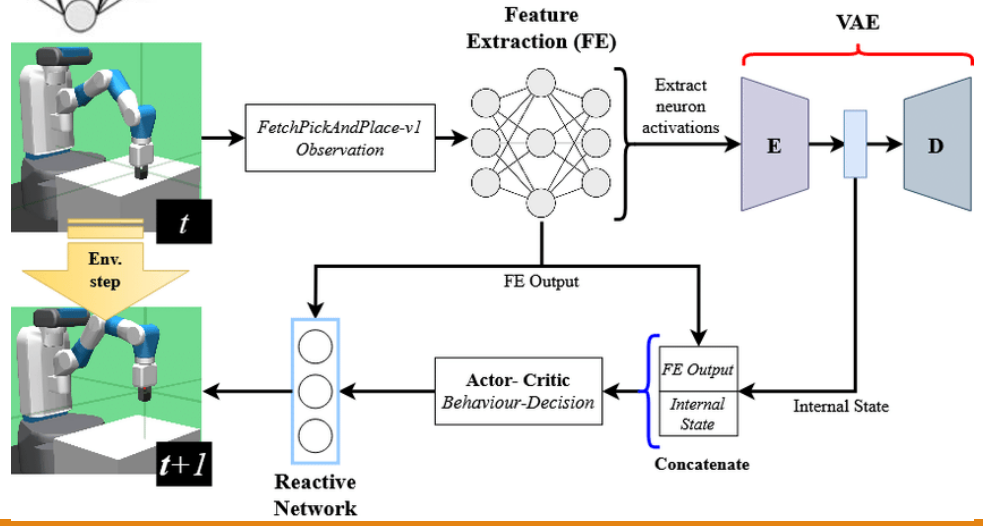
- **Axon** – 1,5m, 2-120m/s, membránový potenciál, akční potenciál – vybíjení, bílkovina myelin
- **Synapse** – 0,5-4ms, vylití neurotransmiteru → receptor → změny propustnosti pro Ca+, jednosměrné (dráhy obousměrné), látkový přenos
- Prostorová a časová sumace
- Šedá hmota – alcohol/cannabis/pregnancy/IQ/elderly/action vs.3D games
- Roztroušená skleróza narušuje gliové buňky tvořící pochvu

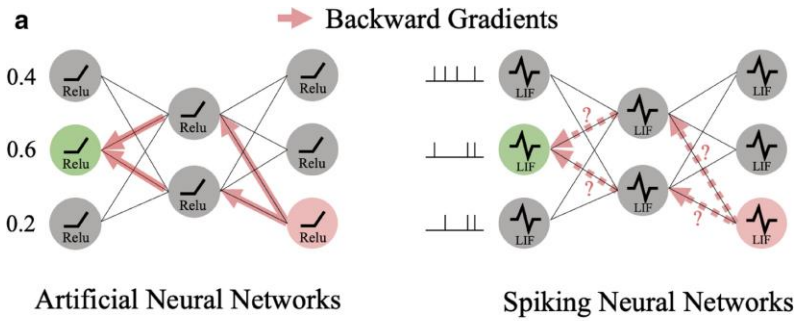
Neural networks

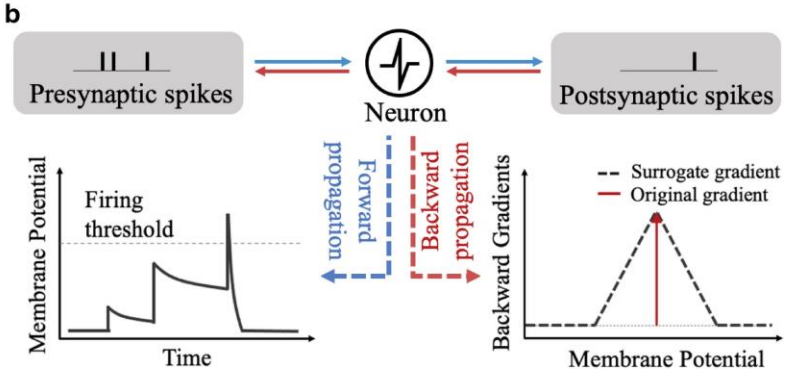


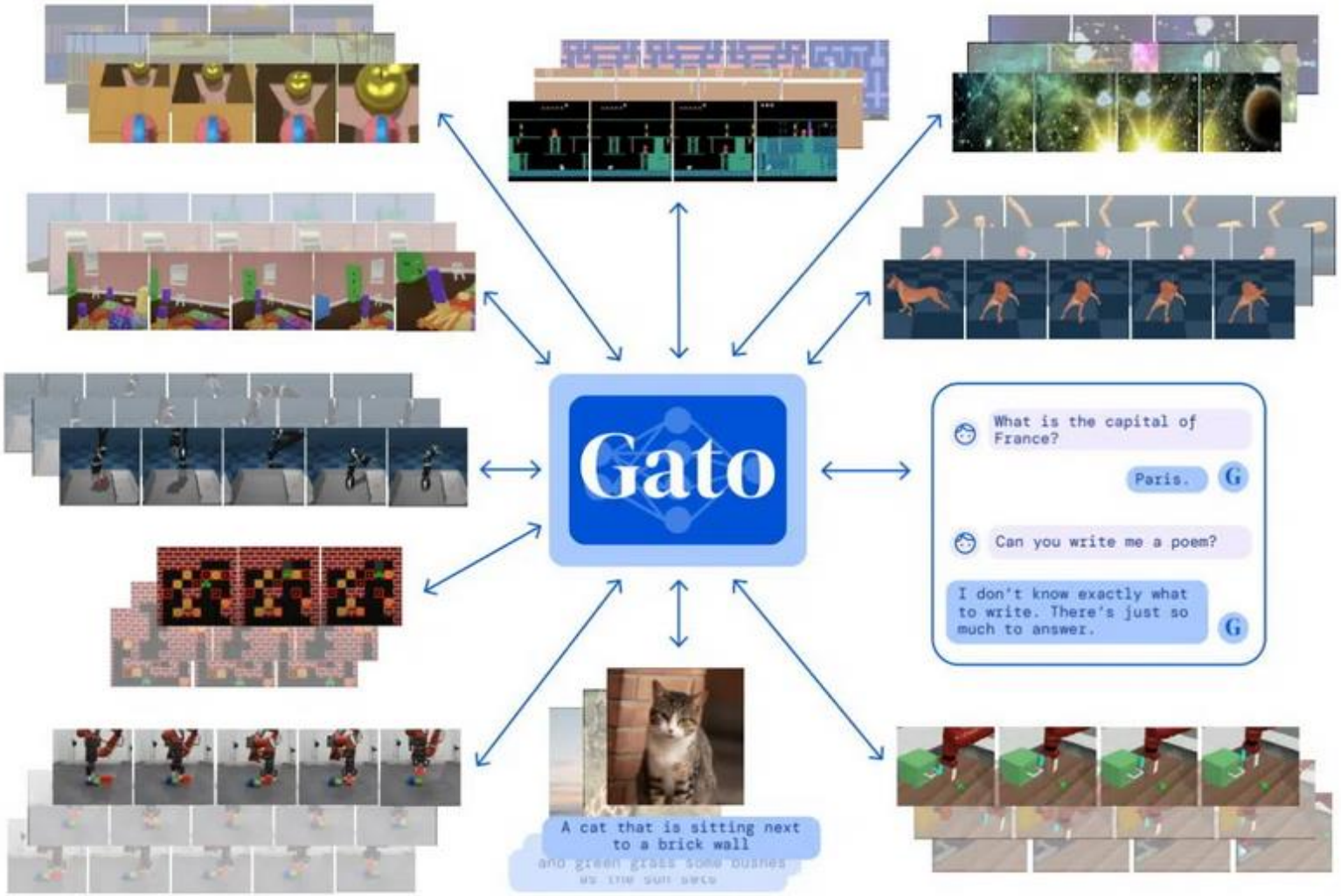




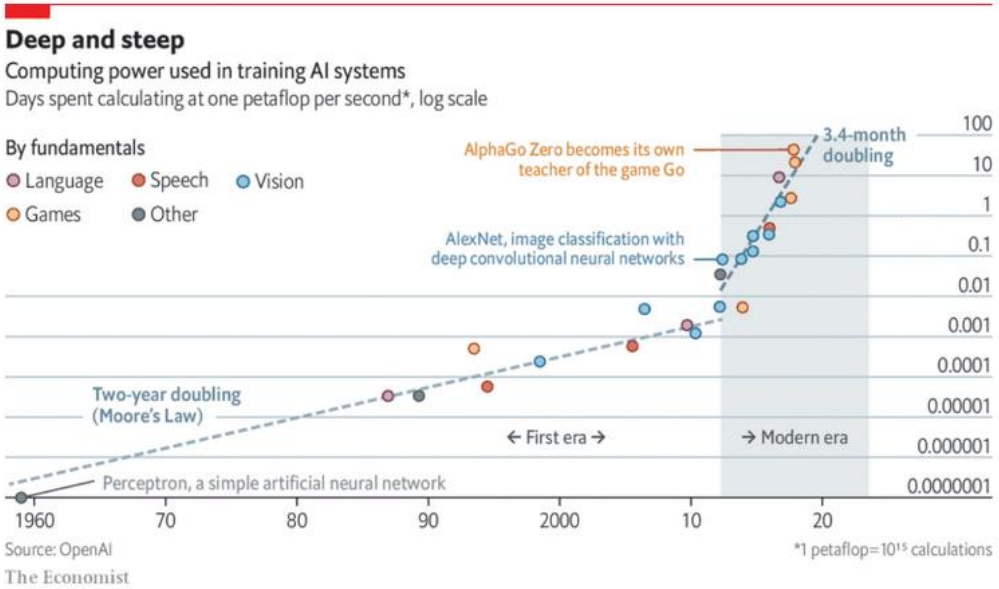


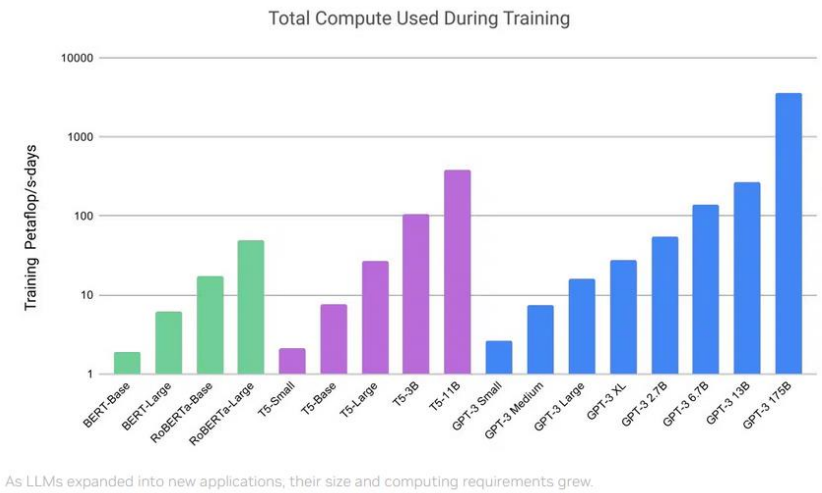






The Gato LLM can analyze robot actions and images as well as text.

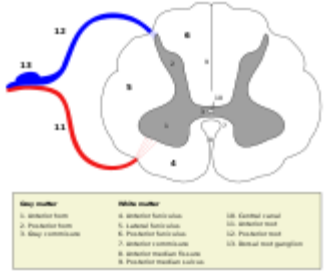


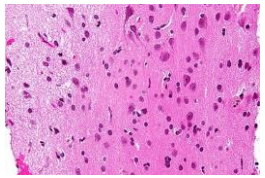


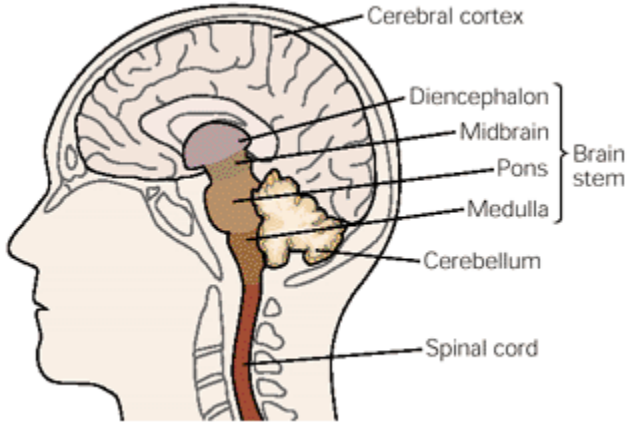
Computer power used in training AI systems has exponentially increased in the era of deep learning.

(source)

Anatomická organizace CNS







- Mícha ← Senzorická info
  - **Šedá hmota**
    - zadní rohy (usp.neurony ~ senzorické info),
    - přední rohy (motorické jádro inervuje svaly)
  - **Bílá hmota** – ascendentní a descendentí dráhy s motor. příkazy

- Medula
- Varolův most
- Střední mozek

} **Mozkový kmen** Retikulární formace - jádra ← Senzorická info → kontrola motoriky + sluch, balanc, chuť +parasympatické reflexy (srd.čin., krev.tlak,peristaltika) + ovlivnění stavu bdělosti (dle senzor.info)

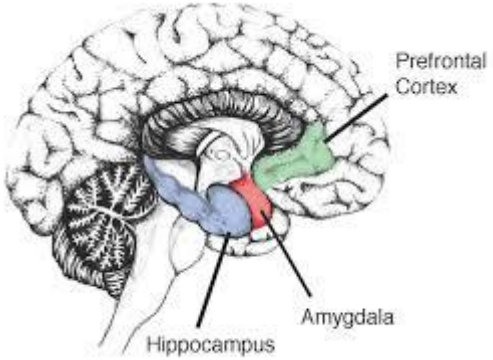
- Mozeček (cerrebelum) → pozice, koordinace hlavy, očních pohybů, jemná motorika, učení motor. dovednostem (nejvíc neuronů, málo typů)

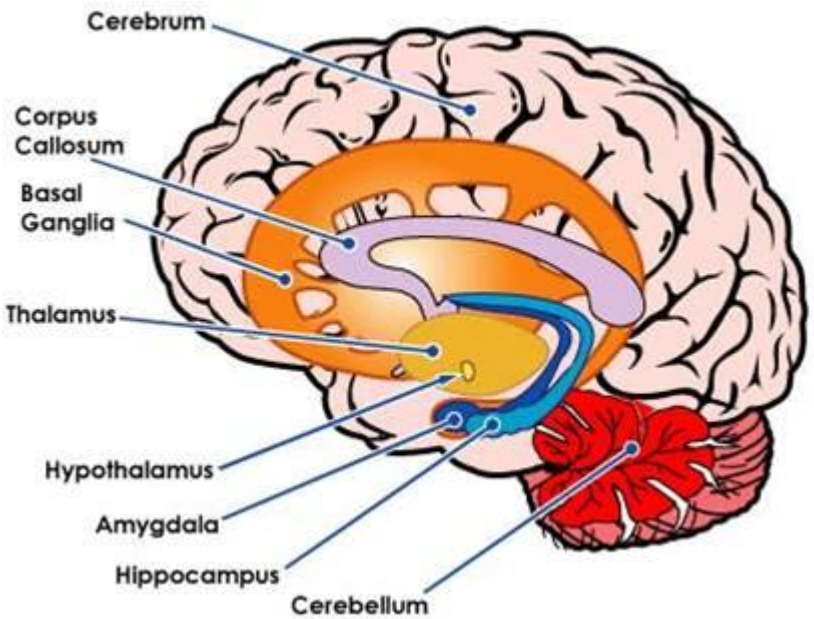
- Mezimozek (diencephalon)
  - **Thalamus** – periferie + hemisféry, integrace senz.info, práh
  - **Hypothalamus** → tělní funkce, regulace hormonů, motivační syst.mozku, biologický rytmus (vězení – psych.mučení)

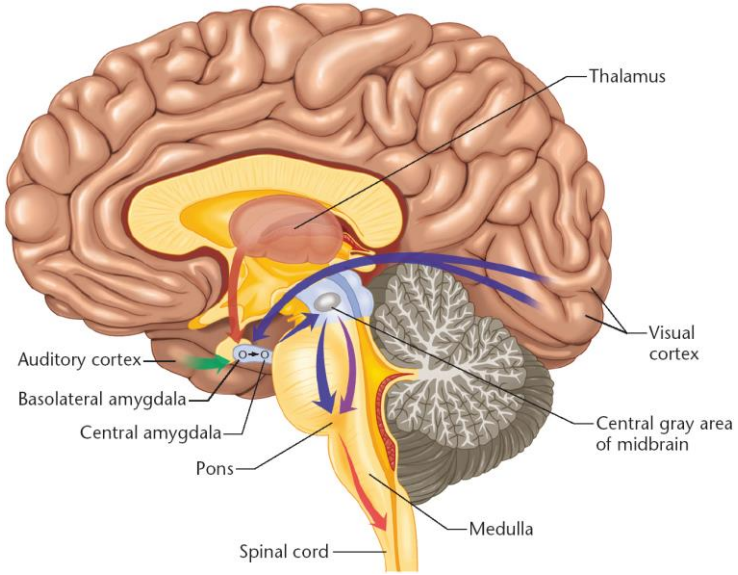
- Koncový mozek (telencephalon) – 2 mozkové hemisféry

Mozkové hemisféry

- Percepce, motorika, kognitivní funkce
- 1 strana mozku ovládá 2. stranu těla – kříží se v různých bodech
- Corpus callosum – split-brain syndrome, better connection (gifted?)
- **Subkortikální formace:**
  - Amygdala (emoce, soc.chov.) - EEG exp.
  - hippocampus (paměť, prost.orientace)
  - bazální ganglia (jemná motorika)

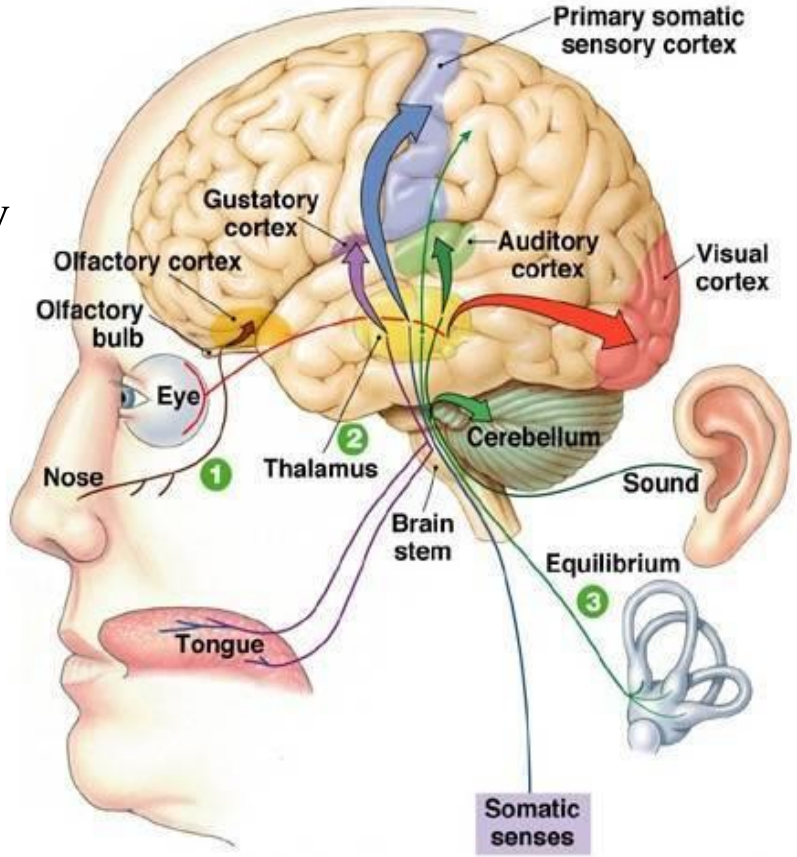






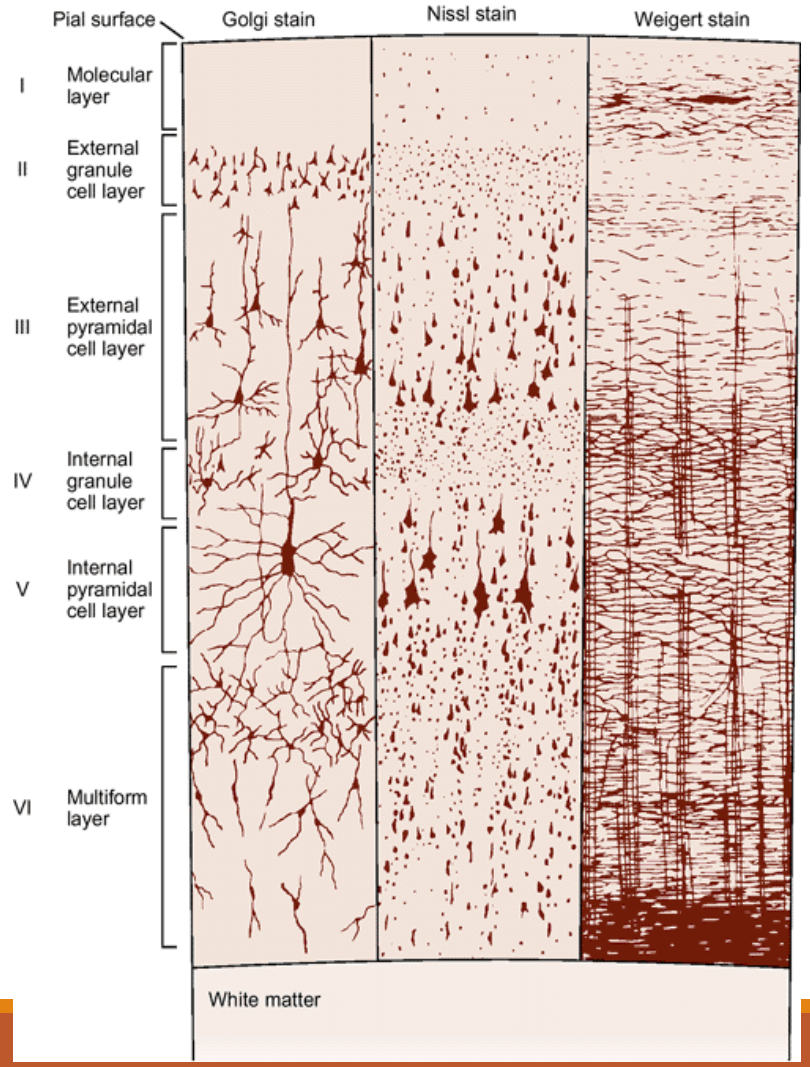
Mozkové hemisféry

- Percepce, motorika, kognitivní funkce
- 1 strana mozku ovládá 2. stranu těla – kříží se v různých bodech
- Corpus callosum
- **Subkortikální formace:**
  - Amygdala, hippocampus, bazální ganglia
- **Mozková kůra** – pod ní bílá hmota (myelin)
  - Oddělené systémy pro jednotlivé modality
  - Každý fční systém mnoho regionů



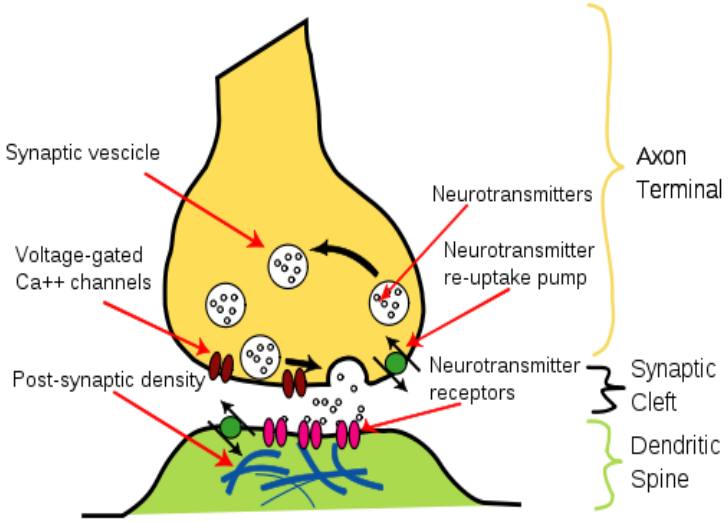
Mozkové hemisféry

- Percepce, motorika, kognitivní funkce
- 1 strana mozku ovládá 2. stranu těla – kříží se v různých bodech
- Corpus callosum
- **Subkortikální formace:**
  - Amygdala, hippocampus, bazální ganglia
- **Mozková kůra** – pod ní bílá hmota (myelin)
  - Oddělené systémy pro jednotlivé modality
  - Každý fční systém mnoho regionů
  - Projekční neurony (pyramidové, axony do další fáze zpracování)- uni/bi/multipolární - interneurony (inhibiční, excitační - uhýbací)
  - Ve vrstvách, neurotransmitery



Mozkové hemisféry

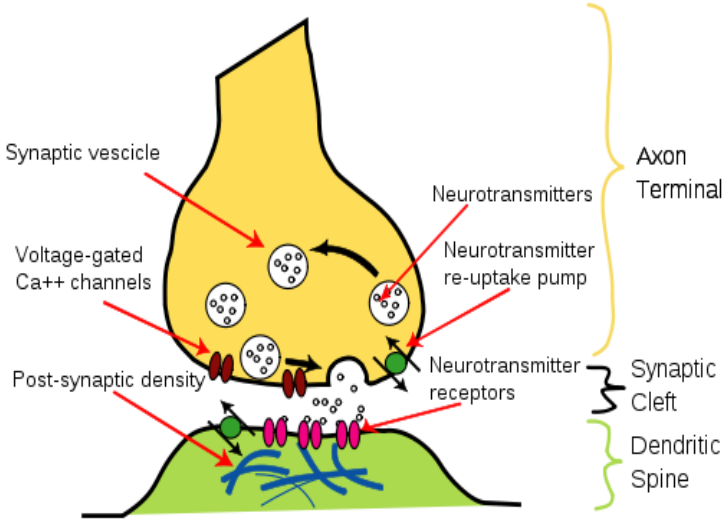
- Percepce, motorika, kognitivní funkce
- 1 strana mozku ovládá 2. stranu těla – kříží se v různých bodech
- Corpus callosum
- **Subkortikální formace:**
  - Amygdala, hippocampus, bazální ganglia
- **Mozková kůra** – pod ní bílá hmota (myelin)
  - Oddělené systémy pro jednotlivé modality
  - Každý fční systém mnoho regionů
  - Projekční neurony (pyramidové, axony do další fáze zpracování) a interneurony
  - Ve vrstvách, neurotransmitery

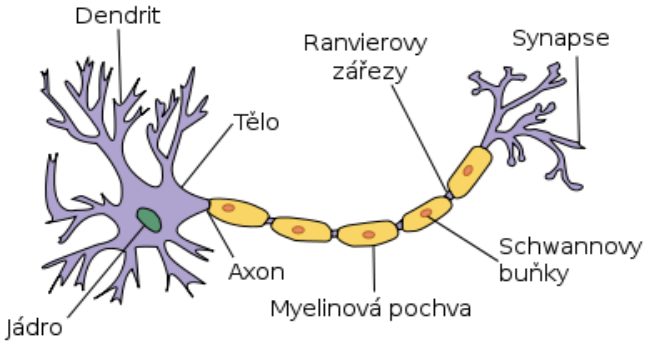


Excitační (Na+, Ca++), Inhibiční (K+, Ca+)

Mozkové hemisféry

- Percepce, motorika, kognitivní funkce
- 1 strana mozku ovládá 2. stranu těla – kříží se v různých bodech
- Corpus callosum
- **Subkortikální formace:**
  - Amygdala, hippocampus, bazální ganglia
- **Mozková kůra** – pod ní bílá hmota (myelin)
  - Oddělené systémy pro jednotlivé modality
  - Každý fční systém mnoho regionů
  - Projekční neurony (pyramidové, axony do další fáze zpracování) a interneurony
  - Ve vrstvách, neurotransmitery

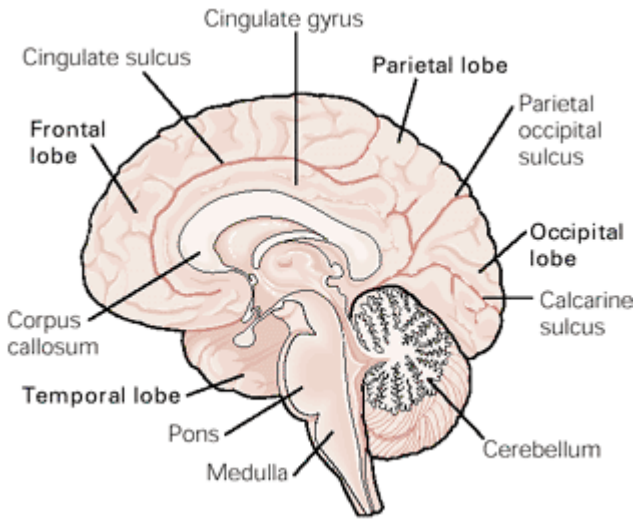




- **Axon** – 1,5m, 7m/s, membránový potenciál, akční potenciál – vybíjení, bílkovina myelin
- **Synapse** – 0,5-4ms, vylití neurotransmiteru → receptor → změny propustnosti pro Ca+, jednosměrné (dráhy obousměrné), látkový přenos
- Prostorová a časová sumace

Mozkové hemisféry

- Percepce, motorika, kognitivní funkce
- 1 strana mozku ovládá 2. stranu těla – kříží se v různých bodech
- Corpus callosum
- **Subkortikální formace:**
  - Amygdala, hippocampus, bazální ganglia
- **Mozková kůra** – pod ní bílá hmota (myelin)
  - Oddělené systémy pro jednotlivé modality
  - Každý fční systém mnoho regionů
  - Projekční neurony (pyramidové, axony do další fáze zpracování) a interneurony
  - Ve vrstvách
  - Topografická mapa – každá část mozku projektuje na další (neuronové mapy, motorická mapa) – transformace, neproporcionální → **roboti:** bodyschema, model těla, SOM
  - 4 laloky – rýhy (sulcus)
  - Fčně oddělené oblasti – primární/sekundární/terciální – dle vzdálenosti od periferie



Asociační oblasti

Mícha (receptory) → Thalamus → Mozková kůra

Filtrace info

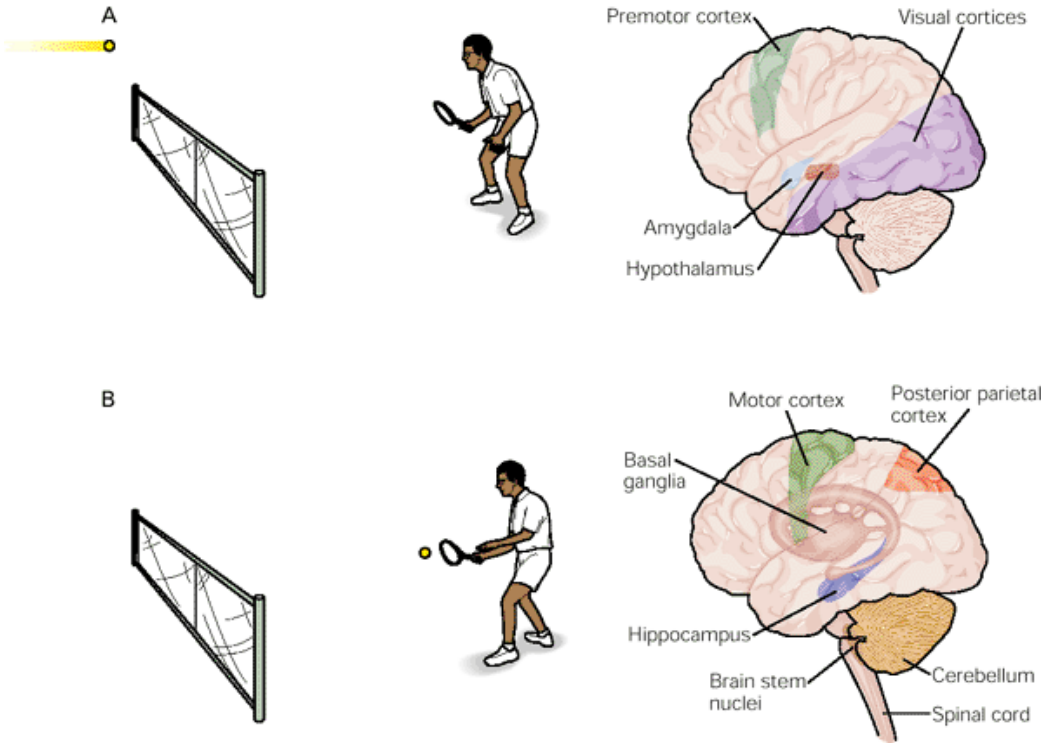
- Primární Somatosenzorická kůra
  - Somatotopicky, neproporčně

↓

Multimodální asoc.kůra ↔ hippocampus, amygdala

↓

Kortikospinální dráha (kůra → mícha → svaly)



Asociační oblasti

Periferie → primární kůra → unimodální asoc.oblast → multimodální a.o.

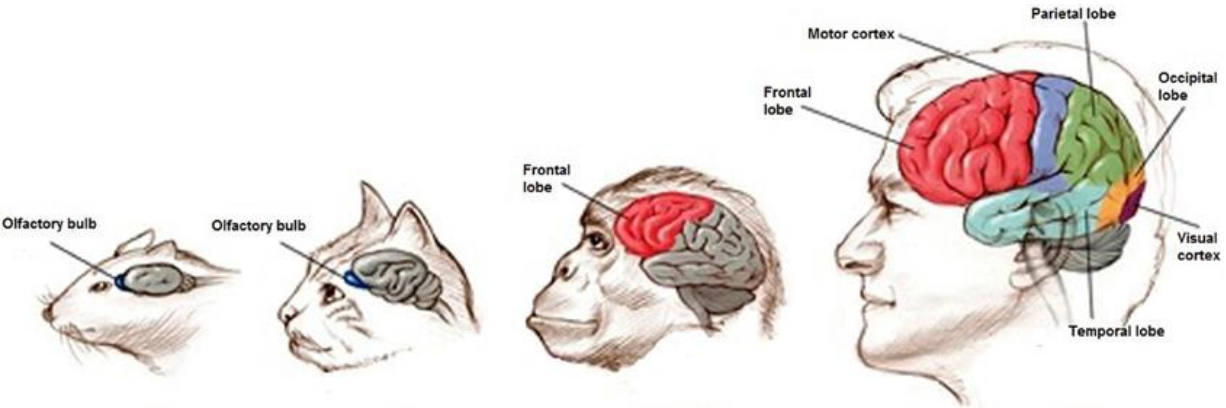
- **Unimodální asociační oblast** – integrace info jedné modality
- **3 Multimodální asociační oblasti** – integrace info z více modalit
  - **Percepce + jazyk** (posteriorní) – vojáci WW I a II léze, tělo v prostoru (viz.scéna)
  - **Emoce + paměť** (limbická)
  - **Plánování** pohybu, jazykové produkce, **rozhodování** (anteriorní, prefrontální kůra)
    - Pracovní paměť, rozhodování (schizofrenie – problém správné aktivace prefr.obl.)

Změny CNS

- Alkohol – redukce šedé hmoty
- Marihuana – krátkodobé X dlouhodobé (redukce šedé hmoty v hippocampu, amygdale, mediální temporálním kortexu, prefrontálním kortexu, změna integrity bílé hmoty)
- Těhotenství – 2 roky
- Meditace – přeuspořádání šedé hmoty
- Psychedelika – ovlivnění amygdaly -> krátkodobá alternace emocí, léčba deprese a úzkostí, halucinace

X dlouhodobé efekty – změny nálad, persistentní psychózy (flashbeky), paranoia, změny nálad, visuální problémy https://www.nature.com/articles/s41598-020-59282-y , https://www.discovermagazine.com/mind/psychedelic-effects-on-the-brain

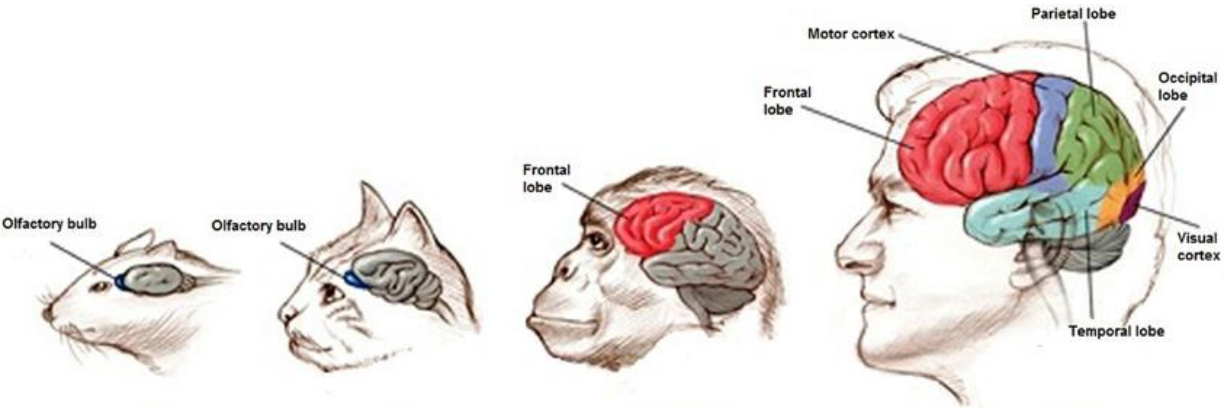
- Video hry – hry X 3D stavění



1300 cm3
Large grapefruit
Approx. 1 kg
Retarded human – 500 cm3

How did our brain evolve?

Dolphins – earlier on Earth, strong, earth->sea, sonar for navigation, schools, midwifes, communication wider range (2000 - 80,000 Hz) X (20 - 20,000 Hz) human



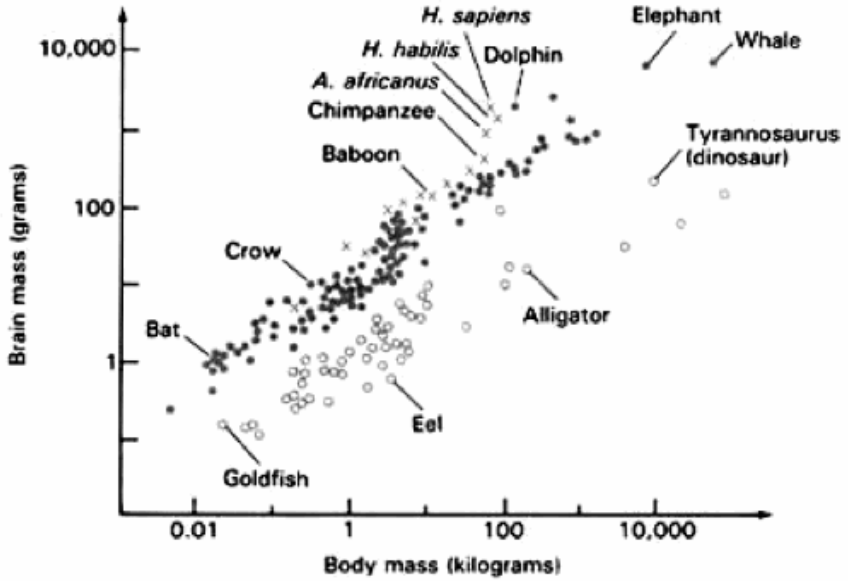
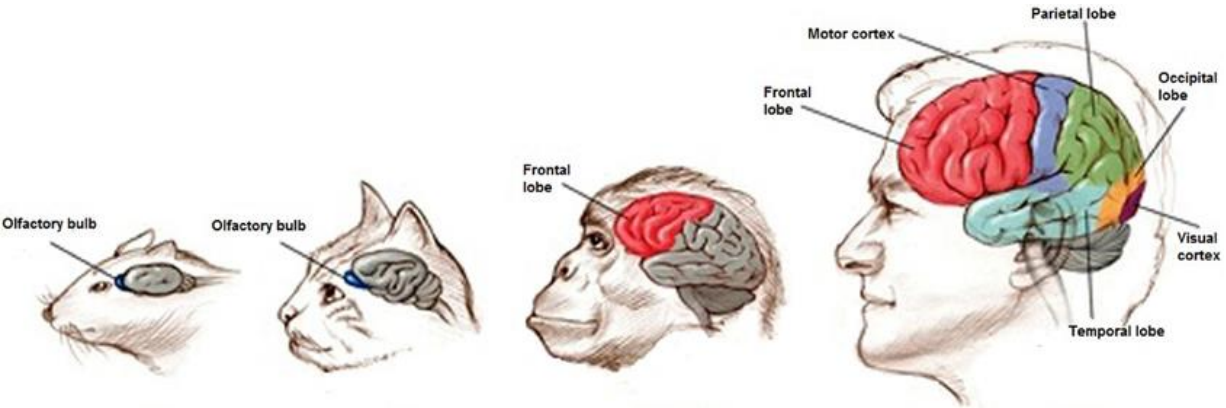
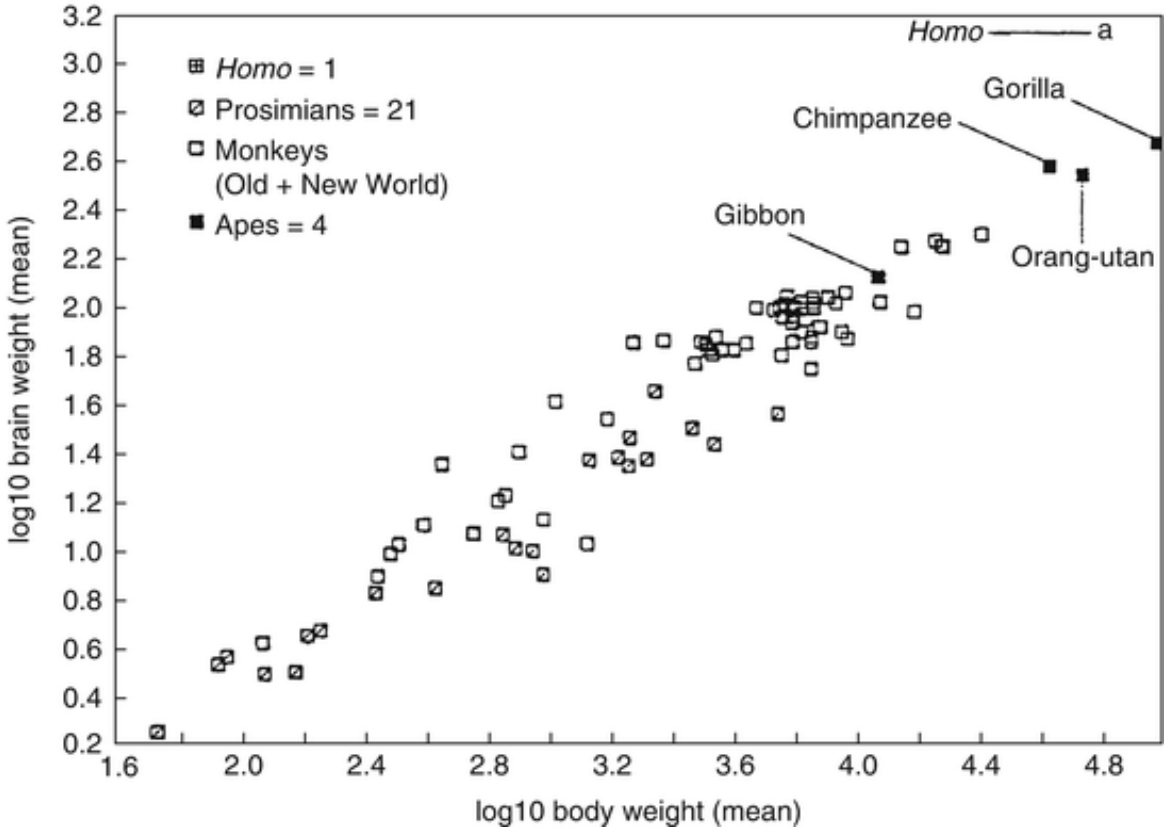


FIGURE 7.13 — A plot of brain mass versus body mass for a variety of animals. The open circles represent reptiles (including some fish and dinosaurs), the filled circles represent mammals (including many birds), and the x's represent primates (including humans and their immediate ancestors). (Carl Sagan)

https://www.cfa.harvard.edu/~ejchaisson/cosmic_evolution/docs/text/text_cult_3.html

How did our brain evolve?



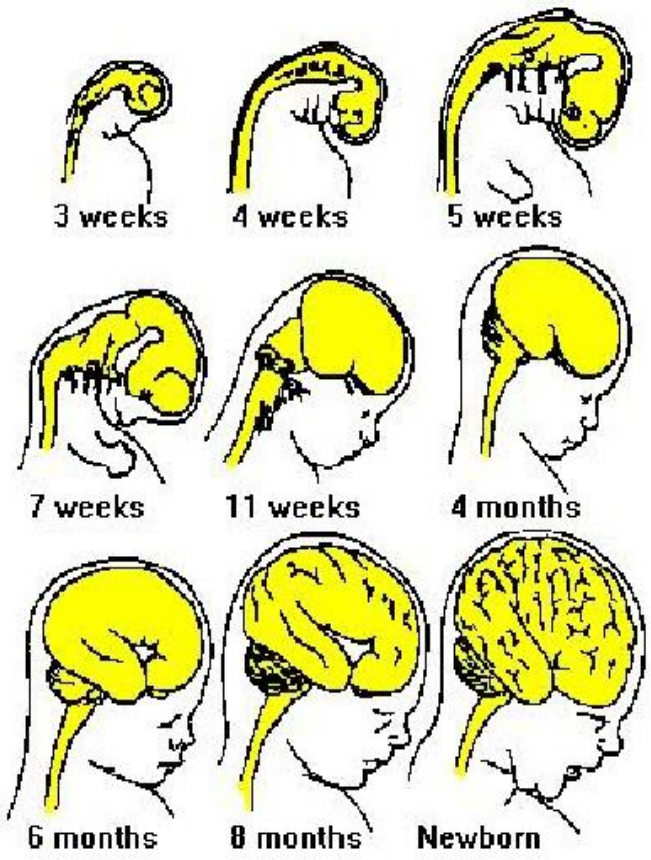


https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-39979-4_81

How did our brain evolve?

- first movements – 8 weeks of pregnancy first head
- tactile
- listening
- crying
- smiling
- development of vision
- sleep

…



How did our brain evolve?

- first movements – 8 weeks of pregnancy first head, 10 – hickups, 11-12 weeks we can observe **periodical breathing** of the fetus and in 12 weeks we see **stretches** and **yawns**.

https://www.livescience.com/62928-why-babies-kick.html

http://karlastepanova.cz/first-kicks-and-yawns-how-our-baby-starts-to-move-around-the-womb/

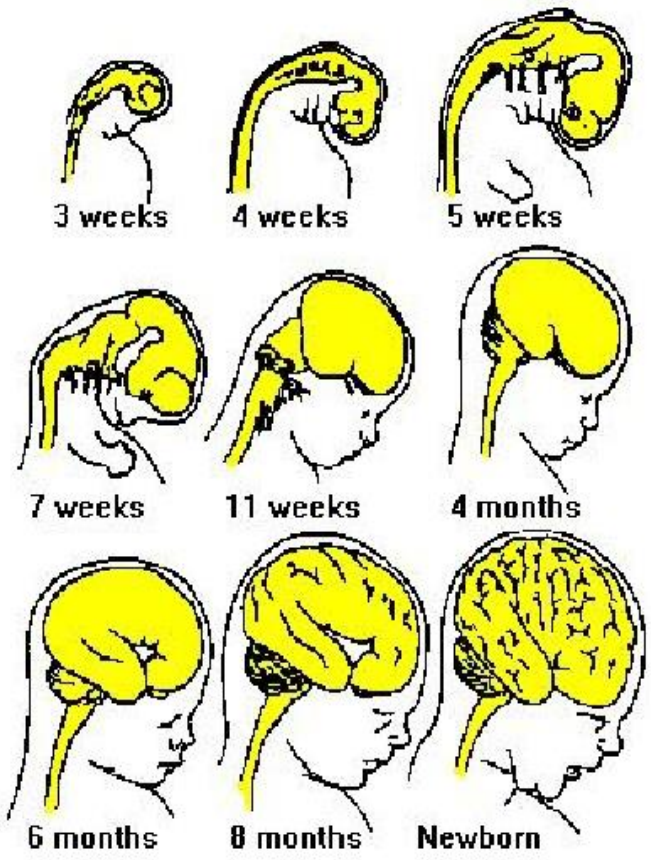
- tactile sensing – first accidental touches

- hearing – 27 weeks of pregnancy, 18-19 body sounds

- crying and smiling – facial movements: 24th to 35th week of pregnancy…

- development of vision – 36days - 2 **optic nerves (optic stalk)** , 30-35 days of pregnancy **iris, …, at 2 months** developed enough to react to outside world

- sleep



How did our brain evolve?