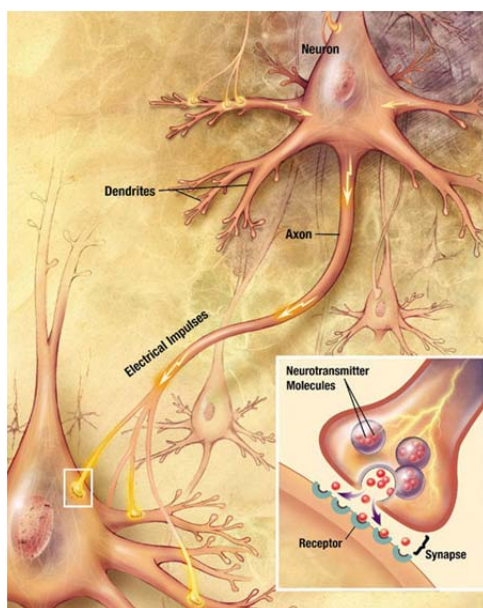


# Jak funguje mozek?

Aleš Stuchlík

Lidský mozek je patrně nesložitější orgán za Zemi<sup>1</sup>. Sestává z mozkových buněk. Ty tvoří jednak nervové buňky, tedy neurony, a pak buňky gliové, tedy glie<sup>2</sup>. Především neurony jsou buňkami zajišťujícími zpracování informací, učení se, chování, ale i relativně základní funkce jako např. řízení dýchání<sup>3</sup>. Buňky glie se tradičně spojovaly s podpůrnou funkcí, ale nové vědecké poznatky ukazují, že mají důležitou funkci i v nervové signalizaci<sup>1</sup>. Stavba mozku je dána především geneticky, nicméně v jeho vývoji se také výrazně uplatňují vlivy prostředí, zejména ve vztahu k různým neuropsychiatrickým onemocněním.

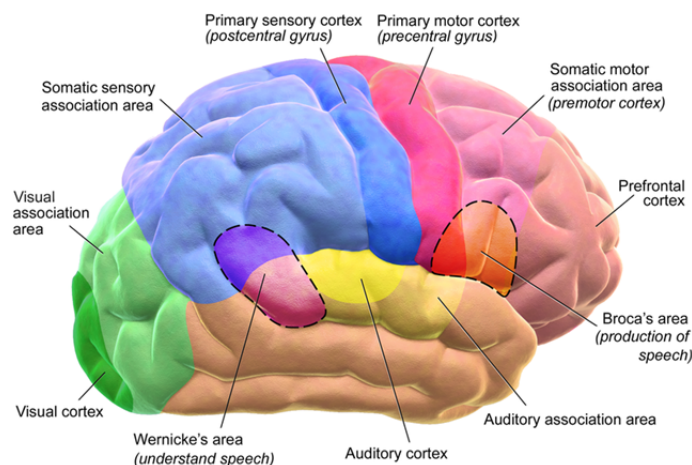
Počet neuronů v lidském mozku není přesně znám, ale odhaduje se na 50-150 miliard (studie z roku 2009 naznačuje 86 miliard<sup>2</sup>) a počet spojení mezi nimi je ještě mnohem vyšší (bilióny). Počet gliových buněk jak pak pravděpodobně podobný<sup>2</sup>. Neurony jsou schopny šířit nervové vzruchy, impulsy, či akční potenciály, tedy vlny změn napětí na jejich obalech. Nejsou však navzájem přímo elektricky propojeny, ale tuto informaci si vzájemně předávají pomocí nervových spojů neboli synapsí. Na každé synapsi elektrický signál, který k ní doputuje, změní na signál chemický, dojde totiž k uvolnění chemické látky (neuropřenašeče), která během ultrakrátké doby doputuje k dalšímu neuronu, kde je signál pomocí bílkovinných receptorů opět přeměněn na elektrický a ten se šíří druhou buňkou dále<sup>4</sup>. Synapse jsou místem dynamických změn a především zde je možné fungování mozku ovlivnit, např. léky, drogou, či učením se. Schopnost se učit novým poznatkům a dovednostem je podle moderních poznatků zakódována právě v synaptických spojkách<sup>5</sup>. Tím, že se synapse opakovaně aktivuje, může dojít k jejímu posílení nebo zeslabení, a to potom vede ke změně v signalizaci, zpracování informací, a potom i výsledného chování. Počty synapsí se také v závislosti na učení se a zpracování informací mohou dynamicky měnit. Poznatky soudobé vědy naznačují, že klíčové pro všechny funkce mozku včetně našeho myšlení, plánování a učení se, jsou přesně vyladěné vzorce neuronální aktivity v rozsáhlých populacích neuronů (ansámblů, nikoliv však hereckých, ale neuronálních) propojených synapsemi. V těchto vzorcích spolupracují různé mozkové struktury.



Obr. 1: Neurony a synapse (<http://www.nia.nih.gov/alzheimers/publication/alzheimers-disease-unraveling-mystery/preface>)

Přestože mnozí lidé věří, že v dospělosti v mozku nemohou vznikat nové neurony, opak je pravdou. Tento mýtus vyvrátil až v šedesátých letech dvacátého století badatel Joseph Altman, který ukázal, že i v dospělosti v některých oblastech mozku vznikají nové nervové buňky. Důležité je, že jednou z těchto oblastí je hipokampus, evolučně starší mozková kůra, která byla překryta hlavními hemisférami koncového mozku<sup>6</sup>. U člověka svoji anatomii poněkud připomíná mořského koníka (lat. *Hippocampus*), odkud pochází i jeho název. Hipokampus je zcela zásadní pro učení se novým poznatkům a dovednostem a jejich použití (tj. učení a paměti)<sup>5,6</sup>. Jeho přední část se také účastní emocí. V těchto činnostech hipokampus těsně spolupracuje s ostatními oblastmi mozku, z nichž můžeme na prvním místě jmenovat např. amygdalu<sup>7</sup>. Ta představuje malé mandlovité jádro mozku, které leží před hipokampem a je zcela klíčové pro zpracování emocí, a to jak negativních (strach, zloba), tak pozitivních (radost, štěstí)<sup>7</sup>. Další významnou oblastí je tzv. systém odměny, který signalizuje pocity libosti a uspokojení. Systém odměny leží na bázi mozku a jako neuropřenašeč využívá dopamin<sup>8</sup>. Má velký význam pro upevňování pozitivně motivovaných vzpomínek a vzorců chování, ke kterému dochází i při koučování.

Další zásadní oblastí je thalamus, někdy populárně označovaný jako „brána vědomí“. Jedná se o oblast, které představuje vstupní bránu veškerých informací do světa mozkové kůry, kde pravděpodobně sídlí vědomí<sup>9</sup>. Mozková kůra je složena z těsně nahloučených neuronů, leží na povrchu mozku a je rýhovaná. Na mozku jsou tak u člověka a opic dobře vidět závitky a rýhy. Ty vznikly patrně proto, že mozková kůra pracuje v ploše (informace se zpracovávají především napříč přes její šest vrstev), a pro její významné zvětšení představovalo zvrásnění do 3D struktury významnou evoluční výhodu. Mozková kůra koncového mozku je členěna do mozkových laloků, z nichž pro účely našeho zaměření jmenuji čelní (frontální), temenní (parietální), spánkový (temporální) a týlní (okcipitální)<sup>10</sup>. Týlní lalok obsahuje především zrakovou kůru, zpracovávající zrakové informace, a uplatňuje se i při představách a vizualizacích, vnímání barev a tvarů. Temenní lalok obsahuje veliký úsek zadní parietální kůry, která je asociační, tzn., že se neváže k žádnému konkrétnímu smyslovému vjemu, ale propojuje informace z různých mozkových oblastí<sup>10</sup>. Spánkový lalok kromě oblasti pro zpracování sluchových vjemů také obsahuje asociační oblasti. Čelní lalok, zejména jeho část nazvaná prefrontální kůra je kompletně asociační a účastní se procesů jako plánování, monitorování probíhajících aktivit, krátkodobé (pracovní) paměti, rysů osobnosti, koordinace aktivit dalších oblastí a dalších akcí, kterým souhrnně říkáme exekutivní (výkonné) funkce.



**Obr. 1:** Hlavní oblasti mozkové kůry (Blausen.com staff (2014). „Medical gallery of Blausen Medical 2014“. *WikiJournal of Medicine* 1 (2). DOI: 10.15347/wjm/2014.010. ISSN 2002-4436.)

Všechny zmíněné oblasti a mnohé další v těsné a přesně koordinované souhře zajišťují správné fungování mozku, myšlení, učení se, představitivost a plánování a další. Téměř cokoliv děláme, náš mozek mění, a také se dá říci, že mozek můžeme trénovat podobně jako každý jiný sval, ačkoliv mechanismy tohoto tréninku se u mozku na rozdíl od svalů liší. V procesu koučování pravděpodobně také dochází k silným změnám ve schopnostech komunikace mezi nervovými buňkami, okruhy a oblastmi, které jsou podkladem lepšího výkonu, pozitivního myšlení a otevřeného přístupu k budoucnosti.

## Literatura

- <sup>1</sup> Jernigan TL, Stiles J. Construction of the human forebrain. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*. 2017 Jan;8(1-2). doi: 10.1002/wcs.1409.
- <sup>2</sup> Azevedo FA, Carvalho LR, Grinberg LT, Farfel JM, Ferretti RE, Leite RE, Jacob Filho W, Lent R, Herculano-Houzel S. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *J Comp Neurol*. 2009 Apr 10;513(5):532-41. doi: 10.1002/cne.21974.
- <sup>3</sup> Moreira TS1, Mulkey DK. New advances in the neural control of breathing. *J Physiol*. 2015 Mar 1;593(5):1065-6. doi: 10.1113/jphysiol.2014.287185.
- <sup>4</sup> Eccles JC. The ionic mechanisms of excitatory and inhibitory synaptic action. *Ann N Y Acad Sci*. 1966 Jul 14;137(2):473-94.
- <sup>5</sup> Bannerman DM, Sprengel R, Sanderson DJ, McHugh SB, Rawlins JN, Monyer H, Seeburg PH. Hippocampal synaptic plasticity, spatial memory and anxiety. *Nat Rev Neurosci*. 2014 Mar;15(3):181-92. doi: 10.1038/nrn3677. Review.
- <sup>6</sup> Bannerman DM, Rawlins JN, McHugh SB, Deacon RM, Yee BK, Bast T, Zhang WN, Pothuizen HH, Feldon J. Regional dissociations within the hippocampus--memory and anxiety. *Neurosci Biobehav Rev*. 2004 May;28(3):273-83. Review.
- <sup>7</sup> Janak PH, Tye KM. From circuits to behaviour in the amygdala. *Nature*. 2015 Jan 15;517(7534):284-92. doi: 10.1038/nature14188. Review.
- <sup>8</sup> Galván A. Neural systems underlying reward and approach behaviors in childhood and adolescence. *Curr Top Behav Neurosci*. 2014;16:167-88. Review.
- <sup>9</sup> Fama R, Sullivan EV. Thalamic structures and associated cognitive functions: Relations with age and aging. *Neurosci Biobehav Rev*. 2015 Jul;54:29-37. doi: 10.1016/j.neubiorev.2015.03.008.
- <sup>10</sup> Douglas RJ, Martin KA. Mapping the matrix: the ways of neocortex. *Neuron*. 2007 Oct 25;56(2):226-38. Review.
- <sup>11</sup> Miller EK, Cohen JD. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci*. 2001;24:167-202