

Neurofyziologické základy paměti a učení

Neurofyziologické základy paměti a učení

- Schopnost učení a paměti je jednou z nejdůležitějších kognitivních funkcí člověka
- Výsledek interakce biologických a psychosociálních faktorů
- Po dokončení vzniku neuronů z neuroblastů několik měsíců po narození dochází ke vzájemnému propojování nervových buněk – **vznik neuronální sítě**
- Částečná determinace genetická ➡ **vrozené způsoby chování**

Neurofyziologické základy paměti a učení

- Podíl **vnějších podnětů** zprostředkovaných smysly
- *Jediný úsek postnatálního ontogenetického vývoje, kdy vnější podněty indukují přímé anatomické změny v mozku*
- Prvotní neuronální síť vytváří **primární asociační strukturu jedince**:
 - Výrazně determinuje jeho kognitivní a asociační procesy
 - Základ utváření jeho paměti
 - Ovlivňuje učební styl jedince
 - Vnitřní obraz vnějšího světa


Primární asociační struktura

- Odlišný komplex vnějších podnětů jednotlivých osob → individuálně rozdílné cesty budoucího způsobu myšlení a učení jednotlivce
- Ovlivňuje:
 - učební styl žáka + učební styl učitele
 - pokud jsou podobné → žák dobře chápe učivo prezentované daným učitelem

Procesy zapamatování a učení

- **Není dosud přesně objasněno, jakými procesy neuronální změny se realizují:**
- 1. teorie o výhradně **látkové podstatě paměti** (ribonukleové kyseliny a bílkoviny)
- 2. teorie o **vytváření nových synaptických spojení mezi neurony** – při učení – strukturální změny neuronální sítě (hustší, více propojení)
- 3. teorie o **funkčních změnách v existujících neuronálních drahách** prostřednictvím krátkodobé posttetanické potenciace nebo dlouhodobé potenciace. Aktivizaci již existujících drah mezi neurony, mechanismus paměti je zprostředkován těmito potenciovanými drahami,

Procesy zapamatování a učení

- Nejpravděpodobnější – třetí – teorie funkčních změn = **synaptická plasticita** – závislá na načasování vzruchů- signál na synapsi je veden při frekvenci v pásmu gama a v průběhu 10 milisekund vždy následuje vzruch z neuronu na druhé straně synapse - to vede ke zvýšení vysílání vzruchů neuronem, který je stimulován. Pokud naopak vysílá neuron na druhé straně do 10 milisekund před prvním neuronem, síla synapse mezi těmito neurony klesá.
- **Nové poznatky ukazují, že relativní načasování vzruchů je stejně důležité jako rychlost vysílání vzruchů**
- **Důležité synchronizované vysílání vzruchů v mozkové kůře**
- **K posílení dochází, když vzruch vyslaný z neuronu na jedné straně synapse vede k silnější odezvě na synapse neuronu na druhé straně.**
-  vznik primární asociační struktury má zcela zásadní význam v procesu učení – ukládání informací z okolního světa by mohlo probíhat pouze v jejím rámci.
- Nové informace a podněty jsou snadněji zapamatovatelné, když vyvolávají asociační vazbu s poznatky již uloženými v paměti.

Procesy zapamatování a učení

- K dlouhodobé potenciaci dochází především v **hipokampu a temporálních lalocích koncového mozku**.
- Během potenciace se **mění struktury synaptických spojů jednotlivých neuronů** – to usnadňuje pozdější vybavení si uložené informace = také důležitý proces, otázka milisekund, zapojuje se neuronová síť v několika oblastech mozku- možná začíná v hipokampu, končí v neokortexu – ten hýbe končetinami, mluvidly – abychom to byli schopni nějak zformulovat.
- U poruch (Alzheimer): v archivu uloženo, ale nelze z něj vyzvednout nebo obtížně.
- Při vyvolání duel mezi starou a novou vzpomínkou – několik milisekund, až se ustálí paměťový stav, který odpovídá stimulu, který jsme dodali – to je jen začátek, proces pokračuje.

Procesy zapamatování a učení

- Nelze ale úplně zavrhnout ani první teorii o látkové podstatě paměti – **úzká vazba mezi dlouhodobou potenciací a změny v bílkovinách neuronů**, což je biochemická podstata dlouhodobé paměti.
- Velký význam má i **emocionální prožitek**, zda je informace emočně neutrální, či pozitivně nebo negativně zabarvená (zážitková pedagogika) XXX geniální jedinci s Aspergerovým syndromem – obrovská kvanta informací v paměti bez jakéhokoliv emocionálního podkladu.

Asociativní model paměti a učení

- Kapacita mozku pro zpracování různých informací je obrovská – nelze vyčíslit
- Vnitřní či vnější podnět je nejprve **v receptorech zakódován do elektrochemického signálu** – přes neurotransmitery do mozku.
- **Lidský mozek přijímá cca 1 miliardu bitů informací za sekundu (1×10^9 bit.s⁻¹):**
 - 1 písmeno = 4 bity inf.
 - 1 str. textu = 25 tis. bitů inf.
 - Za 1 sec mozek přijme tolik inf., kolik jich je na 40 tis. str. textu! = **150 průměrných knih během 1 sekundy!**

Asociativní model paměti a učení

- jen $10^1 - 10^2$ bitů za sek je postoupeno k dalšímu zpracování ve vědomí – **rozhoduje o tom thalamus**
- Většina je tedy zpracována podvědomě, některé info vůbec.
- **Jen ty postoupené mají naději na zapamatování**
- Info mají elektrochemický charakter
- Na vyhodnocení prvotní info se podílí **asociační kortex dorsolaterální frontální krajiny, asociační zrakové (occipit. lalok) a sluchové oblasti (tempor. lalok).**

Asociativní model paměti a učení

- Prvotní informace:
- nenalézá vhodnou asociační vazbu = není volní složkou vyhodnocena jako důležitá
- Je rušena určitými faktory, např. bolest = není kódována ani konsolidována
- Nedává smysl, ale je chápána jako důležitá (učení se faktům), použije se asociační proces – jsou přidávána spojení propracovávající význam dané informace a dávají jí smysl, tak aby mohla být konsolidována.

Asociativní model paměti a učení

- Šanci zapamatování výrazně zvyšuje:
 - Informace jsou asociovány s něčím již známým
 - Informace jsou přinášeny více smysly současně
 - Informace jsou subjektivně vyhodnoceny jako důležité
 - Informace jsou doprovázeny libými pocity
 - Informace jsou emocionálně podbarvené
 - Informace jsou samostatně objevené

Asociativní model paměti a učení

- Informace je zakódována v neurální síti **ve formě zapamatovaného vzoru aktivity neuronů** (= silně vzájemně pospojované uskupení neuronů)
- **Konsolidace** = vytvoření paměťové stopy (engramu) – podporuje ji **OPAKOVÁNÍ** = zesílení vzájemných vazeb mezi synchronně aktivními neurony.
- **Vyvolání informace z paměti** = vnější stimul aktivuje část uskupení neuronů, šíří se, aktivuje další neurony.

Zapamatujte si

ř r č t á t r v n e y é i a

Zapamatujte si

Tři černé vrány

Limbický systém

- Části limbického systému propojují jednotlivé vjemy
- Informace z jednoho smyslu je propojena s již uloženými informacemi → zlepšení konsolidace získané informace

J.A.Komenský: „*zlaté pravidlo názornosti*“

John Locke: „*Nic není v rozumu, co před tím nebylo ve smyslech.*“

Model paměti determinovaný obsahem uložených informací

Reflexivní paměť (= nedeklarativní, implicitní, procedurální, motorická)

- Fylogeneticky starší
- Už před narozením
- Neokortex, bazální ganglia, mozeček
- Její tvorba vyžaduje častější opakování
- Osvojování psychomotorických cílů

Model paměti determinovaný obsahem uložených informací

Deklarativní paměť

- Zprostředkovává osobní a faktické znalosti, které je možné vyjádřit slovně
- Epizodická – prožitek vztahující se k určité situaci nebo procesu
- Sémantická – poznatky získané v průběhu procesu výchovy a vzdělávání
- Fylogeneticky mladší
- Aktivizovat lze i jednorázovým pojmenováním nebo konfrontací
- Paměťové stopy se ukládají v různých oblastech mozkové kůry.

Model paměti determinovaný obsahem uložených informací

Deklarativní paměť

- Při ukládání paměťové stopy nejde o reprodukci informací přijatých smyslovými orgány, ale o její zpracování na základě předchozí zkušenosti, o propojení jednotlivých fragmentů za nutné účasti vědomí.
- Při vybavování paměťových stop jsou vzpomínky konfrontovány a doplňovány o různé předpoklady a dohady = jsou upravovány – čím častěji jsou vybavovány, tím více se liší od původního zápisu paměťové stopy.

Vliv stresu na utváření paměťové stopy

- **Lepší konsolidace** informací je při **mírných úrovních stresu** (než při velmi nízkých = nuda, únava...)
- ACTH (adenokortikotropní hormon hypofýzy) aktivuje vylučování glukokortikoidů (kůra nadledvinek) – dochází k lepší konsolidaci než za normálního fyziologického stavu
- **Extrémní úrovně stresu** = nadměrná produkce kortikoidů = zpomalení a **zhoršení konsolidace informací!!!**
- **Snížená produkce ACTH a kortikoidů** = zapamatování zbytečného množství informací bez asociací, chaos, nepochopení, nesouvislosti.
- Kortizol – eskalace hladiny = změna až narušení komunikace mezi hipokampem a neokortexem = nedochází ke konsolidaci informací (spánek)

Vliv stresu na utváření paměťové stopy

- Vliv antistresových hormonů – **adrenalin a noradrenalin**
- Noradrenalin neurotransmitter na adrenergických nervových drahách (sympatikus)
- Noradrenalin antagonist acetylcholinu (neurotransmitter) – tlumí tyto dráhy (cholinergní)
- Váží se na receptory v hipokampu – **změny v interakci hipokampu a neokortexu.**
- **Distres a eustres** – rozdíl ve fyziologických a behaviorálních reakcích – **škola – zkoušení = distres** = zhoršená schopnost vybavování uložených poznatků a jejich využívání ve správných souvislostech !

Mozek a stres

- Mozek je stimulován na vysokou dávku stresu
- Vytváří stres i z banalit !
- Je důležité filtrovat balast – reklamy, informace z médií apod. – uleví se
- = MENTÁLNÍ HYGIENA

Vliv motivace na utváření paměťové stopy

- **Amygdalový kindling** (roznícení)
 - Pokud je subjekt učení motivovaný, paměťová stopa se utvoří velmi rychle (i po jediném spojení, především pokud emocionálně významné)
- Na utilizaci emocionálních a motivační podnětů se podílí především: **amygdala, hipokampus a gyrus parahippocampalis** – propojení do dalších oblastí mozku (frontální)
- „označuje“ události, které jsou pro jedince vnitřně (emocionálně) důležité
- Podílí se na paměťovém uchovávání situací s vysokým individuálně chápaným emocionálním nábojem

Vliv motivace na utváření paměťové stopy

- Vnitřní X vnější motivace
- Vnější motivace – omezené trvání
- Ve škole jeden z nejvýznamnějších impulzů pro motivaci a demotivaci je **prožívání úspěchu a neúspěchu**
- Selhání = nelibé pocity = při opakování limbický systém vyhodnotí jako „nebezpečné“ -vznik úzkosti, pochybností – odvádí pozornost od učení a konsolidace, obrací ji na negativní asociace spojené s žakovým nízkým sebehodnocením.
- JE TŘEBA, ABY KAŽDÝ JEDINEC MOHL ZAŽÍT ÚSPĚCH

Spánek a učení

- **Dřívější představy:** během spánku probíhá translace paměťových informací z dočasných nosičů – molekul RNA, do molekul bílkovin, které jsou základem dlouhodobé paměti.
- **Dnes víme, že proces složitější**
- V mozku během spánku probíhá smysluplné paměťové zpracování informací – odrazem jsou **sny**.
- Prvotní, nově vzniklá paměťová stopa je náchylná i interferenci, upevňování je postupné a klíčová konsolidace během spánku.

Spánek a učení

- Nejen konsolidace, ale i **řešení problému vhlédem** (J. Watson – dvoušroubovicová struktura DNA – uviděl ji ve spánku)
- **Při hledání komplikovaného, nejasného problému na něm mozek pracuje i ve spánku – náhlé pochopení a nalezení řešení.**
- Spánek navodí **hypothalamus (řídí cirkadiální rytmy)** – vzrušivé a tlumivé skupiny neuronů vytvoří dynamický systém, který generuje různé fáze spánku.

Fáze spánku

- Sekrecí serotoninu se startuje **NREM** (*no rapid eye movements*) fáze spánku – 50 – 75 %
 - **NREM 1** = usínání: několik sek – 20 min, částečné vědomí
 - **NREM 2** = až 50 % celk doby spánku, snížení svalového tonu, ztráta vědomí
 - **NREM 3 + 4** = stadia hlubokého spánku, SWS – slow wave sleeping
 - Podle některých právě v 4. fázi upevňování engramů deklarativní paměti.

Fáze spánku

- V hluboké fázi spánku se aktivují enzymy odbourávající serotonin, zvýšení sekrece noradrenalinu – fáze paradoxního spánku, REM
- Jedna NREM + jedna REM = jeden spánkový cyklus
- REM = svalová atonie, paralyzace kosterní svaloviny, rychlé, mihotavé pohyby očních bulbů. Rapidní zvýšení aktivity mozkových neuronů blíží se bdělému stavu.

Fáze spánku

- REM fáze: 25 % spánku (starší 15%, novorozenci 50%)
 - zdají se sny,
 - mozek nepřijímá vnější podněty, jeho činnost není ovládána vůlí, je významná pro upevnění procedurální a prostorové paměti.
 - Selekce nedůležitých spojení neuronů, upevnění významných – důležité pro utřídění poznatků a jejich zařazování do souvislého systému
- Celkem 4 – 5 spánkových cyklů – postupně klesá podíl NREM 3 a 4, stoupá REM – nejdelší nad ránem, po posledním REM probuzení.
- *Spánkový deficit = únava, ospalost, porucha soustředění, snížená výkonnost, porucha krátkodobé paměti.*
- Kapacita krátkodobé paměti cca 2 hod učení, zbytek jako nadbytečné, rušivé, interferující zapomínáno! = PŘED ZKOUŠKOU SPÁT !!!

Zdroje

- Škoda, J., Doulík, P. (2011). *Psychodidaktika. Metody efektivního a smysluplného učení a vyučování*. GRADA, Praha
– Kapitola č. 1: Neurofyziologické základy paměti a učení.
- Sejnovski, T., Delbruck, T. (2014). Jazyk mozku. *Scientific American*, české vydání květen 2014, s. 52 – 57.
- Silbernagl S., Despopoulos A. (1995). *Atlas fyziologie člověka*. Grada, Avicenum.
- Dr. Karel Ježek (2014): Trénujte paměť, stojí to za to, říká neurofyziolog. Pořad Meteor:
<http://www.rozhlas.cz/meteor/prispevky/zprava/trenujite-pamet-stoji-to-za-to-rika-neurofyziolog--1426987>
- Stuchlík A. *Neurobiologie chování a paměti*.
http://industry.biomed.cas.cz/332/www332_cz/dokumenty/Modul1.pdf