

Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Mgr. Bc. Marcela Dostáková

Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Vývoj binokulárního vidění

Koordinovaná senzomotorická činnost obou očí, která zajišťuje vytvoření jednoduchého obrazu pozorovaného předmětu

• **JBV není vrozené**

• Složka percepční → složka motorická → složka analytická

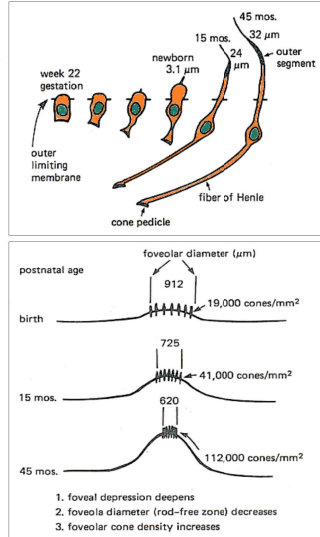
Po narození se začíná vyvíjet a upevňovat pod vlivem vizuální zkušenosti souběžně s dozráváním **centrálního nervového systému (CNS)** a **sítnice**

Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Vývoj binokulárního vidění

Postnatální dozrání sítnice:

- v 1. měsíci morfologicky dozrávají čípkové makulární krajiny (prodlužují se a ztenčují)
- V 6. měsíci oftalmoskopicky zralá makula
- ve 4. roce dokončeno histologické vyzrání makuly (densita čípků při narození 19.000/mm², 112.000/mm² ve 4 letech)

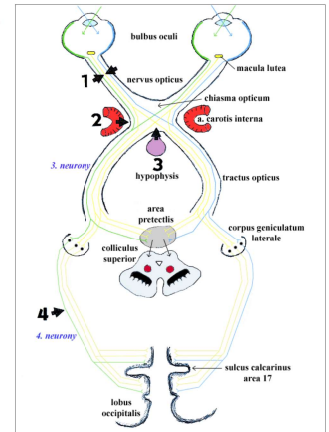


Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Vývoj binokulárního vidění

Postnatální dozrání zrakové dráhy:

- prenatální úbytek GGL bb. a vláken v n II. je při narození ukončený
- myelinizace je dokončena v 6. měsíci (alternativní názor: do 2 let i déle)
- parvocelulární vrstvy CGL dozrávají do 6. měsíce
- magnocelulární vrstvy CGL dozrávají do 1 roku

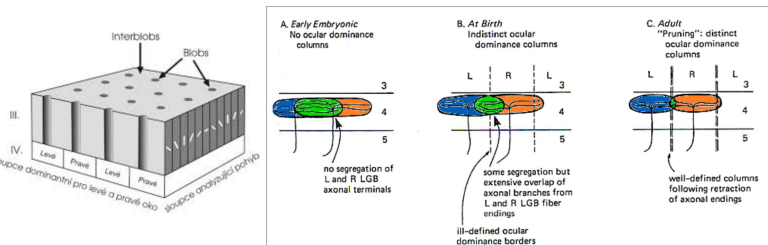


Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Vývoj binokulárního vidění

Postnatální dozrání vizuálního kortexu:

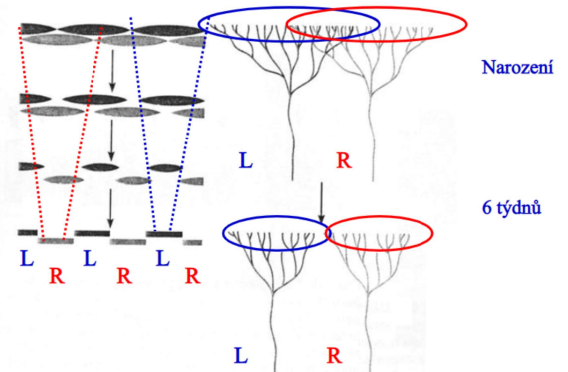
- do 2.- 3. měsíce segregace okulárně-dominantních sloupců V1 (R. Held: preteropse)
- mechanismus kolaterální inhibice, resp. soutěže o synaptická místa na cílovém neuronu (obdobu stejných procesů ve vyšších etážích CTX)



Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Vývoj binokulárního vidění

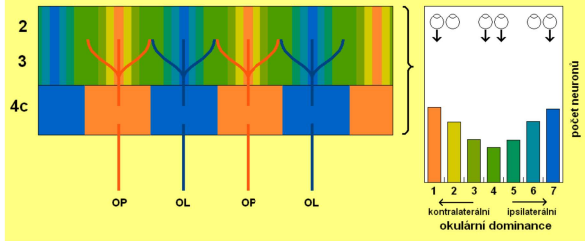
Receptivní pole neuronů 4. korové vrstvy v různých stádiích po narození



Vývoj binokulárního vidění

Postnatální dozrávání vizuálního kortexu:

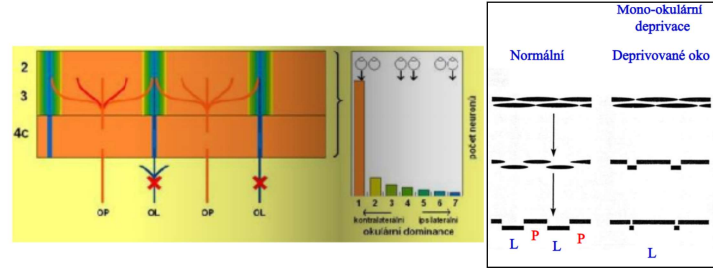
- do 2.- 3. měsíce segregace okulárně-dominantních sloupců V1 (R. Held: presteropse)
- mechanismus kolaterální inhibice, resp. soutěže o synaptická místa na cílovém neuronu (obdoba stejných procesů ve vyšších etážích CTX)



Vývoj binokulárního vidění

Postnatální dozrávání vizuálního kortexu:

- do 2.- 3. měsíce segregace okulárně-dominantních sloupců V1 (R. Held: presteropse)
- mechanismus kolaterální inhibice, resp. soutěže o synaptická místa na cílovém neuronu (obdoba stejných procesů ve vyšších etážích CTX)



Vývoj binokulárního vidění

Vrozené reflexy:

- zornicový reflex
- mrkací reflex (reakce na světlo přítomná i ve spánku)
- vestibulo-okulární reflexy (VOR)
- cerviko-okulární reflexy (COR)
- optokinetický nystagmus (OKN)

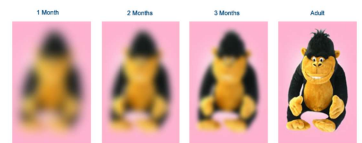


Vývoj binokulárního vidění

Zraková ostrost:

- zrakové evokované potenciály (VEP)
- preferential looking (PL): **při narození 6/300**
- ve **3. roce** ještě známky „crowding fenomenu“ u normálních dětí
- vývoj do optima (6/6) klinicky patrný **do 4.-6. roku**

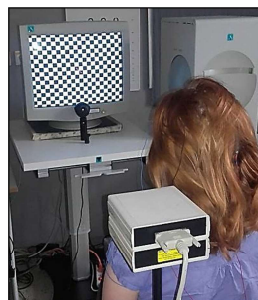
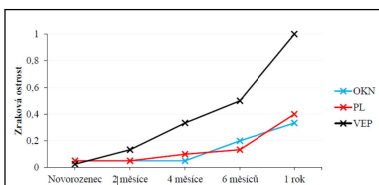
Věk	Vizus
1. rok	0,4
3. rok	0,6-0,8
5. rok	0,8-1,0
7. rok	1,0



Vývoj binokulárního vidění

Zraková ostrost:

- zrakové evokované potenciály (VEP)
- preferential looking (PL): **při narození 6/300**
- ve **3. roce** ještě známky „crowding fenomenu“ u normálních dětí
- vývoj do optima (6/6) klinicky patrný **do 4.-6. roku**



Vývoj binokulárního vidění

Citlivost na kontrast:

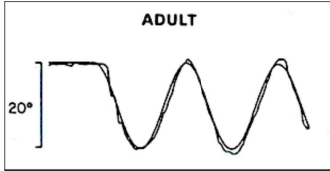
- zrakové evokované potenciály (VEP): citlivost na nízké frekvence dozrává rychleji (**3. měsíc**) než na vysoké (**7. měsíc**)
- preferential looking (PL): dospělé hodnoty dosaženy v **9. – 14. roce**



Vývoj binokulárního vidění

Versní pohyby:

- sakadické pohyby: do 5. měsíce neschopnost balistické foveace (místo toho serie malých, stejně velkých sakád), vertikální sakády se vyvíjejí pomaleji
- sledovací pohyby: v 1. měsíci zastoupeny sakádami (možné pouze sledování velkých a pomalých objektů)



Vývoj binokulárního vidění

Vergenční pohyby:

- akomodační konvergence se rozvíjí od 1. měsíce
- fúznívergence se rozvíjí především mezi 2. a 6. měsícem (= reakce na Kubik-Irvinův prizmatický test od 4. – 6. měsíce)
- Panumovy okrsky jsou větší (= nižší pravděpodobnost diplopického vjemu)

Akomodace:

- akomodace je dostatečně efektivní od 4. měsíce
- dozrává do 7. měsíce

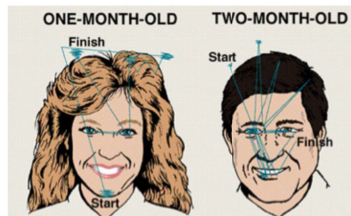
Vývoj binokulárního vidění

Komplexní oční pohyby:

- v 1. měsíci pasivní monokulární pohyby
- ve 2. měsíci aktivní monokulární pohyby
- ve 3. měsíci aktivní binokulární (sledovací i disjunktní) pohyby
- ve 4. měsíci počátky VAS
- ve 3. roce ukončen vývoj motorických reflexů a synkinéz

Fixace a fúze:

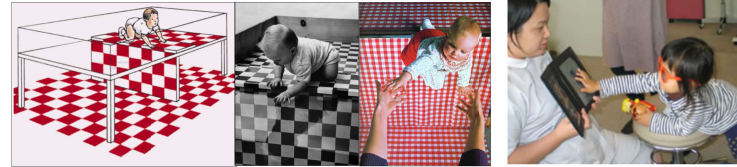
- v 1. měsíci monokulární fixace
- ve 2. měsíci prchavá binokulární fixace
- ve 3. - 5. měsíci vývoj centrální fixace
- v 6. měsíci fúzní reflex



Vývoj binokulárního vidění

Stereopse:

- stereopse se vyvíjí od 2. měsíce
- zkřížená disparita (před horoptrem) je detekovatelná od 3. měsíce
- nezkřížená disparita (za horoptrem) je detekovatelná od 4. měsíce
- zrakové evokované potenciály (VEP): plná stereopse v 6. měsíci
- behaviorální metody (*visual cliff*): plná stereopse v 9. měsíci
- klinické testy: plná stereopse ve 3. roce



percepční složka

analytická složka

motorická složka

1. měsíc	dozrávání sítnice		pasivní monokulární pohyby
2. měsíc	segregace V1		aktivní monokulární pohyby
3. měsíc		centrální fixace	sledovací binokulární pohyby disjunktní binokulární pohyby
4. měsíc			akomodace
5. měsíc			VAS (synkinéza vergence a akomodace)
6. měsíc		binokulární fúze	
9. měsíc		stereopse	

percepční složka

analytická složka

motorická složka

1. měsíc	dozrávání sítnice		pasivní monokulární pohyby
2. měsíc	segregace V1		aktivní monokulární pohyby
3. měsíc		centrální fixace	sledovací binokulární pohyby disjunktní binokulární pohyby
4. měsíc			akomodace
5. měsíc			VAS (synkinéza vergence a akomodace)
6. měsíc		binokulární fúze	
9. měsíc		stereopse	
3. rok			ukončen vývoj senzorické dráhy a motorických synkinéz
6.- 12. rok			stabilizace reflexní podstaty vidění

Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

	percepční složka	analytická složka	motorická složka
1. měsíc	dozrávání sítnice		pasivní monokulární pohyby
2. měsíc	segregace V1		aktivní monokulární pohyby
3. měsíc		centrální fixace	sledovací binokulární pohyby dísjunktní binokulární pohyby
4. měsíc			akomodace
5. měsíc			VAS (synkinéza vergence a akomodace)
6. měsíc		binokulární fúze	
9. měsíc		stereopse	
3. rok	ukončen vývoj senzoričné dráhy a motorických synkinéz		
6.- 12. rok	stabilizace reflexní podstaty vidění		

Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

	percepční složka	analytická složka	motorická složka
2. měsíc	segregace V1		aktivní monokulární pohyby
3. měsíc		centrální fixace	sledovací binokulární pohyby

Kritická fáze vizuálního vývoje:

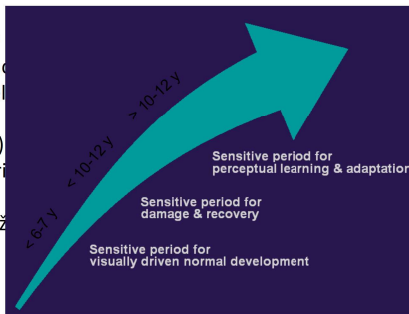
- dokončení **segregace** okulárně dominantních domén V1 (především *fingerprint 4.* vrstvy)
- přechod od období **prestereopse** (primární binokularita, Held, R.) k zahájení vývoje definitivní binokularity (fáze S1 S2)
- rizika: potřeba **vysoce rozlišující fovey** paralelně s přiměřeným zajištěním geometrických (binokulární motorika) a optických (akomodace) podmínek
- A. Gerinec (2005): milníkem je **centrální fixace a jemné sledovací pohyby** (není-li v ½ roce pak nutné pedo-oftalmologické vyšetření)

Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Vývoj binokulárního vidění

Senzitivní (plastická) fáze vizuálního vývoje:

- jednotlivé funkce BV dozrávají v předškolním věku (tzv. ortoptický) jsou proveditelné cílené modifikace dozrávání, které přetrvávají po celý život
- v mladším školním věku (6-12 let) „doznívá“ fáze vysoké plasticity (riziko zhoršení ortoptických výsledků)
- určitá míra plasticity (ale vyšší než se dříve myslelo) přetrvává po celý život (percepční učení & adaptace)



Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Percepční (senzoričná) adaptace

Senzoričná alternativa

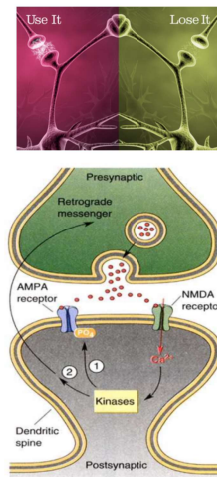
- alternativní zpracování modifikované vizuální informace v rámci (epigenetických) existujících struktur neuronálních sítí
- analytická a asociační složka spolupracuje s percepční a „pokouší“ se v rámci okamžitě dostupných možností „normalizovat“ nestandardní vjem
- nedochází ke tvorbě nových „podmíněných“ reflexních vztahů
- adaptovat může kterýkoliv funkční systém BV

Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Percepční (senzoričná) adaptace

Senzoričná alternativa

- Neurofyziologickým podkladem jsou principy **hebiánského učení** (1949)
- 1. princip: intenzivně používaná synapse se stává „prostupnější“
- koincidence podráždění: NMDA receptor reaguje na glutamát i na napětí postsynaptické membrány = **korelace pre- a post-synaptického signálu**



Obecná fyziologie BV: vývoj, plasticita, adaptace & učení I.

Percepční (senzoričná) adaptace

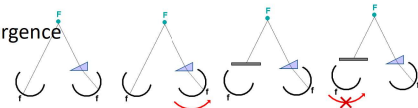
Senzoričná alternativa

- Experimenty Georga M. Strattona (1890): „inverzní brýle“**
krátké nasazení a sejmutí vidění se rychle normalizovalo
dlouhé nasazení okamžitky normalizace
po sejmutí paradoxní inverze obrazu (adaptační setrvačnost)



- Prizmatická adaptace**

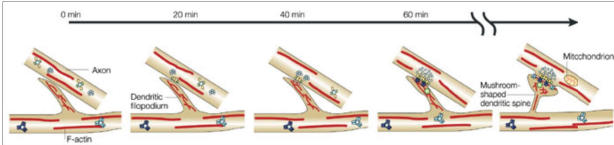
Změna hodnot nulového boduvergence



Percepční (senzorické) učení

Senzorická optimalizace

- Procesy vedoucí ke zlepšení senzoričských schopností na základě naučené optimalizace neurálních sítí
- neurofyziologickým podkladem jsou principy **hebiánského učení** (1949)
- 2. princip: vznik asociačního spoje „*cells that fire together, wire together*“
- dochází ke tvorbě nových „podmíněných“ reflexních vztahů
- učením se může optimalizovat kterýkoliv systém BV



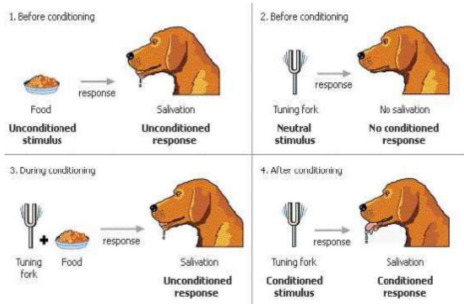
Percepční (senzorické) učení

Senzorická optimalizace

- Procesy vedoucí ke zlepšení senzoričských schopností na základě naučené optimalizace neurálních sítí
- neurofyziologickým podkladem jsou principy **hebiánského učení** (1949)
- 2. princip: vznik asociačního spoje „*cells that fire together, wire together*“
- dochází ke tvorbě nových „podmíněných“ reflexních vztahů
- učením se může optimalizovat kterýkoliv systém BV
- Ivan Petrovič Pavlov



Percepční (senzorické) učení

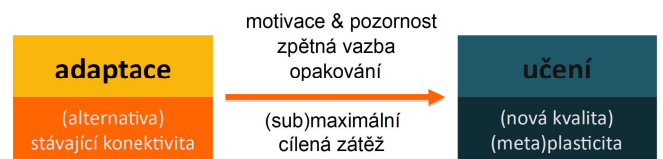


- Ivan Petrovič Pavlov

Při klasickém podmiňování dochází ke spárování nepodmíněného podnětu s podmíněným, který pak je sám o sobě schopen vyvolat behaviorální odpověď

Percepční (senzorické) učení

Senzorická optimalizace



„pouze ty věci, kterých si všimnu mohou změnit moji mysl“ (W. James, 1890)