

OKULOMOTORIKA

Vzhledem k tomu, že nejostřejší místo vidění se nachází na **fovea centralis** musí existovat velmi přesné motorické řízení, které zabezpečuje koordinované pohyby očí a hlavy tak, aby docházelo neustále k projekci sledovaného objektu na malou plochu sítnice. Plocha fovea centralis zaujímá přibližně 1-2 stupně zorného pole. Pro pohyb obou očí je nutná koordinace 12 okohybných svalů v závislosti s pohyby hlavy, které jsou zabezpečeny dalšími svalovými skupinami. Z toho vyplývá vysoká náročnost na přesnost a rychlost okulomotorických mechanismů. O anatomické organizaci řízení extraokulárních svalů včetně zpětnovazebné inhibice není mnoho známo.

Rotace s preferencí ve směru vertikálním a horizontálním jsou nejčastější pohyby očí. Méně časté jsou šikmé a torzní rotace očí. Většina pohybů probíhá současně pro obě oči ve stejném směru - **konjugované pohyby očí**. Pohybuje-li se však pozorovaný objekt k nám nebo od nás, dochází k tzv. **disjunktním (vergentním) pohybům**.

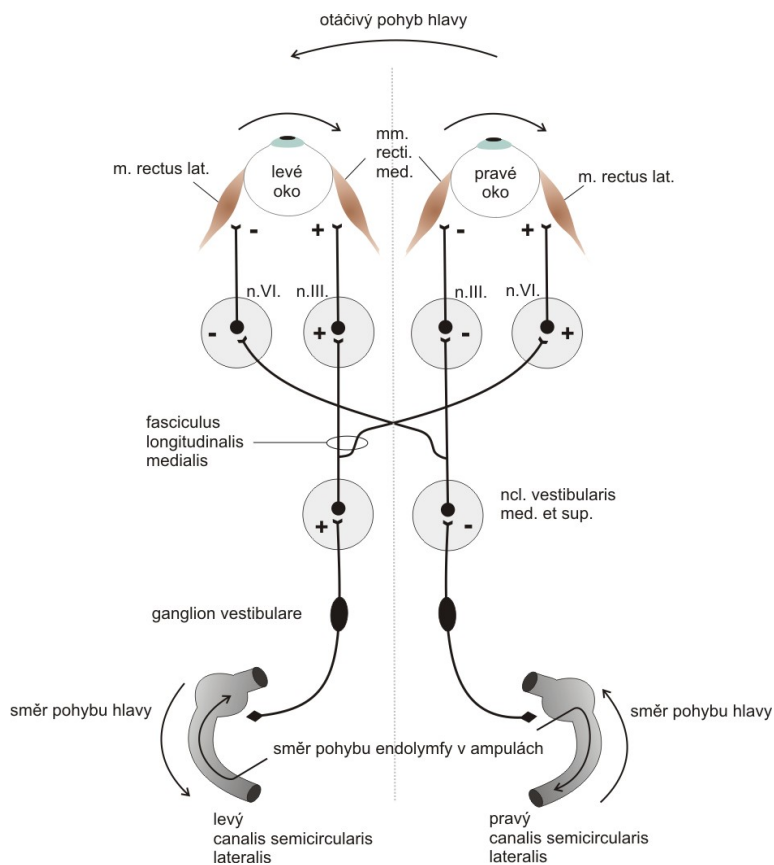
Projekci obrazu na sítnici udržují níže uvedené hlavní okulomotorické systémy:

1. **Vestibulo-okulární a opto-kinetické dráhy** zabezpečují souhru okohybných pohybů s pohyby hlavy.
 - **Vestibulo-okulární systém** je adaptivní systém, který ke stabilizaci obrazu na sítnici využívá vestibulární informace.
 - **Opto-kinetický systém** udržuje obraz na sítnici na základě registrace pohybu vizuální cestou. Tento systém může kompenzovat určité chyby, které vznikají při koordinaci pohybu očí činností předcházejícího systému. Neurony vestibulárních jader přijímají optické informace přes pretectum mesencephali, jedná se převážně o informace o pohybu v temporo-nazálním směru. U člověka jsou tyto subkortikální reflexy doplněny o kortikální řízení, které je schopno zachytit rychlejší pohyb ve stejném směru. K řídicím kortikálními strukturám patří magnocelulární složka ncl. corporis geniculi lat., primární zraková kůra, střední temporální kůra (a37).
2. **Systém pomalých sledovacích pohybů** udržuje pohybující se objekt na fovea centralis tím, že přizpůsobuje pohyby oka pohybům objektu.
3. **Systém kontrolující sakkadické pohyby**, udržuje fovea centralis nasměrovanou na pozorovaný objekt. Regulace pracuje na základě rychlých stereotypních pohybů.

4. **Vergentní pohyby** umožňují zaměření očí na objekt z různé pozice, která je daná jejich postavením. Všechny předcházející systémy řídily pohyby obou očí stejným směrem a stejnou rychlostí. Mimo tento typ pohybů vykonávají oči vergentní pohyby, při kterých nezávisle zaostřují objekt z různé pozice.

SOJE PRO HORIZONTÁLNÍ VESTIBULO-OKULÁRNÍ REFLEXY

Při pohybu hlavy doleva vzniká vzruchová aktivita v **levé crista ampullaris lateralis**, která vede ke stimulaci motoneuronů levého n.III. a pravého n.VI. Výsledkem této stimulace je kontrakce levého m. rectus medialis a pravého m. rectus lateralis, které otáčejí levým a pravým okem doprava. Při stejném pohybu hlavy doleva dojde ve stejnou dobu k poklesu



Obr. XX. Spojí pro horizontální vestibulo-okulární reflexy.

vzruchové aktivity z **pravé crista ampullaris lateralis**, což vyvolá relaxaci antagonistických svalů. Tato koordinace je zabezpečena spoji mezi **ncl. vestibularis superior s motorickými jádry n. III. a VI. cestou vzestupné části fasciculus longitudinalis medialis (FLM)**. Neurony **ncl. vestibularis medialis** vydávají descendentní axony končící na spinálních motoneuronech, v tomto případě hlavně na těch, které **řídí krční svaly**.

V ncl. vestibularis superior **existují excitační a inhibiční interneurony**, které mají rozdílnou funkci. **Excitační neurony v ncl. vestibularis sup.** vydávají axony, které na ipsilaterální straně končí na ncl. motorius n. III., nebo přechází na druhou stranu ke kontralaterálnímu ncl. motorius n. abducentis. V našem případě () stimulují motoneurony inervující m. rectus medialis stejné strany a kontralaterální m. rectus lat.

Inhibiční neurony v ncl. vestibularis sup. potlačují aktivitu motoneuronů a interneuronů v kontralaterálním ncl. motorius n. abducentis, což vyvolává relaxaci kontralaterálního (v našem případě levostranného) m. rectus lat. a ipsilaterálního (v našem případě pravostranného) m. rectus med. Flocculus mozečku se svými spoji ovlivňujícími vestibulární jádra je další významnou strukturou, která se účastní řízení vestibulo-optických reflexů.

Uvedenými spoji je zabezpečena koordinace horizontálních pohybů očí v protisměru k pohybům hlavy.

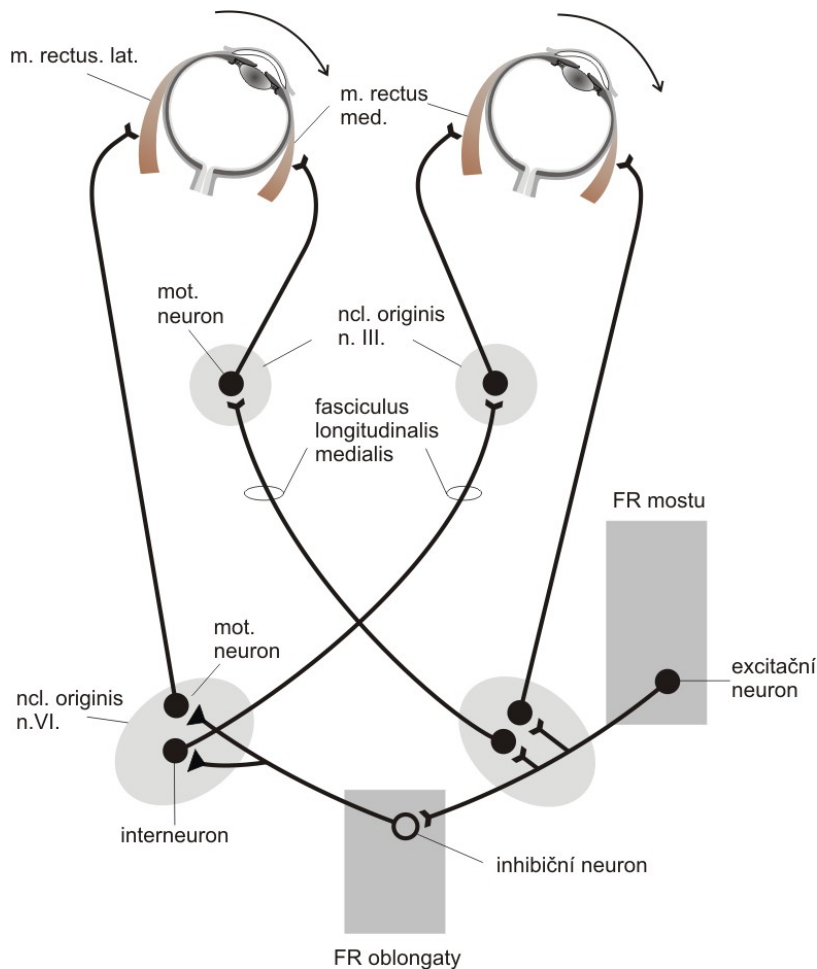
SPOJE PRO POMALÉ SLEDOVACÍ POHYBY

Řízení pomalých sledovacích pohybů zabezpečuje udržení pozorovaného objektu na fovea centralis tím, že přizpůsobuje pohyby očí pohybům objektu. Základním řídicím mechanismem pro tento systém je určení směru a rychlosti pohybu sledovaného objektu. Na rozdíl od předchozích systémů se v případě pomalých sledovacích pohybů jedná o volní pohyby (chceme sledovat daný objekt). Uvedený řídicí systém pracuje nezávisle na vestibulárních informacích a je iniciován zrakovými stimuly o pohybujícím se objektu (nemůže fungovat ve tmě). **Spouštěcí impulsy vznikají v retikulární formaci (FR) mostu**, které dostávají informace ze sekundárního zrakového kortexu (a 18, 19 - okcipitální zrakové pole) a z pars floccularis mozečku.

V případě znázorněném na schématu jsou uvedeny spoje, které zabezpečují pohyb očí v horizontální rovině směrem doprava. Hlavní impulzy k této koordinaci okohybných svalů jsou vysílány z neuronů **paramediální retikulární formace (FR) mostu**. Axony těchto **excitačních neuronů** vedou do **ncl. originis n. VI.** (na jeho motoneurony a interneurony) a na **inhibiční neurony v retikulární formaci (FR) prodloužené míchy** stejné strany. Skupina motoneuronů v **ncl. originis n. VI.** je určena k inervaci **ipsilaterálního m. rectus lateralis**. Dalšími neurony tohoto jádra jsou **interneurony**, jejichž axony kříží střední rovinu, procházejí kontralaterálně v sestavě **fasciculus longitudinalis medialis** do **ncl. originis n.**

III. a vytváří excitační synapse s jeho motoneurony. Motoneurony **n. III.** inervují **m. rectus medialis** druhého oka vzhledem k inervaci m. rectus lateralis.

Axony **inhibičních interneuronů ve FR prodloužené míchy** kříží střední rovinu a působí inhibičně na neurony a interneurony v kontralaterálním ncl. originis n. VI., což vyvolává relaxaci m. rectus lateralis levého a m. rectus medialis pravého oka.



Obr. XX. Spojí pro pomalé sledovací pohyby (upraveno podle Kandela et al. 1991).

SPOJE PRO SAKKADICKÉ POHYBY

Sakkády jsou rychlé stereotypní konjugované oční pohyby, které zabezpečují udržení fovea centralis na sledovaném objektu nebo slouží k jeho vyhledávání v zorném poli.

Na rozdíl od pomalých sledovacích pohybů, které jsou spouštěny pouze na základě zrakových informací, mohou být sakkadické pohyby stimulovány také sluchovými a taktilními stimuly nebo na základě zkušeností lokalizace objektu v prostoru. Rovněž slovní vyjádření, například "podívej se doprava" spouští tento typ pohybů. Vědomě lze měnit amplitudu a směr sakkád, ale ne jejich rychlost.

Interneurony retikulární formace mozkového kmene poskytují impulzy pro řízení sakkadických a pomalých sledovacích pohybů. Řízení horizontální komponenty těchto pohybů je lokalizováno v **paramediální retikulární formaci mostu**, zatímco vertikální komponenta sídlí v **retikulární formaci středního mozku**. **Excitační interneurony** pro horizontální sakkadické pohyby nacházející se převážně v paramediální FR mostu jsou složitě propojeny s **inhibičními interneurony** z ncl. raphe dorsalis v blízkosti ncl. originis n. VI.

Excitační interneurony FR, které generují impulzy pro horizontální i vertikální sakkády jsou modulovány cerebrálním kortexem (**frontální a okcipitální zrakové pole**) přes **ncl. colliculi superiores**. Navíc mohou být sakkadické pohyby, podobně jako vestibulo-okulomotorické reflexy, modulovány zkušeností. V obou případech se na takové modulaci významně podílí **mozeček**.

Tři povrchové vrstvy ncl. colliculi superiores přijímají zrakové informace přímo z gangliových neuronů retiny (přes tractus opticus) a nepřímé zrakové informace, které byly již zpracovány zrakovým kortexem. **Dvě hlubší vrstvy ncl. colliculi superiores** obsahují **premotorické neurony**, které jsou pod vlivem hlavně **frontálního zrakového pole (a8)**. Neurony dvou hlubokých vrstev tohoto jádra přijímají rovněž **sluchové a taktilní informace**. Projikují a ovlivňují příslušné excitační interneurony v retikulární formaci a vydávají navíc tr. tectospinalis na motoneurony horních krčních míšních segmentů.

Frontální zrakové pole kontroluje ncl. colliculi superioris buď přímo nebo přes neurony **ncl. caudatus**, které uvolňují colliculus superior z inhibičního vlivu substantia nigra (pars reticulata).

VERGENTNÍ POHYBY OČÍ

Dosud zmíněné řídicí systémy pohybů očí zabezpečovaly pohyby obou očí ve stejném směru. Tento typ pohybů lze nazvat jako **pohyby konjugované**. Jiný typ pohybů očí, které jsou označovány jako pohyby **diskonjugované**, jsou zabezpečeny **systémem vergentních očních pohybů**. Sledujeme-li objekt, který se k nám přibližuje nebo naopak vzdaluje, každé oko, které jej sleduje, vykonává odlišný pohyb tak, aby objekt zůstal na fovea centralis. S vergentními pohyby očí úzce souvisí akomodační pohyby (viz kapitola autonomní nervový systém). Rozostření pozorovaného objektu stimuluje současně akomodaci oka a vergentní pohyby.