

# IV. blok

13. Autonomní systém, střevní motilita
14. Reflexy u člověka
15. Sluch
16. Motorika
17. Seminář: Elektroencefalografie (EEG)
18. Vliv zátěže

## 13. Autonomní systém – regulace sekrece, střevní motilita

(J. Mareš, D. Marešová)

### Úvod

Žaludek potravu jednak skladuje, jednak mechanicky a chemicky zpracovává. Chemické přeměně slouží enzymy žaludeční šťávy a v neposlední řadě i v ní obsažená HCl. Mechanické působení napomůže ze spolykané potravy vytvořit hladkou kašovitou tráveninu s částicemi ne většími než 1 mm. Trávenina je řízeně vypuzována do tenkého střeva, kde je trávení dokončeno a kde probíhá intenzivní aktivní i pasivní resorpce živin, minerálů, dalších látek a vody. Pohyby tenkého střeva (místní a celkové) zajišťují promíchání s trávicími šťávami, kontakt se stěnou střeva při trávení a vstřebávání a aborální posun tráveniny. Sekrece trávicích šťáv i motilita žaludku a střev je řízena nervovými a látkovými mechanismy. Žaludeční žlázy denně produkují podle okolností cca 2–3 l žaludeční šťávy. Její nízké pH (2–3,5) je podmíněno přítomností HCl, kterou vyměšují krycí buňky. Sekreci žaludeční šťávy – zejména HCl – lze významně zvýšit (mimo působení fyziologických mechanismů, jako je příjem potravy) i subkutánní injekcí histaminu a některými dalšími látkami (pentagastrin).

Střevní pohyby mohou být přechodně zvýšeny drážděním vagu nebo lokální aplikací acetylcholinu. Dráždění sympatiku nebo aplikace adrenalinu či noradrenalinu motilitu tenkého střeva naopak tlumí.

**Pomůcky:** nůžky střední a malé, 2 jemné háčkové pinzety, 2 jehelce (střední a oční), 3 chirurgické jehly (kožní, svalová a oční), silonové šicí vlákno 1C a 2C, tuberkulinová stříkačka, injekční stříkačka 10 ml, injekční jehla (subkutánní, intramuskulární a jehla s polyetylenovou hadičkou), žaludeční kanyla, buničina, fyziologický roztok (ohřátý na 37 °C), histamin (0,1 g/l pro diagn.), pilokarpin (5 g/l), atropin (1 g/l), pH papírky, ajatin, preparační stolek, mulová poutka, 2 skleněné kádinky (100 a 200 ml), termostat, váhy, EKG, teploměr.

### Provedení:

**!Pozor!** Experiment provádíme na laboratorních potkanech, je nutno si zopakovat zásady zacházení s experimentálními zvířaty. Během experimentu sledujeme celkový stav zvířete, registrujeme EKG, tepovou frekvenci, frekvenci dýchání, atd.

### Operační příprava:

1. Zvíře v celkové anestézii připoutáme břichem vzhůru k preparačnímu stolku. Kůži břicha zbavenou srsti a dezinfikovanou ajatinem máme připravenou pro horní střední laparotomii, kterou provedeme středními nůžkami tak, že prostříháme všechny vrstvy stěny břišní. Operační rána asi 5 cm dlouhá začne při dolním okraji sternu.
2. Žaludek, který je uložen v levém podžebří a částečně přikryt jaterním lalokem, vytáhneme jemnou háčkovou pinzetou do operační rány.
3. V místě bez cévních pletení prostříháme jemnými nůžkami (rána 5–7 mm).
4. Pomocí čtverečků buničiny opatrně vytlačíme vzniklým otvorem ze žaludku zbytky potravy.
5. Stříkačkou s polyetylenovou hadičkou vypláchneme žaludek vlažným fyziologickým roztokem.
6. Po odsátí tekutiny a posledních zbytků potravy vložíme do otvoru žaludeční kanylu, kterou upevníme ve stěně žaludku tabákovým stehem, abychom zabránili většímu zhmoždění a krvácení. Steh provedeme jemnou oční jehlou s vláknem 1C a očním jehelcem.
7. Po pečlivé fixaci kanyly propláchneme ještě jednou vnitřek žaludku vlažným fyziologickým roztokem; roztok odsajeme a ústí kanyly osušíme.
8. Dvěma stehy sešijeme svalstvo a kůži tak, aby kanyla vyčnívala nad úroveň operační rány.

### 13.1. Sledování změn pH

#### Provedení:

1. V prvních deseti minutách po posledním vypláchnutí žaludku odsáváme vzorek obsahu v pravidelných 2minutových intervalech malou pipetkou nebo kapátkem a pomocí indikátorového papírku stanovíme pH (kapátko je nutné pečlivě propláchnout a osušit).
2. Po prvních 10 min aplikujeme podkožně do dolní končetiny 0,1 ml histaminu a ve 2minutových intervalech pokračujeme po dobu 30 min v měření pH odebraných vzorků (do konce pokusu pH žaludečního obsahu výrazně poklesne).

**Hodnocení:**

Čas měření	Kontrolní hodnota pH	pH po aplikaci histaminu	Tepová frekvence	Dechová frekvence
0 min		X		
2 min		X		
4 min		X		
6 min		X		
8 min		X		
10 min(aplikace histaminu)		X		
12 min	X			
14 min	X			
16 min	X			
18 min	X			
20 min	X			
22min	X			
24 min	X			
26 min	X			
28 min	X			
30 min	X			
32 min	X			
34 min	X			
36 min	X			
38 min	X			
40 min	X			

**Závěr:****13.2. Sledování střevní motility****Provedení:**

1. Připravíme system snímačů (Vernier) pro monitorování biologických funkcí (teplota, EKG, frekvence dýchání). Princip zapojení viz kapitola 1. Příslušné sensory jsou popsány a lze je zapojit do libovolných vstupů, pokud konektory dovolí.
2. U stejného zvířete zafixujeme hlavu mulovým poutkem.
3. Po rozstřížení kůže krku ve střední čáře tupou preparací odhalíme pravou nebo levou v. jugularis externa.
4. Preparační stolek osadíme kovovými bočními stěnami, k nimž jsou pomocí stehů přitaheny okraje operační rány.
5. Dutinu břišní zalijeme částečně fyziologickým roztokem ohřátým na 37–38 °C, takže střevní kličky volně plavou v tekutině.
6. Pozorujeme a popisujeme spontánní pohyb střevních kliček.
7. Do v. jugularis aplikujeme 0,1 ml parasympatikomimetika pilokarpinu (event. lze aplikovat cca 0,5 ml přímo do dutiny břišní).
8. V následujících 5 min by se měl účinek pilokarpinu projevit silným sliněním a zřetelným zvýšením motility tenkého střeva a defekací.
9. Tento účinek lze utlumit tzv. parasympatikolytiky, mezi něž patří atropin. Atropin naředíme fyziologickým roztokem 1:9 a i.v. aplikujeme 0,2 ml (opět je možné podat větší dávku přímo do dutiny břišní). Během 5 min se zastaví slinění a postupně zeslábně až se i zastaví střevní motilita.
10. Jedním až třemi křížky označíme nástup a velikost jednotlivých projevů.
11. Po ukončení všech pozorování operační rány zašijeme.

**Hodnocení:**

Čas měření	Slinění	Střevní pohyby	Defekace	Tepová frekvence	Dechová frekvence
0 min					
2 min					
Aplikace pilokarpinu					
1 min					
2 min					
3 min					
4 min					
5 min					
6 min					
7 min					
Aplikace atropinu					
1 min					
2 min					
3 min					
4 min					
5 min					
6 min					
7 min					
8 min					

**Závěr:****Poznámka:**

Narkóza poněkud tlumí sekreci žaludeční šťávy i střevní motilitu, a proto je nutné dávku přesně vypočítat. Pokud se při zavádění žaludeční kanyly poraní okolní cévy, může krvácení ovlivnit měřené pH (nárazníková schopnost krve). Dále je zapotřebí udržovat teplotu fyziologického roztoku v dutině břišní.

**Kontrolní otázky:**

1. Jaký typ svaloviny je v horní a dolní části jícnu?
2. Může se během několika minut změnit složení slin?
3. V které části trávicího systému se štěpí převážná část škrobu  $\alpha$ -amylázou?
4. Jaké je pH krve odtékající ze žaludku ve srovnání s krví přitékající?
5. Jak ovlivňují gastrin a somatostatin sekreci HCl?
6. Jsou pohyby GIT řízeny jen nervově?
7. Jaký je obecný účinek parasymptiku v GIT?
8. Jaké látky štěpí tuky?

Jméno:

Příjmení:

Kroužek:

Skupina: A, B, C, D

.....

datum

.....

podpis vyučujícího

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.



## 14. Reflexy u člověka

(J. Mareš, K. Jandová)

### Úvod

Společným výstupem centrálního nervového systému jsou motoneurony, na kterých konvergují četné motorické a senzorické systémy. Motoneurony spolu se svalovými vlákny tvoří jednoduchý obvod, který individuálně řídí aktivitu každého kosterního svalu. Pouze tento obvod umožňuje vykonávat jakékoli volní nebo reflexní motorické aktivity. V rámci reflexních činností pracuje tento obvod samostatně, je však podřízen vlivu nadřazených center. Podílí se na podmíněných i nepodmíněných míšních reflexech. Úroveň dráždivosti motoneuronu je určována součtem jednotlivých excitačních a inhibičních vlivů jak z periférie, tak i ze supraspinalních systémů.

Hlavním cílem tohoto praktického cvičení je demonstrace reflexní funkce lidské páteřní míchy. Současně získáme vhled do integrálních funkcí motoneuronu.

### Nepodmíněné reflexy

Nepodmíněné reflexy mají díky přesně definované anatomické stavbě reflexního oblouku velký praktický význam (nauka o reflexech – reflexologie). Topické vymezení jednotlivých reflexů podle anatomických drah a center je označováno jako semiologie reflexů. Její znalost umožňuje vyšetřujícímu, podle charakteru reflexní odpovědi na určitý podnět, topicky diagnostikovat druh nervové poruchy a určit poškození dráhy nebo centra.

Poruchy mohou být jednak *kvantitativní* (reflexy mohou být zvýšeny – hyperreflexie, sníženy – hyporeflexie) a jednak *kvalitativní* (změny svalového tonusu, popřípadě speciální patologické jevy). Pro vybavení jednotlivých reflexů je nutný neporušený reflexní oblouk a u reflexů proprioreceptivních také určitý svalový tonus. Při úplném klinickém vyšetření je třeba vyšetřit mnoho reflexů, aby obraz o stavu nervového systému byl co nejdůvěhodnější.

V praktickém cvičení se seznámíme jen s hlavními typy jednotlivých skupin vyšetřovaných reflexů, které se využívají v klinické praxi. Jsou to jednak jednoduché reflexy proprioreceptivní (myotatické, natahovací, nesprávně nazývané reflexy šlachové a okosticové), jednak exteroceptivní (tzv. reflexy kožní). Dále tzv. elementární reflexy posturální (ERP), vegetativní a smyslové reflexy. Provádí se rovněž vyšetření reflexní činnosti mozečku.

**Proprioreceptivní reflexy** (myotatické reflexy) mají segmentové míšní uspořádání a vybavují se úderem neurologického kladívka na šlachu. Hlavním cílem je vyvolat náhlé prudké a krátké protažení svalu, které podráždí proprioreceptory uložené ve svalech. Aktivace aferentních vláken ze svalových vřetének (Ia-vlákna), zmíněným protažením svalu, vede k podráždění homonymních motoneuronů, a tím k záškubku odpovídajících svalů. Tento napínací reflex je monosynaptickým (řádkovým) reflexem, protože v míše se synapse Ia-vláken připojují přímo, bez přepojení, na  $\alpha$ -motoneurony. Receptor (svalové vřeténko) a efektor (extrafuzální svalová vlákna) se nacházejí v tomtéž orgánu, proto je označen jako proprioreceptivní (vlastní).

Při vybavování reflexů jsou končetiny vždy v semiflexním postavení. Reflexní odpověď může být rušena vědomými i nevědomými změnami svalového napětí, proto se užívá tzv. „zesilovacích manévru“, které odvrátí pozornost vyšetřované osoby. Při vyšetřování reflexů dolních končetin vyzveme např. vyšetřovaného, aby si před hrudníkem zaklesl do sebe prsty rukou a ruce táhl vši silou od sebe.

**Exteroceptivní reflexy** kožní mají také segmentové míšní uspořádání. Reflexní odpovědi na dráždění určité oblasti kůže taktilním podnětem je stah svalu nebo svalové skupiny (např. břišní reflexy – viz dále).

**Elementární reflexy posturální (ERP)** jsou tonické reflexy fixační, které při pasivním ohybu některé končetiny umožňují na chvíli fixování dané polohy (proto posturální). Při ERP se uplatňuje nejen spinální mícha, ale i mozeček a střední mozek. ERP jsou výrazem funkčního stavu mimopyramidového systému.

**Zrakové reflexy** reprezentují v tomto cvičení reflexní vyšetření smyslů. Jde o zornicové reakce jednak při působení světla (tzv. fotoreakce), jednak při pohledu do blízka a do dálky. Fotoreakce je jednak přímá, tj. zornice osvětleného oka se zúží, jednak nepřímá (konsenzuální), tj. současně se zúží i zornice neosvětleného oka. Při konvergenci obou očí se rovněž zužují zornice, při jejich divergenci se naopak rozšiřují. Poruchy zornicové reakce mohou svědčit o postižení mozku (střední mozek).

Vegetativní reflexy jsou projevem činnosti vegetativního nervstva a umožňují objektivizovat jeho vyšetření (reflex okulo-kardiální, úder na plexus solaris, změny vazomotoriky při působení chladových a tepelných podnětů, pracovní pokus ap.).

---

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

## 14.1. Vyšetření některých nepodmíněných reflexů

**Pomůcky:** neurologické kladívko, zavírací špendlík s otupenou špičkou, kapesní svítilna

### 14.1.1. Reflexy myotatické

(napínaví, označované i jako šlachové /tendon/, nebo-li T-reflexy)

#### Provedení:

Při vybavování všech myotatických reflexů je nutné si bedlivě všimnout charakteru (intenzity) reflexních odpovědí.

Na horních končetinách:

1. **Reflex bicipitový** (centrum v míšním segmentu C<sub>4</sub>–C<sub>5</sub>). Reflex vybavujeme úderem neurologického kladívka na lacertus fibrosus. Úder vedeme přesně podél palce, kterým byl lacertus fibrosus vyhmátán, paže vyšetřovaného je přitom lehce flektována a opřena o předloktí vyšetřující osoby. Reflexní odpovědí je flexe předloktí.
2. **Reflex tricipitový** (C<sub>5</sub>–C<sub>7</sub>) vybavujeme úderem na šlachu m. triceps brachii těsně před olekranonem. Vyšetřovaný má přitom horní končetinu flektovanou v lokti a opřenou bezvládně přes předloktí vyšetřující osoby. Reflexní odpovědí je extenze předloktí vyšetřovaného.

Na dolních končetinách:

1. **Reflex patelární** (L<sub>2</sub>–L<sub>4</sub>). Pro vyšetření patelárního reflexu v sedě, musí dolní končetina bezvládně viset z vyšetřovacího lehátka. Po úderu na lig. patellae nastane extenze bérce.
2. **Reflex šlachy Achillovy** (L<sub>5</sub>–S<sub>2</sub>). Vyšetřovaný si klekne na židli tak, že se jí dotýká jen kolenem a částí bérce. Poklepem na Achillovu šlachu vyvoláme extenzi nohy. Při vyšetření reflexu Achillovy šlachy můžeme také položit vyšetřovanou osobu na břicho a těsně před poklepem na šlachu vyšetřující pasívně lehce napne m. triceps surae vyšetřované osoby, a tím vyvolá tonický napínaví reflex, který překryje reflex fázický, vyvolaný následujícím poklepem na šlachu.

#### Hodnocení:

Reflex myotatický	Výbavnost + odpověď		Poznámka
	pravá končetina	levá končetina	
bicipitový			
tricipitový			
patelární			
šlachy Achillovy			

#### Závěr:

### 14.1.2. Exteroreceptivní reflexy kožní

Reflexy břišní patří mezi nejnázornější reflexy vybavené drážděním kožních receptorů.

1. Horní břišní reflex (Th<sub>7</sub>–Th<sub>9</sub>) vyvoláváme drážděním kůže epigastria jediným lehkým tahem hrotnatým předmětem (obvykle hrot zavíracího špendlíku) od střední čáry laterálním směrem. Odpovědí je stejnostranný stah břišního svalstva v epigastriu.
2. Střední břišní reflex (Th<sub>9</sub>–Th<sub>10</sub>) vyvoláme a hodnotíme obdobně jako 1.
3. Dolní břišní reflex (Th<sub>11</sub>–Th<sub>12</sub>) vyvoláme a hodnotíme obdobně jako 1.

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

**Hodnocení:**

Reflex exteroceptivní	Výbavnost + odpověď		Poznámka
	pravá končetina	levá končetina	
horní břicho			

**Závěr:***14.1.3. Elementární reflexy posturální*

Při vyšetření těchto reflexů leží vyšetřovaná osoba s uvolněným svalstvem (jako by spala).

**Provedení:**

1. Vyšetřující uchopí pravou rukou pravou horní končetinu vyšetřovaného za zápěstí a několika přerušovanými pasivními pohyby flektuje jeho předloktí. Levou rukou má přitom položenou lehce na m. biceps brachii.
2. Při každém pasivním přiblížení předloktí k paži sleduje vyšetřující levou rukou malé zvýšení tonusu, tzv. naskočení svalu. Totéž lze pozorovat i zrakem. K největšímu naskočení svalu dochází v okamžiku náhlého uvolnění předloktí po jeho předchozí flexi. Přitom bývá vidět i kratičká fixace předloktí v dané poloze.
3. Obdobně lze reflex vybavit i na dolních končetinách.

**Hodnocení:**

Elementární reflexy posturální	Výbavnost + odpověď		Poznámka
	pravá končetina	levá končetina	
horní končetina			
dolní končetina			

**Závěr:***14.1.4. Zrakové reflexy***Provedení:**

Zornicovou reakci na světlo vyvoláme osvětlením oka kapesní svítilnou.

1. Přímou fotoreakci sledujeme na oku osvětlovaném, nepřímou na druhém oku.
2. Sledujeme reakci zornice při pohledu nablízko (např. na prst ve vzdálenosti 15 cm od kořene nosu) a do dálky.

**Hodnocení:**

Zornicová reakce	Výbavnost + odpověď		Poznámka
	pravé oko	levé oko	
přímá fotoreakce			
nepřímá fotoreakce			
konvergence			
divergence			

**Závěr:**

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.



### 14.1.5. Vegetativní reflexy

Příkladem vegetativního reflexu je reflex okulo-kardiální. Dostředivou dráhu reflexu tvoří první větev n. trigeminus, odstředivou n. vagus.

#### Provedení:

1. Reflex vyvoláme lehkým tlakem prstů na oční bulby přes zavřená víčka (reflex může vyvolat každý na sobě, posluchače vegetativně labilní z pokusu vyřadíme).
2. Reflexní odpovědí je lehká bradykardie. Snížení tepové frekvence obvykle nepřekročí 10–12 tepů/min. Současně lehce klesá krevní tlak o 3–5 mmHg, tj. o 0,4–0,7 kPa.

**!Při nevolnosti vyšetření okamžitě přeručíme!**

#### Hodnocení:

Reflex okulo-kardiální	Výchozí tepová frekvence	Výbavnost + odpověď	Poznámka
1. posluchač			
2. posluchač			
3. posluchač			
4. posluchač			

#### Závěr:

## 14.2. Měření reakční doby u člověka

### Úvod

Reakční doba je čas, který uplyne od vyslaného signálu do domluvené odpovědi. Nejčastěji používáme světelný nebo zvukový podnět. Rychlost reakce závisí na druhu a intenzitě podnětu, stavu čidla, dostředivé dráhy, zpracování signálu a odpovědi na podnět centrálním nervovým systémem, věku a trénovanosti, únavě, použití farmak či některých onemocněních (hypo nebo hyperfunkce štítné žlázy).

Reakční doba: světelný signál 150–220 ms  
zvukový signál 120–180 ms.

Fyziologicky se prodlužuje, pokud vyšetřovaný signál neočekává nebo pokud se mají reakce na různé typy signálů lišit či na některé neodpovídat.

**Pomůcky:** zařízení na měření reakční doby

#### Provedení:

1. Vyšetřované posadíme k přístroji tak, aby neviděl na volbu signálu.
2. Vypnutím signálu (tlačítkem) stanovíme reakční dobu zvlášť na: světelný signál (3x opakovat), zvukový signál (3x opakovat). Po každém měření je třeba údaj „vynulovat“.
3. Použijeme sled světelných nebo zvukových signálů, které se budou nepravidelně střídát.
4. Výsledky měření v milisekundách zapíšeme do tabulky a zhodnotíme.

#### Hodnocení:

Měření	Reakční doba			Poznámka
	Zvukový podnět	Světelný podnět	Zvukový + světelný podnět	
1. posluchač				
2. posluchač				
3. posluchač				
4. posluchač				
5. posluchač				

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

**Závěr:**

### 14.3. Vyšetření laterality

\*Upraveno podle: Z. Matějček, Z. Žlab (1972)  
(M. Langmeier)

#### Úvod

Lateralita bývá definována jako „vývojové úchytky v organismu podle jeho střední roviny, a to ve smyslu nadřazenosti jedné strany nad druhou“. Přitom je třeba zdůraznit, že tato „nadřazenost“ je znakem normálního fyziologického vývoje a že tedy nejde o úchytky patologické.

Asymetrie může být patrná ve stavbě těla (a to včetně CNS) i ve funkci či výkonnosti smyslových párových orgánů.

S jevem laterality se setkáváme již na počátku kulturního vývoje lidské populace především jako s otázkou „praváctví“ a „leváctví“. Je zřejmé, že jistá asymetrie ve výkonnosti rukou je výhodná z hlediska účelnosti a hospodárnosti pracovního procesu. Umožňuje totiž vysokou specializaci v činnostech, jež provádí obratnější ruka. Druhá ruka pak provádí práce pomocné.

Nález z doby kamenné ukazuje, že nástroje již tehdy byly užívány převážně buď pravou, nebo levou rukou. Není však dosud jasno, proč a jakým způsobem došlo k takovému rozšíření praváctví a ústupu leváctví v kulturní historii lidstva. Je velmi pravděpodobné, že je určitá spojitost mezi lateralitou a vývojem lidské řeči, neboť centra řeči jsou v naprosté většině případů v levé hemisféře, z níž je řízena i motorika pravé strany těla. Avšak ani tento vztah zdaleka ještě není plně prozkoumán. Jisté je jenom to, že dnešní civilizace je „pravoruká“ a že člověk s převahou levé ruky má v ní svým způsobem nevýhodné postavení. Navíc pak se s otázkou praváctví a leváctví v kulturním vývoji lidstva spojilo mnoho předsudků a pověr, které dodnes přetrvávají. V mnoha jazycích mají slova „pravý“ a „správný“ stejný základ a v kulturní symbolice nejrůznějších národů znamená pravá strana něco dobrého, prospěšného, nadějného, zatímco levá strana je spojována s představami zla, neúspěchu, hříchu ap.

Vedle laterality rukou se věnuje v posledních desetiletích velká pozornost i lateralitě očí. Lze totiž právem předpokládat, že právě dokonalá součinnost očí a rukou má významnou úlohu v mnoha důležitých činnostech, mezi nimiž psaní i čtení zaujímají přední místa.

Někteří autoři zkoumají ještě lateralitu dolních končetin a lateralitu sluchových analyzátorů. Zdá se však, že tato zjištění mají pro praxi již podružnější význam.

#### Dominance mozkových hemisfér

Lze obecně předpokládat, že převaha jednoho z párových orgánů pohybových nebo smyslových není věcí jen těchto orgánů samotných, nýbrž věcí jejich řídicího centra v mozku. Ve vzájemném vztahu obou hemisfér však nejde o nadřazenost a podřazenost, ale o vzájemnou spolupráci. Pouze koordinovaná, neporušená činnost obou hemisfér umožňuje optimální analýzu signálů z periferie, vypracování adekvátních motorických programů a zajištění specificky lidských psychických funkcí.

Funkční rozdílnost levé a pravé hemisféry lze zjednodušeně popsat takto: levá hemisféra obsahuje centra pro motorickou a senzitivní složku řeči, řídí pohyby pravé poloviny těla a zvláště se uplatňuje při řízení pohybů pravé horní končetiny. Převládá v ní postupné analytické zpracování smyslových podnětů. Umožňuje vyšší symbolické procesy. V pravé hemisféře převládají při zpracování smyslových podnětů procesy syntetické. Tyto procesy umožňují vnímání složitých zrakových a sluchových podnětů a zvláště těch, které mají emotivní složku.

Součinnost obou hemisfér je zajišťována komisurálními vlákny. Zdrojem komisurálních vláken jsou povrchové vrstvy mozkové kůry. Nejdůležitější spojení představuje corpus callosum.

#### Vývoj laterality

Již první držení těla u novorozence je výrazně asymetrické (tonicko-šijový reflex) a do značné míry „předpovídá“ budoucí laterality. Pravostranný tonicko-šijový reflex koreluje totiž významně s pozdějším praváctvím a levostranný s leváctvím, i když méně průkazně. Ve vývoji dítěte dochází pak k výrazné symetrizaci s vrcholem kolem 4. měsíce života. Na to přichází znovu období asymetrické, kdy dítě začíná manipulovat s předměty ve svém dosahu, uchopovat drobné věci, vkládat jednu věc do druhé atd. To nastává přibližně po 7. měsíci života a odpovídá to myelinizaci motorických drah v mozku a celkové zralosti CNS dítěte. Sledujeme-li v tomto období dítě opravdu pozorně, zjistíme zpravidla, že jedné straně začíná dávat přednost. Postup v lateralizaci je však pozvolný.

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

Přibližně od 4. roku, kdy dítě začíná ve větší míře užívat nástrojů, se lateralita vyhraňuje a ustaluje. Současně se však i více uplatňuje tlak prostředí, takže ubývá leváků a přibývá praváků. Ještě během školního věku se procento praváků lehce zvyšuje. Lateralizace postupuje v jakýchsi vlnách a definitivní podoby nabývá teprve před koncem školního věku.

### Genotyp a fenotyp

Mluví se často o „*genotypické a fenotypické lateralitě*“. Genotypem se přitom rozumí vrozený základní obraz určité funkce, který se v dalším vývoji jedince rozvíjí a utvrzuje, popřípadě upravuje a pozměňuje. Fenotypem se pak rozumí konečný výsledek tohoto procesu, neboli současný stav oné funkce.

Právě ve spojitosti s lateralitou je toto rozlišení důležité. Je totiž pravděpodobné, že v pravoruké kultuře dojde u mnoha dětí k ovlivnění vrozeného genotypu tlakem prostředí ve prospěch praváctví. Na druhé straně se však už objevily případy, kdy dítě bylo přecvičeno z praváka na leváka, když rodiče zachytili jeho celkem náhodný projev levou rukou, usoudili, že je „skrytý levák“ a ze strachu, aby mu neublížili, začali soustavně posilovat levou ruku.

Genotypický pravák však za dnešních okolností zůstane s největší pravděpodobností pravákem, kdežto genotypický levák se může stát fenotypickým levákem i ambidexterem.

Za **ambidextrii** pokládáme nevyhraněnou lateralitu – jakýsi mezistupeň mezi leváctvím a praváctvím. Jiný nevýhodný typ laterality představuje **zkřížená lateralita ruky a oka**. Jde o případy, kdy u téhož jedince je vedoucí ruka pravá, kdežto vedoucí oko levé – nebo naopak. Nutno tu opět předpokládat složitější a méně vyrovnané vztahy mezi mozkovými hemisférami než v případě laterality souhlasné.

### Výskyt leváctví

Údaje o zastoupení leváků v populaci se velmi liší. Rozpětí výskytu je udáváno od 1 % do 30 %. Tyto rozdíly jsou zřejmě do velké míry obrazem nejednotnosti ve vyšetřovacím postupu. Mnozí autoři kladou totiž do jedné roviny zkoušky tvarové a funkční laterality, údaje anamnestické a vlastní pozorování genotypu a fenotypu atd., takže výsledky jsou těžko srovnatelné.

### Úkol:

- 14.3.1. Zkouška laterality
- 14.3.2. Určení kvocientu pravorukosti
- 14.3.3. Stanovení typu laterality

#### 14.3.1. Zkouška laterality

**Pomůcky:** krabička s korálky, lahvička, prkénko s kolíčky, klíč a zámek, krabička a míček, siloměr, jehla, nit, manoptoskop, kukátko, kostka.

#### Provedení:

##### *Horní končetiny*

Při navození jednotlivých zkouškových situací je hlavní zásadou, aby vyšetřovaná osoba i předměty, s nimiž má pracovat, byly v takovém postavení, aby obě paže měly stejnou příležitost.

#### 1. Korálky do lahvičky

- Krabičku s korálky a lahvičku položíme na stůl. Vyšetřovaná osoba stojí u stolu tak, aby její pravá i levá ruka byly přibližně stejně daleko od předložených předmětů.
- Pokyn zní: „Dej rychle korálky do lahvičky, ale opatrně! Jeden po druhém!“ Počkáme, dokud vyšetřovaná osoba nevloží do lahvičky všech 10 korálků.
- Pracuje-li vyšetřovaná osoba jen pravou rukou, značíme to křížkem (x) v rubrice P záznamního listu. Křížek v rubrice L znamená, že vyšetřovaná osoba pracovala jen levou rukou – křížek v rubrice A znamená, že střídavě pracovala levou a pravou nebo začala jednou a přešla na druhou ruku. Při provádění dbáme na to, aby vyšetřovaná osoba brala do ruky vždy jen jeden korálek a vkládala je do lahvičky jeden po druhém.

#### 2. Zasouvání kolíčků

- Vyšetřovaná osoba stojí na témže místě u stolu. Položíme před ni prkénko a před prkénko přibližně do středu dáme nádobku, do níž jsme složili pět kolíčků.
- Vyšetřované osobě dáme pokyn, aby kolíčky do otvorů rychle zasunula.
- Za dominantní pokládáme tu ruku, která kolíčky do desky zasouvá. Jestliže vyšetřovaná osoba ruce střídá nebo začne jednou a pokračuje druhou, hodnotíme to jako A.

#### 3. Klíč do zámku

- Vyšetřované osobě předložíme zámek, v němž je zasunut klíč.
- Pokyn zní: „Vyndej napřed ten klíč!“ Když to vyšetřovaná osoba udělá, pokračujeme: „A teď ho tam zastrč zpátky a zkus to zamknout!“
- Za dominantní pokládáme ruku, která klíček do zámku vkládá a otáčí jím.

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

**4. Míček do krabičky**

- Na stůl postavíme prázdnou krabičku
- požádáme vyšetřovanou osobu, aby odstoupila asi dva kroky a pokusila se vhodit míček do krabičky – jemně, opatrně, přesně! Pokus opakujeme třikrát.
- Dominantní je ruka, kterou vyšetřovaná osoba hází. Hází-li jednou pravou, podruhé levou, pokládáme to za A.

**5. Jakou máš sílu!**

- Na stůl dáme siloměr.
- Požádáme vyšetřovanou osobu, aby přistoupila ke stolu a „ukázala, jakou má sílu“. Má vzít siloměr jednou rukou a stisknout jej co největší silou. Nepřipomínáme, že má použít té silnější ruky – vyšetřovaná osoba musí volit spontánně.
- Dominantní je ruka, kterou vyšetřovaná osoba siloměr uchopí a stiskne. Pokus se neopakuje.

**6. Stlač mi ruce k zemi!**

- Vyšetřované osobě řekneme, že nyní zkusíme její sílu ještě jinak. Poodsedneme poněkud od stolu a vyšetřovaná osoba si stoupne proti nám. Spojíme ruce a natáhneme je před vyšetřovanou osobu.
- Pokyn zní: „Tak a teď zkus, jestli mi ty ruce stlačíš až k zemi – ale tlačit můžeš jen jednou rukou!“
- Dominantní je paže, která je aktivnější.

**7. Sáhni si na ucho, na nos, atd.!**

- Vyzveme vyšetřovanou osobu, aby poodstoupila asi o krok a řekneme jí: „Sáhni si na ucho! ... Teď na nos! ... Teď na bradu! ... Teď si sahni na koleno!“ Mezi jednotlivými pokyny vždy počkáme, až vyšetřovaná osoba paži spustí, pak teprve dáme další pokyn.
- Za dominantní pokládáme tu paži, která byla aktivní při všech čtyřech pokusech. Jestliže vyšetřovaná osoba aspoň jednou provedla pokyn druhou paží nebo oběma pažemi, hodnotíme jako A.

**8. Jak nejvýš dosáhneš!**

- Vyšetřovaná osoba se postaví čelem ke zdi, a to velmi těsně.
- Dáme pokyn: „Teď ukaž, kam nejvýš dosáhneš!“ (Nepřipomínáme, že to má dělat jednou paží.)
- Dominantní je ta paže, kterou se vyšetřovaná osoba natahuje do výšky. Výjimečně se stane, že vyšetřovaná osoba zvedá obě paže současně – v tom případě hodnotíme jako A.

**9. Tleskání**

- Vyzveme vyšetřovanou osobu, aby nám ukázala, jak umí zatleskat (tak jako když tleská v divadle) „jednou rukou do druhé“.
- Vyšetřovaná osoba zpravidla skutečně tleská jednou rukou do druhé, tj. tak, že jedna funguje jako podložka a druhá je aktivní. Tu pokládáme za dominantní. Jestliže vyšetřovaná osoba tleská oběma rukama současně před tělem, tj. ruce sráží, hodnotíme to jako A.

**10. Jehla a nit**

- Vyzveme vyšetřovanou osobu, aby opět přistoupila ke stolu, kde jí předložíme jehlu a nit.
- Pokyn zní: „Teď zkus navléknout nit do jehly!“
- Za dominantní pokládáme ruku, která dělá pohyb. Vyšetřovaná osoba se totiž snaží buď navléknout nit do jehly, nebo navléknout jehlu na nit (méně často). Jedna ruka je tedy aktivní, druhá pasivní.

**11. Mnutí rukou**

- Vyzveme vyšetřovanou osobu, aby ukázala, jak si mne ruce, „jako když si je myje“. Když si ruce mne tak, že nemůžeme postřehnout, která ruka je dominantní, pokyn doplníme v tom smyslu, aby ukázala, „jak si myje palec“.
- Dominantní je ruka, kterou vyšetřovaná osoba mne palec druhé ruky.

**12. „Strouhat mrkvičku“**

- Řekneme vyšetřované osobě: „Ukaž, jak se strouhá mrkvička“. (Nechápe-li vyšetřovaná osoba pokyn, předvedeme jí to.)
- Dominantní je ruka, jejíž ukazováček „strouhá“ ukazováček druhé ruky.

*Oči***1. Manoptoskop**

- Vyzveme vyšetřovanou osobu, aby si vzala kornout, který jí podáváme, do obou rukou, nasadila si jej na obličej a podívala se nám oběma očima na nos. Pokus opakujeme třikrát, a to tak, že vždy změním místo, aby se na nás vyšetřovaná osoba musela podívat znovu. Vyšetřovaná osoba totiž vždy kornout sejme, podívá se na nás přímo, pak jej znovu nasadí a dívá se průhledem.

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

- Dominantní je to oko vyšetřované osoby, kterým se na nás dívá. Jestliže vyšetřovaná osoba oči střídá, hodnotíme to jako A.

## 2. Kukátko

- Na stůl položíme kukátko a vybídeme vyšetřovanou osobu, aby si je vzala a podívala se, jaký tam uvidí obrázek. Vyšetřovaná osoba přikládá kukátko k jednomu oku – to pokládáme za dominantní. Pokus opakujeme třikrát.
- Jestliže se vyšetřovaná osoba dívá jednou levým, podruhé pravým okem, hodnotíme jako A.

### Dolní končetiny

#### 1. Vystoupit na stoličku

- Vyšetřovaná osoba se postaví těsně k sedadlu židle. Řekneme jí, aby vystoupila na židli bez držení. Za dominantní pokládáme nohu, kterou vyšetřovaná osoba zvedne na židli a na které „vytahuje“ celou svou hmotnost.

#### 2. Posunovat kostku po čáře

- Položíme na čáru na podlaze kostku a vyzveme vyšetřovanou osobu, aby ji jednou nohou po čáře posunovala („Posunovat – ne kopat! – tak, aby se z čáry neuchýlila!“).
- Dominantní je noha, která kostku posunuje.

#### 3. Zvedni nohu, jak nejvýš dokážeš! (Vsedě.)

- Vyšetřovaná osoba si sedne na židli a dostane uvedený pokyn.
- Dominantní je noha, kterou vyšetřovaná osoba zvedá do výšky.

#### 4. Skákat po jedné noze

- Vyšetřované osobě řekneme, by skákala po jedné noze.
- Pokyn zní: „Postav se na jednu nohu a skákej odtud ke dveřím!“ Dominantní je noha, po které vyšetřovaná osoba skáče.

### Uši

#### 1. Poslechni si hodinky

- Na stůl položíme hodinky a vybídeme vyšetřovanou osobu, „aby si poslechla, jak tikají“. Musí k nim přiložit ucho a nesmí je brát do ruky.
- Za dominantní pokládáme ucho, které vyšetřovaná osoba přikládá k hodinkám. (Nevýhoda zkoušek sluchové dominance je v tom, že je nějak účastna i lateralita motorická – vyšetřovaná osoba se naklání, natáčí trup atd.)

### Hodnocení:

HK	P	L	A
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
Oči	P	L	A
1.			
2.			
DK	P	L	A
1.			
2.			
3.			
4.			
Uši	P	L	A
1.			
Celkem	P	L	A

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

**Závěr:****14.3.2. Určení kvocientu pravorukosti**

Funkční dominanci horní končetiny vyjadřujeme tzv. kvocientem pravorukosti, což je vlastně vyjádření počtu pravostranných reakcí v procentech. Kvocient vypočítáme podle vzorce:

$$DxQ = S P + S A / 2 / N \times 100.$$

Znamená to součet (S) všech čistě pravostranných reakcí (P) plus polovina těch, které jsme hodnotili jako neurčité nebo oboustranné (A), děleno počtem všech úkolů, které vyšetřovaná osoba provedla (N), a násobeno stem.

Vyhraněná, výrazná pravorukost	P	DxQ	100–90
Méně vyhraněná pravorukost	P-	DxQ	89–75
Dominance nevyhraněná, neurčitá	A	DxQ	74–50
Méně vyhraněná levorukost	L-	DxQ	49–25
Vyhraněná, výrazná levorukost	L	DxQ	24–0

**Poznámka:**

Hodnotu DxQ je nutno přijímat kriticky. Platí pro danou sestavu zkoušek a vyjadřuje přibližně současný stav funkční asymetrie u vyšetřované osoby, tedy fenotyp. Na genotyp z ní můžeme pouze usuzovat. Z tohoto hlediska je důležité, aby vyšetření bylo doplněno anamnézou. Vypytáme se podrobně na projev levorukosti vyšetřované osoby od nejčasnějšího dětství až do současné doby. Zjistíme, byla-li vyšetřovaná osoba v něčem přecvičována na pravou ruku, kdy, jakým způsobem a s jakým výsledkem. Vypytáme se také vyšetřované osoby, zda dovede něco dělat levou rukou lépe než pravou, a získané údaje si případně doplníme pozorováním vyšetřované osoby v jiných, nestandardních situacích během celého vyšetřování.

**Takto zjišťovaný genotyp rozdělujeme do čtyř kategorií:**

1. **P1** – anamnestické praváctví souhlasí se zjištěným fenotypem horních končetin v naší zkoušce (P, P-). Pravděpodobnost genotypického leváctví je reálně malá.
2. **P2** – anamnestické praváctví nesouhlasí se zjištěným fenotypem, který spadá do skupiny A, L- nebo L. V této skupině jsou zřejmě nejvíce přecvičováni leváci, u nichž rodiče leváctví popírají nebo jejichž leváctví si nepovšimli. V některých případech může jít o ambidextrii.
3. **L1** – anamnestické leváctví souhlasí se zjištěným fenotypem (L-, L).
4. **L2** – anamnestické leváctví nesouhlasí se zjištěným fenotypem horních končetin (P, P-, A). Jde zřejmě o přecvičené leváky.

**Hodnocení:**

Genotyp	Fenotyp	Poznámka

**Závěr:****14.3.3. Stanovení typu laterality**

V klinické praxi je důležité vědět, jaký je vztah mezi funkční dominancí oka a ruky u vyšetřované osoby. Pro vyjádření tohoto vztahu se v praxi ustálilo schéma, jež dovoluje rozlišit tři základní typy laterality:

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

**1. Lateralita souhlasná:**

DxQ	Ruce	Oko	Značka	Hodnocení
	100–90	pravé	PP	souhlasná dominance pravé ruky a pravého oka
	89–75	pravé	P–P	méně vyhraněná dominance pravé ruky, pravé oko dominantní
	49–25	levé	L–L	méně vyhraněná dominance levé ruky, levé oko dominantní
	24–0	levé	LL	souhlasná, vyhraněná dominance levé ruky a levého oka

**2. Lateralita neurčitá:**

DxQ	Ruce	Oko	Značka	Hodnocení
	100–75	neurčité	P/A	pravá ruka dominantní, neurčitá dominance oka
	49–0	neurčité	L/A	levá ruka dominantní, dominance oka neurčitá
	75–50	pravé	A/P	nevyhraněná dominance ruky, pravé oko dominantní
	74–50	neurčité	A/A	nevyhraněná dominance ruky i oka

**3. Lateralita zkřížená:**

DxQ	Ruce	Oko	Značka	Hodnocení
	100–90	levé	PxL	zkřížená dominance pravé ruky a levého oka
	89–75	neurčité	L/A	zkřížená (méně vyhraněná) dominance pravé ruky
	49–25	pravé	L–xP	zkřížená dominance levé ruky (méně vyhraněná) a pravého oka
	24–0	pravé	LxP	zkřížená dominance levé ruky a pravého oka

**Závěr:****Kontrolní otázky:**

1. Ve kterém věku nabývá lateralizace definitivní podoby?
2. Je vždy shodná lateralita ruky a oka?
3. Co je to ambidextrie?
4. Co je to manoptoskop?
5. Je vhodné přecvičovat leváky na praváky?

Jméno:

Příjmení:

Studijní kroužek: Skupina: A, B, C, D

.....  
datum.....  
podpis vyučujícího

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

## 15. Vyšetření sluchu

(V. Kuthan, K. Jandová)

### Úvod

Zvuk se od svého zdroje šíří v podobě podélného vlnění ve směru svého postupu různými prostředími, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky různou rychlostí (vzduch cca 340 m/s, voda 1 480 m/s, ocel 5 000 m/s, ve vakuu se zvukové vlny šířit nemohou).

Ve svém funkčním rozsahu 16–20 000 Hz je sluchem v oblasti tzv. **sluchového pole** zvuk různě intenzivně vnímán. Zvuky mohou být pravidelné, hudební, tj. tóny, které vznikají jednoduchým mechanickým, respektive harmonickým vlněním a lze je znázornit graficky sinusovou křivkou, jejíž kmitočet (frekvence, tj. počet vln za sekundu – Hz) udává absolutní výšku tónu, a amplituda jeho intenzitu. Naproti tomu zdroje nepravidelných (nehudebních) zvuků vytvářejí kmitavé pohyby smíšených frekvencí, kdy se jejich periodický charakter víceméně rozostřuje.

V hudební akustice je základním referenčním tónem  $a_1$  (tzv. komorní a o frekvenci 440 Hz), v technické akustice je to tón o frekvenci 1 000 Hz.

Při kmitání molekul vzduchu (vlnění) vybuzených energií rozkmitaného tělesa vznikají ve zvukovém poli oblasti zhuštění (přetlak) a zředění (podtlak) těchto molekul. Tím také vzniká **střídavý tlak**, superponovaný statickému (barometrickému) tlaku prostředí, jehož **amplituda** je na sinusoidové křivce představována maximální odchylkou od výchozí linie. Označuje se také jako **akustický (zvukový) tlak**. V tomto ohledu je třeba uvést, že molekuly vzduchu jeví již v klidu Brownův molekulární pohyb, na nějž nasedají při indukované změně střídavého tlaku další oscilace těchto molekul. Hodnota uvedeného akustického tlaku se udává v newtonech na metr plochy ( $N \cdot m^{-2}$ ), nebo v pascálech, přičemž  $1 N \cdot m^{-2} = 1 Pa$ . Absolutní práh sluchu takto vyjádřený je  $2 \cdot 10^{-5} Pa$ .

**Intenzita zvuku**, udávaná ve  $W \cdot m^{-2}$  je definována jako energie zvuku, která proniká jednotkou plochy za jednotku času. Intenzita zvuku je úměrná čtverci akustického tlaku ( $I \sim p^2$ ). Absolutní sluchový práh vyjádřený v těchto jednotkách je  $10^{-12} W \cdot m^{-2}$ .

### Hladina intenzity zvuku, subjektivní hladina hlasitosti

K vyjádření hodnot intenzity zvuku či akustického tlaku se obvykle používá logaritmické míry, kdy se srovnává naměřená hodnota s prahovou referenční hodnotou. Vychází se přitom z **Weberova-Fechnerova zákona**, podle kterého je **intenzita vjemu P** přímo úměrná logaritmu poměru dané intenzity (I) podnětu k jeho intenzitě prahové ( $I_0$ ):  $P = k \cdot \log_{10} I/I_0$ .

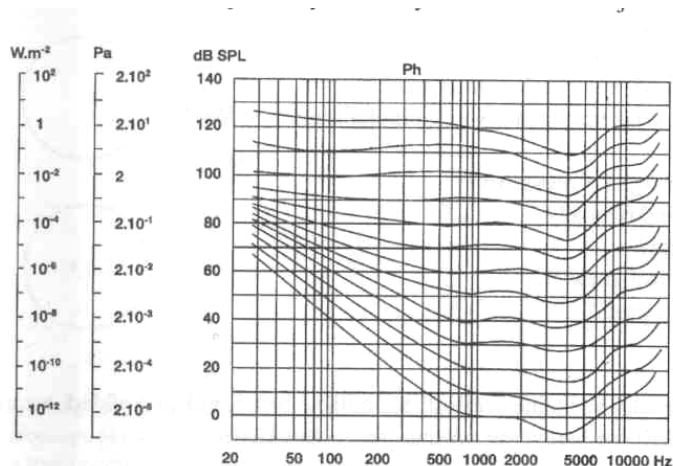
Když tedy takto vyjádříme **hladinu intenzity zvuku** v poměru k jeho referenční intenzitě prahové (tj.  $10^{-12} W \cdot m^{-2}$  při frekvenci 1 000 Hz, kde je práh nejnižší), a do čitatele dosadíme hodnotu 10x vyšší než je hodnota referenční, získáme jednotku ( $\log_{10} 10 = 1$ ) označenou podle A.G. Bella jako 1 Bel [B]. Je to tedy dekadický logaritmus kvocientu dvou intenzit, které jsou v poměru 10:1. 1 B má 10 decibelů [dB], přičemž 1 dB je jednotkou soustavy SI. Hladina zvuku (L) v decibelech takto stanovena  $L = 10 \log_{10} (I/I_0)$ .

Vyjádříme-li však, jak je to konvenčně zavedeno, hladinu zvuku L v hodnotách akustického tlaku (p) ( $L = \log_{10} (p^2/p_0^2) = 2 \log_{10} (p/p_0)$ , protože  $I \sim p^2$ ), kdy referenční prahová hodnota akustického tlaku při frekvenci 1 000 Hz je  $2 \cdot 10^{-5} Pa$ , pak **dvacetinásobný dekadický logaritmus poměru daného akustického tlaku k tlaku referenčnímu udává hodnotu hladiny zvuku L v decibelech SPL**. Tedy:  $L = 20 \log_{10} (p/p_0)$  [dB SPL].

Označení SPL (Sound Pressure Level = hladina akustického tlaku) se připojuje proto, aby bylo zřejmé, že hodnoty v dB byly získány právě uvedeným způsobem. Zvýšení hladiny zvuku přibližně o 1 dB je ještě sluchem rozlišitelné (akustický tlak přitom vzroste zhruba o 10 %). Zvýšení o 10 dB je desetinásobné ( $10^1$ ), o 20 dB 100násobné ( $10^2$ ), o 30 dB 1 000násobné ( $10^3$ ) atd. Hodnota 0 dB neznámá absenci zvuku, ale prahovou hodnotu, kdy hodnota daného akustického tlaku je totožná s hodnotou prahovou  $2 \cdot 10^{-5} Pa$ . Jsou tedy v poměru 1:1, a  $\log 1 = 0$ . Nutno upozornit, že stanovení hladiny zvuku pracuje s fyzikálními veličinami (intenzita zvuku a akustický tlak).

Lidské ucho však není při různých tónových frekvencích stejně citlivé (viz obr. 15.1.).





Obr. 15.1. Závislost hlasitosti tónů na jejich frekvenci. Izofóny, hladina zvuku v dB SPL, subjektivně vnímané hlasitosti ve fóněch (Ph)

Proto byla zavedena **stupnice subjektivně vnímané hlasitosti ve fóněch (Ph)**, která se kryje se stupnicí decibelovou jen ve frekvenčním rozsahu kolem 1 000 Hz (viz obr. 15.1.), kde je sluchový práh nejnižší a tedy sluch nejcitlivější. Je to  $10^{-12} W \cdot m^{-2}$  v jednotkách intenzity a  $2 \cdot 10^{-5} Pa$  v hodnotách akustického tlaku. (Ve skutečnosti je však sluch ještě citlivější při frekvenci 4 000 Hz; frekvence 1 000 Hz byla přijata jako základ z konvenčních důvodů.)

Když postupujeme k frekvencím nižším nebo vyšším, práh se zvyšuje, a hodnota decibelová je vyšší než hodnota fónová (viz obr. 15.1.). Jinak řečeno, k dosažení stejně vnímané hlasitosti při různých frekvencích (výškách tónů) je třeba pokaždé různého akustického tlaku, resp. hladiny zvuku vyjádřené v dB. Tak např. tón frekvence 1 000 Hz, jehož hladina zvuku je při této frekvenci 30 dB, je slyšet stejně hlasitě (tj. jeho fónová hodnota je stejná) jako tón frekvence 100 Hz s hladinou zvuku 60 dB (viz obr. 15.1.). Křivky, které spojují stejné hladiny hlasitosti při různých frekvencích, se nazývají **izofóny**. Nulová neboli prahová izofóna má decibelovou hodnotu (hladiny zvuku) při frekvenci 50 Hz něco přes 50 dB, při frekvenci 40 Hz 10 dB atd., kdežto při frekvenci 1 000 Hz **0 dB**, kdy se tedy fónová hodnota kryje s hodnotou decibelovou. Tóny všech frekvencí, ležící na stejné izofóně, která je definována decibelovou, resp. fónovou hodnotou při frekvenci 1 000 Hz, jsou tedy vnímány stejně hlasitě. Jejich decibelové hodnoty se ovšem výrazně liší. Tóny, které mají stejnou fyzikálně definovanou hladinu intenzity zvuku v dB, leží naopak na přímkách probíhajících rovnoběžně s abscisou, a jejich decibelová hodnota je při všech frekvencích stejná (obr. 15.1.).

Z levé části tohoto obrázku také vyplývá, že v pásmu nižších frekvencí jen poměrně malé zvýšení intenzity zvuku vede k relativně většímu vzestupu subjektivnímu vnímání jeho hlasitosti. Naopak ve frekvenční oblasti kolem 1 kHz (500–2 000 Hz – pásmo řečových frekvencí) ke zvýšení subjektivní hlasitosti je nutné, aby intenzita zvuku se zvýšila relativně více. Proto také v této oblasti sluchového pole lze rozeznat i malé změny intenzity zvuku, což souvisí s větší vzdáleností jednotlivých izofón.

Šepot odpovídá hladině hlasitosti asi 20–40 Ph, hovorová řeč 50–75 Ph, hluk dopravy 70–90 Ph a pneumatické vrtačky 120 Ph. Kolem 130 Ph je hranice bolesti.

Vedle právě popsaného stanovení hladin hlasitosti můžeme též takto subjektivně zjišťovat, kolikrát se jeví daný tón, popř. složený zvuk, silnější či slabší a to oproti referenčnímu tónu o frekvenci 1 000 Hz a intenzitě zvuku 40 dB, který vyjadřuje hlasitost rovnou 1 sonu. Např. tón, který se zdá dvakrát hlasitější, má hlasitost 2 sonů, 4krát hlasitější odpovídá 4 sonům, o polovinu slabší naopak 0,5 sonů atd. Bylo zjištěno, že při hodnotách nad 30 dB závisí subjektivní dojem hlasitosti na **Stevensově mocninové funkci**, která při frekvenci 1 000 Hz má exponent 0,64. Znázorníme-li příslušné hodnoty v grafu, jehož obě osy mají logaritmickou stupnici (hladina akustického tlaku, odhad hlasitosti), pak získáme přímku, která zobrazuje zmíněnou funkci.

#### Vzdušné a kostní vedení zvuku ve sluchovém systému

**Vzdušné aerotympanální vedení zvuku** je hlavní cestou, kterou se akustická energie dostává fyziologicky ke sluchovým smyslovým buňkám. Prochází zevním zvukovodem přes bubínek a sluchové kůstky, oválné okénko do perilymfy hlemýždě, a odtud přes Reissnerovu membránu do endolymfy v ductus cochlearis, kde se v Cortiho orgánu podráždí vláskové buňky, a tak vzhledem k převodu zvuku zevním zvukovodem a středním uchem svědčí vzdušné vedení o jejich funkci (**převodní vady sluchu**).

**Kostní vedení zvuku** se realizuje při rozkmitání lebečních kostí, např. ladičkou nebo vibrátorem, a pak přímo přes stěny hlemýždě na perilymfu a endolymfu k vláskovým buňkám. Tak tedy tato cesta obchází

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

normální aerotympanální převod. A proto je především ukazatelem kvality funkce vnitřního ucha, resp. sluchové dráhy (**percepční vady**). Nemůže být horší než vedení vzdušné, protože kostní vedení přes lebeční kosti působí přímo na hlemýžď. Má však vyšší práh než vzdušné vedení (cca o 40 – 50 dB) v závislosti na optimálním místě působení zvukového zdroje.

#### **Poznámka:**

V audiometrických záznamech jsou prahové křivky po úpravě znázorněny tak, aby se za normálního stavu víceméně vzájemně kryly, takže práh je zdánlivě stejný (viz níže).

Pro normální sluchové vnímání nemá kostní vedení valný význam, jenom při slyšení silnějších tónů a vnímání vlastního hlasu v oblasti nízkých frekvencí. Proto také v magnetofonovém záznamu zní vlastní hlas poněkud odlišně. Z druhé strany jeho vyšetření je důležitou pomůckou při diagnostice sluchových vad. Existují dva druhy kostního vedení. Je to jednak **vedení přímé** přes kostěné pouzdro labyrintu, jednak vedení **osteotympanální**, kdy menší množství akustické energie proniká kostěnou částí zevního zvukovodu bubínkem a středním uchem (sluchové kůstky) k tekutinám vnitřního ucha a konečně k receptorům.

### **Zkoušky sluchu**

Cílem vyšetření sluchu je zjistit, je-li sluchová funkce snížena, a v tomto případě stanovit druh poruchy, (vada převodní, percepční nebo smíšená), její stupeň podle ztráty sluchu při určitých frekvencích – vyšších či nižších, a také míru srozumitelnosti předřikávaných slov šepotem i hovorovou řečí s převahou vyšších či nižších hlásek, což nás mimo jiné v určitém ohledu informuje o možnostech slovní komunikace vyšetřovaného.

## **15.1. Zkouška řeči z různé vzdálenosti při snížené (šepotu) a hovorové hladině zvuku**

Při této klasické zkoušce zjišťujeme vzdálenost, ze které vyšetřovaný člověk slyší a je schopen opakovat předřikávaná slova při vyšší či nižší hladině zvuku. Velký rozdíl v maximální vzdálenosti, ze které jsou rozeznatelná šeptaná a hovorovou řečí pronášená slova je charakteristický pro **poruchu vnitřního ucha (percepční vada)**. Naproti tomu přibližně stejné omezení šepotu a hovorové řeči svědčí pro **převodní vadu**, která tkví ve středním uchu (převodní systém).

#### **Provedení:**

1. Vyšetřujeme v tiché místnosti (hladina zvuku pokud možno do 30 dB). Vyšetřovaná osoba se postaví nebo posadí ke stěně bokem a vyšetřovaným uchem směrem k vyšetřujícímu, zavře oči, aby nemohla odezírat, a prstem si stlačí tragus nevyšetřovaného ucha. Tím se brání tzv. přeslechu, tj. nežádoucímu sluchovému vjemu v druhostranném uchu (ohlušení). Tento postup je postačující při vyšetřování šepotem. Když však vyšetřujeme hovorovou řečí anebo na audiometru, je třeba použít ohlušovač, kde lze nastavit určitou úroveň hladiny zvuku při příslušných frekvencích, anebo aspoň pravidelnými rychlými vibracemi prstu při tlaku na tragus dosáhnout méně přesného stupně ohlušení.
2. Zkoušku v obou případech začínáme ze dvou až tří metrů. Když vyšetřovaná osoba neslyší nejméně tři po sobě pronesená slova, přiblížíme se do menší vzdálenosti. V opačné situaci se od vyšetřovaného vzdalujeme (max. 10 m, rozhodující je vzdálenost 6 m) a určíme z jaké vzdálenosti je právě ještě slyší, jim rozumí, a je schopna je opakovat, což zaznamenáme do protokolu.
3. Konečně je třeba věnovat pozornost rozdílu **frekvenční skladby předřikávaných slov**. Volíme při tom střídavě slova s převahou hlubokých hlásek (hůl, dub, kolo, voda, duben, buben, kedluben) a hlásek vysokých – sykavek (sít, čest, měsíc, tisíc, sysel, sáček, silnice, sasanka). Když registrujeme pokles funkce sluchu, resp. rozumění slov s převahou vyšších hlásek, naznačuje to **poruchu percepční**, která se nejčastěji projevuje na audiogramu ztrátou sluchu v oblasti vyšších frekvencí. Při **převodní poruše** naopak vyšetřovaná osoba nerozumí slovům v nízkofrekvenční oblasti. Výsledek vyšetření si poznamenáme.
4. Vyšetření uskutečníme nejdříve na zdravém uchu a potom na uchu postiženém. Převodní vadu můžeme přitom napodobit ucpáním zevního zvukovodu. Výsledky zapišeme do protokolu.

**Poznámka:** záznamy vedeme tak, jako bychom se dívali na „pacienta“. Záznam při normálním sluchu vypadá takto:



Proto se používají ladičky, které znějí v oblasti 128, 256, 435, či 512 Hz.

Rozeznáváme tři druhy ladičkových zkoušek: Weberovu (posouzení kostního vedení obou stran), Rinného (posouzení vzdušného a kostního vedení na jedné straně), a zkoušku Schwabachovu (porovnání kostního vedení mezi vyšetřovaným a vyšetřujícím).

**Pomůcky:** ladička, ev. smotek vaty nahrazující ucpání zevního zvukovodu prstem.

#### Provedení:

##### 15.2.1. Weberova zkouška

Umístíme-li znějící ladičku, kterou rozezvučíme úderem o nějaký předmět, do střední čáry lebky ( na čelo nebo raději na temeno) je slyšet tón ladičky při stejné citlivosti sluchu obou uší stejně na obou stranách, nebo uprostřed, popř. difúzně v celé lebce např. při oboustranně neporušeném sluchu. Sluchový vjem tedy není lateralizován. V případě jednostranné (např. levostranné) poruchy sluchu se sluchový vjem lateralizuje při převodní poruše na stranu nemocného (levého W →), kdežto při vadě percepční na stranu neporušeného ucha (pravého ← W). Převodní vadu napodobíme ucpáním zevního zvukovodu. Při blokadě zevního zvukovodu pozorujeme, že tón zvučící ladičky je slyšet lépe na straně uzávěru, i když ladičku umístíme na druhé straně lebky. Zkráceně se říká, že Weber nelateralizuje či lateralizuje na tu či onu stranu. Výsledky zaznamenáme do protokolu.

#### Poznámka:

Výsledek Weberovy zkoušky při percepčních vadách je lehce pochopitelný: léze postiženého ucha nebo sluchové dráhy se projeví menší dráždivostí na postižené straně a proto Weber lateralizuje na stranu opačnou. Při vadách převodních se uplatňují tři komponenty:

- Zaprvé je omezena schopnost převodu ušních kůstek, kdy se sníží převod zvuku nejen ze zevnějšíku, ale vedle toho však také jeho šíření v opačném směru zevnitř ven. Tak se z poškozeného ucha podrážděného kostním vedením ztrácí méně akustické energie než z ucha zdravého.
- Zadruhé je poškozené ucho obvykle zaníceno, čímž se zvyšuje hmotnost kůstek a tím se zvyšuje při kostním vedení možnost podráždění sluchových receptorů.
- A zatřetí k tomu přistupuje okolnost, že ucho s převodní vadou je adaptováno na nižší hladinu zvuku než ucho zdravé. Sluchové receptory poškozeného ucha jsou proto citlivější než u ucha nepoškozeného.

#### Hodnocení:

Sluch	Weberova zkouška
normální – kontrola	
ucpaný levý zvukovod	
ucpaný pravý zvukovod	

#### Závěr:

##### 15.2.2. Rinného zkouška

Při jejím provedení vyšetřujeme stav kostního a vzdušného vedení na témže uchu, resp. jejich poměr.

**Pomůcky:** ladička, stopky.

#### Provedení:

1. Rozkmitanou ladičku přiložíme držátkem na processus mastoideus.
2. Dbáme na to, aby se ladička svými rameny nedotýkala boltce nebo lebky.

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

3. Vyčkáme, až vyšetřovaný přestane tón ladičky slyšet, a čas zapíšeme do protokolu (kostní vedení).
4. Hned potom přeneseme ladičku před zevní zvukovod a zaznamenáme dobu, kdy dozní (vzdušné vedení).
5. Když vyšetřovaný slyší tón ladičky před boltcem déle než na processus mastoideus, je výsledek Rinného zkoušky pozitivní (R+), jak to zjistíme u normálního sluchu nebo u percepční vady. Normálně je ladička slyšet před zevním zvukovodem 1–2x déle (podle polohy umístění ladičky před boltcem i na proc. mastoideus).
6. Když pacient trpí převodní poruchou, je slyšet tón déle při přiložení ladičky na proc. mastoideus (v tomto případě je výsledek Rinného zkoušky negativní, R–), je třeba vyšetřovací postup obrátit, tj. umístit nejprve ladičku před ucho a teprve potom na processus mastoideus, samozřejmě s odečtem časových údajů.

I při Rinného zkoušce lze napodobit převodní vadu sluchu ucpaním zevního zvukovodu. Ladička zní déle při kostním vedení z proc. mastoideus (omezení šíření zvuku ven) než při působení jejího zvuku před blokováným uchem, jehož citlivost je touto blokádou vzdušného vedení omezena. Uzavřeme-li však zevní zvukovod prstem nebo smotkem vaty, a necháme vyznít ladičku umístěnou na processus mastoideus, pak při jejím umístění před volný zvukovod téže strany tón slyšíme dále vzdušným vedením (Rinné +).

#### Hodnocení:

Sluch	Pravé ucho	Levé ucho
normální – kontrola		
ucpaný levý zvukovod		
ucpaný pravý zvukovod		
ucpaný levý zvukovod při kostním vedení a volný při vedení vzdušném		
ucpaný pravý zvukovod při kostním vedení a volný při vedení vzdušném		

#### Závěr:

##### 15.2.3. Schwabachova zkouška

Při této zkoušce vyšetřujeme rozdíly mezi kostním vedením ucha vyšetřovaného člověka a zdravého ucha vyšetřujícího.

**Pomůcky:** Ladička, stopky.

#### Provedení:

1. Znějící ladičku přiložíme na processus mastoideus vyšetřovaného a zjistíme stopkami, za jak dlouho ji přestává slyšet, což zaznamenáme do protokolu.
2. V tom okamžiku přeneseme ladičku na svůj processus mastoideus (musíme si být jisti, že náš sluch není porušen) a zjistíme, jestli tón slyšíme dále či nikoliv. V případě, že tón dále slyšíme, je pak Schwabachova zkouška vyšetřovaného zkrácena (= Sch. zkr.), což naznačuje percepční poruchu daného ucha. Pokud tón již neslyšíme, Schwabachova zkouška může být v normě nebo prodloužená. Je třeba provést zkoušku obráceně, takže dříve vyšetříme sebe a potom teprve nemocného. Prodloužení Schwabachovy zkoušky u vyšetřovaného (= Sch. prodl.) svědčí o převodní poruše stejnostranného ucha.
3. Prodloužené kostní vedení při Schwabachově zkoušce lze docílit za normálních okolností ucpaním zevního zvukovodu, kdy trvá sluchový vjem déle než když zvukovod není blokován.

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

Při ucpání obou zvukovodů slyšíme zvuk jen na straně, kde je přiložena ladička.

**Hodnocení:**

Sluch	Pravé ucho	Levé ucho
normální – kontrola		
ucpaný levý zvukovod		
ucpaný pravý zvukovod		
oboustranné ucpání zvukovodů		

**Závěr:**

Vyšetření hovorové řeči a šepem z určité vzdálenosti při normálním sluchu a při převodních a percepčních vadách a jejich vyšetření ladičkovými zkouškami.

**orma:**

P		L
→	W	←
+	R	+
norm.	Sch	norm.

**hovorová řeč:**

P		L
>6	Vm	>6

**šepot:**

P		L
>6	Vs	>6

### 15.3. Audiometrické metody

**Úvod**

Audiometr je tónový generátor, který umožňuje vyšetřit sluchové vjemy při expozici čistých tónů bez vyšších harmonických frekvencí při různé intenzitě zvuku, a tak mj. zjistit práh sluchového vnímání (tzv. **prahová audiometrie – subjektivní audiometrie**) při vzdušném i kostním (za pomoci speciálních vibrátorů) vedení. Pro další rozlišení zvukových vad se používá také **nadprahová audiometrie** a elektrofyziologické retrokochleární vyšetření sluchové dráhy na různých úrovních při použití počítačové techniky (**objektivní audiometrie**). Jde např. o projevy aktivity kochley (ECoG – elektrokocholeografie – latence do 3 ms), mozkového kmene (BERA – brain stem evoked response activity – do 15 ms), středního mozku (MERA – midbrain ERA – latence do 100 ms), nebo mozkové kůry (CERA – cortex ERA – latence do 300 ms). Prodloužená latence je příznakem poruchy přenosu vzruchové aktivity v daném místě.

Při **otoakustických emisích** reagují sluchové receptory v hlemýždi na přicházející zvuk slabým kmitáním, zvukem, který lze zaznamenat před uchem velmi citlivým mikrofonem. Svědčí pro dobrou funkci vnitřního ucha. Jejich absence naopak pro percepční vadu. Hodí se k vyšetření sluchu u malých dětí.

K podrobnějšímu vyšetření středního ucha se používá např. **tympanometrie** (impedanční audiometrie), která registruje odpor, který klade převodní aparát zvuku šířícímu se zevním zvukovodem (tj. tzv. akustický odpor či akustická impedance). Tympanometrická křivka poskytuje grafický záznam závislosti převodových vlastností bubínku na proměnlivém tlaku vzduchu v zevním zvukovodu. Tympanometrické metody poskytují také obraz o **funkci m. stapedijs**, který se při zvucích větší intenzity stáhne a omezí tak přívod akustické energie do vnitřního ucha. Tuhost bubínku a tím i jeho odpor se tak zvýší.

#### 15.3.1. Prahová audiometrie

V praktických cvičeních používáme jeden z nejjednodušších typů audiometrů „screening audiometer MA

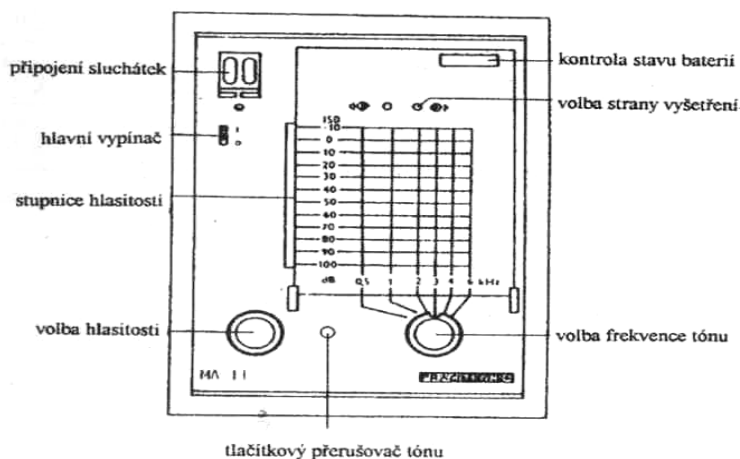
Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

11“, (viz obr. 15.2.), který umožňuje vyšetření sluchového prahu při několika vybraných frekvencích, ovšem jenom pro vzdušné vedení. Slouží orientačnímu vyhledávání (depistáží) sluchových poruch ve větších skupinách obyvatelstva, např. zaměstnanců v hlučných provozech. Když zjistíme, že práh pro vzdušné vedení je zvýšen při některé frekvenci více než o **20dB**, je pro bližší diagnózu nutné, aby byly vyšetřeny audiometrické prahové hodnoty též pro vedení kostní na diagnostickém, resp. klinickém audiometru, které umožňují i další speciální zkoušky.

Prahovou křivku sluchu (tj. nulovou izofónu – viz obr. 15.1.) můžeme vyšetřovat akusticky přesně definovanými tóny o různé frekvenci (Hz) a intenzitě, resp. velikosti akustického tlaku (dB SPL). Při takovém postupu získáme za normálních okolností křivku, **kteřá je svou konvexitou prohnuta dolů** (viz obr. 15.1.) nebo **nahoru** (viz obr. 15.3.) podle toho, jestli vzrůstající decibelové hodnoty jsou značeny od dolního (obr. 15.1.) nebo horního okraje stupnic (obr. 15.4.). Výsledek záznamu se označuje jako **absolutní práh sluchu**.

Ačkoliv lze absolutní práh sluchu takto měřit v různých akustických pokusech, v audiometrii se běžně používá stanovení tzv. **relativního sluchového prahu**, kdy audiometry jsou konstruovány tak, aby prahové hodnoty normálního audiogramu při různých tónových frekvencích **ležely na přímce** (viz obr. 15.4.). Tyto hodnoty, vycházející z **měření subjektivního prahu** vyšetřené na mnoha zdravých lidech (minimum audible) se tak liší od údajů získaných přesnými fyzikálními akustickými metodami. Proto na rozdíl od těchto postupů (dB SPL) se označují jako **dB HL** (Hearing Level).

Úroveň 0 dB HL je v audiogramu vždy vyznačena v jeho horní části (viz obr. 15.3.). Při zhoršení sluchu (vzestup prahu) je v audiometrii patrný pokles křivky (**ztrátový audiogram**) k vyšším decibelovým hodnotám, které udávají o kolik je sluchové vnímání sníženo oproti normálu a samozřejmě tím i jak dalece je nutné zvýšit intenzitu zvuku k dosažení sluchového prahu při dané frekvenci.



Obr. 15.2. Screeningový audiometr MA 11

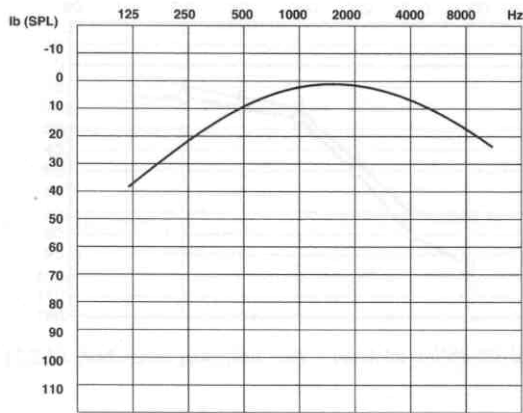
**Pomůcky:** audiometr, sluchátka, formulář audiogramu, vata k ucpání zevního zvukovodu.

#### Provedení:

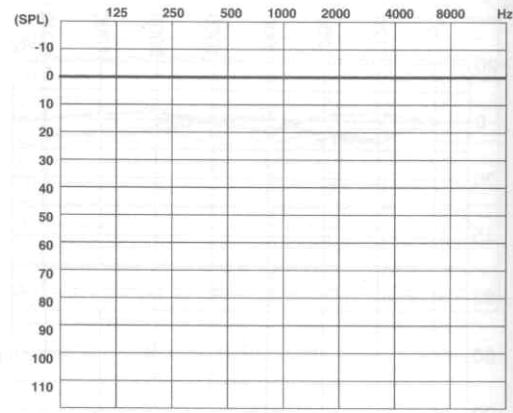
1. Kontrola stavu baterií a zapojení zdířek (pravé ucho zelené, levé červené).
2. Vyšetřovaný nevidí na manipulaci na desce audiometru.
3. Přiložení sluchadel – dobré utěsnění.
4. Nejdříve vyšetříme lépe slyšící ucho.
5. Začínáme expozicí tónů 1000 Hz nejnižší intenzity a zaznamenáme při použití tlačítkového přerušovače úroveň dB, kdy ho vyšetřovaný právě uslyší. Vyšetření několikrát zopakujeme a nejnižší hodnotu zaznamenáme do audiogramu.
6. Pak postupujeme stejně při vyšetřování ostatních frekvencí v těchto krocích: 1 000 – 2 000 – 4 000 – 6 000 – 3 000 – 500 – 250 – 125 Hz, a spojením těchto údajů úsečkami zhotovíme audiogram.
7. Obdobně vyšetříme druhé ucho.
8. Práh sluchu u obou uší testujeme rovněž při uzavřených zevních zvukovodech.
9. Dosažené údaje konfrontujeme s výsledky ladičkových zkoušek a zkoušek řeči, z čehož stanovíme ev. typ sluchové vady.

**Hodnocení:**

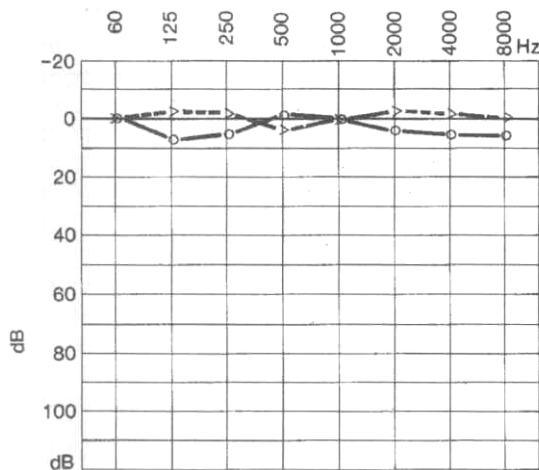
**Závěr:**



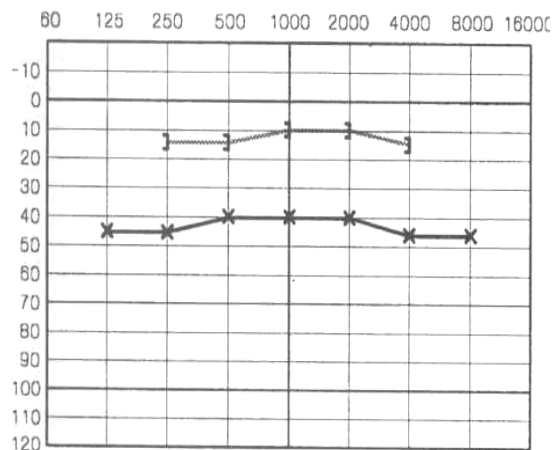
Obr. 15.3. (graf vlevo). Absolutní prahový audiogram při značení hodnot od horního okraje stupnice



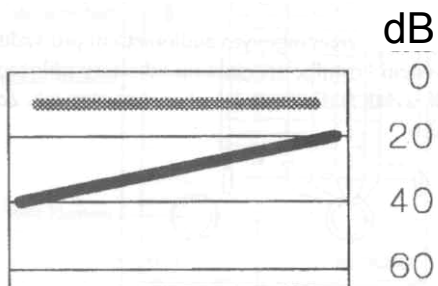
Obr. 15.4. (graf vpravo) Prahové hodnoty normálního audiogramu leží na přímce



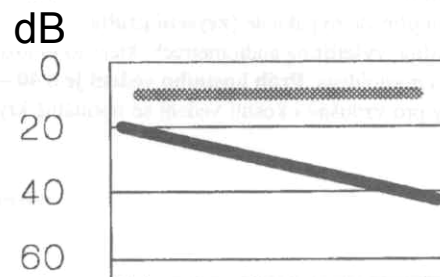
Obr. 15.5. Prahové křivky vzdušného a kostního vedení se u normálního audiogramu kryjí



Obr. 15.6. Prahová křivka kostního (nahore) a vzdušného (dole) vedení při převodních vadách (rozdíl cca 30 dB). Záznam z levého ucha



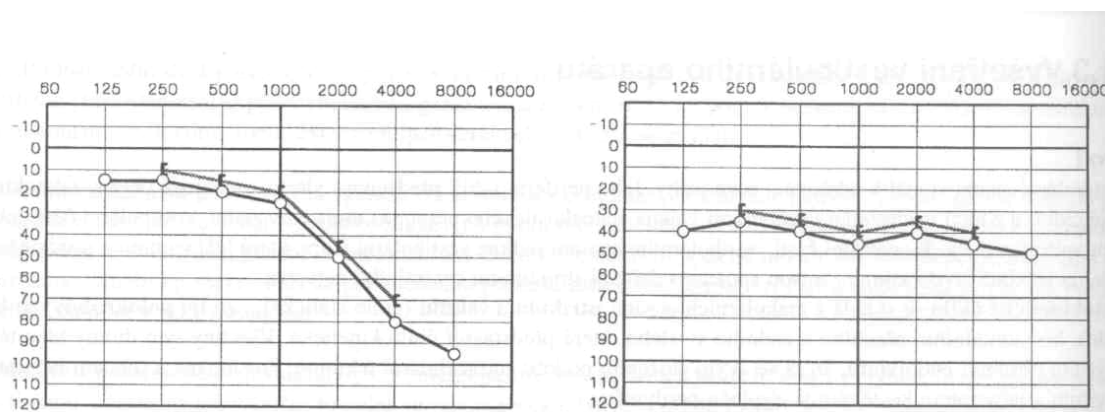
Obr. 15.7. Kostní vedení (nahore) a vzdušné vedení (dole) při jednom typu převodní vady (schématicky)



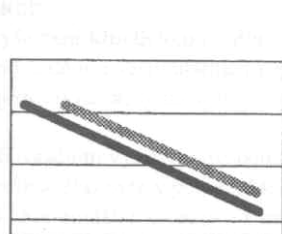
Obr. 15.8. Kostní vedení (horní křivka) a vzdušné vedení (dolní křivka) při jiném typu převodní vady (schématicky)

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

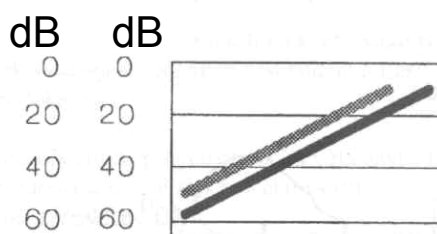




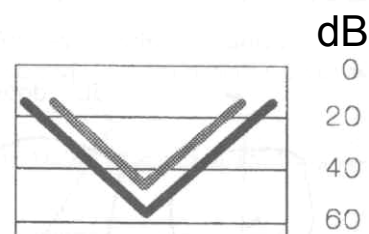
Obr. 15.9. Audiogram percepční vady – paralelní průběh křivky kostního (nahore) a vzdušného (dole) vedení



Obr. 15.10. Audiogram bazokochleárního typu percepční vady



Obr. 15.11. Audiogram apikokochleárního typu percepční vady



Obr. 15.12. Audiogram mediokochleárního typu percepční vady

**Poznámka:**

V každém případě hypakuzie (zvýšení prahu zvuku nad 20 dB) zjištěné screeningovým audiometrem pro vzdušné vedení, musíme vyšetřit na audiometrech, které to umožňují, i práh vedení kostního speciálními vibrátory přiloženými na processus mastoideus. Práh kostního vedení je o 40–50 dB vyšší, avšak audiometry jsou konstruovány tak, že prahové křivky pro vzdušné i kostní vedení se normálně kryjí (obr. 15.5.).

Při **převodní vadě** (porucha středního ucha) se křivka kostního vedení pohybuje v normálních hodnotách (není patrný pokles o 20 dB) a její průběh je horizontální. Naproti tomu křivka vzdušného vedení (obr. 15.6.) probíhá v audiogramu níže, tj. na úrovni vyšší decibelové ztráty a tím i vyššího sluchového prahu. Může se vzrůstajícími frekvencemi stoupat (při poruše tuhosti, resp. elasticity – např. neprůchodnost zevního zvukovodu, inkrustace bubínku apod. – viz obr. 15.7.), nebo klesat (poškozením hmoty v transportním systému, tj. např. při přítomnosti sekretu nebo zánětu středouší apod. – viz obr. 15.8.). Rozhodujícím příznakem převodní vady je však **rozdíl mezi úrovněmi křivky pro vzdušné a kostní vedení** (tzv. převodní ztráta či kochleární rezerva, který dosahuje až několika desítek dB (hranice 10dB).

Při **percepčních vadách** jsou v části nebo celé oblasti frekvenčního spektra obě křivky, jak pro vzdušné, tak i kostní vedení pod hladinou 20dB. Charakteristickým rysem percepční poruchy je opět vzájemná poloha křivek. **Obě křivky probíhají těsně vedle sebe**, přičemž vzájemný rozdíl mezi nimi nemá přesáhnout 10 dB, ať křivka stoupá nebo klesá (obr. 15.9.).

Rozeznáváme **bazokochleární typ** percepční vady, která je podmíněna poškozením v bazálním závitu hlemýždě (viz obr. 15.10.) a je nejčastějším projevem poruchy sluchu (presbyakúzie – ztráta vysokých frekvencí ve stáří, hlukové trauma při práci v hlučných provozech, toxické poškození – antibiotika).

Dále je to percepční vada **apikokochleární**, kdy jsou poškozeny smyslové buňky helikotrematu, které zprostředkují vnímání hlubokých frekvencí, např. při závrativých stavech (viz obr. 15.11.).

**Mediokochleární typ** percepční poruchy sluchu je vyznačen u geneticky postižených pacientů – viz obr. 15.12.).

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

Značky používané v audiogramu:

vpravo  
(červená barva)



vzdušné vedení bez  
maskování (ohlušení)  
druhého ucha



vzdušné vedení s ohlušením  
(maskováním) druhého ucha



kostní vedení bez ohlušení  
(maskováním) druhého ucha



kostní vedení s ohlušením  
(maskováním) druhého ucha

vlevo  
(modrá barva)



**Kontrolní otázky:**

1. Které části sluchového orgánu patří k převodnímu systému?
2. Co je to tonotopické uspořádání hlemýždě?
3. Co označujeme pojmy vzdušné a kostní vedení?
4. Co rozumíme pojmy převodní a percepční porucha?
5. Které ladičkové zkoušky znáte, vysvětlete jejich princip.
6. Čím se především liší audiogram u převodní a percepční nedoslýchavosti?
7. Jaký typ poruchy vznikne ucpáním zevního zvukovodu?

Jméno:

Příjmení:

Studijní kroužek: Skupina: A, B, C, D

.....  
datum.....  
podpis vyučujícího

## 16. Řízení motoriky

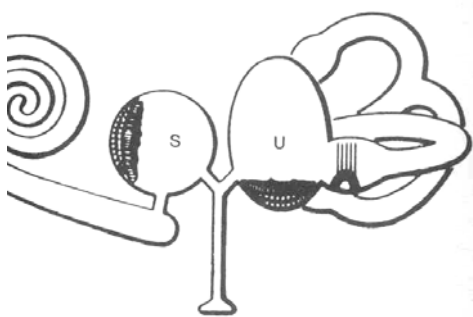
### 16.1. Vyšetření vestibulárního aparátu

(V. Kuthan, K. Jandová)

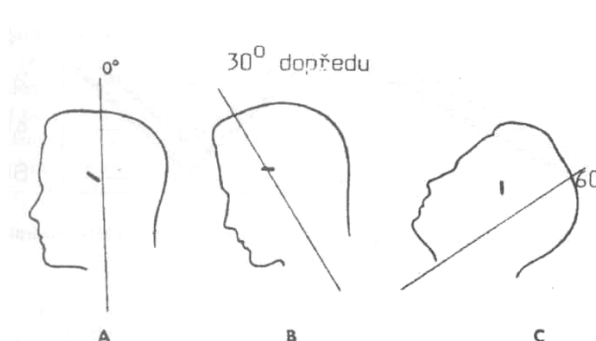
#### Úvod

Vestibulární aparát slouží k udržování rovnováhy. Jeho periferní oddíl představují vlastní smyslové orgány (statokinetické čidlo) a z nich vycházející vestibulární vlákna statoakustického nervu. Je umístěn v zadní, vestibulární části labyrintu vnitřního ucha. K centrální části vestibulárního aparátu řadíme vestibulární jádra, která leží v pontu a prodloužené míše na spodině čtvrté komory a jsou spojena s dalšími strukturami centrálního nervstva.

**Statokinetické čidlo** se skládá z makulárních orgánů **utríkulu** a **sakulu** (čidlo statické) a ze **tří polokruhových kanálků**, horizontálního, předního a zadního svislého, které představují čidlo kinetické (obr. 16.1.). Všechny tyto dutiny blanitého labyrintu obsahují endolymfu, která se svým složením podobá intracelulární tekutině. Prostor mezi stěnami blanitého labyrintu a labyrintem kostěným je vyplněn perilymfou.

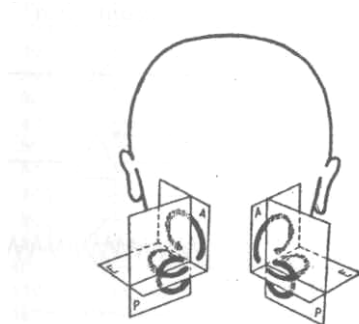


Obr. 16.1. Schématické znázornění vnitřního ucha

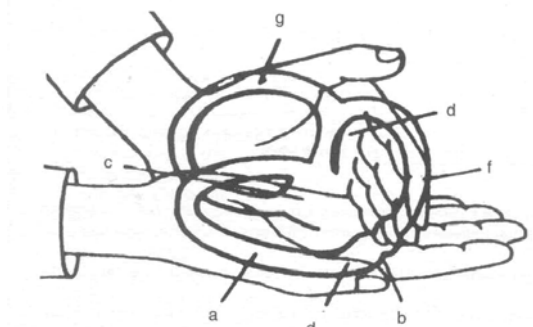


Obr. 16.2. Rovina horizontálních kanálků při různých polohách hlavy: vzpřímené (A), skloněné o 30° dopředu (B) a o 60° dozadu (C)

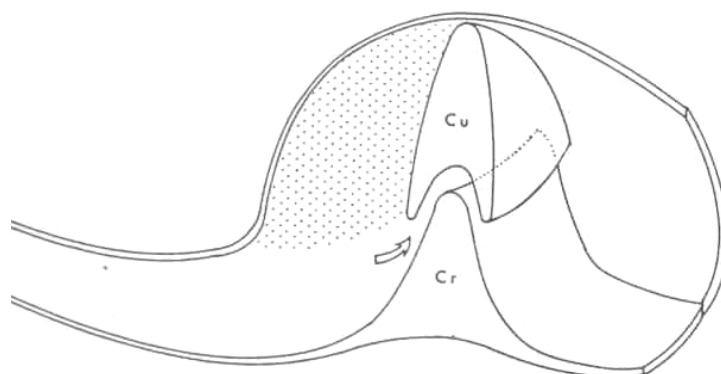
Semicirkulární kanálky jsou uloženy v rovinách, které jsou přibližně vzájemně na sebe kolmé. Horizontální kanálek probíhá v rovině, která při vzpřímeném postavení hlavy svírá s horizontální rovinou úhel asi 30° (obr. 16.2.). Roviny předního a zadního kanálku svírají s frontální a sagitální rovinou úhel přibližně 45°. Když porovnáme roviny kanálků obou stran, je zřejmé, že horizontální kanálky leží ve stejné rovině. Pokud jde o chodbičky svislé, ve stejné rovině jsou situovány přední vertikální kanálek jedné strany a zadní vertikální kanálek strany druhé (obr. 16.3.).



Obr. 16.3. Poloha polokruhovitých kanálků v lebce při pohledu zezadu



Obr. 16.4. Schématické znázornění polokruhovitých kanálků v prostoru podle Bárányho  
a – horizontální kanálek, b – ampula předního vertikálního kanálku, c – ampula zadního vertikálního kanálku, d – ampula horizontálního kanálku, f – přední vertikální kanálek, g – zadní vertikální kanálek



Cu : CUPULA      Cr : CRISTA

Obr. 16. 5. Schématické znázornění reakce kupuly

Každý kanálek je při jednom svém ústí do utrikulu poněkud rozšířen a vytváří ampulu. Nerozšířené konce předního a zadního svislého kanálku jsou spojeny v tzv. crus commune, kudy se pohybuje při rotaci endolymfa z jednoho kanálku do druhého. Polohu polokruhových kanálků levého labyrintu lze napodobit naznačeným postavením rukou (obr. 16.4).

Receptorové vláskové buňky jsou uloženy na ampulární kristě a překryty rosolovitou hmotou, tzv. kupulou, která více či méně uzavírá průsvit ampuly a vychyluje se, i když v malém rozsahu, prouděním endolymfem (obr. 16.5.). Vlásokové buňky mají ve svém apikálním povrchu chomáč stereocilií (40–100) a jedno delší kinocilium, které je uloženo při okraji stereociliárního svazku. Reagují při vychýlení kupuly různě podle směru, kterým endolymfa proudí.

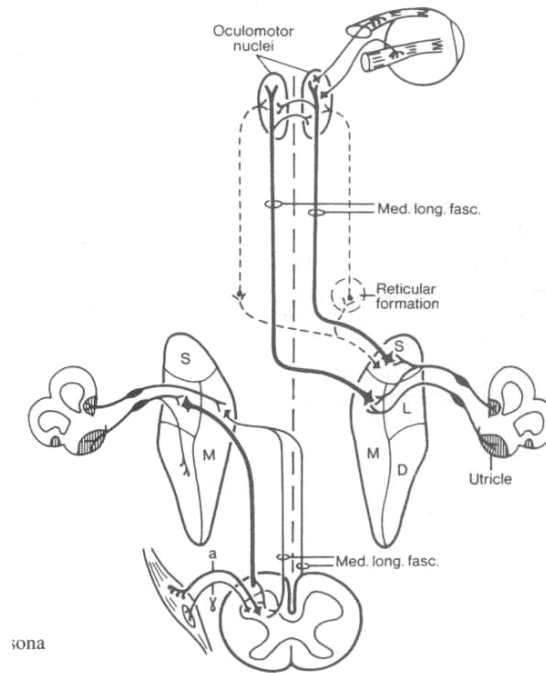
Vestibulární jádra jsou spojena s jádry okoahybných nervů převážně cestou **fasciculus longitudinalis medialis**. Tak např. stimulací horizontálního kanálku jsou drážděny motoneurony kontralaterálního zevního a ipsilaterálního vnitřního přímého svalu, ale tlumeny motoneurony ipsilaterálního zevního a kontralaterálního vnitřního přímého svalu. Mimo to se v řízení okulomotoriky uplatňují též jiné dráhy vycházející z vestibulárních jader.

**Vestibulospinální dráhy** uskutečňují spojení s míšními motoneurony. Dráždění laterální vestibulospinální dráhy (z laterálního jádra Deitersova) působí budivě na gama a alfa motoneurony inervující extenzory a tlumivě přes interneurony na motoneurony flexorů. Tonus extenzorů ipsilaterálních končetin se zvyšuje.

**Vestibuloretikulární projekce** má význam při koordinaci posturální a okoahybné aktivity. Jedna její část míří do prodloužené míchy (nc. reticularis gigantocellularis) a pontu (nc. reticularis pontis caudalis), odkud vychází retikulospinální dráha, jejíž dráždění působí na motoneurony flexorů a extenzorů **opačně než dráha vestibulospinální**. Jiná část vestibuloretikulární projekce míří do paramediální pontinní retikulární formace (PPRF), která se uplatňuje při generaci rychlé centrální složky nystagmu.

**Přímá vestibulocerebelární vlákna** (tj. bez interpolace ve vestibulárních jádrech) končí v nodulu, uvule, mnohem méně ve flokulu a částečně též v celém rozsahu vermis mozečku. Opačná přímá i nepřímá cerebelovestibulární spojení vycházející z těchto struktur se výrazně podílejí na jemném tlumivém ladění vestibulárních reflexů. Při mozečkových lézích se tyto reflexy odtlumí (např. zesílení nystagmu, změny svalového tonu a posturálních reakcí).

**Vestibulární spojení přes talamus** do mozkové kůry míří do gyrus postcentralis při dolním okraji interparietální brázd, a to do oblasti 2. Brodmannovy arey (tzv. area 2v) a jiná její část do arey 3. Vestibulární korová projekce se přimyká k projekci proprioceptivní. Slouží vědomé orientaci v prostoru a regulaci motoriky končetin. (obr. 16.6.) Konečně **spojení vestibulárních jader s hypothalamem** zprostředkuje vegetativní reakce, např. pocity nevolnosti, změny dechové a tepové frekvence apod.



Obr. 16.6. Centrální část vestibulárního ústrojí podle Henrikssona

#### Úkol:

Vyšetření kinetického čidla:

- postrotačního nystagmu
- tonických svalových úchylek
- vestibulární ataxie.

Podrážděním vestibulárních buněk vybavujeme příslušné vestibulární reflexy. Jejich odchylky od normálního stavu nás upozorní na přítomnost léze a její lokalizaci.

Při rotačním vyšetření uvedeme endolymfu do pohybu otáčením v Barányho křesle. Dbáme přitom na to, aby hlava vyšetřovaného byla v poloze, která odpovídá rovině zkoumaného kanálku:

- horizontální kanálky - v mírném předklonu (30°)
- přední svislé kanálky - v hlubokém předklonu (90°)
- zadní svislé kanálky - v úklonu k rameni o 90°.

Na začátku rotace se inertní endolymfa opožďuje za pohybem stěn kanálku a proudí tedy proti směru otáčení. Týmž směrem se vychyluje kupula, vlásky vestibulárních receptorů se ohnou a podle směru ohybu vznikne excitace nebo inhibice. Excitací se vybaví náležitá reflexní odpověď (perrotační nystagmus, tonické úchylky svalové). Není-li rotace dále zrychlována, proud endolymfy se zastaví, kupula se vrátí do výchozího postavení, nystagmus přestane a tonické úchylky svalové vymizí. Náhlým zastavením rotace se opět vzbudí pohyb endolymfy, ale v opačném směru, tj. ve směru původního otáčení.

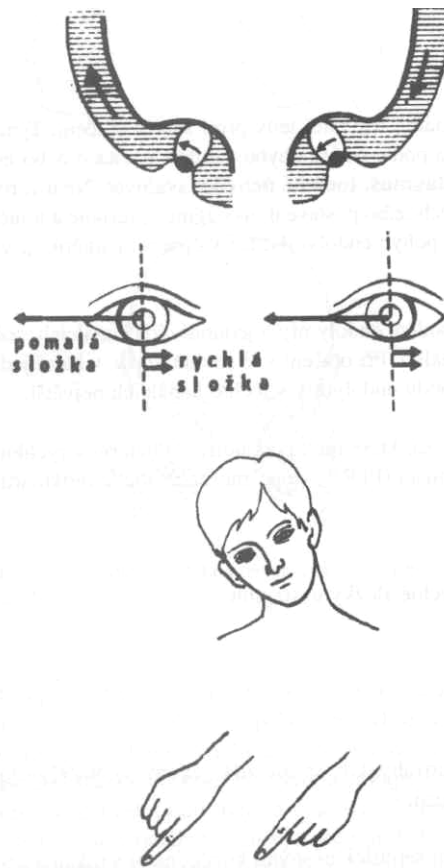
V závislosti na poloze hlavy během rotace je v různé míře urychleno proudění endolymfy v jednotlivých kanálcích, což částečně také umožňuje crux commune předního a zadního svislého kanálku. Při otáčení v té rovině hlavy, v které jednotlivé kanálky, resp. jejich páry leží (viz výše), je ovšem urychlení endolymfy v těchto kanálcích největší.

Jako **nystagmus** jsou označovány trhavé, rytmicky se opakující pohyby očí, které mají pomalou vestibulární a rychlou centrální složku, programovanou v pontinní paramediální retikulární formaci (PPRF), popř. mezencefalické retikulární formaci (MRF). Spontánní nystagmus je vždy patologický.

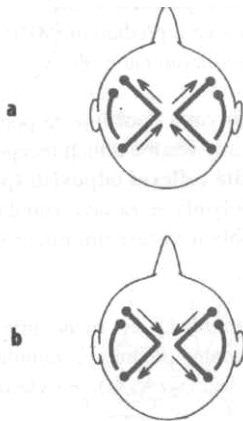
#### Při hodnocení vestibulárního nystagmu posuzujeme:

- směr (např. doprava, doleva, nahoru, dolů apod.). Určuje se podle rychlé složky nystagmu.
- tvar (např. horizontální, vertikální, krouživý, diagonální)
- amplitudu
- frekvenci
- trvání a latenci.

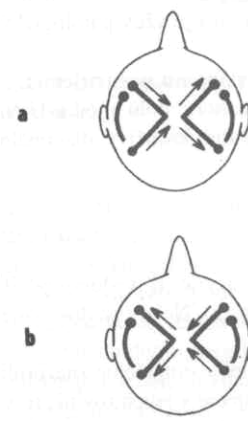
Subjektivně pociťuje vyšetřovaný **závrat**, tj. vědomý pocit poruchy rovnováhy, kdy se mu zdá, jakoby se otáčel, a to v závislosti na směru rotace (viz níže). Někdy se dostavuje pocit nevolnosti.



Obr. 16.7. Projevy dráždění vestibulárního ústrojí (horizontální kanálky)



Obr. 16.8. Směr proudění endolymfy při sklonu hlavy k pravému rameni a po skončení rotace doleva jsou zadní kanálky drážděny (a). Při sklonu hlavy doleva a po skončení rotace doleva jsou přední kanálky drážděny (b)



Obr. 16.9. Směr proudění endolymfy. Při předklonu hlavy o 90° a zastavení rotace doprava jsou drážděny přední a zadní kanálek vlevo (a). Při předklonu hlavy o 90° a zastavení rotace doleva jsou drážděny přední a zadní kanálek vpravo (b)

**Horizontální kanálky**, jejichž polohu si můžeme znázornit předpaženými semiflektovanými končetinami s rukama sevřenými v pěsti (ampuly), vyšetřujeme v jejich rovině, tj. v předklonu o 30°. Na začátku otáčení doleva, nebo po skončení rotace doprava levá kupula se sklání ampulopetálním proudem endolymfy směrem do utrikulu (doprava) a působí ohyb vlásků týmž směrem. Receptory levé ampulární křivky jsou drážděny, vpravo naopak následkem ampulofugálního proudění tlumeny. Ve směru proudění endolymfy tj. doprava se dějí tonické úchylné svalové a pády (tonus levostranného extenzorového svalstva totiž vzrůstá drážděním levé vestibulospinální dráhy z levého labyrintu, a na pravé straně klesá – viz výše) a také pomalá vestibulární složka nystagmu. Rychlá jeho komponenta a závrať míří doleva, tj. proti směru proudu endolymfy (viz obr. 16.7.).

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

V **obou svislých kanálcích** je tomu naopak: ampulofugální proud endolymfy dráždí vestibulární receptory, kdežto ampulopetální proud je tlumí.

**Je-li hlava skloněna k pravému rameni, pak po skončení rotace doleva** proudí endolymfa v obou zadních vertikálních kanálcích od jejich zadní ampulární části dopředu a vyvolá v nich podráždění. Pomalá komponenta nystagmu a tonické úchyly směřují dolů. Rychlá komponenta nystagmu míří nahoru (= postrotační vertikální nystagmus nahoru). Týmž směrem je i pocit závratí. Endolymfa proudí dopředu přitom také v předních vertikálních kanálcích, jejichž receptory jsou tu jejím ampulopetálním pohybem tlumeny (viz obr. 16.8.a). Stejná situace nastává po rotaci doprava při úklonu hlavy k levému rameni.

Když byla ovšem **hlava skloněna doleva a rotace se dala také doleva** (podobně při úklonu doprava a po pravostranné rotaci), pak jsou drážděny ampulofugálním proudem endolymfy receptory obou předních svislých kanálků. Receptory v zadních kanálcích jsou ampulopetálním proudem endolymfy inhibovány (viz obr. 16.8.b). Tonické úchyly a pomalá komponenta nystagmu míří nahoru, kdežto pocit závratí a rychlá komponenta nystagmu dolů (= vertikální postrotační nystagmus dolů).

**Při předklonu hlavy o 90° a po zastavení rotace doprava** se endolymfa pohybuje v předních svislých kanálcích doprava, v levém ampulofugálně (dráždí) a v pravém ampulopetálně (tlumí). Její ampulofugální pohyb je též přítomen v levém zadním kanálku (viz obr. 16.9.a). Při takovém postupu se tedy dráždí zároveň receptory předního a zadního vertikálního kanálku levého labyrintu. V pravém labyrintu jsou obě tyto chodbičky tlumeny. Výsledkem je postrotační nystagmus, který je krouživý, což znamená, že se oči otáčejí kolem své sagitální osy. Jeho rychlá komponenta otáčí očima doleva, tj. proti směru hodinových ručiček, pomalá vestibulární komponenta doprava. Tonické úchyly míří přímo doprava.

**Když je hlava předkloněna o 90°**, pak po skončení levostranné rotace jsou drážděny ampulofugálním proudem endolymfy receptory předního a zadního kanálku pravého labyrintu, kdežto její ampulopetální proud tlumí tytéž kanálky vlevo (obr. 16.9.b). Lze pozorovat postrotační krouživý nystagmus s rychlou složkou doprava pomalou doleva. Svalové tonické úchyly mají směr přímo doleva.

**Úkol:** Vyšetření postrotačního nystagmu, tonických svalových úchylek a vestibulární ataxie.

#### **Pomůcky:**

Barányho křeslo, Bartelsovy brýle (silné spojné čočky +20 D k zamezení fixace bulbů, která trvání nystagmu omezuje; brýle také usnadňují pozorování nystagmu), stopky.

#### **Provedení:**

##### **I.**

V Barányho křesle fixujeme v náležité poloze hlavu vyšetřovaného.

Nasadíme Bartelsovy brýle.

Otáčíme křeslem přibližně rychlostí 10x za 20 sekund (cca 10 otoček)

Při otevřených očích vyšetřovaného můžeme během rotace sledovat postrotační nystagmus.

Postrotační nystagmus lze lépe vyšetřit, když vyšetřovaný má během rotace zavřené oči.

Brzdou náhle zastavíme otáčející se křeslo.

Hned potom odečteme latenci **nystagmu**, jeho směr, tvar, amplitudu, frekvenci a trvání.

##### **II.**

Při stejném postupu v jiném pokuse pozorujeme **tonické svalové úchyly hlavy, končetin a trupu**. Hlava se odklání ve směru proudění endolymfy. Porucha stíhání cíle, kdy se vyšetřovaný odchyluje v téže směru při snaze se trefit svými prsty obou rukou do našich natažených ukazováků exponovaných ve střední čáře (**Barányho pokus**).

Při **Hautantově** (čti ótantově) **zkoušce** se (při zavřených očích) uchylují předpažené horní končetiny (s palci orientovanými vzhůru) také ve směru proudění endolymfy. Zaznamenáme směr a velikost těchto úchylek.

##### **III.**

Také můžeme sledovat **vestibulární ataxii** (tj. nestejnouměrnost a nesoulad pohybů). Ta se manifestuje např. při **Rombergově zkoušce**:

**Romberg I** stoj při mírně rozšířené bázi s předpažením a otevřenýma očima;

**Romberg II** stoj spojný s předpažením a otevřenýma očima;

**Romberg III** stoj spojný s předpažením a zavřenýma očima;

Kolísání stoje se označuje jako **titubace**.

Nesouměrnost při stoji se projeví odchylkami od olovnice a pády a to zejména při zavřených očích (Romberg III). Směr pádu závisí na poloze hlavy. Např. je-li pád v normální poloze pravostranný, při otočení hlavy vpravo padá vyšetřovaná osoba dozadu, otočením hlavy vlevo dopředu. Při chůzi se vestibulární ataxie opět projeví úchylnou od přímého směru v naznačeném smyslu a to opět výrazněji při zavřených očích.

---

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.



**Hodnocení:**

Sklon hlavy	Směr otáčení doleva Nystagmus – směr, trvání, tvar, latence, amplituda	Směr otáčení doprava Nystagmus – směr, trvání, tvar, latence, amplituda
30° dopředu		
90° dopředu		
k levému rameni		
k pravému rameni		

Pro vybraný sklon hlavy a směr otáčení

Zkouška	Odchylný směr	Odchylný směr
Barányho pokus (porucha stíhání cíle)		
Rombergova		
Hautantova		

**Závěr:**

Jméno:

Příjmení:

Studijní kroužek: Skupina: A, B, C, D

.....  
datum.....  
podpis vyučujícího

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

## 16.2. Vyšetření mozečku

(I. Valkounová)

Mozeček má význam pro regulaci svalového tonu, účastní se řízení udržování vzpřímené polohy a řízení správné koordinace pohybů.

### 16.2.1. Paleocerebelární syndrom

(Poškození vermis mozečku). Vyznačuje se poruchou stoje (astazie) a chůze (abazie). Nemocný ve stoji kolísá všemi směry, směr pádu nezávisí na poloze hlavy. (U periferních vestibulárních poruch naopak závisí směr pádu na otočení hlavy.)

Vyšetření, která se provádějí jednak k vyšetření funkce mozečku – vermis, ale také k vyšetření vestibulárních poruch (viz praktikum vyšetření spontánních vestibulospinálních jevů)

1. vyšetření stoje: Romberg I, II, III
2. vyšetření chůze: chůze I (otevřené oči), chůze II (při zavřených očích)

**Hodnocení:**

### 16.2.2. Neocerebelární syndrom

(Postižení mozečkové hemisféry). Projevuje se ataxií, hypermetrií, dysmetrií, adiadochokinézou, intenzivním třesem, svalovou hypotonií, dysartrií a dalšími symptomy.

**Ataxie:** porucha stíhání cíle v prostoru. Pokud je příčinou ataxie mozečkové poškození, pak má ataxie charakter **hypermetrie** (přestřelení pohybu). **Dysmetrie** je tendence k minutí cíle. Typickým příkladem může být časté převrnutí skleniček u lidí v alkoholovém opojení, působící mj. přechodnou poruchu mozečkových funkcí.

**Adiadochokinéza:** jde o neschopnost rychle střídavě zapojovat antagonistické svalové skupiny. Narušení programu vykonávání rychlých protichůdných pohybů.

**Intenční tremor:** objevuje se při pohybu, zejména ruší pohyb před dosažením cíle.

**Svalová hypotonie:** projeví se nadměrnou exkurzivitou v kloubech. Projevem svalové hypotonie je také zvýšená pasivita vyšetřovaná např. posouzením stupně exkurzí podél těla volně visících horních končetin při pasivním otáčení trupu pacienta.

**Dysartrie:** porucha artikulace, mozečková dysartrie je charakteristická skandovanou artikulací, kdy pacient jednotlivé slabiky ze sebe vyráží.

**Vyšetření prováděná k ověření poruch mozečkových hemisfér:**

1. Vyšetření taxie na HK: pacient předpaží horní končetiny a vyšetřující ho vyzve, aby si sáhl prstem na nos. Totéž pacient provede bez kontroly zrakem. Významným rysem mozečkové ataxie je to, že se podstatně nezhoršuje při vyřazení zrakové kontroly. Současně sledujeme eventuelní přítomnost intenčního tremoru.
2. Vyšetření taxie na DK: ležícího pacienta lékař vyzve, aby si dal patu na koleno opačné dolní končetiny.
3. Vyšetření diadochokinézy na HK: pacient předpaží a provádí rychle střídavou pronaci a supinaci oběma rukama.
4. Vyšetření diadochokinézy na DK: pacient se položí na břicho a lékař ho vyzve, aby střídavě rychle flektoval DK v kolenou (střídavě se „kope do hýždí“).

**Hodnocení:**

Jméno:

Příjmení:

Studijní kroužek: Skupina: A, B, C, D

.....  
datum

.....  
podpis vyučujícího

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

### 16.3. Držení těla, stabilometrie

(D. Marešová, V. Hrachovina)

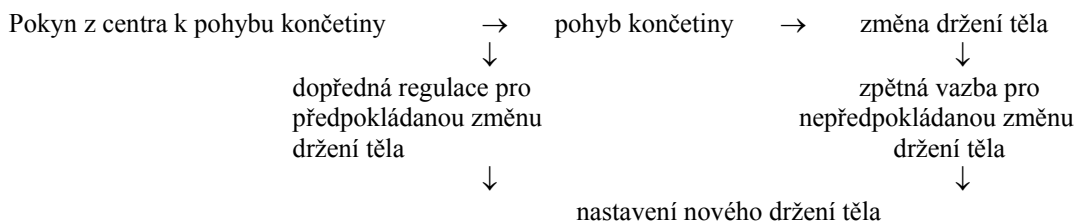
#### 16.3.1. Držení těla

Držení těla si běžně neuvědomujeme, ale stane se zřejmým v okamžiku, kdy ztrácíme rovnováhu a padáme nebo při postižení systémů udržujících vzpřímenou polohu. Držení těla je součástí opěrné motoriky a pro každou pozici se mu musíme naučit – jak je dobře vidět u dětí, které z tříkolky přeseďnou na kolo.

**Postoj** – postavení můžeme definovat jako relativní pozici různých částí těla k sobě navzájem (egocentrický souřadnicový systém) nebo k prostředí (exocentrický souřadnicový systém). Třetí možností je vztah ke gravitačnímu poli (geocentrický souřadnicový systém). Takto můžeme popsat postavení hlavy vzhledem k okolnímu prostředí (důležité pro zrakový systém), k ostatním částem těla (důležité pro řízení vzpřímeného postojení) nebo vzhledem ke gravitaci (pro udržování rovnováhy).

Každému volnému pohybu (např. unožení) musí předcházet **protipohyb** (přesun těžiště na stojící nohu) zajišťující nové držení těla, protože jinak by vlivem gravitace následoval pád. Obdobně, stojíme-li opřeni o zeď a unožíme – tělo se odkloní od zdi.

I jednoduchý pohyb je tak zajišťován celou sérií regulačních dějů zajišťujících držení těla. Centrální řízení volního pohybu končetiny je spojeno s dopředným řízením předpokládané změny postavení. Nepředpokládaná změna postavení je řízena klasickou zpětnou vazbou prostřednictvím informací z jednotlivých receptorů (zrakových, vestibulárních, svalových, taktilních atd.).



**Úkol:** ověření dopředné a klasické zpětné vazby při změně držení těla (pracujeme ve dvojicích).

#### 1. Předvídaná změna držení těla:

1. předpažte pravou horní končetinu
2. zavřete oči a levou rukou tlačte pravou ruku dolů
3. náhle uvolněte tlak na pravou končetinu
4. posuďte rozsah pohybu pravé končetiny (dá se měřit proti pozadí např. tabuli).

#### 2. Nepředvídaná změna držení těla:

1. předpažte pravou horní končetinu
2. zavřete oči a kolega tlačí Vaši pravou končetinu dolů
3. náhle, bez upozornění, tlak uvolní
4. opět posuďte rozsah pohybu končetiny
5. výsledky obou pozorování porovnejte.

Předvídaná změna držení	Pravá ruka	Levá ruka	Poznámka
Nepředvídaná změna držení			

**Závěr:**

### 16.3.2. Stabilometrie

K vyšetření poruch držení těla a pro rehabilitační cvičení používáme stabilometr, který umožňuje registraci trajektorie těžiště a vyhodnocení směru pohybu.

**Pomůcky:** plošina, analyzátor, molitanová podložka

**Úkol 1:** registrace trajektorie těžiště a jeho změny.

**Provedení:**

1. nastavení programu:  
perioda měření (délka intervalu mezi kroky načítání souřadnic těžiště vyšetřovaného v ms) = 40 ms, délka měření 20 s, oblast pro výpočet váženého průměru 5 stupňů, krok úhlu při zobrazení vektorů 30 stupňů (velikost vektoru ve směru 0), konstanta plošiny (kalibrační konstanta plošiny pro přesné nastavení) 300, počátek harmonické analýzy v periodách (počet kroků měření od začátku, které se neuvažují pro harmonickou analýzu pohybu pacienta = 0, počet vzorků pro harmonickou analýzu (počet kroků měření, z nichž se provádí harmonická analýza pohybu pacienta) = 250
2. tlačítkem zvolíme „Nový pacient“
3. nové měření
4. tlačítkem „Kalibrace“ při uvolněné plošině se vynulují snímače a odstraní rozdíly dané vnější teplotou nebo jinými vlivy
5. stisknutím „Start“ registrujeme trajektorii těžiště:
  - a. při otevřených očích
  - b. při zavřených očích
  - c. při unožení – otevřené oči a zavřené oči
  - d. po přidání molitanové podložky.

**Úkol 2:** nácvik změny držení těla.

Podle předem definovaného vzoru rehabilitačního cvičení postupně měníme polohu těžiště.

**Provedení:**

1. Nové měření: rehabilitační cvičení
2. tlačítkem „Rehabilitace“ načteme parametry plošiny
3. tlačítkem „ Kalibrace“ nastavíme plošinu
4. vyšetřovaný se snaží zasáhnout červeným terčem aktivní bod, který je namalován černě s bílým středem. Po dosažení tohoto cíle pokračuje k dalšímu bodu. Úloha končí po dosažení všech bodů.

**Výsledky** všech měření zapíšeme a zhodnotíme.

Kontrolní otázky:

1. Které smysly umožňují člověku orientaci v prostoru?
2. Kterou část statokinetického čidla podráždí nejvíce jízda výtahem?
3. Kterou část statokinetického čidla podráždí úklon hlavy?
4. Kterou část statokinetického čidla dráždíme rotací na židli?
5. Co je to nystagmus, vysvětlete vznik kalorického, perrotčního a postrotačního nystagmu?
6. Jaká znáte vyšetření vestibulospinálních jevů?

Jméno:

Příjmení:

Studijní kroužek: Skupina: A, B, C, D

.....  
datum

.....  
podpis vyučujícího

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

## 17. Seminář: Elektroencefalografie (EEG)

(D. Marešová, M. Hralová)

### Úvod

Elektroencefalogram (EEG) je sumační záznam bioelektrické aktivity korových nervových buněk snímáný elektrodami přiloženými na kůži hlavy. Ve výjimečných případech (úrazy hlavy nebo mozkové operace) lze snímat elektrokortikogram (ECoG) přímo z povrchu mozkové kůry.

Bioelektrickou aktivitou rozumíme změny membránových potenciálů nervových buněk. Pro EEG jsou rozhodující excitační a inhibiční postsynaptické potenciály (EPSP a IPSP), méně se uplatňují akční potenciály. Na komplexní EEG aktivitě se podílí i neuroglie. Bioelektrická aktivita má velmi nízké napětí, řádově desítky mikrovoltů. Proto je toto napětí nutno nejdříve zesílit a pak dále zpracovat.

EPSP a IPSP jsou místní změny (depolarizace a hyperpolarizace) membránových potenciálů postsynaptických oblastí buněčných membrán. Rozdílná polarita různých částí membrán (dendritů a somat) vytváří nestálý elektrický dipól, který je v případě korových neuronů orientován především vertikálně, kolmo k povrchu mozkové kůry.

Pro vznik rytmické aktivity korových neuronů jsou rozhodující vstupy a zapojení specifických a nespecifických talamokortikálních drah. V I. korové vrstvě končí na dendritech buněk především nespecifické talamokortikální dráhy a ve IV. korové vrstvě na somatech a dendritech především specifické projekční dráhy. Aferentním vstupem se vždy aktivuje a synchronizuje činnost buněk pouze určité části neuronové populace.

U zdravého jedince závisí křivka elektroencefalogramu na stupni zralosti mozku a na stavu vigility. Na křivce jsou výchylky směrem dolů standardně označeny jako pozitivní, směrem nahoru jako negativní.

Podle frekvence rozeznáváme tyto základní EEG rytmy (obr. 17.1.):

**Alfa-rytmus:** frekvence 8–13 Hz, amplituda 20–50  $\mu\text{V}$ . Má sinusoidální tvar, maximum výskytu je nad parietookcipitálními oblastmi mozkových hemisfér, dopředu této aktivity ubývá. Je přítomen v relaxované bdělosti a při zavřených očích. Tlumí se zvýšením pozornosti, hlavně zrakovým vjemem (otevřením očí), což označujeme jako blokádu alfa rytmu, desynchronizaci nebo Bergerovu reakci zástavy (obr. 17.2.).

Poprvé registroval u člověka bioelektrické mozkové potenciály přes neporušenou kalvu německý psychiatr Hans Berger (1873–1941) v roce 1924. Popsal základní mozkové rytmy i patologické obrazy u různých mozkových poruch. Adrian a Matthews v roce 1935 zaznamenali útlum spontánní mozkové aktivity otevřením očí.

Individuálně charakteristická frekvence alfa rytmu je určována generátorem aktivity v talamu. Samotná mozková kůra je schopna tvořit pouze pomalé vlny (v delta pásnu).

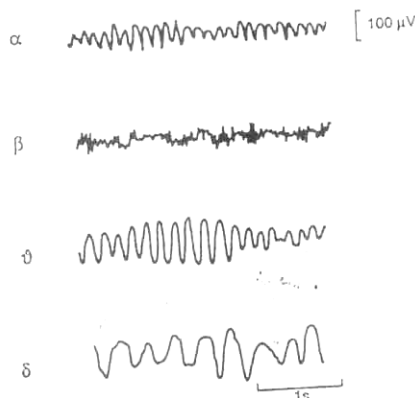
U některých jedinců můžeme registrovat v bdělém stavu a při zavřených očích i nepatologické atypické záznamy – plochý elektroencefalogram (amplituda křivky nepřesahuje 10  $\mu\text{V}$ ) s převahou beta aktivity nebo theta-aktivitu nebo záznam s převahou theta vln s nízkou amplitudou.

**Beta-rytmus:** frekvence > 14 Hz, amplituda mezi 15 až 20  $\mu\text{V}$ . Maximum výskytu nad frontálními oblastmi, směrem dozadu ubývá. Netlumí se otevřením očí.

**Theta-rytmus:** frekvence vyšší než 4 a nižší než 8 Hz, amplituda 50–100  $\mu\text{V}$ . Fyziologicky je přítomen v útlém dětství a během fáze pomalého spánku.

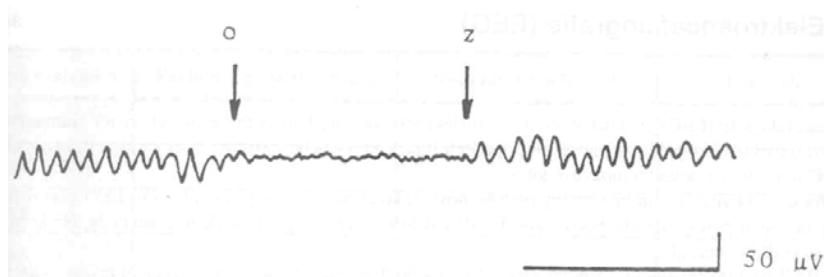
Pokud se u dospělého člověka vyskytuje v bdělém stavu, epizodicky a o amplitudě vyšší než dvojnásobek alfa-aktivity je to patologický jev.

**Delta-rytmus:** frekvence < 4 Hz, amplituda 100 až 200  $\mu\text{V}$ . U bdělého dospělého člověka je vždy patologický. Fyziologicky je přítomen ve vývoji a během fáze pomalého spánku.



Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

Obr. 17.1. Příklady základních křivek EEG

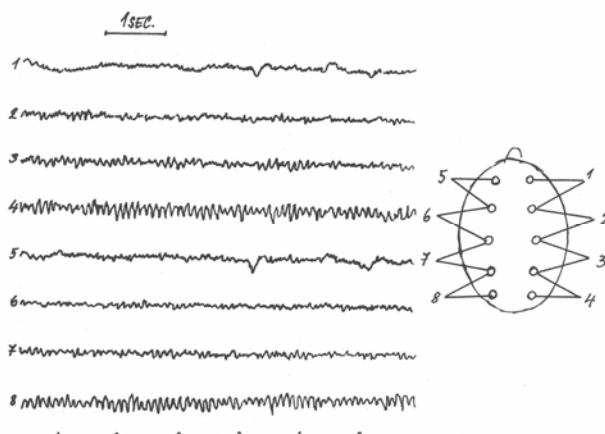


Obr. 18.2. Blokáda alfa-rytmu (o – otevření očí, z – zavření očí)

## 17.1. Vývoj EEG

Mozkovou elektrickou aktivitu můžeme zaznamenat již od 5. měsíce intrauterinně. U fetů je bioelektrická aktivita diskontinuální – přerušovaná různě dlouhými úseky isoelektricity. Po narození se dále vyvíjí až do 18.–20. roku života. Další změny EEG jsou až v pozdním věku.

- Po narození převažují v záznamu delta vlny o nízké frekvenci a vysoké amplitudě. Netlumí se otevřením očí. Do 4. měsíce života stoupá jejich frekvence na 2 až 4 Hz a amplituda je kolem 100 µV.
- Po 4. měsíci se začne objevovat nad parietálními oblastmi theta-aktivita, která se postupně šíří do dalších oblastí.
- Mezi 6. až 9. měsícem převažuje v záznamu aktivita 3–5 Hz hlavně temporoparietálně, vpředu a vzadu zůstává delta-aktivita.
- Na konci prvního roku převládá theta-aktivita o frekvenci 5 až 6 Hz.
- Ve 2. roce se začíná frontálně objevovat beta-aktivita.
- Mezi 3. až 4. rokem převažuje theta-rytmus, frontálně beta-aktivita.
- V 5. roce se začne v EEG objevovat v parietookcipitální oblasti alfa-aktivita o nízké frekvenci a vysoké amplitudě. Dominantním rytmem je stále theta.
- V 6. až 7. roce se objevuje již alfa-rytmus o nižší frekvenci (8–9 Hz) v okcipitální oblasti, který se již dobře tlumí otevřením očí. Theta-rytmus je stále přítomen.
- Od 8. do 11. roku života ubývá theta-aktivity a přibývá alfa-rytmu. Theta-rytmus je lokalizovaný na temporoparietální oblast. Postupně mizí a je nahrazován alfa-rytmem a beta-rytmem ve frontálních oblastech.
- Mezi 12. až 14. rokem se v EEG objevuje tzv. pubertální zvrát, charakterizovaný EEG obrazem typickým pro mladší věk (theta-aktivita). Toto období trvá poměrně krátkou dobu a EEG se posléze opět vrací k normě.
- Od 15. roku se již křivka EEG podobá dospělému záznamu, postupně se jen stabilizuje frekvence a zvyrazňuje areální diferenciace: nad frontálními oblastmi převažuje nepravidelná nízkovoltážní (15–30 µV) beta aktivita, parietálně převažuje nižší alfa-aktivita s drobnou superponovanou beta-aktivitou, okcipitálně pak dominuje alfa-aktivita (rytmus) okolo 50–75 µV.
- Další změny EEG jsou ve stáří, kdy po 60. roku se postupně zpomaluje alfa-rytmus, difúzně přibývá theta-aktivita. U některých osob, a to bez známek zjevných patologických projevů, přibývá i beta-aktivita.



Obr. 17.3. Normální EEG záznam dospělého člověka v longitudinálním zapojení – správná areální diferenciace

## 17.2. Stav vigility a EEG

Jak závisí EEG na zralosti CNS a úrovni bdělosti, tak se současně mění během usínání a spánku. Dvě odlišná spánková stadia, spánek pomalý – SWS (synchronizovaný, telencefalický, non-REM) a spánek desynchronizovaný (REM, rombencefalický, paradoxní) mají charakteristický obraz v EEG:

### 1. Pomalý spánek – synchronní:

**I. spánkové stadium:** vyšetřovaný leží se zavřenýma očima, začíná usínat, alfa-rytmus se postupně rozpadá, objevuje se nepravidelná theta-aktivita nižší amplitudy. V záznamu z centroparietální oblasti se občas objevují vysokoamplitudové ostré bifázické vlny (vertexové). Po otevření očí se v záznamu objeví alfa-aktivita (paradoxní Bergerova reakce), která opět po zavření očí vymizí;

**II. spánkové stadium:** základní je theta-aktivita. V záznamu jsou přítomná i »spánková vřetena« o frekvenci 14–16 Hz. Jejich výskyt je individuální – 1 až 10x za min. Často jsou v záznamu K-komplexy tvořené vysokou delta-vlnou, která předchází nebo následuje po spánkovém vřetenu;

**III. spánkové stadium:** spánková vřetena se rozpadají, záznam tvoří z 20 až 50 % delta-vlny;

**IV. spánkové stadium:** více než 50 % aktivity je představováno delta-vlnami.

**2. Paradoxní, REM spánek:** v záznamu převládá rychlá nízkoamplitudová aktivita (podobná beta rytmu). Záznam je nepravidelný, jsou zde přítomné i pomalé frekvence nízké amplitudy. Podle pohybů očí a svalových záškubů popisujeme dvě fáze REM spánku: fáze fázičká – v polygrafickém záznamu je tato fáze charakterizována rychlými, nepravidelnými pohyby očních bulbů, zvýšením dechové i tepové frekvence, zvýšením TK a svalovými záškuby hlavně axiálních svalů (obličejových a svalů trupu) a fáze atonická – bez očních pohybů a svalových záškubů. Intenzita REM spánku se posuzuje podle fázičké složky, která je také obdobím, kdy se převážně zdají sny.

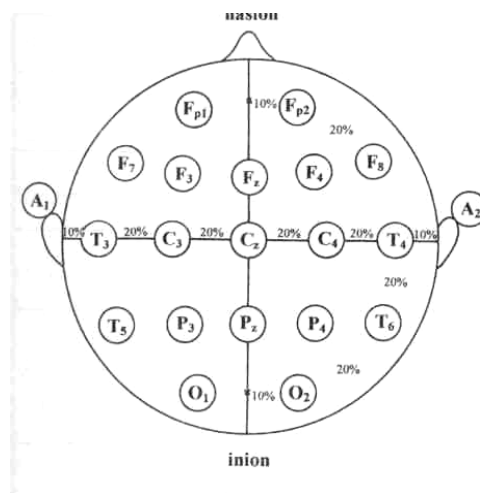
## 17.3. Metodika snímání EEG

Ke snímání EEG se používají vícekanálové přístroje, které mimo snímání EEG umožňují záznamy tepu, EKG, EMG, dýchání ap. Základem elektroencefalografu je zesilovač. Při použití frekvenčního filtru 70 Hz (vyšší frekvence se neregistrují), časové konstanty 0,3 s (za uvedený čas poklesne maximální amplituda křivky o 2/3 k izoelektrické linii), získáme křivku, která by měla být nejméně zkreslená.

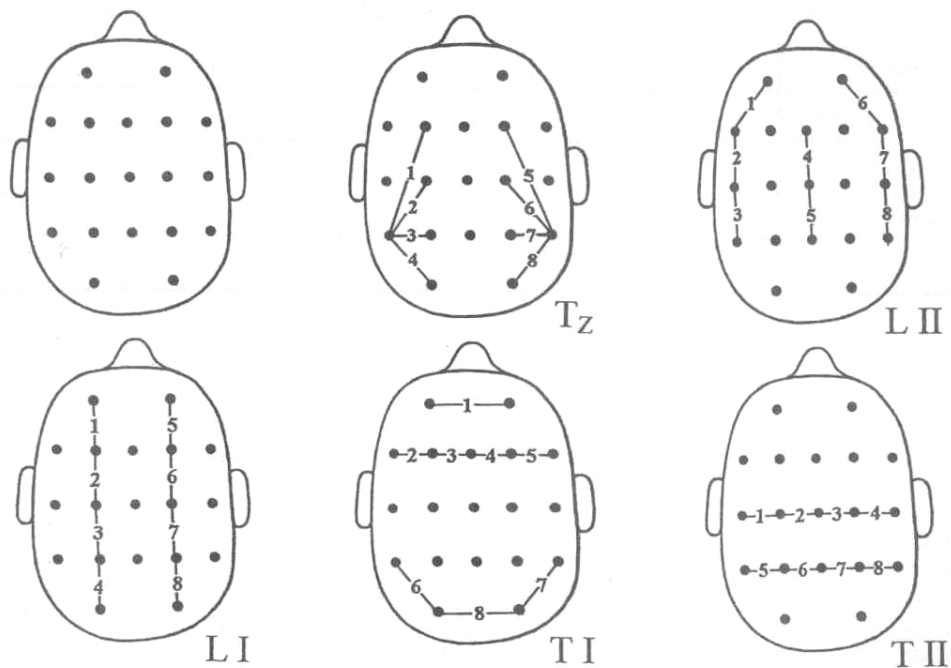
EEG se snímá 21 stříbrnými elektrodami. Elektrody jsou obaleny mulem a navlhčeny ve fyziologickém roztoku. Před jejich přiložením na registrační místa je vhodné kůži odmastit. Zvýšení vodivosti (tj. snížení kožního odporu) napomáhá i EEG (příp. EKG) pasta. Při běžném vyšetření (systém 10–20) se 19 elektrod přikládá na přesně stanovená místa na kůži hlavy a 2 jsou na ušních boltcích (viz obr. 17.4.). Místa uložení elektrod vycházejí z měření v rovině frontální (mezi oběma zvukovody) a v rovině sagitální (mezi nasion a inion). Údaj 10–20 vyjadřuje umístění elektrod v procentech vzdálenosti v těchto rovinách. V současné době se využívá tzv. EEG čepice – elektrody jsou tu již zabudované v přesně rozměřených vzdálenostech. U novorozenců a malých dětí je počet registračních elektrod snížen na polovinu.

Obvyklé zapojení elektrod je **bipolární** – podélné (longitudinální) nebo příčné (transverzální) (viz obr. 17.5.). V jednom typu zapojení má trvat záznam minimálně 20 min, vždy provádíme zkoušku reaktivity – otevření očí.

Při rutinním EEG vyšetření používáme vždy i některé aktivační (provokační) metody, které mohou pomoci odhalit patologické změny v bioelektrické aktivitě mozku či sledovat jejich reaktivitu na tyto metody. Jedná se zejména o hyperventilaci, fotostimulaci, a ve zvláštních indikacích i o spánkovou deprivaci nebo aplikaci různých léčiv.



Obr. 17.4. Umístění elektrod na kůži hlavy a boltců (Fp – frontopolární, F – frontální, T – temporální, C – centrální, O – okcipitální, P – parietální, A – ušní boltce)



Obr. 17.5. Příkladů jednotlivých bipolárních zapojení elektrod (Tz – příčné zadní, LI a LII – podélné zapojení, TI a TII – příčné zapojení)

**Provedení:**

Přípravu i registraci EEG provádí odborně vyškolená laborantka. K fixaci elektrod na hlavě vyšetřovaného se používají „čepice“, jejichž velikost je přiměřená rozměrům hlavy (dítě x dospělý) a umožňující použití jiného počtu elektrod než je uvedeno na obr. 17.4. a 17.5. EEG laboratoře používají různé typy EEG programů, které umožňují jak „on-line“, tak i „off-line“ zpracování registrovaných signálů.

Pro praktická cvičení použijeme papírový výstup z tiskárny počítače se záznamem vybrané křivky EEG.





Obr. 17.6. EEG čepice

Electro-Caps (EEG čepice) jsou jednou z možných aplikací EEG elektrod. Jsou vyrobeny z elastické tkaniny, ve které jsou upevněny cínové elektrody. Na standardních čepicích jsou elektrody rozmístěny podle mezinárodního standardu 10-20. Střední velikost EEG čepic (E1-M, červená) je vhodná přibližně pro 65 % všech pacientů starších 5 let. Malá velikost čepic (E1-S, žlutá) je primárně určena pro děti mezi 2. až 5. rokem věku. Nejmenší velikost (E1-XS, zelená) je pro děti od 9 měsíců do 2 let. Velikosti podle věku jsou přibližné, hlava každého pacienta by měla být přeměřena, aby byla určena optimální velikost EEG čepice.

Infra-Caps jsou EEG čepice určené pro kojence. Tyto čepice jsou vhodné pro novorozence až batolata mezi 9. až 12. měsícem věku. Infra-Caps I. (světle modrá) má rozmístěny elektrody podle standardu 10-20 (tj. 20 elektrod). Infra-Caps II. (růžová) a III. (hnědá) jsou dodávány, jak se standardem 10-20 (tj. 20 elektrod), tak i s zredukovanou strukturou rozmístění elektrod skládající se z F1, F2, C3, C4, O1, O2, T3, T4, Cz a uzemnění (tj. 10 elektrod). Infra-Cap III. může být využita k EEG měření u nedonošených dětí. Je však nutné všechny elektrody EEG čepice doplnit jednorázovými molitanovými kroužky (E6).

**Hodnocení:**

Jméno vyšetřovaného	X
Datum narození	X
Délka předchozího spánku	X
Užívání léků (uved'te konkrétně)	X
Požítí alkoholu (do 8 hod před vyšetřením)	X
Popis EEG – relaxovaná bdělost:	Lokalizace, frekvence, amplituda
alfa	
beta	
theta	
delta	
Popis EEG – aktivní bdělost:	Lokalizace, frekvence, amplituda
alfa	
beta	
theta	
delta	
Symetrie mezi pravou a levou hemisférou	
Reaktivita (na otevření očí či zvýšenou mentální činnost)	
Spánkové projevy	

**Závěr:**

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

## 17.4. EEG – patologie a využití

Hodnocení EEG se využívá zejména v neurologii k posouzení funkčního stavu CNS. Normální EEG u dospělého člověka se vyznačuje areální diferenciací (odlišení jednotlivých oblastí – frontální, centrální, temporální, parietální, okcipitální), s převahou alfa aktivity nad okcipitálními oblastmi, se zřetelně vyjádřenou reakcí zástavy (při otevřených očích).

EEG je nezastupitelnou pomocnou vyšetřovací metodou u záchvatovitých onemocnění (epilepsie), dále pak při úrazech hlavy, cévních mozkových příhodách, mozkových nádorech, zánětech mozku a dalších patologických procesech.

## 17.5. EP – evokované potenciály

Při vyšetření evokovaných potenciálů je sledována bioelektrická aktivita (EEG) nad určitými oblastmi mozku v závislosti na podnětech z okolí (zevní sensorická stimulace). Dle těchto podnětů rozlišujeme EP:

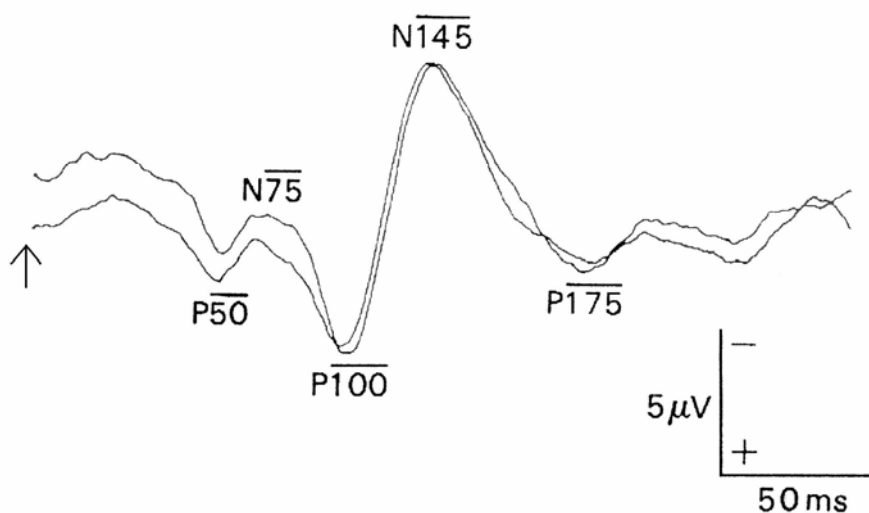
- zrakové (VEP) – stimulace stroboskopem, záblesky, obrazovkou,
- sluchové (BAEP) – zvuková stimulace ze sluchátek,
- somatosenzorické (SEP) – stimulace somatosenzorické dráhy mírným elektrickým impulzem.

Každý z těchto podnětů vyvolá specifickou odpověď v EEG nad příslušnou mozkovou oblastí. Stimulace je opakovaná, odpovědi se sumují, zprůměrují a následně vyhodnotí. Průběh každého EP má své charakteristické rysy – tvar a amplituda vlny, délka její latence po stimulaci, a velmi důležitá je symetrie nad pravou a levou hemisférou.

### 17.5.1. Příklady EP

#### Zrakový EP – VEP

Vyšetřovaná osoba sleduje monitor s černobílou šachovnicí, kde se rytmicky mění černá a bílá políčka. Tyto pravidelné změny jsou registrovány a následně vyhodnoceny okcipitálním zrakovým kortexem. Při monokulární stimulaci je pak typickou odpovědí trifázická pozitivní vlna, která má latenci cca 100 ms. Je označována jako vlna **P 100**.



Obr. 18.7. Průběh zrakového evokovaného potenciálu – fyziologická odpověď získaná zprůměrněním opakovaných stimulů (desítky, stovky někdy až tisíce). Průběh odpovědi od aplikace stimulu (šipka), následují vyznačené základní negativní (N) i pozitivní (P) korové komponenty, včetně nejdůležitější složky vlny P 100.

**Kontrolní otázky:**

1. Jaká je podstata postsynaptických potenciálů?
2. Jak se aferentními vstupy do mozkové kůry aktivují neuronové populace?
3. Jaká je příčina desynchronizace alfa-rytmu?
4. Jak lze vysvětlit ontogenetický vývoj EEG křivky?
5. Které fyziologické principy se uplatňují při vzniku dipólu v mozkové tkáni?

Jméno:

Příjmení:

Studijní kroužek: Skupina: A, B, C, D

.....

datum

.....

podpis vyučujícího

## 18. Vliv zátěže

### 18.1. Měření některých fyziologických parametrů u člověka vystaveného fyzické zátěži

(V. Riljak, V. Hrachovina, E. Medová)

Pohybová nebo sportovní aktivita vyvolává v organismu řadu změn a odpovědí, které mají zajistit udržení homeostazi všech orgánových soustav. Jednotlivé funkční celky orgánů a tkání se během pracovního zatížení přizpůsobují energetickým a metabolickým požadavkům tkání jiných. Orgánové systémy jsou zapojeny v regulačních okruzích tak, aby organismus kryl stoupající požadavky (především kosterních svalů) co nejefektivněji. Ekonomičnost těchto okruhů a pracovní–sportovní výkon závisí na řadě faktorů (především zdravotním stavu, trénovanosti apod.) V souvislosti s pohybovou činností se zvyšuje také aktivita metabolických dějů. Elementárním předpokladem pro svalovou práci je dostatečná dodávka kyslíku a živin, včetně odvodu katabolitů. Tyto funkce zajišťuje především **kardiorespirační systém**. Změny, které v souvislosti s tělesnou zátěží můžeme pozorovat jsou jednak reaktivní (bezprostřední reakce na pohybové zatížení) a jednak adaptační (výsledek dlouhodobého procesu zatěžování, např. tréninku). V tomto cvičení budeme analyzovat (z pochopitelných časových důvodů) pouze změny reaktivní.

Tyto změny jsou někdy klasifikovány (podle lokalizace) na centrální a periferní:

#### a/ centrální změny

Tuto část regulačního schématu představuje především srdce jako pracující pumpa. Mezi nejjednodušší ukazatele činnosti tohoto orgánu patří:

- srdeční frekvence (SF),
- minutový objem srdeční (Q),
- systolický objem srdeční (QS) které spolu souvisí vztahem  $Q = SF \cdot QS$

Srdeční frekvence: její změny nastávají již před vlastním výkonem (tzv. předstartovní stavy vlivem emocí), následně od počátku pohybové aktivity v tzv. fázi iniciální. Srdeční frekvence zprvu rychle stoupá, až se ustálí na hodnotách odpovídajících podávanému výkonu tzv. část homeostatická (někdy se hovoří o této fázi jako o ustáleném stavu tzv. steady state). Po přerušení pohybové aktivity v tzv. fázi následně je srdeční frekvence vrací k původním hodnotám. Křivka návratu je nejprve strmá, později povlnnější.

Systolický srdeční objem (tepový objem srdeční): při stupňující se fyzické aktivitě stoupá z klidové hodnoty 60-80 ml na hodnotu až 150 ml a svého maxima dosahuje při srdeční frekvenci 110-120 tepů/min. Do maximálního zatížení pak již zůstává konstantní (a vzrůstající nároky tkání na dodávku kyslíku/živin jsou hrazeny pouze stoupající srdeční frekvencí).

#### b/ periferní změny

Představují především cévy. Při pohybové aktivitě pozorujeme redistribuci krve v cévním řečišti, dochází k vasokonstrikci ve splachnické oblasti a zpočátku výkonu i v kůži. Naopak v kosterních svalech dochází k značné vasodilataci. Ve zmiňované kůži nicméně později nastupuje vasodilatace a to v okamžiku kdy teplota tělesného jádra začne stoupat, a kožní cévy dilatují a uplatňují se tak jako podstatný mechanismus tepelné homeostazi organismu.

Respirační systém reaguje na pracovní zátěž především zvýšením dechové frekvence a dechového objemu. Velikost dechového objemu je však do značné míry závislá na dechové frekvenci. Při vysoké dechové frekvenci (extrémní výkon, zvláště u dětí), může dokonce klesat a snížit tak maximální minutovou ventilaci.

**V tomto souboru úloh budeme na základě hodnocení jednoduchých parametrů a odpovědí organismu sledovat vliv definované zátěže na člověka.**

#### Stanovíme:

a/ hodnotu pracovního metabolismu

b/ výkon při srdeční frekvenci 170 tepů/min

c/ změny srdeční frekvence při pracovní zátěži

d/ změny srdeční frekvence a EKG křivky při zátěži (holterovský monitoring)

e/ změny systolického a diastolického tlaku při zátěži (holterovský monitoring)

f/ změny teploty kůže při zátěži (hodnocení tepelné homeostazi)

Pracovní a pohybovou zátěž je možné simulovat a dozovat mnoha metodami (výstup na plošinu určité

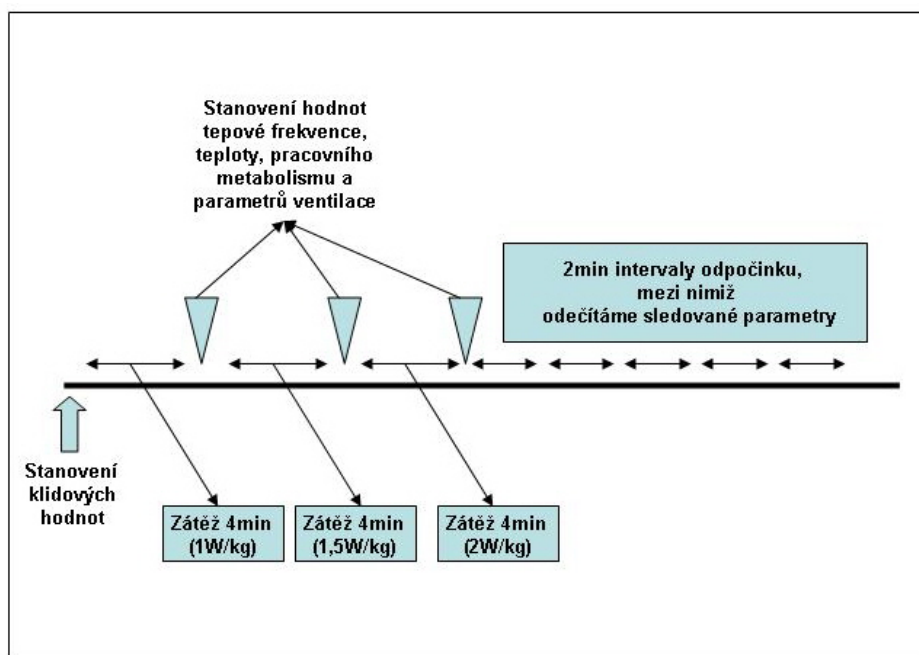
---

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

výšky, dřepy apod.). V tomto cvičení použijeme modifikovaný cyklotrenažer – cykloergometr, umožňující jednak velmi přesně definovat pracovní zátěž ve wattech a jednak nám umožní hodnotit velmi snadno celou řadu parametrů.

Cyklo-trenažer bude v praktickém cvičení ovládat vyučující a studentům sdělí všechny nezbytné informace, která bude třeba z trenažeru vytěžit pro úspěšné dokončení této úlohy (nastavení zátěže, počet otáček, metodiku odečtu tepové frekvence apod.).

Vybraný student bude vystaven **3x stoupající 4minutové zátěži** (0,5W/kg – 1,0W/kg – 1,5W/kg). Mezi jednotlivými úseky bude následovat vždy jednodominutová pauza, ve které odečteme sledované hodnoty a zapíšeme je do protokolu. Po posledním úseku (již bez minutové pauzy) budeme dále **po dobu deseti minut ve dvouminutových intervalech** sledovat návrat hodnot ke klidovému stavu. Před započítáním vlastního výkonu odečteme hodnoty všech parametrů a ty zaznamenejeme jako výchozí (obr. 18.1.).



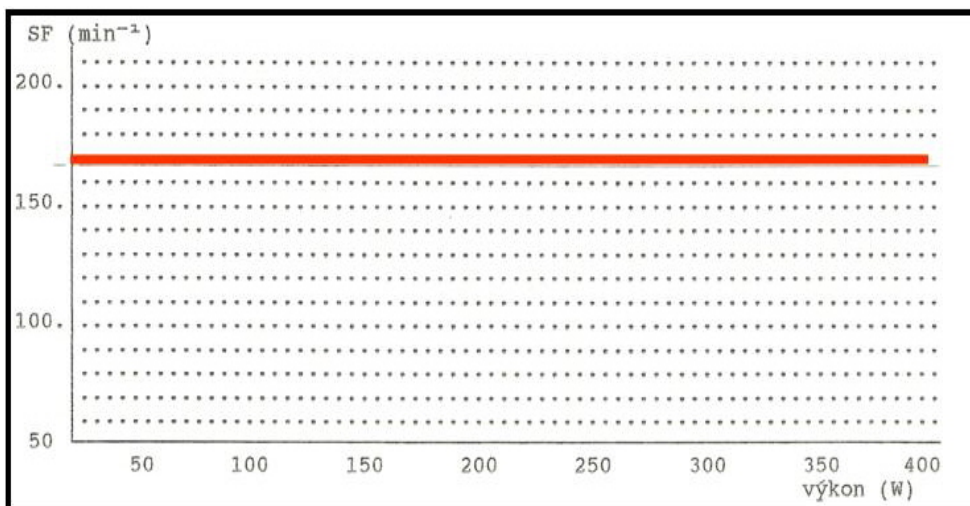
Obr. 18.1. Přehled návaznosti jednotlivých měření

#### **a/ Stanovení hodnoty pracovního metabolismu**

Postup úlohy je zcela identický se stanovení klidové energetické přeměny. Nebudou pochopitelně dodrženy podmínky klidu, ale sledovaná osoba vyvíjí definovanou pohybovou aktivitu. Všimneme si změn v respiračních funkcích, změny dechové frekvence dechového objemu a hodnoty pracovního metabolismu. Zaznamenejeme jeho hodnoty v jednotlivých 4minutových úsecích a srovnáme je s hodnotami klidové energetické přeměny.

#### **b/ Výkon při srdeční frekvenci 170 tepů/min**

Tento test slouží k objektivizaci zdatnosti vyšetřovaného jedince. U zdravého člověka se při tepové frekvenci 170 tepů/min předpokládá vysoce ekonomická práce srdce. Po každém 4-minutovém úseku zaznamenejeme do předtištěného grafu hodnoty tepové frekvence (v závislosti na nastavené zátěži). Získáme tak tři body (vyjadřující závislost mezi pohybovým zatížením a oběhovou odpovědí). Těmito třemi body proložíme ideální přímku a protáhneme ji tak aby protнула čáru označující srdeční frekvenci 170 tepů/min. V místě kde ji přetne, spustíme kolmici na osu x a zde odečítáme hodnoty výkonu ve wattech (obr. 19.2.). Někdy se jako parametr trénovanosti udává hodnota watt-puls (získáme prostým vydělením hodnoty zatížení srdeční frekvencí). Porovnáme s normou.



Obr. 19.2. Stanovení hodnoty testu W170

**c/ Změny srdeční frekvence při pracovní zátěži**

Po každém úseku zatížení a ve stanovených intervalech po zátěži odečítáme hodnotu srdeční frekvence vyšetřovaného. Posoudíme její nárůst a stejně tak si všimneme následného návratu k původním hodnotám po zátěži.

Fáze	Před zátěží	Pohybová zátěž			Zotavení				
Čas	0	1. úsek (4 min)	2. úsek (4 min)	3. úsek (4 min)	1. úsek (2 min)	2. úsek (2 min)	3. úsek (2 min)	4. úsek (2 min)	5. úsek (2 min)
Srdeční frekvence (tep/min)									

**d/ Změny srdeční frekvence a EKG křivky při zátěži (holterovský monitoring)**

Kontinuální záznam elektrokardiogramu jako diagnostickou metodu poprvé technicky zvládl a publikoval Norman Holter. Proto se běžně ambulantní monitorování EKG označuje jako Holterovo monitorování. Tato vyšetřovací metoda se nejčastěji používá k záchytu poruch srdečního rytmu, přechodných pohybů úseku ST a k analýze srdeční frekvence při sinusovém či jiném nefyziologickém rytmu nebo ke sledování účinku léčby. Nověji se výzkum monitorování EKG soustředí také na dynamické změny intervalu QT, vlny T, a morfologie úseku ST a vlny T, především při snaze o rizikovou stratifikaci u závažných komorových arytmií.

Záznamové zařízení Holterova monitoru se skládá z elektrod, svodové kabeláže, přenosné nahrávací jednotky a systému k analýze a archivaci záznamu.

Během praktika si dva studenti vystřídají 12-svodový EKG holter. První si ho připne po začátku praktika a absolvuje s ním jízdu na zátěžovém kole. Po skončení doby zotavení přístroj sejme a připevníme na druhého studenta. Ten s ním též podstoupí zátěžový test na kole. Zhruba 60 min před koncem praktika sejme záznamové zařízení a vyhodnotíme výsledky druhého vyšetření. Hodnoty z prvního měření odečítáme hned po jeho ukončení, tedy v průběhu monitoringu druhého dobrovolníka. Výsledné hodnoty sledovaných parametrů pak zaznamenáme do grafu a tabulky.

**e/ Změny systolického a diastolického tlaku při zátěži (holterovský monitoring)**

Ambulantní monitorování TK se provádí pomocí automatických monitorovacích systémů, obdobných holterovskému monitorování EKG. Oproti jednorázovému měření TK má řadu výhod, zejména umožňuje

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

posouzení vývoje krevního tlaku během celých 24 hodin, včetně jeho cirkadiálního rytmu a posouzení variability TK. Používá se zejména na odhalení a potvrzení epizodické hypertenze, noční hypertenze, syndromu bílého pláště, dále k ověření účinnosti léčby a vývoje onemocnění. Naměřené hodnoty jsou vždy nižší než u jednorázového měření u lékaře.

Na začátku praktika si vybraný student připevní Tlakový holterovský monitor. S tímto zařízením absolvuje cvičení na stanovení doby dosažení cílové srdeční frekvence 130/min. Po uplynutí doby zotavení, provedeme analýzu výsledků. Naměřené hodnoty zaznamenáme do tabulky i do grafu. Před připnutím Holteru, před začátkem a po skončení zátěže a před odepnutím záznamového zařízení změříme tlak vyšetřovaného i pomocí rtuťového manometru.

Fáze	Před zátěží	Pohybová zátěž 10 min			Zotavení				
Čas	0	3. min	6. min	10. min	2. min	4. min	6. min	8. min	10. min
Syst. tlak									
Dias. tlak									

#### **f/ Změny teploty kůže při zátěži (hodnocení tepelné homeostazi)**

V této úloze si všimneme teplotních změn kůže a tělesného jádra (za tu budeme zjednodušeně považovat teplotu v podpaždí) během fyzické aktivity. Teplotu stanovíme na několika částech těla: v podpaždí, na čele a dlani. Tyto hodnoty zaznamenáme po každém intervalu zatížení (odečet provedeme v uvedené minutě odpočinku mezi jednotlivými úseky) a dále ve fázi po výkonu. Hodnoty zaznamenáme do tabulky.

Fáze	Před zátěží	Pohybová zátěž			Zotavení				
Čas	0	1. úsek (4 min)	2. úsek (4 min)	3. úsek (4 min)	1. úsek (2 min)	2. úsek (2 min)	3. úsek (2 min)	4. úsek (2 min)	5. úsek (2 min)
Teplota – podpaždí									
Teplota – čelo									
Teplota – dlaň									

#### **g/ Stanovení doby dosažení cílové srdeční frekvence 130/min a doby zotavení**

Cílem úlohy je demonstrovat fakt, že měření doby potřebné k dosažení určité srdeční frekvence a následně pak času, který je nezbytný k zotavení velmi úzce koreluje s trénovaností jedince a podává základní informaci o funkčním stavu organismu. Jedná se o jednoduchý test, který je snadno reprodukovatelný – a především ho lze opakovat (v horizontu např. týdnů) a sledovat tak vývoj trénovanosti jedince v čase.

1. Dle přiložených pokynů nastavíme na **běžecském pásu Program 9** (před zahájením experimentu **stanovíme klidovou srdeční frekvenci**).
2. Jako cílovou srdeční frekvenci nastavíme 130 tepů/min (viz návod k ovládání běžeckého trenažéru).
3. Stanovíme dobu, která je nezbytná k dosažení této frekvence, po jejím dosažení běh/chůzi ukončíme.
4. Po ukončení zátěže stanovujeme ve dvouminutových intervalech srdeční frekvenci a hodnoty zapisujeme do uvedené tabulky.
5. Vyhodnotíme dobu, která byla nezbytná pro návrat srdeční frekvence do klidových hodnot.

Své připomínky a náměty nám můžete sdělit také prostřednictvím web fóra na stránce ústavu.

**Sledování doby nezbytné k dosažení SF 130/min**

Klidová SF	
Doba nezbytná k dosažení SF 130/min	

**18.2. Sledování návratu SF ke klidové hodnotě**

Čas	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min	12 min	14 min	16 min	18 min
SF									

**Poznámka:**

Program 9 začíná fází „WARM UP“, která má za cíl adaptovat vyšetřovaného na podmínky běhu na trenažéru. V konečném výsledku počítáme i s těmito 3 minutami.

**18.3. Pokyny k ovládání běžeckého trenažéru Kettler-Marathon****S běžeckým pásem pracují studenti výhradně pod dozorem asistenta!**

- Běžecký pás zapojíme do sítě a ve spodní části panelu přístroje stiskneme červené tlačítko do polohy jedna.
- Do hlavního panelu trenažéru zasuneme červený klíč – přístroj je připraven k provozu. Konec bezpečnostního klíče bude upevněn na oděv vyšetřovaného a při jeho případném pádu zajistí přerušení elektrického proudu, čímž pás zastaví
- Přístroj lze ovládat buď **manuálně**:
  - Stisknutím tlačítka start se pás za tři vteřiny spustí rychlostí 0,8 km/h
  - Hodnotu rychlosti lze měnit stejně jako míru stoupání (ovládání tlačítky + a – na pravém respektive levém madle trenažéru)
  - Tento mód bude použit pouze pro základní demonstraci přístroje a k zajištění dobře adaptace vyšetřovaného na chůzi/běh po pásu
- Po základní seznámení navolíme na panelu **automatický program P9 – HRC**:
  - Tento program umožňuje dávkovat zátěž na základě cílové srdeční frekvence
  - Běžecký pás po zadání příslušných parametrů vyšetřovaného sám nastavuje rychlost běhu a míru sklonu běžecké plošiny, tak aby cílová srdeční frekvence byla udržována s maximální odchylkou  $\pm 4$  tepy/min.
  - Celá sekvence bude automaticky zahájena úvodním „WARM UP“ programem (stoupání 3, rychlost 3 km/h), který má za cíl připravit vyšetřovaného na zátěž. Během fáze „WARM UP“ nelze rychlost ani míru stoupání měnit. Po dvou minutách přístroj automaticky začne řídit zátěž tak, aby byla udržována zmiňovaná cílová srdeční frekvence. **Rychlost ani stoupání nelze měnit a bude řízena výhradně přístrojem.**

**Vlastní postup:**

- Zapněte přístroj.
- Zasuňte bezpečnostní klíč, **konec klíče připevněte na oděv vyšetřovaného.**
- Zvolte pomocí tlačítka „program“ variantu **P9 HRC**.
- Stiskněte ENTER.
- Pro zadání věku použijeme klávesu SPEED (+/-), přístroj stanoví cílovou srdeční frekvenci.
- Potvrďte ENTER.
- Pro změnu cílové frekvence lze použít opět klávesu SPEED (+/-).
- Hodnotu cílové frekvence nastavíme na 130/min.**
- Zadáme tréninkový **čas 10 minut** pomocí klávesy SPEED (+/-).
- Stiskneme START, po odpočtu se pás automaticky spustí.
- Jakmile bude dosaženo SF 130/min běh ukončíme stisknutím tlačítka **STOP**.



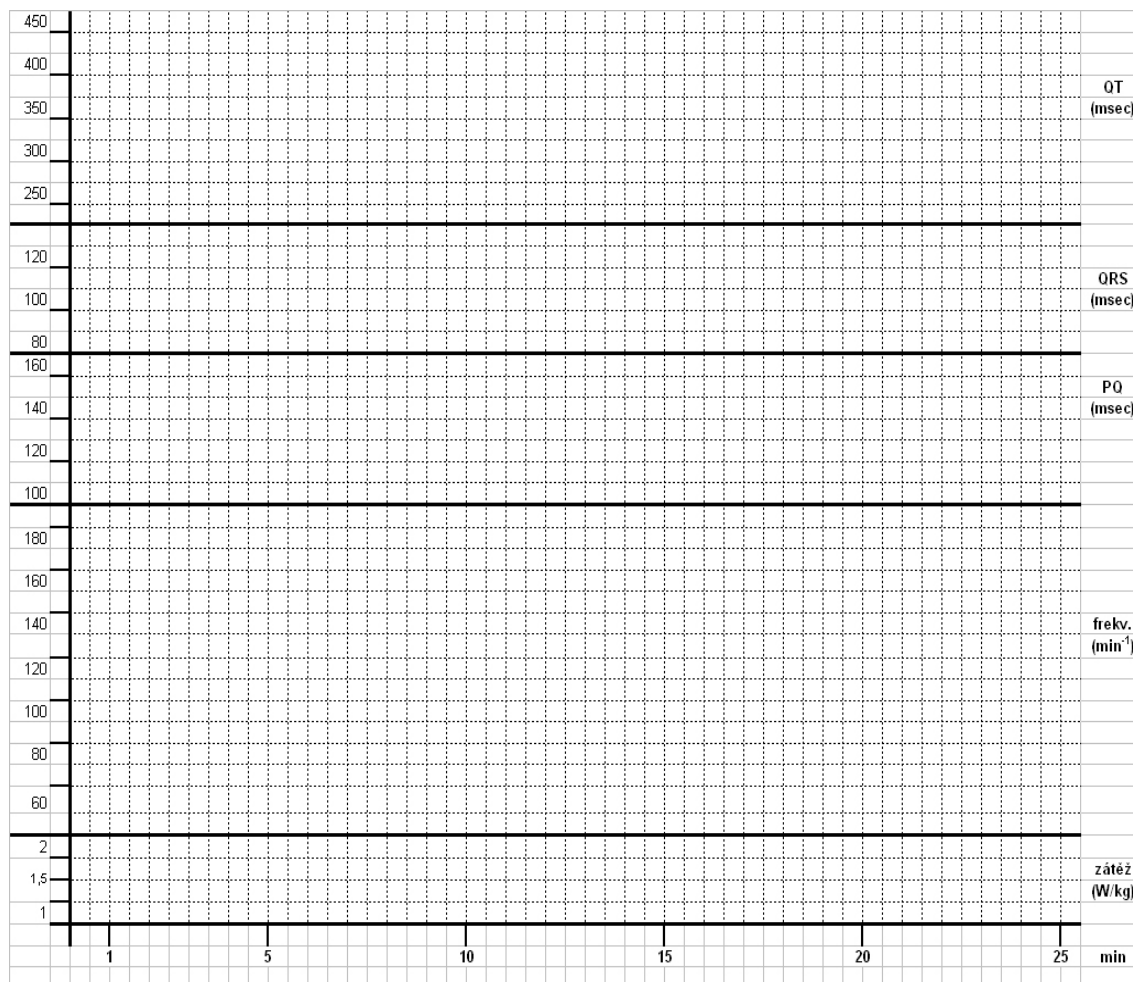
Běh lze kdykoliv přerušit stisknutím klávesy STOP nebo **NOUZOVĚ vytržením bezpečnostního klíče.**

#### **18.4. Pracovní postup sledování změn srdeční frekvence a EKG křivky při zátěži**

1. Na začátku praktika si 1 dobrovolník připevní Holterovský monitor EKG. Podle příloženého návodu přilepíme jednorázové EKG elektrody a připevníme kabely Holteru.
2. Paměťovou kartu a baterie vložíme do přístroje a zkontrolujeme signál na displeji přístroje a odstartujeme vyšetření na počítači. Záznamové zařízení upevníme kolem pasu vyšetřovaného.
3. Vyšetřovaný absolvuje jízdu na zátěžovém kole. Během zátěže můžeme kontinuálně sledovat změny EKG pomocí přenosu dat na dataprojektoru.
4. Po skočení doby zotavení, vyjmeme přístroj z pásu, vyndáme baterie a SD kartu a přehrajeme data do počítače.
5. Stejný postup provedeme s druhým vyšetřovaným, tak abychom záznam ukončily nejméně 60 minut před koncem praktika.
6. Provedeme analýzu celého záznamu a poté na vybraných úsecích (před zátěží, v průběhu zátěže – na začátku a konci jednotlivých zátěžových stupňů a během doby zotavení vždy v dvouminutových intervalech) stanovíme změny EKG parametrů pomocí ručního přeměření EKG křivky. Sledované parametry jsou RR interval, PQ interval, QRS interval a QT Interval.
7. Získané hodnoty zapíšeme do tabulky a vyneseme do grafu.

#### **18.5. Pracovní postup změn systolického a diastolického tlaku při zátěži**

1. Na jednoho dobrovolníka připneme Tlakový holterovský monitor a spustíme měření. Zároveň na druhé končetině změříme tlak pomocí rtuťového manometru.
2. Student absolvuje cvičení na stanovení doby dosažení cílové srdeční frekvence 130/min na běhátku a následnou dobu zotavení. Před zátěží, po ní a v době zotavení provedeme opět přeměření tlaku pomocí rtuťového manometru.
3. Po uplynutí doby zotavení, odejmeme záznamové zařízení a provedeme analýzu výsledků.
4. Získané hodnoty zapíšeme do tabulky a vyneseme do grafu.



Jméno:

Příjmení:

Studijní kroužek: Skupina: A, B, C, D

.....  
datum

.....  
podpis vyučujícího