

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2009

Zuzana Drábová

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Studijní program: **SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ**

Studijní obor: **RADIOLOGICKÝ ASISTENT**

**VÝZNAM ZOBRAZOVACÍCH METOD V NEUROLOGII**

Bakalářská práce

Zuzana Drábová

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Martin Kynčl

Akademický rok: 2008/2009

## **Prohlášení**

---

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v příloze.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně UK 2.LF.

V Třeboni dne 10.1.2009

---

podpis

## **Poděkování**

---

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce MUDr. Martinu Kynčlovi za významnou pomoc při přípravě a zpracování bakalářské práce.

Dále velmi děkuji paní Jaroslavě Kubešové za poskytnutí odborné literatury.

## **Abstrakt**

---

### Abstract in English

The nervous system is one of the most important organ system of the human body. All the functions of the body are regulated and controlled by the nervous system, which consist of two main divisions:

1. the cerebrospinal nervous system – systema nervosum centrale
2. the peripheral nervous system – systema nervosus periphericum.

Neurology is very large branch and that's also the reason why there are use many of the imaging methods which help the neurologists first in the diagnostic.

In dissertation I deal with the importance such methods like are e.g. magnetic resonance imaging (MRI) , computer tomography (CT), digital subtraction angiography (DSA) and the other.

There will be described a progress of investigation and especially the importance and applying the technology to the neurology.

Analysis the role of the radiologic technician in neurology is the separate chapter, where I try to sum up the way of applying the radiologic technician in so-called auxiliary neurological investigations.

Abstrakt v českém jazyce

Nervový systém je jedním z nejdůležitějších systémů v lidském těle. Všechny funkce těla jsou zajišťovány a kontrolovány nervovým systémem, který se skládá ze dvou hlavních částí:

1. centrální nervový systém – systema nervosum centrale
2. periferní nervový systém – systema nervosum periphericum.

Neurologie, jako rozsáhlý klinický a vědní obor, se v současnosti neobejde bez podpory nejrůznějších diagnostických a zobrazovacích metod.

V této práci se budu zabývat významem a diagnostickým přínosem takových zobrazovacích metod, jako jsou magnetická rezonance (MR), výpočetní tomografie (CT), digitální substrakční angiografie (DSA) a jiné.

U každé metody bude popsán postup vyšetření, význam a konkrétní využití dané techniky v oboru neurologie.

Analýza úlohy radiologického asistenta v neurologii je samostatnou kapitolou, ve které se snažím shrnout způsob uplatnění radiologického asistenta při provádění těchto tzv. pomocných zobrazení v neurologii.

## Obsah

---

Prohlášení.....	3
Abstrakt.....	5
Obsah .....	7
1. Úvod.....	9
2. Základní anatomické pojmy nervové soustavy .....	10
3. RTG vyšetření .....	11
3.1. Nativní vyšetření lbi.....	11
3.2. Nativní vyšetření páteře.....	12
4. Myelografie .....	15
5. Angiografie .....	16
5.1. Mozková angiografie .....	16
5.2. Spinální angiografie .....	17
5.3. Digitální substrakční angiografie .....	18
6. Výpočetní tomografie.....	19
6.1. Provedení vyšetření .....	19
6.2. Indikace .....	20
7. Magnetická rezonance.....	21
7.1. Fyzikální princip MR.....	21
7.2. Porovnání MR s CT .....	21
7.3. Indikace .....	22
7.4. MR angiografie.....	23
8. Ultrazvuková diagnostika.....	24
8.1. Dopplerovské USG systémy.....	25
8.2. Duplexní USG systém .....	25
9. Pozitronová emisní tomografie .....	27
10. Jednofotonová emisní tografie .....	28
11. Analýza úlohy radiologického asistenta v neurologii .....	29
12. Shrnutí.....	30

13. Seznam použité literatury.....	31
14. Klíčová slova.....	33
15. Keywords .....	34



## 1. Úvod

---

Význam zobrazovacích metod v rozličných oborech medicíny zaznamenal největší rozvoj v posledních patnácti letech. Díky modernizaci a zdokonalování technik, digitalizaci nebo spojováním metod do tzv. hybridních systémů, můžeme již dnes nejen pozorovat téměř všechny struktury uvnitř lidského těla, včetně nervové soustavy, ale můžeme mapovat i jejich funkci a sledovat nejrůznější tkáňové biofyzikální procesy.

V neurologii se využívá pestrá škála zobrazovacích metod. Od klasických nativních rentgenových snímků přes magnetickou rezonanci až po vyšetření funkční aktivity mozku. Každá metoda má své nenahraditelné místo diagnostického využití, a právě ve své práci se budu snažit popsat nejčastěji používané zobrazovací techniky v oboru neurologie.

Problematikou diagnostického zobrazení v neurologii se zabývá speciální odvětví radiologie, které se nazývá neuroradiologie. Tento obor se začal samostatně rozšiřovat po roce 1953, kdy ve Státním zdravotnickém nakladatelství vydal Prof. MUDr. Jan Jirout, DrSc. knihu s názvem „Obecná neuroradiologie“. Od té doby vznikla řada nových a významných vyšetřovacích metod a jejich vývoj stále pokračuje.

Vzhledem k velkému množství jednotlivých technik zde nezmiňuji všechny metody, ale pouze ty, které jsou nejčastěji využívány v praxi.

Cílem této práce je tedy vytvoření přehledu využití nejvýznamnějších zobrazovacích metod v neurologii a zároveň analýza úlohy radiologického asistenta a jeho uplatnění v daném oboru.

## 2. Základní anatomické pojmy nervové soustavy

---

Nervová soustava představuje nejsložitější systém v lidském těle.

Zajišťuje přijímání informací z vnějšího prostředí, jejich zpracování a vyhodnocení. Jako jediný systém může zprostředkovat vztahy mezi vnějším prostředím a vnitřním prostředím organismu a zajišťuje tak funkční integritu dějů v lidském těle.

Základní morfológickou, funkční a trofickou jednotku představuje nervová buňka, neuron. Podle směru vedení vzruchů se její výběžky označují buď jako dendrity, které přijímají podněty a vedou vzruchy směrem do buňky, a nebo axon (neurit), který je jen jeden a vede vzruch z buňky k další struktuře, např. ke svalovému vláknu, žláze apod.

Centrální nervový systém (CNS) má dvě hlavní složky. Jsou to mozek, encephalon, uložený v dutině lební a hřbetní mícha, uložená v páteřním kanálu. Mозek můžeme rozdělit na několik funkčních částí. Jsou to prodloužená mícha, Varolův most, mezimozek, mozeček, střední mozek a koncový mozek. Soubor buněk v CNS označujeme jako neuroglie. Tyto buňky mají různou formu a řadu funkcí. Obvykle se rozlišují astrocyty – buňky makroglie, oligodendrocyty – buňky oligodendroglie a mikroglie – mikroglieocyty, mesoglie, Hortegova glie. Doprovodné buňky neuronů v periférii se nazývají glie periferní.

Periferní nervový systém obsahuje svazky nervových vláken, které zajišťují spojení CNS s periférií organismu, tzv. periferní nervy. Periferní nervy můžeme rozlišit na mozkomíšní a autonomní. Mozkomíšní nervy zahrnují dvě skupiny nervů. Je to 12 párů hlavových nervů, které vystupují z oblasti mozku, a 31 párů míšních nervů, které vystupují kořenovými vlákny z míchy. Hlavové nervy mají stejné složky jako míšní nervy, tj. senzitivní, motorickou a některé i visceromotorickou (parasymptickou) složku.

Výše popsané části nervové soustavy, představují pouze orientační informace. Podrobnější popis nervové soustavy a jejích částí je nad rámec tématu této práce.

### 3. RTG vyšetření

---

V dnešní době je již význam klasického rentgenového vyšetření podstatně nižší, než jak tomu bylo ještě před pár lety. Nové metody sice umožňují mnohem přesnější diagnostiku, ale důležité údaje můžeme vyčíst i z prostého rentgenového snímku a navíc radiační zátěž pacienta je prokazatelně mnohokrát nižší při prostém snímkování, než například při CT vyšetření.

#### 3.1. Nativní vyšetření lbi

Základními projekcemi jsou projekce předozadní a bočná.

Předozadní projekcí bychom měli zobrazit co největší počet struktur na bazi lební. Snímek by měl být proveden tak, aby byl promítnut horní okraj pyramid na rozhraní dolní a střední třetiny orbity. Tato projekce umožňuje mimo jiné srovnání párových struktur lebky a spodiny lební.

Při bočné projekci musíme počítat i s lehkým stočením lebky, které může zkreslovat polohu nitrolebních struktur. Je navíc nutné rozeznávat snímkovanou pravou a levou stranu. Ze snímku lebky můžeme hodnotit například její tvar. Normální tvar lbi je mezocefalický. Krátká lebka má tvar brachycefalický a při bočné projekci bývá vysoká a naopak dlouhá lebka má dolichocefalický tvar.

Další z projekcí je Stenversova projekce, která umožňuje zobrazit podélně skalní kost a tedy i hrot pyramidy a vnitřní zvukovod. Indikuje se při podezření na afekci mostomozečkového koutu, především při podezření na neurinom VIII. hlavového nervu.

Při šikmé předozadní projekci podle Towna jsme schopni promítnout hroty obou pyramid do foramen occipitale magnum a axiální projekcí můžeme zachytit struktury baze lební.

Dále se užívají speciální projekce na optické kanály, vedlejší dutiny nosní nebo tangenciální snímky pro zobrazení povrchu kalvy.

Na snímku lbi hodnotíme:

- obličejový a mozkový skelet včetně baze lební, šíři kalvy a změny ve struktuře kostní (soustředíme se na osteolytické nebo osteosklerotické procesy, např. meningeom či různé kostní defekty),
- velikost a utváření lbi ve srovnání s obličejovou částí, asymetrii lebky,
- známky úrazu a rozšíření měkkých částí (fisury, fraktury, imprese, vzduch intrakraniálně nebo v měkkých tkáních),
- intrakraniální kalcifikace včetně polohy kalcifikované epifýzy – může dislokací upozornit na expanzi,
- známky zvýšeného nitrolebního tlaku (odráží zvýraznění nitrolebního reliéfu, dekalcinace dorsa sedla, zvýšený diploický reliéf cévní, rozestup lebních švů u dětí),
- zastření vedlejších dutin,
- velikost (adenom hypofýzy balonovitě zvětšuje), konfigurace (dvojitá spodina), kostní struktury tureckého sedla (1)

Patologickými nálezy bývají kongenitální anomálie, jako je například turicefalie (věžovitá lebka). Poměrně častou anomálií je bazilární imprese, patřící mezi kostní dysplázie. Na prostých snímcích lebky však nejčastěji hodnotíme fisury a impresivní fraktury.

### **3.2. Nativní vyšetření páteře**

Toto vyšetření přináší morfologické údaje o tvarových a strukturálních změnách obratlů. Páteř je velmi členitým útvarům, který tvoří jeden funkční celek. Možnost provádět funkční vyšetření v tomto ohledu předčí moderní vyšetřovací metody. Funkční změny jsou charakteristické pro počáteční stádia onemocnění páteře. Společně s finanční nenáročností a snadnou dostupností patří nativní vyšetření páteře stále mezi významné zobrazovací metody.

Kontraindikací k vyšetření je gravidita.

V České republice se používá projekce předozadní a boční. Při boční projekci může být bederní a krční páteř v předklonu, kvůli hodnocení dynamiky.

Pro zobrazení cervikokraniálního přechodu nebo dentu se využívá transorální předozadní projekce krční páteře, která se snímá s otevřenými ústy. Šikmý průmět krční páteře se používá zvláště pro zobrazení intervertebrálních foramin. Bočný snímek bederní a křížové oblasti provádíme také pro zobrazení páteře při zatížení vahou trupu ve stoje. Pro zobrazení štěrbin sakroiliakálního skloubení můžeme rovněž využít rentgenové diagnostiky.

Na snímcích posuzujeme:

- poruchy držení (fyziologická zakřivení, lordózu a kyfózu na bočných snímcích), na AP projekci skoliózu a rotace obratlů, rigiditu páteře, spondylolistézu na bočných (skluz horního obratle s dolním) spojenou popřípadě se spondylolýzou,
  - tvar obratlů (na bočném snímku ventrální snížení u kompresivní fraktury, obratle ploché, rybí, motýlovité, poloobratle, štěrbinovité, atd.),
  - spondylotické změny (osteofyty, fenomén vakua, neoartrózy na processus uncinatus),
  - změny struktury obratlů (osteoporóza, voštinovitá struktura u hemangiomu, ložisková projasnění, sklerotizaci, lomné linie),
  - pedikly (přechod oblouku obratlového do těla obratle) – RTG záchyt metastáz, tlakové oploštění z mediální strany, eventuálně chybění pediklu,
  - kloubní změny na intervertebrálních kloubech (spondylartróza, atd.),
  - šíře kanálu páteřního (spinální stenóza),
  - paravertebrální měkké části (studený absces při TBC, kalcifikace ve stěně aorty).
- (1)

Prosté snímky páteře se nejčastěji využívají při úrazech. V hrudní a bederní páteři to bývají kompresivní zlomeniny obratlových těl a v krční pak luxace, subluxace nebo luxační fraktury.

Velmi časté jsou numerické varianty páteře, nejčastěji v bederní páteři, při kterých počet obratlů neodpovídá anatomickému počtu. Z kongenitálních změn jsou běžné bloky obratlů. S vertebrogenními potížemi bývá spojen rozštěp oblouku a trnu (spina bifida occulta), nejčastěji v oblasti L5 a S1. Další patologií bývá

spondylolistéza, neboli posunutí těla obratle ventrálně, méně často dorzálně. U mladších pacientů bývá běžným nálezem tzv. Scheuermannova choroba, při které kromě zvýrazněné kyfózy pozorujeme i zejména tvarové změny na obratlích.

Spondylitidy – specifické nebo nespecifické záněty, mají obvykle bivertebrální výskyt, tj. postihují dva sousední obratle i s ploténkou. Z revmatoidních onemocnění je nejznámější morbus Bechtěrev. Hemangiom je benigní kostní nádor v oblasti páteře, z maligních nádorů je to sarkom, který je ale poměrně vzácný. Časté jsou však metastázy. Mezi další patologie, které pozorujeme v oblasti páteře, patří například ještě intraspinální hypertenze, spondylosis deformans nebo chondrosis intervertebralis.

## 4. Myelografie

---

Myelografie je diagnostická rentgenová kontrastní metoda sloužící k nepřímému zobrazení měkktkáňových páteřních struktur.

Při myelografii nebo také perimyelografii (PMG) se do subarachnoideálního prostoru durálního vaku aplikuje kontrastní látka. Dochází tím ke zobrazení míchy a pochev míšních kořenů. Vyšetření se provádí v různých projekcích po aplikaci 10–15 mililitrů kontrastní látky.

Při bederní perimyelografii se provádí aplikace intrathekálně punkcí do durálního vaku v úrovni L páteře. Při krční myelografii je aplikace laterální mezi laminou C2 a C3 obratle. Během vyšetření dochází ke skiaskopické kontrole postupu kontrastní látky.

Při průniku kontrastní látky likvorovými arachnoideálními prostory dochází ke zvýšení kontrastu těchto prostor oproti okolí a můžeme tak diagnostikovat jejich různé deformace, dislokace, zúžení a přerušení, které na nativním snímku páteře nemůžeme pozorovat.

Vyšetření se provádí u pacientů s progredující skoliózou, nebo při podezření na výhřez ploténky, ale v současné době se pro náročnost takového vyšetření používá spíše počítačová tomografie nebo magnetická rezonance. Kontraindikací k vyšetření je alergie nebo přecitlivělost na kontrastní látku, záněty míchy a obalů míšních.

Mezi nejčastější patologické změny patří zástava nebo zpomalení pasáže kontrastní látky a deformace kontrastního sloupce. Podle těchto změn můžeme hodnotit, zda se jedná o intramedulární, intradurální nebo extradurální lézi. V traumatologii se může použít myelografie v diagnostice avulze kořenů – hlavně v krční oblasti. (2)

Při normálním nálezu vidíme v bederní oblasti homogenní náplň durálního vaku s jemným projasněním míšních nervů ocasu míchy.

## 5. Angiografie

---

V neuroradiologické diagnostice je v současnosti nejvíce používanou metodou z řady angiografických mozková angiografie. Rozlišujeme angiografii karotickou a vertebrální, dále aortografii (sloužící k vyšetřování aortálního oblouku) a spinální arteriografii. Nejnovější metodou v této oblasti je digitální substrakční angiografie (DSA), která využívá počítače pro substrakci obrazů.

### 5.1. Mozková angiografie

Mozková angiografie je rentgenová kontrastní metoda, která zachycuje průtok kontrastní látky cévním řečištěm sérií obrazů v různých projekcích. Už v roce 1927 zavedl portugalský neurolog Egas Moniz tuto metodu, když jako první aplikoval do řečiště karotid thorotrast\*.

Metoda, kterou se dnes angiografické vyšetření provádí, se nazývá Seldingerova a vychází z punkce arteria femoralis. Cívka do tepny se zavádí pomocí vodiče. Mozková angiografie je indikována převážně z terapeutických důvodů, pro rozpoznání a terapeutické řešení cévních výdutí, arteriálních stenóz a dále k průkazu mozkové smrti.

Absolutní kontraindikace k vyšetření neexistuje, ale za relativní kontraindikace se považuje alergie na kontrastní látku, těžký stav pacienta jako je například koma nebo pokročilá ateroskleróza a dále pokročilý věk.

Na specializovaných pracovištích se mohou provádět i takové výkony, jako superselektivní vyšetření intrakraniálních cév, balónkové uzávěry karotidokavernózních píštělí, transluminální plastika\*\*, náhrady cévních úseků stenty nebo embolizace arteriovenózních malformací a cévnatých nádorů (hemangiomů, angiofibromů, glomus tumorů).

---

\* Dnes už nepoužívaný radioaktivní izotop thorium dioxidu, který se vychytával v retikuloendoteliálním systému a tím jej bylo možné zobrazit.

\*\* Přetlaková dilatace cév zavedeným balonkem s tekutinou.



Na angiogramech sledujeme:

- konfiguraci a šířku extrakraniálních cév, nepravidelnosti lumen (arterioskleróza, zúžení, uzávěr vyšetřovaných cév, atp.)
- v předozadní (AP) projekci průběh ACM (a. cerebri media) tvar a polohu jejích větví, v kapilární fázi případné avaskulární zóny (např. subdurální hematom)
- náplň cév kontrastní látkou kontralaterálně (v 25 % se plní ACA druhé strany)
- v bočné projekci stav sifonu, protažení a vychýlení tepen
- ve venózní fázi a uložení venózního úhlu. (1)

## **5.2. Spinální angiografie**

Spinální angiografie je kontrastní angiografické vyšetření zobrazující cévní zásobení míchy a jejího okolí. Arteriální zásobení míchy je zprostředkováno drobnými cévami, ústíci do a. spinalis anterior a aa. spinales posteriores.

Při vyšetření může být použit přístup buď z femorální tepny, kde jsou Seldingerovou technikou nasondovány příslušné interkostální arterie a jejich větve, nebo můžeme přímo nasondovat přívodné tepny. Aplikací kontrastní látky zobrazíme přívodné tepny a vaskularizaci případného patologického ložiska, v žilní fázi můžeme zachytit odtokové poměry.

Indikací pro provedení spinální angiografie jsou patologické procesy v oblasti páteřního kanálu a míchy (stavy subarachnoideálního krvácení, radikulární míšní syndromy) a všechny procesy, kde není možné stanovit diagnózu jiným, méně invazivním, způsobem.

Dodnes nebyla tato metoda překonána, například pro intervenční zákroky charakteru embolizací (např. u durálních píštělí) a u arteriovenózních malformací před operačním zákrokem. S rozvojem zobrazovacích metod dochází k ústupu klasické angiografie před plně digitalizovanou formou DSA, při které se snižuje celkové množství kontrastní látky, nebo před neinvazivní CT angiografií, MR angiografií, či Dopplerovou metodou.

### ***5.3. Digitální substrakční angiografie***

Digitální substrakční angiografie (DSA) je specializované rentgenové vyšetření cév s podáním kontrastní látky. Její výhody, kromě nižšího množství a koncentrace kontrastní látky používané oproti klasické angiografii, spočívají v digitálním zpracování obrazu s možností dalšího počítačového zpracování, jako je 3D rekonstrukce, zobrazení podobné CT, navádění katetru v trojrozměrném prostoru apod.. Vyšetřovací jednotka má nejméně dvě paměti. Jedna slouží k uložení digitalizovaného obrazu (masky), kterým bývá většinou nativní obraz daných struktur. Naopak druhá ukládá obrazy po aplikaci kontrastní látky, přičemž v ideálním případě by se měly zobrazit pouze cévy naplněné kontrastní látkou. Na monitoru se pak zobrazuje subtrahovaný obraz.

Tato metoda umožňuje aplikovat podstatně menší množství (až třetinu) kontrastní látky, než bývá použito při klasické angiografii.

Kontrastní látka se aplikuje intraarteriálně (např. při vyšetření mozkových tepen), méně častá je aplikace intravenózní.

Indikace a kontraindikace odpovídají klasické angiografii.

## 6. Výpočetní tomografie

---

Výpočetní tomografie (CT) patří mezi neinvazivní vyšetřovací rentgenové metody a je jednou ze základních vyšetřovacích metod v neuroradiologii. Tato metoda změnila vyšetřovací postupy a například při zobrazování mozku zcela nahradila dříve velice invazivní pneumoencefalografii.

Princip CT je založen na průniku úzce kolimovaného svazku rentgenového záření vyšetřovanými tkáněmi a orgány. Šířka kolimovaného svazku odpovídá výšce jednotlivých vrstev. Rentgenová lampa spolu s detektory rotuje kolem vyšetřovaného objektu. Zkoumaný objekt je prozářen z nejrůznějších úhlů v jedné rovině, čímž získáme zpravidla několik set projekcí. Úkolem výkonného počítače, který je nedílnou součástí tomografu, je zrekonstruovat plošný řez vyšetřovaným objektem. Výsledkem jsou transverzální řezy z celé vyšetřované oblasti, se kterými můžeme dále pracovat.

### 6.1. Provedení vyšetření

CT mozku se provádí buď jako nativní, nebo s podáním kontrastní látky intravenózně. Řezy tkání se získávají v transverzální rovině a rekonstrukcí může být obraz převeden do roviny koronární a sagitální, nebo mohou být zhotoveny 3D rekonstrukce.

Při popisu CT snímků na lebce zjišťujeme přítomnost hyperostóz, osteolytických ložisek, zlomenin. Při posuzování komorového systému je nutné popsat velikost komor, jejich dislokaci a deformaci. Dále posoudíme velikost subarachnoideálních prostorů na bazi i konvexitu a anatomické uspořádání struktur mozku (1).

Vyšetření páteře je poměrně rychlé a provádí se převážně jen nativně. Kontrastní látka se používá ve vybraných případech při diagnostice zánětlivých či nádorových lézí. Je vhodné, když je neurologem předem stanovena úroveň předpokládané patologické léze.

Na normálních řezech vidíme obratlová těla, oblouky, příčné a trnovité výběžky, velmi dobře jsou diferencovatelné i kloubní plošky intervertebrálních skloubení,

facety. Meziobratlová ploténka má nízkou densitu kolem 50 HU, za normálních okolností je konkávně zaoblená a nepromínuje do páteřního kanálu.

## **6.2. Indikace**

CT vyšetření je metodou volby u akutních traumat centrální nervové soustavy, kde nejsou žádné kontraindikace. Hlavní úlohou CT je v těchto indikacích především průkaz traumatických lézí s intrakraniálním krvácením, mozkových hemisferálních lézí nebo první zmapování rozsahu postižení centrální nervové soustavy. V akutní fázi pro zobrazení některého typu intrakraniálního krvácení - intracerebrálního, subarachnoideálního, subdurálního nebo epidurálního, předčí výpočetní tomografie s jasně definovaným obrazem hyperdenzní krve magnetickou rezonanci. Navíc další výhodou je v dnešní době možnost okamžitého provedení CT angiografie u většiny moderních přístrojů.

Diagnostický přínos pro klinický stav pacienta je dostatečný i v případě průkazu mozkových tumorů jako první záchyt nebo u typických příčin dětské mozkové obrny, jako jsou hydrocefalus, porencefalie a jiné.

Indikace vyšetření páteře je u nádorových onemocnění a metastatických procesů především pro zjištění propagace tumorózní masy do páteřního kanálu. Pro menší nálezy se však upřednostňuje MR vyšetření. Dále se může CT vyšetření využívat pro diagnostiku degenerativních změn a zánětlivých onemocnění páteře a disků. Velmi častou indikací jsou také výhřezy meziobratlové ploténky a v traumatologii pak podezření na zlomeniny nebo luxace v horní krční páteři.

## 7. Magnetická rezonance

---

### 7.1. Fyzikální princip MR

Atomová jádra o lichém čísle – v lidském organismu je nejzastoupenější vodík – se otáčejí kolem své osy a vydávají elektromagnetické záření. Za normálních okolností je jejich souhrnný magnetický efekt nulový, protože jsou rozloženy nahodile. Vlivem silného magnetického pole cívky přístroje se tyto atomy seřadí ve směru silokřivek. Vysokofrekvenčním elektromagnetickým impulzem z cívky se jádra vychýlí o určitý, předem zvolený úhel. Po vypnutí impulzu se jádra vracejí do normální polohy a vydávají přitom nabytou energii – rezonanční signál. Doba návratu do původní polohy se nazývá relaxace a můžeme ji spolu s rezonančním signálem změřit.

Vychylování osy jader se děje dvěma základními způsoby a relaxační doba se vyjadřuje dvěma základními konstantami T1 a T2. Relaxační doby a hustota vodíkových jader, protonová denzita, závisí na chemickém složení tkání a mění se za určitých patologických stavů. Signál tkání se odlišuje černobílou škálou, podobně jako u CT (2). Základními technikami jsou T1 a T2 vážené obrazy a měření protonové denzity. Existují však i další postupy.

### 7.2. Porovnání MR s CT

Mezi hlavní přednosti magnetické rezonance patří vysoká rozlišovací schopnost měkkých tkání, znázornění proudící krve v cévách bez použití kontrastních látek a dále je velkou výhodou možnost zobrazování v libovolné rovině řezu. Z hlediska radiační hygieny je největší výhodou oproti CT absence rentgenového záření. Vyšetření magnetickou rezonancí je senzitivnější při vyšetření nádorů mozku než CT, stejně tak jako při rozlišení axiálně a extraaxiálně uložených nádorů. Další výhodou oproti výpočetní tomografii je nepřítomnost artefaktů z kostí, například při zobrazení zadní jámy lební, konkrétně při průkazu kmenových lézí různé etiologie.

Ve srovnání s CT je vyšetření magnetickou rezonancí schopno detekovat časné změny v bílé hmotě, jako je například demyelinizační poškození bílé hmoty

při roztroušené skleróze. Při tomto onemocnění dochází ke ztrátě myelinu a vzestupu obsahu vody, což při diametrálně odlišných relaxačních časech tuku a vody vede i při malé změně jejich poměru ve tkáni ke zřetelné změně intenzity signálu z ní. MR je také citlivější v případě detekce edému a to jak vazogenního, tak cytotoxického. To umožňuje časnější průkaz i ischemického postižení, které v případě difuzně vážených obrazů můžeme na MR detekovat již několik minut po vzniku (3).

Při vyšetření páteřního kanálu je velkou výhodou magnetické rezonance možnost zhotovení podélných sagitálních řezů, které umožňují vyšetření páteře ve značném rozsahu.

Hlavní nevýhodou MR oproti výpočetní tomografii je špatný průkaz čerstvé krve v prvních 24 hodinách, horší prokreslení patologických kalcifikací a neschopnost zobrazení kortikální kosti s malým obsahem vody.

### **7.3. Indikace**

Všechna organická onemocnění mozku a páteřního kanálu jsou indikací k vyšetření pomocí MR.

Jak již bylo zmíněno, vyšší citlivost ke změnám v bílé hmotě, umožňuje spolehlivý průkaz lézí, jako jsou tumory kmene, kmenová ischemie nebo centrální pontinní myelinolýza\*. Magnetická rezonance má výsadní postavení i při diagnostice míšních lézí vedoucích k postižení motorických drah. To je například míšní kontuze, roztroušená skleróza, kompresivní myelopatie, transverzální míšní léze, ale i míšní tumory nebo ischemie. Vyšetření magnetickou rezonancí je rozvňž vhodné k diagnostice diskretních změn kostní dřeně nebo k detekci i malých kavernomů, při které se používá zvláště gradient echo sekvence.

---

\* Centrální pontinní myelinolýza je stav charakterizovaný poškozením myelinu v centrální nervové soustavě, mozkovém kmeni. Etiopatogeneticky se jedná o osmoticky podmíněnou myelinolýzu způsobenou rychlými změnami osmolality séra, zejména rychlou korekcí hyponatrémie.

Mozkové nádory bývají izointenzní nebo lehce hypointenzní v T1W obraze a hyperintenzní (méně často hypointenzní) v T2W obraze. MR se využívá především při vyšetřování tumorů zadní jámy lební a sellární oblasti.

Neinvazivní způsob zobrazování celé páteře, míchy a jejímu vztahu k extramedulárním strukturám se využívá při diagnostice onemocnění páteře. Je metodou nejčasnějšího záchytu při diagnostice infiltrace obratlových těl nádorovým procesem (metastázami). V tomto případě je daleko senzitivnější než scintigrafie nebo CT a nativní snímky. Navíc dokáže určit vztah míchy a patologických lézí při jejich propagaci do páteřního kanálu.

K průkazu ischemií ohrožené tkáně se používá MR metoda, která vyžaduje aplikaci kontrastní látky, a to je mozková perfuze. Ta využívá změny signálu a denzity tkáně během prvního oběhu kontrastní látky cévním řečištěm. Princip kontrastu je podobný jako u jódových látek a závisí na poruše hematoencefalické bariéry.

Absolutní kontraindikací je přítomnost arteficiálního kovového předmětu v těle pacienta, jako je kardiostimulátor, kloubní endoprotéza, kochleární implantát, chirurgické cévní svorky, stenty. Gravidita není kontraindikací, ale doporučuje se až od 4. měsíce těhotenství.

#### **7.4. MR angiografie**

Jedná se o metodu, která nám většinou bez použití kontrastních látek zobrazí mozek i s jeho cévním zásobením.

Obraz cév se získávají buď na principu TOF (time of flight), nebo PC (phase contrast). Technika TOF se nejvíce využívá pro arterie Willisova okruhu a jeho okolí. Jedná se o princip tzv. vymývání “wash out”, při kterém krev z označené vrstvy odtekla a byla nahrazena krví čerstvou. Obrazy, které dostáváme, jsou softwarově rekonstruované a při zjištění patologického nálezu musíme potvrdit tuto lézi v primárních řezech.

Při běžných sekvencích se cévy zobrazují jako nežádoucí artefakt, neboli “flow void effect”.

## 8. Ultrazvuková diagnostika

---

Ultrasonografie (USG) se prakticky jako první uplatnila při diagnostice v neurologii. K jejímu nejvýznamnějšímu rozvoji jako vyšetřovací metody došlo na přelomu 70. a 80. let 20. století. Princip ultrazvukového přístroje je založen na tom, že při šíření ultrazvukových vln prostředím dochází k jejich odrazu. Tyto odrazy nejsou vždy stejné a jsou závislé na prostředí, kterým vlna prochází. Jsou zpětně přijímány sondou a software na základě rozdílu v odrazech dokáže rekonstruovat USG obraz.

Hlavní předností ultrazvuku je především minimální biofyzikální ovlivnění vyšetřované tkáně. Většinou se jedná o neinvazivní, rychlou, nenáročnou a nebolestivou diagnostiku, jejíž zhodnocení ale vyžaduje praxi. Tuto metodu můžeme v rámci neurologie používat od intrauterinního života jedince až po možnost stanovení mozkové smrti.

V průběhu intrauterinního vývoje se pomocí USG hodnotí velikost a konfigurace hlavičky plodu, rozměry mozkových komor a hemisfér, gyrifikace hemisfér, rozvoj mozečku a velké mozkové cisterny. V oblasti páteře se hodnotí zejména osifikační centra, případně přítomnost malformací. Takto lze diagnostikovat anencefalie, mikrocefalie, encefalokély, hydrocefalus, anomálie cervikokraniálního přechodu, rozštěpy páteře, meningo a myelokély. Nověji lze také hodnotit kromě jiného i projevy mozkové cirkulace.

V novorozeneckém a kojeneckém věku lze přístupem přes fontanely vyšetřit celou intrakraniální oblast. Stěžejní je monitorování hydrocefalu. Je možné sledovat a diagnostikovat i další komplikace, jako intraventrikulární hemoragie, subdurální hematomy, cévní anomálie a další (2).

Mezi základní USG systémy používané v klinické praxi řadíme Dopplerovské USG systémy, zobrazovací USG systémy v A a B modu a duplexní USG systém, který vznikl spojením dopplerovského vyšetření krevního průtoku se zobrazovacím USG systémem B modu.



### **8.1. Dopplerovské USG systémy**

Tyto systémy využívají Dopplerova jevu, který se v neurologii u dětí i dospělých využívá pro zobrazení velkých krčních a mozkových cév. Při vyšetření extrakraniálních cév, nejčastěji vertebrabazilárního a karotického řečiště, se schopnost rozpoznat změnu a klasifikovat ji, pohybuje v rozmezí 75 – 95 %. To všechno v případě, že zúžení či jiná alterace průsvitu cévy je větší než 50%. Při malé stenóze nebo naopak v některých případech úplného uzávěru cévy většinou doplňujeme CT nebo MR angiografii.

Dopplerovské USG systémy dále využíváme pro zobrazení periorbitální cirkulace, tedy vyšetření supratrochleární arterie. Toto vyšetření podává informace o kvalitě kolaterálního oběhu, při otevření spojů mezi povodím karotické vnitřní a zevní arterie. Kromě extrakraniálních cév můžeme Dopplerovskými systémy vyšetřovat i řečiště intrakraniální. Nejčastějším místem přístupu je oblast ztenčené temporální squamy. Je pak možné sledovat průběh intrakraniálních cév a zároveň diagnostikovat zúžení, uzávěr nebo kolaterální tok. S rozvojem cévní chirurgie byl vyvinut nový Dopplerovský systém USG arteriografie, díky které se dolní hranice pro stanovení stupně stenózy snížila na 30 i méně procent.

Do praxe byla rovněž uvedena transkraniální dopplerovská sonografie, která umožňuje průchod ultrazvukového mechanického vlnění kalvou. Využívá se především k přesné specifikaci cirkulačních poměrů u cévních onemocnění mozku, k diagnostice vazospazmů po subarachnoideálním krvácení a podobně.

### **8.2. Duplexní USG systém**

Nové duplexní USG přístroje dokáží zobrazit cévy a zároveň umožňují sledovat krevní tok a jeho změny. Systém se využívá při diagnostice aterosklerotických plak. Transezofageálně zavedená sonda je schopná zobrazit ateromové pláty v oblouku aorty i při odstupu velkých cév. V dnešní době jsou již k dispozici přístroje s možností transkraniální duplexní sonografie. K vyšetření jsou mimo jiné indikováni pacienti s cukrovkou, s transientní ischemickou atakou, s šelesty nad karotidami a s hyperlipidemií.

Poměrně novou metodou je intravaskulární sonografie. Jedná se o endoskopickou metodu, která umožňuje například dekovat tuhé pruhy v intimě cévy nebo ložiskové kalcifikáty v cévní stěně.

## 9. Pozitronová emisní tomografie

---

Při radiodiagnostických vyšetřeních je zdroj ionizujícího záření, kterým je rentgenka, umístěn mimo tělo pacienta, záření dopadá na rentgenový film, digitální kazetu, digitální panel či zesilovač obrazu a výsledkem je zobrazení tkání s rozdílnou hustotou (například kosti a měkké tkáně nebo oblasti bez kontrastní látky a s touto látkou). Při vyšetření v nukleární medicíně je zdroj záření, radiofarmakum, uvnitř těla pacienta. Záření gama prochází vrstvou tkáně mezi vyšetřovaným okrskem tkáně a povrchem těla a je registrováno detektorem scintilační kamery. Dostáváme mapu distribuce radiofarmaka ve vyšetřované oblasti.

Jednou ze zobrazovacích metod je pozitronová emisní tomografie (PET). Uplatnění má PET i ve výzkumu, například při studiu receptorových systémů a receptorové denzity u různých chorob.

Velký klinický význam má PET například u epilepsie. Epileptické ložisko se mezi záchvaty projevuje snížením metabolismu značené glukózy a u parciální epilepsie je rovněž snížena denzita benzodiazepinových receptorů. Naopak v iktálním stadiu se metabolismus zvyšuje. U temporálních ložisek se někdy prokáže zvýšená hustota GABA receptorů.

Při vyhodnocování mozkových nádorů nachází pozitronová emisní tomografie rovněž uplatnění. Charakterizuje po metabolické stránce patologickou tkáň a z funkčního hlediska hodnotí odpověď na léčbu. Již dávno bylo prokázáno, že asi 80% nádorů akumuluje aminokyselinu methionin v porovnání s jejím výskytem u zdravého mozku. Nahromadění methioninu bylo typické u nádorů s neporušenou hematoencefalickou bariérou. Nádory bez produkce methioninu jsou téměř výlučně astrocytomy grade II. (1).

Mezi hlavní vyšetřovací metody PET patří vyšetření regionální perfuze mozku, vyšetření regionální spotřeby kyslíku, vyšetření regionálního metabolismu glukózy, měření regionálního krevního volumu a zobrazení denzity receptorů.

## 10. Jednofotonová emisní tomografie

---

Jednofotonová emisní tomografie (SPECT) je v klinické praxi nejužívanějším funkčním vyšetřením. Významně doplňuje anatomické informace získané při CT nebo MR vyšetření.

Při této metodě procházejí radiofarmaka, podávána intravenózně, intaktní hematoencefalickou bariérou a na určitou dobu se shromažďují v gangliových buňkách. SPECT kombinuje přednosti CT s gamma-scintigrafií a představuje 3D funkční obraz. Mezi hlavní indikace vyšetření řadíme cerebrovaskulární onemocnění mozku, demence, epilepsie nebo posttraumatické stavy.

Při cévních onemocněních mozku je jednofotonová emisní tomografie schopná zobrazit perfuzní pokles ihned po vzniku iktu. U epilepsie je využívána k lokalizaci a lateralizaci epileptogenních ložisek, především pro zhodnocení fokální epilepsie před chirurgickým zákrokem ve spojení s invazivními technikami. Pro Alzheimerovu demenci jsou na SPECTu typické symetricky oboustranné korové temporoparietální výpady perfuze, u multifaktorové demence jsou zase typická vícečetná ložiska snížené či žádné perfuze.

Kromě těchto indikací je pomocí SPECT mimo jiné možné objektivizovat mozkovou smrt a umožňuje také diferenciální diagnostiku u mozkových nádorů mezi recidivou nádoru, jizvou po radiaci a nekrózou podmíněnou chirurgickým zákrokem.

## 11. Analýza úlohy radiologického asistenta v neurologii

---

Zobrazovací metody jsou nedílnou součástí vyšetřovacích metod v neurologii. Vedle základních neurologických klinických metod, kterými jsou například anamnéza a objektivní neurologický nález, myoskeletální vyšetření páteře, elektroencefalografie, elektromyografie a hodnocení likvorových nálezů, mají zobrazovací metody společně s USG v neurologii velký význam.

Je tedy zřejmé, že i úloha radiologického asistenta je při těchto diagnostických zobrazovacích metodách v oboru neurologie významná. U radiologického asistenta je důležitá nejen znalost anatomických souvislostí a odkazů, ale výhodná je i přinejmenším základní orientace v principech všech základních radiodiagnostických metod užívaných v neurologii. Dobrá znalost anatomické konfigurace a uspořádání orgánů v kombinaci s bazálním neurologickým náhledem pomáhá radiologickému asistentu nejen při správném pořízení nativního snímku páteře a lebky, ale i při zaplánování složitých vyšetření v CT a MR diagnostice.

Práce a odpovědnost radiologického asistenta tedy nespočívá jen v přijímání žádanky, ale za spolupráce s lékařem radiodiagnostického oddělení nastavuje pacienty před vyšetřením, spouští přístroje a vyhotovuje příslušnou snímkovou dokumentaci.

V neurologii se zobrazovací metody využívají pro získání diagnostických informací, jejichž přesnost a rychlost často ovlivňují diferenciatně diagnostické úvahy nad pacientem a mohou zásadně ovlivnit způsob akutní léčby. Radiologický asistent by měl pracovat rychle, bezchybně a také by měl umět přizpůsobit své chování psychickému stavu pacienta.

## 12. Shrnutí

---

Jak již bylo několikrát zmíněno v průběhu práce, stále se zdokonalující a zrychlující zobrazovací metody, společně s vývojem nových léků a rozvojem neurochirurgie, zcela změnilly diagnostické a terapeutické algoritmy v neurologii.

Neuroradiologie se již stala natolik zavedeným oborem, že jen stěží by bez něj moderní klinická neurologie dosahovala takových diagnostických úspěchů. Díky výpočetní tomografii, magnetické rezonanci a dalším zobrazovacím metodám, zmíněných v této práci, se zároveň velice zlepšila i prognóza pacientů s neurologickým onemocněním.

Bývá často nad možností klinického lékaře sledovat podrobně rychlý rozvoj zobrazovacích metod. Proto i zde je důležitá spolupráce neurologa s neuroradiologem. A naopak pro zvolení optimálních postupů vyšetření a pro správné hodnocení nálezu potřebuje neuroradiolog dobré klinické znalosti o pacientovi.

Základní součástí tvorby diagnostického postupu je i radiologický asistent, na jehož odbornou úroveň jsou rok od roku kladeny vyšší nároky. Radiologický asistent by se měl umět orientovat v základních metodice invazivních i neinvazivních vyšetření, které provádí sám, nebo ve spolupráci s lékařem. Zároveň je částečně zodpovědný za radiační ochranu pacienta i zdravotnického personálu.

### 13. Seznam použité literatury

---

- 1) SEIDL, Zdeněk, OBENBERGER, Jiří. *Neurologie pro studium i praxi*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s., 2004. 364 s. Str. 119 - 120. ISBN 80-247-0623-7.
- 2) URBÁNEK, Karel, et al. *Přehled vyšetřovacích metod v neurologii*. 1. vyd. Olomouc : Vydavatelství Univerzity Palackého, 1996. 122 s. Str. 61 – 62. ISBN 80-7076-629-9.
- 3) *Zobrazovací metody v neurologii*. Neurologie pro praxi [online]. 2005, č. 3 [cit. 2008-12-14], s. 128-132. Str. 130. Dostupný z WWW: <<http://neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2005/03/02.pdf>>.
- 4) AMBLER, Zdeněk. *Neurologie pro lékařské fakulty*. Praha : Karolinum, 2004. 399 s.
- 5) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. 2. upr. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s., 2004. 692 s. ISBN 80-247-1132-X.
- 6) HLUŠTÍK, P., HERZIG, R., BUŘVAL, S., VLACHOVÁ, I. *Zobrazovací metody v neurologii*. In: Kaňovský, P. , Herzig, R. a kolektiv, *Obecná neurologie*, Vydavatelství UP, Olomouc, 2007
- 7) CHUDÁČEK , Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Martin SR : Osveta, 1993. 440 s. ISBN 80-217-0571-X.
- 8) JEDLIČKA, Pavel, NEBUDOVÁ, Jaroslava. *Neurologie*. 1. vyd. Praha : Avicenum, 1989. 312 s. ISBN 08-078-89.
- 9) JIROUT, Jan, KVÍČALA, Václav. *Neuroradiologie I.* 1. vyd. Praha : Avicenum, 1977. 664 s. ISBN 08-055-77.
- 10) JIROUT, Jan, KVÍČALA, Václav. *Neuroradiologie II.* 1. vyd. Praha : Avicenum, 1985. 572 s. ISBN 08-018-85.
- 11) JIROUT, Jan, et al. *Neuroradiologie páteře a páteřního kanálu : se zvláštním zřetelem k funkční rentgenové diagnostice*. 1. vyd. Praha : Avicenum, 1973. 404 s. ISBN 08-055-73.

- 12) OSBORN, Anne G.. *Diagnostic neuroradiology*. St. Luis, Mo. : Mosby Year Book, 1994. 936 s. ISBN 0801674867
- 13) SEIDL, Zdeněk, VANĚČKOVÁ, Marcela. *Magnetická rezonance hlavy, mozku a páteře*. Praha : Grada Publishing. 340 s. ISBN 80-247-1106-0



#### **14. Klíčová slova**

---

Neuroradiologie, ultrazvuk, počítačova tomografie, magnetická rezonance, pozitronová emisní tomografie, radiologický asistent.

## **15. Keywords**

---

Neuroradiology, ultrasound scan, computer tomography, magnetic resonance, positron emission tomography, radiologic technician