

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Pavel Vojtek

Akútne CT mozgu

Bakalárska práca

Vedúci práce: MUDr. Peter Mrva

Olomouc 2018

Prehlasujem, že som svoju prácu vypracoval samostatne pod vedením MUDr. Petra Mrvu a v zozname literatúry som uviedol všetky použité bibliografické a elektronické odborné zdroje.

Olomouc 25.4. 2018

.....
Podpis autora

Ďakujem vedúcemu práce MUDr. Petrovi Mrvovi za odborné vedenie a pomoc pri vypracovaní bakalárskej práce. Ďakujem svojej rodine za trpezlivosť, priestor a čas, ktorý mi počas štúdia umožnili využiť.

ANOTÁCIA

Typ záverečnej práce:	Bakalárska práca
Téma práce:	Akútne CT mozgu
Názov práce v SJ:	Akútne CT mozgu
Názov práce v AJ:	Acute CT Brain
Dátum zadania:	2017-09-26
Dátum odovzdania:	2018-04-25
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
Autor práce:	Pavel Vojtek
Vedúci práce:	MUDr. Peter Mrva
Oponent práce:	MUDr. Radim Kovář
Abstrakt v SJ:	<p>Prehľadová bakalárska práca sa zaoberá popisom organizácie diagnostického procesu s urgentným využitím počítačovej tomografie. Spôsob podania informácií a čitateľská náročnosť je určená pre záujemcov o odbor a rádiologických asistentov v počiatkových fázach štúdia. Informácie sú podávané so zámerom oboznámiť začínajúcich odborníkov s metodikou pracovných činností a povinností pri výkone špecializovaného povolania. Cieľom práce je sumarizácia dohľadaných informácií z histórie, rádiologickej techniky, anatómie, klinickej diagnostiky a metodiky odborného postupu používaných v spojení s akútnym vyšetrením mozgu. Predložené poznatky sú získané analýzou odborných článkov a literatúry, slovenských, českých i zahraničných autorov.</p>
Abstrakt v AJ:	<p>The bachelor thesis deals with the description of the organization of the diagnostic process in the urgent use of computer tomography. The way of submitting the</p>

information is intended especially for the radiological assistants in the initial stages of their studies and for the other students in related medical specialties. The information is provided with the intention to familiarize the beginners with the methodology of the work activities and the duties of the specialized profession. The aim of the thesis is to summarize the information from history, radiology, anatomy, clinical diagnostics and methodology used in connection with acute brain examination. The presented knowledge is gained through the analysis of professional articles and literature, from Slovak, Czech and foreign authors.

Kľúčové slová v SJ:

kranio cerebrálne poranenia, mozgové hematómy, mozgová cievna príhoda, úraz hlavy, počítačová tomografia

Kľúčové slová AJ:

traumatic brain injury, brain hematoma, stroke, head injury, computed tomography

Rozsah:

54 strán / 7 príloh

Obsah

Úvod.....	7
1 História vzniku CT.....	10
2 Technológia CT prístroja.....	11
2.1 Generácie technického vývoja CT.....	12
2.2 Denzita, okno, počítačové spracovanie, topogram.....	13
2.3 Technologické prvky prístroja.....	15
3 Anatómia.....	16
4 Vybrané patologické stavy indikované k CT diagnostike.....	19
4.1 Primárne poranenia.....	21
4.2 Sekundárne poranenia.....	24
4.3 Ischemická náhla cievna mozgová príhoda.....	27
5 Kontrastné látky.....	29
5.1 Kontraindikácie aplikácie JKL, rizikové stavy.....	34
5.2 Liečba akútnych nežiaducich reakcií.....	35
6 Úloha a pozícia rádiologického asistenta.....	37
6.1 Postup vyšetrenia, dokumentácia.....	38
6.2 Protokol CT mozgu.....	40
Záver.....	41
Zoznam použitej literatúry.....	42
Zoznam skratiek.....	48
Zoznam príloh.....	50
Prílohy.....	51

Úvod

Najčastejšou indikáciou pre diagnostický výkon akútne CT mozgu sú polytraumy spojené s traumatickým kraniocerebrálnym poranením a stavy s klinickou symptomatológiou náhlych cievnych mozgových príhod (NCMP). Z hľadiska etiológie rozdeľujeme NCMP na ischemické – 85 % a hemoragické - 15 % (Lacman a Janoušková, 2010, s. 137). Traumatické kraniocerebrálne poranenia (KCP) možno definovať ako narušenie normálnej funkcie mozgu spôsobené úderom, nárazom alebo zásahom do hlavy, či penetrujúcim poranením hlavy (Basic Information, 2016, [online]). KCP sú celosvetovo považované za tichú epidémiu, najčastejšie sú spôsobené nehodami dopravných prostriedkov, pádom či násilím (10 Facts about TBI, 2018, [online]).

Vyšetrenie počítačovou tomografiou je hlavnou diagnostickou modalitou umožňujúcou rýchle posúdenie rozsahu a typu KCP, ktoré môže vyžadovať urgentné neurochirurgické operačné riešenie. Používa sa v diagnostike širokého spektra ochorení a v kombinácii s radou špeciálnych liečebných intervencií. Od uvedenia do klinickej praxe, od roku 1971, bolo len v USA pomocou CT, vykonaných viac ako 70 miliónov vyšetrení ročne (John, et al., 2016, s. 5). Hlavným prínosom je dostupnosť a pomerne krátka doba vyšetrenia, ktorá dovoľí prevedenie diagnostického výkonu aj u ťažko spolupracujúcich, ventilovaných či nestabilných pacientov. Umožňuje niekoľko úroňovú diagnostiku ochorenia celého organizmu, diagnostiku ciev, detekciu pľúcnych ochorení v neposlednej rade je indikované pri posudzovaní progresie onkologických malformácií rozširujúcich sa cez hranice orgánu do okolia, prípadne na vyhľadávanie potenciálnych metastatických ložísk primárnych nádorov. Vysokú diagnostickú výťažnosť má vyšetrenie pomocou CT v zobrazovaní poškodení skeletu, relatívne spoľahlivo umožňuje detekovať viaceré varianty intrakraniálneho krvácania, rozvoj edému mozgu alebo následné komplikácie.

Indikácie pre urgentné vyšetrenie počítačovou tomografiou by mali v prvom rade vyplývať z potreby rozlíšiť aj malé rozdiely denzity jednotlivých tkanív, čo umožňuje odhaliť väčšinu morfológických prejavov patologických stavov, ktoré postihujú mäkké tkanivá organizmu čím sa CT stáva metódou prvej voľby pri akútnych polytraumatických stavoch (Guidelines on Radiation Dose, 2017, [online]). Počítačová tomografia je najväčším medicínskym zdrojom radiačnej záťaže obyvateľstva. Je to podmienené jej častým využívaním pre pomerne dobrú dostupnosť a vysokú diagnostickú presnosť. V niektorých krajinách majú pacienti záznamové média, pomocou ktorých sa zhromažďujú údaje o počte

rádiografických vyšetrení spolu s použitou dávkou žiarenia, ktoré pacient počas života absolvuje.

Z uvedeného súboru poznatkov, je evidentná značná miera zložitosti, náročnosti profesie a vysoké požiadavky kladené na osobu odborníka vykonávajúceho praktické činnosti v rádiografii.

Pre tvorbu bakalárskej práce bolo potrebné nájsť primerané odpovede na otázky: Aké sú primárne potrebné informácie pre adekvátne plnenie pracovných úloh a povinností rádiologického asistenta?

Akým vhodným spôsobom sumarizovať súbor informácií a ako ich prezentovať čitateľom v počiatočnej fáze špecializovaného povolania?

Hlavným cieľom práce je podať začínajúcim odborníkom aktuálne relevantné informácie potrebné pre prvotné oboznámenie sa s pracovnou metodikou pri výkone povolania, konkrétne pri diagnostickom akútnom zobrazení mozgu pomocou technológie CT.

Podľa stanoveného zámeru sú formulované dva konkrétne ciele práce.

Cieľ prvý: Podat' fundamentálne informácie súvisiace s CT, z oblasti histórie, rádiologickej techniky a anatómie.

Cieľ druhý: Oboznámiť budúceho špecializovaného odborníka s možnými indikáciami diagnostikovanými odborníkom - lekárom, legislatívne správnym postupom a samotnou metodikou výkonu vyšetrenia pomocou CT.

Pre tvorbu prehľadovej bakalárskej práce bola použitá nasledovná vstupná literatúra: BRAŽINOVÁ, Alexandra, Marek MAJDAN, Walter MAURITZ, Martin RUSNÁK a Zuzana SKLENÁROVÁ. *Úrazy mozgu a verejné zdravotníctvo*. Trnava: TYPI UNIVERSITATIS TYRNAVIENSIS, 2013. ISBN 9788080826628.

HEŘMAN, Miroslav. *Akutní CT mozku: atlas nálezů*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2006. ISBN 8024412292.

MUMENTHALER, Marco a Heinrich MATTLE. *Neurologie*. Praha: Grada, 2001. ISBN 8071695459.

VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplnené vydanie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 9788024445083.

Za účelom splnenia stanovených cieľov bola vykonaná štandardná rešerš odborných textov.

Sumarizácia:

Kľúčové slová SJ, ČJ: kraniocerebrálne poranenia, mozgové hematómy, mozgová cievna príhoda, úraz hlavy, počítačová tomografia

Kľúčové slová AJ: traumatic brain injury, brain hematoma, stroke, head injury, computed tomography

Jazyk: SJ, ČJ, AJ

Obdobie: 2005 – 2018

Ďalšie kritéria: full text, recenzované periodiká, kombinácie kľúčových slov

Databázy:

EBSCO, PUBMED, MEDLINE, MEDVIK

Výsledok hľadania:

Nájdenných: 156 článkov

Vyradených: 127 článkov

Sumarizácia využitých databáz a vyhladaných textov:

EBSCO - 57 článkov, PUBMED – 38 článkov, MEDLINE – 27 článkov, MEDVIK – 34 článkov.

Pre tvorbu textového obsahu prehľadovej bakalárskej práce bolo využitých 29 vyhladaných článkov.

Zdroje regionálnej mestskej knižnice a knižné zdroje regionálnych zdravotníckych zariadení:
8 knižných titulov.

Webové zdroje a Zbierka zákonov MZ SR, Vestník MZ ČR uvedené v zozname literatúry.

1 História vzniku CT

Najväčšiu mieru zásluhy na vzniku diagnostického prístroja CT majú dvaja vedci. Obaja za tento vynález získali v roku 1979 Nobelovu cenu za fyziológiu a medicínu. Bol to americký teoretický fyzik so škótskymi koreňmi a juhoafrickým rodiskom Allan Macleod Cormack a britský elektrotechnický inžinier Godfrey Newbold Hounsfield. V roku 1967 sa G. N. Hounsfield rozhodol skúmať trojrozmerné predmety ako série dvojrozmerných rezov pomocou röntgenového žiarenia a výsledný obraz každého rezu následne rekonštruovať v počítači. V tej dobe spolupracoval s anglickou spoločnosťou EMI (Electrical and Musical Industries), ktorá podporovala tento nákladný projekt. Hounsfield ako vynálezca pracoval sám. Nedisponoval informáciami, ktoré boli už publikované v prácach vtedajších vedcov. Nepoznal matematickú rekonštrukciu priestorového obrazu od J. Radona, českého rodáka pôsobiaceho vo Viedni. Nepoznal prototyp jednoduchého tomografu obsahujúceho rotujúci aparát z roku 1961 od amerického neurológa W. Oldenforda a dokonca mu nebola známa ani matematická teória o rekonštrukcii obrazu od amerického fyzika A. M. Cormacka z rokov 1963 a 1964. Nezávisle od predchádzajúcich výskumov zostrojil aparát, ktorý pozostával z obrábacieho stroja (sústruhu) a zdroja žiarenia. Ako prvý zdroj použil gama žiarič Americium 241, ktorý až neskôr nahradil röntgenovou lampou. Prvým meraným ľudským orgánom bol mozog vyňatý z lebky a prvý orgán živého človeka bol Hounsfieldov vlastný mozog. Získaný zrekonštruovaný obraz bol výsledkom snímania okolo 4 minút, rozlíšením 80 x 80 pixelov s rozmermi 3 x 3 mm. Výsledok bol dostačujúci na odlíšenie šedej a bielej mozgovej hmoty. Metóda bola nazvaná ako priečna axiálna výpočtová tomografia (CAT – computer-assisted tomography, computer axial tomography) a patentovaná bola v roku 1968. Hodnotenie výsledného obrazu sa uskutočňuje pomocou Hounsfieldovej stupnice a jednotiek radiodenzity HU (Hounsfield Unit). Na stupnici má približne vzduch -1000 HU, voda 0 HU, kompakta kosti + 1000 HU až + 2000 HU. Prvé klinické vyšetrenie človeka bolo prevedené pomocou CAT prototypu v roku 1971 v Londýne. Pacientom bola žena s podozrením na tumor mozgu vo frontálnom laloku. Úspešné vyšetrenie ukázalo cirkulárnu cystu. V roku 1973 bol na trh uvedený prvý komerčný snímač EMI CT 1000. Pracoval s 30 detektormi, čo umožnilo získať výsledný zrekonštruovaný obraz s rozlíšením 320 x 320 pixelov. V čase udelenia Nobelovej ceny v roku 1979 pracovalo už na svete viac ako 1000 snímačov. V oblasti rádiografie bola počítačová tomografia považovaná za najvýznamnejší pokrok od objavenia lúčov X nemeckým profesorom W. C. Röntgenom v roku 1895 (Čech, 2016, s. 151-152).

2 Technológia CT prístroja

Konvenčné röntgenové snímky boli veľmi cennou a užitočnou rádiografickou modalitou pri neinvazívnom získavaní diagnostickej informácie. S intenzívnou sa zvyšujúcimi požiadavkami modernej doby na medicínsku diagnostiku vyšli počas odbornej praxe na povrch niektoré nedostatky konvenčnej rádiografie vyžadujúce zlepšenie a modernizáciu. Superpozícia nezáujmových štruktúr v objeme sledovanej oblasti tela ležiacich v dráhe vytvoreného fotónového lúča röntgenového žiarenia bránila vidieť trojrozmernú štruktúru pomocou dvojrozmerného výstupného zobrazenia. Röntgenové žiarenie bolo nedostatočné pri diferenciácii patologických zmien mäkkých tkanív a morfológie orgánov, ako napríklad pečene a obličiek. Ďalšou limitáciou bola neschopnosť vykonávať kvantitatívne merania denzity samostatných štruktúr, ktorými lúč žiarenia prešiel. Vedci hľadali riešenie v inovatívnych technikách ako je analýza štruktúry z rôznych projekcií pomocou matematických výpočtov. Mnohé pokroky v tejto oblasti umožnil vývoj počítačovej techniky a informatizácia. Počítače sa v plnej miere využívali k celému diagnostickému procesu a okrem mnohých funkcií pomáhali zlepšiť generovanie obrazu, kvantitatívne merania, manipuláciu s dátami a ich archivovanie. Vynález počítačového tomografu a jeho zavedenie do klinickej praxe znamenal veľký prielom v rádiodiagnostike.

Rozvoj diagnostickej modality CT bol podmienený predchádzajúcim výskumom a zahŕňal komplexné technológie a znalosti nadobudnuté v priebehu času z mnohých vedeckých disciplín ako je matematika, fyzika i technické inžinierstvo. Zlepšená technológia a zobrazovací výkon CT rozšírilo používanie zobrazovacích prvkov nielen v chirurgii. Schopnosť CT, diferencovať štruktúru mäkkých tkanív a detekciu mnohých ďalších patologických stavov, je využívaná v celom rozsahu medicínskych disciplín.

Revolučný rádiologický objav spojil diagnostické zobrazovania s terapiou. Rozšíril možnosti plánovania zložitých operácií na kostiach a kĺboch. Pomáha pri plánovaní rekonštrukčných operácií po traume. Ďalej pri lokalizácii onkologických zmien a identifikácii rozsahu rakovinovej lézie. Pri akútnych netraumatických prípadoch v brušnej oblasti ako je apendicitída, pankreatitída, divertikulitída, aneurizma aorty a prekážky čriev. CT môže byť použité na vedenie rizikovej biopsie v oblastiach obklopených životne dôležitými štruktúrami. V neposlednej rade je počítačová tomografia metódou voľby v diagnostike neurochirurgických ochorení ako sú akútne posttraumatické poškodenia orgánov ale i chronické patologické zmeny. Neopomenuteľnou výhodou všetkých týchto diagnostických

pokrokov je skutočnosť, že ochorenia a stavy sa môžu odhaliť často už v ich akútnej fáze (Kotecha, 2011, s. 243-249).

2.1 Generácie technického vývoja CT

Konvenčné CT prístroje sú skonštruované na základe dvoch rozdielnych technologických princípov a to vejárovitej alebo kruhovej konštrukcie. Podstatný rozdiel je v uložení a v pohybe zdroja žiarenia a sústavy detektorov. U vejárovitej konštrukcie sa otáča zdroj žiarenia spolu s detektorovou sústavou narozdiel od kruhovej konštrukcie, kde sa otáča len zdroj žiarenia a detektory sú umiestnené po celom kruhovom obvode prístroja. Pôvodné konvenčné CT prístroje boli využívané až do začiatku deväťdesiatych rokov minulého storočia. U týchto prístrojov vykonala najprv rotačný pohyb celá sústava röntgenka s detektormi (gantry) okolo pacienta a následne sa stôl posunul o výšku rezu ďalej a znovu sa vykonala rotácia sústavy. Takáto technika bola časovo náročná, zaťažovala pacienta vysokou dávkou žiarenia a neumožňovala niektoré nové techniky CT zobrazení. Takéto prístroje sú už nahradené novými modernými helikálnymi tomografmi. Konštrukčnému riešeniu, v súčasnosti využívaným CT, predchádzalo päť technologických generácií prístrojov.

1. generácia: RTG žiarenie zo zdroja bolo pomocou kolimátora upravené do tenkého valcového zväzku a po prechode sledovaným objemom detekované protiľahlým jedným detektorom rotujúcim zároveň so zdrojom.

2. generácia: RTG žiarenie zo zdroja bolo pomocou kolimátora upravené do vejárovitého tvaru a po prechode sledovaným objemom detekované väčším počtom detektorov umiestnených v jednej rade polkruhového tvaru, rotujúcej spolu so zdrojom.

3. generácia: Rozdiel od 2. generácie spočíva v počte polkruhových rád umiestnených vedľa seba čo umožňuje snímanie viac rezov súčasne – *multi-slice (MSCT)*. Tento princíp je využívaný v súčasných helikálnych vysokorýchlostných multidetektorových prístrojoch (*MDCT*).

4. generácia: Detektorová sústava je usporiadaná do niekoľkých stacionárnych rád v tvare úplného kruhu. Rotačný pohyb okolo sledovaného objemu vykonáva len zdroj žiarenia.

5. generácia: *Electron Beam CT (EBT)*. Zložitý a finančne náročný tomograf s elektronovým zväzkom je odlišné zariadenie s novým fyzikálnym riešením, ktoré ako zdroj röntgenového žiarenia nevyužíva röntgenku. Žiarenie je vytvárané dopadom rýchlych elektrónov produkovaných elektrónovým delom na prstencovú anódu. Sledovaný objem je

umiestnený vnútri tohto prstenca. Elektrónový lúč je do požadovaného miesta vychyľovaný pomocou elektromagnetických cievok. Pri kontakte lúča s terčíkom vzniká brzdné röntgenového žiarenie, ktoré pod požadovaným uhlom prechádza cez vyšetovaný objem. Po absorpcii žiarenia objemom je toto detekované elektronicky prstencovými polami detektorov s kolimátormi. Takéto konštrukčné riešenie neobsahuje mechanicky pohyblivé časti a rotácia lúča je podstatne rýchlejšia ako je dosiahnuteľná pomocou röntgenky. Prístroje 4. a 5. generácie nepriniesli zásadné výhody pre klinickú prax v porovnaní s multidetektorovými prístrojmi generácie tretej.

Multidetektorový počítačový tomograf (MDCT) obsahuje viac rád detektorov uložených vedľa seba v pozdĺžnom smere a pomocou toho získava súčasne dáta z niekoľkých transversálnych rezov to znamená, že vyšetruje súčasne niekoľko tenkých vrstiev – rezov. V angličtine slice - rez teda *multi-slice CT*. V praxi sa používajú prístroje od 4 až po 320 detektorových rád. Pri vyšetrení pomocou MDCT disponujúcim s 320 slice dokážeme pri veľkosti jedného detektora 0,5mm snímať objem s hrúbkou 16cm počas jednej rotácie, 320 x 0,5mm – 16cm (Laghi, et al., 2012, s. 5). Helikálne vyšetrenie celého tela trvá len 6 až 15 sekúnd.

Zdvojený systém dvoch súčasne snímajúcich röntgeniek a detektorov uložených kolmo na seba využívajú prístroje s názvom *Dual Source* a *Dual Energy CT (DSCT)*. Ich anódy pracujú s rovnakým alebo s rôznym napätím napr. 140kV a 80kV. Poskytujú detailné rozlíšenia denzít a to druhy tkanív, litiáz či kalcifikácie.

2.2. Denzita, okno, počítačové spracovanie, topogram

Denzita na CT je veličina, ktorá predstavuje absorpciu, teda úbytok žiarenia pri jeho prechode hmotou. Matematicky sa vyjadruje v Hounsfieldových jednotkách – HU (Hounsfield Unit). Hounsfieldovu stupnicu tvorí 4096 odtieňov šedej v rozmedzí hodnôt od – 1000 HU po + 3096 HU. Referenčnými bodmi stupnice sú vzduch (vákuum) s hodnotou – 1000 HU a voda 0 HU. Ďalšími orientačnými hodnotami sú napr. vzdušné pľúca -800 až -900 HU, tuk -40 až -120 HU, mäkké tkanivá, pečeň +25 až +70 HU, biela hmota mozgu +20 až +30 HU, šedá hmota mozgová +35 až +45 HU, krv +40 HU, krvný koagulát okolo +65 - +85 HU, kostené štruktúry a kontrastná látka +100 - +2000 HU. Celú stupnicu odtieňov šedej nie je schopná rozlíšiť obrazovka a ľudské oko rozlišuje len 16 stupňov šedej. Pre odčítanie obrazu sa preto používa vhodná moduláciu jasů a kontrastu. Pracuje sa len s určitou šírkou

hodnôt HU a ich strednou hodnotou. V praxi sa táto šírka stupnice nazýva – okno. Pre zobrazenie mozgu je okno šírky 75 HU so stredom +30 HU (Vomáčka, et al., 2015, s. 42-46, 118).

Počítačová tomografia bola vyvinutá pre získanie komplexného zobrazenia štruktúr v rôznych hĺbkach vyšetřovaného objemu. Poskytuje trojrozmerné zobrazenie absorpcie žiarenia v tkanivách organizmu. Vyšetřovaný objem je rozdelený na väčší počet tenkých vrstiev rezov. Z lokálneho zoslabenia zväzku žiarenia sa matematicky zrekonštruje denzitný obraz danej vrstvy. Zdroj žiarenia röntgenka a protiľahlá sústava detektorov je upevnená na špeciálnom prstencovom nosiči nazývanom gantry, ktorý umožňuje pomocou elektromotoru rotáciu okolo vyšetřovacieho lôžka. Postupným pozdĺžnym posunom pacienta vzhľadom na systém röntgenka – detektor sa vytvára rada obrazov transverzálneho rezu, ktoré po spracovaní vytvárajú trojrozmerný obraz sledovanej oblasti. Takéto náročné rekonštrukčné matematické spracovanie je úlohou výkonného počítača odkiaľ pochádza aj názov metódy – počítačová tomografia.

V porovnaní s konvenčnou rádiografiou nemá výsledný obraz z CT sumačný charakter. Okrem trojrozmerného zobrazenia dosahuje vyšší kontrast denzít a je schopné rozlíšiť a zobrazit' i malé rozdiely v lineárnych súčiniteľoch zoslabenia žiarenia prechádzajúceho tkanivom. Podstatným technologickým príspevkom je metóda počítačovej rekonštrukcie a filtrácie obrazu, možnosť flexibilného nastavenia optimálnej modulácie obrazu. Software má veľkú radu možností pre následnú úpravu obrazu, vytváranie 3D zobrazení, rekonštrukcie rezov určitých orgánov aj v iných rovinách ako bol objem naskenovaný.

Prvým krokom samotného vyšetřenia je plánovacie rádiografické zobrazenie označované ako SPR (scan projection radiograph) teda topogram. Vzhľadom pripomína planárny obraz v klasickej skiografii, v AP/PA a v bočnej projekcii. Topogram sa používa na vyznačenie začiatku a konca zobrazovanej oblasti tela a pre expozičnú automatiku teda pre automatickú reguláciu anódového prúdu (mA) röntgenky ATCM (automatic tube current modulation). Pomocou tejto automatiky sa dosiahne optimalizácia kvality obrazu a radiačnej záťaže pacienta (Seidl, 2012, s. 34).

2.3 Technologické prvky prístroja

Konštrukčný prechod z konvenčných tomografov na špirálne (helikálne) CT si vyžiadal viaceré inovatívne riešenia. Technológia slip-ring umožňuje napájanie röntgenky a zber dát z detektorov bez pevného kontaktu so stacionárnou časťou gantry. Slip-ring je teda elektromechanické zariadenie slúžiace na prenos elektrického napätia a signálov z rotujúcich častí na stacionárne. Cestu prenosu zabezpečujú vodivé kefky a v modernejších prístrojoch je využitý radiofrekvenčný alebo optický princíp. Zvýšené nároky sú i na technologické prevedenie samotnej röntgenky, ktorá musí bez poškodenia prekonať výrazné tepelné zaťaženie počas dlhého kontinuálneho skenovania. Moderné prístroje umožňujú vykonávať až 100 sekúnd vyšetrenia s prúdom až 500 mA, pre ktoré je potrebná dostatočná tepelná kapacita materiálu röntgenky a rýchlosť jej ochladzovania, pre možnosť opakovania skenu a tým pokračovanie vyšetrenia. Konštrukčným riešením je röntgenka vyrobená z kovu obsahujúca súčasne anódu aj žhavenú katódu, ktoré obteká chladiaci olej a uloženie ložísk je mimo vákuovanej časti. Anóda môže mať priemer 120 mm a disponovať technológiou flying focal spot – lietajúce ohnisko, slúžiace pre kontrolu pozície zväzku na anóde. Celá konštrukcia má menšiu hmotnosť a prístupné mazanie ložísk. Rotácia dosahuje vyššiu rýchlosť, materiál má dobrý odvod tepla a umožňuje vykonať dvojnásobný počet prekrývajúcich sa rezov počas jednej rotácie trvajúcej 0,37 sekundy. V neposlednej rade je dôležitým prvkom nové softwarové riešenie, pre potreby zostavenia nových rekonštrukčných algoritmov na spracovanie projekcií zo špirálnych dát. Matematickými operáciami je možné vytvárať vyšší počet prekrývajúcich sa rezov, čo výrazne zlepšuje kvalitu získaného rekonštruovaného obrazu. Takáto matematická procedúra zabezpečuje menšie zaťaženie pacienta röntgenovým žiarením vzhľadom na výťažnosť diagnostickej informácie. V diagnostických postupoch traumatických stavov hlavy je CT rýchlou dostupnou a ekonomicky nenáročnou diagnostickou modalitou s efektívnou dávkou 2,3 mSv (Vomáčka, et al., 2015, s. 14).

3 Anatómia

Architektúra uloženia vnútorných orgánov hlavy má striktno určenú štruktúru. Zmyslové orgány sú uložené zrkadlovo bilaterálne a sú základom nášho vnímania a vedomia (Rohen, et al., 2008, s. 1).

Lebka

Lebku tvorí zložitá mozaika jednotlivých kostí, ktoré ohraničujú fyziologické dutiny (cavitas cranii, orbita, cavitas nasalis ossea, cavum oris). Mozgová časť lebky (neurocranium) pozostáva z veľkých plochých kostí, ktoré tvoria ochranné puzdro pre mozog a zmyslové orgány. Sú pospájané švami (sutúrami). Vpredu sa pripájajú kosti tvárového skeletu (splanchnocranium) a žuvací aparát (viscerocranium). Neurocranium sa skladá z kostí tvoriacich lebečnú klenbu (diploická calva) a (basis cranii) spodinu lebky (Rohen, et al., 2008, s. 19 a 22). Podľa charakteristických anatomických systémov, od ktorých sa odvíjajú prípadné patologické stavy sa spodina delí na štruktúry prednej, strednej a zadnej lebečnej jamy (Šercl, 2007, s. 304). Kostí spodiny lebky klinová a záhlavná kosť (os sphenoidale a os occipitale), tvoria akýsi základ celej konštrukcie lebky, na ktorý sa pripájajú ostatné kosti tvoriace lebku ako celok. Telo klinovej kosti tvoria malé a veľké krídla (ala majores et minores), jama podmozgovej žlazy (fossa hypophysialis) so susediacou kostnou hranou turecké sedlo (sella turcica). Na mozgovej ploche sa nachádzajú otvory ktorými vystupujú vetvy hlavových nervov (canalis opticus, foramen rotundum, ovale, spinosum). Nepárová záhlavná kosť pozostáva zo spodinovej časti s veľkým otvorom (foramen magnum) a šupiny záhlavnej kosti (squama occipitalis). Párová spánková kosť (os temporale) zložená z hornej šupinovej časti (pars squamosa) a pyramíd skalnej kosti (pars petrosa) na ktorej sa nachádza vstup (canalis caroticus) pre vnútornú krčnú tepnu (arteriu carotis interna) a prechody pre niektoré hlavové nervy. Časťou čuchovej kosti je riečicovitá platňa (lamina cribrosa), cez ktorú prechádzajú čuchové nervy (nervus olfactorius). Nepárová čelová kosť (os frontale) sa skladá z očnicových častí (partes orbitales) a čelovej šupiny (squama frontalis) s odtlačkami mozgových závitov (impresiones gyrorum). Párová temenná kosť (os parietale) sa spája švom korunový (sutura coronalis) s čelovou kosťou, lambdovým (sutura lambdoidea) so záhlavnou kosťou, šupinovým (sutura squamosa) so spánkovou kosťou a samotné temenné kosti so šírovým švom (sutura sagittalis). Kalvu teda tvoria najmä šupinové časti kostí čelovej, spánkovej, temennej a záhlavnej (Beňuška, et al., 2005, s. 23-30).

Mozgové obaly

Mozog, najdokonalejší spôsob organizácie živej hmoty, je uložený v lebečných obaloch obklopený likvorom, ktorý ho nadľahčuje.

Vonkajším obalom je tvrdá plena (dura mater). Do lebečnej dutiny vysiela početné duplikatúry tvoriace venózne splavy (sinus durae matris). Tvrdá plena vytvára medzi hemisférami mozgový kosák (falx cerebri), ktorý vzadu prechádza do tentoria cerebri oddeľujúceho mozog od mozočka. Dura sa fixuje pevne ku skeletu kalvy v oblasti sutúr a tým sa vytvára potenciálny epidurálny priestor (spatium epidurale). Medzi durou a ďalšou plenou pavúčnicou je potenciálny priestor (spatium subdurale).

Pavúčnica (arachnoidea) je tenká bezcievna blana. Prilieha na duru, premostňuje všetky nerovnosti povrchu mozgu a tým vytvára medzi mäkkou plenou (pia mater) a sebou, subarachnoidálnu dutinu (cavitas subarachnoidealis) miestami rozšírenú na drážky (cisterny). Dutina je vyplnená likvorom, ktorý sem preteká zo štvrtej komory. Proti klenbe lebečnej vysiela pavúčnicové zrnenia (granulatio arachnoidealis), ktoré sa vnárajú do horného šíповého splavu (sinus sagittalis superior) a takto odvádzajú mozgovomiechový mok do krvi.

Mäkká plena (pia mater) prilieha pevne k mozgovému tkanivu, vnára sa do zárezov a detailne kopíruje ich povrch (Holibková, 2012, [online]).

Mozog, mozgové komory

Mozog je z funkčného hľadiska nedeliteľným integrovaným celkom. Pri opise jednotlivých štruktúr sa môže použiť delenie popisované rostrálne od foramen magnum:

I. kosoštvorcový mozog (rhombencephalon):

1. myelencephalon-predĺžená miecha (medulla oblongata),
2. metencephalon-most (pons Varoli), mozoček (cerebellum).

II. stredný mozog (mesencephalon):

1. tectum, pedunculus cerebri (prechádza ním Sylviov kanálik).

III. predný mozog (prosencephalon):

1. medzimozog (diencephalon): thalamus, metathalamus, hypothalamus
2. koncový mozog (telencephalon): hemisféry mozgu s cortex cerebri (mozgová kôra)

(Rohen, et al., 2008, s. 89).

Hemisféry sú od seba oddelené pozdĺžnou brázdou (fissura longitudinalis cerebri), cez ktorú prechádza falx cerebri. V strede sú spojené mohutným zväzkom vlákien nazvaným svorové teleso (corpus callosum). Povrch hemisfér je rozbrázdnený početnými zárezmi (sulci

cerebri), ktoré oddeľujú jednotlivé mozgové závitky (gyri cerebri). Mozgová kôra má na povrch len tenkú vrstvu sivej hmoty a v hĺbke hemisfér, v bielej hmote, sa nachádzajú veľké zhluky sivej hmoty – bazálne gangliá. Vnútri hemisfér sú uložené postranné komory (ventriculi laterales) zasahujúce do ich lalokov. Tretia komora (ventriculus tertius) sa premieta medzi nich a dorzálne sa spája Sylviovým kanálkom so štvrtou komorou (ventriculus quartus). V komorách sa nachádza cievna spleť (plexus choroideus), ktorá produkuje likvor prúdiaci do subarachnoidálnej dutiny (Holibková, 2012, [online], Beňuška, et al., 2005, s. 71-73).

Cievny systém mozgu

Funkciu hlavného zásobenia mozgu arteriálnou krvou preberajú vnútorná krčnica (a. carotis interna) so svojimi vetvami a párová chrbticová tepna (a. vertebralis). Oba anatomické systémy sa spájajú a vytvárajú predné - karotické a zadné - vertebrobasilárne cievne povodie. Z vnútornej karotídy odstupuje a. ophthalmica pre štruktúry oka a ďalej mozgové tepny cievková tepna (a. choroidea anterior), predná a stredná mozgová tepna (a. cerebri anterior a media), zadná spojovacia tepna (a. communicans posterior), ktorá spája vnútornú karotídu so zadnou mozgovou tepnou (a. cerebri posterior). Predné mozgové artérie spája predná spojovacia tepna (a. communicans anterior). Zadné mozgové artérie pochádzajú zo spodinovej artérie (a. basilaris), ktorá vzniká spojením chrbticových artérií. Spomenuté artérie tvoria na spodine mozgu Willisov tepnový okruh (circulus arteriosus cerebri). Venózna krv z mozgu a mozgových obalov odteká do vnútrolebečných venózných splavov (sinus durae matris), ktoré vyúsťujú do krčnej žily (vena jugularis) vo foramen jugulare na spodine lebečnej (Holibková, 2012, [online], Beňuška, et al., 2005, s. 16-17 a 84).

4 Vybrané patologické stavy indikované k CT diagnostike

Kraniálne CT skenovanie je najčastejšie používanou zobrazovacou modalitou počas akútnej fázy traumatických poranení hlavy. Využíva sa na detekciu subkutánej alebo subgaleálnej hemorágie, fraktúr kostí lebky, diferenciáciu epidurálneho, subdurálneho, subarachnoidálneho, intracerebrálneho hematómu, lézie cerebrálneho parenchýmu a traumatickej ventrikulárnej hemorágie. Zároveň napomáha pri identifikácii dráhy striel a trajektórie ich úlomkov zadržaných intrakraniálne, ďalej kostí a iných cudzorodých predmetov. Primárnou úlohou CT skenovania je teda urgentná identifikácia poranení, ktoré môžu vyžadovať život zachraňujúcu neurochirurgickú intervenciu, ako sú extra alebo intraparenchymálna hemorágia, decentralizácia stredovej línie alebo začínajúca herniácia mozgu. V neposlednej rade poskytuje informácie o rizikových stavoch vyžadujúcich monitoring, ktoré ohrozujú pacienta následným vznikom posttraumatických komplikácií.

Akútne kraniálne CT je indikované u pacientov so stratou vedomia alebo posttraumatickej amnézie vtedy, ak je prítomný jeden alebo viac z nasledujúcich faktorov:

- bolesti hlavy
- vracanie viac ako jeden krát
- vek nad 60 rokov
- predpoklad užitia omamných látok, intoxikácia alkoholom
- deficit krátkodobej pamäte
- evidentne pozorovateľný dôkaz traumy nad klavikulou
- posttraumatické kľčové stavy
- GCS skóre menej ako 15
- ložiskový neurologický deficit
- koagulopatia v anamnéze.

U pacientov bez straty vedomia by sa malo zväžiť vykonanie CT vyšetrenia vtedy, ak je prítomný jeden alebo viac z nasledujúcich faktorov:

- ložiskový neurologický deficit
- vracanie
- bolesti hlavy
- vek okolo 65 rokov
- evidentne pozorovateľný dôkaz fraktúry spodiny lebečnej

- GCS skóre menej ako 15
- koagulopatia v anamnéze
- rizikové mechanizmy úrazu ako sú vymrštenie z motorového vozidla, kontakt chodca s vozidlom, pád z výšky 1 metra alebo z 5 schodov (Amyot, et al., 2015, s. 1696).

Pojem kraniocerebrálne poranenie mozgu sa zjednodušene definuje ako výsledok pôsobenia vonkajšej sily na lebku, ktoré podľa svojej intenzity môže viesť od bezvýznamného nárazu bez postrehnuteľnej ujmy, až k hlboko siahajúcej kontúzii mozgu. Postraumaticky prichádza často k poruchám mozgových funkcií a stratám vedomia, ktoré môžu vyústiť až do komatózneho stavu (Mumenthaler a Mattle, 2001, s. 118).

Kraniocerebrálne poranenia sa popisujú podľa viacerých parametrov. Možno ich deliť podľa časovej postupnosti na dve základné skupiny primárne a sekundárne poranenia.

Primárne poranenia vznikajú priamo počas úrazu, sekundárne sú následkom intrakraniálnych (edém mozgu, infekcia) a extrakraniálnych alebo systémových inzultov (hypoxia, hypotenzia). Ďalej sa delia podľa priestorovej anatomickej charakteristiky na fokálne (kontúzia mozgu, traumatické hematómy) a difúzne (difúzny edém, difúzne axonálne poranenie). Z hľadiska kontaktu s vonkajším prostredím na uzavreté KCP a otvorené KCP. Kritériom klasifikácie otvorených KCP je poškodenie dura mater. Bez porušenia tvrdej pleny - nepenetrujúce, pri porušení tvrdej pleny - penetrujúce a skryto penetrujúce, kedy vzniká patologická komunikácia s vonkajším prostredím na spodine lebečnej.

Marshalova klasifikácia je posúdenie závažnosti traumy na základe nálezu na CT. Hodnotenie je pomocou 4 stupňov.

Stupeň 1: negatívny CT nález (9,6% mortalita).

Stupeň 2: otvorené bazálne cisterny, decentralizácia línie menej ako 5 mm (13,5% mortalita).

Stupeň 3: bazálne cisterny stlačené alebo uzavreté, decentralizácia línie menej ako 5 mm (34% mortalita).

Stupeň 4: decentralizácia línie viac ako 5 mm (56,2% mortalita). (Bražinová, et al., 2013, s. 22, Cepeda, 2015, s. 1246-1253).

Dôležitou indikáciou pri rozhodovaní o voľbe diagnostickej metódy je klinický stav (neurologické príznaky) vyšetrovaného pacienta. V prípade ľahkých poranení bez neurologického nálezu sa obvykle indikuje skiagrafický snímok lebky spolu s krčnou chrbticou. Pri stredných a ťažkých kraniocerebrálnych poraneniach býva indikované akútne

CT mozgu. Svetová literatúra dokazuje, že pri rozsiahlych traumatických intracerebrálnych zmenách nemusí prichádzať súčasne k poraneniu skeletu. Naopak veľké fraktúry neurokrania nemusia v každom prípade znamenať poškodenie mozgu. Najfrekvencovanejšou klasifikáciou traumatických kraniocerebrálnych poraní v dostupnej odbornej literatúre je rozdelenie na primárne a sekundárne zmeny.

4.1 Primárne poranenia

Kontúzia mozgu

Kortikálna kontúzia, je najčastejším poranením kôrových štruktúr mozgu a pril'ahlej bielej hmoty. Vzniká priamim kontaktom gyrov s vnútornou laminou skeletu kalvy, prípadne tvrdou plenou či tentorium. Nález býva v mieste pôsobenia nárazu (coup) alebo kontralaterálne (contrecoup). Akútne CT krátko po úraze zobrazí len väčšie kontúzie a nález môže byť aj negatívny. Prejavom sú nepravidelné hypodenzity rôznej veľkosti. Ložiská sú väčšinou bilaterálne a viacpočetné (Heřman, 2006, s. 42-49, Černocho, 2000, s. 443-445).

Difúzne axonálne poranenie

Je druhým najčastejším traumatickým poranením mozgu. Vzniká na podklade strihových a rotačných mechanizmov traumy, porušením dráh axónov na hranici šedej a bielej hmoty. Následkom je porucha bunkového metabolizmu a edém buniek. Obrazom CT sú mnohopočetné drobné hemorágie, okrúhle alebo lineárne lézie v bielej hmote, ktoré sú zobraziteľné s odstupom jedného alebo dvoch dní. Akútny CT nález môže byť úplne normálny. Magnetická rezonancia má v diagnostike difúzneho axonálneho poranenia nenahraditeľné miesto avšak nezobrazí všetky lézie, pretože 80% poranení tohto typu je nehemoragických – mikroskopických (Heřman, 2006, s. 50-52, Černocho, 2000, s. 445-446)

Poranenie bazálnych ganglií a mozgového kmeňa

K tomuto stavu prichádza pôsobením rotačných, akceleračných a deceleračných mechanizmov úrazu. Ide predovšetkým o drobné petechiálne hemorágie, axónové ruptúry a edematózne zmeny v oblasti mozgového kmeňa. Z tohto dôvodu sa tento stav v akútnej fáze výrazne lepšie zobrazuje pomocou MR (Černocho, 2000, s. 447).

Traumatické hemorágie

Delíme ich podľa anatomického umiestnenia takto:

Epidurálny hematóm

Epidurálny hematóm nie je najčastejším následkom kraniocerebrálnych poranení má

však 10% mortalitu. Je vo viac ako polovici prípadov spôsobený arteriálnou hemorágiou z porušených vetiev a. meningeae. Klinickými prejavmi tohto extracerebrálneho krvácania je okrem anizokórie nástup soporózneho až komatózneho stavu nasledujúceho po lucídnom intervale. Podľa retrospektívnej štúdie Arizónskej univerzity z rokov 2010 a 2012 malo lucídny interval len 25 % postihnutých (Zangbar, et al., 2016, s. 1210). Hematóm venózneho pôvodu býva pri porušení durálnych splavov väčšinou lokalizovaný v zadnej jame lebečnej. Hemoragická kolekcia vzniká medzi durou mater a periostom skeletu kalvy v potenciálnom priestore, ktorý nie je za normálnych okolností vytvorený. Dura mater je v oblasti lebečných sutúr pevne fixovaná na lamínu internu skeletu kalvy a tým býva ohraničený bikonvexný tvar epidurálneho hematómu. Charakteristickým obrazom CT je teda hyperdenzná kolekcia šošovkovitého tvaru s denzitou 50-80 HU, v 90% s prítomnou fisúrou kalvy. Najčastejším výskytom je temporo-parietálna, menej často frontálna alebo parieto-okcipitálna krajina. Expanzívny účinok hematómu spôsobuje decentralizáciu stredovej línie a zúženie príľahlej bočnej komory. V homogénne denznom hematóme bývajú hypodenzné oblasti, ktoré môžu byť znakom aktívneho krvácania (Heřman, 2006, s. 60, Černocho, 2000, s. 453-454).

Subdurálny hematóm

Subdurálny hematóm je najčastejšie pozorovanou hemorágiou vzniknutou následkom kraniocerebrálneho traumatického poranenia. Jedná sa o patologickú kolekciu krvi medzi dura mater a arachnoideou (Kpelao, et al., 2016, s. 237). Je spojený s vysokou mortalitou a následným dlhodobým postihnutím. Bežne sa vyskytuje súčasne s inými traumatickými zmenami mozgového tkaniva a chirurgická intervencia býva často z dôvodu zlej prognózy neindikovaná (Fujimoto, et al., 2014, s. 94). Najčastejšou príčinou vzniku je ruptúra ciev kortikálneho venózneho systému, ktorý prebieha z mozgovej kôry cez subarachnoidálny a potenciálny subdurálny priestor medzi dura mater a arachnoideou do durálnych splavov. Ďalším možným zdrojom sú fisúry v stene durálnych splavov, poranenia arachnoidálnych granulácií a drobných kortikálnych artérií a vén. Dobře ohraničený subdurálny priestor umožňuje šírenie hematómu hlavne na konvexitách pozdĺž hemisfér, interhemisferálne pozdĺž falxu, pri tentorii ale i na spodine lebečnej a v zadnej jame. U detí a starších pacientov býva často subdurálny hematóm bilaterálne. Na CT obrazoch sa vytvárajú hyperdenzné lemy pozdĺž laminy interny kosákovitého tvaru presahujúce hranice sutúr kalvy. Môžu sa šíriť pozdĺž tentoria alebo len interhemisferálne. Krv nezateká do Sylviovej ryhy ani medzi gyry. Tvar hematómu sa postupne zužuje smerom k lamíne interne. Pri vyšetrení je

vhodné okno s rozsahom 150-200 HU pre zobrazenie aj malých hematómov. Vzhľadom na časový údaj vzniku sa klinický i tomografický obraz hematómu rozlišuje na akútne 2-3 dni po traume, subakútne 3 dni až 3 týždne a chronický viac ako 3 týždne (Heřman, 2006, s. 66-67). Výsledkom retrospektívnej štúdie, do ktorej bolo zahrnutých 59 pacientov, z ktorých 29 neprežilo, je predpoklad, že vzťah medzi dĺžkou posunu stredovej línie a šírkou počiatočného hematómu, majú priami vplyv na odhad predpokladanej mortality (Bartels, et al., 2015, s. 2-5).

Subarachnoidálne a komorové traumatické krvácanie

Subarachnoidálne krvácanie sa ako následok traumatických poranení hlavy vyskytuje väčšinou spolu s ďalšími zmenami ako sú subdurálny hematóm a lokálne kontúzie cerebrálneho parenchýmu. Hemorágia sa najčastejšie popisuje v mozgových zárezoch (sulkoch) pozdĺž konvexity lamina interna a v bazálnych cisternách v blízkosti krvácajúcich traumatických lézií (Lee, et al., 2014, s. 595-596). Príčinou spontánnej subarachnoidálnej hemorágie je v 75 % ruptúra intrakraniálnej aneurizmy (Chen, et al., 2016, s. 3175). Ďalšími príčinami sú poranenia kortikálnych vén prebiehajúcich cez subarachnoidálny priestor, krvácanie z lokálnych kontúzií, lézie subependymálnych vén alebo ruptúra choroidálnych plexov. Akútnym CT vyšetrením vykonaným do 12 hodín od objavenia príznakov je možné diagnostikovať 98 % subarachnoidálnych hemorágií. Typickým tomografickým obrazom sú pásové hyperdenzity v mozgových zárezoch konvexít a denzitné ložiská ependýmu komôr vyklenujúce sa do ich priestoru. Akútna hemorágia sa zobrazuje ako hyperdenzná náplň subarachnoidálneho priestoru, kde nahrádza hypodenzný mozgovomiechový mok. Takéto obrazy sa takmer vždy nachádzajú v bezprostrednej blízkosti prvotných traumatických zmien ako sú subdurálny hematóm, parenchýmové kontúzie, fisúry a fraktúry skeletu kalvy (Heřman, 2007, s. 259).

Intracerebrálny hematóm

Ruptúra lokálnych penetrujúcich mozgových ciev zapríčiňuje vznik objemného fokálneho vnútromozgového krvácania (hematómu), ktorý sa správa expanzívne a dosahuje objem niekoľko ml. Výskyt intracerebrálneho hematómu pri posttraumatickom diagnostikovaní môže znamenať primárnu náhlu hemoragickú cievnu príhodu, ktorá mohla časovo predchádzať úrazu. Intracerebrálny hematóm sa v 10 % až 30 % spája s NCMP, ktorej následkom je vysoká mortalita (Chan, et al., 2015, s. 1057-1059). V prípade takého podozrenia je indikovaná mozgová angiografia (AG, CTA, MRA). CT diagnostika zobrazuje

nález hyperdenzného ložiska hemorágie v parenchýme mozgu. V prvých dňoch expandujúce ložisko na CT obrazoch znižuje denzitu. V ložisku traumatizovaného parenchýmu sa môže vytvoriť hladina medzi denzitnou krvou a hypodenznou edémovou tekutinou s možnou tvorbou kavitácii (Černocho, 2000, s. 449). Následkom expanzívnej hemorágie býva na CT obraze viditeľný nález označovaný ako čierna diera (black hole). Je definovateľná ako relatívne hypodenzná oblasť obklopená hyperdenzným hematómom. Čierna diera nie je spojená s priľahlým parenchýmom a môže byť okrúhla, oválna alebo tyčovitá. Medzi týmito dvomi denzne odlišnými oblasťami býva rozdiel 28 HU (Li, et al., 2016, s. 1778-1780).

Poranenie mozgových tepien a žíl

Rôzne mechanizmy úrazu ako sú strihové a rotačné účinky, trieštivé, strelné, penetračné a tupé poranenia kostných štruktúr kalvy, posuny traumaticky vytvorených kostných fragmentov bývajú hlavnou príčinou vzniku ruptúr a lézií mozgových artérií a vén. Poranené bývajú menšie kortikálne a perforujúce cievy ale aj cievy väčšieho lúmen, ako sú vnútorné karotídy (fraktúra spodiny lebečnej), vertebrálne artérie (rotácia, hyperextenzia) a durálne venózne splavy (fraktúra lokálnych častí skeletu kalvy). Prichádza k vzniku zriedkavých ale vážnych stavov ako sú traumatické arterio-venózne malformácie (skraty), pseudoaneuryzmy, disekcie, lacerácie či ruptúry cievnych stien alebo durálnych splavov s následnou trombotizáciou. V akútnej fáze je na CT obrazoch pozorovateľný predovšetkým hematóm a pre komplexnejší diagnostický postup sa používa vyšetrenie pomocou venózne podávanej kontrastnej látky (Černocho, 2000, s. 455-458). Napriek absencii viditeľného posttraumatického poškodenia mozgu pri akútnom CT vyšetrení môže MR zobrazit' léziu približne až v 25 % týchto prípadov. Následkom kranio-cerebrálnych poranení podľa hne v Európe 75 000 ľudí ročne (Murphy, et al., 2015, [online]).

4.2 Sekundárne poranenia

Edém mozgu

Mozgový edém vzniká na základe rôznych príčin podľa ktorých ho rozdeľujeme na vazogénny a cytotoxický. Vazogénny edém (fokálny) sa prejavuje ako lokálna hypodenzita v okolí traumatického ložiska v ktorom prišlo k poškodeniu cievno-mozgovej bariéry, predovšetkým v bielej hmote. CT obrazom cytotoxického (difúzneho) edému je najmä vyhladenie gyrifikácie na konvexitách hemisfér, strata diferenciácie hranice medzi bielou a šedou hmotou, redukcia šírky komôr a cisterien na spodine. Získaná celkovo nižšia bilaterálna

denzita mozgu kontrastuje s normodenzným mozočkom. Tento obraz sa označuje ako „white cerebellum sign“ („znak bieleho mozočku“). Difúzny edém sa väčšinou objavuje s posttraumatickou herniáciou mozgu a je spojený so zlou prognózou a vysokou mortalitou súvisiacou s typom primárneho poranenia (Heřman, 2006, s. 92, Černocho, 2000, s. 458-459, Bražinová, et al., 2013, s. 24).

Postrumatická herniácia

Mozgové herniácie sú spôsobené expanzívnym posunom funkčne súvislých oddielov mozgu. Následkom sú ischemické zmeny v mechanicky komprimovanom a dislokovanom tkanive, nepriechodnosť a prípadná ruptúra drobných perforujúcich lokálnych ciev. Herniácie podľa miesta účinku popisujeme napr. ako subfalxové, transtentoriálne, transsfenoidálne (transalárne), unkálne, tonzilárne, transkraniálne. Na CT podľa druhu herniácie pozorujeme posun gyrus cinguli, vytlačenie temporálneho laloku, komprimované bazálne cisterny a mozgové komory, vytlačenie mozočkového červa, kompresiu kanálika, transláciu Sylviovej ryhy, obturovaný foramen magnum (Heřman, 2006, s. 88, Černocho, 2000, s. 459-461).

Subdurálny hygrom

Vznik je podmienený posttraumatickou alebo iatrogénou perforáciou arachnoidei následkom čoho je nález kolekcie likvoru v priestore medzi arachnoideou a tvrdou mozgovou plenou. Pri CT vyšetrení pozorujeme charakteristické hypodenzné kolekcie pozdĺž konvexít kalvy, ktoré bývajú od subarachnoidálneho priestoru oddelené lineárnym pruhom arachnoidei (Heřman, 2006, s. 94, Černocho, 2000, s. 461-462).

Postrumatická likvoreja

Likvoreja je posttraumatický výron mozgovomiechového moku z fyziologických dutín: nazálna dutina – rinorea, zvukovod – otorea. Príčinou vzniku rinorey je traumatické poškodenie skeletu spolu s ruptúrou dura mater v oblasti prínosových dutín (sinusov): frontálny, etmoidálny, sfenoidálny. Pri traumatickej trhline v pyramíde spánkovej kosti prechádza likvor cez Eustachovu trubicu. Ak je v takom prípade aj ruptúra bubienka prichádza k otorey. Takéto poranenie otvára cestu pre vznik závažných komplikácií akými sú meningitída, mozgový absces či empyém. CT vyšetrenie je spojené s použitím neionického kontrastnej látky a sledovaním jej prieniku defektom alebo jej prítomnosť v niektorej z prínosových dutín (Černocho, 2000, s. 461-462, Mumenthaler a Mattle, 2001, s. 125).

Postrauematická intrakraniálna infekcia

Infekcie sú časté u pacientov s penetračným kraniocerebrálnym poranením. Cestou vstupu infekčného agens býva fraktúra spodiny lebečnej a zároveň porušená dura mater v oblasti paranazálnych dutín a dutého systému spánkových kostí alebo samotné cudzie telesá preniknuté intrakraniálne. K infekcii môže prichádzať i iatrogénne. Mikroorganizmi nachádzajúce sa bežne na nosnej sliznici a vo zvukovodoch môžu po prieniku intracerebrálne spôsobiť meningitídu, mozgový absces alebo tvorbu empyému v potenciálnych priestoroch mozgových obalov. Diagnostika infekcie pomocou CT je komplikovaná a organizovaná je až s časovým odstupom (Černocho, 2000, s. 463).

Cudzie telesá intrakraniálne

Výskyt intrakraniálnych telies býva najčastejšie následkom strelných poranení. Keďže sa jedná o poranenia väčšinou veľkého rozsahu sú pomerne dobre pozorovateľné pomocou CT obrazov. Charakteristické sú nálezom fragmentov kostí, projektilov, prípadne cudzích telies z rôznych materiálov s odlišnou denzitou (kovy, sklo, drevo, plasty). Kovové fragmenty sú zdrojom artefaktov. Na CT obrazoch je zreteľná široká dráha s hemoragickým okolím nie vždy priameho smeru, finálna poloha projektilu (fragmentu, cudzieho telesa), rozsah a poškodenie konkrétnych oblastí parenchýmu či kostných štruktúr (Černocho, 2000, s. 464-466, Heřman, 2006, s. 100).

Pneumocefalus

Pneumocefalus je ďalšou sekundárnou zmenou po kraniocerebrálnych poraneniach, ktorá je znakom komunikácie kraniálneho priestoru s vonkajším prostredím a ohrozuje pacienta zápalovou vnútrolebečnou komplikáciou akou je meningitída, empyém či absces. Príčiny vzniku sú spoločné ako pri iných traumatických stavoch spojených s penetračným poranením. CT obrazom sú výrazne hypodenzné malé ložiská s ostrou hranicou alebo je pneumocefalus pozorovaný ako súvislá vzduchová kolekcia s hladinkou (Černocho, 2000, s. 462, Heřman, 2006, s. 98).

Posttraumatický hydrocefalus

Mozgovomiechový mok vzniká v komorovom systéme a z neho prúdi do cisterien na spodine a do subarachnoidálneho priestoru a časť vytvoreného objemu likvoru sa vstrebáva naspäť do venózneho obehu prostredníctvom durálnych splavov. V prípade vzniku obštrukcie v niektorej pasáži sa rozvíja obraz hydrocefalu. V prípade kraniocerebrálnych poranení býva blokáda likvorových ciest spôsobená krvnými koagulami hematómu a obliteráciou

rezorbčných plôch na povrchu mozgu. Na CT je pozorovateľná dilatácia komorového systému a hypodenzita v okolí. Pre diagnostické zobrazenie je vhodnejšia MR (Černoch, 2000, s. 466, Mumenthaler a Mattle, 2001, s. 115-118).

Posttraumatická atrofia mozgu

K atrofickým zmenám prichádza v blízkosti oblastí poškodených kontúziami alebo ischemiou. Celková atrofia je pravdepodobne spôsobovaná hypoxiou. Na CT obraze je možné pozorovať rozšírený subarachnoidálny priestor a dilatované komory a cisterny (Černoch, 2000, s. 466-467).

4.3 Ischemická náhla cievna mozgová príhoda

Cievna mozgová príhoda sa opisuje ako syndróm charakterizovaný náhlým vznikom klinického neurologického deficitu, ktorého príčinou je mozgová ischemia alebo hemorágia. CT umožňuje identifikovať pacientov s akútnym mozgovým infarktom, rozpoznať príčinu a sledovať pacientov po liečebnom výkone vrátane včasného odhalenia vzniku komplikácií. Akútna mozgová ischemia je najčastejšou príčinou imobility a jednou z najčastejších príčin úmrtí. V počiatočnej fáze poklesu perfúzie v ischemickom ložisku mozgu, zásobovanom príslušnou artériou pod 12 ml/100 g/minútu, sa začína rozvíjať nekrotický proces - jadro ischemie (core). Tkanivo závislé na obnovení perfúzie, ktoré ešte nepodľahlo nekrotickým zmenám je polotieň ischemie (penumbra). Obnovenie krvného prítoku v tkanive postihnutom ischemiou je jediným spôsobom cielenej terapie. Z toho dôvodu je na včasné preukázanie prítomnosti ischemie kladený veľký dôraz tak ako na skrátenie časového intervalu medzi prijatím pacienta a aplikáciou trombolytickej liečby (time to needle) (Ferda, et al., 2007, s. 232).

Ischemická CMP sa zobrazí pomocou CT do 48 hodín pod obrazom hypodenzity (Peterová, 2010, s. 91). Potupne za sebou nasledujúcimi spôsobmi diagnostiky akútnej mozgovej ischemie sú natívne CT, perfúzne CT a CT-angiografia.

Natívne CT sa vykonáva so šírkou vrstiev obvykle 5 mm. Obraz sa rekonštruje v úrovni supraorbitomeatálnej čiary v transverzálnej, koronárnej a sagitálnej rovine.

Pri CT perfúznom vyšetrení je aplikovaný bolus kontrastnej látky 30 ml s rýchlosťou 6 ml/s a následným preplachom fyziologickým roztokom 50 ml. Optimálna doba aplikácie je 5 sekúnd, čím sa zabezpečí prudký vzostup denzity a relatívne rýchly pokles po prvom priechode kontrastnej látky mozgom.

Záverečnou fázou je vyšetrenie CTA od úrovne oblúku aorty po vertex. Vyšetruje sa pomocou intravenózneho podania KL, ktorej celkový objem pri akútnej mozgovej ischémii nesmie presiahnuť 100 ml (Ferda, et al., 2007, s. 232-234).

Pomocou moderných prístrojov je možné vykonávať priamu subtrakciu skeletu a zároveň pri CT perfúznom vyšetrení zhotoviť farebné mapy zobrazujúce objem krvi pretekajúcej danou časťou mozgu (CBV - cerebral blood volume), prietok krvi mozgovými tkanivami (CBF - cerebral blood flow) a mapy priemernej doby perfúzie mozgu (MTT - mean transit time), vo všetkých prípadoch s kvantitatívnym zhodnotením. Táto technika umožňuje pri niektorých typoch traum lepšie odhadnúť následky poranenia, najmä posúdiť rozsah intrakraniálnych vazospazmov po subarachnoidálnom krvácaní (Bindu, et al., 2017, s. 269-272). NCMP, bola v Spojených štátoch amerických, v roku 2015 na piatom mieste v poradí príčin úmrtia (Taylor, et al., 2017, s. 6).

5 Kontrastné látky

Úlohou KL je zvýšiť kontrast pri zobrazovaní orgánov ich funkcie a anatomickej štruktúry. Najčastejšou aplikáciou je intravaskulárne podanie, teda intravenózne a intraarteriálne. Ďalším možným spôsobom aplikácie je podávanie per os, priamo do tkanív alebo preformovaných dutín ľudského tela.

Popis delenia

V súčasnej dobe sa v rádiodiagnostike používajú pri intravaskulárnom podaní pozitívne kontrastné látky obsahujúce jód. Jódové kontrastné látky (JKL) sú soli organických zlúčenín s obsahom jódu. JKL sú pozitívne kontrastné látky, produkované sú ako vodné a viskózne KL.

Vodné JKL sú hydrosolubilné, teda rozpustné vo vode. Sú najčastejšie používané a určené sú najmä pre intravaskulárne podanie ale je možné ich aplikovať aj enterálne. Jódové kontrastné látky sa delia na ionické a neionické. Ionické JKL sú vysokoosmolárne a neionické sú nízkoosmolárne JKL.

Viskózne pozitívne JKL sú olejové. V dnešnej dobe sa využívajú veľmi zriedka pri zobrazení lymfatických ciev – lymfografia a pri zobrazení príušných žliaz – sialografia.

Kontrastné látky menia zobraziteľnosť teda kontrast vyšetrovaného orgánu a pracujú na princípe zmeny denzity vyšetrovanej oblasti. Pozitívne KL pohlcovanie RTG žiarenia zvyšujú. Fungujú na báze prvkov, ktoré majú vyššie protónové číslo ako vyšetrované tkanivo alebo orgán. Negatívne KL pohlcovanie žiarenia znižujú (Seidl, 2012, s. 76-77).

Ďalej sa JKL radia do skupín podľa osmolarity na vysokoosmolárne, nízkoosmolárne a izoosmolárne.

Vysokoosmolárne kontrastné látky majú asi 7krát vyššiu osmolaritu oproti krvi a nízkoosmolárne majú osmolaritu vyššiu 2krát. Nízkoosmolárne KL vyvolávajú menej nežiaducich účinkov, preto sa odporúča ich použitie pri rizikových stavoch.

Incidencia nežiaducich alergoidných reakcií na nízkoosmolárne JKL je 0,2 – 0,7 %, pri vysokoosmolárnych JKL je 6 až 8 %. Vysokoosmolárne JKL sa môžu podať nerizikovým pacientom bez alergickej anamnézy a s normálnou funkciou obličiek. Premedikácia nie je potrebná. Nízkoosmolárne a izoosmolárne JKL sa odporúčajú podávať pri výkonoch bez novej potrebnej prípravy ako je perakútny výkon z vitálnej indikácie, kedy nie sú známe hodnoty renálnych funkcií, alergická anamnéza a údaj o dobe lačnenia nie je spoľahlivý. Tiež u detí do 15 rokov, pacientov nad 70 rokov, ďalej u alergických pacientov, astmatikov,

pacientov s dysfunkciou obličiek, diabetom, mnohopočetným myelómom, s transplantovanou obličkou, kumuláciou kontrastných vyšetrení, u NCMP a nestabilných pacientov (kardiálne zlyhávanie, pooperačný stav). Nízkoosmolárne a izoosmolárne JKL sa odporúčajú podávať i pri predchádzajúcej reakcii na JKL. V týchto prípadoch je potrebná premedikácia pacienta kortikoidmi (Věstník MZ ČR, 2016, [online]).

Nežiadúce účinky jódových kontrastných látok pri CT vyšetrení

Akútna nežiadúca reakcia je taká, ktorá sa objaví do 60 minút po podaní kontrastnej látky. Najvyšší výskyt nežiadúcich účinkov na kontrastné látky je po jódových KL. Nežiaduce účinky JKL delíme na: Alergoidné (hypersenzitívne) a chemotoxické reakcie (ESUR Guidelines 9.0, 2014, [online]).

Alergoidná (alergická) reakcia vzniká pri vaskulárnom podaní nezávisle na množstve podanej KL. Pri alergickej reakcii sa vyplavuje histamín a serotonín. Vzhľadom na časový údaj sa reakcia delí na akútnu a neskorú. Akútna reakcia sa prejaví hneď po prvých minútach po podaní KL. Neskorá sa objaví do 30 – 60 minút od podania KL. Ďalej sa alergické reakcie delia podľa závažnosti na ľahký, stredne ťažký a ťažký stupeň reakcie. Ľahký stupeň sa vyznačuje nevoľnosťou, škrabaním v hrdle dôsledkom zvýšenej sekrécie hlienu v dýchacích cestách a slinných žľazách. Veľmi častým príznakom je začervenanie – urtika, erytém. Stredne ťažký stupeň je charakteristický tachykardiou s hypotenziou, zimnicou, bronchospazmom a laryngospazmom. Pacient je nekludný, dyspnoický má subjektívny pocit dusenia sa. Pri ťažkej generalizovanej alergoidnej reakcii na KL môže dôjsť ku kardiovaskulárnemu zlyhaniu. Najťažšou reakciou je anafylaktický šok (Seidl, 2012, s. 77-78).

Chemotoxická reakcia predstavuje priame ovplyvnenie určitého orgánu. Reakcia vzniká pri vaskulárnom podaní závisle na množstve podanej KL. Chemotoxická reakcia je typická pre JKL. Predovšetkým sem patrí neurotoxicita, kontrastná nefropatia, kardiotoxicita a pulmonálne reakcie. Dôležitou zásadou pri znížení chemotoxicity je podávať čo najmenšie množstvo JKL a dostatočne hydratovať pacienta pred vyšetrením aj po vyšetrení (Věstník MZ ČR, 2016, [online]). Chemotoxická reakcia sa delí podľa závažnosti na ľahký, stredne závažný a ťažký stupeň reakcie. Ľahký stupeň sa prejavuje nauzeou, ľahkým zvracaním, teplom alebo zimnicou, úzkosťou, vasovagálnou reakciou so spontánnou úpravou. Pre stredne závažný stupeň je typické masívne zvracanie a vasovagálna synkopa. Pri ťažkom stupni dochádza ku kŕčom a kardiálnym arytmiám (ESUR Guidelines 9.0, 2014, [online]).

Príprava pacienta pred podaním JKL, prevencia nežiaducich účinkov

Pri natívnom CT vyšetrení pacienta nie je potrebná špeciálna príprava pacienta. Pri CT vyšetrení s JKL je nutné dodržiavať určité pravidlá. Pred aplikáciou JKL je potrebné zabezpečiť primeranú hydratáciu pacienta. Mimoriadnu pozornosť si vyžadujú starší pacienti a všetci pacienti v horúcich letných dňoch. U pacientov s kontrastnou nefropatiou sa odporúča 24 hodín pred aplikáciou i po nej zvýšiť príjem tekutín perorálne. Pacientom sa nepodáva tuhá strava 4 hodiny pred vyšetrením a je potrebné znížiť príjem tekutín perorálne na 100 ml/hodina. Odporúča sa 6 hodín pred podaním JKL, hydratovať pacienta 0,9% roztokom NaCl rýchlosťou 1,0 – 1,5 ml/kg/hod. U pacientov s rizikom srdcového zlyhania je potrebné dávku tekutín upraviť. Je potrebné pred výkonom zistiť alergickú anamnézu pacienta vrátane informácie o predchádzajúcej aplikácii JKL. Je nevyhnutné mať zabezpečený periférny cievny prístup pre podanie JKL a možnú liečbu nežiaducich účinkov. Z dôvodu prevencie kontrastnej nefropatie je dôležité mať k dispozícii aktuálne hodnoty hladiny kreatinínu v sére. Vlastnou prevenciou kontrastnej nefropatie je aplikácia nízkoosmolárnych a izoosmolárnych JKL a uprednostňovať JKL s nízkou viskozitou. Odporúča sa 48 hodín pred aplikovaním JKL nepodávať perorálne antidiabetiká (biguanidy), nesteroidné antirevmatika a iné nefrotoxické látky.

Aplikácia kontrastných látok

Intravaskulárna kontrastná látka sa podáva ak je to možné pacientom v ležiacej polohe. Pri kraniálnom tomografickom vyšetrení sa všeobecne podáva pokiaľ možno ako intravaskulárny bolus 1 - 2 ml kontrastnej látky na kilogram telesnej hmotnosti, rýchlosťou 2 - 5 ml/s najlepšie s využitím tlakového injektora počas 2 - 6 minút. V prípade pomalého vyšetrenia, ktorého priebeh je rozdelený na dve fázy sa polovica jednotlivej dávky aplikuje počas 3 minút a zvyšok počas 10 minút aby sa zabezpečila pokiaľ možno konštantná, aj keď nie maximálna hladina v krvi. Pri zobrazovaní hlavy sa snímky zvyčajne zobrazujú 2 minúty po podaní kontrastnej látky. Čas zobrazenia a zvýšenie kontrastu závisí od vaskularizácie, nedostatku krvi, hemato-encefalickej bariéry ako aj rozsahu patologickej lézie. Cerebrálna angiografia sa vykonáva selektívnou katetrizáciou, ktorá môže vyžadovať opakované podanie množstva 5 – 10 ml. Pri vyšetreniach ostatnej časti tela pomocou počítačovej tomografie závisí jednotlivá dávka a rýchlosť podávania od oblasti, ktorá sa znázorňuje, klinických okolností, diagnostického problému a najmä od rôznych skenovacích a rekonštrukčných časov použitého prístroja, ktorým sa vyšetruje. Vo všeobecnosti sa jednotlivé dávky kontrastnej

látky vstreknú v množstve 1 - 2 ml na kilogram telesnej hmotnosti. Odporúča sa využitie automatického tlakového injektora a sledovanie zvyšovania sa intenzity (vrchol, čas a trvanie zosilnenia) v oblasti záujmu (bolus tracking) z dôvodu optimalizácie účinku intravenózne podaného bolusu (80 – 150 ml). Pomocou helikálneho CT v jednoradovom, ale najmä viacradovom prístroji sa dosiahne rýchle získanie množstva údajov už v priebehu jediného zadržania dychu. Pri intravaskulárnom podaní sa dávkovanie a rýchlosť aplikácie musí prispôbiť v závislosti od faktorov ako je telesná hmotnosť, prietok krvi, predpokladaný klinický problém, stupeň a rozsah požadovaného zvýraznenia, vyšetrovacia metóda, štruktúra alebo oblasť, ktoré majú byť skúmané v procese ochorenia, ktoré postihuje pacienta. Dávky v príbalových informáciách výrobcov sú len odporúčané a predstavujú bežné dávky pre priemerného dospelého človeka s telesnou hmotnosťou 70 kg. Podanie vyššej dávky ako je odporúčané môže viesť k ohrozeniu vitálnych funkcií, nežiaducim reakciám, najmä účinkom na pulmonálny a kardiovaskulárny systém. Pri predávkovaní je nevyhnutné rýchle začatie symptomatickej liečby a predovšetkým podpora všetkých vitálnych funkcií. Na vylúčenie niektorých JKL sa môže použiť hemodialýza. V prípade intrakraniálnej infiltrácie kontrastnej látky sa odporúča preventívna perorálna antikonvulzívna liečba diazepamom alebo barbiturátmi po dobu 24 až 48 hodín. Priemerný polčas eliminácie z organizmu sú približne 2 hodiny. Kontrastná látka s obsahom jódu sa vylučuje prevažne renovaskulárnym systémom. U jedincov bez poškodenia vylučovacieho systému sa po intravenózne aplikácii vylúči močom približne 80 % nemetabolizovaného podielu z podanej dávky po 4 hodinách a 97 % po 24 hodinách. Najvyššia koncentrácia látky v moči je približne 1 hodinu po podaní. Stolicou sa v priebehu 72 hodín vylúči iba približne 1,2 % z podanej dávky.

Dávkovanie a výpočet možnej dávky JKL

U pacientov s normálnou funkciou obličiek s hladinou kreatinínu v sére <100µmol/l a pri dostatočnej hydratácii je horná orientačná hranica dávky do 300 ml JKL s koncentráciou 300 mg jódu/ml. U pacientov so zhoršenou funkciou obličiek, kedy je hladina kreatinínu v sére 130 – 300 µmol/l klesá maximálna doporučená dávka pod 150 ml s koncentráciou 300 mg jódu/ml. Pri optimálnej hydratácii sa dá vypočítať maximálna dávka JKL u pacientov s poškodením renálnych funkcií podľa vzorca:

Objem JKL (300 mg jódu/ml) v ml = [5 x hmotnosť (max.60 kg)] / [hladina kreatinínu µmol/l/88] (Věstník MZ ČR, 2016, [online]).

Veľkosti balenia používaných látok sú všeobecne od 10 ml po 500 ml. Obal je

štandardne z bezfarebného skla s gumovou zátkou, hliníkovou obrubou a farebným závesom. Balenie treba chrániť proti nadmernému ionizujúcemu žiareniu (slnečné svetlo, germicidy).

Na prepichnutie gumovej zátky sa musí použiť špeciálna kanylová ihla najlepšie s dlhým hrotom a max. priemerom 18 G. Nikdy sa nesmie prepichnúť viac krát aby nepreniklo veľké množstvo mikročastíc z gumovej zátky do roztoku. Z jednej fľaše obsahujúcej kontrastnú látku sa nesmie odobrať viac dávok. Akýkoľvek zvyšok kontrastnej látky sa nesmie použiť pri ďalšom vyšetrení a musí sa znehodnotiť obsah v striekačke spolu so spájajúcimi hadičkami. Pri viacnásobnom používaní 500 ml fliaš sa roztok kontrastnej látky musí aplikovať pacientovi v aseptických podmienkach automatickým injektorom alebo inými schválenými postupmi, ktoré zabezpečujú sterilitu kontrastnej látky napr. s využitím zariadenia určeného pre viacnásobné použitie. Hadičky k pacientovi sa musia vymieňať po každom vyšetrení kvôli nožnej kontaminácii krvou. Kontrastná látka sa natiahne do striekačky alebo infúzna fľaša sa pripojí k infúznemu setu až bezprostredne pred vyšetrením. Balenie roztoku kontrastného média je vhodné pred použitím zahriať na telesnú teplotu a musí sa pred použitím vizuálne posúdiť. Nesmie sa použiť v prípade poškodeného originálneho obalu, výskytu zmeny farby, prítomnosti viditeľných častíc, mliečneho zákalu alebo sedimentu na dne či plávajúcich kryštálov (Databáza liekov a zdravotníckych pomôcok, 2016, [online]).

Kontrastná látka sa podáva výhradne na pracoviskách kde sú zabezpečené liečebné prostriedky na terapiu nežiaducich reakcií a kardiopulmonálnej resuscitácie. Na pracoviskách je personál vyškolený v resuscitačných postupoch a používaní adekvátnych dostupných prístrojov z dôvodu možných náhlych závažných život ohrozujúcich stavov. Rizikového pacienta je potrebné premedikovať kortikoidmi minimálne 6 – 12 hodín pred aplikáciou JKL. Za premedikovaného pacienta preberá zodpovednosť lekár, ktorý naordinoval premedikáciu. Pri pacientoch, u ktorých hrozí renálna dysfunkcia lekár doplní žiadanku o aktuálnu hodnotu kreatinínu v sére. V ideálnom prípade uvedie hodnotu najspoľahlivejšieho indikátora renálnej funkcie a to hodnotu glomerulárnej filtrácie (Věstník MZ ČR, 2016, [online]).

5.1 Kontraindikácie aplikácie JKL, rizikové stavy

Za relatívnu kontraindikáciu sa považuje ťažká alergická reakcia na predošlú aplikáciu JKL, závažné poruchy funkcie obličiek a pečene pri ktorých je kreatinín $> 300 \mu\text{mol/l}$, tyreotoxikóza, mnohopočetný myelom. Ďalej sa uvádza ako relatívna kontraindikácia aj vyšetrenie a liečba rádioaktívnymi izotopmi jódu. Je vylúčené 2 mesiace pred plánovanou liečbou a izotopovým vyšetrením štítnej žľazy aplikovať JKL (Seidl, 2012, s. 79). Komplikácie pri aplikácii JKL vznikajú u pacientov s alergiou na jód vrátane polyvalentných alergií a inými chronickými stavmi. Komplikácie pri podaní JKL sa môžu objaviť pri akútnych či perakútnych vyšetreniach kedy nie sú známe súčasné hodnoty renálnych funkcií. Tiež pri neznámej alergickej anamnéze a nestabilnom klinickom stave pacienta. K nestabilným stavom patrí napríklad srdcové zlyhávanie a pooperačné stavy. Pri stavoch kde hrozí veľké riziko komplikácií pri aplikovaní JKL až kontraindikácia podania JKL je potrebné posúdiť vykonanie iného typu vyšetrenia prípadne podať náhradnú kontrastnú látku (Peterková, 2010, s. 91-92).

U žien vo fertílno m veku a počas gravidity je nutné urobiť primerané vyšetrenia a opatrenia bez ohľadu na to, či sa vyšetrenie radiačným ožiarením má vykonať s kontrastnou látkou alebo bez nej. Jódové kontrastné látky sa nevyklučujú do ľudského materského mlieka. Je zvlášť nevyhnutné posúdiť pomer prínosu a rizika diagnostického výkonu.

Sú známe špecifické chorobné stavy u ktorých použitie kontrastnej látky znamená vysoké riziko nežiaducich často až fatálnych komplikácií. Precitlivenosť alebo reakcia na jódované kontrastné látky v anamnéze. Alergická predispozícia ako je senná nádcha, žihľavka a alergia na potraviny. Pacienti s bronchiálnou astmou najmä ak užívajú beta-blokátory. Pacienti s tyreotoxikózou, renálnou insuficienciou, diabetom, myastheniou gravis a ďalšími (Databáza liekov a zdravotníckych pomôcok, 2016, [online]).

Premedikácia rizikového pacienta.

U týchto pacientov sa odporúča 12 – 18 hodín pred aplikáciou JKL podať Prednison tbl. 40 mg, 6 – 9 hodín pred aplikáciou JKL podať Prednison tbl. 20 mg. Kortikoidy a antihistaminiká podávame intravenózne iba v akútnych prípadoch, kedy nie je čas pacienta štandardne premedikovať. Odporúča sa premedikovať pacienta v spolupráci s anesteziológom počas celej doby vyšetrenia s podaním JKL pri závažných prípadoch alergie. Po aplikácii JKL sa odporúča pozorovať pacienta aspoň 30 minút po výkone (Seidl, 2012, s. 79).

Kontrastná nefropatia spôsobená podaním JKL.

Kontrastná nefropatia (KN) je stav, ktorý vzniká po podaní JKL a vedie k akútnemu zhoršeniu obličkových funkcií, pri ktorom bola vylúčená iná príčina KN. Určuje sa zvýšenou hladinou kreatinínu v sére o viac ako 25 % alebo 44 $\mu\text{mol/l}$ v priebehu 48 hodín v porovnaní s hladinou kreatinínu v sére pred aplikáciou JKL. Incidencia u pacientov s rizikovým faktorom sa pohybuje okolo 25 %, u pacientov s normálnou hladinou kreatinínu v sére je to 0 – 10 %. Rozvoju kontrastnej nefropatie nie je možné účinne zabrániť ani hemodialýzou vykonanou v krátkom čase po aplikácii JKL. Riziko rozvoja KN stúpa hlavne v spojení s diabetickou nefropatiou, dehydratáciou, kardiálnou dekompenzáciou, čerstvým infarktomyokardu (<24 hod.), periprocedurálnou hypotenziou, nízkym hematokritom, vekom nad 70 rokov, súbežným podaním nefrotoxických liečiv (metformín, gentamycín, cisplatina, nesteroidné antiflogistiká, imunosupresíva) a kumuláciou kontrastných vyšetrení v blízkej minulosti (Věstník MZ ČR, 2016, [online]).

5.2 Liečba akútnych nežiaducich reakcií

Anafylaktická reakcia ohrozuje priamo pacientov život. Lieky a prístroje prvej voľby sú kyslík, adrenalín 1 : 1000, H1 antihistaminikum v intravenózne forme, atropín, dávkovací inhalátor β_2 agonistov, intravenózne tekutiny (fyziologický alebo Ringerov roztok), antikonvulzívne lieky, tonometer, ambuvak. Pri generalizovanej anafylaktickej reakcii je potrebné zavolať resuscitačný tím. V prípade potreby odsat' dýchacie cesty a podať kyslík maskou s prietokom 6 – 10 l/min. Pri hypotenzii zodvihne dolné končatiny nad úroveň srdca. Podľa stavu pacienta zvážiť podanie adrenalínu i.m. u dospelých v dávke 0,5mg. V prípade potreby podanie adrenalínu zopakovať. U detských pacientov vo veku od 6 do 12 rokov je dávka 0,3 mg i.m. a u detí do 6 rokov je dávka 0,15 mg i.m. Podávame tekutiny i.v. fyziologický alebo Ringerov roztok. Podľa stavu pacienta je potrebné zvážiť H1 blokátor, napr., difenhydramin 25 – 50 mg i.v. (ESUR Guidelines 9.0, 2014, [online]).

Pri nevoľnosti a zvracaní sa odporúča zahájiť podpornú liečbu a treba zvážiť podanie antiemetík. Ťažké zvracanie sa môže objaviť v priebehu anafylaktickej reakcie.

Pri urtike je potrebná observácia a podporná liečba. Treba zvážiť podanie H1 antihistaminika intramuskulárne alebo intravenózne, ďalej podanie adrenalínu 1 : 1000 v množstve 0,1 - 0,3 ml (0,1-0,3 mg) i.m. u dospelých, 50 % dávky pre dospelých sa podáva deťom vo veku od 6 do 12 rokov a 25 % dávky pre dospelých sa odporúča podať deťom do 6

rokov. V prípade potreby sa aplikáciu opakuje. Pacient by mal byť sledovaný pretože urtika môže predchádzať anafylaxii (ESUR Guidelines 9.0, 2014, [online]).

Prvou voľbou pri bronchospazme je podať pacientovi kyslík kyslíkovou maskou s prietokom 6 – 10 l/min. 2-3 krát zhlboka vdýchnuť β -2 agonista dávkovacím inhalátorom. Podľa stavu pacienta podať adrenalín. Pri normálnej hodnote krvného tlaku sa podáva 0,1-0,3 mg adrenalínu intramuskulárne. V prípade potreby sa aplikácia opakuje.

Pri hypotenzii je efektívne zdvihnúť dolné končatiny nad úroveň srdca, kyslík maskou. Zabezpečí sa venózna hydratácia fyziologickým alebo Ringerovým roztokom. Pri nedostatočnej predchádzajúcej liečbe sa podáva adrenalín v dávke 0,5 mg i.m. dospelým, 0,3 mg i.m. deťom vo veku 6 - 12 rokov a 0,15 mg i.m. deťom do 6 rokov. Prvou voľbou pri vagovej reakcii (hypotenzia a bradykardia) je elevácia dolných končatín a nasleduje podanie kyslíka maskou. Podľa stavu pacienta je potrebné zvážiť podanie atropínu 0,6 – 1,0 mg i.v. v prípade potreby sa podanie atropínu zopakuje po 3 – 5 minútach až do maximálnej dávky 3 mg u dospelých. U detí sa podáva atropín v dávke 0,02 mg/kg i.v. pričom maximum v jednej dávke je 0,6 mg. V prípade potreby sa podanie atropínu zopakuje až do celkovej dávky 2 mg. Podávajú sa tekutiny formou rýchlej infúzie i.v. fyziologický alebo Ringerov roztok (ESUR Guidelines 9.0, 2014, [online]).

Je dôležité každú akútnu nežiaducu reakciu na KL viditeľne zaznamenať do dokumentácie pacienta, kvôli ďalšiemu možnému vyšetreniu. Odporúča sa zaznamenať každú alergickú reakciu, ktorá vyžadovala medikamentóznú liečbu. Mierne príznaky po aplikácii KL, ktoré nevyžadovali liečbu by sa nemali zaznamenávať do dokumentácie. Tieto príznaky môžu byť spôsobené úzkosťou (Lalliho efekt) alebo ochorením pacienta a nemusia súvisieť s aplikáciou KL (ESUR Guidelines 9.0, 2014, [online]). Pokiaľ by sa takéto príznaky zaznamenali mohlo by byť v budúcnosti pacientovi odmietnuté klinicky dôležité vyšetrenie. Záznam o akútnych nežiaducich reakciách by mal obsahovať hladinu tryptázy v sére ihneď a za dve hodiny po prebehnutí reakcie. Dôležitou súčasťou je kožný test vykonaný mesiac po reakcii z dôvodu overenia či ide naozaj o alergickú reakciu na KL (ESUR Guidelines 9.0, 2014, [online]).

6 Úloha a pozícia rádiologického asistenta

Rádiologický asistent je samostatne pracujúci odborník, ktorý samostatne vykonáva odborné pracovné činnosti v rádiológii, radiačnej onkológii a nukleárnej medicíne, ktoré zodpovedajú rozsahu a obsahu jeho získaného vzdelania. Na týchto oddeleniach vykonáva pracovné odborné činnosti s potrebou širokého odborného rozhľadu a s vysokou zodpovednosťou pri práci v týchto odboroch.

Odborná spôsobilosť na výkon odborných pracovných činností sa získava nadobudnutím vysokoškolského vzdelania prvého stupňa v bakalárskom študijnom programe (Bc.) v študijnom odbore rádiologická technika alebo vyššieho odborného vzdelania (VOV) v študijnom odbore diplomovaný rádiologický asistent (SR, Zz. MZ, 296/2010). Pomaturitným štúdiom sa získavajú primerané vedomosti z vedných oblastí, na ktorých sú založené pracovné činnosti rádiologického asistenta, je to najmä topografická anatómia a patológia, rádiologická ochrana na pracoviskách používajúcich ionizujúce žiarenie, nukleárna medicína, klinická a radiačná onkológia. Samozrejmom súčasťou štúdia je klinická prax v zdravotníckych zariadeniach na pracoviskách rádiológie, počítačovej tomografie, nukleárnej magnetickej rezonancie, rádioterapie, intervenčnej rádiológie a nukleárnej medicíny.

Rádiologický asistent je aplikujúcim odborníkom a nositeľom klinickej zodpovednosti za praktické prevedenie medicínskeho ožiarenia pri vyšetrení pomocou CT. Konkrétnejšie sú jeho hlavnou úlohou nasledovné činnosti, za ktoré preberá klinickú zodpovednosť. Je to najmä technicky správne vykonanie medicínskeho ožiarenia, organizácia okolo uloženia pacienta do vyšetrovacej polohy, optimálne nastavenie projekcií a expozičných parametrov, praktická spolupráca s ostatným zdravotníckym personálom, vypracovanie riadne vyplneného záznamu o ožiarení, zabezpečovanie správneho nakladania so záznamovým materiálom diagnostického zobrazenia (výsledky CT skenovania) a v neposlednej rade poskytovanie relevantných informácií o riziku ionizujúceho žiarenia vyšetrovaným osobám (Věstník MZ ČR, 2016, [online]).

6.1 Postup vyšetrenia, dokumentácia

Samotné CT vyšetrenie sa vykonáva na základe odporúčenia indikujúceho lekára. Ten pri indikácii berie do úvahy účinky, prínosy a rizika iných dostupných metód, ktoré vedú k rovnakému cieľu ale nevystavujú pacienta ionizujúcemu žiareniu, prípadne pracujú s nižším zaťažením pacienta žiarením. Indikujúci lekár je odborník, ktorý po odobratí anamnézy a poučení pacienta (riziká, komplikácie, príprava) vystaví a podpíše žiadanku na vyšetrenie.

Žiadanka obsahuje nasledovné povinné náležitosti:

- identifikácia pacienta: celé meno, číslo poistenca, zdravotná poisťovňa
- výška, hmotnosť pohlavie pacienta
- špecifikácia vyšetrenia (modalita a oblasť)
- klinická diagnóza (kód, slovom)
- indikácia – očakávaný prínos vyšetrenia (klinická otázka)
- kontraindikácie podania kontrastných látok a ďalšie skutočnosti s tým spojené
- informácie o prípadnej gravidite
- informácie o predchádzajúcich aplikáciách rádionuklidov a IZ, ktoré by mohli mať význam pre uvažované vyšetrenie alebo liečbu
- meno a podpis indikujúceho lekára, razítko odborného pracoviska
- dátum vystavenia žiadanky

Indikácie uvedené v žiadanke posudzuje lekár – špecialista, ktorý po zhodnotení a zvážení výtťažnosti vyšetrenia, určí pracovisko, konkrétny zdroj IZ, termín a čas pre výkon vyšetrenia.

Medzi záznamy lekárskeho ožiarenia teda najmä patrí:

- úplne vyplnená žiadanka
- záznam o ožiarení
- záznam diagnostického zobrazenia (CT obrázky)
- diagnostický popis rádiologického obrazu
- záznam o aplikácii KL (typ, objem)
- záznam priamo súvisiaci s kvalitou rádiologického použitého zariadenia (servisné skúšky, opravy a i.).

Ďalším dokumentom je písomný informovaný súhlas pacienta. Zaisťuje ho indikujúci lekár alebo lekár-špecialista. Bez súhlasu pacienta je možné vykonávať vyšetrenie ak je pacientovi uložené povinné liečenie, ak ohrozuje seba alebo okolie (duševne chorý,

intoxikovaný), ak je pacient v bezvedomý a jedná sa o neodkladný úkon vedúci k záchrane jeho života, ak ide o nosiča infekčného ochorenia ďalej sú to pacienti zbavený svojprávnosti na právne úkony. Ak je vyšetrenie nutné môže sa pacient podrobiť farmakologickej príprave pod dozorom kvalifikovaného anesteziológa (celková anestézia, analgosedácia).

Pri CT vyšetrení neexistujú absolútne kontraindikácie. Relatívne kontraindikácie sú: gravidita, detský vek, klaustrofóbia, kontraindikácie podania kontrastných látok, hmotnosť a nadmerné rozmery pacienta presahujúce možnosti prístroja (otvor v gantry, nosnosť vyšetrovacieho lôžka) (Věstník MZ ČR, 2016, [online]).

Pred samotným vyšetrením preberá RA dokumentáciu a bezpečne identifikuje pacienta. Pokiaľ možno odstráni sa kovové predmety ležiace v oblasti záujmu, následuje uloženie pacienta, fixácia polohy, prípadné zabezpečenie venózneho prístupu. Na vyšetrovacie lôžko je pacient uložený v priamej ose kolmej na rovinu otvoru gantry. V prípade potreby podania kontrastnej látky sa pripája pretlakový injekčný automat a nastaví sa parametre špeciálneho softwaru na obrazovke v miestnosti pracovnej stanice. Pracovná stanica je spojená s vlastným pracoviskom (miestnosť s CT prístrojom) hlasovým komunikačným zariadením. Súčasťou stanice je aj vybavenie pre spracovanie rekonštrukčných programov alebo 3D obrazov a monitory obrazového, archivačného a komunikačného systému PACS (Vomáčka, et al., 2015, s. 42-45).

Vyšetrenie na CT začína vyhotovením plánovacieho skenu – topogramu. Zobrazuje sa ním vyšetrovaná oblasť a jej najbližšie okolie. Výrazné nežiaduce prekročenie rozsahu vyšetrovanej oblasti pri zobrazení je neopodstatnené. Topogram pri akútnom CT mozgu pripomína skiagrafický obraz bočnej projekcie hlavy. Zachytáva oblasť od spodiny lebečnej a končí na hornom okraji kalvy. Topogram sa zhotovuje pokiaľ je to možné s použitím nižšieho napätia ako 120 kV a nepoužíva sa na diagnostické úkony. Vyšetrujúci ďalej nastavuje rad akvizičných parametrov za použitia štandardných vyšetrovacích protokolov. Je možné nastaviť expozíciu, kolimáciu, posun stolu na jednu rotáciu röntgenky, rýchlosť rotácie systému gantry. Výsledkom skenovania sú surové dáta (raw data), ktoré sú využívané pri postprocessingovom spracovaní na tvorbu rekonštruovaných obrazov (Vomáčka, et al., 2015, s. 44-45). Ak systém umožňuje využíva sa automatická kontinuálna modulácia dávky teda automatická zmena hodnôt mA v osiach X,Y,Z. Kontrast mäkkých tkanív, kontrast prítomnej jódovej látky a zníženie absorbovanej dávky u detí a štíhlych dospelých sa dosiahne znížením napätia. Moderné prístroje využívajú automatické nastavenie napätia vzhľadom na výsledky

topogramu, ďalej využívajú iteratívnu rekonštrukciu CT obrazu na zníženie úrovne šumu a redukciu dávky o 20 – 40% oproti filtrovanej spätnej projekcii (Věstník MZ ČR, 2016, [online])

6.2 Protokol CT mozgu

Základnou náplňou vyšetrovacej práce asistenta na CT je znalosť indikácií a s nimi spojených protokolov. Mozog sa vyšetruje natívne, s podaním KL i.v. alebo kombináciou oboch. Urgentné stavy sa vyšetrujú bez špeciálnej prípravy a v prípade podania KL so štandardnou prípravou pred podaním. Pacient je uložený na chrbát, nehýbe sa, hlava sa fixuje bez záklonu v stredovej osi stola. Topogram je bočný a zachytáva oblasť od spodiny lebečnej po vrchol kalvy. Voľba napätia na röntgenke je max 130 kV. Prúd a expozičný čas čo najnižší pri dosiahnutí požadovanej kvality obrazu: 300 – 350 mAs. Index dávky CT (CTDIvol) 45 – 55 mGy. Kolimácia u MDCT obvykle 0,5 – 1,2 mm. Pitch 0,6 – 1,0. Hrúbka rekonštruovanej vrstvy 4 – 6 mm. KL i.v. sa aplikuje do periférnej žily injekčným automatom rýchlosťou 2 ml/s s celkovým objemom 60 ml + 20 ml fyziologického roztoku. Posun začiatku skenovania sa nastavuje na 60 – 80 s. Pri CT vyšetrení mozgu sa posudzuje zároveň stav skeletu a za tým účelom sa zhotovujú aj kostné skeny so šírkou 1,25 mm pri podozrení na fraktúru spodiny lebečnej (Věstník MZ ČR, 2016, [online]).

Záver

Zámerom bakalárskej práce bolo vytvoriť súbor dostupných validných a relevantných informácií potrebných pre plnohodnotné plnenie pracovných povinností a úloh vyplývajúcich z metodiky diagnostického postupu akútneho vyšetrenia mozgu pomocou počítačovej tomografie. Cieľom bola sumarizácia poznatkov z konkrétnych medicínskych oblastí priamo súvisiacich z diagnostickou modalitou, ktorá je metódou voľby pri traumatických kraniocerebrálnych poraneniach a akútnej zmene neurologickej symptomatológie. Pri akútnom vyšetrení mozgu sú na zobrazovacie metódy ako aj na špecializovaného rádiologického asistenta kladené veľké nároky. Diagnostická výťažnosť akútneho CT mozgu zohráva podstatnú úlohu v ďalšom priebehu života postihnutého nielen z medicínskeho hľadiska. Včasne diagnostikovaná porucha a adekvátne intervencia, dokázu v mnohých prípadoch zabezpečiť postihnutému návrat do plnohodnotného života. Po preštudovaní tejto práce nadobudne čitateľ základný prehľad o potrebných poznatkoch týkajúcich sa konkrétneho, často život zachraňujúceho vyšetrenia.

Zoznam použitej literatúry

10 Facts about TBI [online]. *Www.center-tbi.eu*: Edegem: Antwerp University Hospital, 2018 [cit. 2018-01-13]. Dostupné z: www.center-tbi.eu/patients/facts

AMYOT, Franck, David B. ARCINIEGAS, Michael P. BRAZAITIS, et al. A Review of the Effectiveness of Neuroimaging Modalities for the Detection of Traumatic Brain Injury. *Journal of Neurotrauma* [online]. 2015, 32(22), 1693-1721 [cit. 2017-09-11]. DOI: 10.1089/neu.2013.3306. ISSN 0897-7151. Dostupné z: <http://online.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2013.3306>

BARTELS, Ronald HMA, Frederick JA MEIJER, Hans VAN DER HOEVEN, Michael EDWARDS a Mathias PROKOP. Midline shift in relation to thickness of traumatic acute subdural hematoma predicts mortality. *BMC Neurology* [online]. 2015, 15(1), - [cit. 2017-10-18]. DOI: 10.1186/s12883-015-0479-x. ISSN 1471-2377. Dostupné z: <http://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-015-0479-x>

Basic Information about Traumatic Brain Injury and Concussion [online]. *Www.cdc.gov*: Atlanta, USA: National Center for Health Statistics., 2016 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/basics.html>

BEŇUŠKA, Jozef. *Anatómia pre nelekárske študijné odbory*. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 2005. ISBN 802231997x.

BEŇUŠKA, Jozef. *Anatómia pre nelekárske študijné odbory*. Bratislava: Vydavateľstvo UK, 2005. ISBN 8022319988.

BINDU, TS, Sameer VYAS, Niranjan KHANDELWAL, Vikas BHATIA, Sivashanmugam DHANDAPANI, Ajay KUMAR a ChiragK AHUJA. Role of whole-brain computed tomography perfusion in head injury patients to predict outcome. *Indian Journal of Radiology and Imaging* [online]. 2017, 27(3), 268- [cit. 2018-03-14]. DOI: 10.4103/ijri.IJRI_454_16. ISSN 0971-3026. Dostupné z: <http://www.ijri.org/text.asp?2017/27/3/268/215585>

BRAŽINOVÁ, Alexandra, Marek MAJDAN, Walter MAURITZ, Martin RUSNÁK a Zuzana SKLENÁROVÁ. *Úrazy mozgu a verejné zdravotníctvo*. Trnava: TYPI UNIVERSITATIS TYRNAVIENSIS, 2013. ISBN 9788080826628.

CEPEDA, Santiago, Pedro A. GÓMEZ, Ana María CASTA O-LEON, Rafael MARTÍNEZ-PÉREZ, Pablo M. MUNARRIZ a Alfonso LAGARES. Traumatic Intracerebral Hemorrhage: Risk Factors Associated with Progression. *Journal of Neurotrauma* [online]. 2015, 32(16), 1246-1253 [cit. 2017-10-29]. DOI: 10.1089/neu.2014.3808. ISSN 0897-7151. Dostupné z: <http://online.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2014.3808>

ČECH, Pavel. Godfrey Newbold Hounsfield (1919 –2004). *Časopis lékařů českých*. 2015, 154(3), 151-152. ISSN 0008-7335. Dostupné z: <http://www.prolekare.cz/casopis-lekaru-ceskych-clanek/godfrey-newbold-hounsfield-1919-2004-52960>

ČERNOCH, Zdeněk, 2000. *Neuroradiologie*. Hradec Králové: Nucleus HK. ISBN 80-901-7539-2.

Databáza liekov a zdravotníckych pomôcok. www.sukl.sk [online]. Slovenská verzia, 2016/12 [cit. 2017-12-15]. Dostupné z: http://old.sukl.sk/buxus/generate_page.php?page_id=386&lie_id=87294

ESUR Guidelines 9.0,: Contrast Media Guidelines. [Http://www.esur.org/esur-guidelines/](http://www.esur.org/esur-guidelines/): www.esur.org/esur-guidelines/ [online]. Germany: Springer, 2014, 2014/7 [cit. 2017-11-14]. Dostupné z: <http://www.esur-cm.org/index.php/en/homepage-3>

FERDA, Jiří, Jan KASTNER, Boris KREUZBERG, Milan NOVÁK a Vladimír ROHAN, 2007. *Česká radiologie: Zobrazení akutní mozkové ischemie*[online]. Praha: Galén, **61**(3) [cit. 2017-10-13]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703_01.pdf

FUJIMOTO, Kenji, Tadahiro OTSUKA, Kimio YOSHIKATO a Jun-ichi KURATSU. Predictors of rapid spontaneous resolution of acute subdural hematoma. *Clinical Neurology and Neurosurgery* [online]. 2014, 118, 94-97 [cit. 2017-10-24]. DOI: 10.1016/j.clineuro.2013.11.030. ISSN 03038467. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0303846713004939>

GUIDELINES ON RADIATION DOSE TO THE PATIENT. [online] [cit. 2017- 12.11] <http://www.dr.dk/guidelines/ct/quality/mainindex.htm>.

HOLIBKOVÁ, Alžběta. Videoatlas anatomie. *Výukový portál LF UP Olomouc* [online] 26.4.2012, poslední aktualizace 30.5.2014 [cit. 2017-10-15] Dostupný z WWW: <<http://mefanet.upol.cz/clanky.php?aid=70>>. ISSN 1804-5936.

HEŘMAN, Miroslav. *Akutní CT mozku: atlas nálezů*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2006. ISBN 8024412292.

HEŘMAN, Miroslav, 2007. *Česká radiologie: NEINVAZIVNÍ DIAGNOSTIKA SUBARACHNOIDÁLNÍHO KRVÁCENÍ* [online]. Praha: Galén, 61(3) [cit. 2017-10-13]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703_04.pdf

CHEN, JUNHUI, JUN ZHU, JIANQING HE, YUHAI WANG, LEI CHEN, CHUNLEI ZHANG, JINGXU ZHOU a LIKUN YANG. Ultra-early microsurgical treatment within 24 h of SAH improves prognosis of poor-grade aneurysm combined with intracerebral hematoma. *Oncology Letters* [online]. 2016, 11(5), 3173-3178 [cit. 2017-10-11]. DOI: 10.3892/ol.2016.4327. ISSN 1792-1074. Dostupné z: <https://www.spandidos-publications.com/10.3892/ol.2016.4327>

CHAN, Sheila, Carol CONELL, Kaivalya T. VEERINA, Vivek A. RAO a Alexander C. FLINT. Prediction of Intracerebral Haemorrhage Expansion with Clinical, Laboratory, Pharmacologic, and Noncontrast Radiographic Variables. *International Journal of Stroke* [online]. 2015, 10(7), 1057-1061 [cit. 2017-11-11]. DOI: 10.1111/ijvs.12507. ISSN 1747-4930. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1111/ijvs.12507>

JOHN, Seby, Sarah STOCK, Russell CEREJO, et al. Brain Imaging Using Mobile CT: Current Status and Future Prospects. *Journal of Neuroimaging* [online]. 2016, 26(1), 5-15 [cit. 2017-10-29]. DOI: 10.1111/jon.12319. ISSN 10512284.

KOTECHA, Rupesh a Luis H. TOLEDO-PEREYRA. Advanced Imaging Technology in Surgical Innovation. *Journal of Investigative Surgery* [online]. 2011, 24(6), 243-249 [cit. 2017-09-11]. DOI: 10.3109/08941939.2011.624437. ISSN 0894-1939. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/08941939.2011.624437>

KPELAO, E., K. A. BEKETI, A. K. MOUMOUNI, et al. Clinical profile of subdural hematomas: dangerousness of subdural subacute hematoma. *Neurosurgical Review* [online]. 2016, 39(2), 237-240 [cit. 2017-10-11]. DOI: 10.1007/s10143-015-0669-4. ISSN 0344-5607. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10143-015-0669-4>

LACMAN, Jiří a Ladislava JANOUŠKOVÁ. 1 RADIODIAGNOSTICKÉ ODDĚLENÍ ÚSTŘEDNÍ VOJENSKÉ NEMOCNICE, PRAHA. *Současné možnosti diagnostiky a léčby akutní ischemické cévní mozkové příhody* [online]. Praha: Galén, 2010, 64(2) [cit. 2017-10-26]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1002_137_144.pdf

LAGHI Andrea, editor a WITH CONTRIBUTIONS FROM A. BOZZAO ... [ET AL.]. *MDCT protocols: whole body and emergencies*. Milan: Springer, 2012. ISBN 9788847024021.

LEE, Jonathan J., David J. SEGAR a Wael F. ASAAD. Comprehensive Assessment of Isolated Traumatic Subarachnoid Hemorrhage. *Journal of Neurotrauma* [online]. 2014, 31(7), 595-609 [cit. 2017-10-27]. DOI: 10.1089/neu.2013.3152. ISSN 0897-7151. Dostupné z: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/neu.2013.3152>

LI, Qi, Gang ZHANG, Xin XIONG, Xing-Chen WANG, Wen-Song YANG, Ke-Wei LI, Xiao WEI a Peng XIE. Black Hole Sign. *Stroke* [online]. 2016, 47(7), 1777-1781 [cit. 2017-10-11]. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.013186. ISSN 0039-2499. Dostupné z: <http://stroke.ahajournals.org/lookup/doi/10.1161/STROKEAHA.116.013186>

MUMENTHALER, Marco a Heinrich MATTLE. *Neurologie*. Praha: Grada, 2001. ISBN 8071695459.

Murphy SL, Xu JQ, Kochanek KD, Curtin SC, Arias E. Deaths: Final data for 2015. National Vital Statistics Reports; vol 66 no 6. Hyattsville, MD: *National Center for Health Statistics*. 2017.
www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr66/nvsr66_06.pdf [online], [cit. 2017-10-11].

PETERKOVÁ, Věra. CT – základní vyšetření, indikace, kontraindikace, možnosti, praktické zkušenosti. *Medicína pro praxi*. 2010, 7(2), 90-94. ISSN: 1214-8687.

ROHEN, Johannes W., Chihiro YOKOCHI a Elke LÜTJEN-DRECOLL. *Anatomie člověka: fotografický atlas systematické a topografické anatomie : 6. vydání*. Praha: Triton, c2008. ISBN 9788073871314.

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 9788024741086.

SLOVENSKÁ REPUBLIKA. Nariadenie vlády SR o odbornej spôsobilosti na výkon zdravotníckeho povolania. In: *Zbierka zákonov*. Bratislava: IURA EDITION S R.O., 2010, ročník 2010, čiastka 112, číslo 296.

ŠERCL, Miroslav a Ludovít KLZO, 2007. *Česká radiologie: Báze lební - úskalí zobrazení* [online]. Praha: Galén, **61**(3) [cit. 2017-10-13]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703_12.pdf

Taylor CA, Bell JM, Breiding MJ, Xu L. Traumatic Brain Injury–Related Emergency Department Visits, Hospitalizations, and Deaths — United States, 2007 and 2013. *MMWR Surveill Summ* 2017;66(No. SS-9):1–16. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss6609a1>

Věstník č. 2/2016: ZDRAVOTNICTVI 02 – 16. www.mzcr.cz [online]. 2016, 26.1. 2016 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: https://www.mzcr.cz/legislativa/dokumenty/vestnik-c2/2016_11347_3442_11.html

VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplnené vydanie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 9788024445083.

ZANGBAR B, SERACK B, RHEE P, JOSEPH B, PANDIT V, FRIESE RS, HAIDER AA a TANG AL. Outcomes in Trauma Patients with Isolated Epidural Hemorrhage: A Single-Institution Retrospective Cohort Study. *The American Surgeon* [online]. 2016, 82(12), 1209-1214 [cit. 2017-10-27]. ISSN 15559823.

Zoznam skratiek

3D	trojrozmerné zobrazenie
AG	angiografia
AP	predo-zadný
ATCM	automatic tube current modulation
CAT	computer-assisted tomography, computer axial tomography
CBF	cerebral blood flow
CBV	cerebral blood volume
CMP	cievna mozgová príhoda
CT	computed tomography počítačová tomografia
CTA	počítačová tomografia – angiografia
DSCT	dual source a dual energy CT
EBT	electron beam CT
EMI	Electrical and Musical Industries
GCS	Glasgow Coma Score
HU	Hounsfield Unit
i.v.	intravenózne
IZ	ionizujúce žiarenie
JKL	jódová kontrastná látka
KCP	kraniocerebrálne poranenia
KL	kontrastná látka
KN	kontrastná nefropatia
MDCT	multidetector CT
MR	magnetická rezonancia
MRA	magnetická rezonancia – angiografia
MSCT	multi-slice CT
MTT	mean transit time
NCMP	náhla cievna mozgová príhoda
PA	zado-predný
PACS	picture archiving and communication system
RTG	röntgen
SPR	scan projection radiograph – topogram

USA	United States of America
VOV	vyššie odborné vzdelanie
X	röntgenové lúče

Zoznam príloh

Príloha č. 1: Godfrey Newbold Hounsfield

Príloha č. 2: Allan Macleod Cormack

Príloha č. 3: CT obraz: malý akútne epidurálny hematóm v blízkosti fraktúry

Príloha č. 4: CT obraz: posun stredovej línie, akútne ľavostranný subdurálny hematóm

Príloha č. 5: CT obraz: subdurálny hematóm, metóda merania šírky hematómu prispôbením okna

Príloha č. 6: CT obraz: intracerebrálny hematóm so znakom black hole

Príloha č. 7: CT perfúzia: ukážka zobrazenia farebných perfúzných máp

Prílohy

Príloha č. 1



Godfrey Newbold Hounsfield

Zdroj: (https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1979/hounsfield-bio.html)

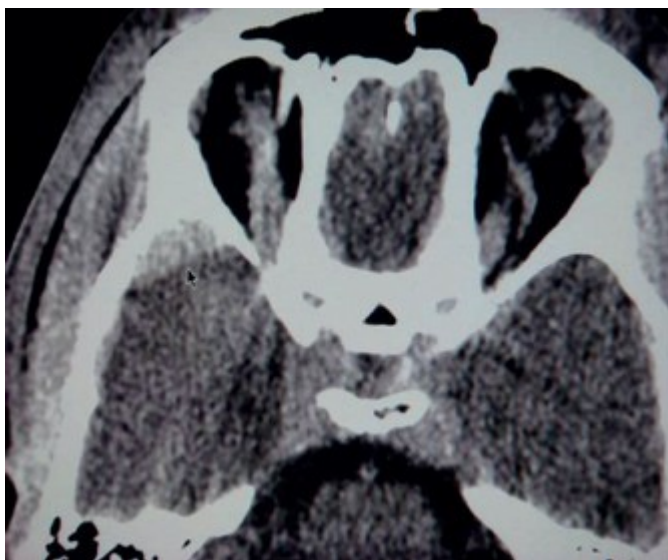
Príloha č. 2



Allan Macleod Cormack

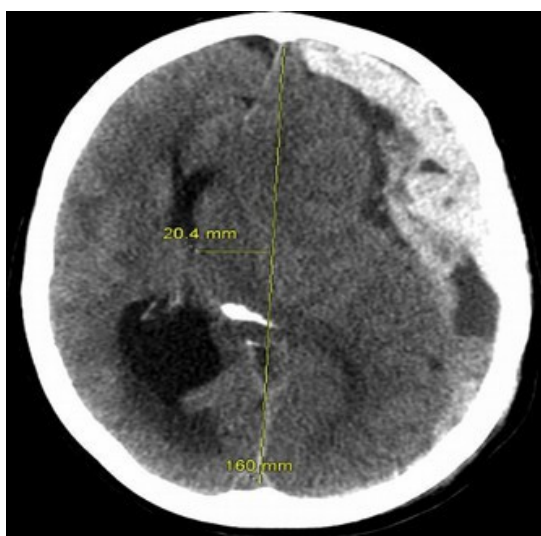
Zdroj: (https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1979/cormack-facts.html)

Príloha č. 3



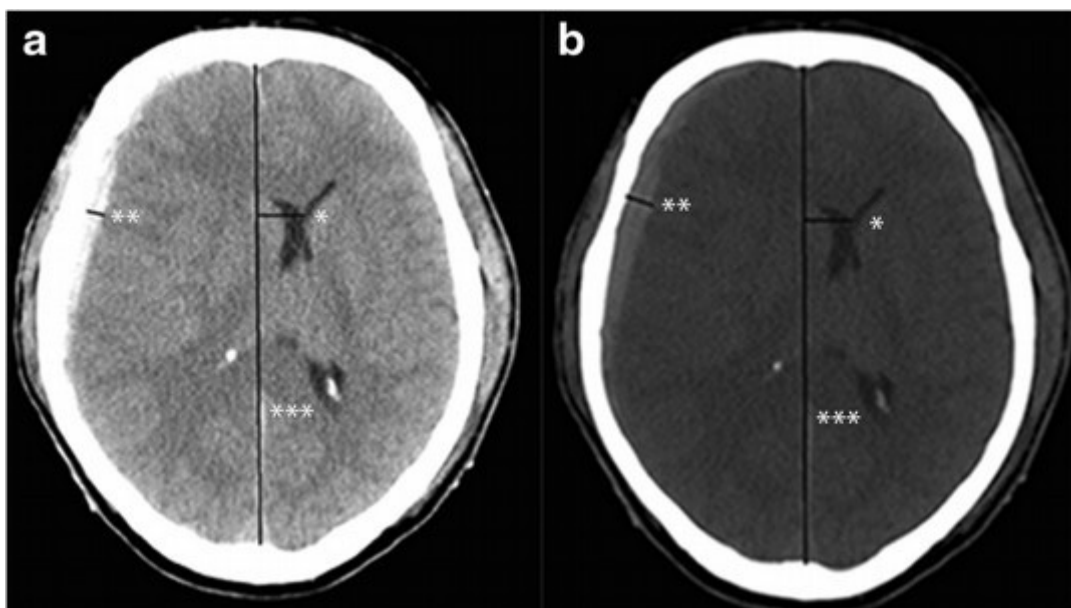
CT obraz: Malý akútny epidurálny hematóm v blízkosti fraktúry
Zdroj: (<http://dx.doi.org/10.1155/2014/413916>)

Príloha č. 4



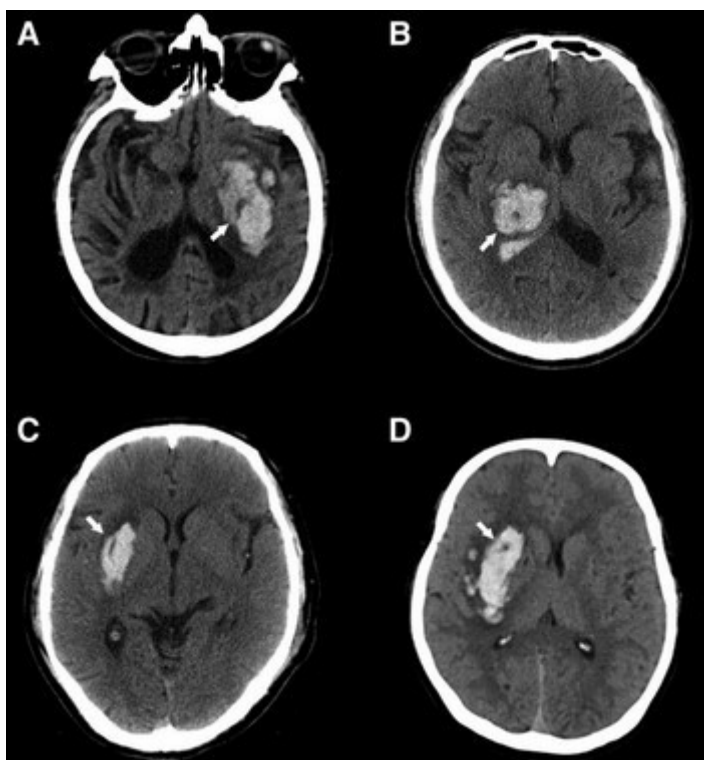
CT obraz: posun stredovej línie, akútny ľavostranný subdurálny hematóm
Zdroj: (<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1878875016307434>)

Príloha č. 5



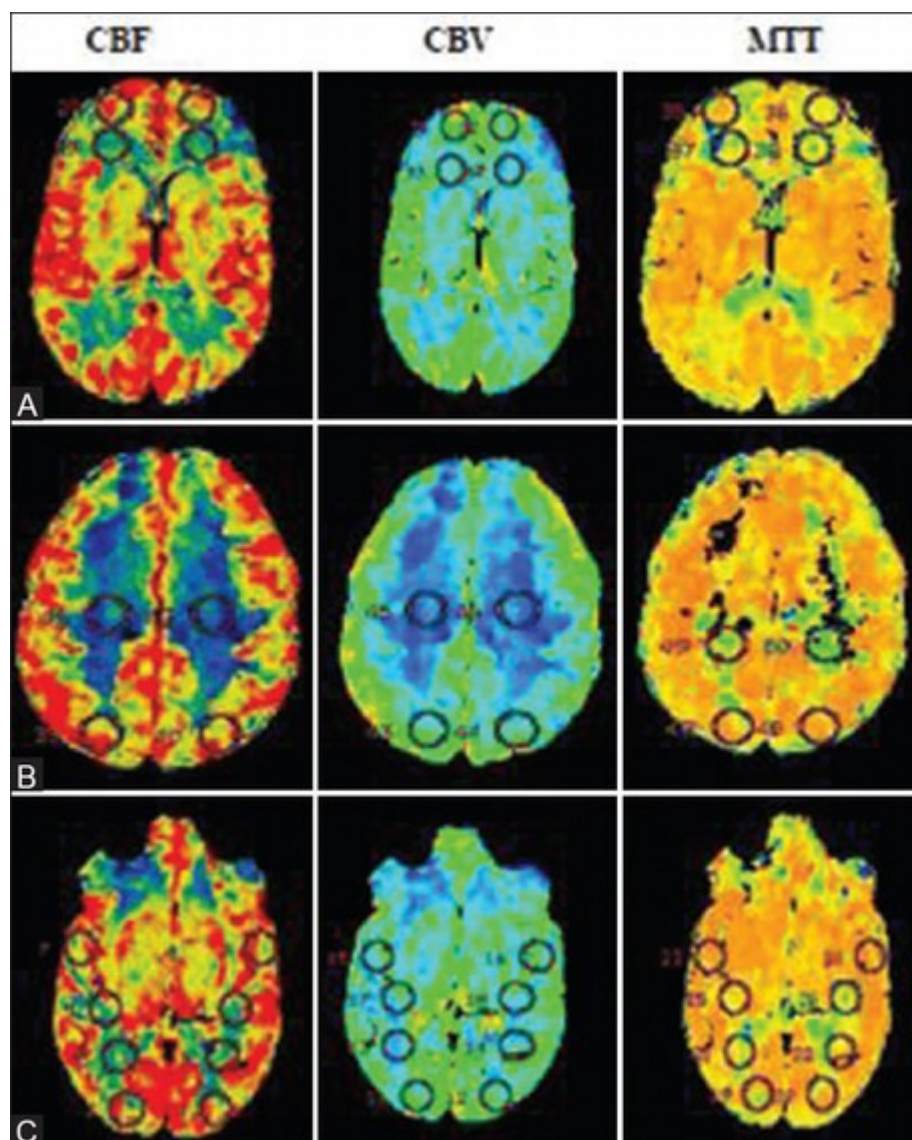
CT obraz: subdurálny hematóm, metóda merania šírky hematómu prispôbením okna
Zdroj: (<http://bmcneurol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12883-015-0479-x>)

Príloha č. 6



CT obraz: intracerebrálny hematóm so znakom black hole
Zdroj: <http://stroke.ahajournals.org/lookup/doi/10.1161/STROKEAHA.116.013186>

Príloha č. 7



CT perfúzia: ukážka zobrazenia farebných perfúzných máp
Zdroj: (<http://www.ijri.org/text.asp?2017/27/3/268/215585>)