UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Beáta Kratochvílová

**Retrospektivní studie správnosti indikace skiagrafického vyšetření lebky**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Pavel Nedbal

Olomouc 2022

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Rokycany, 20. května 2022

…………………………………

Podpis

**Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Pavlu Nedbalovi za vstřícnost, vždy přínosné a užitečné rady a připomínky a za odborné vedení diplomové práce.

**ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**Typ závěrečné práce**: Diplomová práce

**Téma diplomové práce**: Radiační ochrana

**Název práce**: Retrospektivní studie správnosti indikace skiagrafického vyšetření lebky

**Název práce v AJ**: Appropriateness of indication for skiagraphic skull examination – retrospective study

**Datum zadání**: 28. ledna 2021

**Datum odevzdání**: 20. května 2022

**Vysoká škola, fakulta, ústav**: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor**: Bc. Beáta Kratochvílová

**Vedoucí**: Mgr. et Mgr. Pavel Nedbal

**Oponent:**

**Abstrakt v ČJ**:

Úvod: Diplomová práce je zaměřena na zjištění přínosu skiagrafického vyšetření lebky z různých indikací. Výzkum bude probíhat jako retrospektivní studie na pracovišti radiologie Nemocnice Rokycany

Cíl: Hlavním cílem práce je statistické šetření četnosti indikace vyšetření rentgenového vyšetření lebky a zjištění jeho přínosu k léčebnému postupu. Vedlejšími cíli je zjistit poměr pozitivních nálezů, souvislost mezi věkem pacienta a počtem indikovaných vyšetření a zjištění dávkového zatížení a rizika způsobená pacientovi.

Metoda: Ze souboru pacientů, kteří podstoupili vyšetření lebky v průběhu roku 2021, byl vybrán výběrový statistický soubor, na němž proběhla analýza důvodu indikace, správnosti indikace, korelace s věkem, návaznosti dalších zobrazovacích metod a dávkového zatížení.

Výsledky: Bylo zjištěno, že v případě skiagrafického vyšetření lebky se jedná převážně o nevhodně indikované případy, počet pozitivních nálezů byl minimální. Nepodařilo se potvrdit souvislost mezi věkem pacienta a pravděpodobností indikace skiagrafie lebky. Byl vypočítán odhad efektivní dávky vypovídající o radiačním zatížení pacienta a bylo stanoveno riziko způsobené zářením pomocí veličiny LLE.

Závěr: Skiagrafické vyšetření lebky jako metoda první volby u pacienta s kraniocerebrálním traumatem není vhodné. Pozitivita nálezů je minimální, čímž nedochází k uplatnění principu odůvodnění tohoto vyšetření.

**Abstrakt v AJ**:

Introduction: The diploma thesis focused on finding out the benefits of plain skiagraphic examination of the skull from various indications. The research will take place as a retrospective study at the radiology department of the Rokycany Hospital

Objective: Main objective of the course in terms of learning outcomes and competences. The secondary objectives are to determine the ratio of positive findings, the relationship between the patient's age and the number of indicated examinations, and to determine the dose burden and risks caused to the patient.

Method: From the group of patients who underwent skull examinations during 2021, a sample statistical file was selected, on which the reason for the indication, the accuracy of the indication, the correlation with age, the continuity of other imaging methods and the dose load were analyzed.

Results: It was found that in the case of skiagraphic examination of the skull, these are mostly inappropriately indicated cases, the number of positive findings was minimal. The relationship between the patient's age and the probability of indicating skull skiagraphy could not be confirmed. An estimate of the effective dose indicating the radiation exposure of the patient was calculated and the risk caused by radiation was determined using the LLE value.

Conclusion: Skiagraphic examination of the skull as the method of first choice in patients with craniocerebral trauma is not appropriate. The positivity of the findings is minimal, which does not apply the principle of justification of this examination.

**Klíčová slova v ČJ**: lebka, skiagrafie lebky, indikační kritéria, kraniocerebrální trauma

**Klíčová slova v AJ**: skull, skull skiagraphy, criteria of indication, craniocerebral trauma

**Rozsah práce**: 53 stran / 0 příloh

# Obsah

[Obsah 6](#_Toc103954461)

[Úvod 8](#_Toc103954462)

[1 Popis rešeršní činnosti 10](#_Toc103954463)

[2 Patologické stavy a možnosti diagnostiky 12](#_Toc103954464)

[2. 1 Kraniocerebrální trauma 12](#_Toc103954465)

[2. 1. 1 Glasgow coma scale 12](#_Toc103954466)

[2. 1. 2 Specifika traumat v dětském věku 13](#_Toc103954467)

[2. 2 Neúrazové defekty kalvy 22](#_Toc103954468)

[2. 3 Syndrom týraného dítěte 24](#_Toc103954469)

[3 Diagnostický postup 24](#_Toc103954470)

[3. 1 Radiologické standardy 24](#_Toc103954471)

[3. 1. 1 Indikační kritéria pro zobrazovací metody 26](#_Toc103954472)

[3. 2 Radiační zátěž a rizika 29](#_Toc103954473)

[3. 2. 1 Radiační ochrana 29](#_Toc103954474)

[3. 3 Zobrazovací postupy 31](#_Toc103954475)

[3. 3. 1 RTG vyšetření lebky 31](#_Toc103954476)

[3. 3. 2 Sonografie 33](#_Toc103954477)

[3. 3. 3 Výpočetní tomografie hlavy 34](#_Toc103954478)

[3. 3. 4 Magnetická rezonance 36](#_Toc103954479)

[3. 4 Strategie vyšetření 37](#_Toc103954480)

[3. 4. 1 Konsenzuální odborné stanovisko České neurologické společnosti ČLS JEP 38](#_Toc103954481)

[3. 4. 2 Doporučení European Brain Injury Consortium 38](#_Toc103954482)

[3. 4. 3 Canadian CT Head Rule 39](#_Toc103954483)

[3. 4. 4 New Orleans Criteria 40](#_Toc103954484)

[3. 4. 5 Studie CHALICE 40](#_Toc103954485)

[4 Výzkumná část 42](#_Toc103954486)

[4. 1 Cíle práce 42](#_Toc103954487)

[4. 2 Metodika 42](#_Toc103954488)

[4. 2. 1 Základní soubor 43](#_Toc103954489)

[4. 2. 2 Výběrový soubor 44](#_Toc103954490)

[4. 2. 3 Výběrový soubor pro odhad kolektivní efektivní dávky 44](#_Toc103954491)

[4. 3 Analýza dat 45](#_Toc103954492)

[4. 3. 1 Analýza správnosti indikací 45](#_Toc103954493)

[4. 3. 2 Analýza pozitivity nálezů 47](#_Toc103954494)

[4. 3. 3 Analýza závislosti počtu vyšetření na věku pacienta 48](#_Toc103954495)

[4. 3. 4 Analýza kolektivní dávky 50](#_Toc103954496)

[5 Diskuze 57](#_Toc103954497)

[5. 1 Limity práce 60](#_Toc103954498)

[Závěr 61](#_Toc103954499)

[Referenční seznam 62](#_Toc103954500)

[Seznam zkratek 64](#_Toc103954501)

[Seznam tabulek 65](#_Toc103954502)

[Seznam obrázků 66](#_Toc103954503)

# Úvod

Poranění hlavy a s ním spojené komplikace patří mezi nejvážnější zdravotní problémy v celé historii lidstva. Dnes, vzhledem k dostupnosti mnohých diagnostických metod, jsou tyto stavy snadněji zjistitelné, kvantifikovatelné a tím i sledovatelné a léčitelné. S těmito stavy se můžeme setkat jako s primárními – pády, údery do hlavy, střelná poranění, ale i jako se součástmi polytraumatu – pády z větší výšky, autonehody.

V historii, při dostupnosti pouze jednoduchých diagnostických metod skiagrafie a sonografie, bylo možné bezpečně diagnostikovat pouze stavy související s poraněním kostěné schránky – lebky, případně diagnostice postižení mozku sonografem u novorozenců. S vynálezem a následným rozšířením tomografických metod - výpočetní tomografie a magnetická rezonance přišla revoluce v radiodiagnostice postižení celé hlavy. Postupně je prostá skiagrafie vytlačována výpočetní tomografií v případě traumatických postižení hlavy a magnetickou rezonancí v případě netraumatických indikací.

Vzhledem k tomuto poměrně bouřlivému rozvoji diagnostiky však v odborné společnosti stále přetrvávají relikty minulosti, tedy nejčastěji nevhodně indikovaná vyšetření pomocí prosté skiagrafie. Cílem práce je pomocí retrospektivní studie zjistit a popsat aktuální stav této problematiky ve zdravotnickém zařízení okresní velikosti a vytvoření následného doporučení pro změnu přístupu k primární diagnostice. Globální indikování skiagrafie v této oblasti, přináší nadbytečnou radiační zátěž populace, která vede kromě zvýšení celkové dávky obyvatelstva i ke zvýšení pravděpodobnosti vzniku stochastických biologických účinků záření u snímkovaného jedince, čímž se ale dostáváme do rozporu se základními principy radiační ochrany – odůvodnění a optimalizace.

Jako vstupní studijní literatura byly prostudovány následující tituly:

YOUNG – IM, Kim, Cheong JONG – WOO a Yoon SOO HAN. Clinical Comparison of the Predictive Value of the Simple Skull X-Ray and 3 Dimensional Computed

Tomography for Skull Fractures of Children. Journal of Korean Neurosurgical Society [online]. 2012, 2012(52), 528 – 533 [cit. 2021-01-07]. ISSN 1598-7876. Dostupné

z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550420/

RIAZ UR, Rehman, MUSHTAQ, Ul Huq MIAN IFTIHAR, Azam FAROOQ a Azmatullah KHATTAK. Skull Fracture on X-ray skull as an indicator of Extradural Hematoma in patients with Head Injury. Pakistan Journal of Surgery [online]. 2012, 2012(28/2), 106 – 109 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z:

http://www.pjs.com.pk/journal\_pdfs/apr\_jun12/106.pdf

HAMIDREZA MORTEZA, Baghi, Ahmadi SAJJAD, Mashrabi OMID, Sharifi MEHDI, Nagahi MOHSEN a Mousavi MARYAM. Study of Skull X-Ray and

physical examination in head trauma with GCS=15. Life Science Journal: Acta Zhengzhou University Overseas Edition [online]. 2013, 2013(10),

272 – 275 [cit. 2021-01-07]. ISSN 2372-613X. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Sajjad\_Ahmadi/publication/258244771\_Study\_of\_Skull\_XRay\_and\_physical\_examination/links/0046352792ea30c12f000000.pdf

Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky: Indikační kritéria pro zobrazovací metody. In: . 2003, ročník 2003, číslo 11.

Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky: Národní radiologické standardy – skiagrafie, dospělí. In: . ročník 2018, 3/2019.

# Popis rešeršní činnosti

#### Vyhledávací kritéria

klíčová slova v AJ: lebka, skiagrafie lebky, indikační kritéria,

kraniocerebrální trauma

klíčová slova v ČJ: skull, skull skiagraphy, criteria of indication,

craniocerebral trauma

jazyk: anglický jazyk, český jazyk

období: 2005 – 2020

#### Databáze

PubMed, EBSCO Host, Google Scholar

dohledáno celkem 315 vědeckých článků

#### Vyřazovací kritéria

duplicitní články,

kvalifikační práce,

články, které neodpovídaly cílům práce

#### Sumarizace využitých databází a dohledaných dokumentů

PubMed: 13 zahraničních článků

EBSCO Host: 4 zahraniční články

Google Scholar: 21 zahraničních článků

Sumarizace dohledaných periodik a dokumentů

Knižní publikace: 2 české knihy

Legislativní dokumenty: 1 Věstník MZ, 1 zákon

Odborné články: 14

Další zdroje: 1

#### Pro tvorbu diplomové práce bylo použito 19 publikací

# Patologické stavy a možnosti diagnostiky

## Kraniocerebrální trauma

Jako poranění hlavy označujeme následky mechanického poškození hlavové části těla. Dle klinických následků je lze klasifikovat nejčastěji klinickým parametrem – mírou poruchy vědomí pacienta. Klasifikace není v současné době zcela jednotná. Incidenci poranění hlavy nelze spolehlivě sledovat, jelikož ve zdravotnických zařízeních dochází k záchytu a ošetření pouze určitá část pacientů. Nejčastější důvodem ošetření je lehké poranění hlavy (Hálek, 2010).

Kraniocerebrální trauma v dětském věku lze považovat z hlediska dalšího vývoje jedince, jako velmi vážnou komplikaci. Lze předpokládat, že takové trauma ovlivní nejen psychické, psychomotorické a mentální schopnosti, ale může ovlivnit i další fyzický vývoj jedince. Ze společenského hlediska se jedná o velmi závažné znevýhodnění jedince a například i možné snížení budoucího uplatnění traumatizovaného pacienta (Brichtová, 2009).

#### Lehká poranění hlavy

Jako lehké poranění hlavy označujeme stav, který je následkem úrazu hlavy bez manifestace poruchy vědomí v době vyšetření, tedy Glasgow coma scale = 15 (Hálek, 2010). Při lehkém poranění je dětský pacient plačtivý, bledý, apatický a velmi často má nauzeu a zvrací. Během maximálně 48 hodin dochází k regresi všech příznaků a nastává úplné zotavení (Jakubec, 2003).

#### Traumatické poranění mozku

Traumatické zranění mozku je spojeno s alterací mozkových funkcí následkem úrazu hlavy (Hálek, 2010). Těžké poškození mozku s nutným zajištěním vitálních funkcí nastává při GCS < 8. U pacienta v bezvědomí je provedeno neurologické vyšetření se zjištěním stavu zornic, dýchání a hybnosti. V případě krvácení do nitrolebního prostoru vzniká možnost rozvinutí hemoragického šoku, v případě poškození skalpu nebo poranění velkých cév a splavů dojde k rychlé krevní ztrátě s hypovolémií (Jakubec, 2003).

### Glasgow coma scale

GCS umožňuje velmi rychlé posouzení klinického stavu poraněného v přednemocniční a časné nemocniční péči. Při základním klinickém vyšetření umožňuje velmi rychlé zhodnocení stavu vědomí jedince, což pomáhá v dalším diagnostickém, ale i léčebném postupu. Závažnost postižení založená na GCS je lehká (GCS = 15), mírná (GCS = 13), střední (GCS = 9 – 12) a těžká (GCS = 8 – 3) (Tuong, 2006).

Tabulka 1 GCS pro mladistvé a děti (Jakubec, 2003)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **funkce** | **mladiství** | **kojenci a děti** | **skóre** |
| Otevření očí | spontánně | spontánně | 4 |
| na příkaz | na známý hlas | 3 |
| na bolest | na bolest | 2 |
| bez odezvy | bez odezvy | 1 |
| Motorický pohyb | provede na příkaz | spontánně | 6 |
| lokalizuje cíleně bolest | lokalizuje cíleně bolest | 5 |
| flexe na bolest | flexe na bolest | 4 |
| patologická flexe | patologická flexe | 3 |
| extenze na bolest | extenze na bolest | 2 |
| bez reakce | bez reakce | 1 |
| Slovní vyjadřování | orientovaný | přiměřený k věku, upoutá pozornost a sleduje společenský smích | 5 |
| dezorientovaný | utišitelný křik | 4 |
| nepřiměřená slova | přetrvávající křik | 3 |
| nesrozumitelné zvuky | netečný | 2 |
| bez reakce | bez reakce | 1 |

(Tuong, 2006)

### Specifika traumat v dětském věku

Stejně jako obecná traumata i neurotraumata postihují v dětském věku častěji chlapce než dívky a to až v poměru 2:1. V mladším věku, do 4 let, je nejčastěji etiologií dopravní nehoda nebo pád z výšky (postel, přebalovací pult). U dětí starších jsou to pak pády při sportu nebo hře (jízda na kole, lezení po stromech, apod.). Nelze opomenout kraniotraumata vzniklá jako následek CAN (Brichtová, 2009).

S kraniocerebrálním traumatem se můžeme setkat již během porodu, kde může vzniknout vzhledem k nepoměru velikosti hlavičky a šíře porodních cest. V novorozeneckém věku se setkáváme s naprosto specifickými traumaty, jako jsou traumatická diastáza švů lebečních, impresivní fraktura typu ping-pong fracture, či rostoucí fraktura. Ve věku do 2 let nacházíme nejčastěji prosté fisury kalvy, bez traumatu mozku. Po 3 roce věku se setkáváme s narůstajícím počtem mozkových komocí. Ve věku pozdějším, u adolescentů, lze říct, že každá fisura kalvy je spojena s intrakraniálním traumatem (Brichtová, 2009).

#### Porodní nádor

Vzniká jako následek nahromadění tekutiny mezi klenby lebeční a ploché šlachy galea aponeurotica. Tento stav by měl vymizet do 24 hodin post partum (Brichtová, 2009).

#### Deformace kalvy

Vzniká při prostupu hlavičky porodními cestami. Při úzkých porodních cestách dochází k překryvu plochých kostí, který může mít za následek kontuzi mozku, případně poškození drobných žil, poškození falxu, tentoria nebo i žilních splavů. V případě, že je zasažena vena galeni magna, dochází ke vzniku objemného hematomu subarachnoidálně. Pokud je hematom malých rozměrů, dochází k jeho úplné resorpci, v případě objemných hematomů mohou nastat vážné komplikace (útlak kmenu mozkového při hematomu pod tentoriem) (Brichtová, 2009).

#### Kefalohematom

Jako kefalohematom je označován subperiostální hematom, vzniklý jako následek naléhání hlavy plodu na porodní cesty nebo po porodu vakuumextrakcí. Incidence je 1–2 % u spontánních vaginálních porodů až po 3-4 % u klešťových nebo vakuově asistovaných porodů (Karagol, 2010). Nejčastěji se vyskytuje v parietální oblasti, je ohraničený a na dotek pružný. V případě zvláště objemného kefalohematomu může nastat komplikace s následkem anémie a hyperbilirubinémie novorozence. Lze ho punktovat a evakuovat. Samovolně resorbuje v řádu jednotek týdnů post partum. Pokud nedojde k resorpci, začne od okrajů osifikovat a pokud tato situace není řešena, dojde ke vzniku kostního hrbolu, který deformuje tvar hlavičky (Brichtová, 2009). Komplikací kefalohematomu může být vstup infekce s následnou sepsí, meningitidou ale i osteomyelitidou (Karagol, 2010).



Obrázek 1 Neosifikovaný kefalohematom, AP snímek lebky (Karagol, 2010)

#### Osteodiastáza

Narušení ne zcela osifikovaných plochých kostí spojených synchondrózou. V případě okcipitální kosti, může posunem kostí vzniknout natržení sinus transversus nebo poškození mozkového kmene (Brichtová, 2009).

#### Prostá fisura

Prostá, lineární fisura je nejčastějším typem zlomeniny kostí kalvy u dětí. Projevem fisury je lokální otok skalpu, případně subperiostálním nebo subgaleálním hematomem. Lze ji diagnostikovat z prostého skiagramu lebky. Léčí se konzervativně, klidem na lůžku s případnou několikadenní hospitalizací k observaci. Komplikací může být rozvoj epidurálního krvácení z cévně bohatě zásobené kosti kalvy či z porušeného cévního zásobení obalů mozku.

Diagnostika je možná pomocí konvenční skiagrafie lebky ve dvou projekcích. Fisura se projeví jako ostře ohraničené, tenké projasnění. Toto projasnění je nutné odlišit od anatomických struktur, jako jsou cévní imprese a švy lebeční. Okraj těchto struktur je oproti fisuře rozostřený. (Brichtová, 2009). V případě podezření na fisuru báze zadní jámy lební je vhodné doplnit cílený snímek dle Towna. Pokud se předpokládá, že mechanismus traumatu byl dostatečný k vytvoření kraniocerebrálního traumatu, je metodou první volby vyšetření výpočetní tomografií. Ta kromě zobrazení stavu kosti ozřejmí i případné intrakraniální postižení.



Obrázek 2 Fisura kalvy ve skiagrafickém obrazu a následný průkaz EDH na CT (Larkin, 2021)

#### Rostoucí fraktura

Trauma lebečních kostí, při kterém dochází k ruptuře tvrdé pleny a následně k vyklenování měkké pleny. Následkem je vznik likvorem vyplněné leptomeningeální cysty, která dilatuje okraje fisury. Vyskytuje se nejčastěji v parietální oblasti. Léčba probíhá operačně plastikou dura mater a fixací kostních fragmentů (Brichtová, 2009). Diagnostika probíhá pomocí výpočetní tomografie.



Obrázek 3 Rostoucí fraktura lebky, CT axiální MPR rekonstrukce (Brichtová, 2009)

#### Impresivní fraktura lebky

Vzniká působením předmětu s malou plochou, velkou silou. Lamina externa kosti lebky je vpáčena a lamina interna praská ve větším rozsahu. Pokud imprese dosahuje větší hloubky než je tloušťka kosti, je nutné operačně elevovat fragmenty kosti. V případě otevřené impresivní fraktury je k operačnímu řešení přistoupeno vždy. Na konvenčním skiagrafickém snímku se zobrazí okrouhlé, hvězdicovité projasnění se šířením lomných linií radiálně. Metodou první volby je výpočetní tomografie s rekonstrukcemi v kostním okně a pomocí 3D VRT. Lze tak bezpečně zobrazit dislokované fragmenty kostí, u kterých může nastat posun pod okolní skelet. Další rekonstrukce ve vhodném okně pak odhalí případné intrakraniální postižení. (Brichtová, 2009).

#### Ping pong fraktura

Vzniká jako porodní trauma elastické kalvy se vpáčením kosti parietálně nebo frontálně. Při malé impresi je léčena konzervativně, u větší je nutné přistoupit k operačnímu řešení s elevací vpáčené kostní ploténky s fixací (Brichtová, 2009).

#### Fraktury báze lební

Vznikají jako pokračující fisury kalvy nebo nepřímým působením síly na jinou část hlavy. Oproti dospělému jedinci se méně často manifestuje likvoreou.

Fraktury přední jámy lební jsou lokalizovány v oblasti orbity a stěn vedlejších dutin nosních. Klinicky se projeví jako typický brýlový hematom, krvácením nebo rinoreou a poruchami smyslového vnímání – čichu a zraku, které jsou způsobeny možným poškozením nervus opticus a nervus olfactorius.

Fraktury střední jámy lební postihují pyramidy kosti skalní a oblast tureckého sedla. Klinicky se projeví prokrvácením v oblasti mastoidálního výběžku (battle sign) nebo krvácením či otoreou ze zevního zvukovodu. Podle místa výskytu fraktury může být postižen podvěsek mozkový, bubínek či zevní zvukovod.

Fraktury zadní jámy lební jsou lokalizovány v oblasti os occipitale a foramen magnum. Při zlomenině v této oblasti hrozí poškození sinus transversus a soutoku splavů.

Léčba fraktur báze lební probíhá nejčastěji konzervativně formou klidového režimu s elevací horní části těla, podporou antibiotickou léčbou a zamezením činností zvyšujících nitrolební tlak. V případě selhání konzervativní léčby je nutné přistoupit k operačnímu řešení – plastice dura mater a defektu v kosti.

Konvenční skiagrafické zobrazení v tomto případě není vhodné, přistupuje se rovnou k CT vyšetření. Kromě stavu kosti lze prokázat pneumocefalus vzniklý komunikací intrakraniálního prostoru s vnějším prostředím. Dalším nálezem může být krev ve vedlejších dutinách nebo mastoidálních sklípcích (Brichtová, 2009).

#### Epidurální hematom

Vzniká, pokud dojde ke krvácení do prostoru mezi kost a tvrdou plenu mozkovou. U dětí je nejčastěji zdrojem krvácení z diploe pod fisurou kalvy nebo krvácení z poraněných splavů v oblasti zadní báze lební. Klinické projevy epidurálního hematomu závisí na jeho velikosti a lokalizaci. Klasická trias (lucidní interval, mydriáza a kontralaterální hemiparéza) se v dětském věku manifestuje méně často, než u postiženého dospělého jedince. Narůstající hematom se klinicky projeví závratí, prudkou bolestí hlavy, zvracením a postupným zhoršováním stavu vědomí. Akutní velké hematomy způsobují kvantitativní poruchu vědomí, anizokorií a hemiparézou. Tyto musí být řešeny chirurgicky kraniotomií s evakuací hematomu (Brichtová, 2009).

Dominantní diagnostickou metodou je výpočetní tomografie. V CT obraze se projeví epidurální hematom typickým obrazem bikonvexní čočky. CT zobrazí tento hematom již v časném stádiu, v případě negativního nálezu primárního vyšetření a následného zhoršení klinického stavu je nutné CT opakovat. V případě konzervativní léčby slouží pak CT případně MR ke kontrole resorpce hematomu (Jakubec, 2003).

#### Subdurální hematom

Vzniká krvácením mezi tvrdou plenu mozkovou a pavučnicí jako následek poškození žil vedoucích z povrchu mozku do durálních splavů (Brichtová, 2009). Klinickými příznaky u kojenců jsou zvracení, nechutenství, neklid nebo naopak spavost a porucha vědomí, křeče, paréza, napjatá velká fontanela a náhlá změna velikosti hlavy (Jakubec, 2003).

Akutní subdurální hematom se klinicky projeví do 3 dnů po úrazu hlavy. Dochází k napjatosti velké fontanely a značné dráždivosti jedince. Malé hematomy se léčí konzervativně, objemnější hematomy, provázené neurologickým nálezem jsou léčeny operačně evakuací hematomu.

Subakutní subdurální hematom se projeví mezi 3. a 12. dnem od úrazu. Strategie léčby je totožná s akutním hematomem.

Chronický subdurální hematom se manifestuje po více než 3 týdnech od úrazu (Brichtová, 2009).



Obrázek 4 Subdurální a epidurální hematom (Tuong, 2006)

Subdurální hematom se v nativním CT obraze projeví jako hyperdenzní lem naléhající na kalvu, případně podél falxu nebo tentoria. U dětí je nejčastěji lokalizován parasagitálně, parietookcipitálně. Ke kontrole resorpce hematomu lze použít výpočetní tomografii, kde však zhruba po 10 dnech dochází ke změně obrazu na ložisko izodenzní s mozkovou tkání. V obraze magnetické rezonance se SDH projeví jako hyperintenzní ložisko v T1 i T2 váženém obrazu.

#### Subdurální efúze

U dětských pacientů se využívá označení subdurální efúze u pacientů, u kterých je obtížné rozlišit přesné umístění kolekce tekutin. Není jasné, zda je hematom uložen subdurálně nebo subarachnoidálně. U malých kolekcí tekutin probíhá terapie konzervativně, u větších se přistupuje k punkci přes velkou fontanelu či cestou kraniotomie. Při přetrvávajícím nálezu se přistupuje k implantaci shuntu ze subdurálního prostoru do peritonea.

Benigní efúze se nachází ve frontální oblasti. Předpokládá se, že vzniká jako následek traumatu během porodu. Terapie probíhá konzervativně s pravidelným dynamometrickým vyšetřením lebky. Pokud nenastanou komplikace charakteru ruptury přemosťujících žil, dochází v řádu měsíců k regresi.

Symptomatická chronická efúze je reprezentována chronickým SDH, hygromem nebo rozšířením subarachnoidálního prostoru se klinicky manifestuje nitrolební hypertenzí, spojenou s bolestí hlavy a zvracením (Brichtová, 2009).

Léčba probíhá konzervativně s monitorací dynamometrie lbi a kontrolními USG vyšetřeními.

Diagnostika je možná pomocí sonografického vyšetření mozku či CT mozku. MRI mozku umožní rozlišit subdurální od subarachnoidální kolekce (Jakubec, 2003).

#### Subdurální hydrom

Vzniká jako následek poranění pavučnice, avšak bez porušení cév. Jedná se o kolekci mozkomíšního moku v subdurální, případně epidurálním prostoru. Terapie je totožná se subdurální efúzí. U hydromů menších rozměrů konzervativně, u velkých evakuace, případně zavedení shuntu (Brichtová, 2009).

#### Subarachnoidální krvácení traumatické

Vzniká jako následek ruptury kortikomeningeálních žil a povětšinou má lokální charakter. Je možné se s ním setkat v oblasti cisteren, podél falxu nebo tentoria. Klinicky se projeví světloplachostí, bolestí hlavy a zvracením, či jinými meningeálními příznaky. Léčba je konzervativní (Brichtová, 2009).

Diagnostika probíhá výhradně pomocí výpočetní tomografie. Krev se zobrazí jako hyperdenzní výplň cisteren a hyperdenzní kolekce v subarachnoidálním prostoru přilehlém k traumatické lézi, podél falxu nebo tentoria (Jakubec, 2003).

#### Intracerebrální krvácení traumatické

Jedná se o krvácení v dětském věku spíše neobvyklé. V případě tohoto krvácení může dojít k zakrvácení subdurálního prostoru cestou penetrace mozkové tkáně nebo komorového systému cestou ependymu (Brichtová, 2009).

#### Mozková kontuze

Vzniká v místě traumatu – nárazu jako ložiskové traumatické postižení vzniklé přímým působením nárazu na lamina interna, falx či tentorium, případně na protilehlé straně jako contre coup. Není výjimkou ani oboustranné postižení, vzniklé oběma mechanizmy. Postižena bývá nejčastěji šedá kůra mozková s přilehlou bílou hmotou, méně často pak hluboké struktury mozku jako bazální ganglia. Jako následek traumatu vznikají drobná krvácení z poškozených kapilár, otok a nekrotické změny.

Při léčbě je maximální snaha o zachování mozkové tkáně, proto se přistupuje ke konzervativnímu způsobu s aplikací léků pro zastavení krvácení a snížení otoku. Při rozsáhlém postižení mozku je však nevyhnutelná dekompresivní kraniotomie a invazivní sledování intrakraniálního tlaku pomocí čidla (Brichtová, 2009).

#### Mozková komoce

Nejčastější kraniocerebrální poranění v dětském věku je komoce neboli otřes mozku. Jedná se o nejlehčí stupeň difúzního postižení mozku. Není spojena s žádným morfologickým nálezem a případnými klinickými následky. Typickými projevy jsou nauzea, zvracení a krátce trvající bezvědomí. U dětských pacientů se můžeme setkat i s retrográdní či anterográdní amnézií, dráždivostí a přechodnou anizokorii. Diagnostika probíhá neurologickým vyšetřením. Terapie probíhá podle závažnosti komoce. Pacient je často přijat pro observaci a pro dodržení klidového režimu. Po 24 hodinách je možná vertikalizace postiženého a po propuštění do domácího léčení je doporučen týdenní klidový režim. Při nedodržení tohoto režimu může dojít k rozvoji postkomočního syndromu s bolestí hlavy, nauzeou, poruchami spánku a soustředění (Brichtová, 2009).

#### Traumatický tok mozku

Edém mozku je poměrně častou komplikací těžkého kraniocerebrálního traumatu (29 – 44% pacientů). Klinicky se projeví zhoršením neurologického stavu.

Na CT mozku je zobrazeno zúžení komorového systému i zevních likvorových prostor a komprese mesencefalických cisteren (Brichtová, 2009).

#### Difuzně axonální postižení

Vzniká jako následek prudké decelerace či akcelerace jako postižení axonů kolmých na směr zrychlení. Bílá a šedá hmota mozková mají rozdílnou hustotu, a tím i jiné mechanické vlastnosti při prudké změně rychlosti. Dojde k přerušení synapsí retikulokortikální dráhy, ve vážnějších případech i k přetržení axonů. Hlavním příznakem je bezvědomí vzniklé jako následek postižení retikulokortikální dráhy, kterým je rozpojena funkční komunikace mezi mozkovým kmenem a mozkovou kůrou. U vážnějších DAP je prognóza značně infaustní. Takové postižení má značnou mortalitu, případně pacient přežívá dále ve vegetativním stavu. U méně závažných DAP jsou následkem často poruchy kognitivních funkcí (Brichtová, 2009).

Při diagnostice ve velmi časté fázi po traumatu CT vyšetření může vykazovat negativní grafický nález nebo tečkovitá mnohočetná hypodenzní nebo hyperdenzní (hemoragická) ložiska v bílé hmotě. Pro bezpečnou diferenciální diagnostiku je tedy nezastupitelné MRI vyšetření. Nativně toto vyšetření prokáže u nehemoragických lézí drobná hypointenzní ložiska v T1 vážených obrazech a hyperintenzní ložiska v T2 vážených obrazech. FLAIR sekvence jsou citlivější k průkazu difuzního axonálního poranění ve fornixu a corpus callosum (Jakubec, 2003).

#### Penetrující poranění

Mezi nejčastější penetrující poranění hlavy se řadí střelná poranění, méně často bodná a jiná poranění. Každé penetrující poranění je v případě dětského pacienta indikováno k chirurgické revizi spojené s odstraněním cizích těles, nekrotické tkáně, hematomu a následnému zastavení krvácení a plastice tvrdé pleny (Jakubec, 2003).

## Neúrazové defekty kalvy

Neúrazové defekty kalvy u dětských pacientů vznikají jako následek vrozené vývojové vady nebo působením patologického procesu. Bývají často asymptomatické a bývají objeveny jako náhodný vedlejší nález při skiagrafii lebky. Nelze však vyloučit ani závažná onemocnění způsobující destrukci kosti, například onkologického charakteru.

#### Foramina parietalia permagna

Vznikají na podkladě vady v osifikaci ossa parietalia. Otvory okrouhlého nebo oválného tvaru se mohou vyskytovat jednostranně i oboustranně v blízkosti středové čáry. Velikost defektů je od několika milimetrů, po centimetry. Podle velikosti mohou být hmatné, nebo lze v místě výskytu pozorovat pulzující vyklenutí. Mohou se projevovat bolestí hlavy, epilepsií. Malé defekty jsou léčeny konzervativně, velké chirurgicky, kranioplastikou.

Základním diagnostickým nástrojem je prostý snímek lbi/kalvy ve dvou projekcích. Zobrazí se jako projasnění v místě nálezu. Obvykle bývají zjištěny náhodně, při rtg lebky z jiné indikace (Homolková, 2020).

#### Dermoidní a epidermoidní cysta

Dermoidní nebo epidermoidní cysta se manifestuje jako vyklenující se rezistence v oblasti obličeje nebo na konvexitě kalvy. Cysta může erodovat i laminu internu. V extrémním případě může dojít k propagaci cysty intrakraniálně. Tyto cysty jsou benigní útvary, teratomové cysty obsahujíc různá adnexa v případě dermoidní cysty nebo keratin, v případě epidermoidní cysty. Léčba u větších cyst, které mohou působit kosmetické obtíže, probíhá chirurgicky, většinou po dovršení 4 let věku. Diagnostika probíhá pomocí skiagrafie lebky ve dvou projekcích a USG. Na RTG snímku je viditelný ohraničený defekt kosti se sklerotickým okrajem. V USG obraze je vidět anechogenní až hypoechogenní neprokrvené ložisko. Při podezření na intrakraniální propagaci cysty je vhodné doplnit vyšetření magnetickou rezonancí (Homolková, 2020).

#### Eosinofilní granulom

Eosinofilní granulom, také označovaný histiocytóza X je osteolytický proces vyskytující se jak solitérně, tak i mnohočetně ve více kostech. Objevuje se rovněž ve formě systémového onemocnění, které postihuje parenchymatózní orgány s rozsevem do centrální nervové soustavy a na kůži. Léčba probíhá chirurgicky, resekcí ložisek, s případnou podporou chemoterapie nebo radioterapie.

Na skiagrafickém snímku jsou patrné defekty jako projasnění s neostrým ohraničením. Sonografie prokáže prokrvené ložisko v místě defektu. CT v kostním zobrazení velmi dobře prokáže osteolytický defekt. Pomocí magnetické rezonance je možné zobrazit infiltraci tumorózních hmot intrakraniálně (Homolková, 2020).

#### Encefalokéla

Vrozená vada spadající mezi rozštěpové vady, při níž dochází k vyhřeznutí intrakraniálních struktur. Je doprovázena defektem kosti lebky, případně i kožního krytu hlavy. Vyhřezlá část mozkové tkáně povětšinou postrádá funkci a může být příčinou epilepsie či neurologického deficitu. V případě manifestace na kalvě je pozorovatelná po porodu. Diagnostika probíhá pomocí sonografického vyšetření post partum. Diferenciální diagnostika pak následným vyšetřením magnetickou rezonancí. Léčba probíhá chirurgicky odstraněním disfunkční tkáně mozku a plastikou kosti. (Homolková, 2020).

#### Kraniosynostóza

Vzniká jako následek předčasného uzavření jednoho (jednoduchá) nebo více (komplexní, smíšená) švů lebečních, nejčastěji švu sagitálního nebo koronárního. V případě, že není léčená, vede k omezení růstu mozku, zvýšení nitrolebního tlaku a samozřejmě i ke kosmetickému defektu. Léčba probíhá chirurgicky s možnostmi klasického nebo endoskopického přístupu.

Diagnostika probíhá klinickým vyšetřením (kraniometrie, atypický tvar lebky, příznaky zvýšení nitrolebního tlaku) a pomocí zobrazovacích metod. Přínosné je vyšetření výpočetní tomografií s následnými 3D VRT rekonstrukcemi. Doplňujícím vyšetřením je magnetická rezonance. Pro sledování stavu lebky, postačí i prostá skiagrafie. (Nowaková, 2015)

## Syndrom týraného dítěte

Syndrom týraného dítěte (CAN - Child Abuse and Neglect) nebo Battered Child Syndrome (BCS) je stav, který musí být brán v patrnost v případě traumatizovaného dětského jedince u kterého je patrná diskrepance mezi klinickým nálezem nemocného a anamnestickými údaji od osoby, která má pacienta v péči. Typickým nálezem na vyšetření zobrazovacími metodami jsou mnohočetné fraktury lebky, chronické subdurální hematomy a podkožní hematomy v oblasti hlavy, doprovázené dalšími traumaty na jiných částech těla (Brichtová, 2009).

#### Třesené dítě

Pokud dochází k nadměrnému fyzickému zatížení slabých krčních svalů dítěte (třesením), dochází vzhledem k váze hlavičky k intracerebrálním traumatům akceleračně-deceleračním mechanizmem. Poranění mozku pak mají charakter difuzně axonálního poranění případně interhemisferických subdurálních hematomů. Tato traumata jsou zobrazitelná pomocí CT vyšetření, případně s doplněním MRI (Brichtová, 2009).

# Diagnostický postup

Výběr správného diagnostického postupu je závislý na výsledku základního klinického vyšetření a získání anamnestických údajů. Velmi důležitým aspektem je v případě traumatu mechanismus úrazu.

## Radiologické standardy

Systém radiologických standardů byl obdobně jako jiné standardy ošetřovatelské péče zaveden z důvodu nutného sjednocení praxe provádění výkonů lékařského ozáření v medicíně. Zcela zapadá do systému procesního řízení, kdy aplikací standardů je možné provádět výkon lékařského ozáření od indikace až po uzavření vyšetření identicky a při dobrém nastavení i ideálně. Kromě toho je tento systém zapojitelný do systému kontroly jakosti prováděného procesu.

#### Národní radiologické standardy

Nutnost tvorby standardních postupů vychází z několika dokumentů. V Úmluvě o biomedicíně přijaté v roce 1997 Radou Evropy v Oviedu (ESP) a českou republikou následně ratifikované v roce 2001 (96/2001 Sb., Úmluva o lidských právech a biomedicíně) je stanoveno, že každý zákrok v oblasti péče o zdraví je možné provést pouze v souladu se standardy. Ve směrnici Rady 97/43/EURATOM o ochraně zdraví osob před riziky vyplývajícími z ionizujícího záření v souvislosti s lékařským ozářením je stanoveno, že každý přístroj musí mít pro každou radiologickou činnost vypracován standardní protokol.

Přímo Národními radiologickými standardy se zabývá část zákona 373/2011 Sb., o specifických zdravotních službách. V hlavě V, §70 je zakořeněna nutnost vypracování Národních radiologických standardů pro poskytování všech služeb, jejichž součástí je lékařské ozáření. Tyto Národní radiologické standardy vydává a nejméně jednou za 5 let aktualizuje Ministerstvo zdravotnictví (Zákon č. 373/2011 Sb.).

Správně nastavený standardní postup určuje závaznou normu provádění popsaného výkonu a umožňuje následné objektivní vyhodnocení kvality jeho provedení. Pro pacienta je zárukou zajištění minimálního kvalitativního poskytnutí péče. Pro personál postupující podle standardního postupu je forenzní jistotou, protože při správném provedení dle postupu popsaného ve standardu předkládá důkaz správnosti takového postupu.

#### Místní radiologické standardy

Místní radiologické standardy jsou aplikací Národních radiologických standardů přímo na každý zdroj ionizujícího záření s ohledem na jeho typ, prováděné výkony a personál pracoviště. Jejich obsah je v souladu s NRS. Jsou vypracovány pro každý zdroj IZ a pro každé standardně prováděné vyšetření. Proto by se jejich tvorby měla účastnit osoba pracující s konkrétním zdrojem.

Nutnost tvorby Místních radiologických standardů je popsána v hlavě V, §71 zákona 373/2011 Sb. o specifických zdravotních službách. Zákon uvádí, že je každý poskytovatel zdravotní péče (dále jen poskytovatel), jejíž součástí je lékařské ozáření povinen vypracovat MRS pro každý výkon, který se standardně provádí. Při vypracovávání se vychází z NRS (pokud jsou pro daný typ procesu k dispozici) a dále z konkrétních podmínek na pracovišti a z rozsahu poskytovaných zdravotních služeb. Dále je poskytovatel povinen zajistit, aby byly MRS dostupné všem pracovníkům, kteří se podílejí na procesu s lékařským ozářením (Zákon č. 373/2011 Sb.). Je vhodné, aby MRS obsahovaly přehled indikačních kritérií pro odůvodnění lékařského ozářenís ohledem na místní praxi, tedy na příklad na ošetřovatelské guidelines klinických oborů. MRS musí být podle zákona vypracovány nejdéle do 1 roku od uveřejnění NRS (Zákon č. 373/2011 Sb.).

Kontrolou souladu MRS a NRS se zabývají interní a externí klinické audity. První interní klinický audit, musí být proveden do 1 roku ode dne uveřejnění MRS a dále pak periodicky jednou ročně (Zákon č. 373/2011 Sb.). Je zajišťován přímo poskytovatelem zdravotních služeb. Externí klinický audit je prováděn nejméně jednou za 5 let subjektem, který je vlastníkem oprávnění od Ministerstva zdravotnictví (Zákon č. 373/2011 Sb.).

### Indikační kritéria pro zobrazovací metody

Indikační kritéria pro zobrazovací metody jsou přehledným doporučujícím dokumentem pro klinické lékaře indikující vyšetření pomocí zobrazovacích metod bez i s použitím ionizujícího záření. V současné době platná Indikační kritéria jsou součástí Věstníku Ministerstva zdravotnictví 11 z roku 2003. Jedná se o upravený český překlad dokumentu Referral Guidelines for imaging, koordinovaného Evropskou komisí v roce 2000 a následně vydaného jako 118 svazek edice Radiation protection Úřadem pro úřední publikace. V České republice byl tento dokument vydán Ministerstvem zdravotnictví ve spolupráci se státním úřadem pro jadernou bezpečnost, Radiologickou společností ČLS JEP a Českou společností nukleární medicíny ČSL JEP.

Tento dokument byl v ČR vydán jako nutné plnění Implementačního plánu Směrnice Rady 97/43/EURATOM. Článek 6 této směrnice ukládá zajistit dostupnost informací o indikačních kritériích k vyšetřením s lékařským ozářením pro všechny lékaře, oprávněné indikovat tato vyšetření. Byl v něm zohledněn neustálý rozvoj těchto diagnostických metod, zapojení metod bez ionizujícího záření (ultrasonografie, magnetická rezonance), čímž byla zdůrazněna snaha o změnu vžitých algoritmů diagnostiky. Hlavním úkolem dokumentu je tedy přinášet nemocničním lékařům, ale i lékařům v primární péči účinnou pomůcku k volbě nejvhodnějšího diagnostického postupu s ohledem na základní princip radiační ochrany – odůvodnění lékařského ozáření.

Obsahuje 280 běžných klinických problémů. Je řešen formou tabulky, kde v prvním sloupci je popsána klinická situace (od „A“ Hlava, po „M“ pediatrie), v druhém je pak přehled možných zobrazovacích modalit se zjednodušeným označením očekávané radiační zátěže. Ve třetím sloupci je uvedeno, nakolik je daný diagnostický postup doporučený a jaký je stupeň jeho průkaznosti. Tato doporučení čerpají z principů „Evidence Based Medicine“ – tedy z péče založené na důkazech. Hlavním úkolem indikujícího je tedy zvážit vzájemný vztah míry radiační zátěže a průkaznosti zvoleného vyšetření.

Důležitou premisou je ale fakt, že tento dokument je stále jen nezávaznou nabídkou doporučení pro standardní situace. Je tedy nutné brát ohled nejen na něj, ale i na další participující dokumenty, kterými mohou být Místní radiologické standardy, či místní standardy ošetřovatelské péče. Jedná se tedy o velmi praktickou „pomůcku“ indikujícím lékařům k nejvhodnějšímu a nejlepšímu využití služeb pracovišť radiologie a zobrazovacích metod. Protože jen vhodná volba diagnostického postupu vede k volbě nejvhodnější diagnostické metody s největším přínosem, a tím k možné redukci dávek z lékařského ozáření.

V úvodu dokumentu je zmíněno 6 základních otázek, které by měly navést ke správné volbě postupu.

* **Bylo to už vyšetřeno?** – vyjadřuje snahu vyhnout se případným duplicitním vyšetřením, obzvláště v dnešní době snadného sdílení obrazových i neobrazových informací mezi zdravotnickými zařízeními.
* **Potřebuji to skutečně?** – je očekávaný pozitivní nález pravděpodobný nebo je případný očekávaný nález irelevantní pro další diagnostiku?
* **Potřebuji to nyní?** – uplynulo od projevu klinického problému, či od terapeutického zásahu dostatek času, aby se změny projevily?
* **Je to nejlepší vyšetření?** – je opravdu vybrané vyšetření vhodné ke zkoumané klinické situaci?
* **Vysvětlil jsem problém?** – jsou na žádance k vyšetření popsány všechny klinické otázky, na které má diagnostický postup přinést odpovědi?
* **Neprovádí se příliš mnoho vyšetření?** – Je opravdu nutné provádět další vyšetření, které navede jen ke stejnému zjištění (Věstník, 2003)?

#### **Vhodné indikace pro skiagrafii a výpočetní tomografii v oblasti hlavy**

Tabulka 2 Rutinní a nerutinní indikace skiagrafie a CT

|  |  |
| --- | --- |
| **Skiagrafie - indikováno** | |
| Podezření na kovové těleso v orbitě | Doporučeno před MRI u pacientů pracujících v kovo odvětvích |
| Poranění orbity tupé poranění | V případě nejasného nálezu, následně doporučeno CT/MRI |
| Poranění orbity - penetrující poranění | V případech, kdy je možné očekávat přítomnost cizího tělesa, při podezření na poranění stěny orbity a při doporučení specialistou |
| Poranění střední části obličeje | V případě spolupracujícího pacienta |
| Poranění dolní čelisti | Skiagrafie nebo panoramatický snímek |
| **Skiagrafie - není indikováno rutinně** | |
| Bolest hlavy chronická | Skiagrafie je malým přínosem při absenci ložiskových (lokálních) Bolest hlavy: chronická příznaků |
| Afekce hypofýzy a tureckého sedla | Doporučeno CT/MRI |
| Hydrocephalus | Doporučeno CT/MRI |
| Demence, poruchy paměti, psychózy | Doporučeno CT/MRI |
| Porucha zraku | Doporučeno CT/MRI |
| Epilepsie | Neprůkazné |
| Úraz - nízké riziko nitrolební léze pacient je správně -orientovaný -chybí amnézie -chybí neurologické příznaky -není přítomno závažné zevní -poranění v oblasti kštice -není přítomen hematom | Skiagrafie není indikována rutinně |
| Úraz - střední, vysoké a velmi vysoké riziko nitrolební léze | CT je používáno jako první a jediné vyšetření k vyloučení nitrolební léze |
| Poranění nosu | Pouze na doporučení specialisty |
| Epilepsie u dětí | Malý přínos vyšetření |
| Hydrocephalus u dětí | Zobrazení celého systému zkratu |
| Bolesti hlavy | Doporučeno CT/MRI |
| Sinusitis u dětí | Není doporučeno před 5. rokem věku |
| **Výpočetní tomografie - indikováno** | |
| Náhlá mozková příhoda | Rozlišení hemoragické a ischemické CMP |
| Expanzivní proces | Kde není dostupné MRI |
| Bolest hlavy - akutní, krutá | K vyloučení krvácení |
| Bolest hlavy - chronická | Na doporučení specialisty, známky změn nitrolebního tlaku |
| Hydrocephalus |  |
| Symptomy od středního ucha | HRCT |
| VDN | při podezření na úraz nebo malignitu |
| Demence, poruchy paměti, psychózy | Spolu s PET/CT pro diagnostiku Alzheimerovy choroby |
| Orbitální léze | Dobrý anatomický detail, velká dávka na oční čočku! |
| Epilepsie |  |
| Úraz - střední, vysoké a velmi vysoké riziko nitrolební léze | CT je používáno jako první a jediné vyšetření k vyloučení nitrolební léze |
| Poranění střední části obličeje | Nízkodávkové CT |
| Poranění orbity - penetrující poranění | Nízkodávkové CT |
| **Výpočetní tomografie - není indikováno rutinně** | |
| Úraz - nízké riziko nitrolební léze pacient je správně | CT není indikováno rutinně |
| Hluchota u dětí | Při postinfekční hluchotě |
| Bolest hlavy u dětí | Při nedostupnosti MRI |

(Věstník, 2003)

## Radiační zátěž a rizika

### Radiační ochrana

Ač se technika zobrazovacích metod neustále vyvíjí, a tím dochází k neustálému snižování dávek z lékařského ozáření, je nutné neustále uvažovat biologické účinky záření. Ty jsou v případě běžné skiagrafie a výpočetní tomografie převážně stochastického, tedy pravděpodobnostního účinku. Proto je radiační ochrana jedním z aspektů, který je nutné při plánování a provádění každého vyšetření s použitím ionizujícího záření dodržovat. Úkolem správně nastaveného procesu radiační ochrany je zcela se vyhnout deterministickým účinkům záření a v případě stochastických účinků je potřebné snížit míru jejich pravděpodobnosti na co nejnižší. Respektive co nejnižší pro dané vyšetření jedince a celkově pro společnost. Kromě zdravotních jsou uvažovány i ohledy technické a finanční.

K aplikaci teoretických poznatků do praxe byly zavedeny 4 základní principy radiační ochrany. Jsou stanoveny tak, aby byla dostatečně chráněna osoba podstupující lékařské ozáření, ale i osoby další, které mohou být lékařskému ozáření přítomny.

#### Princip odůvodnění

Podstatou tohoto principu je, že z každého vyšetření s použitím ionizujícího záření musí plynout přínos, který vyváží nebo je vyšší než případné riziko způsobené aplikací ionizujícího záření. Je to princip týkající se převážně přímo vyšetřovanou osobu. V praxi je ideálně aplikován tak, že indikace vyšetření by měla být v souladu s obecně uznávanými indikačními kritérii a v případě, že se nejedná o vyšetření rutinně indikované, je nutné uvést dostatečný důvod pro to, aby vyšetření proběhlo.

Indikace každého takového vyšetření by měla být schválena osobou, v jejíž gesci taková činnost je. Tedy v případě běžné skiagrafie je to až na výjimky (LO těhotné ženy, netraumatologická indikace u dětí mladších 3 let) radiologický asistent a v případě výpočetní tomografie, specifických případů skiagrafie a nestandardních indikací lékař radiolog. Součástí správné indikace je i žádanka o vyšetření, která musí obsahovat kromě indikovaného vyšetření a jasných identifikačních údajů pacienta a indikujícího lékaře také všechny důležité informace, vztahující se k indikovanému vyšetření.

Pro dodržení správnosti indikace je v platnosti dokument indikační kritéria pro zobrazovací metody, určený pro klinické lékaře indikující vyšetření. Pro aplikující odborníky jsou závaznými dokumenty Národní a Místní radiologické standardy, které by měly obsahovat přehled rutinně, nerutinně i chybně indikovaných vyšetření. Přihlížet lze také k více aktualizovaným guidelines odborných zahraničních společností (Royal College of Radiologist, American College of Radiologist, popřípadě Evropská komise) (Súkupová, 2018).

V současné době je z celkového počtu skiagrafických výkonů až 30 % nesprávně indikováno (Súkupová, 2018). Jedná se většinou o výkony, které se provádějí z důvodů historických, popřípadě dle názoru indikujícího lékaře forenzních.

#### Princip optimalizace

Pokud je vyšetření správně indikováno, je nutné, aby lékařské ozáření bylo provedeno s takovým množstvím a energií záření, aby bylo možné získat všechny potřebné diagnostické informace (nebo zajistit potřebný terapeutický účinek), avšak s přihlédnutím k biologickým účinkům záření, odborným znalostem, ale i k sociálním a ekonomickým faktorům. V zahraniční literatuře a praxi je tento princip pojmenován akronymem ALARA – As Low As Reasonably Achievable, tedy tak nízké, jak je rozumně dosažitelné.

V praxi je tento princip uplatňován od instalace nového přístroje, kdy musí být provedena úvodní optimalizace s ohlédnutím na potřeby diagnostiky, po celou životnost přístroje v praxi. Nejúčinnějším nástrojem pro kontrolu optimalizace procesu lékařského ozáření je užití zavedených směrných hodnot efektivní dávky – Národní a Místní diagnostické referenční úrovně. NDRÚ byly stanoveny exaktním výzkumem a jsou součástí NRS. MDRÚ jsou stanovovány lokálně pro každý zdroj ionizujícího záření. Vztah NDRÚ a MDRÚ je takový, že místní nesmí překračovat národní úroveň. Což v dnešní době není problematické, protože NDRÚ nejsou příliš často aktualizovány a vzhledem k neustálému technickému rozvoji je na skiagrafická vyšetření nutná stále nižší dávka. U výpočetní tomografie je situace složitější z důvodu velkého rozdílu technologií různých výrobců. Zatímco někteří výrobci dodávají stroje, u nichž není problém mít MDRÚ (což je vyváženo často vyšší pořizovací cenou), u jiných výrobců dosáhnout vztahu MDRÚ<NDRÚ není téměř možné.

#### Princip limitování

Přímo se netýká vlastního lékařského ozáření pacienta, protože pro lékařské ozáření nemohou být stanoveny žádné limity, pouze směrné hodnoty. Limity, tedy „bezpečné ozáření“ jsou stanoveny pro obecné obyvatelstvo, pracovníky se zdroji ionizujícího záření, studenty a učně a další specifické skupiny a specifické případy.

#### Princip bezpečnosti zdroje

Na tento princip je nutné nazírat z dvou pohledů. Prvním pohledem je vlastní zabezpečení zdroje. S každým zdrojem smí zacházet pouze osoba k tomu pověřená, tedy osoba s požadovanou kvalifikací (v případě skiagrafie a CT je to odborně způsobilý radiologický asistent) a zaškolením na daný zdroj. Druhým pohledem je dohled nad celým zobrazovacím řetězcem, který musí po celou dobu životnosti vykazovat stabilní výsledky. K tomu slouží zavedený systém neperiodických (přejímací zkouška) i periodických (zkouška dlouhodobé stability, přejímací zkouška) kontrol přístroje.

## Zobrazovací postupy

### RTG vyšetření lebky

Skiagrafický obraz vzniká jako sumační obraz struktur celého objektu. Jde tedy o projekci třírozměrného objektu do dvourozměrné roviny. Záření vznikající ve zdroji – rentgence prochází vyšetřovaným objektem, ve kterém dochází k interakcím s prostředím – absorpce, rozptyl. Na podkladě různých chemických a fyzikálních vlastností rozdílných částí objektu je pravděpodobnost různých interakcí rozdílná. Vlastnost, kterou popisujeme množství absorpce a rozptylu v tkáni, nazýváme atenuace. Ta je podstatou tvorby následného obrazu na receptoru, dnes nejčastěji digitálním.

Nevýhodou je, že tkáně s podobným chemickým složením a hustotou mají i podobné atenuační schopnosti. Není možné je tedy následně ve výsledném obraze rozeznat. Druhou nevýhodou je vlastní sumační princip vzniku obrazu. Ten nedává takovou možnost v prostorové orientaci v obraze. Proto je nutné skiagrafické snímkování provádět z více směrů než z jednoho. Výhodou je naopak poměrně nízké, ne však ale zanedbatelné, radiační zatížení organismu.

Vzhledem k dostupnosti je často metodou první volby diagnostického zobrazení po traumatu lebky konvenční skiagrafické vyšetření ve dvou nebo třech projekcích. Oprávněnost provedení je závislá na MRS. Obecně jsou prosté skiagramy lebky velmi špatným prediktorem intrakraniální patologie (Tuong, 2006). Jejich význam je pouze v diagnostice postižení kostí lebky. Správnost indikace tedy leží na klinickém lékaři (chirurg, neurolog) a závisí na správném odebrání anamnézy ke zjištění mechanismu a hrubosti úrazu. Uplatnění najdou v diagnostice CAN pro průkaz fisur lebky. Toto zjištění nemá z klinického hlediska příliš přínos, pro průkaz CAN je však nezbytné (Tuong, 2006).

Výhodou prosté skiagrafie lebky je poměrně nízká radiační zátěž, ekonomická nenáročnost a dostupnost v téměř každém zdravotnickém zařízení. Nevýhodou je problematika interpretace skiagramu, a to obzvláště u malých dětí. Toto vyšetření také vykazuje velice nízkou senzitivitu v průkazu intrakraniálních postižení. Bezpečně zobrazí skelet lebky, avšak značná část intrakraniálních abnormalit se vyskytuje izolovaně od postižení kostní struktury (až v 45 % případů). Proto není prosté skiagrafické vyšetření již doporučováno jako metoda první volby. Výjimku tvoří případy podezření na úmyslné poranění hlavy (CAN). V případě pozitivity nálezu na RTG snímku je vhodné zvážit k dovyšetření výpočetní tomografii (Hálek, 2010).

Při prvotním vyšetření lebky se používají dvě základní projekce:

* zadopřední/předozadní,
* bočná.

Vzhledem k ochraně orgánů velmi citlivých na účinky záření (oční čočka), je vždy vhodnější provádět zadopřední než předozadní projekci lebky. Vzhledem k základním principům interakcí fotonového záření s hmotou dojde v případě použití zadopřední projekce k interakcím nejměkčí složky svazku s větší vrstvou tkáně a díky vytvrzení svazku (zvýšení průměrné energie svazku) je oční čočka méně zatěžována. Bohužel ne vždy je tento princip možné uplatnit, například u kojenců a batolat.

Na skiagramech musí být přehledně zachyceno celé neurocranium a podle možností i celé splanchnocranium.

V případě potřeby lze doplnit dalšími cílenými projekcemi podle lokalizace nebo suspekcí nálezu například:

poloaxiální projekce – při poranění obličejového skeletu,

projekce dle Vaterse – při podezření na afekci vedlejších dutin,

projekce dle Towna – k zobrazení báze lební.

### Sonografie

Sonografie je v zobrazení hlavy metodou se značnými omezeními. Obraz ultrasonografie vzniká na podkladě ultrazvukových vln, které jsou vyslány do objektu. V tomto objektu dochází na všech rozhraních struktur s různým složením a tedy i s různou akustickou impedancí k jejich odrazu. Tyto odražené vlny jsou zaznamenávány a následně reprezentovány ve formě obrazu. Obrovské omezení pro ultrasonografii však představují struktury s naprosto odlišnou akustickou impedancí, tedy vzduch a kost. Tedy jedinými možnými přístupovými cestami pro zobrazení vnitřku lebky jsou foramen magnum a případné neuzavřené fontanely u novorozenců.

Vhodné indikace pro toto vyšetření u novorozenců tedy jsou:

* přehledné zobrazení komorového systému,
* zobrazení přítomnosti hydrocefalu
* zobrazení intraventrikulárního krvácení.

### Výpočetní tomografie hlavy

Výpočetní tomografie je metoda, která pro vznik obrazu, obdobně jako skiagrafie, využívá ionizujícího záření. Oproti skiagrafii, která nabídne pouze sumační dvourozměrný obraz, je CT metodou tomografickou. Nabízí tedy výrazně lepší možnost získání diagnostické informace. Princip vzniku obrazu je oproti skiagrafii složitější.

Ve fázi vyšetřovací dochází k základnímu náběru dat. Ten v dnešní době probíhá převážně helikálně, tedy objekt je umístěný na vyšetřovací podložce, která koná pohyb v ose Z za současné neustále probíhající expozice kolem pacienta. Data o atenuaci jsou zaznamenávána na variabilní typy detektorů. Výsledkem této fáze jsou tzv. hrubá data.

Ve fázi rekonstrukční dojde k matematické transformaci helikálně nabraných dat na primární řezy. Tyto řezy jsou v axiální rovině. Výsledkem je řada řezů, ve které jsou obrazovým bodům (pixely), které reprezentují objemové elementy (voxely) kromě pozic v osách X a Y, přiřazeny hodnoty atenuace každého jednoho voxelu.

Poslední fází je transformace obrazu. Ta je opět matematickou operací, kdy dojde k přiřazení hodnot denzity, která může být následně v obraze reprezentována stupněm šedi. Transformace probíhá srovnáváním hodnoty atenuace voxelu objektu s atenuací voxelu vody (ten má přiřazenou hodnotu denzity 0 hounsfieldových jednotek). Výsledkem jsou tedy již řezy v základní rovině, které lze použít k diagnostice nebo následnému dalšímu zpracování.

Nesmírnou výhodou výpočetní tomografie je její možnost modifikace. Z jedné sady hrubých dat je možné zvolením správného algoritmu ve fázi rekonstrukční získat různé typy zobrazení. Tedy zobrazení například se zaměřením na kosti či na měkkou tkáň (mozek). Mezi další úpravy obrazu pak patří různé postprocessingové možnosti – nastavení středu a šířky okna zobrazení (zlepšení kontrastních poměrů obrazu se zaměřením na určitou užší část celého Hounsfieldova spektra) a rekonstrukce dalších obrazových sad v jiných rovinách a se zobrazením toho, na co je vyšetření cíleno.

Mezi používané rekonstrukce patří tyto typy:

* Multiplanární rekonstrukce (MPR) – vytvářejí se často ve všech základních rovinách vyšetřovaného objektu (axiální, sagitální, koronální). Používají se jako nejčastější rekonstrukce pro přímou diagnostiku. Pokud je vyšetřován objekt skládající se z podobjektů, je možné, že základní osy podobjektu nebudou zcela totožné s osami celého objektu. Například při vyšetření mozku není jeho dlouhá osa zcela kolmá na dlouhou osu těla a je tedy nutné přerekonstruovat základní axiální obrazy na multiplanární axiální řezy mozku se sklonem.
* Rekonstrukce zobrazení maximální nebo minimální intenzity (MIP, MInP) – jedná se o třírozměrné rekonstrukce, které zobrazí z libovolného výběru řezů do výsledného obrazu pouze nejvíce nebo nejméně denzní pixel. Toto zobrazení je vhodné například pro zobrazení cév naplněných kontrastní látkou (maximální intenzita) nebo zobrazení bronchiálního stromu (minimální intenzita).
* Shaded Surface Display (SSD) rekonstrukce jsou přímo třírozměrné. Nabízí tedy plnohodnotný třírozměrný obraz nejčastěji povrchů a dutých objektů.
* Volume Rendering Technique rekonstrukce – objemové třírozměrné rekonstrukce s možností různého typu renderingu, tedy potažení různých struktur jinou texturou. Jsou vhodné pro 3D zobrazení například intrakraniálních cév, ale i kostí lebky. Tyto rekonstrukce jsou vhodné pro přehlednou prezentaci nálezu.

V případě akutního traumatu s GCS 8 a méně s přetrvávajícím neurologickým deficitem, antegrádní amnézií, asymetrickou reakcí pupil, a ztrátou vědomí na více než 5 minut je indikováno vždy vyšetření výpočetním tomografem zaměřené na oblast hlavy a krku. Oproti vyšetření magnetickou rezonancí dokáže v akutní fázi lépe odhalit postižení kostních struktur. V tomto případě je naprosto nevhodné vyšetření provádět s aplikací kontrastní látky, která může skrýt nebo napodobit případné akutní krvácení. Pro správný diagnostický popis je nutné vytvořit multiplanární rekonstrukce a zobrazení provést ve více nastaveních středu a šířky okna. Pro hodnocení mozkové tkáně je vhodné okno S: 40, Š: 80, pro zvýraznění kontrastu lebky a extraaxiální krve S: 75, Š:150 a pro hodnocení struktur kostní okno S:50, Š 2500 (Tuong, 2006).

V současné době je tedy CT mozku metodou volby pro diagnostiku traumat mozku. Negativní nález na vyšetření výpočetním tomografem dostatečně vylučuje výskyt možných závažných komplikací. Dostupnost této metody je o něco horší než v případě skiagrafie, leč při závažnějších postiženích téměř všude okamžitá. Oproti skiagrafii je také významně vyšší radiační zátěž a finanční náročnost, což však je vyváženo přínosem vyšetření, senzitivitou a specificitou (Hálek, 2010).

### Magnetická rezonance

Princip zobrazování pomocí magnetické rezonance není založen na použití ionizujícího záření. Využívá se nukleární magnetické rezonance několika chemických prvků, převážně vodíku, které jsou ovlivněny magnetickým polem s poměrně vysokou magnetickou indukcí (nejběžněji 1,5 – 3 T). Objekt složený z těchto prvků je vystaven elektromagnetickému pulzu, přičemž jsou přímo ovlivněny jeho fyzikální vlastnosti. Po odpojení tohoto pulzu je objekt sledován a jsou měřeny časy návratu fyzikálních vlastností zpět na určitou úroveň. Výhodami jsou absence ionizujícího záření, což z magnetické rezonance dělá metodu, kterou je vhodné nasadit u opakovaných vyšetření a u vyšetření dětských pacientů a velmi dobrý kontrast měkkých tkání. Nevýhodou pak je velká časová náročnost, která je v řádu minut až desítek minut, oproti předchozím metodám, které jsou spíše v řádu sekund až desítek sekund. Mezi další nevýhody této metody patří finanční náročnost vyšetření, nižší dostupnost metody, nutnost zklidnění pacienta.

V případě akutního poúrazového stavu je tedy pouze doplňující metodou, využívanou v případě, že výpočetní tomografie nedokáže nabídnout dostatečné výsledky. Tuto metodu lze lépe využít u subakutních a chronických obtíží. V případě zobrazování traumatu nedokáže magnetická rezonance přímo zobrazit postižení kosti, dokáže však zobrazit přítomnost krve a je nedocenitelnou metodou při diagnostice difuzně axonálního poranění mozku. Dále je v primární traumatologické diagnostice omezení týkající se bezpečnosti pacientů. Ne vždy lze bezpečně odebrat anamnéza týkající se přítomnosti kovů ve vyšetřovaném objektu – přítomnost některých implantátů, cévních svorek, kovových střepin a podobně.

Tabulka 3 Výhody a nevýhody metod CT a MR v zobrazování hlavy

|  |  |
| --- | --- |
| **CT** | **MR** |
| **výhody** | |
| snadná dostupnost u akutních stavů | neinvazivní metoda s vynikajícím anatomickým zobrazením |
| rychlá a neinvazivní metoda | adekvátní indikace vlastností akutních lézí |
| přesná lokalizace intrakraniálních i extrakraniálních lézí | |
| dobrá charakteristika vlastností u akutních lézí | snadná identifikace všech herniací |
| dobré ohraničení fraktur báze lební, VDN, a měkkotkáňových změn | přesná detekce úrazových cévních lézí (pseudoaneuryzma, karotido-kavernózní píštěl) |
| snadná identifikace pneumocefalu a většiny herniací | MR angiografie intrakraniálních cév bez použití kontrastní látky |
| přesná lokalizace kovových těles a úlomků kosti | přesná demonstrace přidružených poranění extrakraniálních cév a měkkých tkání |
| možnost CT angiografie intrakraniálních cév | adekvátní identifikace DAP |
| snadné hodnocení přidružených poranění v jiné lokalitě těla | možnost funkčního vyšetření a zobrazení difuze |
| **nevýhody** | |
| artefakty mohou imitovat abnormality | horší dostupnost v akutních stavech, delší doba vyšetření |
| špatná definice DAP | finanční náročnost |
| možnost přehlédnutí některých intrakraniálních cévních lézí | špatné ohraničení kostních struktur s limitací hodnocení zlomenin |
| omezená předpověď prognózy stavu pacienta | kontraindikace vyšetření s kovovými tělesy i suspektně |
| impresivní zlomeniny na vertexu mohou být přehlédnuty | citlivost ke zhoršení kvality pohybovými artefakty |

(Charvát, 2006)

## Strategie vyšetření

Podle současných Evropských doporučení je metodou, která je správně indikována v případě traumatu hlavy jednoznačně výpočetní tomografie. Prostý skiagrafický snímek není indikován ani v případě mírného zranění hlavy. V případě pacientů se středním traumatem, lze indikaci prosté skiagrafie obhájit. Jedná se především o pacienty s neurologickými obtížemi po traumatu, po napadení, po sportovních úrazech, po úrazech v obličejové části hlavy. Stále však platí, že tento skiagrafický snímek prokáže pouze patologii na kostech lebky, nikoliv však mozku a jeho obalů. Skiagrafické vyšetření lze podle dokumentu Indikační kritéria pro zobrazovací metody využít u netraumatologických pacientů, například pro zobrazení průběhu ventrikulo-peritoneální drenáže, při hledání osteolytických ložisek při melanomu či myelomu, při zobrazení vývojových vad typu synostóza lebečních kostí (Sedláčková, 2017).

### Konsenzuální odborné stanovisko České neurologické společnosti ČLS JEP

V případě lehkého mozkového poranění je oprávněnost indikace CT vyšetření velmi diskutabilní. Proběhly proto snahy definovat faktory, při kterých by mělo být CT provedeno bezpodmínečně. V praxi jsou používána různá kritéria stanovená povětšinou retrospektivními studiemi (kanadské doporučení The Canadian CT Head Rule, americké New Orleans Criteria, evropské doporučení stanovené European Federation of Neurological Societies a European Brain Injury Consortium) (Chudomel, 2019). Z nich lze stanovit následující oprávněné indikace k CT mozku:

* GCS méně než 15 dvě hodiny po traumatu,
* podezření na jakoukoliv frakturu lebky,
* klinické příznaky fraktury báze lební (brýlový hematom, hemotympanon, rhinorrhea, otorrhea, hematom v oblasti mastoidálního výběžku),
* akutní, symptomatický epileptický záchvat,
* ložiskový neurologický nález,
* opakované zvracení.

V případě očekávaného zranění mozku s poruchou vědomí či amnézií se CT provede vždy u pacientů:

* s antikoagulační nebo duální antiagregační léčbou,
* s poruchou koagulace,
* ve věku 65 let a více,
* s retrográdní amnézií delší než půl hodiny před úrazem,
* s trvající antegrádní amnézií,
* s nebezpečným mechanismem úrazu (sražený chodec, cyklista, pád z větší výšky, apod.) (Chudomel, 2019).

### Doporučení European Brain Injury Consortium

Toto doporučení definuje vhodnost indikace pro lehké i pro těžší poranění mozku. Pro těžší poranění je jasná indikace u pacientů s GCS 14 a méně. Pro lehké poranění, tedy pacienty s GCS = 15 je vhodné provést CT mozku, pokud jsou přítomny následující příznaky (high risk faktory):

* fokální neurologické symptomy,
* porucha nervověsvalové koordinace nebo ataxie,
* anizokorie,
* fraktura lebky,
* zevní známky traumatu hlavy u kojenců,
* ztráta vědomí po traumatu,
* amnézie,
* zmatenost,
* postkomoční syndrom,
* posttraumatická epilepsie,
* koagulopatie,
* antikoagulační léčba,
* požití či intoxikace látkami ovlivňujícími vědomí (alkohol, léky, drogy),
* podezření na týrané dítě,
* nespolehlivá/nedostatečná anamnéza.

Dalším faktorem, který je třeba uvažovat, je přítomnost klinických známek fraktury lební báze, vpáčené zlomeniny nebo penetrujícího poranění lebky (Charvát, 2006).

### Canadian CT Head Rule

CCTHR stanovuje, že CT mozku je vyžadováno u pacientů s lehkým úrazem hlavy, kteří vykazují nejméně jeden z příznaků:

* GCS < 15 dvě hodiny po traumatu,
* otevřená zlomenina lebečních kostí
* impresivní zlomenina lebečních kostí
* příznaky zlomeniny báze lební – výtok krve ze zvukovodu, výtok likvoru z nosu nebo zvukovodu, brýlový hematom,
* zvracení více než dvakrát
* věk 65 let a více
* amnézie před úrazem 30 a více minut
* rizikový mechanismus úrazu (Steill, 2001)

Studiemi bylo ověřeno, že CCTHR má stoprocentní senzitivitu u pacientů s lézí, kterou je nutné řešit chirurgicky (Kaiser, 2011).

### New Orleans Criteria

NOC uvádí, že CT mozku je indikováno u nemocného, který splňuje alespoň jedno z kritérií:

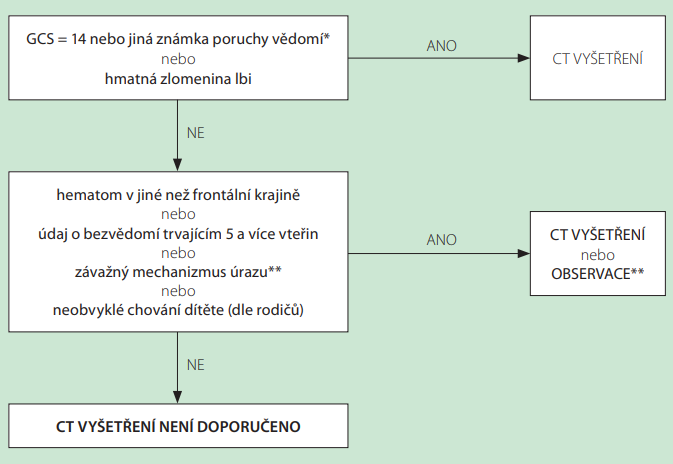
* bolest hlavy,
* zvracení,
* věk 60 let a více,
* intoxikace alkoholem,
* intoxikace drogami,
* přetrvávající anterográdní amnézie,
* epileptický záchvat,
* viditelné trauma v oblasti mezi klíčními kostmi a vertexem (Stiell, 2001).

Stejně jako CCTHR, podle následně provedených studií, vykazuje stoprocentní senzitivitu u pacientů s následně chirurgicky řešenou lézí (Kaiser, 2011).

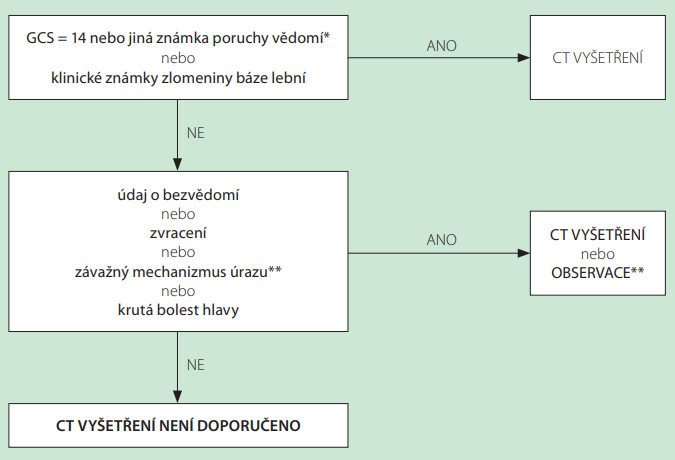
### Studie CHALICE

Studie CHALICE (Children Head Injury Algorithm for the Prediction of Important Clinical Events) proběhla v roce 2006 v severozápadní Anglii za účelem stanovení optimálního algoritmu vyšetření pacientů s úrazem hlavy. Soubor byl poměrně obsáhlý – 22772 pacientů mladších 16 let a na základě získaných dat bylo stanoveno pravidlo pro predikci vážných, klinicky významných stavů a následně tedy správnost indikace vyšetření výpočetní tomografií.

Po vyhodnocení byla získána hodnota senzitivity CT vyšetření 98 % a hodnota specificity 87 %. Výsledkem studie jsou take algoritmy pro doporučenou indikaci CT vyšetření.



Obrázek 5 Diagnostický postup pro děti do 2 let věku po úrazu hlavy s GCS 14 – 15 (Hálek, 2010)



Obrázek 6 Diagnostický postup pro děti 2 a více let věku po úrazu hlavy s GCS 14 – 15 (Hálek, 2010)

# Výzkumná část

## Cíle práce

Hlavním cílem výzkumné části práce je statistické šetření četnosti indikace vyšetření rentgenového vyšetření lebky a zjištění jaký přínos toto vyšetření má k léčebnému postupu.

Dílčími cíli je

* zjistit správnost indikací skiagrafického vyšetření lebky (hypotéza **H1**: počet nesprávně indikovaných vyšetření bude větší než správně indikovaných vyšetření),
* zjistit z výběrového souboru vyšetřených pacientů incidenci pozitivních nálezů zachycených na skiagramech lebky (hypotéza **H2**: počet pozitivních nálezů nebude přesahovat 10%),
* zjistit návaznost dalších zobrazovacích metod na pozitivní nález,
* zjistit závislost četnosti vyšetření skiagrafie lebky na věku pacienta. Předpoklad je, že největší četnost bude u pacientů v extrémních věkových kategoriích (hypotéza **H3**: četnost vyšetření bude korelovat s věkem pacienta).
* zjistit odhady efektivní dávky sdělené pacientům při běžném vyšetření lebky pomocí metod se simulací Monte Carlo. Tato data budou použita ve srovnání kolektivní dávky pacientů se správně a nesprávně indikovaným skiagrafickým vyšetřením lebky za jeden rok.
* vyjádřit riziko způsobené ionizujícím zářením při skiagrafickém vyšetření lebky ve dvou projekcích.

## Metodika

Data pro retrospektivní studii byla čerpána z nemocničního informačního systému FONS (STAPRO, Pardubice) Nemocnice Rokycany a.s. se spádovým územím okresů Rokycany a částí okresů Plzeň-sever a Plzeň-jih. Celkově se jedná o oblast s 55 tisíci obyvatel.

Ze základního souboru byl metodou náhodného výběru získán výběrový soubor s 200 prvky. Výběrový soubor je použit pro následné zpracování statistických šetření.

Odhad dávky je proveden na výběrovém souboru 20 pacientů, který bude získán ze základního souboru. Pro získání odhadu efektivní dávky je použit program PCXMC 2.

### Základní soubor

Základní soubor je získán z nemocničního informačního systému FONS. Obsahuje data pacientů, kteří mezi 1. lednem 2021 a 31. prosincem 2021 podstoupili na pracovišti Radiodiagnostiky Nemocnice Rokycany skiagrafické vyšetření lebky z traumatologické i netraumatologické indikace. Data potřebná pro další výzkum byla zaznamenána pomocí tabulkového kalkulátoru Microsoft Office Excel:

* údaje o pacientovi (věk, váha),
* základní diagnóza dle klasifikace MKN-10,
* pozitivita nálezu,
* následující další zobrazovací vyšetření (výpočetní tomografie),
* počet expozic,
* údaje o expozici (U[kV], Q[mAs], pKa [Gcm2], ohnisková vzdálenost).

V průběhu roku 2021 bylo na zkoumaném pracovišti provedeno 468 skiagrafických vyšetření lebky, včetně vyšetření vedlejších dutin nosních.

Tabulka Hlavní soubor

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **měsíc** | **počet vyšetření skiagrafie lebky** | **počet vyšetření VDN** | **následně vyšetřeno výpočetní tomografií** |
| leden | 25 | 18 | 3 |
| únor | 12 | 16 | 4 |
| březen | 22 | 19 | 2 |
| duben | 17 | 21 | 1 |
| květen | 11 | 18 | 2 |
| červen | 20 | 18 | 3 |
| červenec | 15 | 23 | 0 |
| srpen | 23 | 17 | 4 |
| září | 23 | 21 | 3 |
| říjen | 16 | 26 | 4 |
| listopad | 25 | 18 | 2 |
| prosinec | 19 | 25 | 2 |
| **celkem** | **228** | **240** | **30** |

### Výběrový soubor

Výběrový soubor 200 pacientů byl získán metodou náhodného výběru ze základního souboru všech pacientů. Jednalo se o zcela náhodný výběr bez ohledu na věk pacienta. Prvním krokem šetření bylo získání informace o indikaci k vyšetření. Informace o indikaci byla čerpána z textu žádanky o vyšetření, popřípadě hlavní diagnózy uvedené na žádance. Při výzkumu bylo zjištěno, že velké množství žádanek není vyplněno indikujícím lékařem korektně. Často diagnóza uvedená podle klasifikace MKN-10 naprosto neodpovídala požadovanému vyšetření. Malé množství žádanek také neobsahovalo informaci o klinickém problému, který má prováděné vyšetření objasnit.

Vyhodnocení správnosti indikací bylo následně provedeno srovnáním klinického problému či hlavní diagnózy s doporučeními, která se nacházejí v dokumentu Národní radiologické standardy pro skiagrafii – speciální část.

Po posouzení výběrového souboru je možné konstatovat, že vzhledem k absenci speciálních ambulancí (neurochirurgie, neurologie, plastická chirurgie) je patrný nedostatek indikací z důvodu chronických nebo vrozených onemocnění.

V tomto souboru také proběhla analýza pozitivity nálezů, závislosti věku vyšetřených a počtu indikovaných vyšetření a následně indikovaných vyšetření výpočetním tomografem.

### Výběrový soubor pro odhad kolektivní efektivní dávky

Odhad efektivní dávky proběhl na menším výběrovém souboru, který jsme ze základního získali opět metodou náhodného výběru. Bez ohledu na další proměnné vyšetřovaného bylo získáno 20 záznamů obsahující nutné hodnoty pro odhad dávky z projekce zadopřední/předozadní a latero-laterální. Byly zaznamenány následující hodnoty:

* vysoké napětí U [kVp],
* elektrické množství Q [mAs],
* ohnisková vzdálenost SID [mm],
* součin kermy a plochy KAP [mGycm2].

## Analýza dat

### Analýza správnosti indikací

Analýza indikací proběhla srovnáním klinického problému popsaného na žádance, případně hlavní diagnózy uvedené na žádance s dokumentem Národní radiologické standardy pro skiagrafii, který obsahuje informace o rutině indikovaných vyšetření, která budou považována za zcela správnou indikaci a nerutinně indikovaná vyšetření, která budou považována za nesprávnou indikaci pro skiagrafické vyšetření. Do správně indikovaných vyšetření lebky budou také zařazena vyšetření vedlejších dutin nosních u pacientů starších 5 let.

Za správně indikovaná vyšetření byla považována vyšetření z důvodu

* Podezření na kovové těleso v orbitě,
* Poranění orbity tupé poranění,
* Poranění orbity - penetrující poranění,
* Poranění střední části obličeje,
* Poranění dolní čelisti,
* Afekce VDN.

Za nesprávně indikovaná byla považována vyšetření z důvodu

* Bolest hlavy chronická,
* Afekce hypofýzy a tureckého sedla,
* Hydrocephalus,
* Demence, poruchy paměti, psychózy,
* Porucha zraku,
* Epilepsie,
* Úraz - nízké riziko nitrolební léze pacient je správně,
* Úraz - střední, vysoké a velmi vysoké riziko nitrolební léze,
* Poranění nosu,
* Epilepsie u dětí,
* Hydrocephalus u dětí,
* Bolesti hlavy.

Graf Indikace k vyšetření - výběrový soubor

Z hlediska indikací mělo ve výběrovém souboru největší zastoupení vyšetření vedlejších dutin nosních v jedné projekci. Pokud však tuto indikaci nebudeme uvažovat a zaměříme se na vyšetření lebky ve dvou projekcích, je počet správně indikovaných vyšetření 20 a počet nesprávně indikovaných vyšetření 90.

Pokud tedy zahrneme vyšetření VDN do skiagrafických vyšetření lebky, je nutné pak odmítnout hypotézu H1: počet nesprávně indikovaných vyšetření bude větší než správně indikovaných vyšetření. Pokud však toto vyšetření nebude uvažováno jako běžné skiagrafické vyšetření lebky a budeme cílit pouze na konvenční vyšetření, lze tuto hypotézu potvrdit.

Ve výběrovém souboru převažovala nesprávná indikace skiagrafie z důvodu kraniocerebrálního traumatu blíže nespecifikovaného, případně lokalizovaného mimo obličej pacienta. Byla zde i překvapivě hojně zastoupena indikace z důvodu bolestí hlavy (13 pacientů). Z ostatních nesprávných indikací zde byla zastoupena vyšetření z důvodu epilepsie či hydrocefalu.

Správně indikovaná vyšetření byla cílena převážně na poranění obličejové části. Nejčastěji se jednalo o orbitu často po nespecifikovaném traumatu, popřípadě vyšetření nosních kůstek. U vyšetření nosních kůstek pak s výjimkou 1 indikace se jednalo pouze o potvrzení suspektního klinického nálezu. Ostatních správné indikace byly pro zobrazení obličejového skeletu a zobrazení dolní čelisti.

Při vyšetření vedlejších dutin nosních se jednalo o indikace z důvodu akutních obtíží a indikace v rámci předoperačního vyšetření k vyloučení fokusu zánětu.

### Analýza pozitivity nálezů

Bez ohledu na správnost indikace, byla ve výběrovém souboru provedena analýza počtu pozitivních nálezů. V případě této analýzy jsme rozdělili soubor na pacienty podstupující plnohodnotné vyšetření lebky, tedy nejméně ve dvou projekcích (předozadní/zadopřední a latero-laterální) a pacienty indikované pouze k vyšetření vedlejších dutin nosních v jedné projekci (semiaxiální, Caldwellova, Watersova, modifikovaná Watersova).

Graf Rozložení negativních a pozitivních nálezů ve výběrovém souboru

V případě vyšetření lebky byl zastoupen 3 krát pozitivní nález zlomeniny nosních kostí a 1 krát fisura lebky u dětského pacienta. v ostatních případech nebyla potvrzena přítomnost traumatických nebo netraumatických změn či jiných patologií. Z toho vyplynulo, že 75 % pozitivních nálezů bylo zobrazeno na snímcích získaných správně indikovaným vyšetřením (poranění obličejového skeletu). Pouze jeden pozitivní nález – fisura byla zjištěna po nevhodně indikovaném vyšetření.

U pacientů indikovaných ke skiagrafickému vyšetření lebky, byla dále zkoumána návaznost dalších zobrazovacích metod. Vzhledem k tomu, že na pracovišti v Rokycanské nemocnici je dostupná pouze výpočetní tomografie, není dále uvažována magnetická rezonance. Z celkového počtu 110 pacientů bylo dále vyšetřeno výpočetní tomografií hlavy 12 pacientů. Jedním z nich byl i zmíněný pacient s fisurou kalvy. Indikace výpočetní tomografie však proběhla bez předchozího popisu skiagrafie radiologem. Nálezem na CT byla potvrzena fisura bez průkazu intrakraniálního krvácení. U jednoho z pacientů pak byla nalezena na CT přehojená fisura kalvy frontálně, jednalo se o pacienta po traumatu v minulosti. Na skiagrafii však tato fisura nebyla patrná. U ostatních pacientů byly na CT potvrzeny nálezy zlomenin nosních kostí, případně nesouvisející nálezy kalcifikací (falx, corpus pineale, choroidální plexy).

Při vyšetření VDN byla pozitivita potvrzena u poloviny pacientů. Nejčastěji se jednalo o zastření jedné nebo obou maxilárních dutin, přítomnost polypu v dutině a hyperplazii sliznice maxilárních dutin. V jenom případě se jednalo o nález cizího tělesa – kovové střepiny ve frontálním sinu.

Poměr počtu pozitivních nálezů ve srovnání s negativními je tedy 4:106, tedy 3,63% což v aproximovaném přepočtu na celý soubor pacientů tvoří poměr 8:220 a nelze ho tedy považovat za významný. Pokud se zaměříme pouze na nesprávně indikovaná vyšetření, je tento poměr dokonce 1:89, tedy 1,1 %.

Poměr počtu pozitivních nálezů při vyšetření VDN je 46:44 tedy 51%. V tomto případě nelze počet pozitivních nálezů považovat za nevýznamný.

V celkovém počtu vyšetření z výběrového souboru je poměr 50:150, tedy 25%. Z tohoto důvodu lze hypotézu H2: počet pozitivních nálezů nebude přesahovat 10% tedy přijmout pouze v případě, že budou uvažována jen skiagrafická vyšetření lebky ve dvou projekcích. V případě celého souboru tuto hypotézu však přijmout nelze.

### Analýza závislosti počtu vyšetření na věku pacienta

Z výběrového souboru byla získána data četnosti pacientů podstupujících vyšetření skiagrafie lebky v závislosti na věku pacienta. Předpoklad byl, že největší četnost, bude u pacientů v extrémním věku. Tedy ve věkových skupinách 0 až 3 roky, 4 až 5 let, 61 až 70 let a 71 let a více.

Graf Četnost skiagrafických vyšetření lebky podle věku pacienta

Z grafu 2 je patrné negausovské rozložení četnosti počtu vyšetření v závislosti na věku pacienta, které ne zcela podporuje úvodní předpoklad, že nejvíce zatížené budou skupiny pacientů v extrémním věku.

K posouzení korelace byla použita Pearsonova korelace pro metrická data. Věkové skupiny pacientů byly označeny a následně proběhlo vyhodnocení pomocí korelace dat pomocí tabulkového kalkulátoru Microsoft Office Excel. Stupeň závislosti byl tedy posuzován pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

Tabulka Vstupní data pro výpočet korelačního koeficientu

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **věk - skupina** | **počet pacientů ve výběrovém souboru** |
| 0-3 | 1 | 18 |
| 4-10 | 2 | 35 |
| 11-20 | 3 | 32 |
| 21-30 | 4 | 12 |
| 31-40 | 5 | 8 |
| 41-50 | 6 | 11 |
| 51-60 | 7 | 35 |
| 61-70 | 8 | 29 |
| 71+ | 9 | 20 |

V případě našeho výběrového souboru vyšla hodnota Pearsonova korelačního koeficientu r=-0,02124. Tento koeficient vyjadřuje závislost díky své hodnotě, pohybující se v intervalu <-1;1>, kdy výsledek -1 znamená negativní vztah a výsledek +1 vztah pozitivní, tedy závislost. Pokud nelze vypozorovat vztah mezi proměnnými, je výsledek Pearsonova korelačního koeficientu r=0. Jelikož je zjištěný koeficient velmi blízký 0, nelze tedy vypozorovat vztah mezi věkem pacienta a počtem indikovaných vyšetření. Proto tedy nelze přijmout hypotézu H3: četnost vyšetření bude korelovat s věkem pacienta.

### Analýza kolektivní dávky

Pro výpočet kolektivní efektivní dávky byl využit medián hodnoty odhadu efektivní dávky z výběrového souboru pacientů, kteří podstoupili skiagrafické vyšetření lebky ve dvou projekcích. Byla použita přímá metoda výpočtu dávky, tedy data pro výpočet byla čerpána přímo z expozičních a postexpozičních hodnot vybraných vyšetření.

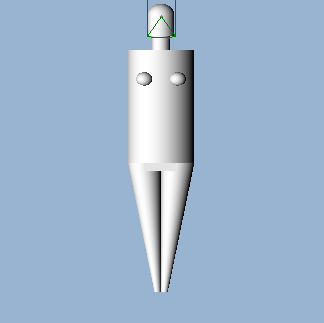
Vlastní výpočet byl proveden pomocí softwarového nástroje PCXMC 2.0, který je běžně užívaným programem pro výpočet ekvivalentní a efektivní dávky pro skiagrafické vyšetření. Pro vlastní výpočet se využívá metoda simulace Monte Carlo na hermafroditních modelech Cristy & Eckerman.(Servomaa, 1998).

Simulace probíhá metodou virtuální simulace průchodu fotonů a sledováním jejich běžných interakcí s hmotou (fotoefekt, Comptonův rozptyl, pružný rozptyl).

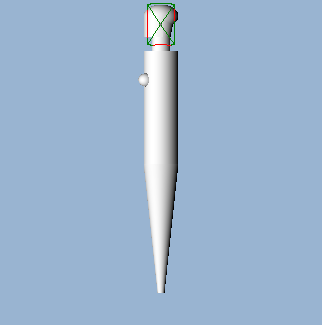
Výpočet byl proveden pro pacienty z druhého výběrového souboru s 20 záznamy. Zpracovány byly obě základní projekce (v tomto případě pouze předozadní a latero-laterální).

Prvním krokem každého výpočtu odhadu efektivní dávky bylo zadání dat pacienta (váha) a podmínek následné Monte Carlo simulace. Jako peakové hodnota vysokého napětí bylo užito U=80 kVp. Dále pak byla zadána data pro výpočet velikosti vstupního pole. Ta se pohybovala v rozmezí 20x24 až 32,5x41. Měření probíhalo na snímcích uložených v PACSu. Toto však není zcela nutný krok, jelikož údaje o dávce primárního záření jsou zadávány v podobě plošné kermy KAP, která zohledňuje i velikost pole.

Poté byla zadána geometrie svazku, která definuje směr vstupu primárního záření do fantomu. Pro předozadní projekci byl zadán projekční úhel 270°, pro bočnou projekci 0°. Data fantomu byla zadávána podle věku, váhy a výšky vybraného pacienta.



Obrázek Pole záření pro simulace v předozadní projekci

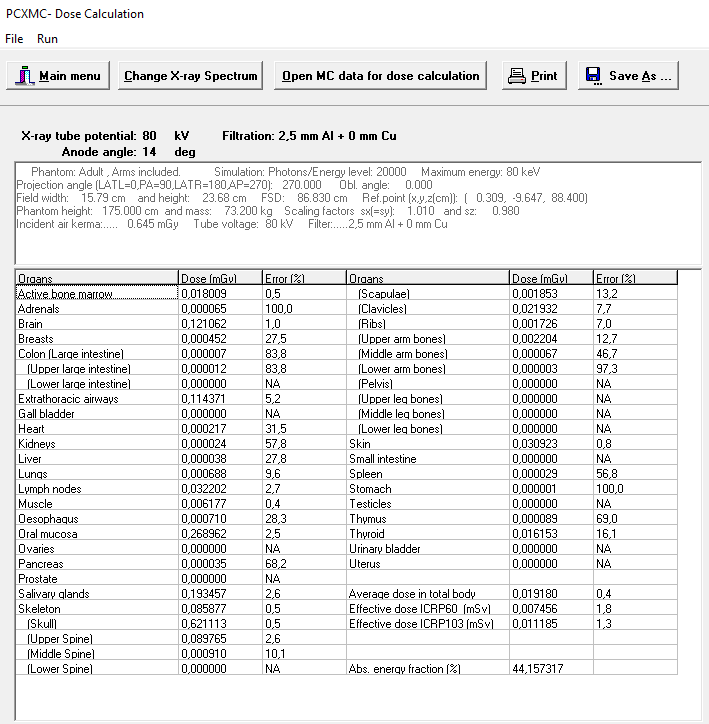


Obrázek Pole záření pro simulace v latero-laterální projekci

Po zadání vstupních dat byla pro každou expozici provedena vlastní Monte Carlo simulace ozáření fantomu pomocí podaplikace Simulate! (PCXMC 2.0). Tato podaplikace vygeneruje automaticky soubor s daty nutnými pro výpočet odhadu efektivní dávky.

K vlastnímu výpočtu odhadu dávky byla použita podaplikace Compute dose (PCXMC 2.0). Pro správný výpočet je nutné zadat data dávky vyplývající z lékařského ozáření, která byla čerpána přímo z DICOM hlavičky každého souboru se snímkem. Tedy hodnota vysokého napětí pro každý snímek, dále pak informace o primární inherentní filtraci (ekvivalent tloušťky hliníku 2,5 mm a hodnoty plošné kermy každého vyšetření.

Výstupem byla poté vždy tabulka s odhadem ekvivalentních dávek orgánů a efektivních dávek vypočítaných pro váhové faktory odpovídající ICRP 60 a ICRP 103. Pro potřeby práce bylo nadále počítáno pouze s hodnotami podle novějšího nařízení ICRP 103.



Obrázek Ukázka výpočtu ekvivalentních a efektivních dávek

Výsledky byly zaznamenány do tabulky. Jako celková efektivní dávka pak byl uvažován součet efektivních dávek z vyšetření v předozadní a latero-laterální projekci.

Posledním krokem, který nabízí program PCXMC 2.0 je možnost výpočtu rizika způsobeného příslušnou dávkou záření. Provádí se pomocí podaplikace Risk Assessemnet. Zde bylo nutné zadat věk pacienta, jeho pohlaví a rasu. Po výpočtu byl zaznamenán údaj ztráty střední délky života (LLE – Loss of Life Expectancy).

Všechny výsledky byly přehledně zaznamenány do tabulky 5.

Tabulka Přehled vypočítaných odhadů efektivní dávky pro výběrový soubor

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **projekce** | **U [kV]** | **Q [mAs]** | **KAP [mGycm2]** | **váha [Kg]** | **E [mGy] ICRP103** | **E [mGy] celkem** | **LLE [hod]** |
| **1** | AP | 80 | 7 | 241 | 73 | 0,011185 | 0,023996 | 0,1 |
| lat | 80 | 5 | 191 | 73 | 0,012811 | 0,1 |
| **2** | AP | 80 | 9 | 320 | 70 | 0,014852 | 0,041816 | 0,1 |
| lat | 80 | 9 | 402 | 70 | 0,026964 | 0,1 |
| **3** | AP | 70 | 11 | 146 | 15 | 0,015768 | 0,042069 | 0,1 |
| lat | 70 | 7 | 405 | 15 | 0,026301 | 0,1 |
| **4** | AP | 80 | 9 | 295 | 79 | 0,013691 | 0,042031 | 0,1 |
| lat | 80 | 8 | 394 | 79 | 0,02834 | 0,1 |
| **5** | AP | 80 | 8 | 282 | 62 | 0,013088 | 0,034595 | 0,1 |
| lat | 80 | 8 | 299 | 62 | 0,021507 | 0,1 |
| **6** | AP | 80 | 9 | 356 | 92 | 0,016522 | 0,044718 | 0,1 |
| lat | 80 | 7 | 392 | 92 | 0,028196 | 0,1 |
| **7** | AP | 80 | 8 | 402 | 68 | 0,018657 | 0,044696 | 0,1 |
| lat | 80 | 8 | 362 | 68 | 0,026039 | 0,1 |
| **8** | AP | 80 | 8 | 359 | 83 | 0,016662 | 0,040039 | 0,1 |
| lat | 80 | 6 | 325 | 83 | 0,023377 | 0,1 |
| **9** | AP | 80 | 8 | 399 | 88 | 0,018518 | 0,168128 | 0,1 |
| lat | 80 | 7 | 208 | 88 | 0,14961 | 0,1 |
| **10** | AP | 80 | 9 | 376 | 101 | 0,017451 | 0,040037 | 0,1 |
| lat | 80 | 8 | 314 | 101 | 0,022586 | 0,1 |
| **11** | AP | 80 | 9 | 394 | 90 | 0,018286 | 0,04339 | 0,1 |
| lat | 80 | 7 | 349 | 90 | 0,025104 | 0,1 |
| **12** | AP | 80 | 10 | 302 | 93 | 0,014016 | 0,033653 | 0,1 |
| lat | 80 | 8 | 273 | 93 | 0,019637 | 0,1 |
| **13** | AP | 80 | 8 | 290 | 75 | 0,013459 | 0,035901 | 0,1 |
| lat | 80 | 8 | 312 | 75 | 0,022442 | 0,1 |
| **14** | AP | 80 | 9 | 408 | 86 | 0,018936 | 0,040587 | 0,1 |
| lat | 80 | 7 | 301 | 86 | 0,021651 | 0,1 |
| **15** | AP | 80 | 8 | 336 | 69 | 0,015594 | 0,04415 | 0,1 |
| lat | 80 | 7 | 297 | 69 | 0,028556 | 0,1 |
| **16** | AP | 80 | 8 | 333 | 73 | 0,015455 | 0,041925 | 0,1 |
| lat | 80 | 6 | 368 | 73 | 0,02647 | 0,1 |
| **17** | AP | 80 | 7 | 280 | 62 | 0,012995 | 0,028316 | 0,1 |
| lat | 80 | 5 | 213 | 62 | 0,015321 | 0,1 |
| **18** | AP | 80 | 8 | 360 | 77 | 0,016708 | 0,038071 | 0,1 |
| lat | 80 | 6 | 297 | 77 | 0,021363 | 0,1 |
| **19** | AP | 80 | 8 | 328 | 78 | 0,015223 | 0,037018 | 0,1 |
| lat | 80 | 7 | 303 | 78 | 0,021795 | 0,1 |
| **20** | AP | 80 | 9 | 412 | 98 | 0,019121 | 0,044584 | 0,1 |
| lat | 80 | 7 | 354 | 98 | 0,025463 | 0,1 |

Pro výpočet odhadu kolektivní dávky byl poté zjištěn medián součtů dávek celého vyšetření ve dvou projekcích. Ten činí pro výběrový soubor Emed=0,041202 mGy. Kolektivní dávka pro rok 2021 z vyšetření lebky tedy bude vypočítána jako prostý násobek počtu všech pacientů a mediánu efektivní dávky pro jedno vyšetření. Tento odhad nebude zcela přesný, jelikož 31 z 228 pacientů podstoupilo vyšetření ve třech projekcích (předozadní/zadopřední, semiaxiální a latero-laterální).

Kolektivní dávka při skiagrafickém vyšetření lebky v roce 2021 tedy činí:

KE=Emed\*počet pacientů

KE=0,041202\*228

**KE=9,39 mGy**

Kolektivní dávka pro správně indikované případy (20 pacientů) ve výběrovém souboru pacientů, kteří podstoupili skiagrafické vyšetření lebky ve dvou projekcích, činí

KEsprávně=0,041202\*20= 0,82 mGy.

Kolektivní dávka pro nesprávně indikované případy (90 pacientů) ve výběrovém souboru pacientů, kteří podstoupili skiagrafické vyšetření lebky ve dvou projekcích, činí

KEnesprávně=0,041202\*90= 3,71 mGy.

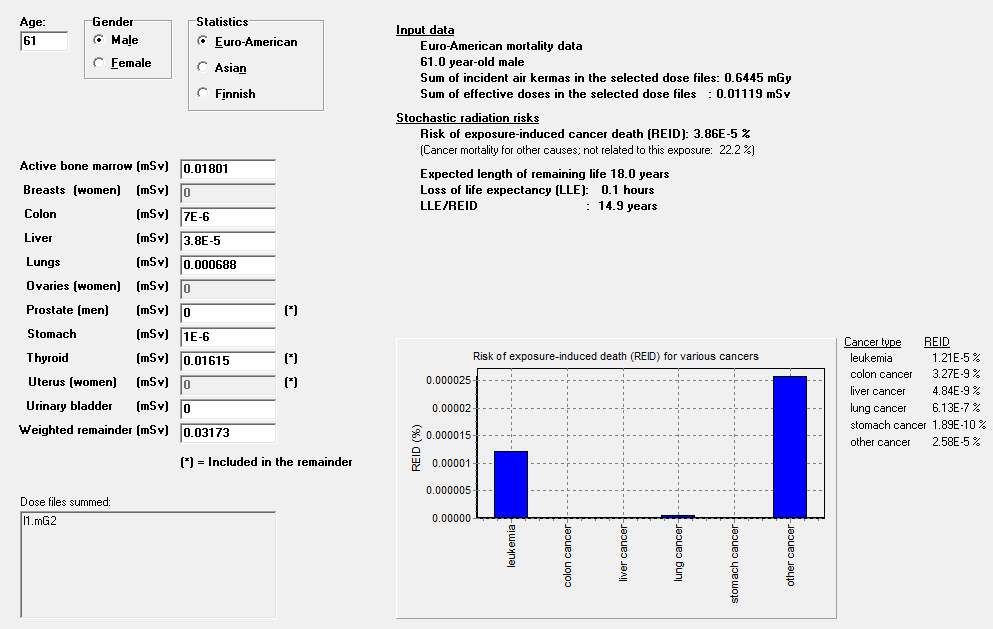
Po aproximaci na celý soubor pacientů vyšetřených za rok 2021 (228 pacientů), jsou tyto hodnoty následující:

KEsprávně=1,6996 mGy,

KEnesprávně=7,6898 mGy.

Pro popis rizika způsobeného ionizujícím zářením byla použita statistická veličina Loss of Life Expectancy, tedy ztráta očekávané délky života. Tato hodnota vyjadřuje snížení předpokládaného věku dožití v dané populaci. Pro všechny zkoumané expozice činila ztráta očekávané délky života shodně 0,1 hodiny. Pro celé vyšetření se tedy jedná o ztrátu 0,2 hodiny – 12 minut.

Ač tedy hodnoty odhadů efektivní dávky jsou velmi nízké, v řádu setin mGy, údaj LLE lépe vypovídá o riziku způsobeném organismu každým nesprávně indikovaným skiagrafickým vyšetřením lebky.



Obrázek Ukázka výpočtu rizika

Biologické účinky způsobené ionizujícím zářením jsou dvojího typu. Zatímco účinky deterministické, tedy prahové, nastávající až po dosažení určité dávky se při běžné skiagrafii neobjevují, je nutné neustále uvažovat účinky stochastické, tedy pravděpodobnostní, bezprahové. Tyto účinky mohou s určitou pravděpodobností nastat i po zanedbatelné dávce záření. Veličina LLE tak velmi dobře ilustruje, reálnost těchto účinků záření na pacienty, kteří podstupují byť jen běžné skiagrafické vyšetření lebky.

# Diskuze

Vzhledem k neustálému vývoji zobrazovacích metod a dnešním možnostem zobrazovacích technologií, prochází indikační kritéria pro vyšetření pomocí metod používajících ionizující záření neustálým vývojem. Jakoukoliv dávku záření, díky existujícím stochastickým biologickým účinkům, nelze nikdy považovat za bezpečnou. Radiační ochrana si klade za úkol, aby bylo s ionizujícím zářením nakládáno vždy s rozmyslem a obezřetností. Proto je nutné aplikovat všechny známé principy radiační ochrany a ke každému hypotetickému vyšetření přistupovat individuálně. Základním principem radiační ochrany je princip odůvodnění.

Vyšetření s použitím ionizujícího záření (ale i jiné vyšetření) má být provedeno pouze v případě, že jeho očekávaný přínos, tedy to, co můžeme takovým vyšetřením získat, překoná riziko jím způsobené. Pro splnění tohoto principu je nutné, aby všechny složky, které se na takovém vyšetření podílí, spolu kooperovaly a naslouchaly se. Každé vyšetření začíná u klinického lékaře, který jej indikuje. Zobrazovacím vyšetřením by mělo předcházet klinické vyšetření pacienta, odebrání anamnézy a zjištění všech souvislostí. Poté lékař kliniky vytvoří žádost o vyšetření, u které je nutné, aby kromě definice vlastního prováděného vyšetření obsahovala všechny důležité informace (klinický problém, diagnóza, očekávaný přínos vyšetření). Dalším krokem je schválení indikovaného vyšetření. To provádí přímo odborník aplikující lékařské ozáření. Tímto odborníkem je v případě konvenční skiagrafie radiologický asistent a to i u pacientů mladších 3 let, v případě, že se jedná o akutní vyšetření. Při pochybách o správnosti indikace konzultuje vhodnost vyšetření s lékařem radiologem, který rozhodne o jeho provedení nebo neprovedení.

Pro výběr indikace správného vyšetření byly vypracovány dokumenty, které mají jak indikující osobě, tak i aplikujícímu odborníkovi pomoci. Pro indikující byl vydán jako součást Věstníku Ministerstva zdravotnictví 11/2003 dokument Indikační kritéria pro zobrazovací metody. Je však pouze doporučením, nikoliv závaznou příručkou, které je nutné se vždy slepě držet. V současné podobě ho navíc nelze považovat za aktualizovaný, jelikož od doby jeho vydání prošly zobrazovací metody výrazným rozvojem. Proto je nutné sledovat i aktuální trendy, nové guidelines a nařízení nejen evropských, ale i mimoevropských odborných společností.

Pro aplikující odborníky jsou pak vhodnými pomůckami Národní a místní radiologické standardy, které explicitně popisují, v jakých případech se jedná o správnou a v jakých případech o nesprávnou indikaci.

Ve většině zdravotnických zařízení je přístup ke skiagrafickému vyšetření již po mnoho let neměnný. Stále přetrvává přesvědčení, že v případě traumatu lebky je první volbou zobrazovací metody prostá skiagrafie lebky. Toto přesvědčení je nejčastěji zargumentováno forenzními důvody, které však i po laické analýze nemohou být dostatečné. Jak dokument Indikační kritéria pro zobrazovací metody tak i dokument Národní radiologické standardy pro skiagrafii jasně definují nevhodnost indikace skiagrafického vyšetření po lehkém i těžším kraniocerebrálním traumatu.

V naší práci jsme se zaměřili na analýzu situace v nemocnici okresního významu. V tomto zdravotnickém zařízení jsou v provozu akutní chirurgická a interní ambulance, díky čemuž je možné se zde často setkat s požadavkem skiagrafie lebky. Po analýze rentgenových vyšetření v systému PACS byly vybrány všechny klinické události, jejichž součástí bylo skiagrafické vyšetření lebky z různých indikací. Celkově bylo během roku 2021 zhotoveno 468 takových vyšetření. Následně byl z celkového souboru metodou náhodného výběru získán výběrový soubor čítající 200 záznamů. V tomto souboru byl zjištěn důvod indikace vyšetření. V 90 případech šlo o vyšetření vedlejších dutin nosních, ve 110 případech šlo pak o vyšetření lebky ve 2 až 3 projekcích.

U všech 110 vyšetřených byl zjištěn důvod indikace. Důvody indikace pak byly následně porovnány s dokumenty Indikační kritéria pro zobrazovací metody a Národní radiologické standardy pro skiagrafii – speciální část. Porovnáním bylo zjištěno, že o zcela oprávněnou indikaci šlo u 20 pacientů (nejčastěji vyšetření obličejového skeletu) o nesprávnou indikaci u zbývajících 90 (nejčastěji kraniocerebrální trauma, bolesti hlavy). Hypotéza byla stanovena takto: H1: počet nesprávně indikovaných vyšetření bude větší než správně indikovaných vyšetření. V případě, že budeme uvažovat celý výběrový soubor, je nutné tuto hypotézu odmítnout. V případě, že se zaměříme pouze na pacienty podstupující konvenční skiagrafii lebky, však lze tuto hypotézu přijmout.

Dalším krokem byla analýza počtu pozitivních nálezů. V části výběrového souboru se zaměřením na skiagrafii lebky, činila pozitivita 3,63%. Pokud jsme uvažovali pouze nesprávně indikovaná vyšetření, je tento poměr 1,1 %. Poměr počtu pozitivních nálezů při vyšetření VDN byl 51%. Díky této hodnotě nelze počet pozitivních nálezů považovat za nevýznamný.

V celkovém výběrovém souboru (skiagrafie lebky i skiagrafie VDN) byla pozitivita ve 25%. Z tohoto důvodu lze hypotézu H2: počet pozitivních nálezů nebude přesahovat 10% tedy přijmout pouze v případě, že budou uvažována jen skiagrafická vyšetření lebky ve dvou projekcích. V celém souboru však vzhledem k vysoké pozitivitě při vyšetření VDN tuto hypotézu však přijmout nelze.

Dalším krokem bylo zkoumat závislost věku pacientů na indikaci skiagrafického vyšetření lebky. Předpoklad pro toto šetření byl, že nejvíce budou tato vyšetření indikována u pacientů v nízkém a vysokém věku. Pro posouzení této závislosti, byl stanoven Pearsonův korelační koeficient. Ten pro zkoumaný soubor činil r=-0,02124. Jedná se o hodnotu blízkou nule, nelze tedy přijmout stanovenou hypotézu H3: četnost vyšetření bude korelovat s věkem pacienta. Vzhledem k rozložení v souboru, nelze potvrdit ani původní předpoklad. Sedláčková uvádí ve studii Prostý snímek lbi u poranění hlavy, že nejčastější skupinou indikovanou k vyšetření lebky jsou pacienti do 5 let, což můžeme považovat za výsledek, který je s naší studií v souladu (Sedláčková, 2017).

Analýza dávkového zatížení probíhala metodou simulačního výpočtu odhadu efektivní dávky pomocí programu PCXMC 2 na užším výběrovém souboru 20 pacientů. Efektivní dávka pro jedno vyšetření byla stanovena jako součet efektivních dávek dvou lékařských ozáření použitých pro předozadní a latero-laterální projekci lebky. Následně byl stanoven medián těchto součtových hodnot a vypočtena kolektivní dávka pro rok 2021. Ta činila pro celý soubor pacientů KE=9,39 mGy. Stanovili jsme i kolektivní dávku pro správně indikovaná vyšetření (KEsprávně=1,6996 mGy) a nesprávně indikovaná vyšetření (KEnesprávně=7,6898 mGy). Je patrné, že kolektivní dávka pro správně indikovaná vyšetření je výrazně nižší než pro nesprávně indikovaná vyšetření. V tomto výzkumu jsme se zaměřili také na vyjádření biologického rizika provedených vyšetření. Pro jejich popis jsme si vybrali veličinu: Ztráta očekávané délky života. Její hodnota pro skiagrafické vyšetření lebky činí LLE= 0,2 hodiny, tedy LLE=12 minut. Bylo tedy dokázáno, že při nesprávně indikovaném vyšetření není naplněn základní princip radiační ochrany – odůvodnění.

Provedenými šetřeními se podařilo splnit stanovený hlavní a následně stanovené dílčí cíle práce. Přínos běžného skiagrafického vyšetření podle naší studie nedostatečně vyvažuje rizika tímto vyšetřením způsobená. Výstupem tedy je doporučení důsledného plánování každého vyšetření od indikace, až po provedení a vyhodnocení snímku vzniklého lékařským ozářením.

## Limity práce

Za hlavní limit práce můžeme považovat skutečnost, že data byla získána na pracovišti s absencí speciálních ambulancí neurologie, neurochirurgie a plastické chirurgie. Díky tomu jsme se ve studii nesetkali s velkým množstvím případů netraumatologické indikace lebky.

Dalším limitem práce je problematika optimalizace lékařského ozáření. Ne všechny vybrané skiagramy byly provedeny naprosto optimálně, tedy s náležitou kolimací primárního svazku. To ovlivnilo vstupní radiační pole a tím následně data použitá pro simulaci k výpočtu odhadu efektivní dávky. Ve výzkumu radiačního zatížení také nejsou zohledněny případy použití více projekcí při vyšetření lebky a případné opakované expozice.

# Závěr

Diplomová práce zpracovaná na téma Retrospektivní studie správnosti indikace skiagrafického vyšetření lebky si kladla za úkol zjistit aktuální situaci v problematice oprávněnosti indikování běžného skiagrafického vyšetření lebky. Toto téma patří mezi jednu z nejdiskutovanějších problematik, kdy na sebe narážejí často ne zcela správné požadavky klinických lékařů a komplementem vyšetřovacích metod zjištěné výsledky.

Vzhledem k neustálému rozvoji zobrazovacích metod a vzhledem k stále širší dostupnosti pokročilejších zobrazovacích metod došlo v minulosti k úpravě doporučení k vhodnosti jejich indikací. Bohužel s ohledem na výsledky naší práce, se tyto změny udály pouze v dokumentech. Situace v praxi však těmto dokumentům a doporučením velmi často neodpovídá a je tedy potřebné provádět oboustranně osvětu, k čemuž tato práce může výborně sloužit. Situaci často nenahrává neustálá obava indikujících lékařů z možných forenzních řízení, která však není opodstatněná.

Je tedy úkolem lékařských i nelékařských pracovníků radiologie neustále se na této třecí ploše pohybovat a do budoucna bude nutné přejít k, pro kliniky, nepopulárním opatřením. V tomto ohledu by byla jistě vhodná větší podpora dalších subjektů, například Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Ač běžné skiagrafické vyšetření nepřináší významné biologické riziko vznikající lékařským ozářením, je nutné stále uvažovat stochastické účinky ionizujícího záření, které i při sebemenší dávce mohou v budoucnu přinést následky a to nejen somatické, ale i genetické.

Všechny cíle, které byly v práci stanoveny, se povedlo uspokojivě splnit. Byly však zaměřeny pouze na jedno pracoviště radiologie a jistě by bylo vhodné podobná šetření provádět ve větší míře. Získaný materiál pak bude možné použít k plnění úkolů, které nám ukládá radiační ochrana při lékařském ozáření: zcela determinovat prahové účinky záření a snížit pravděpodobnost stochastických účinků na nejmenší možnou míru.

# Referenční seznam

BRICHTOVÁ, Eva. Specifika dětské neurotraumatologie. *Pediatrie pro praxi*. Solen, 2009, **10**(5), 294 - 298.

FERDA, Jiří et al. 2015. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén. 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.

HAYDEL MJ, PRESTON CA, MILLS TJ, LUBER S, BLAUDEAU E, DEBLIUEX PM. Indicationsforcomputedtomography in patientswith minor headinjury. N Engl J Med 2000; 343(2): 100–105.

HÁLEK, Jan. Lehká poranění hlavy u dětí. Pediatrie pro praxi. 201n. l., 2010(11), 228 - 231.

HOMOLKOVÁ, Helena. Neúrazové defekty kalvy u dětí. Pediatrie pro praxi. Solen, 2020, 21(3), 160 - 163. ISSN 1213-0494.

CHARVÁT, František a Bohumil MARKALOUS. Zobrazení hlavy: metodika vyšetřování, anatomie, patologie, klinika: CT, MR, RTG, PET, PET/CT, sonografie, endoskopie, angiografie, intervenční neuroradiologie, navigovaná chirurgie. Praha: Triton, c2006. ISBN 80-7254-904-9.

CHUDOMEL, O., F. RŮŽIČKA, M. BRÁZDIL, P. MARUSIČ, E. EHLER a J. BEDNAŘÍK. Lehká mozková poranění: konsenzuální odborné stanovisko České neurologické společnosti ČLS JEP. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2019, 82(1), 106 - 112. Dostupné z: doi:10.14735/amcsnn2019106

JAKUBEC, J., R. MALEC, T. HOSSZÚ a O. JAKUBCOVÁ. Trauma lebky a mozku v dětském věku. Neurologie pro praxi. 2003, (6), 301 - 306. ISSN 1213-1814.

KARAGOL, B. S., A. ZENCIROGLU, A. A. KUNDAK, N. OKUMUS, M. AYDIN a C. UNER. A LinearFracture and Meningitis Associatedwith Non-InfectedCephalohematoma in a Neonate. *Neuropediatrics* [online]. 2010, 12/2010, **41**(6), 1 - 3 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: doi:10.1055/s-0031-1273713

KAISER, R., L. MENCL a P. HANINEC. Lehké mozkové poranění – intrakraniální komplikace a indikační kritéria pro CT vyšetření. Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie. 2011, 74(3), 330 - 334. ISSN 1210-7859.

LARKIN, I. I., V. I. Larkin LARKIN, T. P. MILCHAREK, S. Y. VEGNER a I. P. KOSHMAN. Diagnosis and SurgicalTreatment of TraumaticIntracranialHematomas in YoungChildren. SURGICAL CASE REPORTS. 2021, 4(4), 2 - 7. ISSN 2613-5965. Dostupné z: doi:10.31487

NOWAKOVÁ, M., P. ORDOŠ, M. HLADÍK, H. MEDŘICKÁ, J. ROSICKÝ, E. KALETA a R. LIPINA. Endoskopické operační řešení kraniosynostóz z pohledu dětského intenzivisty. Pediatrie pro praxi: Přehledové články. Solen, 2015, 16(5), 308 - 311. ISSN 1213-0494.

SEDLÁČKOVÁ, Z., D. MITROVIČOVÁ, J. HEŘMAN a T. FÜRST. Prostý snímek lbi u poranění hlavy. Česká radiologie. 2017, 71(3), 188 - 191.

SERVOMAA, A a M TAPIOVAARA, 1998. Organ Dose Calculation in Medical X Ray Examinations by the Program PCXMC. Radiation Protection Dosimetry [online]. Nuclear Technology Publishing, 80(1 - 3), 213 - 219 [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032509

SÚKUPOVÁ, Lucie. Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi. Praha: GradaPublishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.

STIELL IG, WELLS GA, VENDEMHEEN K, CLEMENT C, LESIUK H, LAUPACIS A et al. The Canadian CT HeadRuleforpatientswith minor headinjury. Lancet 2001;357(9266): 1391–1396.

TUONG, H. Le a Alisa D. GEAN. Imaging of Head Trauma. Seminars in Roentgenology. Elsevier, 2006, 04(003), 177 - 189. Dostupné z: doi:10.1053

Věstník MINISTERSTVA ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. In: . Praha, 2003, ročník 2003, číslo 11.

Zákon č. 373/2011 Sb.: Zákon o specifických zdravotních službách. In: . 2011, ročník 2011, 131/2011, číslo 373.

# Seznam zkratek

CAN – Child Abuse and Neglect, syndrom týraného, zneužívaného a zanedbávaného dítěte

CCTHR – Canadian CT Head Rule

CT – ComputedTomography, výpočetní tomografie

DAP – difuzně axonální poranění

EDH – epidurální hematom

GCS – Glasgow ComaScale – Glasgowské schéma poruchy vědomí

ICRP – International Commission on Radiological Protection

LLE - Loss of Life Expectancy

MRI, MR – Magnetic Resonance Imaging, magnetická rezonance

MRS – Místní radiologické standardy

NOC – New Orlenas Criteria

SDH – subdurální hematom

USG – ultrasonografie

VDN – vedlejší dutiny nosní

VRT – Volume-Rendering Technique

# Seznam tabulek

[Tabulka 1 GCS pro mladistvé a děti (Jakubec, 2003) 13](#_Toc103954789)

[Tabulka 2 Rutinní a nerutinní indikace skiagrafie a CT 28](#_Toc103954790)

[Tabulka 3 Výhody a nevýhody metod CT a MR v zobrazování hlavy 37](#_Toc103954791)

[Tabulka 4 Hlavní soubor 43](#_Toc103954792)

[Tabulka 5 Vstupní data pro výpočet korelačního koeficientu 49](#_Toc103954793)

[Tabulka 6 Přehled vypočítaných odhadů efektivní dávky pro výběrový soubor 54](#_Toc103954794)

# Seznam obrázků

[Obrázek 1 Neosifikovaný kefalohematom, AP snímek lebky (Karagol, 2010) 15](#_Toc103954803)

[Obrázek 2 Fisura kalvy ve skiagrafickém obrazu a následný průkaz EDH na CT (Larkin, 2021) 16](#_Toc103954804)

[Obrázek 3 Rostoucí fraktura lebky, CT axiální MPR rekonstrukce (Brichtová, 2009) 16](#_Toc103954805)

[Obrázek 4 Subdurální a epidurální hematom (Tuong, 2006) 19](#_Toc103954806)

[Obrázek 5 Diagnostický postup pro děti do 2 let věku po úrazu hlavy s GCS 14 – 15 (Hálek, 2010) 41](#_Toc103954807)

[Obrázek 6 Diagnostický postup pro děti 2 a více let věku po úrazu hlavy s GCS 14 – 15 (Hálek, 2010) 41](#_Toc103954808)

[Obrázek 7 Pole záření pro simulace v předozadní projekci 51](#_Toc103954809)

[Obrázek 8 Pole záření pro simulace v latero-laterální projekci 51](#_Toc103954810)

[Obrázek 9 Ukázka výpočtu ekvivalentních a efektivních dávek 52](#_Toc103954811)

[Obrázek 10 Ukázka výpočtu rizika 56](#_Toc103954812)