

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 skiografie 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, skiografie 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
Úvod	8
1 Popis rešeršní činnosti	10
2 Patologické stavy a možnosti diagnostiky	12
2.1 Kraniocerebrální trauma	12
2.1.1 Glasgow coma scale	12
2.1.2 Specifika traumat v dětském věku	13
2.2 Neúrazové defekty kalvy	22
2.3 Syndrom týraného dítěte	24
3 Diagnostický postup	24
3.1 Radiologické standardy	24
3.1.1 Indikační kritéria pro zobrazovací metody	26
3.2 Radiační zátěž a rizika	29
3.2.1 Radiační ochrana	29
3.3 Zobrazovací postupy	32
3.3.1 RTG vyšetření lebky	32
3.3.2 Sonografie	33
3.3.3 Výpočetní tomografie hlavy	34
3.3.4 Magnetická rezonance	36
3.4 Strategie vyšetření	37
3.4.1 Konsenzuální odborné stanovisko České neurologické společnosti ČLS JEP	38
3.4.2 Doporučení European Brain Injury Consortium	38
3.4.3 Canadian CT Head Rule	39
3.4.4 New Orleans Criteria	40
3.4.5 Studie CHALICE	40

4	Výzkumná část.....	42
4.1	Cíle práce	42
4.2	Metodika.....	42
4.2.1	Základní soubor	43
4.2.2	Výběrový soubor	44
4.2.3	Výběrový soubor pro odhad kolektivní efektivní dávky.....	44
4.3	Analýza dat	45
4.3.1	Analýza správnosti indikací.....	45
4.3.2	Analýza positivity nálezů	47
4.3.3	Analýza závislosti počtu vyšetření na věku pacienta.....	48
4.3.4	Analýza kolektivní dávky	50
5	Diskuze	57
5.1	Limity práce.....	60
	Závěr.....	61
	Referenční seznam.....	62
	Seznam zkratk	64
	Seznam tabulek	65
	Seznam obrázků.....	66

Úvod

Poranění hlavy a s ním spojené komplikace patří mezi nejdůležitější 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 skiografie a sonografie, bylo možné bezpečně diagnostikovat pouze stavy související s poraněním kostěné schránky – lebky, případně diagnostice poškození mozku sonografem u novorozenců. S vynálezem a následným rozšířením tomografických metod - výpočetní tomografie a magnetická rezonance přišla revoluce v radiodiagnostice poškození celé hlavy. Postupně je prostá skiografie vytlačována výpočetní tomografií v případě traumatických poškození 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 skiografie. 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 skiografie 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 snímkaného 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, UI 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 – skiografie, dospělí. In: . ročník 2018, 3/2019.

1 POPIS REŠERŠNÍ ČINNOSTI

Vyhledávací kritéria

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

kranio cerebrální 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

2 PATOLOGICKÉ STAVY A MOŽNOSTI DIAGNOSTIKY

2.1 Kraniocerebrální trauma

Jako poranění hlavy označujeme následky mechanického poškození hlavové části těla. Dle klinických následků 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).

2.1.1 Glasgow coma scale

GCS umožňuje velmi rychlé posouzení klinického stavu poraněného v přednemocniční a časně 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)

2. 1. 2 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 kranio-cerebrálním 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 hematoma malých rozměrů, dochází k jeho úplné resorpci, v případě objemných hematomů mohou nastat vážné komplikace (útlak kmenu mozkového při hematoma pod tentoriem) (Brichtová, 2009).

Kefalohematom

Jako kefalohematom je označován subperiostální hematoma, 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 kefalohematoma 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 kefalohematoma může být vstup infekce s následnou sepsí, meningitidou ale i osteomyelitidou (Karagol, 2010).



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

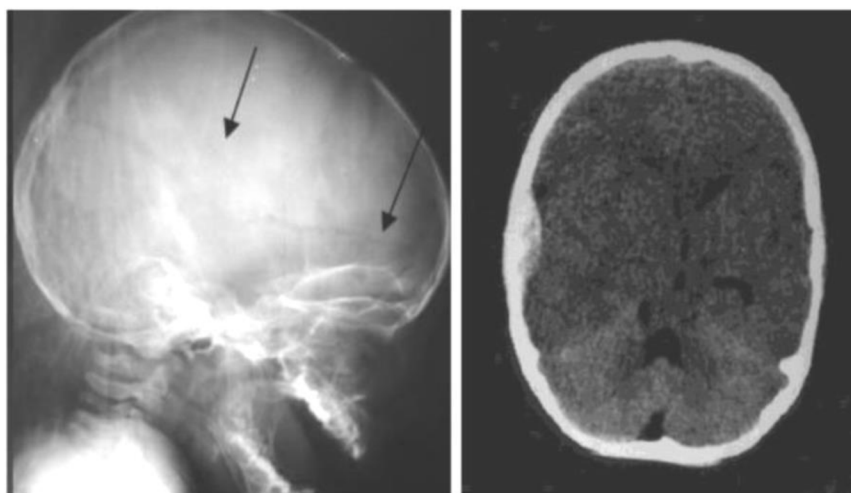
Osteodiasťaza

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.

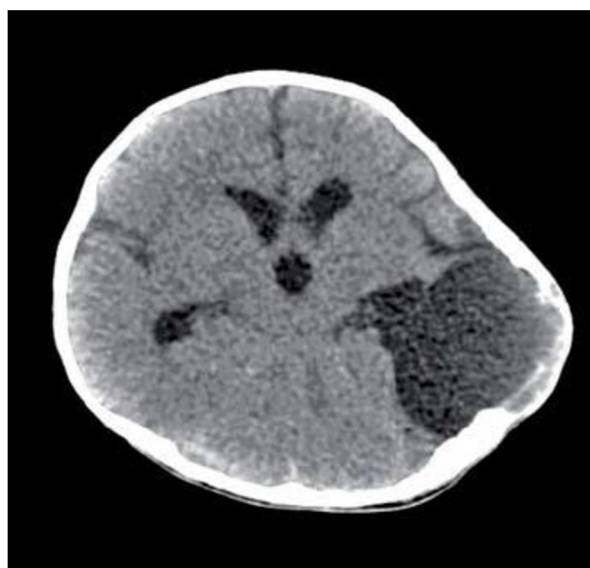
Diagnostika je možná pomocí konvenční skiografie lebky ve dvou projekcích. Fisura se projeví jako ostře ohraničené, tenké projasnění. Toto projasnění je nutné odlišit od anatomických struktur, jako jsou cévní imprese a švy lebeční. Okraj těchto struktur je oproti fisuře rozostřený. (Brichtová, 2009). V případě podezření na fisuru báze zadní jámy lebky 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 pyramidu 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 lebni. 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).

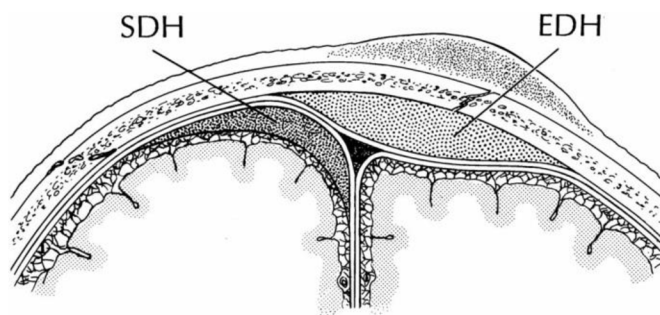
Subdurální hematom

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 hematodem.

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 obraze.

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 přemostujících 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 mechanismy. 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 anizokorií. 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 postkomočného 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).

Difúzně 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 nálezn 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).

2.2 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 obsahující 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 skiografie 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 soliterně, 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, resekci 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 vyhrěznutí 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 (kranioetrie, atypický tvar lebky, příznaky zvýšení nitrolebního tlaku) a pomocí zobrazovacích metod. Přínosné je vyšetření výpočetní tomografií s následnými 3D VRT rekonstrukcemi. Doplnujícím

vyšetřením je magnetická rezonance. Pro sledování stavu lebky, postačí i prostá skiografie. (Nowaková, 2015)

2.3 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 mechanismem. Poranění mozku pak mají charakter difúzně axonálního poranění případně interhemisferických subdurálních hematomů. Tato traumata jsou zobrazitelná pomocí CT vyšetření, případně s doplněním MRI (Brichtová, 2009).

3 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.

3.1 Radiologické standardy

Systém radiologických standardů byl obdobně jako jiné standardy ošetrovatelské 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 ozářením. 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 forezní 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 ozářením 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 ozáření 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.).

3. 1. 1 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 ošetrovatelské 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 projevíly?
- **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 skiografii a výpočetní tomografii v oblasti hlavy

Tabulka 2 Rutinní a nerutinní indikace skiografie a CT

Skiografie - 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	Skiografie nebo panoramatický snímek
Skiografie - není indikováno rutinně	
Bolest hlavy chronická	Skiografie 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 kštiny -není přítomen hematom	Skiografie 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	Dobry 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)

3. 2 Radiační zátěž a rizika

3. 2. 1 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 skiografie 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 skiografie je to až na výjimky (LO těhotné ženy, netraumatologická indikace u dětí mladších 3 let) radiologický asistent a v případě výpočetní tomografie, specifických případů skiografie 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 skiografických výkonů až 30 % nesprávně indikováno (Súkupová, 2018). Jedná se většinou o výkony, které se provádějí z důvodů historických, popřípadě dle názoru indikujícího lékaře forezních.

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 ohlednutím 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 skiografie 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.

3. 3 Zobrazovací postupy

3. 3. 1 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 množstvím 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 skiografie 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 positivity nálezu na RTG snímku je vhodné zvážit k dovyšetření výpočetní tomografii (Hálek, 2010).

Při prvotním vyšetření lebky se používají dvě základní projekce:

- zadopřední/předozaďní,
- boční.

Vzhledem k ochraně orgánů velmi citlivých na účinky záření (oční čočka), je vždy vhodnější provádět zadopřední než předozaďní 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 splanchocranium.

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

poloaxiální projekce – při poranění obličejového skeletu,

projekce dle Vaterse – při podezření na afekci vedlejších dutin,

projekce dle Towna – k zobrazení báze lebny.

3. 3. 2 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 případně neuzavřené fontanely u novorozenců.

Vhodné indikace pro toto vyšetření u novorozenců tedy jsou:

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

3.3.3 Výpočetní tomografie hlavy

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

Ve fázi vyšetřovací dochází k základnímu náběru dat. Ten v dnešní době probíhá převážně helikálně, tedy objekt je umístěn 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 skiografii je také významně vyšší radiační zátěž a finanční náročnost, což však je vyváženo přínosem vyšetření, senzitivitou a specificitou (Hálek, 2010).

3. 3. 4 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 difúzně 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 lebny, 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)

3. 4 Strategie vyšetření

Podle současných Evropských doporučení je metodou, která je správně indikována v případě traumatu hlavy jednoznačně výpočetní tomografie. Prostý skiografický snímek není indikován ani v případě mírného zranění hlavy. V případě pacientů se středním traumatem, lze indikaci prosté skiografie 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 skiografický snímek prokáže pouze patologii na kostech lebky, nikoliv však mozku a jeho obalů. Skiografické 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).

3. 4. 1 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 lebny (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).

3. 4. 2 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).

3. 4. 3 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).

3. 4. 4 New Orleans Criteria

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

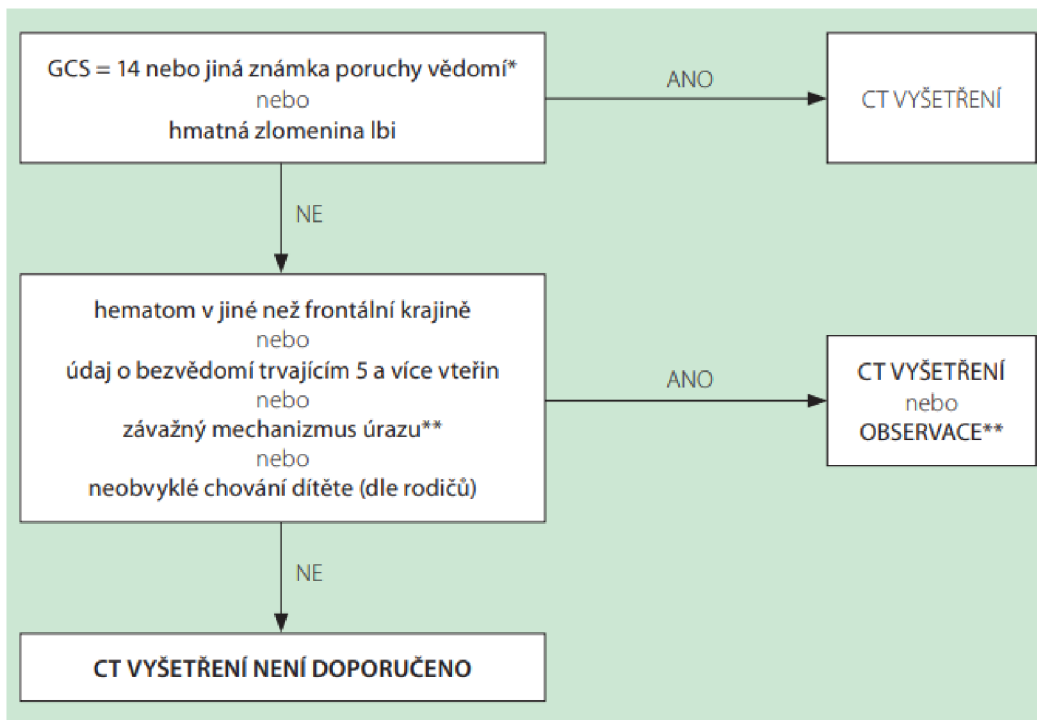
- bolest hlavy,
- zvracení,
- věk 60 let a více,
- intoxikace alkoholem,
- intoxikace drogami,
- přetrvávající anterográdní amnézie,
- epileptický záchvat,
- viditelné trauma v oblasti mezi klíčními kostmi a vertexem (Stiell, 2001).

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

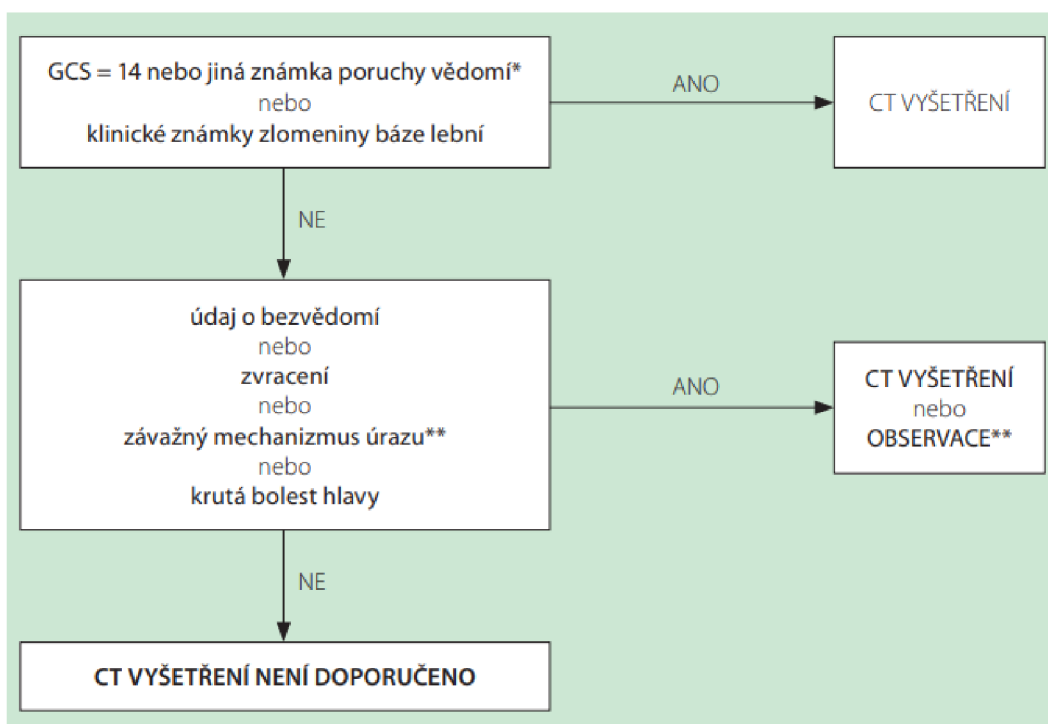
3. 4. 5 Studie CHALICE

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 specifity 87 %. Výsledkem studie jsou také 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)

4 VÝZKUMNÁ ČÁST

4.1 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.

Díličními 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 skiografie 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.

4.2 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.

4. 2. 1 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 4 Hlavní soubor

měsíc	počet vyšetření skiografie 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

4. 2. 2 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 skiigrafii – 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 positivity nálezů, závislosti věku vyšetřených a počtu indikovaných vyšetření a následně indikovaných vyšetření výpočetním tomografem.

4. 2. 3 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/předozaďní a latero-laterální. Byly zaznamenány následující hodnoty:

- vysoké napětí U [kVp],
- elektrické množství Q [mAs],
- ohnisková vzdálenost SID [mm],
- součin kermý a plochy KAP [$mGycm^2$].

4.3 Analýza dat

4.3.1 Analýza správnosti indikací

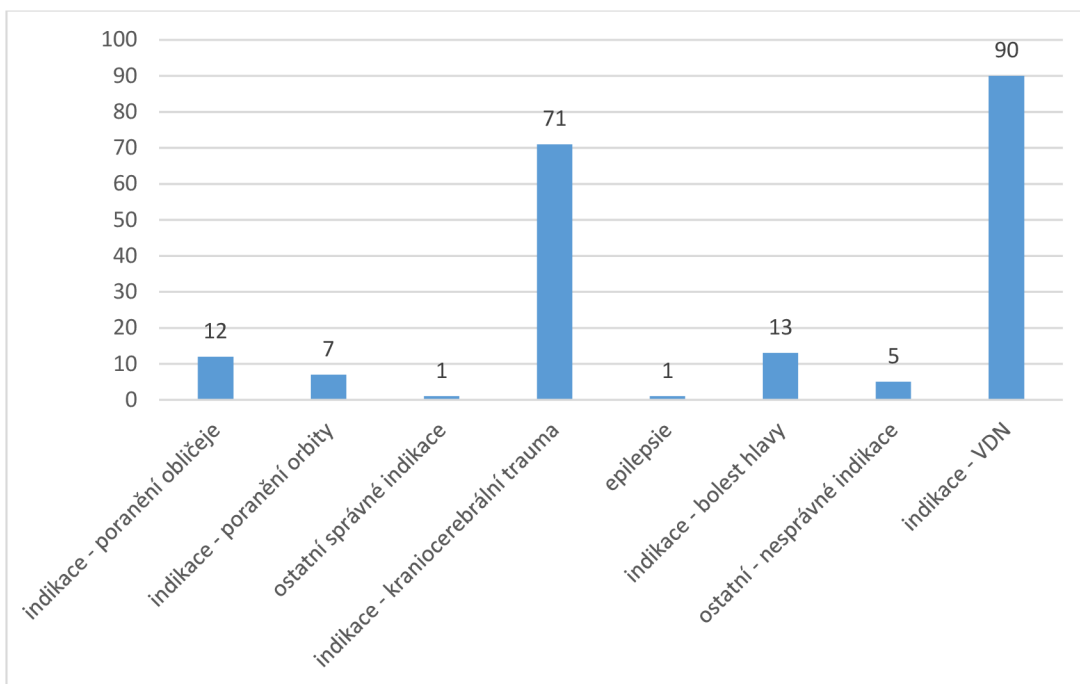
Analýza indikací proběhla srovnáním klinického problému popsaného na žádance, případně hlavní diagnózy uvedené na žádance s dokumentem Národní radiologické standardy pro skiografii, který obsahuje informace o rutině indikovaných vyšetření, která budou považována za zcela správnou indikaci a nerutinně indikovaná vyšetření, která budou považována za nesprávnou indikaci pro skiografické 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 1 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 skiagrafičtých 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 skiagrafičtější vyšetření lebky a budeme cílit pouze na konvenční vyšetření, lze tuto hypotézu potvrdit.

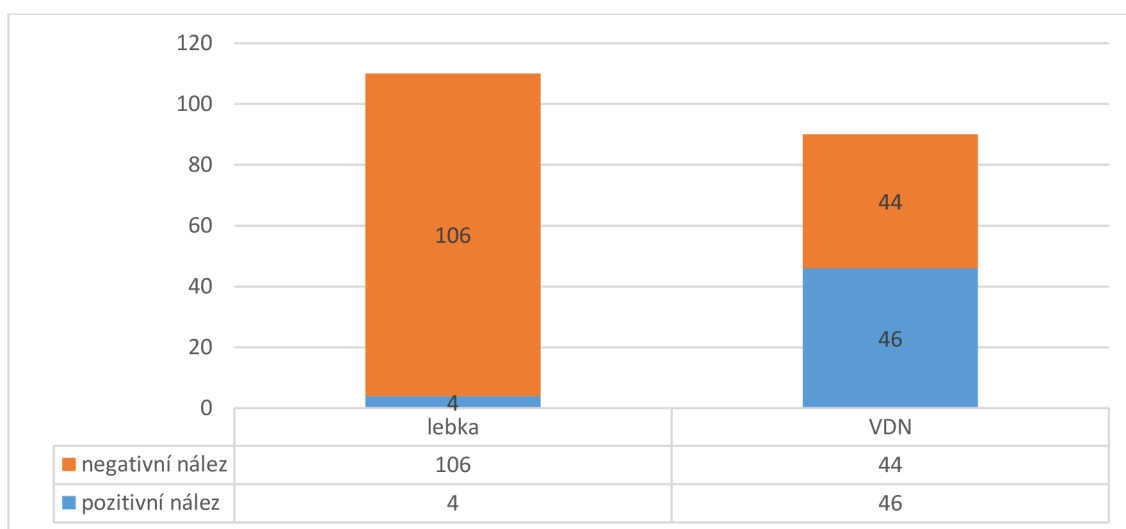
Ve výběrovém souboru převažovala nesprávná indikace skiografie z důvodu kraniocerebrálního traumatu blíže nespecifikovaného, případně lokalizovaného mimo obličej pacienta. Byla zde i překvapivě hojně zastoupena indikace z důvodu bolestí hlavy (13 pacientů). Z ostatních nesprávných indikací zde byla zastoupena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

4. 3. 2 Analýza positivity 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 2 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 skiografie radiologem. Nálezem na CT byla potvrzena fisura bez průkazu intrakraniálního krvácení. U jednoho z pacientů pak byla nalezena na CT přehožená fisura kalvy frontálně, jednalo se o pacienta po traumatu v minulosti. Na skiografii 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 střepekiny ve frontálním sinu.

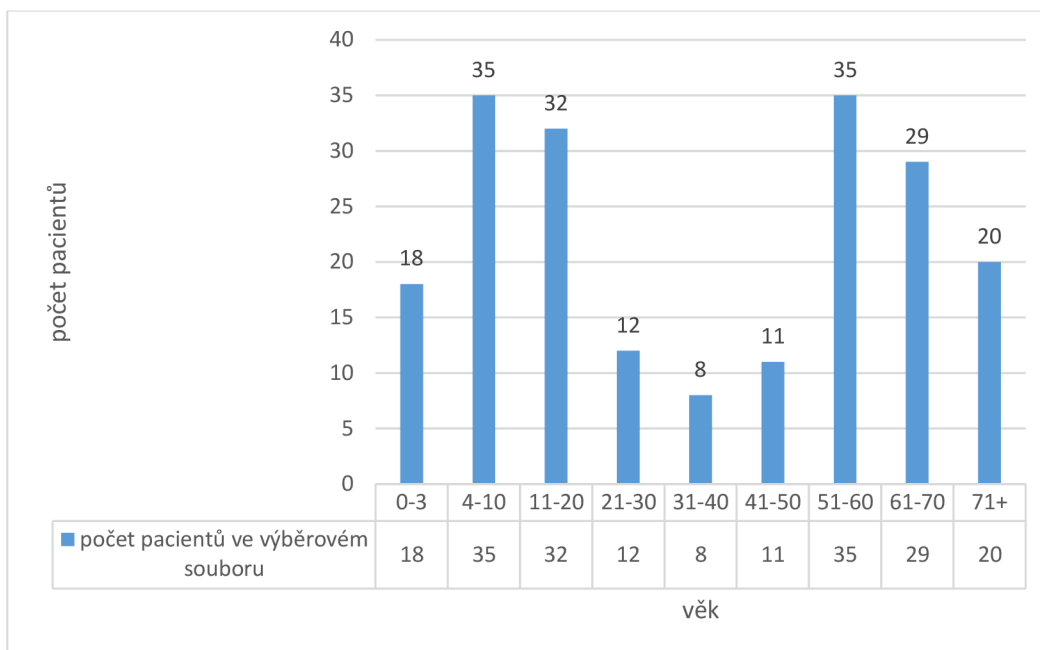
Poměr počtu pozitivních nálezů ve srovnání s negativními je tedy 4:106, tedy 3,63% což v aproximovaném přepočtu na celý soubor pacientů tvoří poměr 8:220 a nelze ho tedy považovat za významný. Pokud se zaměříme pouze na nesprávně indikovaná vyšetření, je tento poměr dokonce 1:89, tedy 1,1 %.

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 skiografická vyšetření lebky ve dvou projekcích. V případě celého souboru tuto hypotézu však přijmout nelze.

4. 3. 3 Analýza závislosti počtu vyšetření na věku pacienta

Z výběrového souboru byla získána data četnosti pacientů podstupujících vyšetření skiografie 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 3 Četnost skiagrafičtých 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 5 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 $\langle -1; 1 \rangle$, kdy výsledek -1 znamená negativní vztah a výsledek $+1$ vztah pozitivní, tedy závislost. Pokud nelze vypočítat vztah mezi proměnnými, je výsledek Pearsonova korelačního koeficientu $r = 0$. Jelikož je zjištěný koeficient velmi blízký 0, nelze tedy vypočítat vztah mezi věkem pacienta a počtem indikovaných vyšetření. Proto tedy nelze přijmout hypotézu H3: četnost vyšetření bude korelovat s věkem pacienta.

4. 3. 4 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.

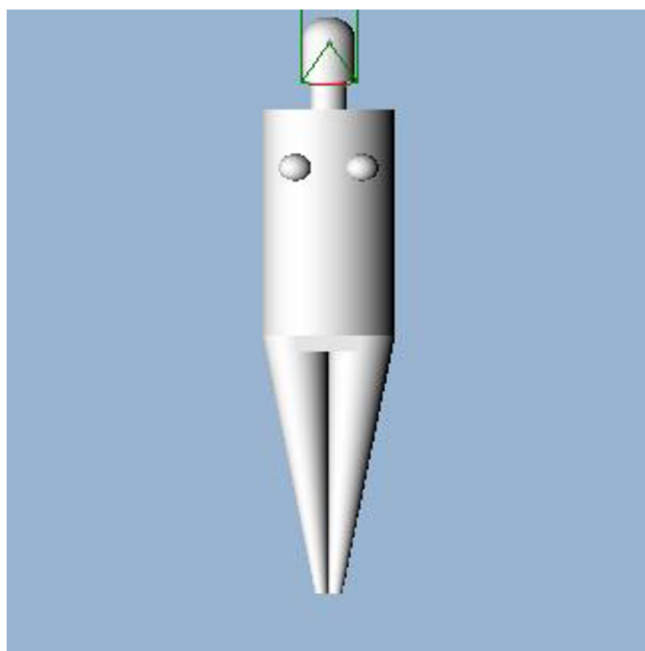
Vlastní výpočet byl proveden pomocí softwarového nástroje PCXMC 2.0, který je běžně užívaným programem pro výpočet ekvivalentní a efektivní dávky pro skiagrafické vyšetření. Pro vlastní výpočet se využívá metoda simulace Monte Carlo na hermafroditních modelech Cristy & Eckerman. (Servomaa, 1998).

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 hodnoty vysokého napětí bylo užito $U = 80$ kVp. Dále pak byla zadána data pro výpočet velikosti vstupního pole. Ta se pohybovala v rozmezí 20×24 až $32,5 \times 41$. 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 7 Pole záření pro simulace v předozadní projekci



Obrázek 8 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.

PCXMC- Dose Calculation

File Run

X-ray tube potential: 80 kV **Filtration: 2.5 mm Al + 0 mm Cu**
Anode angle: 14 deg

Phantom: Adult , Arms included. Simulation: Photons/Energy level: 20000 Maximum energy: 80 keV
 Projection angle (LATL=0,PA=90,LATR=180,AP=270): 270.000 Obl. angle: 0.000
 Field width: 15.79 cm and height: 23.68 cm FSD: 86.830 cm Ref.point (x,y,z(cm)): (0.309, -9.647, 88.400)
 Phantom height: 175.000 cm and mass: 73.200 kg Scaling factors sx(=sy): 1.010 and sz: 0.980
 Incident air kerma:..... 0.645 mGy Tube voltage: 80 kV Filter:.....2.5 mm Al + 0 mm Cu

Organs	Dose (mGy)	Error (%)	Organs	Dose (mGy)	Error (%)
Active bone marrow	0,018009	0,5	(Scapulae)	0,001853	13,2
Adrenals	0,000065	100,0	(Clavicles)	0,021932	7,7
Brain	0,121062	1,0	(Ribs)	0,001726	7,0
Breasts	0,000452	27,5	(Upper arm bones)	0,002204	12,7
Colon (Large intestine)	0,000007	83,8	(Middle arm bones)	0,000067	46,7
(Upper large intestine)	0,000012	83,8	(Lower arm bones)	0,000003	97,3
(Lower large intestine)	0,000000	NA	(Pelvis)	0,000000	NA
Extrathoracic airways	0,114371	5,2	(Upper leg bones)	0,000000	NA
Gall bladder	0,000000	NA	(Middle leg bones)	0,000000	NA
Heart	0,000217	31,5	(Lower leg bones)	0,000000	NA
Kidneys	0,000024	57,8	Skin	0,030923	0,8
Liver	0,000038	27,8	Small intestine	0,000000	NA
Lungs	0,000688	9,6	Spleen	0,000029	56,8
Lymph nodes	0,032202	2,7	Stomach	0,000001	100,0
Muscle	0,006177	0,4	Testicles	0,000000	NA
Oesophagus	0,000710	28,3	Thymus	0,000089	69,0
Oral mucosa	0,268962	2,5	Thyroid	0,016153	16,1
Ovaries	0,000000	NA	Urinary bladder	0,000000	NA
Pancreas	0,000035	68,2	Uterus	0,000000	NA
Prostate	0,000000	NA			
Salivary glands	0,193457	2,6	Average dose in total body	0,019180	0,4
Skeleton	0,085877	0,5	Effective dose ICRP60 (mSv)	0,007456	1,8
(Skull)	0,621113	0,5	Effective dose ICRP103 (mSv)	0,011185	1,3
(Upper Spine)	0,089765	2,6			
(Middle Spine)	0,000910	10,1			
(Lower Spine)	0,000000	NA	Abs. energy fraction (%)	44,157317	

Obrázek 9 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 Assesment. 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 6 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 $E_{med}=0,041202$ 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 (předozaďní/zadopřední, semiaxiální a latero-laterální).

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

$$KE=E_{med}*\text{počet pacientů}$$

$$KE=0,041202*228$$

$$\mathbf{KE=9,39\ mGy}$$

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

$$KE_{správně}=0,041202*20= 0,82\ mGy.$$

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

$$KE_{nesprávně}=0,041202*90= 3,71\ mGy.$$

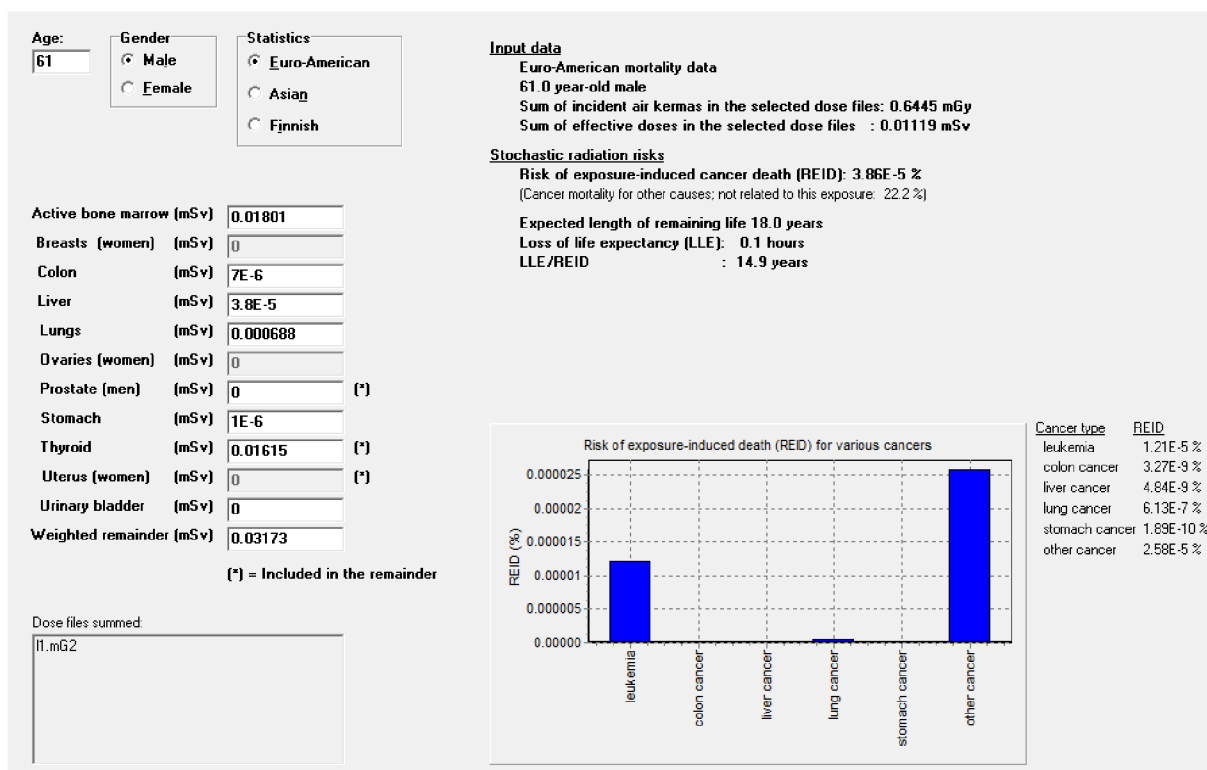
Po aproximaci na celý soubor pacientů vyšetřených za rok 2021 (228 pacientů), jsou tyto hodnoty následující:

$$KE_{správně}=1,6996\ mGy,$$

$$KE_{nesprávně}=7,6898\ mGy.$$

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 10 Ukázka výpočtu rizika

Biologické účinky způsobené ionizujícím zářením jsou dvojího typu. Zatímco účinky deterministické, tedy prahové, nastávají 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.

5 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 skiografie 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 skiografie 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 skiografii 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 skiografie 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 skiografii – 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 skiografii 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 (skiografie lebky i skiografie 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 skiografická 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 skiografického 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 ($KE_{\text{správně}}=1,6996$ mGy) a nesprávně indikovaná vyšetření ($KE_{\text{nesprávně}}=7,6898$ 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 skiografické 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.

5. 1 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 forezních řízení, která však není opodstatněná.

Je tedy úkolem lékařských i nelékařských pracovníků radiologie neustále se na této třetí 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 ozářením: zcela determinovat prahové účinky záření a snížit pravděpodobnost stochastických účinků na nejmenší možnou míru.

REFERENČNÍ SEZNAM

- BRICHTOVÁ, Eva. Specifika dětské neurotraumatologie. *Pediatric 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. *Pediatric pro praxi*. 201n. l., 2010(11), 228 - 231.
- HOMOLKOVÁ, Helena. Neúrazové defekty kalvy u dětí. *Pediatric 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 Surgical Treatment of Traumatic Intracranial Hematomas in Young Children. 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: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.

STIELL IG, WELLS GA, VENDEMHEEN K, CLEMENT C, LESIUK H, LAUPACIS A et al. The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. 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 – Computed Tomography, výpočetní tomografie

DAP – difuzně axonální poranění

EDH – epidurální hematom

GCS – Glasgow Coma Scale – 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 Orleans 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
Tabulka 2 Rutinní a nerutinní indikace skiografie a CT	28
Tabulka 3 Výhody a nevýhody metod CT a MR v zobrazování hlavy.....	37
Tabulka 4 Hlavní soubor	43
Tabulka 5 Vstupní data pro výpočet korelačního koeficientu	49
Tabulka 6 Přehled vypočítaných odhadů efektivní dávky pro výběrový soubor	54

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Neosifikovaný kefalohematom, AP snímek lebky (Karagol, 2010).....	15
Obrázek 2 Fisura kalvy ve skiagrafickém obrazu a následný průkaz EDH na CT (Larkin, 2021)	16
Obrázek 3 Rostoucí fraktura lebky, CT axiální MPR rekonstrukce (Brichtová, 2009)	16
Obrázek 4 Subdurální a epidurální hematom (Tuong, 2006)	19
Obrázek 5 Diagnostický postup pro děti do 2 let věku po úrazu hlavy s GCS 14 – 15 (Hálek, 2010).....	41
Obrázek 6 Diagnostický postup pro děti 2 a více let věku po úrazu hlavy s GCS 14 – 15 (Hálek, 2010).....	41
Obrázek 7 Pole záření pro simulace v předozadní projekci	51
Obrázek 8 Pole záření pro simulace v latero-laterální projekci.....	51
Obrázek 9 Ukázka výpočtu ekvivalentních a efektivních dávek	52
Obrázek 10 Ukázka výpočtu rizika	56