

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Eva Olejníčková

Zobrazování páteře a míchy

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jakub Čivrný

Olomouc 2021

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

Olomouc 29. dubna 2022

podpis

Poděkování

Mé poděkování patří MUDr. Jakubovi Čivrnému za vstřícnost a ochotu při konzultacích. Za cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování této bakalářské práce.

Anotace

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Přehled zobrazovacích technik páteře a míchy

Název práce: Zobrazování páteře a míchy

Název práce v AJ: Imaging of the spine and the spinal cord

Datum zadání: 30.11.2021

Datum odevzdání: 29.4. 2022

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Olejníčková Eva

Vedoucí práce: MUDr. Jakub Čivrný

Oponent práce: MUDr. Jan Macek

Abstrakt v ČJ: Přehledová bakalářská práce se zabývá otázkou možností zobrazit páteř a míchu. Zpočátku práce seznamuje čtenáře se základní anatomií páteře a míchy a poskytuje základní přehled onemocnění. Každá kapitola se zabývá jednotlivou zobrazovací metodou, která obsahuje základní principy, obecné informace, indikace k vyšetření a jednotlivé techniky provedení. Cílem je seznámit čtenáře se základními zobrazovacími metodami, které umožňují zobrazit jak páteř, tak i míchu a zároveň popsat jednotlivé techniky zobrazování. Práce poskytuje i novější informace, především o dynamickém MR zobrazování páteře, které dává lékařům nový diagnostický rozměr. Čtenářům pak dává základní přehled o tom, jaké jsou možnosti zobrazování páteře a míchy a jak správně tato vyšetření provádět. Získané informace mohou čtenáři dále uplatnit při svém vzdělávání a budoucí práci. Poznatky byly dohledány v databázi PubMed, EBSCO, ProQuest, MEDVIK a dále z knižních zdrojů.

Abstrakt v AJ: The review bachelor thesis deals with the question of the possibility of the imaging of the spine and the spinal cord. Initially, the thesis introduces the basic anatomy of the spine and the spinal cord and provides a basic overview of spinal and spinal cord disorders. Each chapter discusses an individual imaging modality, which includes basic principles, general information, indications for examination, and individual techniques. The aim is to familiarize the reader with the basic imaging methods that allow imaging of both the spine and the spinal cord, while describing the different imaging techniques. The work also provides a more recent information, especially on dynamic MR imaging of the spine, which gives physicians a new diagnostic dimension. It gives readers a basic understanding of the imaging options for the spine and the spinal cord and how to perform these examinations correctly. Readers can employ learned information in their training and future work. The knowledge was retrieved from Pubmed, EBSCO, ProQuest, MEDVIK, and book sources.

Klíčová slova: Páteř, mícha, zobrazování, počítačová tomografie, magnetická rezonance, radiografie, ultrasonografie, nukleární medicína

Keywords: Spine, spinal cord, imaging, computed tomography, magnetic resonance, X-ray, ultrasonography, nuclear medicine

Rozsah: 61 stran/ 12 příloh

Obsah

Úvod	7
1. Anatomie páteře	10
1.1. Anatomie Míchy	11
2. Přehled onemocnění páteře	12
2.1. Vrozené vývojové vady	12
2.2. Degenerativní změny páteře	14
3. Přehled onemocnění míchy	16
4. Rentgenová diagnostika	17
5. Ultrasonografie	24
6. Výpočetní tomografie	28
7. Magnetická rezonance	34
8. Nukleární medicína	41
8.1 Význam a limitace dohledaných výsledků	44
Závěr	45
Referenční seznam	46
Seznam zkratk	53
Seznam příloh	55
Přílohy	56

Úvod

Zobrazování páteře a míchy je dnes pro diagnostický účel velmi zásadní. Na páteři a míše vzniká nespočet onemocnění, která se s věkem zvyrazňují. Sem můžeme například zařadit spondylartrózu nebo chondrózu meziobratlové ploténky. Dalším důležitým bodem jsou vrozené vývojové vady na páteři a míše, které jsou v prenatální diagnostice velmi zásadní a díky ultrazvuku velmi brzy detekovatelné. Také díky vysokému počtu pádů dochází ke zlomeninám a poraněním jak na páteři, tak i na míše. Pro určení správné diagnózy je zásadní páteř a míchu zobrazit. V souvislosti s tímto je možné si položit otázku: Jaké jsou možnosti zobrazení páteře a míchy? Dále je cíl specifikován v dílčím cíli, a to popsat jednotlivé techniky při zobrazování páteře a míchy.

Před tvorbou bakalářské práce byly prostudovány následující publikace:

SHIKHARE, Sumer, Dinesh SINGH a Wilfred PEH, 2014. Variants and Pitfalls in MR Imaging of the Spine. *Seminars in Musculoskeletal Radiology* [online]. **18**(01), 023-035 [cit. 2022-02-16]. ISSN 1089-7860. Dostupné z: doi:10.1055/s-0034-1365832

RYCHLÍKOVÁ, Eva, 2012. *Funkční rentgenová analýza páteře s klinickou aplikací: příručka pro praxi*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-532-9.

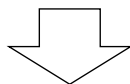
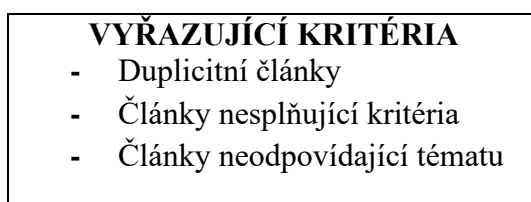
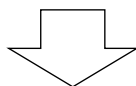
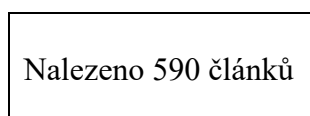
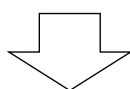
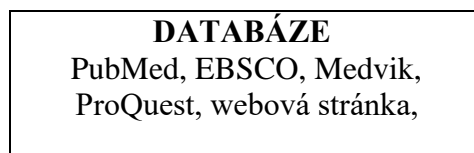
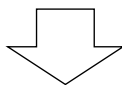
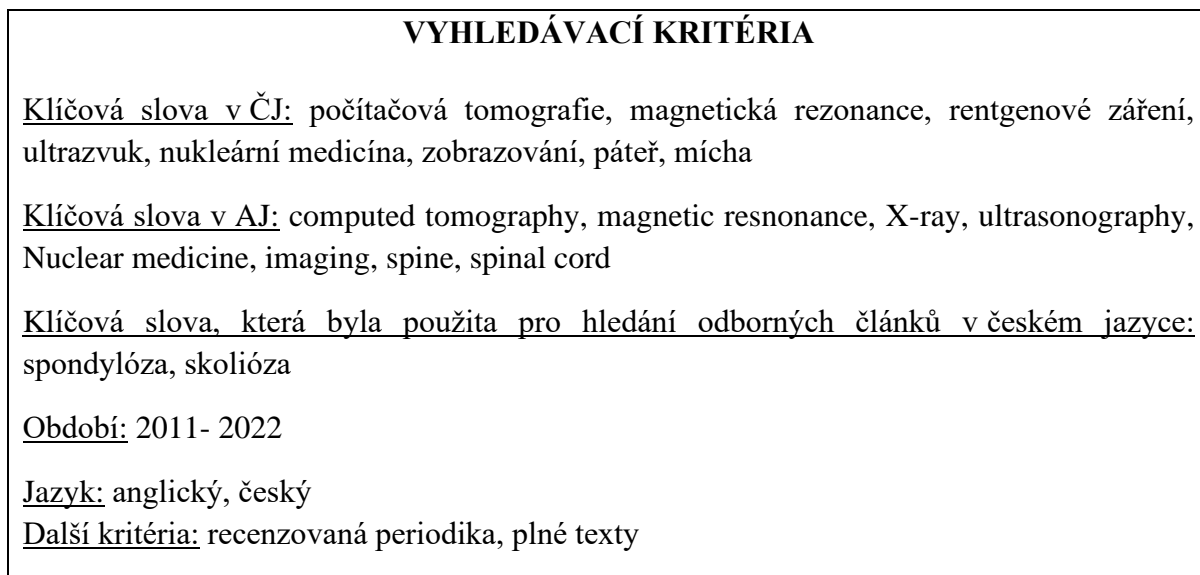
GRIFFITH, James F., 2020. Advanced Quantitative Spine Imaging. *Seminars in Musculoskeletal Radiology* [online]. **24**(04), 413-427 [cit. 2022-02-16]. ISSN 1089-7860. Dostupné z: doi:10.1055/s-0040-1713608

DIAZ, Eric a Humberto MORALES, 2016. Spinal Cord Anatomy and Clinical Syndromes. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI* [online]. **37**(5), 360-371 [cit. 2022-02-16]. ISSN 08872171. Dostupné z: doi:10.1053/j.sult.2016.05.002

PETEROVÁ, Věra, c2005. *Páteř a mícha*. Praha: Galén. ISBN 80-7262-336-2.

Rešeršní strategie

V následujícím textu je podrobně popsána rešeršní činnost, podle které byly dohledány validní zdroje pro tvorbu této bakalářské práce.



SUMARIZACE POUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ

PubMed- 24

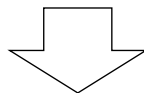
EBSCO-12

Medvik-3

ProQuest-1

Webová stránka- 6

Věstník MZ ČR- 2



Pro tvorbu teoretických východisek
bylo použito **48** článků a **4** knižní
publikace

1. Anatomie páteře

Krční páteř se skládá ze 7 obratlů. Přičemž první a druhý obratel mají jinou stavbu než zbylých 5. První krční obratel se nazývá atlas a je charakteristický tím, že nemá tělo. Má přední a zadní oblouky. Druhý krční obratel nazývaný čepovec se vyznačuje prstencovým tvarem a odontoideálním výběžkem, tzv. zubem čepovce, který je uložen za obloukem C1. Zkřížený vaz, který probíhá za zubem neboli dentem umožňuje volný pohyb a rotaci obratlů C1 i C2 a také pohyb proti kosti týlní. Krční obratle mají také otvory, kterými prochází tepny (Shanechi, 2019, str. 464). Hrudní páteř se skládá z hrudních obratlů, kterých je 12. Typické pro hrudní páteř je to, že se na ni zavěšují žebra. Na jednotlivých úrovních hrudní kosti je hlava žebra skloubena s meziobratlovou ploténkou a hlavicí žebra (Bogduk, 2016, str. 686). Bederní páteř je složena z 5 obratlů a plní úlohu podpory hrudníku a horních končetin. Přenáší zatížení na dolní končetiny a pánev. Umožňuje pohyb mezi hrudníkem a pánví. Lordotické zakřivení bederní páteře umožňuje dynamické pohyby páteře jako je například skákání (Bogduk, 2016, str. 682). Křížová kost je tvořena 5 segmenty, které jsou srostlé, takže tvoří celistvý útvar. Dělíme ji na dvě části. Tělo, které se skládá z křížové kosti a páteřního kanálu a nachází se mediálně od neuroforamin. Druhou částí je ala, která se nachází laterálně od neuroforamin. Velkou podporou této kosti je segment S1 a S2 tím, že obratel S1 je jako jediný segment kosti křížové spojen s bederní páteří pomocí ploténky. Oba obratle S1 a S2 jsou spojeny sakroiliakálními vazy ke kyčelní kosti v křížokyčelním kloubu silnými sakroiliakálními vazy, které spojují křížovou kost s kostí kyčelní (Beckman, 2017, str. 606-607). Kostrč se skládá ze 3-5 srostlých segmentů. Slovo coccyx je odvozeno z řeckého slova zobák kukačky, proto když ji zobrazujeme z boku, můžeme si všimnout tohoto připodobnění. Největší kostrční segment se spojuje s nejnižším křížovým. První kostrční segment obsahuje rudimentální výběžky cornua coccygea a upíná se na něj kostrční vaz. Vpředu kostrče je sval levator ani a sakrokokcygeální vaz. Můžeme na ni pozorovat sakrospinózní vaz a sakrotuberózní vaz (Lirette, 2014, str. 84). Mezi jednotlivými obratli od C2 po S1 jsou meziobratlové ploténky. Každý obratel kromě atlasu má své tělo a je spojen se sousedním tělem meziobratlovou ploténkou, která umožňuje kompresivní zatížení. Pevnost spojení zajišťují přední a zadní podélné vazy (Bogduk, 2016, str. 682, 686).

1.1. Anatomie Míchy

Mícha slouží jako přenosný kanál, přes který vedou signály mezi mozkem a periferií. Mícha má 31 segmentů. 8 krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 křížových a jeden kostrční segment. Každý segment, kromě C1, má dvojici senzorických a motorických kořenů, z kterých vzniká míšní nerv. Každý segment patří jednomu obratli kromě C8, který nemá obratel, jako všechny ostatní, tím pádem míšní nerv C8 vystupuje z páteřního kanálu mezi obratli C7 a Th1. V krční oblasti nervy vystupují nad úroveň daných obratlů, kromě míšního kořene C1, který vychází mezi obratlem a lebku. Od Th1 kaudálně vystupují nervy pod úroveň daných obratlů. V postnatálním období roste páteř rychleji než mícha. Takže zatímco u novorozence mícha končí v úrovni L3, u dospělého je to až v úrovni L1. Mícha je chráněna páteří, která se skládá z obratlů. Každý obratel má tělo, ze kterého vybíhají párové pedikly a lamely, které se spojují vzadu a vytváří tak dohromady páteřní kanál, ve kterém je mícha uložena. Mezi obratli je meziobratlová ploténka, která zajišťuje pružnost a tlumení mechanických sil (Cho, 2015, str. 13-16).

2. Přehled onemocnění páteře

2.1. Vrozené vývojové vady

Skolióza

Jedná se o vybočení páteře o více než 10°. Mezi základní diagnostiku řadíme rentgenový snímek páteře ve stoje, předozadně a bočně. U malých dětí se provádí snímek vleže (Korbelář, 2016, str. 398-400).

Spinální dysrafismy a spina bifida

Jsou vrozené vady vzniklé během nitroděložního vývoje (in utero), které se vyznačují špatným uzávěrem spinální trubice. Spinální dysrafismy mohou být otevřené (dříve označované jako spina bifida cystica nebo aperta) a uzavřené. Diagnostika se opírá o screeningovou metodu, kterou je ultrazvukové vyšetření. Screeningové vyšetření lze doplnit o amniocentézu, tedy odběr plodové vody, přičemž riziko ztráty plodu je v tomto případě 1 %. Při ultrazvukovém vyšetření diagnostik posuzuje v této souvislosti také hlavičku plodu a hledá tzv. příznak banánu a příznak citrónu. Příznak citrónu poukazuje na abnormální tvar čelních kostí, který se objevuje mezi 16. až 24. týdnem u většiny plodů s meningokélou, která do tohoto spektra onemocnění patří. Příznak banánu poukazuje na abnormální vývoj mozečku u plodu (Copp, 2015, str. 1-9). Mezi diagnostické metody se řadí kromě prenatalního i postnatálního ultrazvuku ještě magnetická rezonance a někdy lze doplnit ještě vyšetření alfa-fetoproteinů. To se provádí z odběru krve matky. U uzavřeného dysrafismu je detekce ultrazvukem obtížnější než na MR. U otevřeného dysrafismu je už detekce ultrazvukem mnohem jasnější. Diagnostika v postnatálním období je v obou případech stejná, pouze ultrazvuk se u otevřeného dysrafismu doporučuje provést až po 6 měsících po narození (Reghunath, 2021, str. 97-106).

Spondylolýza

Jedná se o defekt, zlomeninu v pars interarticularis, která se vyskytuje nejčastěji v úrovni L5. Hlavním diagnostickým nástrojem je klasický rentgenový snímek v předozadní (AP) projekci a bočné projekci. CT je stálíci v diagnostice spondylolýzy především díky rychlému výsledku. SPECT lze využít u chronické spondylolýzy (Berger, 2019, str. 61-65).

Spondylolistéza

Vyznačuje se tzv. klouzáním těla obratle po druhém. Tělo obratle se postupně posunuje směrem dopředu nebo dozadu po těle druhého obratle. Nejčastěji se vyskytuje v oblasti L4-L5 a L5/S1. Mezi diagnostické metody patří rentgenový snímek v AP projekci, který stanoví změny v bederní oblasti a snímek bočný, který identifikuje posun obratlů. CT vyšetření je indikováno u pacientů, u kterých je zvažováno operační řešení. MR vyšetření je doplňkové. Provádí se u pacientů s podezřením na nervové poruchy spojené s míchou (García-Ramos, 2020, str. 324-327).

Úrazy páteře

Klasifikace poranění páteře se hodnotí podle morfologie zlomeniny, neurologického stavu, klinických modifikátorů a poranění facetových kloubů. V klasifikačním systému se objevuje dělení na typy A, B, C, skupin podle závažnosti poranění. Do skupiny A patří kompresní poranění, kompresivní zlomeniny, mechanicky nevýznamné zlomeniny, rozštěpené a trhlinové, kompletní prasklé zlomeniny. Tento typ postihuje pouze jeden obratel. Do skupiny B patří poranění zadního nebo předního sloupce vlivem trakce. Spadá sem transoseální fraktura zadního sloupce přecházející přes pedikly až do trnového výběžku, poranění vazivového aparátu zadního sloupce s nebo bez poranění kostních struktur a hyperextenční poranění předního sloupce s poraněním předního podélného vazy a případně i roztržením disku. Páteř je bez známek dislokace nebo translace. Skupina C zahrnuje zranění, která vedou k dislokaci, translaci či nějakému vybočení a jsou vysoce nestabilní. Patří sem poranění, která postihují celý segment. (Schnake, 2017, str. 14-18).

2.2. Degenerativní změny páteře

Spondylartróza.

Degenerativní onemocnění páteře s neinfekční zánětlivou složkou, které se nejčastěji projevuje chronickou bolestí zad. Diagnostika se opírá o anamnézu, klinické vyšetření a zobrazovací metody. Pro akutní zánětlivé změny se volí zobrazení magnetickou rezonancí axiálního skeletu, a to především v sekvencích STIR (TIRM). Zobrazování pomocí rentgenu odhalí změny kostí nebo eroze jako je ankylóza nebo kalcifikace. V kloubech mohou být detekovatelné změny pomocí ultrazvuku (Syrbe, 2018, str.783).

Chondróza meziobratlové ploténky

Chondróza, je degenerativní onemocnění meziobratlových plotének. Základní diagnózou je zde prostý rentgenový snímek, který ukazuje míru poklesu disku. Standardním diagnostickým zobrazením je zde i MR, které umožňuje získat dobrý tkáňový kontrast a tím i lepší zhodnocení změn na disku. Pokud pacienti nemohou podstoupit magnetickou rezonanci, volí se v tomto případě multidetektorová počítačová tomografie (Wu, 2020, str.1-6).

Patologické zlomeniny

Patologickými zlomeninami se rozumí takové, které vznikly při úrazu na základě nějakého novotvaru v kosti, kostní přestavbou či osteomyelitickými procesy. Novotvarem jsou jak maligní léze, tak benigní, jako je například cysta. Kostní metastázy jsou hlavní příčinou vzniku patologické zlomeniny. Možným příznakem může být bolest s omezenou pohyblivostí. Avšak tyto zlomeniny bývají zpočátku velmi nespecifické. Mezi úplně prvotní zobrazovací techniku řadíme klasický rentgenový snímek. Ovšem nejvhodnější zobrazovací metodou je v tomto případě magnetická rezonance, která umí dobře zobrazit i měkké tkáně kolem kosti a posoudí možné kostní přestavby ve dřeni. U traumatických zlomenin, insuficientních nebo stresových zlomenin jsou změny v měkkých tkáních, které přiléhají ke zlomenině, známkou edému nebo krvácení. U patologických zlomenin to může být naopak známka osteolýzy (Wuennemann, 2020, str. 498-502).

Zánětlivá onemocnění páteře

Mohou být způsobena řadou patologických stavů. Kromě degenerativních zánětlivých onemocnění páteře jsou infekční a autoimunitní onemocnění vzácné. Díky modernímu zobrazování lze jasně a časně diagnostikovat i malé patologie. Magnetická rezonance je v tomto případě je vhodnou metodou volby. Její schopností je vysoká citlivost pro zánětlivé změny i pro nedeGenerativní záněty. Mezi nedeGenerativní zánět patří revmatoidní artritida, která se vyvine z atlantoaxiální nestability s destrukcí dens axis. Na rentgenovém a CT obraze jsou patrné destruktivní změny atlantodentálního kloubu. MR má navíc schopnost ohraničit i signálově chudou tkáň s edémem kostní dřeně (Ahlhelm, 2011, str. 763-765). Spondylodiscitida bývá způsobena různými patogeny jako jsou plísňe či paraziti. Nejvíce jsou postižena obratlová těla s meziobratlovými ploténky. Diagnostikou u spondylodiscitidy jsou laboratorní testy, počítačová tomografie, která hodnotí zadní oblouky, páteřní kanál, perivertebrální tkáň. Magnetická rezonance díky své vysoké citlivosti a specifitě poskytuje anatomické detaily páteře, které jsou důležité ke stanovení spondylodiscitidy (Márquez Sánchez, 2016, str. 50-55). Spinální epidurální absces je zánět, jehož pozdní diagnóza vede k prudkému neurologickému zhoršení. Diagnostickými metodami je zde klinické a laboratorní vyšetření, CT a MR. První metodou volby je MR s gadoliniovou KL, která umožňuje ohraničit absces v podélné rovině. Pokud nelze provést MR, je druhou volbou CT s kontrastní látkou (Schwab, 2020, str. 929,931).

3. Přehled onemocnění míchy

Demyelizační onemocnění míchy

Jedná se o chronický zánět centrálního nervového systému, na jehož podkladě dochází k ložiskovým lézím v šedé a bílé hmotě mozkové (Lassmann, 2018, str. 1-6).

Syndrom míšní fixace

Je onemocnění, kdy dochází k připojení míchy k páteři. Tento syndrom bývá spojen s vrozenými vadami jako jsou spina bifida, meningokéla či lipom filum terminale. Dělíme ji na primární a sekundární. Primární syndrom míšní fixace je spojen s výše zmíněnou spinou bifidou nebo například s lipomem, zatímco sekundární syndrom je spojen s jizvením tkání či meningokélou. Diagnostickým ukazatelem je nejčastěji magnetická rezonance (Hode, 2019, str. 2)

Diastematomyelie

Jedná se o vrozenou vývojovou vadu, při které dochází k rozdělení míchy na dva samostatné pruhy, které jsou odděleny kostní, vazivovou nebo chrupavčitou přepážkou. Diagnostika se provádí nejčastěji magnetickou rezonancí. V případě plodu, je hlavním diagnostickým nástrojem ultrazvuk. Ten je schopný rozeznat spinální dysrafismy a určit konečnou diagnózu (Lersten, 2017, s. 95).

Nádory míchy a páteře

Primární nádory míchy můžeme rozdělit na tři základní skupiny. První z nich jsou intradurální intramedulární nádory, kam patří astrocytom nebo také ependymom. Druhou skupinou jsou intradurální extramedulární nádory, ke kterým patří meningeom nebo neurofibrom. Poslední třetí skupinou jsou extradurální nádory, do kterých se řadí chondrom, chondrosarkom či osteosarkom. U všech výše zmíněných je základní diagnostickou metodou magnetická rezonance, která přehledně zobrazí i měkké tkáně (Kotecha, 2019, s. 707-712).

4. Rentgenová diagnostika

Obecné informace

Ionizující záření se objevuje v přírodě v podobě uranových rud nebo kosmického záření. Umělým zdrojem ionizujícího záření jsou rentgenky v terapeutických a diagnostických přístrojích, které se využívají v medicíně. Mezi další umělé zdroje patří procesy v atomových elektrárnách nebo zbraních. Rentgenové záření je ve své podstatě elektromagnetické záření o vlnové délce 10^{-8} až 10^{-12} s tím, že v medicíně se využívá vlnová délka 10^{-9} až 10^{-11} m. V rentgenkách vzniká záření rychlým zabrzděním rychle letících elektronů během interakce s prvky s vysokým atomovým číslem. Vzniká brzdné záření různých vlnových délek a charakteristické záření určitých vlnových délek. K vlastnostem tohoto záření patří fotochemický a luminiscenční efekt, ionizace, pronikání hmotou a biologické účinky, které jsou pro člověka škodlivé (Vomáčka, 2012, str. 13,15,16).

Rozdělení funkční rentgenové diagnostiky dle Gutmana

Funkční rentgenovou diagnostiku dělíme na strukturální, relační, aktuální a diagnostiku rentgenových studií páteře. U strukturální diagnostiky popisujeme tvar a strukturu obratle. Při relační diagnostice posuzujeme změny obratlů, jako je rotace, úklon, posun, přičemž při asymetrii posuzujeme kompenzaci této změny. V případě aktuální diagnostiky pořizujeme snímky v takové poloze, kterou nemocný zaujímá, i když neodpovídá standardům, bavíme se tedy u akutních úrazech páteře. Při diagnostice funkčních studií popisujeme páteř v různých polohách. Předklon, záklon či šikmé snímky u bederní páteře nebo rotace a úklony hlavy u krční páteře. Posuzujeme tím, jak se páteř chová v různých situacích (Rychlíková, 2012, str. 32).

Indikace k vyšetření

Mezi nejčastější indikace k rentgenovému vyšetření řadíme trauma páteře, spinální artropatie, infekce páteře, kam patří discitis nebo osteomyelitida. Dále novotvary páteře jako jsou primární nádory kostí a měkkých tkání. Další indikací je metabolická porucha, například osteoporóza a renální osteodystrofie. Vrozené a získané poruchy jako je skolióza, hyperkyfóza neboolistézy, spondylolýzy či spondylolistézy. Jako poslední sem můžeme zařadit chirurgické a předoperační plánování s pooperačním hodnocením (American College of Radiology, 2017, str. 2,3).

Role radiologického asistenta při vyšetření

Před vyšetřením radiologický asistent musí jednoznačně identifikovat pacienta, nejlépe dotazem na jméno. Radiologický asistent poučí pacienta o průběhu výkonu a sdělí pacientovi, jaké části oděvu je nutné vysvléct a které kovové předměty odstranit. Následuje poučení pacienta, jak se má chovat během expozice. Radiologický asistent dále nastaví expoziční parametry, pokud nebude použita expoziční automatika. Parametry by měly být optimalizovány, aby se dosáhlo požadované kvality obrazu při co nejmenší radiační zátěži. Dále je každé nastavení technických parametrů specifikováno u jednotlivých projekcí. Radiolog uloží pacienta na stůl nebo k vertigrafu, vycloní oblast zájmu a pokračuje nastavením expozičních parametrů, zkontroluje přítomnost protirozptylové mřížky, vyzve pacienta k povelu nehýbat se a nedýchat a zahájí expozici. Následuje potvrzení o provedení ozáření podpisem radiologa na příslušný formulář. Obecnými požadavky v praktické části je tedy nastavení projekcí, expozičních parametrů a provedení samotného výkonu (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 13-15, 32, 69).

Skiografie krční páteře

Dobře provedený boční snímek by měl obsahovat krční obratle C1-C7 s tím, že by C7 měl být zobrazen i s Th1. Dolní čelist by neměla zasahovat do C1 a C2. Předozadní snímek by měl obsahovat C3 až Th2 s minimalizací rotací. Na snímku s otevřenými ústy by měl být jasně zobrazen atlas a čepovec, tedy obratle C1-C2. Jasně viditelný by měl být i processus odontoideus (Jo, 2018, str. 534). Klasické vyšetření u dětí zahrnuje AP a bočné snímky. Bočné snímky by měly být provedeny v pravé bočné projekci a v extenzi s inspirací. Šikmé snímky nejsou z důvodu vyšší radiační zátěže doporučovány. Odontoidální zobrazení (transorální snímek) kvůli krátkému krku se u dětí do 5 let nedoporučuje. K poranění u dětí i dospělých dochází nejčastěji od týlu do C3 a týká se spíše vazů nebo chrupavčitých destiček. Klasická skiografie krční páteře nevylučuje poranění míchy (American College of Radiology, 2017, str. 3,4).

Technické parametry snímku krční páteře v AP a bočné projekci:

- Kritéria zobrazení – všechna těla krčních obratlů
- Příprava pacienta: odložit oděv z hlavy a krku, sejmut kovové předměty
- Poloha pacienta při AP projekci: vleže na zádech nebo ve stoje, vsedě, zády k vertigrafu
- Poloha pacienta v bočné projekci: ve stoje či sedu laterálně k vertigrafu, opírá se ramenem o vertigraf, ramena stáhnout kaudálně, uvolněné držení
- Zobrazované oblasti: krční páteř paralelně s receptorem obrazu, mírně zdvižená brada tak, aby rovina byla kolmá k receptoru obrazu
- Geometrie projekce: centrální paprsek (CP) vertikálně ve střední rovině, orientovaný na střed krční páteře, pacient má maximálně otevřená ústa bez záklonu hlavy
- Napětí: minimálně 65 kV, rozsah: 65-85 kV
- Protirozptylová mřížka: ano
- Ochranné prostředky: nejsou nutné (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 69,70).

Dynamické snímky krční páteře

Rentgenové zobrazení krční páteře ve flexi a extenzi může být až v 95 % případů nedostatečné, pokud má pacient spasmus krčních svalů při vyšetření a má tak omezenou pohyblivost (Izzo, 2019, str. 87). Funkční snímky ve flexi a extenzi krční páteře slouží k posouzení nestability C páteře. Samotné zobrazení ve flexi a extenzi neumožňuje dobrou detekci u degenerativních onemocnění. Šikmé snímky nelze indikovat k běžným základním projekcím. Dochází totiž k vyššímu ozáření štítné žlázy bez většího přínosu. Zobrazení ve flexi, extenzi a šikmé snímky krční páteře nejsou vhodné pro základní diagnostiku, ale slouží jako předoperační vyšetření (Khalil, 2012, str. 600,601).

Technické parametry krční páteře u dynamických snímků:

Všechny parametry jsou stejné jako při standardním snímku páteře, liší se pouze polohou pacienta.

- Poloha pacienta: ve stoje či sedu laterálně k vertigrafu, maximální předklon a záklon C páteře, ramenem se opírá o vertigraf, ramena co nejvíce kaudálně (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 71, 72).

Skiografie hrudní páteře

K projekcím hrudní páteře patří předozadní a bočný snímek. AP snímek by měl obsahovat všechny obratle nesoucí žebra s tím, že meziobratlové klouby by měly být vidět z pohledu zepředu. Bočný snímek by měl také obsahovat všechny obratle, které nesou žebra s otevřeným pohledem do meziobratlových kloubů (Jo, 2018, str. 534). Snímky by měly být pořízeny tak, aby byla vidět dolní krční a horní bederní anatomie. Pokud by bylo za určitých okolností potřeba dalšího hodnocení, můžeme provést specifitější zobrazení, jako je plavecká projekce, šikmé projekce i projekce ve flexi a extenzi nebo třeba projekce na torakolumbální spojení. U dětí jsou projekce stejné jako u dospělých (American College of Radiology, 2017, str. 4).

Technické parametry hrudní páteře v AP a bočné projekci:

- Kritéria zobrazení: všechna těla hrudních obratlů Th páteře
- Příprava pacienta: odložit oděv z horní poloviny těla, včetně rentgen kontrastních předmětů, tedy i podprsenky
- Poloha pacienta: na zádech na stole nebo zády k vertigrafu, u bočné projekce vleže na boku nebo bokem k vertigrafu, ruce za hlavou
- Geometrie projekce: CP směřuje do středu hrudní kosti, u bočné projekce směřuje kolmo do středu hrudní páteře v úrovni lopatek
- Napětí: minimálně 70 kV, rozsah: 70-90 kV
- Protirozptylová mřížka: ano
- Ochranné prostředky: nejsou nutné (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 72).

Skiografie bederní páteře

Zde jsou standardními snímky AP, bočný snímek a bočný snímek lumbosakrálního přechodu. U AP snímku a bočném snímku by měly být zobrazeny všechny obratle bederní páteře L1-L5 s posledním obratlem hrudní páteře Th12. Bočný snímek na lumbosakrální přechod by měl obsahovat obratle L4-L5 s horní částí os sacrum (Jo, 2018, str. 534). Do speciálních projekcí patří AP projekce na lumbosakrální spojení a vzpřímená flexe i extenze. U dětí je též standardní AP a bočné zobrazení páteře, ale pro snížení dávky je zde někdy doporučováno jen PA zobrazení. Šikmé projekce nejsou z důvodu vysoké radiační zátěže doporučovány (American College of Radiology, 2017, str. 4).

Technické parametry bederní páteře v AP projekci:

- Kritéria zobrazení: ploténky obratlových těl jsou kolmé k receptoru obrazu
- Příprava pacienta: odložit oděv z horní poloviny těla včetně kontrastních předmětů
- Poloha pacienta: vleže na zádech, ve stoje, zády k vertigrafu
- Geometrie projekce: CP na střed bederní páteře na úrovni hrany lopaty kyčelní, horní hrana 2 cm nad processus xiphoideus
- Napětí: minimálně 70 kV, rozsah: 70-90 kV
- Protirozptylová mřížka: ano
- Ochranné prostředky: v případě, že stínění nezasahuje do oblasti zájmu, krýt gonády (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 72, 73).

Technické parametry bederní páteře v bočné projekci:

- Kritéria zobrazení: celá bederní páteř
- Příprava pacienta: odložit oděv z horní poloviny těla včetně kontrastních předmětů
- Poloha pacienta: vleže na boku nebo ve stoje bokem k vertigrafu, obě ruce za hlavou
- Geometrie projekce: CP kolmo 3 cm nad hranu lopaty kyčelní, podélná centrální čára prochází vrcholem lopaty kyčelní
- Napětí: minimálně 75 kV, rozsah: 75-105 kV
- Protirozptylová mřížka: ano
- Ochranné prostředky: v případě, že stínění nezasahuje do oblasti zájmu, krýt gonády (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 73).

Funkční snímky páteře

Nejzákladnějším dynamickým snímkem je snímek ve stoje. Studie prokázaly, že snímkování ve stoje vytváří výraznější hrudní kyfózu a bederní lordózu oproti snímkování vleže. Dalším funkčním snímkem je snímek v extenzi a flexi. Provádí se obvykle tehdy, pokud lékař chce učinit zásadní rozhodnutí v celkové léčbě pacienta (Khalil, 2012, str. 600).

Technické parametry bederní páteře dynamických snímků:

Všechny parametry jsou stejné jako při standartním snímku bederní páteře v bočné projekci, liší se pouze polohou pacienta.

- Poloha pacienta: ve stoje bočně k vertigrafu, maximální předklon a pak záklon, obě ruce za hlavou (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 73).

Skiografie kosti křížové

Mezi nejčastější indikace k zobrazení kosti křížové jsou jejich zlomeniny. Zlomeniny kosti křížové jsou buď insuficientní nebo stresové. Insuficientní zlomeniny vznikají při fyziologickém zatížení například pomocí osteoporózy. Stresové zlomeniny jsou způsobeny nepřiměřeným mechanickým tlakem (Spiegl, 2019, str. 144). Rentgenové zobrazení těchto zlomenin je velmi obtížné a dnes se tak často neprovádí. Na snímcích je totiž rozpoznáno pouze 10-30 % všech zlomenin kosti křížové, a proto se dnes dává přednost počítačové tomografii. Pokud není CT k dispozici, provádí se rentgen. Patří sem ortogonální AP snímky křížové kosti, díky nimž získáváme detekci podélných zlomenin. Bočné rentgenové snímky identifikují dislokované zlomeniny (Beckmann, 2017, str. 609).

Technické parametry kosti křížové v AP projekci:

- Kritéria zobrazení: celá kost křížová
- Příprava pacienta: odložit oděv z dolní poloviny těla včetně kovových předmětů
- Poloha pacienta: na zádech nebo ve stoje zády k vertigrafu
- Geometrie projekce: CP skloněn kaudo kraniálně 30 °, centrace 3 cm nad hřeben kyčelní kosti, CP do středu křížové kosti 3 cm nad symfýzou
- Napětí: minimálně 70 kV, rozsah: 70-90 kV
- Protirozptylová mřížka: ano
- Ochranné prostředky: ochrana gonád (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 74).

Technické parametry kosti křížové v bočné projekci:

Všechny parametry jsou stejné jako v AP projekci, liší se pouze polohou pacienta, geometrií projekce a napětím.

- Poloha pacienta: vleže nebo stoje bokem k vertigrafu
- Geometrie projekce: CP 10 cm pod horním okrajem lopaty kyčelní, okraj horní hrany receptoru na úrovni horního okraje lopaty kosti kyčelní
- Napětí: 75 kV, rozsah: 75-105 kV (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2019, str. 73).

Dynamické zobrazení kostrče

Dynamické zobrazení kostrče pomocí bočního snímku umí odhalit nadměrnou translaci kostrče. Je doporučován bočný snímek kostrče ve stoje a rentgenový snímek vsedě na tvrdé podložce. Vsedě pacient musí mít narovnaná záda a stehna v horizontální poloze. Poté je pacient vyzván, aby se opřel do místa, kde je maximální citlivost a v tomto okamžiku je proveden rentgenový snímek. Ačkoli je toto dynamické zobrazení užitečné a informativní, není součástí standardního protokolu pro zobrazování kostrče (Skalski, 2020, str. 1094, 1095).

Rentgenové vyšetření míchy

Jedním z možných zobrazení míchy je dnes myelografie. Ta je díky rozvoji CT a MR dnes v podstatě velmi zastaralá, avšak stále se dnes provádí, pokud jsou shledány kontraindikace k CT a MR vyšetření. Jedná se o vyšetření, při kterém se provede lumbální punkce pod fluoroskopickou kontrolou a následně se aplikuje jodová kontrastní látka. Pokud je lumbální přístup kontraindikován, lze kontrastní látku zavést do vaku v úrovni C1-C2. Pomocí naklápečího stolu se mozkomíšni mok umístí do požadované oblasti v prostoru páteře a získají se radiografické (konvenční myelogram) nebo CT snímky. Indikací k myelografii je průkaz úniku mozkomíšního moku, špatná korelace fyzikálních nálezů se studiemi MRI, vymezení vrozených patologií nebo pokud je nedostatečná MR diagnostika. Použití MR je limitováno kvůli klaustrofobii, technickým problémům jako je velikost pacienta nebo kardiostimulátor (dále viz kapitola MR). Kontraindikací u myelografie je recentní myelografie provedená před týdnem, intrakraniální expanzivní proces, generalizovaná septikémie, nežádoucí reakce na jodovou kontrastní látku, těhotenství nebo hematoma a infekce v místě vpichu (American College of Radiology, 2019, str. 1,2,4-8).

5. Ultrasonografie

Princip ultrazvuku

Ultrazvuk je mechanické vlnění. Tedy přesněji se jedná o mechanicko-elastické kmity, které se šíří prostředím, ale ne ve vakuu. Frekvence ultrazvuku se pohybuje nad 20 kHz, tedy námi neslyšitelná frekvence. V diagnostické praxi se využívá frekvence od 1-15 MHz. Ultrazvukové vlnění se odráží na rozhraní dvou prostředí, rozptyluje se na rozhraních struktur, láme se na rozhraní dvou prostředí a nakonec se také absorbuje tím, že při průchodu hmotou ztrácí energii a mění se na teplo. Část energie se nevrací ke zdroji. Zdrojem vlnění jsou látky s piezoelektrickými vlastnostmi. Rozlišujeme dva základní ultrazvukové postupy, a to konvenční ultrasonografii a dopplerovskou ultrasonografii. Konvenční USG je zobrazení v reálném čase. Jedná se o standardní metodu dnešních diagnostických přístrojů. Dopplerovská ultrasonografie využívá Dopplerova jevu, který pomáhá v diagnostice cévních anomálií a posouzení prokrvení zobrazovaných tkání (Vomáčka, 2012, str. 38).

Obecné informace

Ultrazvuk je velmi jednoduchá a neinvazivní metoda zobrazení. Mimo jiné je obzvláště vhodná pro vyšetření svalového a kosterního systému. Je nesmírně důležitá v prenatální diagnostice, jelikož při něm není využíváno ionizující záření. Má schopnost zobrazit nejen kosterní a svalový systém, ale i chrupavčité a cévní struktury. Umožňuje dynamické zobrazení. Ultrazvuk se řadí mezi některé primární zobrazovací metody například u vývojové kyčelní dysplazie, výpotku v kloubech, hodnocení dětské páteře nebo třeba epifyzárním traumatu. Je screeningovou metodou pro hodnocení defektů neurální trubice. V případě dynamického zobrazení hraje důležitý význam při vrozených dislokacích, nestabilit nebo separací zlomenin. Spolu s barevným Dopplerem pomáhá hodnotit hyperemii a nádory. Ultrazvuk dokáže zobrazit téměř všechny novorozenecké anomálie v časném období a tím určit, zda jde o urgenci nebo lze provést další radiologické zobrazení jako je magnetická rezonance (Karník, 2016, str. 565-575).

Kontrastní látky při ultrazvukovém vyšetření

Tyto kontrastní látky, mezi něž patří Levovist a nejnovější SonoVue se používají při dopplerovské diagnostice. Jejich výhodou je lepší odraz ultrazvukových vln z krve nebo srdce. Objevují se jako malé bublinky, které způsobují zesílení. Podávají se nitrožilně (Vomáčka, 2012, str. 70,71).

Ultrazvuk páteře u dětí

Screeningový ultrazvuk je první volbou pro novorozence, u kterých se objevila kožní abnormalita v dolní části páteře. To nejčastěji může značit podezření na spinální dysrafismy. Tím, že je u dětí spodní část páteře ještě dostatečně neosifikovaná, umožňuje ultrazvuk opravdu velmi dobré zobrazení těchto anomálií, nejlépe však do 6 měsíců. Pokud se jedná o spinální dysrafismus otevřený, většinou není zapotřebí zobrazovacích technik. Proveďte se ale ultrazvuk k dohledání přidružených vad. Pokud se jedná o uzavřený spinální dysrafismus, ultrazvuk poskytuje vynikající hodnocení. Detailně se přitom zobrazí kryté léze jako je například prostá meningokéla (Karnik, 2016, str. 573-575).

3D ultrazvuk spina bifida

3D ultrazvuk se v posledních letech stal velmi oblíbenou diagnostickou metodou. Jeho předností je získávat objemová data, která se i po vyšetření dají dále zpracovávat a získávat tak více pohledů na povrchy a struktury, jako jsou tkáně nebo kosti. Dnes se vedou spory o to, co je výhodné u rozštěpu páteře, zda 2D nebo 3D zobrazení. Někteří více preferují 3D zobrazení, které umožňuje kontinuální zobrazení míchy. Pokud bychom měli diskutovat o tom, co je vhodnější, zda ultrazvuk či magnetická rezonance, ultrazvuk se řadí mezi první diagnostickou zobrazovací techniku oproti MR u spina bifida. Ultrazvuk je také levnější a dostupnější, avšak má i své nevýhody. Patří sem obézní těhotné, kdy průnik paprsků je u těchto žen nízký. Dalším vyšetřením může být herniace mozečku nebo mozkového kmene, kdy ultrazvuk není schopen zhodnotit závažnost tohoto onemocnění. Herniace mozečku nebo mozkového kmene bývají s touto vadou sdružené. V těchto případech je přínosnější magnetická rezonance (Micu et al., 2018, str. 222).

Ultrazvuk míchy u novorozence

Mícha je na ultrazvuku hypoechogenní s anechogenním centrálním kanálem, který je obklopený subarachnoideálním prostorem a durou. Mícha se ke konci zužuje a vytváří conus medullaris, který dále pokračuje jako filum terminale do sakrálního kanálu. Ten je obklopen nervovými kořeny cauda equina. Konus pod L2-L3 je znakem pro syndrom míšní fixace (Karnik, 2016, str. 574). Ultrazvuk představuje první volbu při posuzování patologií na míše. Během šesti měsíců života totiž neosifikované neuronální oblouky poskytují skvělé okno pro zobrazení páteřního kanálu a jeho obsahu s přilehlými měkkými tkáněmi. Vyšetření nevyžaduje žádnou sedaci i celkovou anestezii, což lze považovat jako jednu z největších výhod. Mezi indikace řadíme kožní léze na zádech, deformace páteře, podezření na poranění míchy při porodu nebo určité neurologické poruchy jako jsou parézy nebo dysfunkce močového měchýře. Při prokázání malformace se musí vyšetření doplnit magnetickou rezonancí. Dobře detekovatelné jsou otevřené a široké míšní dysrafismy, zatímco zavřené se projevují kožními malformacemi (Valente, 2019, str. 113, 114).

Technika provedení

Ultrazvuk bederní páteře se provádí v poloze vleže na břiše s páteří prohnutou přes polštář s tím, že horní část těla je výše než dolní. To umožňuje získat díky distenzi bederní cisterny lepší akustické okno. Vyšetření se provádí po krmení, které obvykle zajistí klidné provedení vyšetření. Provádí se pomocí lineární sondy s rozlišením 10-14 MHz s axiálním snímáním celých zad od kraniocervikálního spojení po špičku kostrče. Hlavní struktury, které je potřeba identifikovat jsou conus medullaris, filum terminale, cauda equina a subarachnoidální prostor (Valente, 2019, str. 113, 114).

Zákroky prováděné na páteři pomocí ultrazvuku

U stárnoucí populace se objevují často degenerativní onemocnění na páteři. U intervenčních zákroků se doposud spoléhalo na běžné ionizující záření, avšak v současné době lze používat také ultrazvuk při vedení zákroků. Samozřejmě musíme zmínit jak výhody této techniky, tak i nevýhody. Ultrazvuk je ideální pro měkké tkáně, povrchy kostí a manipulaci s jehlami. Také je výborný k zobrazení nervů a cév. Na druhou stranu, čím hlouběji je postižená tkáň, tím horší a obtížnější je vizualizace pro lékaře. Ultrazvuk je taky jednou z možností obrazového navádění při zákrocích páteře.

Indikací k provádění zákroků na krční páteři je onemocnění krčních faset, které jsou významnými generátory bolesti. Tato bolest může mít souvislost s osteoartrózou a krčními úrazy. Mezi běžné zákroky u fasetové bolesti krční páteře jsou blokády mediálních větví a radiofrekvenční ablace mediálních větví.

Bolest v hrudní oblasti páteře není tak častá jako u bederní nebo krční páteře, ale pokud se objeví, jedná se pak většinou o chronickou a silnou bolest. Tato bolest je nejčastěji vyvolaná ploténkami, fasetami nebo nervovými kořeny, dále pak kostovertebrálními a kostotransverzálními klouby. Pokud se jedná o disky a kostovertebrální klouby, pak se většinou neinjektuje kvůli špatné vizualizaci. Mezi zákroky vedené pod ultrazvukem na hrudní páteři tedy patří navigovaná technika pro injekce do hrudní fasety a technika pro injekce do kostotransverzálního kloubu.

Bolest v bederní páteři je čím dál častějším důvodem k návštěvě lékaře. Mezi nejčastější terapii patří fyzikální terapie, analgetika a injekční terapie. U bederní páteře je bolest především při zánětlivých a artritických změnách faset. Důležité je před zákrokem provést CT, MR nebo klasický rentgenový snímek bederní páteře, kvůli vyskytujícím se anomáliím na páteři. Zákrokem prováděným pomocí ultrazvuku na bederní páteři je identifikace správné bederní úrovně pro bederní fasetové injekce a bloky mediálních větví, ultrazvukem navigovaná injekce do bederních faset a blokáda bederní mediální větvě. V neposlední řadě je důležité také zmínit zákrok, kterým je injekce farmaka do sakroiliakálního kloubu pod ultrazvukovou kontrolou. Sakroiliakální kloub spojuje páteř s pánví a v tomto místě vzniká velmi často bolest (Hurdle, 2016, str. 673-681).

6. Výpočetní tomografie

Princip CT

CT umožňuje 2D zobrazování 3D objektu. Tedy pořízení dvourozměrného obrazu trojrozměrného objektu. Děje se tak pomocí matematické rekonstrukce obrazu v počítači. Uvnitř CT je rentgenová trubice, která během vyšetření rotuje kolem pacienta a vyzařuje rentgenové záření. Toto záření je při průchodu pacientem zeslabováno. Proces počítačové tomografie tkví v tom, že sbírá energii fotonů a převádí ji na elektrický signál. Ten je pak pomocí rekonstrukce obrazu digitálně převeden na obrazovku. Počítačová tomografie má mnohem vyšší tkáňový kontrast nežli běžná skiografie, proto je její výhodou, že zobrazuje tkáně, které mají nízkou absorbanci. Protože CT využívá výše uvedené rentgenové záření, je vhodné pro zobrazování kostí a tkání s vyšším atomovým číslem, zatímco třeba magnetická rezonance využívající radiofrekvenční vlnění a je vhodnější pro zobrazování měkkých tkání (Ahmad, 2014, str. 502).

Obecné informace

Při CT vyšetření páteře můžeme používat sekvenční techniku jedním řezem pomocí spirálního protokolu. Druhou možností je zobrazení pomocí sousedících nebo překrývajících se axiálních řezů s tloušťkou v závislosti na segmentu páteře. Vyšetření zahrnuje rekonstrukce v sagitální a koronální rovině kolmé na snímky s rekonstruovanými snímky v axiální, případně šikmé rovině. U pooperačních stavů je vhodné používat techniku s redukcí kovových artefaktů. V rámci přípravy před vyšetřením je zapotřebí zkontrolovat všechny informace, aby bylo vyšetření provedeno na optimální úrovni. Při podezření na spondylolýzu bederní páteře v oblasti L5-S1, není nutné provádět vyšetření CT celé bederní páteře, ale pouze v postižené oblasti. Výše uvedené je zapotřebí především u dětských pacientů, aby nedocházelo ke zbytečně větší radiační zátěži (American College of Radiology, 2016, str. 3-4).

Indikace k vyšetření

Můžeme sem zařadit zlomeniny, poranění vazů či podezření na různé dislokace. Indikuje se u pacientů, kteří mají pozitivní nález na rentgenovém snímku nebo na snímku, ze kterého jednoznačně nelze určit patologii. Další indikací k provedení CT je vyšetření páteře u pacientů, u kterých je kontraindikováno provedení magnetické rezonance například z důvodu přítomnosti kardiostimulátoru (Ahmad, 2014, str. 502-503). Mezi další indikace řadíme trauma páteře, hodnocení degenerativních změn plotének, spinální stenózy, vyšetření zánětlivých lézí a jejich rozsah postižení, hodnocení spondylolistézy, skoliózy či spondylolýzy. Také sem patří stavy po operacích páteře, infekční onemocnění, metastatické procesy páteře i vrozené nebo vývojové vady páteře a hodnocení pooperačních stavů (American College of Radiology, 2016, str. 2,3).

Podání kontrastních látek při vyšetření

Kontrastní látky ovlivňují kvalitu obrazu. Rozlišujeme látky, které zvyšují absorpci záření – tedy tzv. pozitivní kontrastní látky a látky, které snižují absorpci záření, které jsou označovány jako negativní. U vyšetření páteře a míchy využíváme pozitivní KL, přesněji jodové hydrosolubilní látky. Podávají se intravenózně při CT vyšetření, subarachnoideálně při CT myelografii a intraarteriálně při míšní angiografii. U vyšetření páteře a míchy je kontrastní látka zahřátá na 37°, podává se intravenózně většinou 60-80 ml pomocí infuzoru. Tím, že se KL zahřívá na 37°, dochází ke snížení vedlejších reakcí. Po podání se fyziologicky nasytí žilní řečiště v epidurálním prostoru. Mezi hlavní indikace patří intradurální nádory a zánětlivé procesy (Nekula, 2005, str. 26).

Role radiologického asistenta u CT vyšetření

Radiologický asistent se před provedením výkonu zeptá pacienta na jméno, případně i rok narození a porovná údaje s údaji na žádance. Před vyšetřením asistent vyzve pacienta, aby si odložil náležité oblečení včetně všech kovových předmětů. Následuje poučení pacienta o průběhu vyšetření. Radiologický asistent uloží pacienta a provede nastavení expozičních parametrů. Poté se provede samotné vyšetření a následně asistent potvrdí jeho provedení svým jménem obvykle na žádanku. Shrnutím lze říci, že radiologický asistent provede přípravu na vyšetření, včetně přípravy před podáním KL, udělá topogram, nastaví skenovací parametry, obrazové rekonstrukční parametry, aplikuje KL v případě schválené indikace a ukončí vyšetření (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, str. 10,11,14,15).

CT krční páteře

V minulosti bylo první volbou traumatu a zlomenin krční páteře klasické rentgenové vyšetření. Dnes se díky pokroku v oblasti výpočetní tomografie přechází právě na ni. Konkrétně se provádí multidetektorové CT, protože je rychlé, snadno proveditelné a umožňuje dobře zobrazit anatomii krční páteře. Umí přesněji zobrazovat zadní část krční páteře. Také umožňuje vytvořit 3D snímky s rotací krční páteře. CT vyšetření obnáší vyšší dávku ionizujícího záření ve srovnání s prostým snímkem. (Izzo, 2019, str. 85). Vyhodnocení kraniocervikálního spojení vyžaduje pro stanovení diagnózy tenké řezy s šíří řezu do 3 mm. Pokud bychom hovořili o hodnocení vlivu degenerativního onemocnění, šířka by se měla pohybovat od 1 do 3 mm. U foraminální stenózy jsou vhodné šikmé rekonstrukce kolmé na osu neurálních foramin u obou stran (American College of Radiology, 2016, str. 4).

CT protokol C páteře:

- Strategie vyšetření: nativně/ s KL i.v./ nativně a s KL i.v.
- Příprava pacienta: nativně bez přípravy, s KL nalačno
- Uložení: vleže na zádech, hlava fixována v ose stolu
- Instrukce pacientovi: nehýbat se, nepolykat
- Rozsah vyšetření: na požadované obrátle včetně meziobratlových prostorů
- Topogram: boční
- Napětí: 120 kV, u osob nad 120 kg- 130-140 kV
- mAs: 180-290
- Dávka: 12-20 mGy
- Kolimace: u MDCT obvykle 0,5-1,2 mm, dle konstrukce detektorů
- Pitch: závisí na konstrukci přístroje
- Tloušťka rekonstruované vrstvy: 0,75-1 mm (kostní kernel), 2-3 mm (měkkotkáňový kernel)
- Objem KL: 80 ml
- Rychlost aplikace KL: 2-2,5 ml/s
- Zpoždění: 60-70 s
- Poznámky: rekonstrukce v kostním kernelu ve třech rovinách, vyšetření s KL dle tohoto protokolu pouze u patologických procesů páteře a páteřního kanálu (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, str. 21).

CT hrudní páteře a bederní páteře

Pro stanovení diagnózy je přijatelná i tloušťka řezu větší než 5 mm, ačkoliv dnes pracujeme spíše s řezů užívanými. Zorné pole by mělo být co nejmenší, aby se zlepšilo geometrické rozlišení (American College of Radiology, 2016, str. 4).

CT Protokol Th páteře

- Strategie vyšetření: nativně/ s KL i.v./ nativně a s KL i.v.
- Příprava nemocného: nativně bez přípravy, s KL nalačno
- Uložení: vleže na zádech, ruce vzpažené
- Instrukce pacientovi: nehýbat se
- Rozsah vyšetření: na požadované obrátě s meziobratlovými prostory
- Topogram: boční
- Napětí: 120 kV, u pacientů nad 120 kg: 130-140 kV
- mAs: 200-350
- Dávka: 12-25 mGy
- Kolimace: závisí na konstrukci detektorů
- Pitch: závisí na konstrukci přístroje
- Tloušťka rekonstruované vrstvy: 0,75-1 mm (kostní kernel), 3 mm (měkkotkáňový kernel)
- Objem KL: 80-100 ml
- Rychlost aplikace KL: 2-2,5 ml/s
- Zpoždění: 60-70 s
- Poznámka: rekonstrukce v kostním kernelu ve třech rovinách, vyšetření s KL dle tohoto protokolu u patologických procesů páteře a páteřního kanálu (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, str. 22).

CT protokol LS páteře

Všechny parametry jsou stejné jako u protokolu TH páteře, liší se pouze mAs a dávkou.

- mAs: 280-500
- Dávka: 20-35 mGy (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, str. 23).

CT kosti křížové

Výpočetní tomografie kosti křížové se nejčastěji používá při vyšetřování zlomenin. Díky nízké citlivosti rentgenových snímků se výpočetní tomografie stala základní diagnostikou pro charakteristiku zlomenin os sacrum. Obvykle se provádí nekontrastní zobrazení s 2 mm silnými axiálními řezy. U komplexnějších zlomenin os sacrum nebo zlomenin, které jsou součástí poranění pánve jsou dále užitečné další trojrozměrné přeformátované řezy, které umožní dostačující zobrazení morfologie pro předoperační plánování. Při předoperačním CT tak lze posoudit adekvátnost kostních poměrů pro zavedení sakrálních šroubů. Příčné zlomeniny nejsou dobře detekovatelné na axiálních řezech, proto je vždy vhodné provádět pečlivou kontrolu příčných zlomenin os sacrum na sagitálních řezech (Beckmann, 2017, str. 610).

Studie 3D spirálního CT fasetových kloubů dolní krční páteře

Krční fasetové klouby (anglická zkratka CFJ) jsou synoviální klouby, které svírají úhel 40-45°. Zajišťují také stabilitu krční páteře i s předními obratlovými těly a meziobratlovými ploténkami. Studie poukazují na to, že degenerativní změny fasetových kloubů výrazně zvyšují příčinu nestability krční páteře. V posledních letech vyplývá také ze studií, že krční fasetová fúze je ideálním způsobem léčby degenerativních onemocnění krční páteře. Tato studie použila 64 řadové 3D spirální CT, rekonstrukci sagitálních, axiálních a koronálních snímků C páteře k změření parametrů ve fasetových kloubech. V této studii bylo přítomno 200 pacientů, kteří postoupili 3D spirální CT ve městě Xuzhou a jeho okolí. Jejich anamnéza nezahrnovala operace krku, stenózy, herniace, infekce i nádory. Pacienti byly rozděleni na muže a ženy do dvou skupin po 100, ve věku od 18-40 let, přičemž věkové složení bylo v obou skupinách stejné. U každého bylo změřeno 10 parametrů kloubního povrchu a 5 segmentů od C2 do C7. Ukazatele, které se měřily, zahrnovaly předozadní průměr CFJ, levý a pravý průměr páteře či rozteč mezer CFJ. Výsledkem byl průkaz začínajících degenerativních změn, ačkoli je známo, že tyto degenerativní změny se objevují po 60 roce života. Abychom takového výsledku dosáhli, bylo zapotřebí pacientů do 40 roku života, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Studie také ukázala, že průměry segmentů se u žen a mužů významně lišily, také mezery se mezi muži a ženami lišily a v neposlední řadě nutno dodat že i rozdíl v příčném průměru CFJ byl mezi ženami a muži významně odlišný. Rozdíl mezi ženami a muži je statisticky významný. Tento výsledek se lišil od výsledků, které uvádí Huang Yuanchi et al. Rozdíl může souviset s metodou měření a způsobem výběru roviny měření. Tato studie měřila údaje CFJ u normální populace, tedy bez nemocné populace (Wang, 2021, str. 1536-1541).

CT míchy

Vyšetření míchy na CT není pro její zobrazení dostačující. Proto, abychom mohli odlišit míchu od míšního moku nebo odlišit patologické struktury míchy, je zapotřebí mnohem lepšího kontrastu, což počítačová tomografie bohužel neumožňuje. I přes rozvoj počítačové tomografie je stále pro zobrazení míchy nedostačující. CT je sice rychlejší vyšetření s dobrým prostorovým rozlišením, avšak tkáňový kontrast zůstává pořád stejný. Počítačová tomografie se ale stále někdy využívá v kombinaci s perimyelogií. CT perimyelografie je dobrou volbou pro morfologické posouzení míchy nebo jejího útlaku, míšních kořenů i patologických struktur v durálním vaku v případě, kdy je MR kontraindikováno (Weichet, 2017, str. 380). CT myelografie se provádí po aplikaci neionické KL. Dospělým pacientům podáváme 3-5 ml KL a u dětí 2 ml (Nekula, 2005, str. 37).

7. Magnetická rezonance

Princip MR

Magnetická rezonance využívá k tvorbě obrazu elektromagnetické vlnění, které vyzařují struktury v těle pacienta. Pacient je vystaven velmi silnému magnetickému poli. Poté je do pacienta vyslán krátký radiofrekvenční impulz, po jehož skončení dojde v detekční cílce k indukci elektrického proudu. Změna magnetického pole je velmi slabá a je dána relaxací atomů vodíku. Tento signál vytváří atomy vodíků v těle pacienta, který se dále zpracovává v obraz (Vomáčka, 2012, str. 47).

Obecné informace

Magnetická rezonance páteře je výhodná pro posuzování závažnosti a sledování onemocnění páteře a poskytuje tak důležité informace o stavu páteře. MR poskytuje přímý pohled na míchu, nervové kořeny i ploténky, zatímco její morfologii lze vyšetřit pouze z rentgenografie. Oproti CT má MR lepší kontrast měkkých tkání a hodnocení struktury míchy. I přesto, že má MR vyšší kontrast, není zcela nahraditelná počítačovou tomografií. CT nám poskytne lepší pohled do kortikální kosti a lepší zobrazení kalcifikací (American College of Radiology, 2018, str. 1,2).

Indikace vyšetření

Mezi indikace můžeme zařadit pacienty s pozitivním výsledkem CT vyšetření a podezření na významné poranění páteře či pacienty s nálezem vazivového poranění. Indikací je také plánovaná léčba u nestabilní spondylolýzy, tj. když dochází k posunu tam a zpět. Mezi onemocnění míchy, které jsou předmětem indikací řadíme vrozené poruchy míchy a páteře, zánětlivé procesy, demyelizační onemocnění, infekční stavy, cévní poruchy, degenerativní onemocnění míchy, trauma a v neposlední řadě i nádorová onemocnění (American College of Radiology, 2018, str. 2,3).

Možné kontraindikace

Řadíme sem kardiostimulátory, feromagnetické intrakraniální aneurymatické klipy, neurostimulátory, kochleární implantáty a další feromagnetická tělesa nebo elektromagnetická zařízení. Všechny kontraindikace by měly být součástí dotazníků. Důležité je ale zmínit, že už existují zařízení s kardiostimulátorem a implantovaným defibrilátorem, která jsou pro vyšetření magnetickou rezonancí bezpečná. MR se neprovádí v prvním trimestru těhotenství (American College of Radiology, 2017, str. 5).

Kontrastní látky u magnetické rezonance

Pro magnetickou rezonanci se jako kontrastní látky využívají cheláty gadolinia. Gadolinium má schopnost zkrácení relaxace tím, že mění magnetické poměry. Mezi takové preparáty, které se používají, patří například Gadovist či Dotarem. Vedlejší účinky jsou jen velmi vzácné, avšak platí stejné předpisy jako u ostatních kontrastních látek (Vomáčka, 2012, str. 70). Nově bylo také zjištěno, že některé gadoliniové látky se ukládají trvale v mozku, avšak zatím nebylo prokázáno, že je toto ukládání škodlivé (Gulani, 2017, str. 564-570).

Sekvence

Mezi základní sekvence používané k zobrazení páteře patří axiální T2 turbo spin-echo (SE), sagitální T2 turbo (SE), sagitální T2 STIR (short-tau inversion recovery) a sagitální T1 (SE) bez potlačení tuku. U krční páteře nahrazuje axiální řezy obvykle T2 gradient-echo (GRE). Axiální řezy by měly být upraveny dle sklonu disků a vždy by měly zobrazit meziobratlový prostor alespoň od pediklu po pedikl (Mechl, 2014, str. 44-55). T1 sekvence se používá jako konvenční T1 (SE) nebo rychlé spinové echo (fast spin-echo – FSE nebo taky turbo spin-echo – TSE), i když někteří dávají přednost inverznímu T1, tedy inversion recovery (IR). V této sekvenci mohou být patrné artefakty toku v likvoru i cévách. U 3D T1 snímků se snižuje pulzační artefakt. U T2 sekvence je běžnou rutinní záležitostí provedení 2D T2 FSE sekvence a 3D T2 sekvence. U 3D T2 sekvence je výhodou pořízení pouze jedné akvizice. Nevýhodou 2D T2 FSE je výraznější artefakt toku, tj. ztráta signálu, která vytváří dojem většího zúžení. Často se jako T2 vážené sekvence provádí isotropní zobrazení (SPACE, CUBE, VISTA dle výrobce), které umožňují reformátování v libovolné rovině. Kontrastní rozlišení je v případě 2D T2 FSE sekvence horší zejména u jemných míšních lézí, zatímco u T2 GRE sekvence je kontrastní rozlišení a detekce onemocnění míchy lepší. Mají výhodu v tom, že zobrazí i jemné míšní léze, ačkoli podle některých studií může být nevýhodou snížená specifita (Rassner, 2019, str. 235-238).

Speciální sekvence

Patří sem převážně GRE sekvence, využívající snímky ve fázi in-phase (IP) a out-of-phase (OOP). Důležité je zde zmínit, že se musí pořizovat snímky OOP s kratším TE časem než snímky IP. Kdyby byl na snímcích nižší signál, je způsoben chemickým posunem a nikoli T2 relaxací. Další sekvencí jsou echoplanární sekvence (EPI), která vytváří obraz z jedné excitace a bývají provedeny s potlačením signálu tuku, aby došlo ke zmenšení artefaktu chemického posunu (Rassner, 2019, str. 241-242).

Příprava na vyšetření

Před vyšetřením je potřeba provést pohovor s pacientem, aby lékař vyhodnotil možné kontraindikace a vybral pacienty, kteří by mohli být ohroženi vyšetřením. Některá vyšetření potřebují podání kontrastní látky, která by měla být aplikována podle injekčních protokolů. Pacientům, kteří trpí úzkostí a klaustrofobií, mohou být podány sedativa nebo provedena psychologická asistence (American College of Radiology, 2018, str. 6,7).

MR krční páteře

U krční páteře sagitální snímky zahrnují oblast od báze lebny přes C7 až po meziobratlovou ploténku C7/Th1. U axiálních snímků je to stejné. Sagitální snímky zahrnují celou krční páteř s neurálními otvory na obou stranách. Koronální zobrazení, je-li prováděno, by mělo obsahovat i proximální brachiální plexus. Sekvence používané u krční páteře jsou sagitální T1 nebo PD vážené zobrazení sagitální T2 vážená sekvence s potlačením signálu tuku a axiální T2 vážená sekvence (American College of Radiology, 2018, str. 10).

MR hrudní a bederní páteře

Hrudní páteř zahrnuje sagitální i axiální snímky. Celá hrudní páteř se zobrazuje v sagitálních řezech od C7 po L1 a dle potřeby jsou dodělané axiální snímky. U pacientů, jejichž oblastí zájmu je patologie disku, jsou axiální snímky rovnoběžné s disky. Pacienti se zakřivenou páteří vyžadují rovnou několik axiálních sekvencí nebo přeformátovaných snímků. Pro zobrazení míchy u axiálních snímků je rovina kolmá k míše. Sagitální zobrazení zahrnuje celou hrudní páteř včetně nervových otvorů na obou stranách stejně jako u krční páteře. Koronální zobrazení zahrnuje nervy v oblasti zájmu i proximální žebra. Sekvence pro vyšetření hrudní páteře jsou stejné jako u krční páteře.

Bederní páteř v sagitálním zobrazení je zahrnuta celá i s neurálními otvory a paraspinálními měkkými tkáněmi od Th12-S1. Axiální snímky zahrnují oblast L1-S1 a jsou co nejvíce kolmé na páteřní kanál a rovnoběžné s disky. Koronální zobrazení zahrnuje vystupující nervy v nižší bederní úrovni. Sekvence pro vyšetření bederní páteře zahrnují sagitální T1 nebo PD vážené zobrazení, sagitální T2 vážené sekvence s potlačením signálu tuku a axiální T2 sekvenci (American College of Radiology, 2018, str. 10).

MR krční páteře u dětí

MR je nejcitlivější zobrazovací metodou pro identifikaci poranění krční páteře u dětí, a to díky dobrému hodnocení měkkých tkání, vazů i krční míchy. Avšak nutno dodat, že klinický význam některých nálezů, jako je kontuze měkkých tkání či edém vazů, je nejasný. Navíc jiná kostní poranění s malým edémem jsou lépe hodnocena na CT. Indikací k MR krční páteře bývá oběžné dítě nebo dítě s podezřelým mechanismem poranění, nejednoznačné rentgenové či CT snímky nebo neurologický nález. MR krční páteře u dětí při úrazu by měla zahrnovat T1 váženou sekvenci, sagitální STIR sekvenci či T2 sekvenci s potlačením tuku a axiální T2 gradientní echo sekvenci. Používá se tloušťka řezu 3 mm a rozestup 3,3 mm. (Wang, 2021, str. 134).

MR kosti křížové

Magnetická rezonance se provádí nejčastěji u zlomenin os sacrum. Vzhledem k ceně a dostupnosti se k hodnocení zlomenin kosti křížové MR moc nepoužívá a nahrazuje ji počítačová tomografie. MR je vhodná k diagnostice nedislokovaných zlomenin os sacrum u starších pacientů se špatnou hustotou kostí. K posouzení neurologického poškození kosti křížové s neurologickými příznaky a posouzení poranění vazů při určování stability sakrálních zlomenin (Beckmann, 2017, str. 610) U zlomenin s menší dislokací může být citlivost výpočetní tomografie snížena, proto MR může s vysokou citlivostí odhalit časné změny v kosti u insuficientních zlomenin. Insuficientní zlomeniny os sacrum vykazují zvýšenou intenzitu signálu v T2. Na T1 se projevuje jako zóna s nízkou intenzitou signálu. Sagitální a šikmé koronální rekonstrukce rovnoběžné s plochou os sacrum usnadňují rozpoznání traumatických zlomenin os sacrum s typickým tvarem U nebo H (Spiegl, 2019, str. 147-148).

MR kostrče

Provádí se nejběžněji při kokcydynii neboli bolestech kostrče. Na první místo ve vyšetřování se řadí zobrazení pomocí prostého snímku. Pokud neodhalí příčinu bolesti, je zde na místě provedení magnetické rezonance. Při MR se zobrazí změny intenzity signálu v okolí kostrče, které mohou souviset s konkrétním místem podráždění. MR poskytuje lepší viditelnost v okolí segmentů kostrče, které nejsou tak viditelné na prostém rentgenovém snímku. Pro lepší zobrazení tedy volíme ohraničení kostrče s malým zorným polem. Sekvence citlivé na tuk, tekutinu a s potlačením signálu tuku by měly být provedeny ve všech třech rovinách. Šikmé koronální a axiální sekvence se orientují kolmo na kostrč (Skalski, 2020, str. 1099, 1100).

Dynamická MR páteře

Umožňuje zobrazení ve stoje, ve flexi nebo extenzi. Při bolestech je nejvhodnější zobrazování v poloze, při které dochází k bolesti. Tedy ve stoje, extenzi, flexi, úklonu nebo rotaci. Důležité je zmínit potřebu MR přístroje, který umožní výše zmíněné polohy. Tedy například přístroj od značky Fonar, který má polohovací a naklápěcí stůl a umožňuje polohu od -20° do 90° . Dynamická MR krční páteře se využívá při kompresi míchy, plánování operací i při pooperačním vyšetření. Při klasické magnetické rezonanci vleže na zádech nemusí být určitá patologie patrná. (Khalil, 2012, str. 602-604). Dynamická MR používá otevřené skenery, které umožňují skenování ve vzpřímené poloze vsedě nebo ve stoje. Zobrazení v zátěžové poloze s extenzí nebo flexí zvyšuje diagnostickou přesnost pro chirurgy. Snímky se pořizují v poloze vleže, ve vzpřímené poloze ve flexi, v natažené poloze, v rotaci, ve stoji a předklonu. Nejčastěji se snímkuje krční a bederní páteř. Jedná se o magnetická pole T 0,25, T 0,5 a T 0,6 (Michelini, 2018, str. 90,91). Dynamická MR dokáže vyhodnotit lumbosakrální úhel. Vyhodnocuje úhel lordózy, výšku disku, interspinózní vzdálenost mezi dvěma sousedními obratli a maximální předozadní průměr durálního vaku (Michelini, 2018, str. 91-93). Ačkoli je dynamická rezonance velmi dobrou technikou pro posuzování degenerativních onemocnění, má i své limity. Prvním problémem je nízká intenzita magnetického pole, díky čemuž vzniká nízký poměr signálu a šumu. Dalším omezením je delší doba skenování, která poté vyvolává problémy s bolestí. Následně zhoršuje vzpřímenou polohu a vznik pohybových artefaktů. Tyto limity lze částečně vyrovnat protokolem 3D skenování s přesnou postprocesingovou rekonstrukcí pomocí algoritmu MPR s tloušťkou 1 mm v koronální a sagitální rovině (Michelini, 2018, str. 96).

Dynamická MR krční páteře u dětí

Tato metoda zobrazování není doposud doporučovanou metodou díky obavám z bezpečnosti. Stanovení přesné stability a dynamické komprese nervů v krční oblasti u dětí je často velmi obtížné. K posouzení krční páteře a kraniocervikálního spojení je možno mnoha zobrazovacími metodami, avšak všechny z nich mají své nevýhody, které brání stanovení přesné diagnózy. U dětí, které nejsou dostatečně skeletálně vyzrálé, je velmi obtížné dělat rentgenové snímky ve flexi a extenzi. Dynamické CT zase neumožňuje citlivé zobrazení míchy a představuje pro děti velkou radiační zátěž. Statická magnetická rezonance nedokáže posoudit kompresi nervů při pohybu, zátěži či stabilitu. Oproti tomu dynamická magnetická rezonance zobrazí jak nervové elementy ve flexi a extenzi, tak posoudí celkovou stabilitu krční páteře u dětí i dospělých.

Jak už bylo uvedeno výše, díky obavám z bezpečnosti se v dnešní době tato metoda moc nevyužívá. Z několika studií však vyplývá, že naopak dynamickou MR lze u dětí provádět bezpečně. Mackenzie et al. provedli 38 dynamických MR u 31 dětí s dysplazií skeletu. Mukherjee et al. provedli u 29 dětí s achondroplazií toto vyšetření. Kolman et al. zobrazil 23 dětí s Morquioovým syndromem a v poslední řadě Solanki et al. zobrazil 7 dětí opět s Morquioovým syndromem, a to bez žádných komplikací. Také Tubbs et al. provedli MR s extenzí a flexí u 25 dětí s Chiariho malformací I. typu, a tím zaznamenali u mnoha dětí pohyb mozečkových tonzil. Přitom se komplikace při těchto vyšetření nevyskytovaly. Nakonec autoři všech studií uvedli, že vyšetření poskytlo užitečné informace při jejich klinickém rozhodování. Vzhledem k velkému nedostatku dodnes nepublikovaných údajů o bezpečnosti tohoto vyšetření a k tomu velké obavy lékařů nadále omezují provádění dynamické MR u dětí (Yecies, 2018, str. 1188, 1189).

MR míchy

Je nejzákladnější zobrazovací metodou. Díky tomu, že má magnetická rezonance daleko větší tkáňový kontrast než počítačová tomografie, lze pozorovat míchu v nejlepším rozlišení. Můžeme vizualizovat míchu a její šedou i bílou hmotu či odlišit patologické léze. Je zde ale důležité dbát na celkovou homogenitu magnetického pole. Nehomogenity v tomto případě mohou způsobovat různé artefakty. Pro klasické zobrazování míchy se doporučuje přístroj o síle pole 1,5 Tesla. Modernější MRI přístroj o síle 3 Tesla poskytuje sice daleko lepší prostorové rozlišení, ještě vyšší kontrast obrazů a zlepšení poměru šum/signál, avšak nevýhodou můžou být častěji zobrazované, výše zmíněné artefakty, které hrají důležitou roli v diagnostice. Sekvence se zde volí častěji T1 nebo T2 vážená SE nebo T2 GRE. T2 gradientní se hodí při zobrazení šedé a bílé hmoty míchy. T2 vážené 3D sekvence jsou vhodné při zobrazování míšních kořenů. Difuzně vážená sekvence se využívá při akutní míšním syndromu či ischemii míchy. Při jiných onemocněních míchy není dále vhodné (Weichet, 2017, str. 380-383).

Studie 2D dynamického sagitálního HASTE zobrazení

Účelem studie bylo posoudit užitečnost této sekvence. Ve studii bylo 14 účastníků, kterým byla kromě běžných sekvencí krční páteře provedena dynamická flexe a extenze pomocí sagitální 2D sekvence HASTE. Sekvence byla původně vyvinuta pro zobrazení srdce a břicha, ale v posledních letech byly používány i pro nejrozličnější klinické aplikace. HASTE vytváří ultrarychlé T2 vážené obrazy s vysokým rozlišením. Ukázala se také užitečnost nově u páteře ve srovnání se sekvencí TrueFISP a Gradient Recalled Echo, konkrétně k posouzení bederní a krční spondylolistézy a dynamického výpotku krční míchy. Pacienti byly snímáni pomocí cívký Channel 20 Head Neck pro dynamické vyšetření krční páteře. Sekvence zahrnovaly sagitální T1 váženou, sagitální T2 váženou, sagitální STIR, axiální FLASH a axiální T1 váženou sekvenci. Tyto sekvence byly použity u pacientů v poloze na zádech, v reálném čase, ve střední sagitální rovině. Pacienti během snímání nakláněli bradu směrem dolů a nahoru, opakovaně plynule a pomalu. Pohyb byl opakován tolikrát, kolikrát byl pacienty tolerován. Pokud pacient nebyl schopen tento pohyb udělat, byl vyřazen ze studie. Přítomnost nestability byla hodnocena dvěma nezávislými radiology, kteří nebyli seznámeni s klinickou anamnézou pacienta. Výsledky byly poté porovnány s rentgenovými snímky a dále byly porovnány také s výsledky obou radiologů. Studie zahrnovala 32 pacientů, z toho 9 mužů. Vyšetření bylo provedeno pro bolest v krku, radikulopatii, smíšenou bolest v krku, hodnocení revmatoidní artritidy pro erozi a podezření na lézi obratle. Tři pacienti byli pro neschopnost ohybu brady vyloučeni. Průměrný věk byl 47,7 let, průměrná doba akvizice jedné sekvence byla 51,8 sekund a průměrná doba mezi rentgenovými snímky a magnetickou rezonancí byla několik dní. Byly prokázány krční myelopatie, segmentální nestability, dynamická translace mezi flexí a extenzí, dynamická listéza, narušení ventrálního mozkomíšního prostoru nebo míchy. Shoda obou radiologů byla 90,6 %. Závěrem bylo shrnuto, že tuto 2D dynamickou HASTE sekvenci v reálném čase při flexi a extenzi lze přidat k rutinním protokolům pro posuzování listézy, dynamického kontaktu krční míchy a deformit (Burke, 2021, str. 1-3,5).

8. Nukleární medicína

Obecné informace

Scintigrafie skeletu je nepostradatelnou součástí vyšetřovacích metod u páteře a míchy, která slouží k detekci kostních onemocnění. Nejpoužívanější radiofarmakum je ^{99m}Tc -methylen difosfonát, tj. medronát, MDP. Scintigrafie má vysokou senzitivitu, ale nízkou specifitu a lze ji považovat pouze jako doplněk prostého snímku. Nejčastěji slouží k detekci zánětů, maligních tumorů, metastáz a nádorových onemocnění skeletu (Nekula, 2005, str. 49-51).

Scintigrafie skeletu

Tato zobrazovací metoda slouží k detekci abnormalit muskuloskeletálního systému. Při tomto zobrazení se používá radiofarmakum ^{99m}Tc , tedy difosfonát, nebo fluor-18 pomocí gama kamery nebo PET systému. Ačkoli se jedná o velmi citlivé zobrazení pro detekci anatomických abnormalit pohybového systému, pro stanovení diagnózy je důležitá souhra více zobrazovacích technik. Tedy spolupráce s výpočetní tomografií, magnetickou rezonancí i prostého rentgenového snímku (American College of Radiology, 2021, str. 2).

Indikace k vyšetření

Mezi indikace k provádění scintigrafie kostí patří metastatické osteoblastické kostní nádory, primární benigní i maligní kostní novotvary, zlomeniny zátěžové, náhodné i neúmyslné, bolest s podezřením na původ v muskuloskeletálním systému, zánět i infekce pohybového aparátu a metabolická onemocnění kostí. Další indikací bývá Pagetova choroba, histiocytóza z Langerhansových buněk, artritida a v neposlední řadě i vrozené a vývojové vady (American College of Radiology, 2021, str. 2).

Specifikace výkonu a podání radiofarmak

Vyšetření je provedeno na základě žádanky. Žádost by měla obsahovat příznaky a symptomy i známé diagnózy u konkrétního pacienta. Měl by být uveden důvod vyšetření i předběžné stanovení diagnózy. Radiofarmaka jako difosfonát i fluorid sodný se podávají intravenózně. Aktivita se pohybuje u dospělých mezi 555-1110 MBq. Běžně se podává dle tělesné váhy a principu ALARA (princip použití co nejnížší možné dávky k dosažení diagnostického zobrazení). Difosfonáty jsou náchylné k oxidaci, a tak může dojít při špatně provedené přípravě k jeho rozpadu a vzniku artefaktů na snímku. Aktivita fluoridu sodného se u dospělých pohybuje od 185-370 MBq (American College of Radiology, 2021, str. 3).

Příprava na vyšetření

Pacient by měl být před vyšetřením dostatečně hydratovaný. Doporučuje se pro zlepšení kvality vyšetření podávat tekutiny v době mezi injekcí radiofarmaka a zobrazením. Také by se měl dostatečně vyprázdnit, aby se snížila dávka záření na močový měchýř, který se řadí mezi kritické orgány. Pokud se během vyšetření močový měchýř znovu naplní a dojde tak k zakrytí pánve, musí se pacient znovu vymočit a vyšetření provést znovu. Kdyby se problém znovu opakoval, lze provést šikmé snímky, opožděné zobrazení nebo provedení SPECT či katetrizace močového měchýře (American college od radiology, 2021, str. 3).

Role radiologického asistenta u scintigrafie skeletu

Radiologický asistent ověří osobní a zdravotní údaje na žádosti o vyšetření. Zeptá se pacienta na jeho jméno a ověří si jeho identitu. Následuje poučení o průběhu vyšetření a získání souhlasu s vyšetřením. Dalším úkolem je ověření aktivity radiofarmaka a způsobu aplikace. Pacienta uloží na stůl, kde si lehne na záda. Radiologický asistent provede akvizici scintigramů, kam patří: nastavení okénka analyzátoru na fotopeak 140 keV a šíří okénka. Provede se záznam z vyšetření a zpracování obrazu (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, str. 284,285).

Zobrazování gama kamerou

Třífázová scintigrafie zahrnuje snímky počátečního krevního toku do minuty po podání injekce, snímky krevního poolu do 10 minut po injekci a opožděné snímky prováděné do 24 hodin určité části skeletu. Při opožděné scintigrafii skeletu se zahajuje snímkování do 2-4 hodin po podání radiofarmaka. Standardem třífázové scintigrafie jsou přední a zadní snímky celého axiálního těla. Snímky celého těla mohou být pak doplněny šikmými i bočními snímky požadované části. SPECT vyšetření poskytuje lepší kontrast, citlivost a přesnější lokalizaci radiofarmaka. SPECT/CT nám poskytne nejlepší anatomickou lokalizaci nálezů a může zlepšit senzitivitu vyšetření, což platí u fúze obrazu SPECT s CT nebo MR.

Zobrazování PET/CT a PET/MR umožňuje pořídit snímky axiálního skeletu s F-18 už od 30-45 minut po podání radiofarmaka. Snímky končetin jsou pak buď součástí celotělového vyšetření nebo jsou vyšetřeny zvlášť a měly by být vyšetřeny 90-120 minut po podání radiofarmaka. CT nebo MR zobrazení jako součást PET kamer je užitečné ke zlepšení specificity vyšetření i k poskytnutí anatomické lokalizaci nálezů (American College of Radiology, 2021, str. 4).

Nukleární medicína a kost křížová

Četnost zobrazování os sacrum pomocí nukleární medicíny se rozvojem CT a MR výrazně snížila. Nukleární vyšetření se tedy dnes provádí při kontraindikaci MR či CT. Léta byla standardním zobrazením konvenční scintigrafie skeletu pomocí polyfosfonátů. Díky nízké specifitě se přešlo k SPECT/CT, PET/CT nebo PET/MRI. Zlomeniny os sacrum lze diagnostikovat díky zvýšené aktivitě osteoblastů se zvýšenou kostní přestavbou v oblasti zlomeniny pomocí difosfonátů nebo fluoridu sodného. Pro SPECT/CT se používají polyfosfonáty značené metastabilním techneciem-99 (MDP, DPD, HDP), které se ukládají v osteoblastech. Pro zobrazení zlomenin je důležitá pozdní scintigrafie 3-4 hodiny po podání radiofarmaka (Spiegel, 2019, str. 148).

Kostní SPECT/CT a pooperační fúze páteře

Operace fúze páteře byla zpočátku vyhrazena pouze pro pacienty se segmentální nestabilitou, ale v posledních desetiletí se tento postup velmi rozšířil i u degenerativních onemocnění páteře. Rizika spojená s operací fúze páteře dělíme na akutní a pozdní, komplikace související s osteosyntetickým materiálem a operačním postupem. Do akutních komplikací řadíme infekce, nesprávné umístění osteosyntetického materiálu, hematomy, seromy a únik mozkomíšního moku. K pozdním komplikacím patří pseudoartróza. Zobrazení pooperační fúze se provádí nejčastěji ke kontrole stavu po operaci. Mezi takové hodnocení stavu po operaci patří prostá radiografie, CT, MRI i kostní sken ^{99m}Tc -MDP. PET/CT s fluorinem-18 fluoridem sodným má v krční oblasti lepší prostorové rozlišení než kostní SPECT/CT, a tak se stává stále vyhledávanějším způsobem pro hodnocení a léčbu krční páteře. Také kostní skenování pomocí HMDP v kombinaci se zobrazením pomocí galia-67 je skvělým nástrojem pro zobrazení infekce páteře. SPECT/CT kostí může dále zhodnotit potenciální místo vzniku bolesti, jako je onemocnění ve vzdálenějších segmentech obratlů, které nesousedí s fúzí (Al-Riyami, 2017, str. 2094,2095, 2097,2098,2100,2103).

Kostní scintigrafie u spondylartritidy

Mezi významné bolestivé stavy, které se objevuje na páteři, patří projevy spondylartritidy. Mimo jiné spondylartritida zahrnuje také ankylozující spondylitidu a psoriatickou artritidu. Při srovnání kostních scintigrafií u pacientů s ankylozující spondylartritidou s rentgenovými snímky byla užitečnější pro stanovení diagnózy právě kostí scintigrafie. Tudíž lze říct, že kostní scintigrafie je výhodnou diagnostickou metodou ankylozující spondylitidy a jejich komplikací. Radionuklidové snímkování kostí se ukázalo jako vhodná metoda pro detekci a hodnocení onemocnění páteře (Gheita, 2015, str. 553,554).

8.1 Význam a limitace dohledaných výsledků

Bakalářská práce se zabývá možnostmi zobrazování páteře a míchy a zaměřuje se poté na jednotlivé techniky zobrazování. Přínosem může být pro studenty oboru radiologického asistenta, kteří se mohou přiučit novým technikám, které budou potřebovat do jejich budoucí práce. Dále může být přínosem pro radiology pracující na radiodiagnostickém oddělení, kteří každý den snímají páteř a míchu a může jím sloužit jako příručka, pro správné nastavení pacienta a správné provedení vyšetření včetně toho, co je potřeba udělat před samotným vyšetřením. Týká se to hlavně rentgenových vyšetření, CT a nukleární medicíny. Může sloužit i jako inspirace lékařskému personálu, který volí možnosti léčby, ale musí i správně zvolit zobrazovací techniku, která určí správnou diagnózu.

Studie, které jsem v práci zmínila, jsou dvě. První studie zaměřená na 3D spirální CT fasetových kloubů dolní krční páteře je limitující především proto, že je přínosná především pro lékařský personál. Limitací je také to, že studie byla provedena pouze ve městě působení studie a jeho okolí. Druhá studie, která se zabývá 2D dynamickým sagitálním HASTE zobrazením, je limitována nízkým počtem respondentů. Provedena je pouze v místě působení nemocnice. Limitující je také průměrný věk pacientů okolo 50 let, u kterých se degenerativní změny, o kterých studie pojednává, začínají objevovat. Zjištění tak nemusí odpovídat výsledkům z jiných nemocničních zařízení. Větší počet respondentů by mohl podat validnější informace spolu s rozšířením studie u dalších poskytovatelů nemocniční péče.

V práci nebyla použita žádná česká výzkumná studie. Nutno tedy dodat, že v přehledové práci je využito pouze zahraničních studií, což snižuje implementaci v České republice.

Závěr

Zobrazování, ať už se jedná o jakoukoli část lidského těla či orgánu, je pro diagnostický účel zásadní. Správně určit zobrazovací metodu pro konkrétního pacienta je důležité jak pro lékaře, tak i pacienta. Lékař zvolí zobrazovací metodu tak, aby byl schopen určit správnou diagnózu. Pro pacienta je důležité vyšetření neopakovat v případě použití rentgenového záření, a dále aby se neobjevily žádné komplikace spojené s vyšetřením, které by byly pro pacienta zátěží. Zobrazování páteře a míchy je důležité zejména u traumat, jako jsou zlomeniny a pády, dále u novorozenců a v prenatálním období, ke stanovení vrozených vývojových vad, a nakonec i onemocnění míchy.

Cílem bakalářské práce bylo předložit přehled zobrazovacích technik páteře a míchy a sumarizovat aktuální poznatky v jednotlivých zobrazovacích odvětvích. Bakalářská práce je členěna do kapitol. Jednotlivé kapitoly se dále věnují každé zobrazovací metodě zvlášť. Popisují nejenom samotný princip, ale obsahují i obecné informace, indikace a kontraindikace. Hlavní cíl byl splněn.

Hlavní cíl byl dále specifikován do dalšího dílčího cíle. Dílčím cílem bylo popsat jednotlivé techniky při zobrazování páteře a míchy. Každá kapitola tedy dále obsahuje kromě výše zmíněných obecných informací, indikací a kontraindikací také popis techniky, tj. jak správně provádět vyšetření. U rentgenové diagnostiky je to skiografie celé páteře s dynamickými snímky a rentgenovým vyšetřením míchy. Kapitola ultrasonografie popisuje techniky zobrazení páteře u dětí, zákroky, které se díky ultrasonografií provádí, a vyšetření míchy. Výpočetní tomografie popisuje techniky na celé páteři a zabývá se i multidetektorovou CT technikou. Magnetická rezonance kromě klasických technik páteře popisuje dynamické zobrazení, které je velmi slibné. Kapitola o nukleární medicíně popisuje techniky scintigrafického vyšetření páteře a SPECT/CT kostí. Dílčí cíl byl splněn.

Dohledané poznatky, které jsou zmíněné v přehledové bakalářské práci mohou pomoci studentům jako studijní materiál. Dohledané poznatky mohou posloužit lékařskému personálu jako inspirace či návod k určení vhodné zobrazovací techniky. Nakonec může být práce přínosná pro radiology jako příručka k jejich práci. A to především díky tomu, že práce obsahuje kapitoly rentgenové diagnostiky, uvádí technické parametry u jednotlivých projekcí, u výpočetní tomografie jsou zahrnuty základní CT protokoly páteře, magnetická rezonance zmiňuje potřebné sekvence a vyšetření páteře i míchy a kapitola o nukleární medicíně popisuje roli radiologa při vyšetření kostní scintigrafie.

Referenční seznam

1. AHMAD, Z, R MOBASHERI, T DAS, S VAIDYA, S MALLIK, M EL-HUSSAINY a A CASEY, 2014. How to interpret computed tomography of the lumbar spine. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England* [online]. **96**(7), 502-507 [cit. 2021-11-02]. ISSN 0035-8843. Dostupné z: doi:10.1308/rcsann.2014.96.7.502
2. AHLHELM, F.J., J.M. LIEB, S. ULMER, T. SPRENGER, C. STIPPICH a J. KELM, 2011. Entzündliche Erkrankungen der Wirbelsäule und des Myelons. *Der Radiologe* [online]. **51**(9), 763-771 [cit. 2022-04-04]. ISSN 0033-832X. Dostupné z: doi:10.1007/s00117-011-2144-8
3. AL-RIYAMI, Khulood, Gopinath GNANASEGARAN, Tim VAN DEN WYNGAERT a Jamshed BOMANJI, 2017. Bone SPECT/CT in the postoperative spine: a focus on spinal fusion. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* [online]. **44**(12), 2094-2104 [cit. 2022-01-25]. ISSN 1619-7070. Dostupné z: doi:10.1007/s00259-017-3765-6
4. American college of radiology, 2016. ACR–ASNR–ASSR–SPR PRACTICE PARAMETER FOR THE PERFORMANCE OF COMPUTED TOMOGRAPHY (CT) OF THE SPINE. *American College of Radiology* [online]. Reston, Virginia: American College of Radiology [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Practice-Parameters-and-Technical-Standards>
5. American College of radiology, 2017. ACR PRACTICE PARAMETER FOR PERFORMING AND INTERPRETING MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI). *American College of Radiology* [online]. Reston, Virginia: American College of Radiology [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Practice-Parameters-and-Technical-Standards>
6. American College of Radiology, 2017. ACR–ASSR–SPR–SSR PRACTICE PARAMETER FOR THE PERFORMANCE OF SPINE RADIOGRAPHY. *American College of Radiology* [online]. Reston, Virginia: American College of Radiology [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Practice-Parameters-and-Technical-Standards>
7. American College of Radiology, 2018. ACR–ASNR–SCBT–MR–SSR PRACTICE PARAMETER FOR THE PERFORMANCE OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI) OF THE ADULT SPINE. *American College of Radiology* [online].

- Reston, Virginia: American College of Radiology [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Practice-Parameters-and-Technical-Standards>
8. American College of Radiology, 2019. ACR–ASNR–SPR PRACTICE PARAMETER FOR THE PERFORMANCE OF MYELOGRAPHY AND CISTERNOGRAPHY. *American College of Radiology* [online]. Reston, Virginia: American College of Radiology [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Practice-Parameters-and-Technical-Standards>
 9. American College of Radiology, 2021. ACR–ACNM–SNMMI–SPR PRACTICE PARAMETER FOR THE PERFORMANCE OF SKELETAL SCINTIGRAPHY (BONE SCAN). *American College of Radiology* [online]. Reston, Virginia: American College of Radiology [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Practice-Parameters-and-Technical-Standards>
 10. BECKMANN, Nicholas M. a Naga R. CHINAPUVVULA, 2017. Sacral fractures: classification and management. *Emergency Radiology* [online]. **24**(6), 605-617 [cit. 2022-01-06]. ISSN 1070-3004. Dostupné z: [doi:10.1007/s10140-017-1533-3](https://doi.org/10.1007/s10140-017-1533-3)
 11. BERGER, Rachel G. a Shevaun M. DOYLE, 2019. Spondylolysis 2019 update. *Current Opinion in Pediatrics* [online]. **31**(1), 61-68 [cit. 2021-10-11]. ISSN 1040-8703. Dostupné z: [doi:10.1097/MOP.0000000000000706](https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000706)
 12. BOGDUK, Nikolai, 2016. Functional anatomy of the spine. *Neuroimaging Part II* [online]. Elsevier, 2016, (136), 675-688 [cit. 2021-11-05]. Handbook of Clinical Neurology. ISBN 9780444534866. Dostupné z: [doi:10.1016/B978-0-444-53486-6.00032-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53486-6.00032-6)
 13. BURKE, Christopher J, MohaBurkemmad SAMIM, Hamza ALIZAI, Julien SANCHEZ, Dallas KINGSBURY, James S BABB a William R WALTER, 2021. Clinical feasibility of 2D dynamic sagittal HASTE flexion-extension imaging of the cervical spine for the assessment of spondylolisthesis and cervical cord impingement. *European Journal of Radiology* [online]. **134**, 1-7 [cit. 2022-01-24]. ISSN 0720048X. Dostupné z: [doi:10.1016/j.ejrad.2020.109447](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109447)
 14. COPP, Andrew J., N. Scott ADZICK, Lyn S. CHITTY, Jack M. FLETCHER, Grayson N. HOLMBECK a Gary M. SHAW, 2015. Spina bifida. *Nature Reviews Disease Primers* [online]. **1**(1), 1-45 [cit. 2021-10-08]. ISSN 2056-676X. Dostupné z: [doi:10.1038/nrdp.2015.7](https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.7)
 15. GARCÍA-RAMOS, C. L., J. VALENZUELA-GONZÁLEZ, V. B. BAEZA-ÁLVAREZ, L. M. ROSALES-OLIVAREZ, A. ALPIZAR-AGUIRRE a A. REYES-

- SÁNCHEZ, 2020. Degenerative spondylolisthesis I: general principles. *Acta ortopedica mexicana* [online]. **34**(5), 324-328 [cit. 2021-10-11]. ISSN 23064102. Dostupné z: databáze EBSCO
16. GHEITA, Tamer A., Ghada S. AZKALANY, Sanaa A. KENAWY a Ahmed A. KANDEEL, 2015. Bone scintigraphy in axial seronegative spondyloarthritis patients: role in detection of subclinical peripheral arthritis and disease activity. *International Journal of Rheumatic Diseases* [online]. **18**(5), 553-559 [cit. 2022-01-25]. ISSN 17561841. Dostupné z: doi:10.1111/1756-185X.12527
 17. GULANI, Vikas, Fernando CALAMANTE, Frank G SHELLOCK, Emanuel KANAL a Scott B REEDER, 2017. Gadolinium deposition in the brain: summary of evidence and recommendations. *The Lancet Neurology* [online]. **16**(7), 564-570 [cit. 2022-03-04]. ISSN 14744422. Dostupné z: doi:10.1016/S1474-4422(17)30158-8
 18. HODE, L., J.D.G. AVAKOUDJO, T. ALIHONOU, B.R. ASSAN, M.A. FIOGBE, S.B. NOUKPOZOUNKOU a S.A. GBENOU, 2019. Tethered cord syndrome in children: About a case. *Pan African Medical Journal* [online]. **34**(151), 1-7 [cit. 2021-09-21]. ISSN 19378688. Dostupné z: doi:10.11604/pamj.2019.34.151.18344
 19. HURDLE, Mark-Friedrich B., 2016. Ultrasound-Guided Spinal Procedures for Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* [online]. **27**(3), 673-686 [cit. 2022-01-06]. ISSN 10479651. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmr.2016.04.011
 20. CHO, Tracey A., 2015. Spinal Cord Functional Anatomy. *CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology* [online]. **21**(1), 13-35 [cit. 2021-11-05]. ISSN 1080-2371. Dostupné z: doi:10.1212/01.CON.0000461082.25876.4a
 21. IZZO, Roberto, Teresa POPOLIZIO, Rosario Francesco BALZANO, Anna Maria PENNELLI, Anna SIMEONE a Mario MUTO, 2019. Imaging of cervical spine traumas. *European Journal of Radiology* [online]. **117**, 75-88 [cit. 2021-11-01]. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2019.05.007
 22. JO, Alexandria S., Zachary WILSECK, Matthew S. MANGANARO a Mohannad IBRAHIM, 2018. Essentials of Spine Trauma Imaging: Radiographs, CT, and MRI. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI* [online]. **39**(6), 532-550 [cit. 2021-10-27]. ISSN 08872171. Dostupné z: doi:10.1053/j.sult.2018.10.002
 23. KORBELÁŘ, Petr, 2016. Jak postupovat při léčení idiopatické skoliózy. *Časopis lékařů českých*. **155**(8), 398-405. ISSN 0008-7335.
 24. KOTECHEA, Rupesh, Minesh P MEHTA, Eric L CHANG, et al., 2019. Updates in the management of intradural spinal cord tumors: a radiation oncology focus. *Neuro-*

- Oncology* [online]. **21**(6), 707-718 [cit. 2021-10-07]. ISSN 1522-8517. Dostupné z: doi:10.1093/neuonc/noz014
25. KHALIL, Jad G., Ahmad NASSR a Timothy P. MAUS, 2012. Physiologic Imaging of the Spine. *Radiologic Clinics of North America* [online]. **50**(4), 599-611 [cit. 2021-11-01]. ISSN 00338389. Dostupné z: doi:10.1016/j.rcl.2012.04.004
 26. KARNIK, Alka Sudhir, Alpana KARNIK a Alpana JOSHI, 2016. Ultrasound Examination of Pediatric Musculoskeletal Diseases and Neonatal Spine. *The Indian Journal of Pediatrics* [online]. **83**(6), 565-577 [cit. 2021-12-16]. ISSN 0019-5456. Dostupné z: doi:10.1007/s12098-015-1957-2
 27. LASSMANN, H., 2018. Multiple Sclerosis Pathology. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine* [online]. **8**(3), 1-16 [cit. 2021-09-06]. ISSN 21571422. Dostupné z: doi:10.1101/cshperspect.a028936
 28. LERSTEN, Michael, Bradley DUHON a Scott R. LAKER, 2017. Diastematomyelia as an Incidental Finding Lumbar on Magnetic Resonance Imaging. *PM&R* [online]. **9**(1), 95-97 [cit. 2021-09-21]. ISSN 19341482. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2016.09.005
 29. LIRETTE, Lesley Smallwood, Gassan CHAIBAN, Reda TOLBA a Hazem EISSA, 2014. Coccydynia: an overview of the anatomy, etiology, and treatment of coccyx pain. *Ochsner Journal* [online]. **14**(1), 84-87 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3963058/
 30. MICU ET AL., Romeo, 2018. Ultrasound and magnetic resonance imaging in the prenatal diagnosis of open spina bifida. *Romanian Society of Ultrasonography in Medicine and Biology*. Timisoara, **20**(2), 221-227. ISSN 1844-4172. Dostupné z: doi:10.11152/mu-1325
 31. MICHELINI, Giulia, Antonella CORRIDORE, Silvia TORLONE, et al., 2018. Dynamic MRI in the evaluation of the spine: state of the art. *Acta bio-medica: Atenei Parmensis* [online]. **89**(1-S), 89-101 [cit. 2022-01-24]. ISSN 03924203. Dostupné z: doi:10.23750/abm.v89i1-S.7012
 32. RASSNER, Ulrich, 2019. Pearls and Pitfalls of Spine Imaging. *Radiologic Clinics of North America* [online]. **57**(2), 233-255 [cit. 2021-11-01]. ISSN 00338389. Dostupné z: doi:10.1016/j.rcl.2018.09.003
 33. REGHUNATH, Anjuna, Rohini Gupta GHASI a Ankita AGGARWAL, 2021. Unveiling the tale of the tail: an illustration of spinal dysraphisms. *Neurosurgical Review* [online]. **44**(1), 97-114 [cit. 2021-10-13]. ISSN 0344-5607. Dostupné z: doi:10.1007/s10143-019-01215-z

34. SHANECHI, Amirali Modir, Matthew KICZEK, Majid KHAN a Gaurav JINDAL, 2019. Spine Anatomy Imaging. *Neuroimaging Clinics of North America* [online]. **29**(4), 461-480 [cit. 2021-11-05]. ISSN 10525149. Dostupné z: [doi:10.1016/j.nic.2019.08.001](https://doi.org/10.1016/j.nic.2019.08.001)spiegel
35. SKALSKI, Matthew R., George R. MATCUK, Dakshesh B. PATEL, Anderanik TOMASIAN, Eric A. WHITE a Jordan S. GROSS, 2020. Imaging Coccygeal Trauma and Coccydynia. *RadioGraphics* [online]. **40**(4), 1090-1106 [cit. 2022-01-18]. ISSN 0271-5333. Dostupné z: [doi:10.1148/rg.2020190132](https://doi.org/10.1148/rg.2020190132)
36. SCHNAKE, Georg OSTERHOFF, Max SCHEYERER, Bernhard ULLRICH, Philipp BULA a Holger SIEKMANN, 2019. Imaging of Sacral Stress and Insufficiency Fractures. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* [online]. **157**(02), 144-153 [cit. 2022-01-06]. ISSN 1864-6697. Dostupné z: [doi:10.1055/a-0640-8933](https://doi.org/10.1055/a-0640-8933)
37. SYRBE, U. a X. BARALIAKOS, 2018. Spondylarthritiden. *Zeitschrift für Rheumatologie* [online]. **77**(9), 783-788 [cit. 2021-10-23]. ISSN 0340-1855. Dostupné z: [doi:10.1007/s00393-018-0475-9](https://doi.org/10.1007/s00393-018-0475-9)
38. SPIEGL, Ulrich, Klaus SCHNAKE, Georg OSTERHOFF, Max SCHEYERER, Bernhard ULLRICH, Philipp BULA a Holger SIEKMANN, 2019. Imaging of Sacral Stress and Insufficiency Fractures. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* [online]. **157**(02), 144-153 [cit. 2022-04-08]. ISSN 1864-6697. Dostupné z: [doi:10.1055/a-0640-8933](https://doi.org/10.1055/a-0640-8933)
39. VALENTE, Iacopo, Alessandro PEDICELLI, Martina PIACENTINI, Marco DI SERAFINO, Gianfranco VALLONE, Stefania SPECA a Cesare COLOSIMO, 2019. Spinal cord ultrasonography of the newborn. *Journal of Ultrasound* [online]. **22**(2), 113-119 [cit. 2022-02-15]. ISSN 1876-7931. Dostupné z: [doi:10.1007/s40477-018-0345-y](https://doi.org/10.1007/s40477-018-0345-y)
40. Věstník ministerstva zdravotnictví české republiky: Národní radiologické standardy- výpočetní tomografie, 2016. In: . Praha: SEVT, ročník 2016, částka 2, číslo 2. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11347/36103/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%202-2016.pdf>
41. Věstník ministerstva zdravotnictví české republiky: Národní radiologické standardy- skiografie, dospělí, 2019. In: . Praha: SEVT, ročník 2019, částka 3, číslo 3. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11347/36103/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%203-2019.pdf>

<content/uploads/wepub/17047/37091/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%203-2019.pdf>

42. WANG, Qiu An, Chong GUO, Ma Ji SUN a Feng YUAN, 2021. Three-dimensional spiral CT observation of the facet joints of the lower cervical spine and its clinical significance. *European Spine Journal* [online]. **30**(6), 1536-1541 [cit. 2022-02-01]. ISSN 0940-6719. Dostupné z: doi:10.1007/s00586-021-06743-1
43. WEICHET, Jiří a Hana MALÍKOVÁ, 2017. Zobrazování míchy. *Neurologie pro praxi* [online]. **18**(6), 380-384 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: doi:10.36290/neu.2018.038
44. WU, Pang Hung, Hyeun Sung KIM a Il-Tae JANG, 2020. Intervertebral Disc Diseases PART 2: A Review of the Current Diagnostic and Treatment Strategies for Intervertebral Disc Disease. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. **21**(6), 1-32 [cit. 2021-10-23]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms21062135
45. WUENNEMANN, Felix, Laurent KINTZELÉ, Marc-André WEBER, Hans-Ulrich KAUCZOR a Christoph REHNITZ, 2020. Radiologische Diagnostik pathologischer Frakturen. *Der Radiologe* [online]. **60**(6), 498-505 [cit. 2021-11-04]. ISSN 0033-832X. Dostupné z: doi:10.1007/s00117-020-00693-3
46. YECIES, Derek, Nathaniel FOGEL, Michael EDWARDS, Gerald GRANT, Kristen W. YEOM a Samuel CHESHER, 2018. Safety of Dynamic Magnetic Resonance Imaging of the Cervical Spine in Children Performed without Neurosurgical Supervision. *World Neurosurgery* [online]. **116**, e1188-e1193 [cit. 2022-01-25]. ISSN 18788750. Dostupné z: doi:10.1016/j.wneu.2018.05.210
47. MÁRQUEZ SÁNCHEZ, P., 2016. Espondilodiscitis. *Radiología* [online]. **58**, 50-59 [cit. 2022-04-04]. ISSN 00338338. Dostupné z: doi:10.1016/j.rx.2015.12.005
48. SCHWAB, Joseph H. a Akash A. SHAH, 2020. Spinal Epidural Abscess: Diagnosis, Management, and Outcomes. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* [online]. **28**(21), e929-e938 [cit. 2022-04-08]. ISSN 1067-151X. Dostupné z: doi:10.5435/JAAOS-D-19-00685
49. RYCHLÍKOVÁ, Eva, 2012. *Funkční rentgenová analýza páteře s klinickou aplikací: příručka pro praxi*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-532-9.
50. NEKULA, Josef, 2005. *Zobrazovací metody páteře a páteřního kanálu*. Hradec Králové: Nucleus HK. ISBN 80-86225-71-2.
51. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK, 2012. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-3126-0.

52. MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA, 2014. *Protokoly MR zobrazování*.
Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-109-4.

Seznam zkratk

C	cervikální, krční
CP	centrální paprsek
S	sakrální, křížová
tt.	týden těhotenství
L	lumbální, bederní
KL	kontrastní látka
AP	anterior–posterior (předozadní projekce)
CT	computed tomography
SPECT	single photon emission computed tomography
MR	magnetická rezonance
STIR	short–tau inversion recovery
TIRM	Turbo inversion recovery magnitude
m	metr
ALARA	as low as resonably achievable
NEXUS	National Emergency X–Radiography Utilization Study
TH	torakální, hrudní
PA	posterior–anterior (zadopřední projekce)
kHz	kilohertz
MHz	megahertz
USG	ultrasonography
2D	dvojměrný
3D	trojměrný
mm	milimetr
CFJ	cervical faset joint
TSE	turbo spin–echo
FSE	fast spin–echo
SE	spin–echo
IR	inversion recovery technique

TR	time to repetition
TI	inversion time
SPACE	Sampling Perfection with Application optimized Contrast using different flip angle Evolution
VISTA	volume isotropic turbo spin-echo acquisition
GRE	gradient-echo sekvence
TAU	
IP	in-phase
OOP	out-of-phase
TE	time to echo
EPI	Echo-planar imaging
PD	proton density
STIR	Short tau inversion recovery
MPR	multiplanární rekonstrukce
Et al.	Et. alia, a další
HASTE	half-fourier acquisition single-shot turbo spin-echo
FLASH	fast low angle shot
99mtc	technecium 99 m
PET	positron emission tomography
MBq	megabecquerel
SPECT/CT	single photon emission computed tomography
PET/CT	positron emission tomography/ computed tomography
PET/MR	positron emission tomography/ magnetic resonation
MDP	methylene diphosphonate
DPD	3,3- difosfono-1,2-propandikarboxylová kyselina
HDP	hydroxymethylene diphosphonate
HMDP	hydroxymethylene diphosphonate
T1	podélná relaxace protonů vodíku- (T1 relaxační čas)
T2	příčná relaxace protonů vodíku- (T2 relaxační čas)

Seznam příloh

Obrázek 1: Předozadní snímek bederní páteře

Obrázek 2: Boční snímek bederní páteře

Obrázek 3: Poloha u snímkování bederní páteře v AP pozici

Obrázek 4: Poloha u snímkování bederní páteře v bočné pozici

Obrázek 5: Funkční snímek bederní páteře-záklon

Obrázek 6: Funkční snímek bederní páteře-předklon

Obrázek 7: CT bederní páteře-sagitální rovina

Obrázek 8: Poloha pacienta při CT bederní páteře

Obrázek 9: MR bederní páteře-sagitální T1 sekvence

Obrázek 10: MR bederní páteře-sagitální T2 sekvence

Obrázek 11: MR bederní páteře-sagitální STIR sekvence

Obrázek 12: Poloha pacienta při MR bederní páteře

Přílohy



Obrázek 1: Předozadní snímek bederní páteře

Zdroj: FNOL



Obrázek 2: Boční snímek bederní páteře

Zdroj: FNOL



Obrázek 3: Funkční snímek bederní páteře-záklon
Zdroj: FNOL



Obrázek 4: Funkční snímek bederní páteře-předklon
Zdroj: FNOL



Obrázek 5: Poloha u snímkování bederní páteře v AP pozici

Zdroj: FNOL



Obrázek 6: Poloha u snímkování bederní páteře v bočné pozici

Zdroj: FNOL



Obrázek 7: CT bederní páteře-sagitální rovina

Zdroj: FNOL



Obrázek 8: Poloha pacienta při CT bederní páteře

Zdroj: FNOL



Obrázek 9: MR bederní páteře – sagitální T1 sekvence

Zdroj: FNOL



Obrázek 10: MR bederní páteře – sagitální T2 sekvence

Zdroj: FNOL



Obrázek 11: MR bederní páteře – sagitální STIR sekvence

Zdroj: FNOL



Obrázek 12: Poloha pacienta při MR bederní páteře

Zdroj: FNOL