

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD
ÚSTAV RADIOLOGICKÝCH METOD

Zuzana Doubravová

Současné radiodiagnostické metody vyšetřování jater

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Radek Vymazal

Olomouc 2023

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

V Olomouci 26. 4. 2023

Zuzana Doubravová

Ráda bych poděkovala panu magistru Radku Vymazalovi za odborné vedení práce a poskytnutí užitečných rad a informací. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu nejen při psaní závěrečné práce, ale i při samotném studiu.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Současné radiodiagnostické metody zobrazování jater

Název práce: Současné radiodiagnostické metody vyšetřování jater

Název práce v AJ: Current radiodiagnostic methods of liver examination

Datum zadání: 2022-11-30-

Datum odevzdání: 2023-04-26-

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Zuzana Doubravová

Vedoucí práce: Mgr. Radek Vymazal

Oponent práce: MUDr. Radim Kovář

Abstrakt v ČJ: Účelem této bakalářské práce je popsat nejzákladnější a nejpoužívanější radiodiagnostické metody při vyšetřování jater.

Informace v této práci byly získány rešeršní činností z odborné literatury. Zdrojem byly odborné publikace, knihy či články z odborných databází jako například Pubmed, Ebsco, Google scholar nebo Web of Science.

Abstrakt v AJ: The purpose of this review is to describe the most basic and most used radiodiagnostic methods in the examination of the liver. The information in this thesis was obtained literature search. The sources were professional publications, books or articles from professional databases such as Pubmed, Ebsco, Google scholar or Web of Science.

Klíčová slova v ČJ: radiodiagnostika jater, jaterní onemocnění, CT jater, MR jater, elastografie, historie CT, intervenční metody

Klíčová slova v AJ: liver disease, history of CT, computed tomography, elastography, ultrasonography, cirrhosis, liver anatomy, magnetic resonance

Rozsah: 36 stran

Obsah

Úvod.....	6
1. ANATOMIE.....	8
2. HISTORIE ZOBRAZOVÁNÍ	9
2.1 Historie CT.....	9
2.2 Historie MR	11
2.3 Vyšetření jater v historii	12
3. ONEMOCNĚNÍ JATER.....	13
3.1. Virová hepatitida C v minulosti.....	13
3.2 Jaterní cirhóza	14
3.2.1 Primární biliární cholangitida	14
3.3 Hepatocelulární karcinom	15
3.4 Steatóza	16
4. ZOBRAZOVACÍ METODY DNES	17
4.1 Elastografie	17
4.1.1 Tranzientní elastografie	17
4.1.2 Elastografie v reálném čase.....	17
4.1.3 Elastografie magnetickou rezonancí.....	18
4.2. Ultrasonografie	18
4.3 Výpočetní tomografie (CT).....	20
4.3.1 CT protokoly	22
4.4 PET/CT	23
4.5 Magnetická rezonance (MR).....	24
4.5.1 MR protokoly.....	25
4.6 Intervenční metody na játrech.....	27
4.6.1 Transarteriální chemoembolizace	27
4.6.2 Jaterní biopsie	28
Referenční seznam.....	31
Seznam zkratk.....	35

Úvod

Játra jsou velice důležitým orgánem lidského těla, který má na starosti zásadní úlohu v metabolismu cukrů, tuků, bílkovin, mikronutrientů, některých hormonů a také mají řadu detoxikačních funkcí. Další z důležitých funkcí jater je tvorba žluče (Lukáš, 2007, s. 45).

Mezi základní radiodiagnostické vyšetření jater patří například ultrasonografie, CT vyšetření a magnetická rezonance. Ultrasonografie je metodou první volby díky své neinvazivitě, dostupnosti a také díky snadné přístupnosti k játrům skrze mezižebří prostor. Využíváme konvexní sondu s frekvencí 2,5-5 MHz (Vomáčka, 2015, s. 93).

Výpočetní tomografie se během posledních let stala standardním vyšetřením, které je dnes velice dostupné napříč celou Českou republikou. Je to dynamická vyšetřovací metoda, která vyniká svým výborným prostorovým rozlišením a navíc je schopna provést různé typy 3D rekonstrukcí (Vomáčka, 2015, s. 42).

Princip magnetické rezonance se značně liší od veškerých zobrazovacích metod, jelikož zde nedochází k absorpci rentgenového záření. U MR je snímán magnetický signál atomů vodíku v těle pacienta. Proto je potřeba pacienta uložit do silného magnetického pole, abychom po vyslání radiofrekvenčního impulzu mohli tento magnetický signál registrovat. Magnetická rezonance vyniká svou skvělou schopností v detailním zobrazování měkkých tkání, a právě proto je v diagnostice jater hojně využívána (Vomáčka, 2015, s. 47).

Vstupní literatura:

1. VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.
2. TORBENSON, Michael a Kay WASHINGTON. Pathology of liver disease: advances in the last 50 years. Human Pathology [online]. 2020, **95**, 78-98 [cit. 2023-03-13]. ISSN 00468177. Dostupné z: doi:10.1016/j.humpath.2019.08.023
3. HEŘMAN, Miroslav. Základy radiologie. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.
4. MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA. Protokoly MR zobrazování. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-109-4.

Popis řešeršní činnosti

Klíčová slova v ČJ: radiodiagnostika jater, jaterní onemocnění, CT jater, MR jater, elastografie, historie CT, intervenční metody

Klíčová slova v AJ: liver disease, history of CT, computed tomography, elastography, ultrasonography, cirrhosis, liver anatomy, magnetic resonance

Jazyk: ČJ, AJ

Období: 2006-2022

DATABÁZE:

EBSCO, PUBMED, GOOGLE SCHOLAR, WEB OF SCIENCE, PROQUEST

Nalezeno 171 článků, 10 knih

SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ

Google scholar: 15

EBSCO: 5

Web of Science: 2

Proquest: 4

**Pro tvorbu teoretických východisek
bylo použito 26 článků a 9 knih**

1. ANATOMIE

Játra jsou největší žlázou v těle člověka, tvoří asi 2% tělesné hmotnosti u dospělých, což činí přibližně 1400 g u žen a 1800 g u mužů. Jejich typická barva je hnědočervená a při absenci jaterního onemocnění jsou měkká a křehká s vnějším hladkým povrchem. Jejich tvar připomíná seříznutý ovoid. Játra jsou zásobována krví ze 2 zdrojů: 80% je dodáváno portální žilou, která odvádí krev ze sleziny a střeva a zbývajících 20% tvoří okysličená krev, která je dodávána jaterní tepnou. Portální žíla je tvořena spojením slezinové a horní mezenterické žíly s dolní mezenterickou žilou stékající do slezinové žíly. V některých případech může mít jaterní tepna pomocné nebo nahrazené cévy zásobující játra (Lukáš, 2007, s. 45).

Játra se nachází z největší části v pravé brániční klenbě, pouze část zasahuje do levé, a to až k medioklavikulární čáře. Jejich podélná délka se pohybuje kolem 25 cm a na výšku měří cca 10 cm u dospělého člověka. Na vrchní stranu jater naléhá bránice a spodní částí se naopak dotýkají orgánů v pobřišnicové dutině. Zde navíc leží i žlučník a zároveň je spodní plocha místem vpravení dolní duté žíly. Z důvodu měkkosti jater na nich vznikají otisky těchto orgánů (Lukáš & Žák, 2007, str. 45) (Sibulesky, 2013, s. 1).

2. HISTORIE ZOBRAZOVÁNÍ

2.1 Historie CT

Veškeré základy zobrazovacích metod, především výpočetní tomografie a radiodiagnostiky, položil Wilhelm Conrad Röntgen svým objevem paprsků X roku 1895, díky kterým dnes máme možnost diagnostiky na základě rentgenových snímků. Avšak jedním z hlavních nedostatků těchto snímků je sumace jednotlivých orgánů neboli jejich překrývání. Proto mohou nastat situace, kdy nemůžeme s naprostou jistotou určit, jaké orgány byly prozářeny rentgenovým paprskem. Kvůli tomu není možné touto metodou zhotovit anatomický řez těla. S řešením tohoto problému přišel až Brit G. N. Hounsfield koncem šedesátých let, kterého považujeme za objevitele výpočetní tomografie. Nezávisle na něm ten samý objev učinil i Američan A. M. Cormack. Oba tyto muži za svůj objev získali Nobelovu cenu. První CT přístroj byl schopný s pomocí počítačového vyhodnocení zobrazit 1 vrstvu za téměř 20 minut. Pro porovnání, novodobé helikální CT přístroje jsou schopny provést celotělové vyšetření v rámci desítek sekund. Výpočetní tomografie se díky Cormackovi a Hounsfieldovi stává první zobrazovací modalitou, která umožňuje přesnou nedestruktivní rekonstrukci vnitřního obrazu objektu z dostatečného počtu rentgenových projekcí. Tento první prototyp rentgenového CT okamžitě vyvolal v lékařské komunitě obrovské vzrušení a inspiroval rychlý technický vývoj se stále silnou dynamikou. Také rentgenové CT jako první transaxiální tomografický model podpořilo vývoj dalších tomografických modalit pro biomedicínské aplikace i mimo ně, jako je zobrazování magnetickou rezonancí, ultrasonografie, nukleární medicína a další (Seidl, 2012, str. 44) (Wang, 2008, s. 1051).

Od svého zavedení v roce 1973 způsobilo CT revoluci v radiografickém zobrazování a stalo se základním kamenem každého moderního radiologického oddělení. V úzké korelaci s vývojem rentgenového CT byl intenzivně sledován výzkum pokročilejších algoritmů rekonstrukce obrazu pro důležité biomedicínské aplikace. Významný CT skener byl dynamický prostorový rekonstruktor (DSR) sestavený v roce 1979 se schopností provést 240 souvislých 1 mm řezů v časovém okně 0,01 sekundy. Byl jedním z prvních významných předchůdců dnešních CT skenerů a jeho rychlost umožňovala experimentálně vyšetřovat srdce, plíce a další dynamické děje. Počátkem 90. let 20. století se standardním skenovacím modelem stalo jednodetektorové (single-slice) spirální CT a bylo navrženo spirální cone beam CT. Firma Elscint vyvinula dvoudetektorové (two-slice) CT skenery v polovině 90. let a o pár let později přišla firma GE s prvním čtyřdetektorovým (four-slice) CT skenerem. V roce 2004 firma Toshiba poprvé úspěšně vyvinula systémy CT s 256 řezy. S rychlým vývojem

technologie se skutečné volumetrické CT cone beam skenery ve spirálovém a jiném helikálním skenovacím režimu objevují jako biomedicínské CT nové generace. Z hlediska algoritmů došlo v posledních několika letech, vyvolaných přesným a efektivním řešením dlouhodobého problému spirálového cone beam CT, k pozoruhodnému nárůstu studií algoritmů rekonstrukce obrazu. Nyní již existuje řada přesných rekonstrukčních schémat a algoritmů, které se zabývají obecnými trajektoriemi skenování a vhodně zkrácenými daty (Wang, 2008, s. 1051).

Zatímco úplně první CT skenery používaly algebraickou iterativní rekonstrukci (ART - algebraic iterative reconstruction), filtrovaná zpětná projekce (FBP-filtered back projection) se brzy stala zlatým standardem pro rekonstrukci CT. O několik let později byla statistická iterativní rekonstrukce úspěšně zavedena pro emisní tomografii, protože rekonstrukce FBP ze sady dat s nízkým poměrem signál-šum by produkovala značně špatnou kvalitu obrazu. V roce 1984 byla představena simultánní aktualizace ART. V posledním desetiletí se díky rostoucímu výpočetnímu výkonu stala statistická iterativní rekonstrukce důležitým výzkumným tématem pro CT se zaměřením na potlačení šumu, redukci artefaktů a duální zobrazování citlivé na energii. Pokroky ve statistické iterativní rekonstrukci směřují k dosažení dramatického zlepšení kvality obrazu. Při iterativní rekonstrukci se úroveň šumu nezvýší, naopak se dokonce sníží oproti filtrované zpětné projekci s plnou dávkou (Wang, 2008, s. 1051).

Výpočetní tomografy rozdělujeme v první řadě na základě dvou konstrukčních principů, a to na kruhové či vějířové. Z hlediska praktického využití vyhrávají vějířové CT. Až do 90. let 20. století byla využívána rotační metoda a tzv. konvenční CT přístroje. Tyto přístroje fungovaly tak, že po otočení gantry okolo ležícího pacienta se celý stůl posunul o jeden řez dále a celý proces se opakoval. Tato metoda vyšetření trvala poměrně dlouho a v současné době se s ní na pracovištích již nesetkáváme (Seidl, 2012, s. 45).

Další způsob rozdělení CT přístrojů je z hlediska technického vývoje na 5 generací:

V 1. generaci CT byl využíván tenký svazek rentgenového záření kolimovaný na 1 detektor. Každá projekce se získávala posunutím rentgenky umístěné na společném rámu s detektorem přes vyšetřovací stůl s pacientem. Tento postup bylo potřeba opakovat, dokud nebyly hotovy všechny projekce pro celý vyšetřovaný objem (Seidl, 2012, s. 45)

2. generace byla vyvinuta ve snaze urychlit zdlouhavá vyšetření, a proto se zvýšil počet detektorů oproti 1. generaci. Svazek byl tedy kolimován do tvaru vějíře. Ovšem i nadále

bylo zapotřebí po získání jedné projekce pootočit systém rentgenka-detektory pro projekci další (Seidl, 2012, s. 45)

U 3. generace již odpadla nutnost translačního pohybu detektorů, jelikož detektory byly naproti rentgence uspořádány do oblouku a ve více řadách. Tento vějířovitý svazek se již blížil schopnosti obsáhnout celý průřez vyšetřovacího objemu (Seidl, 2012, s. 45)

Krátce po 3. generaci přišla i generace 4., která se skládala z rotující rentgenky a stabilního prstence detektorů po celém obvodu dráhy rentgenky. Ovšem s tímto rozestavením detektorů se pojila i značná nevýhoda, a to sice že většina detektorů byla v každém okamžiku mimo rentgenový svazek. Navíc i mechanické vyvážení rotující části bylo obtížné a působilo potíže. Tato vývojová metoda se ukázala jako slepá a v současnosti se CT přístroje ze 4. generace neprodávají ani nevyužívají (Seidl, 2012, s. 45).

To samé platí i o 5. generaci, kterou se někdy označuje kardio-tomograf s elektronovým svazkem, neboli EBCT. Tyto 2 poslední generace nebyly rozšířeny i z důvodu nepoměru vysoké ceny a současně žádného podstatného přínosu pro klinickou praxi ve srovnání s konstrukčním uspořádáním generace třetí, ze které se vyvinuli multidetektorové, dnes nejvíce využívané, CT přístroje (Seidl, 2012, s. 45).

2.2 Historie MR

První zprávy v radiologii týkající se zobrazování magnetickou rezonancí (MR) byly publikovány v roce 1980, 7 let poté, co Paul Lauterbur propagoval první snímky MR a 9 let poté, co byly získány první lidské snímky z výpočetní tomografie. Historický pokrok ve výzkumu a klinických aplikacích MR zobrazování je velmi pozoruhodný, podobně jako pokrok v MR zobrazovací technologii. Tyto pokroky lze zhruba rozdělit na hardware (např. magnety, gradientní systémy, radiofrekvenční cívky, RF vysílač a přijímač, zařízení pro biopsii kompatibilní s MR zobrazením) a zobrazovací techniky (např. pulsní sekvence, paralelní zobrazování). Kvalita obrazu se dramaticky zlepšila zavedením supravodivých magnetů s vysokou intenzitou pole, digitálních RF systémů a cívek s fázovým polem. Hybridní systémy jako je PET/MR, kombinují vynikající anatomické a funkční zobrazovací schopnosti MR zobrazování s nepřekonatelnou schopností PET demonstrovat metabolismus tkání. S podporou vylepšení hardwaru, pokroků v návrhu pulsní sekvence a technik rekonstrukce obrazu podnítily dramatické zlepšení rychlosti zobrazování a schopnosti studovat funkci tkání (Edelman, 2014, str. neuvedeno).

2.3 Vyšetření jater v historii

Onemocnění jater je v různých formách rozpoznáváno po staletí. Neuvěřitelných pokroků však bylo dosaženo především v posledních 50 letech, zejména díky pokrokům v histologii, vývojem imunobarvení, zobrazovacích metod s vysokým rozlišením, moderními biotickými a resekčními metodami a nástupem molekulární éry. S těmito nástroji se patologové a jejich kolegové z klinické a základní vědy posunuli od klasifikace jaterních onemocnění pomocí observačního přístupu, založeného na vzorech, k rafinované klasifikaci onemocnění, založené na etiologii lékařského onemocnění a klasifikaci nádorů pro neoplastické onemocnění. Patologie jater nadále hraje důležitou roli ve zlepšování péče o pacienty prostřednictvím identifikace a klasifikace onemocnění a nově vznikajících rolí při vedení terapie pro vyléčení (Torbenson, 2020, s. 78).

3. ONEMOCNĚNÍ JATER

Abychom pochopili závažnost jaterních onemocnění, je potřeba si uvědomit důležitost jater. Játra jsou náš největší pevný orgán, který váží více než 3 kilogramy. Funkcí jater je několik a jsou zásadní pro naše blaho. Játra produkují žluč, která je důležitá pro trávení. Řídí metabolismus cholesterolu, ukládá glykogen pro energii, produkuje mnoho proteinů včetně těch, které jsou potřebné pro srážení krve a jsou hlavním místem detoxikace krve od léků a rozkladných produktů metabolismu (Zerunian, 2022, s. 1).

Jaterní onemocnění jsou velice rozšířené po celém světě. Hlavní příčinou je poškození hepatocytů, které má za následek patologické změny, pokles celkových jaterních funkcí a ve většině případů progreduje až k chronickým jaterním onemocněním (Zerunian, 2022, s. 1).

Jaterní onemocnění představují závažná nebezpečí pro lidské zdraví. Podle odhadů již bylo kolem 800 miliónů lidí celosvětově postiženo chronickými onemocněními jater. Mezi běžné příčiny chronických jaterních onemocnění patří například virová hepatitida, obezita, metabolické ztučnění jater, autoimunitní onemocnění jater a také alkoholické onemocnění jater. Terminální fáze jaterních onemocnění, včetně dekompenzované cirhózy a jaterního selhání, se projevují portální hypertenzí a závažným poškozením jaterních funkcí s řadou komplikací, například ascites, spontánní peritonitida nebo gastrointestinální krvácení (Li, 2022, s. 901).

Játra jsou centrem všech metabolických drah v těle. Hrají klíčovou roli při metabolizaci všech makro a mikroživin. Existuje několik známých metabolických poruch jater, které mohou vést k abnormálním nebo nadbytečným (či nedostatečným) metabolitům. Tyto abnormální metabolity se mohou ukládat a buď přímo nebo nepřímo působit na několik orgánových systémů. (Prasad, 2020, s. 608)

3.1. Virová hepatitida C v minulosti

Ve 40. a 50. letech 20. století byla virová hepatitida rozdělována do 2 podtypů, A a B, které se vyznačovaly typickými projevy, načasováním nástupu onemocnění a klinickými nálezy. Dříve než byly k dispozici sérologické testy na hepatitidu A a B byla většina hepatitid souvisejících s transfuzí považována za hepatitidu B. Klinické studie v 60. letech položily základy pro další sbírání a uchovávání vzorků krve pro budoucí výzkum. V roce 1989 nastal další průlom, kdy vědci použili molekulární techniky k identifikaci viru hepatitidy C. Vyvinutý test byl následně aplikován na uschované vzorky, které potvrdily, že hepatitida C byla již v minulosti hlavním onemocněním spojovaným s transfuzí (Torbensohn, 2020, s. 79).

V rozmezí 50 let jsme tedy viděli pokrok od vymezení non-A a non-B hepatitidy jako hlavní příčiny posttransfuzní hepatitidy v 70. letech minulého století, k identifikaci a molekulární charakterizaci hepatitidy C jako původce na konci 80. let až k vývoji vysoce účinných léčebných režimů na počátku tohoto století. Je spravedlivé říci, že v 90. letech 20. století představovaly biopsie prováděné za účelem gradingu a stagingu hepatitidy C nejčastěji pozorované jaterní biopsie ve většině praxí, ale nyní jsou daleko převyšovány rostoucí příčinou jaterních onemocnění, nealkoholickým ztučněním jater (Torbensohn, 2020, s. 80).

3.2 Jaterní cirhóza

Jaterní cirhóza je definovaná jako difúzní proces architektonické dezorganizace, histologicky charakterizovaný fibrózou a regeneračními uzly (Kudo Masatoshi, 2008, s. 18). Normální jaterní tkáň je nahrazena vazivovou (jizvovitou) tkání. Normální jaterní buňky jsou ztraceny a mikroskopická struktura jater je radikálně změněna. Snížení počtu buněk výrazně ohrožuje jaterní funkce. Změněná struktura ovlivňuje průtok krve játry, což má za následek zvýšený tlak v žilách portálního systému. To může vést k vážným problémům, jako je život ohrožující krvácení (Richard, Bosshardt, 2004, s. neuvedeno). Jaterní cirhóza má velmi často sklon k progresi v portální hypertenzi, hepatocelulární dysfunkci a hepatocelulárnímu karcinomu (HCC). Krom toho progres od kompenzované k dekompenzované cirhóze nakonec vede k život ohrožujícím komplikacím, jako je selhání jater nebo masivní gastrointestinální krvácení (Kudo Masatoshi, 2008, s. 18). Častou komplikací u pacientů s cirhózou může být renální dysfunkce, vyskytující se u jednoho z každých pěti hospitalizovaných pacientů s cirhózou (Aarti, Amandeep, 2022, s. 1).

Cirhóza je konečným stádiem mnoha onemocnění jater a má mnoho příčin. Jakékoli onemocnění, které způsobuje progresivní zánět nebo poškození jater, může vyústit v cirhózu. Před lety byl nejčastější příčinou cirhózy alkoholismus, dnes je nejčastější příčinou cirhózy hepatitida C. Tyto dvě příčiny tvoří více než polovinu případů cirhózy (Richard, Bosshardt, 2004, s. neuvedeno).

3.2.1 Primární biliární cholangitida

K jaterní cirhóze může vést například primární biliární cholangitida (PBC), tedy zánět žlučových cest. Zánět způsobuje zjizvení kanálků a právě to může vést k cirhóze. Příčina není známa, ale předpokládá se, že jde o abnormalitu imunitního systému, která způsobuje, že napadá játra. PBC je mnohem častější u žen než u mužů a typicky je diagnostikována u pacientů ve věku 35 až 60 let (Richard, Bosshardt, 2004, s. neuvedeno).

Pacienti s PBC nemusí vykazovat příznaky po mnoho let a někteří dokonce nemají fyzické příznaky vůbec. Když se objeví, mohou být nespecifické, jako je celková únava, bolesti, které mohou napodobovat artritidu, a sucho v ústech. Mezi specifické příznaky patří žloutenka, otok a hromadění tekutin v břiše, problémy s krvácením a v pozdních stádiích cirhózy i změněný psychický stav. Proces může trvat mnoho let, než dosáhne konečného stádia cirhózy, a u některých pacientů onemocnění dosáhne určitého bodu a dále nepostupuje (Richard, Bosshardt, 2004, s. neuvedeno).

3.3 Hepatocelulární karcinom

Hepatocelulární karcinom (HCC) je jedním z nejčastějších nádorů na světě a má celkově špatnou prognózu. V západních zemích vzniká 95% případů HCC u pacientů se základní jaterní cirhózou. Klinické příznaky se mohou značně lišit. Ve většině případů se diagnóza HCC provádí během hospitalizace pro dekompenzaci základní jaterní cirhózy (Castells, et al., 2001, s. neuvedeno).

Mezi příznaky se řadí hemoperitoneum, které představuje častou komplikaci v zemích s vysokým výskytem HCC, jako je například Japonsko, ale zřídka se vyskytuje v západních zemích, kde výskyt činí zhruba 2-5%. Vzniká spontánním prasknutím primární a povrchové léze HCC a nese extrémně špatnou prognózu s velmi vysokou úmrtností v důsledku hypovolemického šoku a selhání ledvin. Vzhledem k této vysoké úmrtnosti vyžaduje jeho včasné odhalení obvykle použití agresivního intervenčního řešení. Jako efektivní zákrok při léčbě těchto pacientů byla navržena transkatetrová arteriální embolizace (TAE) (Castells, et al., 2001, s. neuvedeno).

Incidence HCC je vyšší u mužů a jedinců asijského původu. Výskyt je nejvyšší v Africe a v Asii, kde je virová hepatitida endemická. U pacientů je častý výskyt mnoha příznaků, včetně bolesti, únavy, úbytku hmotnosti a obstrukčních syndromů (např. ascites, žloutenka). Kvůli limitům účinnosti současných možností léčby je agresivní léčba příznaků klíčem k zachování fyzického fungování a udržení kvality života u pacientů s HCC (Sun, 2008, s. 1).

Nejčastějším místem metastáz HCC jsou plíce. Projevují se jednou nebo více uzlinami v plicním parenchymu. Nádorové buňky jsou nesený do plic krevním řečištěm přes dolní dutou žílu. Druhé nejčastější metastatické místo po plicích jsou regionální abdominální lymfatické uzliny (Hong, 2003, s. neuvedeno).

3.4 Steatóza

Jedná se o patologický stav, který vzniká vlivem toxického poškození jater či úrazem. Jedná se v podstatě o hromadění tuku v jaterních buňkách, které mohou způsobit vážné komplikace zejména v případě obezity, nadměrného požívání alkoholu nebo některých jaterních onemocnění (například diabetes typu 2). Jaterní steatóza je buď izolovaná nebo je spojena s hepatitidou (University Wire; Carlsbad, 2020, s. neuvedeno).

Steatóza může způsobit příznaky, jako jsou například hubnutí, ztráta chuti k jídlu, slabost, únava, krvácení z nosu, svědění a žlutá kůže, žluté oči nebo i bolest břicha. Často ale lidé nemusí mít vůbec žádné příznaky. Steatóza je pak diagnostikovaná náhodně během MRI, CT nebo pomocí ultrazvuku (University Wire; Carlsbad, 2020, s. neuvedeno).

Příčiny steatózy jater jsou nejasné. Jednou z možností může být změna vaskularizace části parenchymu cestou portální žíly či fokální metabolické změny. Klinický obraz je bez jakékoliv odchylky (Válek, 2006, s. 45). Mezi další faktory související se steatózou patří nadváha, vysoká hladina cukru v krvi, inzulinová rezistence a zvýšené hladiny tuků (cholesterol), zejména triglyceridů v krvi (University Wire; Carlsbad, 2020, s. neuvedeno). Obraz tukové infiltrace se může dramaticky měnit během několika týdnů (Válek, 2006, s. 45).

Zatímco ztukovatění jater bylo při pitvě rozpoznáno již od 19. století, bylo většinou považováno za projev alkoholického onemocnění až do zjištění na konci 70. a 80. let 20. století. Rostoucí prevalence nealkoholického ztučnění jater (NAFLD) je v současnosti paralelní s celosvětovou epidemií obezity a metabolického syndromu, ke které došlo v posledních 30 letech a která je připisována široké dostupnosti levných zpracovaných potravin a snížené fyzické aktivitě působící na základní genetické faktory (Torbenson, 2020, s. 81).

V roce 1838 byla z pitevních vzorků poprvé zdokumentována akumulace tuku v játrech, která by mohla být příčinou cirhózy. Na počátku 21. století již bylo jasné, že NAFLD je spojena s rakovinou jater i mimo jater. V současnosti je vývoj HCC u skupiny jedinců jednoznačným rysem přirozeného průběhu NAFLD (Torbenson, 2020, s. 81).

V současné době je jako systémový projev NAFLD stále více identifikováno množství extrahepatálních karcinomů, včetně kolorektálního adenomu a karcinomu. Nedávné údaje naznačují, že NAFLD – více než obezita – je spojena se zvýšeným rizikem extrahepatálních rakovin, jako jsou rakoviny gastrointestinálního traktu a dělohy (Torbenson, 2020, s. 81).

4. ZOBRAZOVACÍ METODY DNES

Mezi základní zobrazovací metody pro vyšetření jaterních onemocnění patří ultrasonografie (USG) a výpočetní tomografie (CT). V současnosti jsou tyto metody běžně dostupné ve všech centrech, které se jaterní chirurgii věnují. K doplňujícím vyšetřením k základním metodám řadíme i magnetickou rezonanci (MRI) a angiografii. Co se týče intervenční radiologie, ta je v některých specifických indikacích možnou alternativou k chirurgickému zákroku a zahrnuje biopsii, perkutánní drenáže a endovaskulární embolizace v oblasti jaterního parenchymu a v arteriálním i portálním řečišti (Skalický, 2004, s. 28).

4.1 Elastografie

4.1.1 Tranzientní elastografie

Tranzientní elastografie (TE) je neinvazivní elastografická zobrazovací technika schopná určit elasticitu jaterní tkáně generováním elastické vlny (50Hz) a ultrazvukové vlny (1500m/s). Tato technika byla integrována do zařízení nazvaného Fibroscan, které využívá 3,5 Hz převodník (standardní M sonda), který vysílá po sobě jdoucí vibrace k záznamu hodnot. TE je rychlá, snadno proveditelná metoda s vysokou dostupností, která dokáže vyhodnotit plochu vzorku často 100x větší než biopsie. Je však obtížné konstatovat, že zvolená oblast je bez parenchymálních změn, které by mohly ovlivnit měření.

Elasticita nebo jaterní rigidita se měří v pravém laloku interkostálním přístupem, s pacientem v poloze na zádech a s pravou paží nad hlavou v maximální abdukci. Vybereme část jaterního parenchymu o tloušťce větší jak 6 cm, bez cévních struktur a měření se provádí v hloubce 25-65 mm. Provádí se 10 platných měření (kPa) a vypočítá se jejich průměr. Stupnice se pohybuje od 2,5 kPa do 75 kPa. Rigidita jater koreluje se stupněm fibrózy, kdy vyšší stupeň fibrózy vede k rigiditě. Průměr u zdravých dospělých je $5,81 \pm 1,54$ kPa pro muže a $5,23 \pm 1,59$ kPa pro ženy (Oancea, Carmen Nicoleta et al., 2020, str. neuvedeno).

4.1.2 Elastografie v reálném čase

Elastografie v reálném čase je zobrazovací technika, která přímo odhaluje fyzikální vlastnosti tkání pomocí konvenční ultrasonografické sondy. Princip této techniky spočívá v tom, že pokud je elastické médium stlačováno konstantním tlakem axiální orientací, dochází k deformacím ve tkáni. Pokud má jeden nebo více základních prvků tkáně různou tuhost, jejich deformace bude různá. Tato technika se liší od ostatních ultrasonografických technik tím, že neposkytuje kvantitativní odhad rigidity jater. Měří indukovanou deformaci struktur zkoumaných sondou v konvenčním ultrasonografickém snímku v režimu B a poté generuje

barevně kódované mapy (elastogramy), které odrážejí elasticitu tkáně. Čím tvrdší je struktura tkáně, tím modřejší je barva hodnocené tkáně, a čím pružnější se tkáně budou jevit červeně (Oancea, Carmen Nicoleta et al., 2020, str. neuvedeno).

4.1.3 Elastografie magnetickou rezonancí

MRI elastografie využívá techniku založenou na sekvenci fázového kontrastu, která je citlivá na charakteristiky akustické vlny, která se vyskytuje v cílovém orgánu, a nedávno byla tato technika implementována při hodnocení elasticity několika typů tkání. V současné době je MRI elastografie považována za nejúčinnější metodu pro hodnocení jaterní fibrózy. Snímač se umístí pod hrudník pacienta, aby vytvořil snímky, které tvoří mapy viskozity a také mapy elasticity jater v mnohem větší oblasti zájmu než jiné metody. Má několik důležitých výhod, včetně dostupnosti u obézních pacientů a pacientů s ascitem. Není omezena úzkými mezižebními prostory. Má zvýšenou citlivost k jiným elastografickým metodám při definování průměrné fibrózy a lepší reprodukovatelnost. Tato technika může být implementována v konvenčním MRI systému jednoduchým přidáním softwaru a hardwaru (Oancea, Carmen Nicoleta et al., 2020, str. neuvedeno).

4.2. Ultrasonografie

Ultrazvuk je definován jako mechanické vlnění o vysoké frekvenci, neslyšitelné pro lidské ucho. V diagnostice se tato frekvence pohybuje od 2 do 20 MHz. Díky tomu lze vyšetřovat tekutiny a měkké tkáně. Jako zdroj vlnění se využívá piezoelektrický krystal, který se deformuje vlivem střídavého proudu. A zároveň ten samý krystal slouží i k zachycení odražených signálů, neboli ech (Heřman, 2014, s. 17).

Piezoelektrické krystaly jsou uloženy v sondě, která je vždy uzpůsobena podle vyšetřované oblasti. Mezi nejpoužívanější patří sondy sektorové, konvexní a lineární. Dále se využívají sondy pro zobrazení hlubších struktur (2-5 MHz), sondy pro zobrazení povrchových struktur (5-15 MHz) nebo specifické sondy podle vyšetřované oblasti, jako například sondy endorektální, transezofagelní, nebo intravaskulární (Heřman, 2014, s. 18).

Princip vyšetření pomocí ultrazvuku spočívá v odrazech vlnění od tkání, které mají různou akustickou impedanci. Ultrazvukové vlnění má vlastnost se absorbovat, rozptylovat či odrazit při průchodu hmotou. Aby bylo možné využít ultrazvuk pro diagnostiku vyšetřované oblasti, musíme eliminovat vzduch mezi sondou a kůží pacienta, jelikož plyn představuje velice výrazné rozhraní, na kterém se odráží téměř veškeré ultrazvukové vlnění. Toho docílíme použitím kontaktního gelu (Heřman, 2014, s. 17).

Existují různé typy ultrazvukového záznamu. A-mode (z anglického amplitude) je nejzákladnější forma diagnostického ultrazvuku. Jeho použití je dnes téměř zastaralé. M-mode (z anglického motion) se v současnosti používá ve spojení se zobrazováním v reálném čase, především u dospělých, dětí, plodů a echokardiografie. Mnohem více se používá B-mode (z anglického brightness), u kterého se silnější echo zobrazí jasněji než echo slabší. Vytvoří se obraz orgánu nebo tkáně ve stupních šedi, které představují různé body různé intenzity (Rashid, 2017, s. 46). Při popisu ultrazvukových obrazů používáme následující pojmy, vysvětlené v tabulce níže.

Echogenita	Význam	Příklad
Anechogenní	Bez vnitřních ech, na obraze černý	Tekutiny (moč, žluč, obsah cyst,..)
Hyperechogenní	S vyšší echogenitou, na obraze světlejší	Játra se steatózou, fibrózou nebo cirhózou
Hypoechogenní	S nižší echogenitou, na obraze tmavší	Parenchym ledviny, hematom, obsah abscesu
Izoechogenní	Se stejnou echogenitou, mají téměř stejný stupeň šedi	Benigní nádory

(Heřman, 2014, s. 19) (Ha, 2015)

Při diagnostice jaterních onemocnění je ultrasonografie indikována zpravidla jako metoda první volby. A to hlavně díky její neinvazivitě, dobré dostupnosti, vysoké rychlosti a relativně nízké ceně. Je vhodná i pro navigování při intervenčních výkonech a s rozvojem jaterní chirurgie začala být používána i jako peroperační vyšetření. Její nevýhodou je avšak závislost na subjektu vyšetřujícího (Skalický, 2004, s. 29).

Ultrazvuk hraje hlavní roli v diagnostice a léčbě chronických jaterních onemocnění tím, že poskytuje diagnostické a prognostické informace a také detekuje komplikace jako je HCC a portální hypertenze. Zatímco konvenční ultrazvuk je cenný při hodnocení jaterního parenchymu a detekci jaterních lézí, byla vyvinuta řada dalších US technik, které zvyšují jeho potenciální hodnotu. Neinvazivní metody měření u chronického onemocnění jater se rychle mění ve výkonnostních schopnostech a dostupnosti. Patří mezi ně laboratorní testy a

zobrazovací studie. Oblastí intenzivního zájmu v poslední době byla elastografie kvůli její schopnosti poskytovat neinvazivní informace o stádiu jaterní fibrózy (Gerstenmaier, 2014, s. 441).

Jaterní parenchym, žlučník a žlučovody hodnotíme v B módu. K vyšetření cévních struktur používáme dopplerovskou techniku (pulzní Doppler, barevný Doppler, power Doppler). K zobrazení cév v akusticky nepříznivých podmínkách a k hodnocení vaskularizace tumorů lze využít intravenózně podanou echo kontrastní látku. Vyšetření provádíme v poloze vleže na zádech nebo na levém boku ze subkostálního a interkostálního přístupu. Používáme konvexní nebo sektorové sondy, u dospělých o frekvenci 3,5 MHz, u dětí 5-7 MHz. Limitacemi, které v krajních případech mohou zobrazení jater zcela znemožnit, jsou obezita, steatóza nebo přítomnost plynu mezi játry a sondou (podkožní emfyzém, rozsáhlé pneumoperitoneum, interpozice tračníku) (Skalický, 2004, s. 30).

Současné praktické pokyny doporučují použití ultrazvuku jako nástroje počátečního sledování hepatocelulárního karcinomu u pacientů s cirhózou jater. Pacienti s jaterní cirhózou však mají často hrubý jaterní parenchym, který maskuje přítomnost drobných uzlů během B módu. Vyšetření pomocí ultrazvuku je rovněž vynikající nástroj k posouzení steatózy jater v klinickém prostředí s určitými omezeními u pacientů s nízkým obsahem tuku v játrech. Detekce steatózy jater ultrasonografií není ovlivněna železem v játrech (Kromrey, 2019, s. neuvedeno).

Za normální nález jsou považovány játra, která nepřesahují v medioklavikulární čáře žeberní oblouk a jejich kraniokaudální rozměr je do 14 cm. Jejich povrch je hladký a ventrální hrana ostrá. Jaterní parenchym má střední echogenitu a homogenní jemně zrnitou texturu. Anechogenní žilní struktury jsou v něm dobře diferencovatelné. Z jaterního hilu vychází větve portální žíly, které mají hyperechogenní stěnu. Jaterní žíly se z periferie sbíhají pod brániční oblouk, kde ústí do dolní duté žíly. Tyto žíly naopak echogenní ohraničení postrádají. Arteria hepatica a žlučovody jsou detekovatelné v oblasti hilu. Hlavní žlučovod (ductus choledochus) je široký maximálně 6 mm, avšak u pacientů po cholecystektomii až 8 mm. Žlučník má anechogenní obsah a šířka jeho stěny je do 3 mm (Skalický, 2004, s. 30).

4.3 Výpočetní tomografie (CT)

Zobrazování pomocí CT je založeno na diferencované absorpci rentgenového záření tkáněmi s různým složením. Záření, které se zeslabilo vlivem průchodu tělem pacienta, dopadá na detektory, kde je zaznamenáno a převedeno na elektrický impuls, který je odeslán

ke zpracování do počítače. Jde o tomografickou metodu, což znamená že vyšetření se skládá z velkého množství sousedních vrstev, neboli skenů. Intenzitu absorbovaného záření vyjadřujeme matematicky v hodnotách denzity, neboli v Hounsfieldových jednotkách, které se pohybují v rozmezí -1000 HU až + 3096 HU. Hodnota -1000 HU odpovídá denzitě vzduchu, kolem 0-15 HU se pohybuje voda a veškeré tekutiny a do vyšších kladných hodnot řadíme vysoce denzitní struktury, jako třeba kosti, či kovové implatáty. Na výsledném CT se vytvoří obraz v různých odstínech šedi. Lidské oko rozezná pouze 16 stupňů šedi, a právě z toho důvodu pracujeme s šířkou a středem okna. Díky možnosti postprocesingu můžeme výsledný obraz zpracovat do 3D nebo 4D podoby. Umožňuje to softwarové vybavení pracovní stanice, která je součástí CT přístroje. Mezi další technické vybavení patří vyšetřovací tunel, neboli gantry, jehož součástí je i posuvný stůl, na kterém je pacient uložen (Vomáčka, 2015, s. 42) (Heřman, 2014, s. 21).

Indikací k CT vyšetřením je velké množství. Pomocí CT můžeme vyšetřovat prakticky celé tělo a většinu různých diagnóz. Mezi nejběžnější indikace patří vyloučení nebo potvrzení výskytu nádorových lézí a klasifikace tumorů (pomocí TNM klasifikace). CT vyšetření využíváme i během diagnostické biopsie a tekutinové drenáže. Často se stane, že indikace k CT vyšetření jsou podobná jako na magnetickou rezonanci. Každá metoda má ale svoje přednosti, kterých se v diagnostice hojně využívá. Absolutní indikace k CT nejsou známa a jako relativní kontraindikací může být například těhotenství, či laktace (Heřman, 2014, s. 25).

Výpočetní tomografie je další důležitou zobrazovací metodou, co se vyšetření jater týče. Její význam pro indikaci k chirurgickému výkonu je velice podstatný. A to zejména díky její vysoké senzitivitě a specifitě zároveň. V dnešní době valná většina CT přístrojů je schopna vyšetřovat helikálním způsobem, jehož výhodou jsou kontinuálně načítající se data při plynulém pohybu vyšetřovaným stolem. Novodobým způsobem vyšetření je multidetektorové CT (MDCT), díky kterému získáváme perfektní trojrozměrnou informaci jak v rovině transverzální, tak i frontální a sagitální (Skalický, 2004, s. 38).

CT jater hraje důležitou roli i při vyšetřování polytraumat, onkologických nemocí a veškerých jaterních patologií. Můžeme se setkat pouze s nativním vyšetřením, avšak ve většině případů se CT jater provádí po intravenózním podání kontrastní látky (KL). Podstatný je nejen objem KL, ale zejména správné načasování po intravenózní aplikaci. Zpravidla aplikujeme 80 ml KL pomocí i.v. injektoru rychlostí zhruba 4ml/s. První fázi nazýváme arteriální a provádí se cca 30 sekund po aplikaci KL. Při této fázi je jaterní parenchym syčen

cestou a. hepatica propria. Druhá fáze se nazývá portální, která znázorňuje vena portae hepatis, a to zhruba 60 sekund po aplikaci KL. A poslední fází je fáze intersticiální, neboli dosycovací, která nastává za 1-2 minuty a je ideální k průkazu hemangiomu. Pro zobrazení pozdního vyplavování kontrastní látky z hemangiomu lze provést ještě odložené skeny za 20 až 30 minut. Rozložení jednotlivých fází na různých pracovištích je velice variabilní. Veškeré fáze se mohou kombinovat dle nutnosti. U vyšetření jater se také často uplatňuje takzvané vícefázové vyšetření, kdy je sycení kontrastní látkou pozorováno v jedné pozici stolu. Toto vyšetření je často nezbytné, avšak závažným problémem činí významná radiační zátěž. Proto by se toto vyšetření mělo dělat především na moderních přístrojích (Vomáčka, 2015, s. 93) (Skalický, 2004, s. 38).

Pro zobrazení cévního zásobení jater, a tím pádem i zobrazení ideální segmentární anatomie je nejvhodnější zhotovení CT angiografie (CTA), která vychází ze spirální akvizice dat a díky podání kontrastní látky intravenózně a drobné kolimaci neinvazivně zobrazuje cévní systém jater. Mezi zřídka používané metody můžeme zařadit CT hepatikoarteriografii (CTHA) a CT portografii (CTAP). Jde o invazivní metody, které se uskutečňují po aplikaci kontrastní látky katetrem, který je zavedený angiografickou cestou do arteria hepatica propria v případě CTHA, nebo arteria mesenterica superior u CTAP. Tyto metody jsou dnes spojené s chemoembolizací jater, ostatní indikace jsou nahrazeny helikálním CT vyšetřením (Skalický, 2004, s. 39).

4.3.1 CT protokoly

Pro poskytnutí užitečných klinických informací je velmi důležité zvolit vhodný zobrazovací protokol s ohledem na daný klinický kontext u konkrétního pacienta a související potenciální rizika. Snímky lze pořídit buď nativně, nebo v různých fázích po intravenózním podání kontrastní látky (Kartalis, 2017, s. 102).

První fází je arteriální fáze, která se dále dělí na časnou a pozdní. Následuje parenchymová fáze, ve které se sytí parenchym jater. U vyšetření jater řadíme do této fáze i portální fázi, kdy se nám zobrazí portální žíla. Dále fáze ekvilibria, nebo-li rovnovážná fáze, a po ní přichází fáze venózní a vylučovací. Podle indikace se určuje vhodná kombinace výše uvedených kontrastních fází (Kartalis, 2017, s. 102).

U hypovaskulárních lézí, jako jsou jaterní metastázy kolorektálního karcinomu, se navrhuje akvizice výhradně v parenchymové fázi, ovšem pozdní arteriální fáze může zlepšit detekovatelnost zejména malých jaterních metastáz. U hypervaskulárních nádorů se rovněž

doporučuje akvizice pozdní arteriální fáze i parenchymové fáze a v případě hepatocelulárního karcinomu se navrhuje přidání fáze ekvilibria (Kartalis, 2017, s. 102).

Cílem je dosáhnout optimálního vizuálního kontrastu mezi jaterním parenchymem a zájmovou lézí v každé ze získaných kontrastních fází. V případě hypervaskulárních lézí je specifickým cílem dosáhnout maximálního zvýraznění léze současně s minimálním zvýrazněním přilehlého parenchymu v časných fázích. Naopak u hypovaskulárních lézí je cílem dosáhnout minimálního zesílení léze při maximálním zesílení parenchymu (Kartalis, 2017, s. 102).

Perfuzní CT

Perfuze je definována jako transport krve do jednotkového objemu tkáně za jednotku času. Perfuzi jater lze hodnotit pomocí CT techniky, kdy je orgán snímán několikrát v krátkých intervalech (obvykle 1,5-4 sekundy) před, během a po podání kontrastní látky. Změny denzity tkáně v čase jsou přímo úměrné změnám koncentrace jódu v arteriolách a intersticiálním prostoru. Perfuzní CT tak může poskytnout informace o mikrocirkulaci jater i ložiskových lézí (Kartalis, 2017, s. 102).

Pro perfuzní zobrazování jsou rozhodující 2 fáze. Fáze prvního průchodu (neboli perfuze) a opožděná (intersticiální) fáze. Ve fázi prvního průchodu, která trvá přibližně 40-60 sekund, je jód z velké části obsažen v intervaskulárním kompartmentu. V opožděné fázi přechází jód do určité míry z intravaskulárního prostoru přes kapilární bazální membránu do extracelulárního prostoru. Opožděná fáze se pohybuje v rozmezí 2 až 10 minut po podání kontrastní látky (Kartalis, 2017, s. 102).

4.4 PET/CT

Tento hybridní systém kombinuje funkční informace z PET s anatomickými informacemi z CT a to během jednoho vyšetření. Fúze těchto dvou obrazů poskytuje přesné umístění a interpretaci tkáňových struktur se zvýšeným hromaděním pozitronového radiofarmaka (Koranda, 2017, s. 31).

Díky tomu je PET/CT nejpresnější neinvazivní metoda, co se týče zobrazování nádorů trávicí trubice a jejich metastáz, včetně těch jaterních. Senzitivita i specifita fluorodeoxyglukózy (18 FDG) jsou vysoké pro detekci jaterních metastáz z různých nádorů, včetně kolorektálního, prsu a plic. Takové jaterní metastázy jsou typicky glukózo-avidní (neboli hypermetabolické). Fluorodeoxyglukóza aktivně infiltruje buňky a jeho zvýšená

aktivita je detekována pomocí PET přístroje. Ne všechny hypermetabolické léze jsou však maligní. Například abscesy, infekce a benigní novotvary, jako jsou adenomy, mohou být také glukózo-avidní. A naopak i některé jaterní metastázy mohou být glukózo non-avidní, čili je PET zobrazení za použití 18 FDG nemusí detekovat. Akvizice nastává 60 minut po aplikaci fluorodeoxyglukózy intravenózně a následně po aplikaci 120 ml neionické KL následuje vyšetření na MDCT přístroji (Surasi, 2015, s. 230) (Vomáčka, 2015, s. 94).

4.5 Magnetická rezonance (MR)

Zobrazování magnetickou rezonancí je neinvazivní metoda mapování vnitřní struktury a určitých funkčních aspektů v těle. Využívá neionizující elektromagnetické záření, u kterého se nepředpokládá nebezpečí související s expozicí. Využívá radiofrekvenční záření v přítomnosti pečlivě řízených magnetických polí, aby bylo možné vytvářet vysoce kvalitní snímky průřezu těla v jakékoli rovině. MR obraz je konstruován umístěním pacienta dovnitř velkého magnetu, který indukuje relativně silné vnější magnetické pole. To způsobí, že jádra mnoha atomů v těle, včetně vodíku, se zarovnájí s magnetickým polem a později se díky aplikaci radiofrekvenčního signálu z těla uvolní energie, která je detekována a použita ke konstrukci MR obrazu (Katti et.al.,2010, s. 64).

Tkáně můžeme charakterizovat pomocí různých relaxačních časů, neboli časů, za kterých se tkáň dostává po vybuzení radiofrekvenčním impulzem zpět do rovnovážného stavu. Magnetická rezonance umožňuje provést vyšetření díky 2 základním sekvencím, kterými jsou T1 vážené obrazy (T1 v. o.) a T2 vážené obrazy (T2 v. o.) Na rozdíl od výpočetní tomografie umožňuje magnetická rezonance vyšší nativní kontrast měkkých tkání. Avšak co se týče prostorového uspořádání patologických útvarů v játrech, nepřináší žádné nové informace oproti MDCT. Jako přínos můžeme brát tkáňovou specifikaci jaterních lézí (Skalický, 2004, s. 59).

Pro vyšetření jater magnetickou rezonancí má velký význam použití kontrastních látek. Vedle klasických kontrastních látek s obsahem prvku vzácných zemin, jako například gadolinium (Gd), které můžeme najít v preparátu jako Magnevist nebo Omniscan, se běžně využívají také látky se tkáňově specifickou vazbou. Oproti tomu například preparát Teslascan s obsahem manganu, nebo preparát MultiHance s obsahem chelátu gadolinia, jsou specifickými kontrastními látkami pro vyšetření hepatocytů. Při vyšetření jaterních cyst nebo hemangiomu lze využít T2 vážené sekvence i bez kontrastních látek, čili nativně. Jaterní

hemangiom dosahuje nejvyšší intenzity vůbec a cysty se také zobrazí jako hyperdenzní, avšak ne v takové míře jako hemangiom (Skalický, 2004, s. 61).

Vyšetření hepatocytů při použití Teslascanu začíná infuzí, trvající 15-20 minut, po které se provádí vyšetření pomocí T1 vážených obrazů. Stejně vyšetření můžeme provést po 24 hodinách. Intenzita normálního jaterního parenchymu je zvýšená v důsledku kumulace kontrastní látky v hepatocytech. To stejné platí i pro folikulární nodulární hyperplazii (FNH), jaterní adenom a podle stupně diferenciaci i hepatocelulárního karcinomu. Pozdní skeny po 24 hodinách jsou velice důležité protože dochází k zadržení manganové kontrastní látky v lemu kolem metastáz v játrech kvůli pomalejšímu odplavení KL do žlučových cest. Díky specifickým kontrastním látkám, které jsou určeny na vyšetření hepatocytů, můžeme přesně stanovit počet jaterních metastáz a jejich segmentární distribuci (Skalický, 2004, s. 61).

4.5.1 MR protokoly

1) Nativní vyšetření jater a pankreatu

Tento protokol patří mezi základní vyšetření a slouží především k doplnění ultrasonografie či výpočetní tomografie, především k potvrzení diagnózy. Příkladem může být potvrzení jaterní cysty či jaterního hemangiomu. Nativní protokol je taktéž vhodný v případech kontraindikace kontrastní látky, kterou může představovat těhotenství nebo laktace. Tento protokol je krom jater vhodný i na zobrazení pankreatu, který při axiálních řezech je dokonale zachycen. Kromě toho jsou játra častým místem metastáz pankreatických tumorů a tento protokol nám umožňuje zobrazit skvěle oba orgány najednou. Výborně nám poslouží i k indikaci MRCP vyšetření a zároveň dokáže odhalit patogenity, které ani samotné MRCP nemusí bezprostředně odhalit. Abychom byli schopni odhalit veškerá jaterní ložiska, jako nejvhodnější způsob se jeví sekvence DWI s minimálním difuzním vážením, protože umožňuje potlačení signálu z pozadí (a to jak jater, tak cév) (Mehl, 2014, s. 69).

Pacienta uložíme na záda, pro větší komfort mu podložíme kolena a ještě před samotným vyšetřením věnujeme pozornost nácviku dýchání. Pro vyšetření jater použijeme multikanálovou body cívkou, pokud to pacientova tělesná konstituce dovolí. Jako základní vyšetřovací rovinu volíme transversální v rozsahu od vrcholu bránice pod kaudální okraj pravého jaterního laloku, případně po spodní okraj hlavy pankreatu, pokud je kaudálněji oproti pravému laloku. Následně provedeme i sagitální (případně i koronální) vrstvy pro posouzení syntopie patologií, které se šíří z jater či pankreatu do okolí. Pokud pacient řádně

spolupracuje, lze veškeré sekvence provádět při zadržení dechu v normálním (nikoli maximálním) nádechu (Mechl, 2014, s. 69).

2) Játro a pankreas s kontrastní látkou

Tento protokol má za úkol cíleně zobrazit ložiskové procesy na játrech i na slinivce. Důležité je použít naprosto totožnou, ideálně 3D interpolovanou GRE sekvenci pro nativní a veškeré postkontrastní fáze (minimálně 3). Dále v časné odložené fázi, která nastává mezi 4. až 5. minutou a závěrem v pozdní fázi, což jsou řádově desítky minut. Jedině díky totožnému zobrazení můžeme zjistit vývoj ložiskových lézí. Po aplikaci kontrastní látky rozlišujeme 3 na sebe navazující časové úseky. Prvním z nich je arteriální fáze, která u jater nastává po zhruba 25 sekundách a u pankreatu po 30 až 35 sekundách od podání kontrastní látky. Na ni po přibližně 60 až 70 sekundách navazuje hepatikovenózní fáze a po ní fáze vylučovací (po 120 sekundách od podání KL). Při časné odložené fázi můžeme pozorovat pomalu sytící se nebo neobvyklých hemangiomů. Poslední fázi je fáze pozdní, při které používáme hepatospecifickou kontrastní látku, jakou může být například kyselina gadoxetová. Při jejím použití můžeme protokol zefektivnit, a to tak, že nativně provedeme T1 GRE sekvence, poté dynamickou akvizici s podáním kontrastní látky a následně veškeré T2 vážené sekvence začleníme mezi vylučovací a pozdní fázi. Tím pádem účinně vyplníme čas nutný k akumulaci kontrastní látky v játrech. Takto provedený protokol můžeme provést do 30 minut vyšetřovacího času. Optimální rychlost aplikace kontrastní látky se doporučuje zhruba 1-2 ml/s, jelikož s vyšší rychlostí roste i riziko špatného načasování akvizice, a krom toho vlivem prudké změny koncentrace KL také riziko artefaktů (Mechl, 2014, s. 72).

3) MRCP

Cholangiopankreatikografie prováděná pomocí magnetické rezonance (MRCP) byla poprvé popsána již před dvěma desetiletími. Během této doby se technika značně vyvinula, hlavně co se týče prostorového rozlišení a rychlosti akvizice. Nyní má ve vyšetřování pevnou roli mnoha poruch žlučových cest, sloužící jako neinvazivní alternativa k endoskopické retrográdní cholangiopankreatikografii (ERCP). Využívá tedy silně T2 vážené obrazy, tím pádem lze rozlišit kontrast mezi stacionárními strukturami naplněnými tekutinami v břiše (mají dlouhou dobu relaxace T2) a přilehlými měkkými tkáněmi (mají mnohem kratší dobu relaxace T2). Statické nebo pomalu pohybující se tekutiny ve žlučovém stromu a pankreatickém vývodu vykazují vysokou intenzitu signálu na MRCP, zatímco okolní tkáň se projevuje sníženou intenzitou signálu (Griffin, 2012, s. 11).

MR cholangiopankreatikografie je neinvazivní vyšetřovací metoda vhodná pro zobrazování žlučových a pankreatických vývodů. Jednou z hlavních indikací patří průkaz konkrementů, neboli kamenů, ve žlučových a pankreatických vývodech, obzvláště po neprůkazném nálezu na ultrasonografii. Mezi další indikace patří prokázání vrozených vývojových anomálií hepatopankreatu a systému jejich vývodů, zobrazení žlučových a pankreatických vývodů po traumatech a a chirurgických výkonech nebo zobrazení stenóz nebo dilatací vývodů. Pro vyšetření pomocí MRCP se skvěle hodí využít T2 vážených obrazů, a to především kvůli jejich skvělému zobrazení tekutin uvnitř vývodů. Na druhou stranu ale nepřinášejí informace ohledně parenchymatické tkáni jak jater, tak pankreatu a proto je žádoucí ke každému MRCP vyšetření začlenit i nativní protokol MR pro vyšetření jater i pankreatu (Mechl, 2014, s. 76).

MRCP vyšetření se provádí v rozsahu od podbráničních oblastí pod Vaterskou papilu. Aby vyšetření bylo plnohodnotné, je potřeba zaznamenat centrální a nejlépe i periferní části žlučovodů v levém i pravém jaterním laloku, celý žlučník a také extrahepatické žlučovody a pankreatický vývod. Pokud je to možné, pacient by měl být před vyšetřením ideálně 4 hodiny nalačno, abychom byli schopni potlačit rušivé signály žaludeční tekutiny na minimum. V případě, kdy pacient není schopný lačnit, druhý způsob jak minimalizovat tyto rušivé signály je podat před vyšetřením látky jako je například borůvkový džus, který je rovněž schopný snížit vysoké T2 signály (Mechl, 2014, s. 76).

4.6 Intervenční metody na játrech

4.6.1 Transarteriální chemoembolizace

Jaterní oběh je jedinečný díky dvojímu krevnímu zásobení portální žílou a jaterní tepnou. Portální žíla je zodpovědná za 80% krevního zásobení zdravé jaterní tkáně. Naproti tomu 99% krevního zásobení jaterních nádorů je dodáváno jaterní tepnou. Na základě tohoto pozorování je transkatetrová arteriální embolizace pro HCC vhodná pro pacienty, u kterých je chirurgická nebo perkutánní ablativní léčba kontraindikována (Murata, 2013, s. 1).

Transarteriální embolizace (TACE) je současný standard péče o pacienty s hepatocelulárním karcinomem (HCC) ve třetím stádiu a s relativně zachovanou jaterní funkcí (Lencioni, 2013, s. 3). Rostoucí množství důkazů podporuje použití TACE i u pacientů s časným a pokročilým HCC. Navzdory prokázanému přínosu TACE v přežití u pacientů se střední HCC a vzhledem k tomu, že TACE je paliativní léčba, která nevede ke kompletní nekróze nádoru, je recidiva nádoru po TACE běžná. Navíc opakované TACE může poškodit jaterní funkce a nepříznivě ovlivnit přežití pacienta. Nicméně je známo, že radiofrekvenční

ablace (RFA) poskytuje lepší lokální kontrolu onemocnění než TACE a může dosáhnout úplné nekrózy malých HCC. Účinnost RFA u pacientů se středním nebo velkým HCC je však neuspokojivá, s relativně nízkou mírou kompletní nekrózy (Han, 2015, s. neuvedeno).

4.6.2 Jaterní biopsie

Histologické vyšetření jater, a tedy i jaterní biopsie, je základním kamenem při hodnocení a léčbě pacientů s jaterním onemocněním a již dlouho je považováno za nedílnou součást diagnostické jater. Ačkoli histologické hodnocení jater se stalo důležitým pro posouzení prognózy a pro přizpůsobení léčby, neinvazivní techniky mohou v této souvislosti nahradit použití jaterní histologie, zejména pokud jde o posouzení jaterní fibrózy. K získání jaterní tkáně lze použít několik technik. Všechny techniky jaterní biopsie vyžadují specifický výcvik, aby byl zajištěn odběr vzorku odpovídající velikosti a co nejnížší míra komplikací. Přestože je jaterní biopsie často nezbytná při léčbě pacientů s jaterním onemocněním, může být pro lékaře i pacienty obtížným úkonem kvůli souvisejícím rizikům (Rockey, 2009, s. neuvedeno).

V minulosti se jaterní biopsie používala téměř výhradně jako diagnostický nástroj. V důsledku zavedení mnoha nových léčebných postupů pro pacienty s jaterním onemocněním, jaterní biopsie a histologické hodnocení jater získaly důležitou roli. Zároveň v současné době má jaterní biopsie tři hlavní role. Jednak pro stanovení diagnózy, dále pro posouzení prognózy (staging onemocnění) nebo jako pomoc při rozhodování při terapeutickém postupu (Rockey, 2009, s. neuvedeno).

Jaterní biopsie, stejně jako ostatní metody, má své určité nevýhody. Přestože je pokládána za bezpečnou metodu, tak je i zde nízké riziko závažných komplikací, které se pohybuje okolo 1-3%. Navíc odebraný vzorek představuje pouze nepatrnou část z celkové tkáně, což při nestejněměrné distribuci patologických změn může vést k chybnému stanovení diagnózy, například k vyloučení NASH nebo k chybnému zhodnocení stupně jaterní fibrózy (Špičák, 2017, s. 217).

Ačkoli je jaterní biopsie považována za referenční kritérium při hodnocení jaterní fibrózy, její invazivní povaha a nízká přijatelnost pacienty vedly k vývoji nových vyšetřovacích metod. Na kvantifikaci stupně jaterní fibrózy je založena prognóza a evoluce chronické virové hepatitidy. Cílem je, aby vyšetření bylo pro pacienta co nejdostupnější, bez dodatečných nákladů a nevyžadující opakování. V posledních 10 letech došlo na evropské úrovni k poklesu počtu jaterních biopsií, přičemž byly preferovány neinvazivní metody, jako

je zobrazování nebo sérologie. Jejich zařazení jako diagnostického protokolu první volby je odůvodněno i tím, že jaterní fibróza má dynamický charakter a sledování antifibrotické léčby je obtížně proveditelné jaterní punkcí (Torbensohn, 2020, s. 81).

Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na různé způsoby a metody současného vyšetřování jater. Zároveň jsem u některých metod provedla porovnání s historickým vývojem těchto metod.

Diagnostika jaterních onemocnění se nejvíce vyvíjela v posledních 50 letech, kdy došlo k největšímu rozkvětu radiodiagnostických přístrojů. V dnešní době mezi nejvíce používané metody řadíme ultrazvuk, zejména kvůli absenci ionizujícího záření, výpočetní tomografii díky své skvělé prostorové rozlišovací schopnosti a magnetickou rezonanci, která vyniká především detailním zobrazením měkkých tkání. Avšak tyto metody nejsou zdaleka jediné způsoby, jak lze játra vyšetřit.

Mezi neinvazivní metody můžeme zařadit elastografii, která lze provést jak s použitím ultrazvuku, tak magnetické rezonance. Tato metoda je založena na předpokladu rozdílné tuhosti zdravého a patologického jaterního parenchymu. Na klinice nukleární medicíny lze využít hybridní metodu PET/CT, která díky propojení funkčního a anatomického zobrazení vyniká v diagnostice nádorových onemocnění a jaterních metastáz.

K invazivním metodám můžeme zařadit například jaterní biopsii, která je užitečná zejména ve stážování nádorů. V dnešní době je snaha omezit invazivní diagnostické metody na minimum a nahradit je těmi neinvazivními, avšak jaterní biopsie má stále své opodstatnění. Často bývá prováděna pod ultrazvukovou kontrolou, aby se předešlo bezdůvodným poraněním pacienta odebráním nežádoucího vzorku.

Referenční seznam

Aarti, Amandeep. Analysis of renal manifestations in liver cirrhosis patients. J Adv Med Dent Scie Res 2022;10(9):23-24. doi:<https://doi.org/10.21276/jamdsr>. ISSN Online: 2321-9599

CASTELLS, L., MOREIRAS, M., QUIROGA, S., ALVAREZ-CASTELLS, A. and AL, E., 2001. Hemoperitoneum as a First Manifestation of Hepatocellular Carcinoma in Western Patients with Liver Cirrhosis: Effectiveness of Emergency Treatment with Transcatheter Arterial Embolization. Digestive diseases and sciences, **46**(3), pp. 555-62.

Dr Richard T Bosshardt, Special to, the Sentinel. (2004, Jan 04). PRIMARY BILIARY CIRRHOSIS OF LIVER MAY NOT CAUSE SYMPTOMS: [CENTRAL FLORIDA EDITION]. Orlando Sentinel Retrieved from <https://www.proquest.com/newspapers/primary-biliary-cirrhosis-liver-may-not-cause/docview/280049636/se-2>

EDELMAN, Robert R. The History of MR Imaging as Seen through the Pages of Radiology. Radiology [online]. 2014, **273**(2S), S181-S200 [cit. 2023-04-18]. ISSN 0033-8419. Dostupné z: doi:10.1148/radiol.14140706

GERSTENMAIER, J. F. a R. N. GIBSON. Ultrasound in chronic liver disease. Insights into Imaging [online]. 2014, 5(4), 441-455 [cit. 2023-04-26]. ISSN 1869-4101. Dostupné z: doi:10.1007/s13244-014-0336-2

GRIFFIN, Nyree, Geoff CHARLES-EDWARDS a Lee Alexander GRANT. Magnetic resonance cholangiopancreatography: the ABC of MRCP. Insights into Imaging [online]. 2012, 3(1), 11-21 [cit. 2023-04-26]. ISSN 1869-4101. Dostupné z: doi:10.1007/s13244-011-0129-9

HA, Eun Ju, Jung Hwan BAEK, Jeong Hyun LEE, Ha Young LEE, Dong Eun SONG, Jae Kyun KIM, Young Kee SHONG a Suck Joon HONG. A focal marked hypoechogenicity within an isoechoic thyroid nodule: is it a focal malignancy or not?. Acta Radiologica [online]. 2015, **56**(7), 814-819 [cit. 2023-04-16]. ISSN 0284-1851. Dostupné z: doi:10.1177/0284185114539322

HAN, Kichang. Transarterial chemoembolization in hepatocellular carcinoma treatment: Barcelona clinic liver cancer staging system. World Journal of Gastroenterology [online]. 2015, **21**(36) [cit. 2023-04-25]. ISSN 1007-9327. Dostupné z: doi:10.3748/wjg.v21.i36.10327

HEŘMAN, Miroslav. Základy radiologie. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.

HONG, Seong, Tae KIM, Kyu-Bo SUNG, Pyo KIM, Hyun HA, Ah KIM a Moon-Gyu LEE. Extrahepatic spread of hepatocellular carcinoma: a pictorial review. European Radiology [online]. 2003, **13**(4), 874-882 [cit. 2023-03-03]. ISSN 0938-7994. Dostupné z: doi:10.1007/s00330-002-1519-7

KARTALIS, N., K. BREHMER a L. LOIZOU. Multi-detector CT: Liver protocol and recent developments. European Journal of Radiology [online]. 2017, **97**, 101-109 [cit. 2023-04-26]. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2017.10.026

KATTI, Girish; ARA, Syeda Arshiya; SHIREEN, Ayesha. Magnetic resonance imaging (MRI)—A review. International journal of dental clinics, 2011, 3.1: 65-70.

KORANDA, Pavel. Nukleární medicína. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2017. ISBN 978-80-244-4031-6.

KROMREY, M.L., T. ITTERMANN, M. BERNING, C. KOLB, R.T. HOFFMANN, M.M. LERCH, H. VÖLZKE a J.-P. KÜHN. Accuracy of ultrasonography in the assessment of liver fat compared with MRI. Clinical Radiology [online]. 2019, **74**(7), 539-546 [cit. 2023-04-26]. ISSN 00099260. Dostupné z: doi:10.1016/j.crad.2019.02.014

LI, T. T., Z. R. WANG, W. Q. YAO, E. Q. LINGHU, F. S. WANG a L. SHI. Stem Cell Therapies for Chronic Liver Diseases: Progress and Challenges. Stem cells translational medicine [online]. 2022, **11**(9), 900-911 [cit. 2023-02-19]. ISSN 21576580. Dostupné z: doi:10.1093/stcltm/szac053

LUKÁŠ, Karel a Aleš ŽÁK. Gastroenterologie a hepatologie: učebnice. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1787-6.

MECHL, Marek, Jaroslav TINTĚRA a Jan ŽIŽKA. Protokoly MR zobrazování. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-109-4.

MURATA, Satoru, Takahiko MINE, Tatsuo UEDA, Ken NAKAZAWA, Shiro ONOZAWA, Daisuke YASUI a Shin-ichiro KUMITA. Transcatheter Arterial Chemoembolization Based on Hepatic Hemodynamics for Hepatocellular Carcinoma. The Scientific World Journal [online]. 2013, **2013**, 1-8 [cit. 2023-04-25]. ISSN 1537-744X. Dostupné z: doi:10.1155/2013/479805

OANCEA, Carmen Nicoleta, Anca Elena BUTARU, Costin Teodor STREBA, Daniel PIRICI, Ion ROGOVEANU, Mihai Mircea DICULESCU a Dan Ionuț GHEONEA. Global hepatitis C elimination: history, evolution, revolutionary changes and barriers to overcome. Romanian Journal of Morphology and Embryology [online]. 2021, 61(3), 643-653 [cit. 2023-04-26]. ISSN 12200522. Dostupné z: doi:10.47162/RJME.61.3.02

PRASAD, D. a A. BHRIGUVANSHI. Ocular manifestations of liver disease in children: Clinical aspects and implications. Annals of hepatology [online]. 2020, 19(6), 608-613 [cit. 2023-02-19]. ISSN 16652681. Dostupné z: doi:10.1016/j.aohep.2019.11.009

RASHID, Sabrina Q. The Basics of Ultrasonography. Bangladesh Medical Journal [online]. 2017, 46(1), 44-47 [cit. 2023-04-16]. ISSN 2219-1607. Dostupné z: doi:10.3329/bmj.v46i1.34641

ROCKEY, Don C., Stephen H. CALDWELL, Zachary D. GOODMAN, Rendon C. NELSON a Alastair D. SMITH. Liver biopsy. Hepatology [online]. 2009, 49(3), 1017-1044 [cit. 2023-04-26]. ISSN 02709139. Dostupné z: doi:10.1002/hep.22742

SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

SIBULESKY, Lena. Normal liver anatomy. Clinical Liver Disease [online]. 2013, 2(S1), S1-S3 [cit. 2023-04-17]. ISSN 20462484. Dostupné z: doi:10.1002/cld.124

SKALICKÝ, Tomáš, Vladislav TŘEŠKA a Jiří ŠNAJDAUF. Chirurgie jater. Praha: Maxdorf, c2004. ISBN 80-7345-011-9.

SUN, Virginia Chih-Yi a Linda SARNA. Symptom Management in Hepatocellular Carcinoma. Clinical Journal of Oncology Nursing [online]. 2008, 12(5), 759-766 [cit. 2023-04-26]. ISSN 1092-1095. Dostupné z: doi:10.1188/08.CJON.759-766

SURASI, Devaki Shilpa, Janis P. O'MALLEY a Pradeep BHAMBHVANI. 18 F-FDG PET/CT Findings in Portal Vein Thrombosis and Liver Metastases. Journal of Nuclear Medicine Technology [online]. 2015, 43(3), 229-230 [cit. 2023-04-16]. ISSN 0091-4916. Dostupné z: doi:10.2967/jnmt.114.152777

ŠPIČÁK, Julius. Novinky v gastroenterologii a hepatologii II. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0318-8.

TORBENSON, Michael a Kay WASHINGTON. Pathology of liver disease: advances in the last 50 years. Human Pathology [online]. 2020, **95**, 78-98 [cit. 2023-03-13]. ISSN 00468177. Dostupné z: doi:10.1016/j.humpath.2019.08.023

VÁLEK, Vlastimil, Zdeněk KALA a Igor KISS. Maligní ložiskové procesy jater: diagnostika a léčba včetně minimálně invazivních metod. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-0961-9.

VOMÁČKA, Jaroslav. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

WANG, Ge, Hengyong YU a Bruno DE MAN. An outlook on x-ray CT research and development. Medical Physics [online]. 2008, **35**(3), 1051-1064 [cit. 2023-04-18]. ISSN 00942405. Dostupné z: doi:10.1118/1.2836950

What is hepatic steatosis: Causes, symptoms, and medication for hepatic steatosis - the courier. (2020, Dec 28). University Wire Retrieved from <https://www.proquest.com/wire-feeds/what-is-hepatic-steatosis-causes-symptoms/docview/2473218767/se-2>

ZERUNIAN, M., F. PUCCIARELLI, B. MASCI, et al. Updates on Quantitative MRI of Diffuse Liver Disease: A Narrative Review. BioMed research international [online]. 2022, **2022**, 1147111 [cit. 2023-02-19]. ISSN 23146141. Dostupné z: doi:10.1155/2022/1147111

Seznam zkratek

ART – algebraic iterative reconstruction
CT – výpočetní tomografie
CTA – CT angiografie
CTAP – CT portografie
CTHA – CT hepatikoarterografie
DSR – dynamický prostorový rekonstruktor
EBCT – electron beam computed tomography
ERCP – endoskopická retrográdní cholangiopankreatikografie
FBP – filtered back projection
FDG – fluorodeoxyglukóza
Gd – gadolinium
GRE – gradient echo
HCC – hepatocelulární karcinom
KL – kontrastní látka
MHz – megahertz
MDCT – multidetektorová výpočetní tomografie
MR – magnetická rezonance
MRCP – cholangiopankreatikografie pomocí magnetické rezonance
MRI – magnetic resonance imaging
NAFLD – nealkoholické ztučnění jater
NASH – nealkoholická steatohepatitida
PBC – primární biliární cholangitida
PET – pozitronová emisní tomografie
RF – radiofrekvence
RFA – radiofrekvenční ablace
TACE – transarteriální embolizace
TAE – transkatetrová arteriální embolizace
TE – tranzientní elastografie

USG – ultrasonografie

v.o. – vážený obraz