

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod



Denisa Fargašová

Využití dopplerovské ultrasonografie v klinické praxi

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA

Olomouc 2013

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

V Olomouci 30. dubna 2013

.....

podpis

Děkuji doc. MUDr. Jaroslavu Vomáčkovi, Ph.D., MBA za odborné vedení bakalářské práce, cenné připomínky a věnovaný čas.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název práce v ČJ:	Využití dopplerovské ultrasonografie v klinické praxi
Název práce v AJ:	Doppler ultrasonography utilization in clinical practise
Datum zadání:	2012-11-29
Datum odevzdání:	2013-04-30
Vysoká škola, fakulta:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd
Ústav:	Ústav radiologických metod
Autor práce:	Fargašová Denisa
Vedoucí práce:	doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA
Oponent práce:	MUDr. Lukáš Hrdina

Abstrakt v ČJ: Bakalářská práce „Využití dopplerovské ultrasonografie v klinické praxi“ se věnuje popisu dopplerovské metody ultrazvukového zobrazení. Zaměřuje se především na shrnutí základních dosud publikovaných poznatků o dopplerovské ultrasonografii. Zabývá se rovněž možnostmi využití dopplerovské ultrasonografie při vyšetření cév a parenchymatózních orgánů stejně jako popisem a specifiky jednotlivých vyšetřovacích postupů. Práce čerpá z odborné literatury a studií publikovaných v odborných recenzovaných periodikách a také využívá internetových zdrojů.

Abstrakt v AJ: Thesis „Doppler ultrasonography utilization in clinical practise“ is a description of Doppler ultrasonography viewing methods. It focuses primarily on the basic summary of published findings on Doppler ultrasonography. It also deals with alternative uses of the Doppler ultrasound examination of the blood vessels and parenchymal organs as well as a description of the specifics of each of the examination procedures. The work draws on professional literature and studies published in peer-reviewed journals and uses Internet resources as well.

Klíčová slova v ČJ: dopplerovská ultrasonografie, ultrazvuk, ultrazvukové vyšetření karotid, cévní mozková příhoda, transkraniální doppler, hluboká žilní trombóza, ischemická choroba dolních končetin, portální hypertenze a transplantovaná ledvina

Klíčová slova v AJ: doppler ultrasonography, ultrasound, carotid ultrasound, stroke, transcranial doppler, deep vein thrombosis, peripheral vascular disease of lower extremities, portal hypertension, transplanted kidney

Rozsah: 48 s., 8 příloh

OBSAH

ÚVOD	7
1 OBECNÉ POZNATKY O ULTRASONOGRAFII.....	10
1.1 Historický vývoj ultrasonografie.....	10
1.2 Konvenční ultrasonografie.....	11
1.3 Dopplerovská ultrasonografie.....	14
2 MAGISTRÁLNÍ TEPNY ZÁSOBUJÍCÍ MOZEK.....	18
2.1 Magistrální krční tepny.....	18
2.1.1 Karotické tepny.....	19
2.1.2 Vertebrální tepny.....	20
2.2 TRANSKRANIÁLNÍ DOPPLER.....	21
3 PERIFERNÍ CÉVY.....	24
3.1 Periferní tepny.....	24
3.2 Periferní žíly.....	26
4 BŘIŠNÍ AORTA A PARENCHYMATÓZNÍ ORGÁNY.....	32
4.1 BŘIŠNÍ AORTA.....	32
4.2 PARENCHYMATÓZNÍ ORGÁNY.....	33
5 PORTÁLNÍ SYSTÉM.....	35
6 UROGENITÁLNÍ SYSTÉM.....	37
6.1 RENÁLNÍ TEPNY.....	37
6.2 TRANSPLANTOVANÁ LEDVINA.....	38
6.3 SCROTUM.....	39
ZÁVĚR	40
BIBLIOGRAFICKÉ ZDROJE	42
SEZNAM ZKRATEK	46
SEZNAM PŘÍLOH	47

ÚVOD

Dopplerovskou ultrasonografií řadíme mezi velmi jednoduché, zcela neinvazivní a běžně dostupné vyšetřovací metody, které mají nezastupitelnou roli v diagnostice řady závažných onemocnění. Na základě provedeného dopplerovského vyšetření jsme schopni včasné detekovat první příznaky hluboké žilní trombózy a zabránit tak případnému vzniku plicní embolie, či diagnostikovat ischemickou chorobu dolních končetin. Přínosné je rovněž při vyšetření dalších částí těla. Vyšetření krčních tepen umožňuje odhalit aterosklerotické postižení a upozornit tak na možné riziko vzniku cévní mozkové příhody. Přes výrazný rozvoj moderních zobrazovacích metod představuje dopplerovská ultrasonografie nadále nepostradatelnou a mnohdy i nejpřesnější možnost vyšetření daného orgánu – je tomu tak např. při vyšetření transplantované ledviny.

Zkoumaný problém byl formulován následovně:

1. „Jaké poznatky o nejčastějších možnostech využití dopplerovské metody v klinické praxi byly dosud publikovány?“

Při tvorbě bakalářské práce byly stanoveny tři základní cíle:

1. Předložit základní publikované poznatky o konvenční a dopplerovské ultrasonografii.
2. Shromáždit přehled publikovaných poznatků o možnostech využití dopplerovské ultrasonografie při vyšetření jednotlivých částí těla.
3. Seznámit s publikovanými poznatky o vyšetřovacích postupech při využití dopplerovské ultrasonografie.

Samotné tvorbě bakalářské práce předcházelo podrobné nastudování této vstupní literatury:

- BLOCK, Berthold. 2005. Průvodce sonografií: kapesní atlas. Praha: Grada 2005. ISBN 80-247-0835-3.
- ČIHÁK, Radomír. 1997. Anatomie 3. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-140-2.
- ELIÁŠ, Pavel, ŽIŽKA, Jan. 1998. Dopplerovská ultrasonografie. Hradec Králové: Nucleus, 1998. ISBN 80-901753-5-X.
- HOFER, Matthias. 2005. Kurz sonografie. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0956-2.
- CHOLT, Milan. 2009. Sonografie velkých krčních cév. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2664-9.
- CHOLT, Milan. 1999. Barevná ultrasonografie hluboké žilní trombózy. Kuřim: AF167, 1999. ISBN 80-85384-39-6.
- CHOLT, Milan. 1987. Radiodiagnostika žilní trombózy dolních končetin a pánve. Praha: Univerzita Karlova, 1987. ISBN neuvedeno.
- MUSIL, Dalibor. 2008. Ultrazvukové vyšetření žil dolních končetin. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2161-3.
- SEIDL, Zdeněk et al. 2012 Radiologie pro studium i praxi. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
- VOJÁČEK, Jan, MALÝ, M. 2004. Arteriální a žilní trombóza v klinické praxi. Praha: GradaPublishing, 2004. ISBN 80-247-0501-X.
- VOMÁČKA, Jaroslav, NEKULA, Josef, KOZÁK, Jiří. 2012. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.

V rámci rešerše odborných článků sloužících jako podklad pro vypracování bakalářské práce byla použita následující klíčová slova: dopplerovská ultrasonografie, ultrazvuk, ultrazvukové vyšetření karotid, cévní mozková příhoda, transkraniální doppler, hluboká žilní trombóza, ischemická choroba dolních končetin, portální hypertenze a transplantovaná ledvina. Po zadání výše uvedených klíčových slov do odborných

vyhledávacích databází dostupných na internetové síti Univerzity Palackého v Olomouci (Bibliographica medica Čechoslovaka, Česká národní bibliografie, EBSCO, Medline, ProQuest a PubMed) bylo dohledáno celkem 127 odborných článků. Po jejich pečlivém nastudování bylo vybráno a použito 19 článků, zbylé články nebyly použity, neboť se bezprostředně nevztahovaly k tématu bakalářské práce. Při práci s uvedenými 19 články byly nalezeny další zdroje, z nichž bylo rovněž čerpáno. Klíčové informace práce čerpá rovněž z 9 odborných knižních titulů. Základním vyhledávacím jazykem byl český jazyk, použita byla také angličtina. S ohledem na úzké zaměření práce nebylo vyhledávací období časově omezeno.

Práce je rozdělena celkem do šesti kapitol. První kapitola obsahuje přehled základních parametrů týkajících se konvenční ultrasonografie a dopplerovské ultrasonografie. Druhou, třetí, čtvrtou, pátou a šestou kapitolu lze charakterizovat jako speciální části, v nichž jsou uvedeny hlavní aspekty dopplerovského vyšetření jednotlivých částí těla.

1 OBECNÉ POZNATKY O ULTRASONOGRAFII

1.1 Historický vývoj ultrasonografie

Dopplerovská ultrasonografie se v medicíně využívá teprve od první poloviny 60. let dvacátého století, ačkoliv princip této metody formuloval rakouský fyzik Johann Christian Doppler již v roce 1842.

Metoda dvourozměrného ultrazvukového B zobrazení se uplatňuje již od roku 1952. Ultrazvukové přístroje v té době však neposkytovaly možnost zobrazení v reálném čase a výsledný obraz se skládal pouze z bodů bílé nebo černé barvy.

Na konci 60. let se úspěšně podařilo zkonstruovat první ultrazvukové přístroje schopné dynamického zobrazení pohybu v reálném čase. Velkým úspěchem se stal objev záznamu obrazu v odstupňované škále šedi (různým intenzitám odražených UZ vln jsou přiřazovány různé odstíny šedi).

Metody dvourozměrné a dopplerovské ultrasonografie se vyvíjely zcela nezávisle na sobě. K jejich sloučení došlo až v roce 1974, kdy nově vzniklá duplexní technika poprvé umožnila měření rychlosti průtoku krve v cévě znázorněné v B módu.

Barevné dopplerovské zobrazení je známo od 80. let dvacátého století.

Od konce 20. století jsou vyráběny plně digitalizované vysokovýkonnostní ultrasonografické přístroje. Barevné dopplerovské kódování obrazu bylo navíc doplněno o novou modalitu – barevné zobrazení dopplerovské energie, citlivé i k velmi pomalým tokům v malých cévách (Eliáš a Žižka 1998, s. 9 – 11).

1.2 Konvenční ultrasonografie

Definice ultrazvuku

Pojem ultrazvuk označuje podélné mechanicko-elastické vlnění, jehož frekvence převyšuje horní hranici slyšitelnosti lidského ucha, tedy 20 kHz (Vomáčka a kol. 2012, s. 38).

Vlastnosti ultrazvuku

Ultrasonografické zobrazování využívá odrazů ultrazvukových vln od rozhraní tkání s různou akustickou impedancí. Intenzita odrazu se mění a je tím větší, čím větší je rozdíl v hustotě prostředí. Ultrazvuk se nejlépe šíří v kapalinách, v pevných látkách a plynech je výrazně tlumen, ve vakuu se nešíří vůbec (Nekula a kol. 2005, s. 16).

Při průchodu ultrazvukových vln hmotou dochází k **absorpci, odrazu, ohybu a rozptylu** ultrazvuku. *Absorpce* způsobuje postupnou ztrátu energie a její přeměnu na teplo. K *odrazu* dochází na makroskopických rozhraních dvou prostředí lišících se svou hustotou. *Ohyb* se projevuje na rozhraní dvou prostředí v případě, že na ně vlnění nedopadá kolmo. *Rozptyl* nastává na mikroskopickém rozhraní struktur (Eliáš a Žižka 1998, s. 13).

Pro diagnostiku je používáno frekvencí 1 – 15 MHz.

- K zobrazování povrchových struktur na krku, v axilách, inguinách a na končetinách se užívají vyšší frekvence (5 – 15 MHz).
- Pro hlouběji uložené struktury oblasti břicha a pánve jsou vhodné frekvence nižší (1 - 5 MHz).

Nižší frekvence mají sice horší rozlišovací schopnost, ale zato větší dosah (Vomáčka a kol. 2012, s. 38).

Aplikací kontaktního gelu na kůži je odstraněna tenká vrstva vzduchu mezi povrchem kůže a vyšetřovací sondou, která zamezuje přechodu vln do vyšetřované oblasti.

Při zobrazení v transverzální rovině je pravá strana pacienta po levé ruce vyšetřujícího.

V sagitální a koronární rovině je kranální směr vlevo (Nekula a kol. 2005, s. 16).

Typy ultrazvukového záznamu

Základní tři typy ultrazvukového obrazu jsou **A-mode** (amplitude mode), **B-mode** (brightness mode) a **M-mode** (motion mode). K dalším typům patří **real-time** zobrazení, **dopplerovská** ultrasonografie a **sonoelastografie**.

A-mode se dnes již prakticky využívá pouze v oftalmologii k měření biometrie oka. Jedná se o jednorozměrné zobrazení, kdy jsou impulzy zobrazeny v podobě kmitů, jejichž výška závisí na intenzitě odrazů (Vomáčka a kol. 2012, s. 38). Vyšetření hodnotíme pomocí křivky znázorňující závislost intenzity odraženého signálu na čase uplynulém od vyslání signálu sondou. *A-mode* neumožňuje prostorovou orientaci ve zkoumané oblasti, je však vhodný k měření vzdáleností (Seidl a kol. 2012, s. 41).

B-mode dynamického typu je v současné době nejběžnějším způsobem ultrasonografického záznamu. Výsledný obraz je zaznamenán v odstupňované škále šedi (256 – 512 stupňů šedi). Platí, že čím intenzivnější je ultrazvukový odraz, tím jasněji se daná struktura na monitoru zobrazí (Eliáš a Žižka 1998, s. 16). Hyperechogenní struktury mají vyšší echogenitu a na obraze se zobrazují světle. Naproti tomu hypoechogenní struktury mají nižší echogenitu, proto se zobrazují tmavou barvou. Anechogenní struktury jsou bez vnitřních ech, a proto je na obraze detekujeme jako oblasti s černou barvou, resp. jsou výrazně tmavé (Nekula a kol. 2005, s. 16).

M-mode (dříve *TM-mode* – time motion) se uplatňuje v echokardiologii při sledování pohybu srdeční stěny či chlopní (Hrazdira 2011, s. 10). Jedná se o soubor křivek zachycujících v pravidelných časových intervalech jednorozměrný obraz (Seidl a kol. 2012, s. 41).

Real-time zobrazení (zobrazení v reálném čase) poskytuje dynamický obraz v *B-modu* a umožňuje tak sledovat pohyb ve vyšetřované oblasti (Hrazdira 2011, s. 11). V současné době jsou touto modalitou vybaveny téměř všechny moderní ultrazvukové přístroje (Vomáčka a kol. 2012, s. 38).

Dopplerovské ultrasonografie je neinvazivní metoda, díky níž je možno sledovat a měřit krevní průtok a krevní tlak. Klasický ultrazvuk využívá ultrazvukových vln pouze

k vytvoření obrazu vyšetřované oblasti, nikoliv k zobrazení krevního toku (Sheps 2011). Podrobněji je tento způsob zobrazení rozebrán v podkapitole 1.3 Dopplerovská ultrasonografie.

Sonoelastografie se využívá k zobrazování elasticity tkání. Na základě určení tuhosti jsme schopni posoudit, zda se jedná o zdravou či tumorózně postiženou tkáň. Zdravá tkáň a benigní ložiska se projevují nižší tuhostí než tkáň obsahující malignitu. Barevné rozlišení spočívá v zobrazení zdravé tkáně žlutými až zelenými odstíny a patologické tkáně odstíny modré až černé (Hrazdira 2008, s. 12).

Ozvučovací sondy

Součástí každé vyšetřovací sondy je piezoelektrický krystal, který slouží jako zdroj ultrazvuku. Působením střídavého proudu je piezokrystal schopen měnit svůj tvar. Přibližně 0,5% provozní doby krystal signály vysílá a 99,5% provozní doby signály přijímá. Piezoelektrický jev způsobuje přeměnu elektrické energie na mechanickou a naopak (Nekula a kol. 2005, s. 16).

Rozlišujeme sondy **konvexní, lineární a sektorové**. *Konvexní* sondy obsahují mnoho měničů uspořádaných do souvislé řady. Nejčastěji se využívají pro vyšetření orgánů dutiny břišní. Výsledný obraz má tvar kužele (Hrazdira 2011, s. 36). *Lineární* sondy mají měniče rovněž uspořádané v řadě. Vhodné jsou především pro zobrazování povrchových struktur a orgánů, proto pracují s vyššími frekvencemi. Výsledkem je obdélníkový obraz (Hrazdira 2011, s. 36). *Sektorové* sondy nacházejí své využití při transtorakálním vyšetření srdce nebo při vyšetřování jaterní krajiny z mezižeberních prostorů. Důvodem je schopnost sejmout signál z poměrně široké oblasti i při malém akustickém okně. Výsledný obraz se liší od obrazu z konvexní sondy pouze velikostí vrcholového úhlu – v případě použití sektorové sondy je vrcholový úhel větší než při použití konvexní sondy (Hrazdira 2011, s. 36).

1.3 Dopplerovská ultrasonografie

Dopplerův jev

Dopplerův jev popisuje změnu frekvence mechanického ultrazvukového vlnění odraženého od pohybujících se struktur v krvi - erytrocytů. Na základě změny frekvence vlnění lze určit rychlost a směr pohybu částic (Nekula a kol. 2005, s. 17).

Vychází ze skutečnosti, že frekvence vlnění se mění při pohybu zdroje vlnění vůči jeho pozorovateli (Eliáš a Žižka 1998, s. 9). Pokud se zdroj zvuku o konstantní výšce tónu (frekvenci) přibližuje k pozorovateli, je přijímaný zvuk vnímán jako tón s vyšší frekvencí, než je frekvence zdrojem vysílaná. Oddaluje-li se zdroj zvuku směrem od pozorovatele, jeví se frekvence tónu jako nižší, než je skutečná (Eliáš a Žižka 1998, s. 18).

Typy dopplerovského záznamu

Na základě způsobu poskytování informací o dané oblasti lze rozlišit dopplerovský záznam na **barevný, spektrální a akustický**.

Barevný dopplerovský záznam napomáhá určení přítomnosti či absence toku v dané cévě, definování směru toku a dále stanovení průměrné rychlosti toku. Odstíny **červenožluté** znázorňují směr pohybu erytrocytů **k sondě**, **modrozelená** barva indikuje směr pohybu **od sondy**. Intenzitu barev udává rychlost toku (Nekula a kol. 2005, s. 17-18). Jeho výhodou je snadná a rychlá detekce požadované cévy a z toho plynoucí usnadnění orientace ve vyšetřované oblasti. Hlavní nevýhoda spočívá v omezení záznamu na zobrazení pouze středních rychlostí toku, zatímco pomalé toky a toky v malých cévách se na monitoru nemusí zobrazit (Hrazdira 2008, s. 17).

Spektrální záznam poskytuje grafické vyjádření závislosti rychlosti krevního toku na čase (Vomáčka a kol. 2012, s. 39). Z křivky je možné určit hodnotu maximální systolické a minimální diastolické rychlosti krevního toku v cévě spolu s výpočtem střední rychlosti (Hrazdira 2008, s. 15).

Akustický záznam je metoda, při níž je ultrazvuková frekvence převáděna do oblasti slyšitelného zvuku, který může být dobrým vodítkem pro vyšetřujícího (Vomáčka a kol. 2012, s. 39).

Duplexní ultrasonografie nabízí propojení dvojrozměrného B-modu se záznamem dopplerovského signálu. Pokročilejší metodou je **Color Coded Doppler** (CCD) a **Color Flow Imaging** (CFI), umožňující sledování barevného mapování průtoku krve v cévách v rámci dynamického B-zobrazení (Eliáš a Žižka 1997, s. 20).

Triplexní ultrasonografie představuje současné zapojení B-modu, barevně kódovaného krevního toku a spektrálního záznamu (Vomáčka a kol. 2012, s. 39).

Průběh dopplerovského vyšetření zaznamenáváme pomocí *spektrální křivky* s naměřenými rychlostmi nebo na základě barevného mapování udávajícího směr krevního toku. Směr toku krve k sondě způsobuje zvýšení frekvence UZ vlnění, naopak tok krve směrem od sondy frekvenci snižuje (Eliáš a Žižka 1997, s. 20).

Pojem *dopplerovský frekvenční posuv* označuje rozdíl mezi frekvencí přijímaného a vysílaného signálu, který je přímo úměrný rychlosti krevního toku (Vomáčka a kol. 2012, s. 39). Ve spektrálním dopplerovském záznamu jsou kladné frekvenční posuvy (tok směrem k sondě) vyznačeny nad nulovou linií, záporné frekvenční posuvy jsou zaznamenány pod nulovou linií (Eliáš a Žižka 1997, s. 20).

Dopplerovským kurzorem vymezuje vyšetřující oblast, z níž má být dopplerovský signál snímán. Velikost kurzoru by měla odpovídat přesně průměru vyšetřované cévy, aby nedošlo k současnému snímání signálů z okolních cév. Nastavení příliš malého dopplerovského kurzoru neumožňuje zaznamenat signály z celého průřezu cévou a oblasti těsně při stěně cévy by tak mohly být opomenuty (Eliáš a Žižka 1997, s. 21).

Ideální pro měření rychlosti průtoku krve v cévách je nastavení *dopplerovského úhlu* (úhel dopadu dopplerovského signálu vzhledem ke směru toku v místě měření) nepřesahující hodnotu 60° (Hrazdira 2008, s. 13).

Dopplerovské systémy

Dopplerovské systémy s kontinuální nosnou vlnou i pulzní dopplerovské systémy slouží k měření rychlostí, liší se však způsobem vysílání a příjmu ultrazvukových vln (Hrazdira 2008, s. 14). Principem **dopplerovských systémů s kontinuální nosnou vlnou (CW)** je nepřetržitě vysílání ultrazvukového vlnění do vyšetřované oblasti a následná detekce frekvenčního posunu signálu. Vyšetřovací sonda v tomto případě obsahuje dva elektroakustické měniče (piezoelektrické krystaly). Jeden pracuje jako vysílač ultrazvukových vln, druhý jako přijímač. Nevýhodou je skutečnost, že zasahují-li do oblasti zájmu dvě nebo více cév, není systém schopný rozlišit hloubku jejich uložení a rychlosti toku v jednotlivých cévách proto splývají. Uplatnění CW systémů je proto hlavně při vyšetřování povrchově uložených cév (Hrazdira 2008, s. 14). **Pulzní dopplerovské systémy (PW)** naproti tomu vysílají do vyšetřované oblasti krátké impulzy ultrazvukového vlnění v pravidelných časových intervalech. Součástí jejich sondy je pouze jeden piezoelektrický krystal, který signály střídavě vysílá a přijímá. Časová prodleva mezi vysláním a zachycením impulzu je přímo úměrná vzdálenosti vyšetřované cévy od povrchu sondy, lze tak přesně určit hloubku, v jaké se daná céva nachází (Eliáš a Žižka 1998, s. 25).

Využití dopplerovské ultrasonografie

Dopplerovská ultrasonografie se využívá převážně při zobrazování a diagnostice extrakraniálně uložených karotických a vertebrálních tepen, intrakraniálních, periferních a renálních tepen, dále pro diagnostiku hlubokých trombóz končetinových a pánevních žil a zobrazování portálního řečiště (Nekula a kol. 2005, s. 18).

Výhody a nevýhody dopplerovské ultrasonografie

Ultrasonografické zobrazení, stejně jako dopplerovská ultrasonografie, představuje velmi šetrnou, neinvazivní, snadno proveditelnou a opakovatelnou, hojně dostupnou a poměrně levnou metodu. Dosud nebyly prokázány výrazné vedlejší účinky ultrasonografického vyšetření. Doporučuje se však vyšetřovat vždy jen nezbytně nutnou dobu a především během těhotenství se omezit pouze na screening vrozených vývojových vad.

Hlavní nevýhodou je bezesporu závislost správné určení diagnózy a interpretace výsledků na základě zkušeností lékaře provádějícího vyšetření. Omezení představuje také skutečnost, že nejsme schopni v plném rozsahu zobrazit všechny struktury. U obézních pacientů je diagnostická výtěžnost vyšetření díky masivní vrstvě tuku velmi mizivá, neboť v tukové tkáni dochází ke značnému rozptylu ultrazvukových vln (Nekula a kol. 2005, s. 18).

2 MAGISTRÁLNÍ TEPNY ZÁSOBUJÍCÍ MOZEK

2.1 Magistrální krční tepny

V současné době tvoří cévní mozkové příhody (CMP) ve vyspělých zemích po kardiovaskulárních chorobách a nádorových onemocněních třetí nejčastější příčinu úmrtí (Borůvka 2002). V naprosté většině případů je CMP způsobena aterosklerotickým postižením magistrálních krčních a mozkových tepen, přičemž změny v povodí lze nejčastěji pozorovat na extrakraniálně uložených krčních tepnách při karotické bifurkaci (Grant a kol. 1989). Pomocí dvourozměrného ultrazvukového zobrazení lze snadno určit charakter a rozsah sklerotických změn, dopplerovské vyšetření navíc umožňuje přesně kvantifikovat stupeň zúžení tepny – stenózy (Eliáš a Žižka 1998, s. 74).

Mezi hlavní indikace k dopplerovskému vyšetření krčních tepen patří cévní mozková příhoda (CMP) nebo tranzitorní ischemická ataka (TIA). K cévní mozkové příhodě dochází v důsledku náhlého vzniku neurologického deficitu, způsobeného mozkovou ischemií nebo krvácením (Ferda a kol. 2007, s. 231). Přibližně v 85% se jedná o ischemickou cévní mozkovou příhodu (iCMP), jejíž příčinou je trombóza nebo embolie. Zbýlých 15% tvoří hemoragické příhody při ruptuře aneuryzmatu a následném hypertonickém či subarachnoidálním krvácení (Lacman a Janoušková 2010, s. 137). Tranzitorní ischemická ataka je způsobena krátkodobou náhle vzniklou ložiskovou ischemií mozkové tkáně nebo sítnice. Současně hrozí riziko vzniku mozkového infarktu (Brichta 2010).

K dalším významným indikacím řadíme poslechový krční šelest, předoperační vyšetření před náročnými kardiovaskulárními výkony a kontrolní vyšetření po endarterektomii (EA) (Eliáš a Žižka 1997, s. 25). Během endarterektomie je operativně odstraněn aterosklerotický plát z oblasti karotické bifurkace a odstupu a. carotis interna.

Zcela běžnou indikací pro ultrazvukové vyšetření karotid je sledování stavu pacienta se známým cerebrovaskulárním onemocněním za účelem včasného odhalení progresu.

Anatomie

Předpokladem úspěšného dopplerovského vyšetření je dobrá znalost anatomie, která je nutná pro zhotovení stručného morfologického popisu aktuálního stavu tepen.

Všechny magistrální krční tepny vychází z aortálního oblouku. První a nejsilnější větví oblouku je truncus brachiocephalicus. Ve výši sternoklavikulárního skloubení se dělí na kraniálně odstupující pravostrannou a. carotis communis (ACC) a laterálně odstupující pravostrannou a. subclavia. Prvním odstupem pravé a. subclavia je kraniálně směřující pravostranná a. vertebralis. Druhou větví oblouku aorty je levostranná a. carotis communis, jež se v úrovni pátého krčního obratle stejně jako na pravé straně větví na a. carotis externa (ACE) a a. carotis interna (ACI). Třetí větví oblouku je levostranná a. subclavia, z níž vychází levá a. vertebralis (Naňka a Elišková 2009, s. 105 – 109).

Technické požadavky

Ultrasonografické vyšetření krčních cév se provádí za pomoci elektronické lineární sondy s pracovní frekvencí 5 MHz, kterou je dosaženo dostatečné hloubkové penetrace i rozlišovací schopnosti. U dětí a neobézních pacientů je možno ke zvýšení kvality morfologického zobrazení využít sondy pracující s frekvencí 7,5 – 10 MHz. V obou případech lze rovněž pracovat s elektronickou konvexní sondou s malým zakřivením a fázově řízenou sondou. Použití mechanické vysokofrekvenční sondy sice neumožňuje zobrazení barevného záznamu, avšak vzhledem k faktu, že k plnohodnotnému vyšetření není barevný záznam bezpodmínečně nutný, lze jej v praxi také využít (Eliáš a Žižka 1998, s. 79).

2.1.1 Karotické tepny

Postup vyšetření

Pacient leží na zádech se zakloněnou hlavou, mírně odvrácenou od vyšetřované strany. Z důvodu omezení pohybových artefaktů je třeba, aby pacient ležel v klidu a nemluvil. Vyšetření zahajujeme příčně orientovaným řezem nad klíční kostí. Při nezměněné orientaci sondy pokračujeme vzhůru po ACC k její bifurkaci na ACE a ACI a dále až po úhel mandibuly (Eliáš a Žižka 1997, s. 25).

Všimáme si anatomického uspořádání tepen a především přítomnosti aterosklerotického plátu. ACE odstupuje ve většině případů z bifurkace ventromediálně (tok je vysokoodporový). Naopak ACI odstupuje dorzolaterálně (tok je nízkooodporový). Při uzávěru ACI se však může nízkooodporový tok vyskytnout i v ACE. Vnitřní a zevní karotidu lze rozlišit také pomocí vizualizace jejich větví. Na rozdíl od ACI vydává ACE na krku četné větve - prvním odstupem je krátce za bifurkací a. thyroidea superior (Eliáš a Žižka 1998, s. 76). Pomocný manévr pro správnou identifikaci vnitřní a zevní karotidy provedeme poklepem na povrchově uloženou a. temporalis superficialis (větev ACE) těsně před ušním boltcem. Ve spektrálním záznamu se poté objeví přenesené pulzace, které jsou výrazněji znatelné v ACE (Eliáš a Žižka 1997, s. 26). Těsně před bifurkací se ACC mírně rozšiřuje v místě zvaném karotický bulbus a toto rozšíření obvykle pokračuje i na proximální úsek ACI. Právě karotický bulbus bývá nejčastěji napadán aterosklerotickým postižením (Eliáš a Žižka 1998, s. 82).

Spektrální dopplerovské vyšetření je kvůli korekci dopplerovského úhlu realizováno v podélném řezu. Měření maximální systolické rychlosti napomáhá přesné kvantifikaci stupně stenózy. Za normální lze považovat hodnoty do 110 cm/s (Eliáš a Žižka 1998, s. 80). Při překročení hodnoty 125 cm/s je průměr tepny redukován na 50%, což vede k omezení průtoku krve mozkem (Eliáš a Žižka 1997, s. 25).

Určení struktury aterosklerotických plátů přispívá ke stanovení prognózy komplikací. Riziko nové CMP se výrazně zvyšuje, pokud je povrch plátu nepravidelný s heterogenní strukturou a ulcerovaný (Eliáš a Žižka 1997, s. 26).

2.1.2 Vertebrální tepny

Postup vyšetření

Vyšetření odstupu vertebrálních tepen probíhá v podélném řezu. Lze ho provést dvěma způsoby:

- a) Sondu přiložíme podélně na ACC a s nezměněnou orientací sondy pokračujeme kaudálně až k proximálnímu úseku a. subclavia, jejímž prvním odstupem je právě vertebrální tepna.

- b) Sondu přiložíme podélně na ACC a poté ji posouváme dorzálně, dokud nezachytíme vertebrální tepnu v oblasti mezi transverzálními výběžky krčních obratlů. Po vertebrální tepně postupujeme kaudálně až k odstupu a. vertebralis z a. subclavia (Eliáš a Žižka 1998, s. 83).

Význam přímého zobrazení odstupů vertebrálních tepen spočívá v tom, že stenóza se nejčastěji vyskytuje v jejich nejproximálnějším úseku. Absence toku ve všech úsecích vertebrální tepny i při použití barevného záznamu indikuje možnou přítomnost okluze tepny. Maximální systolická rychlost ve vertebrálních tepnách nejčastěji dosahuje hodnot 20 až 40 cm/s. Pokles maximální systolické rychlosti pod 10 cm/s svědčí o závažné stenóze, obvykle přímo v odstupu z a. subclavia (Eliáš a Žižka 1998, s. 95).

Dalším významným parametrem je určení směru průtoku krve tepnou, který snadno stanovíme pomocí barevného nebo spektrálního záznamu. U zdravého jedince probíhá tok vždy kaudokraniálním směrem. V případě závažné stenózy či okluze v nejproximálnějším úseku a. subclavia je ischemizovaná horní končetina zásobena krví z druhostranné vertebrální tepny a z cév Willisova okruhu. Proto je směr toku obrácený, tedy kraniokaudální. Tento jev se nazývá „steal“ syndrom (Eliáš a Žižka 1997, s. 27).

2.2 TRANSKRANIÁLNÍ DOPPLER

Transkraniální dopplerovské vyšetření (TCD) představuje nejjednodušší neinvazivní metodu vyšetření průtoku intrakraniálními tepnami (Hrazdira 2008, s. 20). Využívá se především k diagnostice stenotických a okluzivních změn, detekci vazospasmů při subarachnoidálním krvácení a pro hodnocení přítomnosti kolaterálního oběhu v oblasti Willisova okruhu (Eliáš a Žižka 1998, s. 98). Neméně důležitou indikací je peroperační monitorování průtoku během provádění kritických fází výkonu, jako je umístění a odstranění karotických svorek či zavedení shuntu. TCD vyšetření je taktéž vhodné pro posouzení hemodynamických poměrů mozkového tepenného systému u pacientů se stenotickým postižením extrakraniálních tepen (Škoda a Čepl 1999, s. 40).

Aterosklerotické pláty v intrakraniální oblasti jsou nejčastěji přítomny v proximálním úseku a. cerebri media, méně často v proximálních úsecích a. cerebri anterior a a. cerebri posterior (Eliáš a Žižka 1998, s. 101).

Anatomie

Mozek je zásoben krví především z povodí a. carotis interna dextra et sinistra a a. vertebralis dextra et sinistra. A. carotis interna vstupuje intrakraniálně přes canalis caroticus. Poté vydává větve tvořící přední přítok Willisova okruhu – pravou a levou a. cerebri anterior et media. A. vertebralis vstupuje do lebky skrz foramen occipitale magnum. Po spojení s druhostrannou a. vertebralis obě tepny společně přechází na kaudálním okraji Varolova mostu v a. basilaris. Větve pro mozeček vycházející z a. basilaris jsou pravá a levá a. cerebri posterior (Naňka a Elišková 2009, s. 269).

Technické požadavky

Metoda TCD vyšetření hlavních kmenů mozkových tepen se provádí přes přístupová okna v lebce, která jsou propustná pro ultrazvukové vlnění o vyšší intenzitě (Nekula 2005, s. 16). Akustické podmínky, a tím pádem zobrazitelnost cév, se zhoršují s přibývajícím věkem, rapidně klesají po 60. roce. (Eliáš a Žižka 1998, s. 100). Vzhledem k faktu, že ultrazvuk je v kostních strukturách značně tlumen, je třeba použít fázovou sektorovou sondu s nízkou frekvencí (2 – 2,5 MHz) (Hrazdírka 2008, s. 20).

Aplikace kontrastní ultrazvukové látky zvyšuje citlivost a přesnost vyšetření. Podání KL je indikováno u pacientů s nízkou kvalitou kostních oken a u pacientů s významnými extrakraniálními stenózami, u nichž nativní vyšetření neposkytlo dostatek informací (Škoda a Čepl 1999, s. 41).

Postup vyšetření

Nejběžněji voleným přístupovým oknem je *transtemporální* okno, tzn. vyšetření přes šupinu kosti spánkové, kdy pacient leží na zádech s hlavou obrácenou směrem k vyšetřujícímu. Tím je možno získat barevné zobrazení cév Willisova okruhu v axiální, popř. koronární rovině. *Subokcipitální* přístup přes foramen occipitale magnum poskytuje

informace o distálních úsecích a. basilaris a obou aa. vertebrales. Poloha pacienta je v tomto případě vsedě nebo vleže na břiše s předkloněnou hlavou. *Submandibulární* a *transorbitální* přístupová okna jsou využívána pouze výjimečně (Eliáš a Žižka 1998, s. 99).

Barevné transkraniální dopplerovské vyšetření (TCCD) umožňuje identifikaci intrakraniální tepny, určení směru průtoku a v rámci triplexního režimu i zobrazení spektrální křivky (Eliáš a Žižka 1998, s. 99). Spektrální rychlostní křivky všech mozkových tepen mají nízkoodporový charakter, nejvyšší systolickou rychlost je možno naměřit v proximálním úseku a. cerebri media (Hrazdira 2008, s. 20). Přesné hodnoty minutového průtoku však nelze ani při barevném zobrazení s jistotou kvantifikovat, neboť nelze přesně stanovit průměr cévy (Žižka a Eliáš 1998, s. 100).

3 PERIFERNÍ CÉVY

3.1 Periferní tepny

Široké uplatnění nachází dopplerovské vyšetření v diagnostice ischemické choroby dolních končetin (ICHDK), i když nemůže plně nahradit přesnější angiografii (Eliáš a Žižka 1997, s. 27).

ICHDK je způsobena aterosklerotickým postižením tepny dolní končetiny (DK), která v důsledku snížené průchodnosti neposkytuje dostatečný přísun kyslíku pro svaly a okolní tkáň (Seifert 2009, s. 789). Onemocnění se vyskytuje především ve vyšším věku. Ve vyspělých zemích jím trpí až 15-20% osob starších 65 let, častěji postihuje muže (Zimolová 2010, s. 437). Rizikové faktory vzniku ICHDK jsou kromě věku také kouření, hypertenze, diabetes mellitus a poruchy lipidového metabolismu (Seifert 2009, s. 790).

DUS lze využít také při ověřování průchodnosti tepen po chirurgicky provedených bypasech a pro diagnostiku aneuryzmat, pseudoaneuryzmat a A-V píštělí.

Anatomie

a) tepny dolní končetiny

Cévní zásobení stehna je zajištěno větvemi a. femoralis (pokračování a. iliaca externa), která v oblasti podkolenní jámy přechází v a. poplitea. Bércová a lýtková oblast je vyživována větvemi a. poplitea – a. tibialis anterior a a. tibialis posterior a také pomocí a. peronea. Oblast nohy je cévně zásobena prostřednictvím a. dorsalis pedis a arcus plantaris (Holibková a Laichman 2010, s. 99).

b) tepny horní končetiny

A. subclavia v místě podpažní jámy přechází v a. axillaris, která ve výši collum chirurgicum přechází v a. brachialis. V loketní jamce se a. brachialis větví na a. radialis a a. ulnaris vyživující předloktí. Na dlani vytváří obě tepny arcus palmaris superficialis et profundus (Holibková a Laichman 2010, s. 99).

Technické požadavky

Dolní úsek břišní aorty a pánevní tepny jsou uloženy poměrně hluboko a navíc je často překrývají střevní kličky obsahující plyn. Proto je třeba vyšetřovat konvexní nebo sektorovou sondou s nízkou nastavenou frekvencí 2,5 – 4 MHz. Nejběžněji volené sondy pro vyšetření tepen horních a dolních končetin jsou lineární a konvexní sondy pracující s frekvencí okolo 5 MHz. Povrchově uložené drobné cévy lze lépe zobrazit při použití lineární sondy s vyšší frekvencí 7,5 – 10 MHz (Eliáš a Žižka 1998, s. 112).

Postup vyšetření

a) tepny dolní končetiny

Vyšetření tepen DK je zahájeno polohou pacienta na zádech, podkolenní a lýtkové tepny (kromě a. tibialis anterior) se vyšetřují v poloze nemocného na břiše nebo na boku. Doporučuje se, aby pacient byl alespoň 12 hodin před vyšetřením na lačno z důvodu snížení obsahu plynu ve střevě znesnadňujícího orientaci v oblasti abdominální aorty a pánevních tepen. Standardní rozsah vyšetření tepen DK je od dolní břišní aorty po bércové tepny (Eliáš a Žižka 1998, s. 113).

Periferní tepny lze vyšetřovat s použitím pouhého duplexního režimu, barevné mapování však přináší řadu výhod a především pro správné vyšetření tibiálních a fibulárních tepen je nezbytně nutné. Barevná dopplerovská metoda taktéž ulehčuje orientaci, odhaluje případné změny v charakteru průtoku a navíc i výrazně zkracuje čas potřebný pro vyšetření (Eliáš a Žižka 1997, s. 27).

Obvyklé je zobrazení cév v podélné orientaci. Pro přesné hodnocení šířky cévy (vyloučení aneuryzmatické dilatace) a pro získání detailního přehledu o anatomických strukturách je vhodnější znázornění v příčném řezu. Barevným záznamem v příčné orientaci je možné prokázat případnou asymetrii stenotického lumina. Během spektrálního záznamu je v normální arterii přítomný typický trifázický, vysokoodporový tok (Eliáš a Žižka 1998, s. 113). Těsně nad úrovní uzávěru detekujeme namísto trifázického pouze monofázický charakter s nízkoodporovým tokem, navíc s poklesem amplitudy a absencí diastolického toku (Broulíková 2007). Maximální systolická rychlost v pánevních tepnách většinou není

vyšší než 150 cm/s, distálním směrem se její hodnota snižuje, tudíž v popliteální tepně hodnota dosahuje pouze 70 cm/s (Eliáš a Žižka 1998, s. 114).

Velmi nápomocná je DUS při diferenciální diagnostice a hodnocení komplikací po provedených katetrizačních výkonech v oblasti třísla, mezi něž se řadí především hematomy a pseudoaneuryzmata. Jejich prokazatelnost je velmi snadná – v hematomu nelze detekovat žádný tok, pro pseudoaneuryzma je naopak typický spirálový vířivý tok (Eliáš a Žižka 1997, s. 27). A-V píštěle jsou diagnostikovány na základě lokálního narušení hemodynamiky, přičemž ve véně odhalíme zvýšený průtok s možným pulzujícím charakterem. Kontrola průchodnosti chirurgických bypassů má za úkol včasnou odhalení stenóz a trombotických komplikací. Jejich nejčastější lokalizace je v místě proximální či distální anastomózy (Eliáš a Žižka 1997, s. 28).

b) tepny horní končetiny

Průchodnost tepen horní končetiny (HK) hodnotíme vleže, případně vsedě s končetinou v mírné abdukci a dlaní směřující vzhůru. Postup vyšetření je obdobný jako u tepen DK, tzn. je vždy nutné postupně insonovat průběh všech tepen HK. Vyšetření probíhá v rozsahu od aortálních odstupů až k zápěstí. Konvexní sondou ověříme stav proximálních úseků podklíčkových tepen (při podezření na uzávěr doplníme i vyšetření vertebrálních tepen), vysokofrekvenční lineární sondou snímáme oblast podpaží, paže a předloktí (Eliáš a Žižka 1998, s. 115).

3.2 Periferní žíly

Dvourozměrné ultrazvukové vyšetření v kombinaci s dopplerovským mapováním průtoku představují velmi spolehlivou metodu diagnostiky periferního žilního systému, zejména při pátrání po zdroji plicní embolie – hluboké žilní trombóze (Foley a kol. 1989, s. 371).

Hluboká žilní trombóza (HŽT) neboli flebotrombóza je onemocnění způsobené krevní sraženinou (trombem), následkem kterého dojde k částečnému nebo úplnému ucpání žíly (Skalická 2006, s. 415). Jedná se o velmi závažné onemocnění, neboť kromě

nepříjemných a bolestivých otoků DK reálně hrozí riziko uvolnění trombu s následným vznikem plicní embolie, která může způsobit až smrt pacienta (Eliáš a Žižka 1998, s. 185). Další možnou komplikací může představovat vznik chronické žilní insuficience, onemocnění, jež často pacienta doživotně invalidizuje (Skalická 2006, s. 415). Rizikový je také opětovný výskyt žilní trombózy či vznik posttrombotického syndromu při sekundárně vzniklé žilní chlopenní insuficienci (Eliáš a Žižka 1998, s. 185).

Typickými příčinami vzniku HŽT jsou dlouhodobá imobilizace končetiny a žilní stáza (Eliáš a Žižka 1998, s. 185). Riziko se výrazně zvyšuje v případě imobilizace trvající déle než dva týdny (Skalická 2006, s. 415). Trombózu může často vyvolat také obezita, přítomnost nádorového nebo zánětlivého onemocnění, trauma spojené s mechanickým poškozením žilní stěny, chirurgický zákrok, zavedení centrálního žilního katetru a u žen také těhotenství, šestinedělí a v neposlední řadě i užívání hormonální antikoncepce (Musil 2009, s. 231).

Roční incidence HŽT je udávána okolo 0,1 – 0,2% (tj. 1-2 případů na 1 000 obyvatel). V dětském věku a před 20. rokem života je výskyt trombózy vzácný, riziko se zvyšuje v souvislosti s rostoucím věkem. Četnost výskytu dále stoupá po 45. roce věku a maximálních hodnot dosahuje po 75. roce věku, kdy postihuje až 1% obyvatel (1 případ na 100 obyvatel) (Musil 2009, s. 231). Rozdíl ve výskytu u mužů a u žen není nijak markantní, liší se pouze průměrný věk nástupu onemocnění. U mužů je nižší (66 let) než u žen (72) let (Skalická 2006, s. 415).

Hlavní roli v zobrazování a diagnostice HŽT hraje *dopplerovská ultrasonografie* a *ascendentní rentgenová flebografie* (Eliáš 2006, s. 333). V případě nejednoznačného nálezu nebo nejistého výsledku vyšetření mohou být tyto metody doplněny o spirální CT nebo magnetickou rezonanci (MR).

Nejpřesnější metodou při diagnostice HŽT i nadále zůstává *flebografie*, kterou je možno velmi spolehlivě a přesně prokázat přítomnost trombu v cévním řečišti a určit rozsah onemocnění. Hlavní nevýhodou této metody je však její invazivita. Vyžaduje se kanylace periferní žíly, což může být zejména při velkých otocích DK poměrně obtížné. Podání

jodové kontrastní látky navíc vede k riziku vzniku nežádoucí reakce (Cholt 1999, s. 9).

Naopak *dopplerovská ultrasonografie* je metoda neinvazivní, snadno proveditelná a nehrozí při ní žádná rizika. Současné moderní ultrazvukové přístroje poskytují možnost barevného mapování krevního toku a zlepšují tak diagnostickou přesnost ultrazvukového vyšetření. Z uvedených fakt vyplývá, proč je DUS upřednostňována před flebografií (Eliáš 2006, s. 333).

Laboratorní vyšetření *D-dimerů* (konečné produkty štěpení fibrinu plazminem) stanovených z krevního vzorku výrazně zvyšuje senzitivitu (až 97%), má však velmi nízkou specifitu (asi 35%). Důvodem je přítomnost zvýšené hladiny D-dimerů i u jiných onemocnění, než je žilní trombóza, jako je trauma, zánět, malignita, pooperační stavy a těhotenství. Negativní D-dimery postačují k vyloučení žilní trombózy, aniž bylo provedeno ultrasonografické vyšetření (Skalická 2006, s. 418).

Anatomie

a) žíly dolní končetiny

Žilní systém dolní končetiny tvoří povrchové žíly uložené v podkoží, hluboké žíly probíhající v hloubce mezi svaly společně s tepnami a perforující žíly (Naňka 2009, s. 125). Všechny žíly obsahují četné chlopně, které zajišťují jednosměrný tok krve z periferie směrem k centrálním žilním kmenům a z povrchového do hlubokého systému (Eliáš a Žižka 1998, s. 185).

• povrchové žíly

Žilní pleteň odvádějící krev z dorsum pedis a z planty směřuje do v. saphena magna při vnitřním kotníku a v. saphena parva poblíž zevního kotníku (Naňka 2009, s. 126). V. saphena magna je nejdelší žilou v těle, která je často používána jako štěp pro arteriální bypassy (Eliáš a Žižka 1998, s. 188). Prochází po ventromediální straně bérce, odkud pokračuje na ventromediální stranu stehna, kde ústí do v. femoralis. V. saphena parva se nachází na dorzolaterální ploše bérce a ústí do v. poplitea (Naňka a Elišková 2009, s. 127).

- **hluboké žíly**

Hluboké žíly bývají často zdvojeny a probíhají souběžně se stejnojmennými tepnami. Jejich názvy jsou proto obdobné, jako je tomu u tepen: v. femoralis, v. femoralis communis, v. profunda femoris, v. femoralis superficialis, v. poplitea, v. tibialis anterior et posterior, v. peronea, v. plantaris medialis et lateralis (Naňka a Elišková 2009, s. 127).

- **perforující žíly**

Perforátory odvádějí krev z povrchových do hlubokých žil. Insuficience chlopní způsobuje návrat krve do povrchových žil, což vede k jejich dilataci a vzniku varixů (Eliáš a Žižka 1998, s. 188).

b) žíly horní končetiny

Žíly na horní končetině se stejně jako v případě dolní končetiny dělí na povrchový a hluboký systém. Oba systémy taktéž obsahují žilní chlopně.

- **povrchové žíly**

Ze sítě žil na hřbetu ruky je krev odváděna do v. cephalica, která směřuje po ventrolaterální straně předloktí do fossa cubiti, pokračuje po ventrolaterální straně paže a v úrovni axily ústí do v. axillaris (Eliáš a Žižka 1998, s. 189). V. basilica probíhá po ventromediální straně předloktí a po průchodu loketní jamkou se vprostřed paže vlévá do v. brachialis. V krajině loketní se povrchové žíly spojují a vytváří širokou kubitální žílu, místo pro intravenózní aplikaci léků a odběr krve (Naňka a Elišková 2009, s. 122).

- **hluboké žíly**

Probíhají paralelně se stejnojmennými tepnami, často jsou zdvojené.

Technické požadavky

Nejvhodnější pro vyšetření žilního systému dolních končetin jsou lineární, popř. konvexní sondy s pracovní frekvencí okolo 5 MHz. Pro obézní pacienty nebo při výrazném otoku končetiny jsou pro lepší hloubkovou penetraci voleny sondy pracující s nižší frekvencí (3 – 3,5 MHz). Děti a štíhlí pacienti se naopak vyšetřují pomocí sondy s vysokou frekvencí (7 – 10 MHz). Vysokofrekvenční sondy se využívají také při cíleném vyšetření povrchového žilního systému (Eliáš a Žižka 1998, s. 189). Hodnocení horní končetiny provádíme za pomoci lineární sondy s frekvencí 6 – 8 MHz (Cholt 1999, s. 18).

Postup vyšetření

a) žíly dolní končetiny

Pánevní a femorální řečiště se vyšetřuje při poloze pacienta vleže na zádech, popliteální žílu insonujeme vleže na břiše, kdy pacient opře nohu o špičku palce. Flexí kolena minimalizujeme napětí okolních svalů a v. poplitea tak není komprimována (Eliáš a Žižka 1997, s. 28). Těžko pohyblivé či imobilní pacienty není nutno přetáčet na břicho, stačí, když elevujeme vyšetřovanou končetinu a podložíme ji pod patou, případně pacient maximálně vytočí dolní končetinu zevně (Cholt 1999, s. 16).

Žíly jsou zpravidla doprovázeny tepnami stejného jména, což výrazně usnadňuje orientaci. Navíc je v barevném záznamu dobře patrná pulzace těchto tepen (Cholt 1999, s. 13.)

První fáze vyšetření probíhá v poloze na zádech. Lineární sondou nejprve v příčných řezech identifikujeme v třísle v. femoralis communis a její hlavní přítoky. Postupně pokračujeme kaudálním směrem až na distální část stehna. V oblasti Hunterova kanálu je femorální žíla obtížně vyšetřitelná, neboť se společně se stejnojmennou tepnou dostává do hloubky (Cholt 1999, s. 16).

V druhé fázi vyšetření pacienta přetočíme na břicho a vyšetřujeme v. poplitea v podkolenní jamce, která je pokračováním stehenní žíly po jejím výstupu z Hunterova kanálu. Dále postupujeme distálním směrem a zkoumáme průchodnost dorzomediálně uložené v. tibialis posterior a dorzolaterálně uložené v. peronea. Jejich umístění v hloubce a pomalé toky uvnitř obou cév značně znesnadňují detekci, proto se při barevném zobrazení nelze obejít bez augmentačních manévrů. V. tibialis anterior se nachází na ventrolaterální straně, je velmi obtížně identifikovatelná a pro diagnostiku HŽT není její vyšetření považováno za nezbytně nutné (Cholt 1999, s. 17). Běžný rozsah vyšetření je tedy od tříslel po trifurkaci (Eliáš a Žižka 1997, s. 28).

Diagnostika žilní trombózy se provádí pomocí kompresní metody, proto není vybavení ultrasonografického přístroje možností barevného záznamu nezbytně nutné. Kompresibilitu žíly ověřujeme na příčných řezech ve dvourozměrném zobrazení v různých úsecích žíly (Eliáš a Žižka 1997, s. 28). Je třeba provádět komplexní vyšetření lumina žíly v celém jejím průběhu, nikoliv pouze prohlédnout dílčí úseky.

Při takto zkrácené verzi by totiž mohla být přehlédnuta izolovaná trombóza (Cholt 1999, s. 13).

Ve fyziologickém případě je žíla anechogenní nebo hypoechogenní a je snadno stlačitelná, nekompresibilita žíly svědčí o patologii a možném výskytu žilní trombózy (Skalická 2006, s. 417). V případě nástěnné trombózy je žíla stlačitelná pouze částečně a krevní tok se proto pomocí barevného dopplerovského záznamu zobrazuje pouze v části žilního lumina. Kompletní žilní uzávěr lze rozpoznat i bez využití dopplerovského záznamu na základě úplné nestlačitelnosti žíly (Eliáš a Žižka 1997, s. 28). Maximální systolická rychlost se pohybuje okolo 20 cm/s (Cholt 1999, s. 14).

b) žíly horní končetiny

Poloha pacienta je na zádech s horní končetinou v mírné abdukci. Vyšetření začíná v příčném řezu detekcí v. jugularis zhruba uprostřed krku v dorzolaterálním postavení oproti společné krkavici. Sondu posouváme po krku dolů k ústí v. brachiocephalica, kde změním orientaci sondy na podélnou. Těsně nad klavikulou lze zachytit ústí v. subclavia, která se však v laterální části klíčku stává prakticky nedetekovatelná. V axile je možné při poloze rukou za hlavou identifikovat v. axillaris a přechod do v. cephalica. Příčnými řezy pokračujeme po v. axillaris distálním směrem na v. brachialis a dále na předloktí k větvení na žíly ulnární a radiální (Cholt 1999, s. 18-19).

4 BŘIŠNÍ AORTA A PARENCHYMATÓZNÍ ORGÁNY

4.1 BŘIŠNÍ AORTA

Břišní aorta a parenchymatózní orgány jsou příklady dalších možností využití dopplerovské ultrasonografie. Abdominální úsek aorty je na rozdíl od hrudního úseku ultrasonograficky detekovatelný v celém svém rozsahu. S pomocí dopplerovského záznamu krevního toku lze odhalit její nejčastější postižení zahrnující aortální aneurysmata, aterosklerotické změny, stenózy a okluze.

U štíhlých pacientů je identifikace hlavních větví břišní aorty a zjištění případných morfologických odchylek možná na základě pouhého dvourozměrného ultrazvukového vyšetření, u obézních pacientů je však vyšetření limitováno vyšším obsahem tuku v dutině břišní. Problémem může být i zvýšený obsah plynu v trávicí trubici. V těchto případech se proto nelze spoléhat pouze na dvourozměrné zobrazení, ale pro přesnější orientaci v dané oblasti je nutno připojit i barevný dopplerovský záznam (Eliáš a Žižka 1998, s. 131).

Anatomie

Přechod hrudní aorty na břišní aortu se nachází přibližně v úrovni dvanáctého hrudního obratle, v úrovni čtvrtého lumbálního obratle se větví na pravou a levou společnou ilickou tepnu. Břišní aorta je uložena v retroperitoneu a probíhá vlevo před těly bederních obratlů. V celém svém průběhu vydává párové a nepárové větve. Mezi párové větve odstupující laterálně řadíme aa. renales, aa. testiculares, aa. ovaricae a aa. lumbales. Jediné renální tepny lze snadno zobrazit. Nepárové větve odstupují ventrálně a patří mezi ně truncus coeliacus, a. mesenterica superior a a. mesenterica inferior (Naňka 2009, s. 111 – 113).

Technické požadavky

K vyšetření využíváme konvexní sondy pracující s frekvencí 3 – 3,5 MHz, děti a výrazně štíhlé jedince vyšetřujeme vysokofrekvenční 5 MHz sondou, obézní pacienty spíše nízkofrekvenční 2 – 3 MHz sondou (Eliáš a Žižka 1998, s. 134).

Postup vyšetření

Ultrasonografické vyšetření břišní aorty provádíme vleže na zádech, retroperitoneálně uložené cévy se u obézních jedinců snadněji vyšetřují v poloze na boku. Pochopitelně je žádoucí, aby pacient před vyšetřením lačněl – alespoň 6 hodin (Burkert a Chmelíková 2001).

Vyšetření zahájíme příčně orientovaným řezem těsně pod bránicí, kde je možné identifikovat při hlubokém výdechu truncus coeliacus a a. mesenterica superior. Při nezměněné orientaci sondy pokračujeme kaudálně až k bifurkaci aorty. Cestou lze detekovat a. mesenteric inferior ve výši zhruba 3 cm nad bifurkací. Doplnujeme i podélné řezy a snažíme se také detekovat viscerální větve aa. renales, aa. testiculares/ovaricae a aa. lumbales (Eliáš a Žižka 1998, s. 134).

Po morfologickém zhodnocení aorty a jejich hlavních odstupů spustíme barevný dopplerovský záznam, jehož hlavním úkolem je pátrat po místech s lokálně narušeným tokem. V aortě i jejích větvích se vyskytují poměrně vysoké rychlosti toku. Pro truncus coeliacus je typický nízkoodporový tok s maximální systolickou rychlostí 60 – 150 cm/s. Charakteristika toku v a. mesenterica superior et inferior se výrazně mění. Pokud je pacient nalačno či po fyzické zátěži, nacházíme ve spektrálním záznamu vysokoodporový tok s absencí diastolické komponenty. Po jídle se vlivem vazodilatace výrazně sníží periferní rezistence, což se projeví nárůstem diastolického průtoku i naměřené maximální systolické rychlosti. Hodnota maximální systolické rychlosti je tedy značně variabilní a pohybuje se v rozmezí 60 – 200 cm/s. Aterosklerotické změny diagnostikujeme na základě ztlustělé stěny cévy se začínajícími aterotickými pláty vytvářejícími akustický stín. V dopplerovském záznamu se projeví absencí barevného signálu (Eliáš a Žižka 1997, s. 136 – 137).

4.2 PARENCHYMATÓZNÍ ORGÁNY

Zobrazení drobných cév vyživujících parenchymatózní orgány je technicky náročné a vyžaduje vybavení přístroje moderní metodou mapující dopplerovskou energii

Color Doppler Energy (CDE), který je citlivý i k velmi pomalým tokům. Jeho principem je barevné kódování nikoliv na základě rychlostí toku, ale s ohledem na intenzitu dopplerovského signálu odrážejícího množství pohybující se krve. Nevýhodou však je, že nejsme schopni určit rychlost ani směr toku.

5 PORTÁLNÍ SYSTÉM

Barevný dopplerovský záznam má významný přínos pro diagnostiku poruch cirkulace portálního řečiště (Eliáš a Žižka 2006, s. 358). Nejčastějšími indikacemi k DUS jsou podezření na portální hypertenzi nebo trombózu portální žíly a jejích větví (Eliáš a Žižka 1997, s. 30). Je třeba mít na paměti, že u portální hypertenze se vyskytují i výrazně zpomalené toky, které by mohly být v rámci dopplerovského vyšetření opomenuty a mohlo by tak dojít k vyslovení mylné diagnózy - portální trombózy. Ultrasonografické vyšetření bývá v tomto případě doplněno o CT vyšetření, popř. MR. (Eliáš a Žižka 2007, s. 169).

Přínosné je hodnocení hemodynamických parametrů po chirurgické aplikaci portosystémových spojek či transjugulární intrahepatální portosystémové spojky (TIPS). V současnosti představuje dopplerovský záznam běžnou součást každého ultrasonografického vyšetření dutiny břišní (Eliáš a Žižka 2007, s. 166).

Anatomie

Cévní zásobení jater je zajištěno ze sedmdesáti procent v. portae (VP), zbytek obstarává a. hepatica. Portální žíla má dva hlavní přítoky – v. lienalis (VL) a v. mesenterica superior (VMS) (Eliáš a Žižka 1998, s. 210). V jaterní brance se v. portae rozděluje na pravou a levou větev pro pravý a levý jaterní lalok a následně na drobnou síť žil pro jednotlivé segmenty. Z jater je krev odváděna přes v. centralis do v. cava inferior (VCI) (Holibková a Laichman 2010, s. 100).

Technické požadavky

Volba typu vyšetřovací sondy závisí na tělesné konstituci pacienta. Vhodné jsou konvexní sondy pracující s frekvencí 3,5 – 5 MHz, pro obézní pacienty jsou upřednostňovány nízkofrekvenční 2 – 2,5 MHz sondy (Eliáš a Žižka 1998, s. 214).

Postup vyšetření

Vyšetření portálního systému je nutné provádět nalačno, aby došlo k omezení přítomnosti plynu v trávicím traktu. Náplň trávicí trubice rovněž ovlivňuje rychlost portálního průtoku, po jídle může stoupnout o 30 – 125% (Eliáš a Žižka 2007, s. 166).

Poloha pacienta během vyšetření je samozřejmě na zádech. Nejprve zhodnotíme celkový morfologický stav orgánů dutiny břišní a vyloučíme přítomnost ascitu. Následuje vlastní vyšetření cév VP, VMS a VL, nesmíme vynechat ani insonaci horního úseku VCI a hlavních kmenů jaterních žil. Ve fyziologickém případě míří krevní tok v portálním řečišti směrem k játrům (hepatopetálně). Průměrná maximální rychlost uvnitř kmene VP se nalačno pohybuje okolo hodnoty 18 cm/s. Maximální systolická rychlost v jaterní arterii odpovídá 30 – 40 cm/s, tok je nízkoodporový (Eliáš a Žižka 2007, s. 167).

Diagnostika parciální, případně kompletní trombózy VP se opírá o průkaz absence toku v jejím luminu. Při pátrání po portální hypertenzi (tlak ve vrátnicovém řečišti přesahuje 10 mm Hg) si všímáme jejich nejvýznamnějších příznaků. Patří mezi ně pozitivní průkaz kolaterál – nejčastěji při rekanalizaci umbilikální žíly, rozšířený průměr VP, VMS a VL, kdy je součet jejich průměru větší než 27 mm a průkaz obráceného toku v portálním řečišti (Eliáš a Žižka 1997, s. 30).

6 UROGENITÁLNÍ SYSTÉM

Dopplerovská ultrasonografie je velmi vhodná zobrazovací metoda pro diagnostiku renovaskulární hypertenze, vyšetření transplantované ledviny a vyšetření skróta při podezření na torzi varlete (Eliáš a Žižka 1998, s. 151).

Příčinou renovaskulárního typu hypertenze u starších osob je ateroskleróza, typicky postihující odstupující renálních tepen. U mladších osob je způsobena fibromuskulární dysplazií ve středním úseku renálního kmene (Burkert a Chmelíková 2001). Závažnost aterosklerózy renálních tepen odráží fakt, že daleko častější komplikací než selhání ledvin je koronární příhoda, srdeční selhání nebo CMP (Tesař 2010).

Ultrazvukové vyšetření ve spojení s dopplerovským módem je suverénně nejprůnosnější metodou pro diagnostiku jak akutní rejekce transplantátu, tak časných i pozdních pooperačních komplikací (Nekula a kol. 2005, s. 122).

V oblasti skróta jsme schopni pomocí DUS detekovat akutní onemocnění – ichémií a záněty (Eliáš a Žižka 1998, s. 182). K ischemii dochází v důsledku testikulární torze, způsobující uskrínutí tepen a žil a následný vznik ischemie varlete a nadvarlete (Burkert a Chmelíková 2001).

6.1 RENÁLNÍ TEPNY

Anatomie

Renální tepny odstupují těsně pod odstupem a. mesenterica superior z dolního úseku břišní aorty ve výši obratle L1-L2 laterálně. Vpravo je renální tepna překryta dolní dutou žilou, na obou stranách jsou tepny doprovázeny stejnojmennými žilami. Přibližně u čtvrtiny populace se vyskytuje zdvojení renálních tepen, v ojedinělých případech dokonce jednu ledvinu vyživuje i trojice nebo čtveřice tepen. Uvnitř ledviny se renální tepna dělí na několik drobnějších tepen (Naňka a Elišková 2009, s. 112).

Technické požadavky

Hloubka uložení renálních tepen v retroperitoneální dutině vyžaduje použití konvexních nebo sektorových nízkofrekvenčních sond o frekvenci 2 – 3,5 MHz (Eliáš a Žižka 1998, s. 154).

Postup vyšetření

Vyšetření se vždy provádí nalačno. Při poloze pacienta na zádech případně na boku zobrazujeme v různých stupních nádechu cévy od odstupu z aorty po hilus ledviny. V některých případech je nutné pacienta otočit na břicho a tepny detekovat z bederní oblasti (Eliáš a Žižka 1998, s. 154).

Barevný záznam opět usnadňuje orientaci a pomocí triplexního režimu lze měřit spektrální křivky. Krevní tok má nízkoodporový charakter (Eliáš a Žižka 1998, s. 155). Ve fyziologickém případě se maximální systolická rychlost pohybuje okolo 100 cm/s, hodnoty nad 150 cm/s poukazují na až 60% riziko vzniku hemodynamicky závažné stenózy (Hofírek 2004).

6.2 TRANSPLANTOVANÁ LEDVINA

Nejběžnější místo pro uložení štepů při transplantaci ledviny je retroperitoneální prostor v pravé jámě kyčelní. Před zahájením vyšetření je nutné znát způsob operačního řešení a uspořádání cévních anastomóz pro snadnější orientaci. Transplantovaná ledvina je na rozdíl od zdravé ledviny umístěna povrchově, proto je možné ji vyšetřovat konvexní sondou s vyšší pracovní frekvencí (5 MHz). Ve dvourozměrném obraze nejprve zhodnotíme celkový morfologický stav štěpu, dopplerovská metoda poté napomáhá při detekci přítomnosti a charakteru prokrvení štěpu (Eliáš a Žižka 1998, s. 168).

Barevné dopplerovské zobrazení taktéž umožňuje diagnostikovat stenózu renální tepny graftu v místě chirurgické anastomózy. Průkazem stenózy je zvýšení maximální systolické rychlosti přesahující hodnotu 200 cm/s (Eliáš a Žižka, 1997, str. 29). Typický pro transplantovanou ledvinu je nízkoodporový tok, výskyt vysokoodporového toku značí

rejekci či trombózu renální žíly nebo akutní tubulární nekrózu (Nekula a kol. 2005, s. 122).

6.3 SCROTUM

Tepenné zásobení skróta je zajištěno zejména testikulárními arteriemi – párové větve odstupující přímo z abdominální aorty těsně pod úrovní renálních tepen. V oblasti pánve vstupují do tříselného kanálu a v rámci spermatického řetězce z nich odstupují větve pro nadvarle a chámovod (Eliáš a Žižka 1998, s. 174). Žíly vyživující varle vytváří plexus pampiniformis, z něhož pokračují jako venae testiculares. V místě odstupu a. testicularis poté ústí vlevo do v. renalis a vpravo do v. cava inferior (Čihák 2002, s. 276).

Ultrazvukové vyšetření skróta provádíme při poloze pacienta vleže na zádech, přičemž varle je vhodné mírně podložit (k tomu nám poslouží např. složená rouška). Při diagnostickém vyšetření varikokély, kdy dochází k rozšíření žil v intraskrotální oblasti, doplňujeme i vyšetření ve stoje. Používáme vysokofrekvenční lineární sondy s frekvencí okolo 7 MHz citlivou i k velmi pomalým tokům 7 – 12 cm/s (Eliáš a Žižka 1998, s. 175). Torzi varlete lze odhalit na základě absence toku v postiženém varleti, které je navíc zbytnělé a má hypoechogenní strukturu. Snadno odhalitelnou známkou přítomnosti zánětu je zvýšený barevný signál (Burkert 2001).

ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo předložit přehled o problematice dopplerovské ultrasonografie, která představuje díky své neinvazivnosti, jednoduchosti provedení a široké dostupnosti nepostradatelnou vyšetřovací metodu pro diagnostiku řady více či méně závažných onemocnění. Práce si rovněž kladla za cíl seznámení s možnostmi využití a vyšetřovacími postupy dopplerovské ultrasonografie při vyšetření cévního zásobení jednotlivých částí těla.

V první kapitole jsou v souladu s prvním cílem práce přiblíženy základní poznatky o konvenční ultrasonografii a dopplerovské ultrasonografii, které byly získány studiem odborné literatury. Je zde uveden přehled historického vývoje ultrasonografie, definován ultrazvuk a Dopplerův jev, popsány jejich základní charakteristiky, typy ultrazvukového záznamu a druhy ozvučovacích sond. Hlavní pozornost je věnována dopplerovské ultrasonografii, typům dopplerovského záznamu a dopplerovským systémům. Zmíněny jsou rovněž výhody i nevýhody, které s sebou dopplerovská ultrasonografie v klinické praxi přináší.

Jádro práce tvoří kapitoly věnované druhému a třetímu cíli práce – možnostem využití dopplerovské ultrasonografie na poli diagnostického zobrazování a přehledu vyšetřovacích postupů. Jednotlivé kapitoly se zaměřují na vyšetření magistrálních tepen zásobujících mozek, periferních cév, břišní aorty a parenchymatózních orgánů, portálního a urogenitálního systému.

V každé z těchto kapitol je zdůvodněno využití dopplerovské ultrasonografie k vyšetření dané oblasti těla, dále pak její stručný anatomický popis. V technických požadavcích jsou definovány nejvhodnější frekvence a optimální typ sondy pro konkrétního pacienta a konkrétní druh vyšetření.

Z poznatků uvedených v odborných publikacích vychází popis vyšetřovacích postupů, který obsahuje zejména přehledné informace o požadovaném rozsahu vyšetření, dané

poloze pacienta a průběhu celého vyšetření. Zmíněny jsou klíčové parametry odhalující patologie.

Zcela na závěr je třeba konstatovat, že dopplerovská ultrasonografie představuje sice již tradiční, ale nadále velmi významnou a v některých případech dokonce nejpřesnější metodu, která navzdory výraznému rozvoji moderních zobrazovacích metod nachází v současné moderní medicíně široké uplatnění.

BIBLIOGRAFICKÉ ZDROJE

1. BORŮVKA V., Duplexní ultrasonografie karotid. *Lékařské listy*, 2002, roč. 51, č. 21. Dostupné na WWW: <http://zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/duplexni-ultrasonografie-karotid-145232>
2. BRICHTA J., BRICHTOVÁ E., MIKULÍK J., Pacient s TIA u praktického lékaře – diagnóza, kterou nelze bagatelizovat. *Lékařské listy*, 2010, roč. 59, č. 5. Dostupné na WWW: <http://zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/pacient-s-tia-u-praktickeho-lekare-diagnoza-ktou-nelze-bagatelizovat-450200>
3. BROULÍKOVÁ, A., Neinvazivní diagnostika aterosklerózy periferních tepen. *Postgraduální medicína*, 2007, roč. 9, č. 4. Dostupné na WWW: <http://zdn.cz/clanek/postgradualni-medicina/neinvazivni-diagnostika-aterosklerozy-perifernich-tepen-300326>
4. BURKERT J., CHMELÍKOVÁ H., Ultrasonografické vyšetření cév. *Lékařské listy*, 2001, roč. 50, č. 21. Dostupné na WWW: <http://zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/ultrasonograficke-vysetreni-cev-136223>
5. ČIHÁK R., Anatomie 2, 2. vydání. Praha: Grada, 2002. ISBN 978-80-247-1132-4
6. ELIÁŠ P., Využití ultrasonografie v diagnostice akutní trombózy hlubokého žilního systému dolních končetin. *Česká radiologie*, 2006, roč. 60, č. 5, s. 333-336. ISSN 1210-7883.
7. ELIÁŠ P., ŽIŽKA J., Dopplerovská ultrasonografie portálního systému. *Československá gastroenterologie a hepatologie*, 2007, roč. 61, č. 3, s. 166-169. ISSN 1213-323X.

8. ELIÁŠ P., ŽIŽKA J., Dopplerovská ultrasonografie portálního systému. *Česká radiologie*, 2006, roč. 60, č. 5, s. 353 – 359. ISSN 1210-7883.
9. ELIÁŠ P., ŽIŽKA J., Dopplerovská ultrasonografie. 1. vydání. Hradec Králové: Nucleus, 1998. ISBN 80-901753-5-X.
10. ELIÁŠ P., ŽIŽKA J., Dopplerovská ultrasonografie. *Česká radiologie*, 1997, roč. 51, suppl., s. 19-31. ISSN 1210-7883.
11. FERDA J., KASTNAR J., KREUZBERG B., NOVÁK M., ROHAN V., Zobrazení akutní mozkové ischemie. *Česká radiologie*, 2007, roč. 61, č. 3, s. 231-234. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0703_01.pdf
12. FOLEY D., MIDDLETON W., LAWSON T., ERICSON S., QUIROZ F., MACRANDER S., Color Doppler Ultrasound Imaging of Lower-Extremity Venous Disease. *American Journal of Roentgenology*, 1989, roč. 152, č. february, s. 371-376. Dostupné na WWW: <http://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/ajr.152.2.371>
13. GRANT E., TESSLER F., PERRELLA R., Clinical Doppler Imaging. *American Journal of Roentgenology*, 1989, roč. 152, č. april, s. 707-717. Dostupné na WWW: <http://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/ajr.152.4.707>
14. HOLIBKOVÁ A., LAICHMAN S., Přehled anatomie člověka. 5. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. ISBN 978-80-244-2615-0.
15. HOFÍREK I., Diagnostika renálních tepen. *Lékařské listy*, 2004, roč. 53, č. 50. Dostupné na WWW: <http://zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/diagnostika-renalnich-tepen-164742>

16. HRAZDIRA I., Biofyzikální základy ultrasonografie. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. ISBN 978-80-244-2895-6.
17. HRAZDIRA I., Úvod do ultrasonografie. 2008, Dostupné na WWW: http://www.med.muni.cz/dokumenty/pdf/uvod_do_ultrasonografie1.pdf
18. CHOLT M., Barevná ultrasonografie hluboké žilní trombózy. 1. vydání. Kuřim: AF 167, 1999. ISBN 80-85384-39-6.
19. LACMAN J, JANOUŠKOVÁ L., Současné možnosti diagnostiky a léčby akutní ischemické cévní mozkové příhody. *Česká radiologie*, 2010, roč. 64, č. 2, s. 137-144. ISSN 1210-7883. Dostupné na WWW: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1002_137_144.pdf
20. MUSIL D., Hluboká žilní trombóza – minimum pro praktické lékaře. *Medicina pro praxi*, 2009, roč. 6, č. 5, s. 231-234. ISSN 1214-8687.
21. NAŇKA O., ELIŠKOVÁ M., Přehled anatomie. 2. vydání. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
22. NEKULA J., HEŘMAN M., VOMÁČKA J., KÖCHER M., Radiologie. 3. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2005. ISBN 80-244-1011-7.
23. SEIDL Z., BURGETOVÁ A., HOFFMANNOVÁ E., MAŠEK M., VANĚČKOVÁ M., VITÁK T., Radiologie pro studium i praxi. 1. vydání. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
24. SEIFERT B., Ischemická choroba dolních končetin a praktický lékař, *Postgraduální medicína*, 2009, roč. 11, č. 7, s. 789-793. ISSN 1212-4184.
25. SHEPS S., Doppler ultrasound: What is it used for? *The Mayo Clinic*, 2011. Dostupné na WWW: <http://www.mayoclinic.com/health/doppler-ultrasound/AN00511>

26. SKALICKÁ L., Hluboká žilní trombóza – klinická manifestace a diagnóza. *Postgraduální medicína*, 2006, roč. 8, č. 4., s. 415-418. ISSN 1212-4184.
27. ŠKODA O., ČEPL I., Využití TCD vyšetření s echokontrastem u pacientů s chirurgickými výkony pro stenotické procesy extrakraniálních tepen. *Česká radiologie*, 1999, roč. 53, suppl. 1, s. 36-41. ISSN 1210-7883.
28. TESAŘ V., Renovaskulární hypertenze – u kterých pacientů je indikována revaskularizace? *Postgraduální medicína*, 2010, roč. 12, č. 8. ISSN 1212-4184, Dostupné na WWW: <http://zdn.cz/clanek/postgradualni-medicina/renovaskularni-hypertenze-u-kterych-pacientu-je-indikovana-revaskularizace-454806>
29. VOMÁČKA J., NEKULA J., KOZÁK J., Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0.
30. ZIMOLOVÁ P., Ischemická choroba dolních končetin: jak na to? Diagnostický a léčebný algoritmus pro klinickou praxi. *Cor et vasa*, 2010, roč. 52, č. 7-8, s. 437-440. ISSN 0010-8650.

SEZNAM ZKRATEK

a. – arteria

aa. – arteriae

ACC – arteria carotis communis

ACE – arteria carotis externa

ACI – arteria carotis interna

CMP – cévní mozková příhoda

CT – výpočetní tomografie

DK – dolní končetina

DUS – dopplerovská ultrasonografie

HK – horní končetina

HŽT – hluboká žilní trombóza

ICHDK – ischemická choroba dolních končetin

L1, L2 – první a druhý lumbální obratel

MR – magnetická rezonance

TCD – transkraniální doppler

UZ – ultrazvuk

v. – vena

VL – vena lienalis

VMS – vena mesenterica superior

VP – vena portae

SEZNAM PŘÍLOH

- Příl. 1 – Ultrasonografický přístroj
- Příl. 2 – Ozvučovací sondy
- Příl. 3 – Tepny DK – normální nález
- Příl. 4 – Žíly DK – chronická flebotrombóza
- Příl. 5 – Žíly HK – normální nález
- Příl. 6 – Renální tepny – patologická křivka
- Příl. 7 – Scrotum – normální nález
- Příl. 8 – Hypervaskularizace nadvarlete

PŘÍLOHY

Příloha 1 – Ultrasonografický přístroj



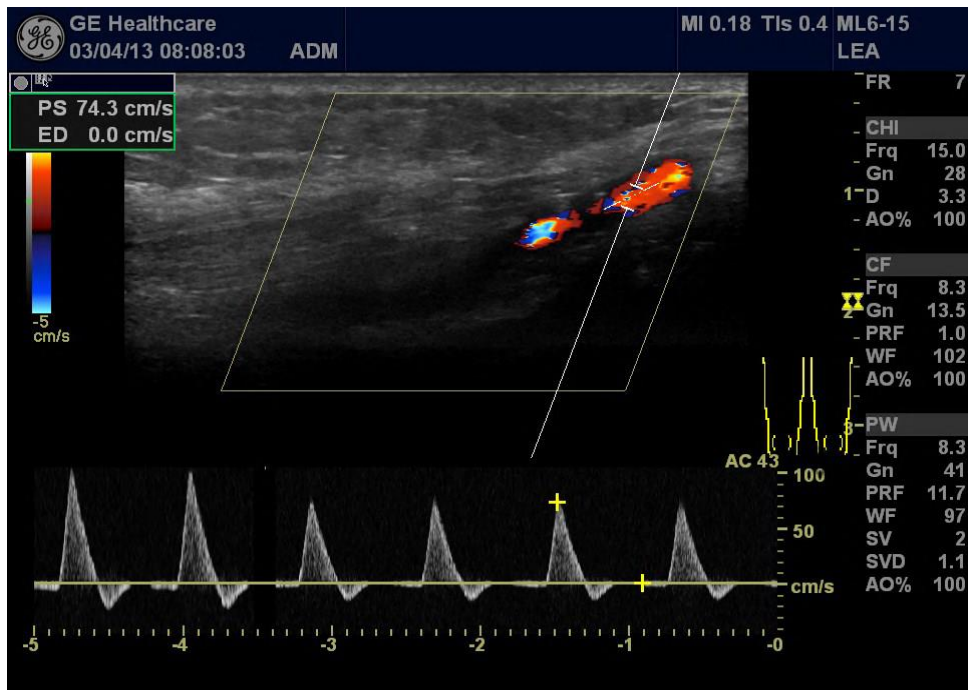
Zdroj: FNOL

Příloha 2 – Ozvučovací sondy



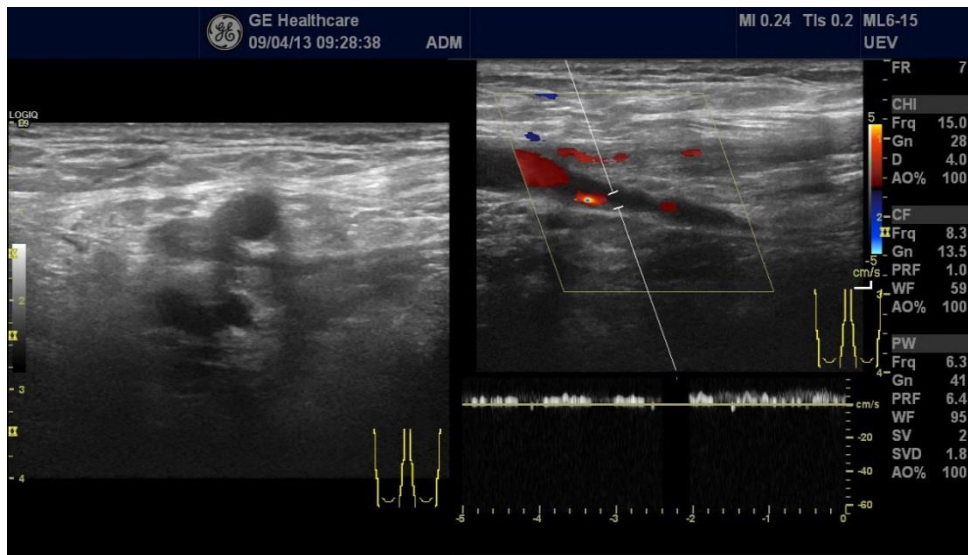
Zdroj: www.google.com

Příloha 3 – Tepny DK – normální nález. Trifázická křivka a. femoralis superficialis při spektrální analýze toků, nastavení dopplerovského úhlu je optimální.



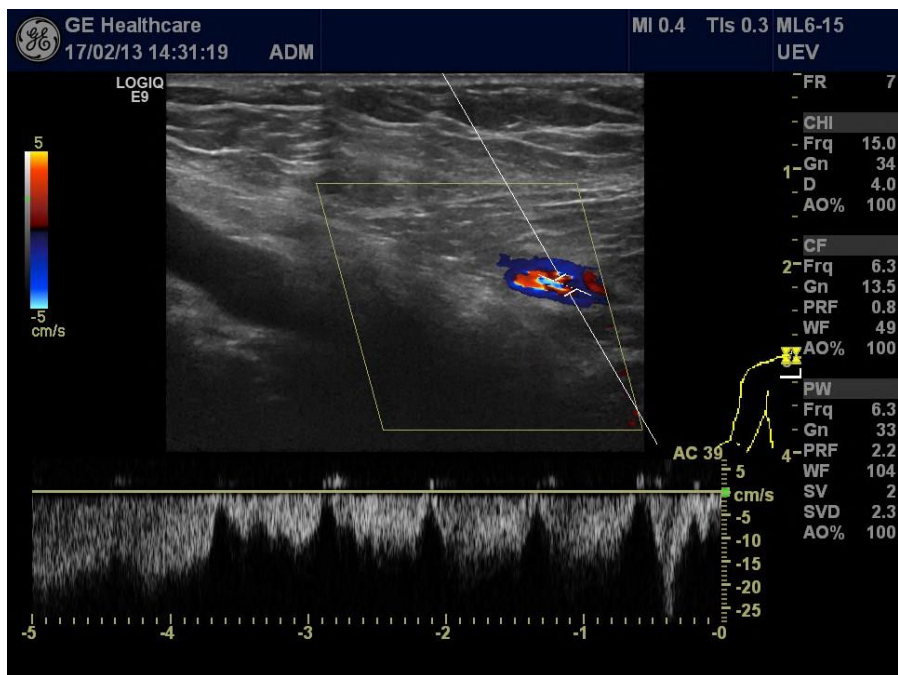
Zdroj: FNOL

Příloha 4 – Žíly DK – chronická flebotrombóza. Vlevo: nekomprimovatelná v. femoralis superficialis. Vpravo: triplexní zobrazení v. femoralis superficialis.



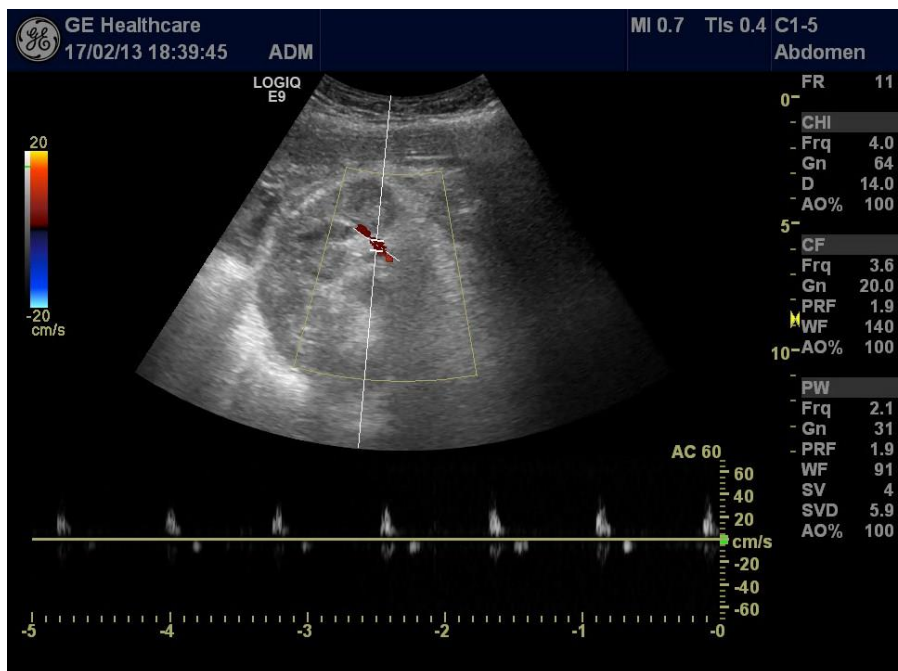
Zdroj: FNOL

Příloha 5 – Žíly HK (konkrétně v. subclavia) – normální nález. Závislost rychlosti toku na dýchací expozici.



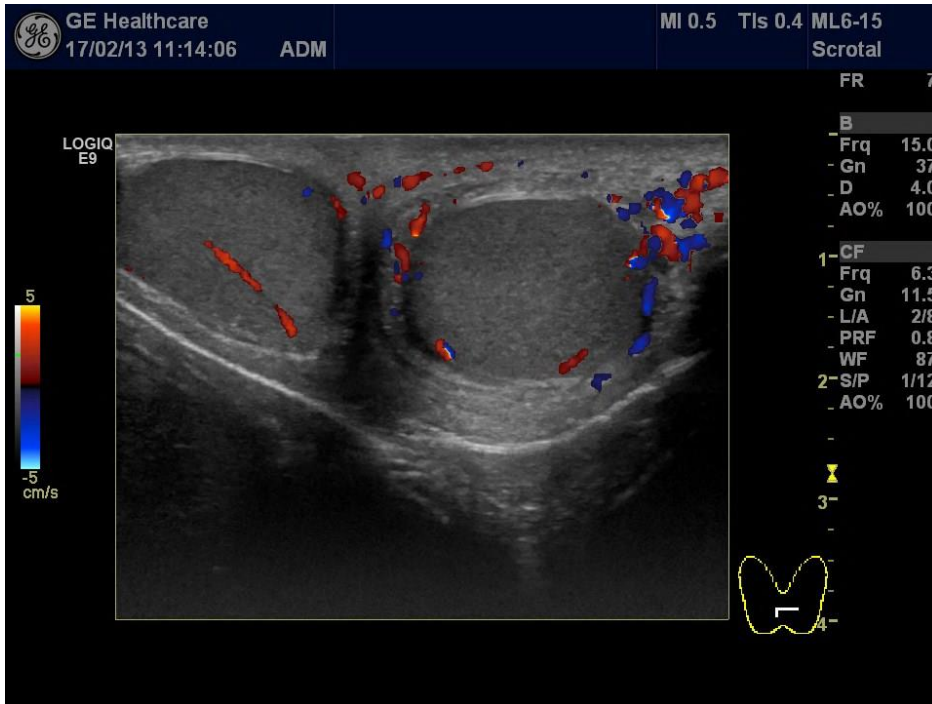
Zdroj: FNOL

Příloha 6 – Renální tepny – patologická křivka na renální arterii.



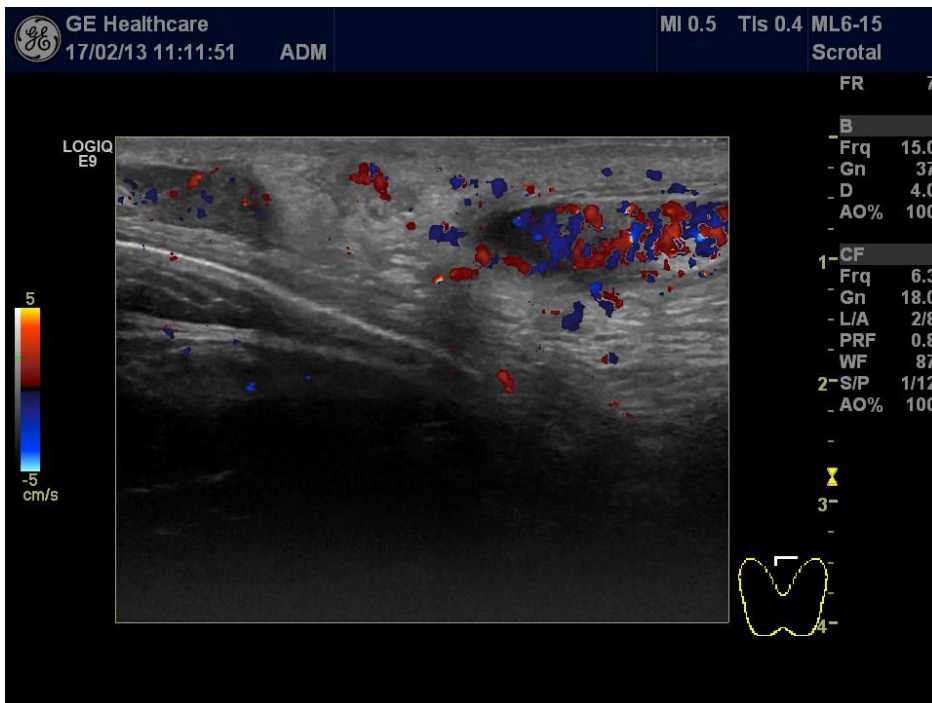
Zdroj: FNOL

Příloha 7 – Scrotum – normální nález. Příčné zobrazení, normální vaskularizace.



Zdroj: FNOL

Příloha 8 – Tentýž pacient – hypervaskularizace nadvarlete.



Zdroj: FNOL