

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zdravotně sociální fakulta

**Srovnání UZ a CT vyšetření cévního řečiště – výtěžnost  
vyšetření, limitace metod a zátěž pacienta**

bakalářská práce

Autor práce: Jaroslav Adamec  
Studijní program: Specializace ve zdravotnictví  
Studijní obor: Radiologický asistent  
Vedoucí práce: MUDr. Petr Lhoták

Datum odevzdání práce: 2. 5. 2013

## ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce je „Srovnání UZ a CT vyšetření cévního řečiště – výtěžnost vyšetření, limitace metod a zátěž pacienta“.

CT a UZ jsou v současnosti nejvyužívanější zobrazovací metody cévního řečiště, především pro jejich rychlost a šetrnost vůči pacientovi.

Vyšetření cév na počítačové tomografii – CT angiografie, pomocí moderních přístrojů a technologického vývoje, přebírá diagnostiku onemocnění cév od digitální subtrakční angiografie, především díky rychlosti vyšetření a menší invazivitě směrem k pacientovi. Druhou metodou, o které pojednává tato práce je ultrasonografie. I tato metoda zobrazování cév je nenáročná k pacientovi. Která z těchto zobrazovacích metod přináší lepší diagnostické informace o cévních patologiích? Která je méně riziková pro pacienta a která je více limitována? Na tyto otázky jsem se pokusil najít odpovědi v této bakalářské práci.

V této práci jsem chtěl zjistit, která z uvedených zobrazovacích modalit je vhodnější pro vyšetřování cévních onemocnění. Dalším cílem práce bylo představit a porovnat různé vyšetřovací metody na počítačové tomografii a ultrasonografii, upozornit na výhody, nevýhody a rizika těchto metod.

Formulace hypotézy bakalářské práce zní: Vhodnější zobrazovací metodou při vyšetření cévního řečiště je ultrasonografie – metoda, která přináší dobrou diagnostickou informaci současně za menšího rizika pro pacienta než je tomu u počítačové tomografie.

Úvodní část práce jsem věnoval anatomii cévního řečiště. Jsou zde popsány hlavní tepny, žíly, jejich stavba a větve. Dále jsou v této části představeny přístroje, na nichž se vyšetření cévního řečiště provádí – počítačový tomograf, ultrasonograf a jejich historický vývoj. V této kapitole jsou také popsány základní fyzikální principy, těchto přístrojů, způsoby zobrazování a obecné metody vyšetření cévního řečiště. U počítačové tomografie je to CT angiografie a na ultrasonografii dopplerovské vyšetření. V krátkosti je zde pojednáno také o výhodách a nevýhodách těchto metod i o kontrastních látkách aplikovaných v souvislosti s vyšetřením cévního systému.

K vypracování bakalářské práce byla prostudována veškerá dostupná odborná literatura a webové stránky týkající se daného tématu. Dále jsem využil poznatky z odborných konzultací s lékaři radiologického oddělení. K analýze přístrojového vybavení byla použita data Ústavu zdravotnických informací a statistik. K analýze počtu cévních vyšetření provedených na ultrasonografii a počítačové tomografii byly použity údaje z nemocniční informační sítě nemocnice R+S Benešov a.s.

Ve výsledku byly souhrnně popsány vyšetřovací metody cévního systému prováděných na počítačové tomografii a ultrasonografii. V této kapitole jsou dále porovnávány obě modalities z hlediska jejich výtěžnosti, limitací a rizik. Také jsou zde analyticky zpracovány údaje o CT a UZ přístrojovém vybavení v ČR a počtu cévních vyšetření na počítačové tomografii a ultrasonografii.

V kapitole „Diskuze“ předkládám svůj pohled na danou problematiku. Je zde uvedena i úvaha o problematice indikací k vyšetření na počítačové tomografii.

V závěru je provedeno zhodnocení vyšetřovacích metod cévního systému na počítačové tomografii a ultrasonografii, jsou zde také shrnuty získané poznatky ke zkoumané problematice. Po prostudování veškeré dostupné odborné literatury bylo zjištěno, že nelze stanovit, která ze zkoumaných zobrazovacích metod je vhodnější pro vyšetření cévního řečiště, protože každá má své výhody i nevýhody. Obě modalities tedy nestojí proti sobě v rozhodování, zda indikovat tu či onu metodu, ale naopak by měli spolu úzce spolupracovat. Hypotéza práce tedy nebyla potvrzena.

# ABSTRACT

The topic of this bachelor thesis is: „CT angiography vs. ultrasound imaging of the bloodstream - effectivity, limitation and impact on patients' health“.

At present computed tomography and ultrasound represent the most frequently used methods of imaging the blood vessel tree primarily due to their speed and patient-friendly approach.

Examination of blood vessels by computed tomography – CT angiography, using modern equipment and technological development, takes over the diagnostics of vascular diseases from digital subtraction angiography primarily due to the speed of the examination and the lesser invasiveness with regard to the patient. The second method treated in this thesis is ultrasonography. This method of imaging blood vessels is also patient-friendly. Which of these imaging methods yields better diagnostic information on blood vessel pathologies? Which entails fewer risks to the patient and which is more limited? I have tried to find the answers to these questions in this bachelor thesis.

In this thesis I set out to find which of the two imaging modalities is more suitable for examining vascular diseases. A further aim of the thesis is to introduce and compare various examination methods of computed tomography and ultrasonography and to draw attention to the advantages, disadvantages and risks of these methods.

The hypothesis of the bachelor thesis states: “Ultrasonography is a more suitable method for the examination of the blood vessel tree – it is a method which provides good diagnostic information and at the same time entails a lower risk to the patient than does computed tomography”.

The introductory part of the thesis is devoted to the anatomy of the blood vessel tree. It describes main blood vessels, veins, their construction and branches. This part also introduces the technological equipment which is used for the examination of the blood vessel tree – computed tomography machine, ultrasonography machine - and their historical development. The basic physical principles of these devices, their methods of imaging and general methods of the examination of the blood vessel tree are also

described in this chapter. In the case of computed tomography it is CT angiography, and in ultrasonography it is Doppler examination. The chapter also briefly deals with the advantages and disadvantages of these methods and with the contrast media which are applied in connection with the examination of the vascular system.

I have studied all available specialized literature and web sites related to the subject for the purpose of writing this bachelor thesis. Furthermore, I used findings from professional consultations with physicians from the department of radiology. Data from the Institute of Health Information and Statistics were used for the analysis of the technological equipment. Data from the information network of the R+S Benešov a.s. hospital were used for the analysis of the number of blood vessel examinations carried out by ultrasonography and computed tomography.

Examination methods of the vascular system performed by computed tomography and ultrasonography have been summarized in the result. Furthermore, both modalities are compared in this chapter with regard to their utilization rate, limitations and risks. The chapter also includes an analysis of the data on the computed tomography and ultrasonography technology in the Czech Republic and on the number of blood vessel examinations carried out by computed tomography and ultrasonography.

In the chapter "Discussion" I present my own opinion on the given matter. It also includes a reflection on the issue of indicating examinations on computed tomography.

In the conclusion of the thesis, examination methods of the vascular system by computed tomography and ultrasonography are assessed, and established findings on the studied matter are summed up. After studying all available specialized literature I have found that it is impossible to determine which of the two imaging methods is more suitable for the examination of the blood vessel tree because each of them has its specific advantages and disadvantages. The two modalities are thus not opposed to each other in the decision making which method should be indicated; on the contrary, the two methods should be used in close collaboration. The hypothesis of the thesis therefore has not been proved.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne (datum)

.....

(jméno a příjmení)

### **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé práce MUDr. Petrovi Lhotákovi za připomínky k mé kvalifikační práci. Dále bych rád poděkoval MUDr. Lence Plškové za poskytnutý obrazový materiál a cenné rady, které mi pomohly dokončit tuto práci.

# OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>1 SOUČASNÝ STAV</b> .....	<b>13</b>
1.1 Anatomie cévního řečiště .....	13
1.1.1 Stavba tepen .....	14
1.1.2 Aorta .....	14
1.1.3 Tepny hlavy a krku .....	15
1.1.4 Srdeční tepny .....	16
1.1.5 Tepny horní končetiny .....	16
1.1.6 Tepny břicha a pánevní oblasti .....	17
1.1.7 Tepny dolní končetiny .....	18
1.1.8 Žíly a žilní systém .....	18
1.1.9 Žíly hlavy a krku .....	19
1.1.10 Srdeční žíly .....	19
1.1.11 Žíly horní končetiny .....	20
1.1.12 Žíly hrudníku a břicha .....	20
1.1.13 Žíly pánve .....	21
1.1.14 Žíly dolních končetin .....	21
1.2 Ultrazvuková sonografie .....	22
1.2.1 Princip ultrazvuku .....	23
1.2.2 Zdroj ultrazvuku .....	23
1.2.3 Způsoby zobrazení .....	24
1.2.4 Duplexní sonografie .....	25
1.2.5 Echokontrastní látky .....	26
1.3 Počítačová tomografie .....	26
1.3.1 Princip CT .....	27



1.3.2	CT angiografie .....	28
1.3.3	Postprocessing .....	30
1.3.4	Kontrastní látky .....	31
<b>2</b>	<b>CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZA .....</b>	<b>33</b>
2.1	Cíl práce .....	33
2.2	Hypotéza .....	33
<b>3</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>35</b>
4.1	Vyšetřovací metody ultrasonografie .....	35
4.1.1	Vyšetření cév hlavy a krku .....	35
4.1.2	Vyšetření cév břišní oblasti .....	37
4.1.3	Vyšetření cév horních končetin .....	40
4.1.4	Vyšetření cév dolních končetin .....	42
4.2	Vyšetřovací metody CTA .....	44
4.2.1	CTA mozkových tepen a karotid .....	44
4.2.2	CTA plicního oběhu .....	45
4.2.3	CTA srdce a věnčitých tepen .....	46
4.2.4	CTA aorty .....	47
4.2.5	CTA abdominálních cév .....	48
4.2.6	CTA končetin .....	49
4.3	Ultrazvuk vs. počítačová tomografie .....	50
4.3.1	Limitace a rizika ultrasonografických metod .....	51
4.3.2	Limitace a rizika CT angiografie .....	52
4.3.3	Analýza CT a UZ přístrojového vybavení .....	55
4.3.4	Analýza cévních výkonů na CT a UZ .....	56
<b>5</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>KLÍČOVÁ SLOVA .....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>66</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

**a.** - arteria

**aa.** - arteriae

**ACI** – arteria carotis interna

**ACE** – arteria carotis externa

**a.s.** – akciová společnost

**C** – krční (cervical)

**CT** – výpočetní tomografie (Computed tomography)

**CTA** – angiografie pomocí počítačové tomografie

**dex.** - dexter

**DSA** – digitální subtrakční angiografie

**EKG** - elektrokardiogram

**ev.** - eventuelní

**HU** – Hounsfieldová jednotka (Hounsfield unit)

**Hz** - Hertz

**inf.** – inferior

**KL** – kontrastní látka

**L** – bederní (lumbalis)

**MDCT** – multidetektorový počítačový tomograf

**MHz** – megahertz

**MIP** – maximum intenzity projection

**MR** – magnetická rezonance (Magnetic resonance)

**ml** - mililitr

**ms** – milisekunda

**mSv** - milisievert

**např.** - například

**ROI** – oblast zájmu (region of interest)

**R-R** – interval srdeční akce

**sin.** - sinister

**sup.** – superior

**TCD** – transkraniální doppler

**Th** – hrudní (thoracic)

**tzv.** – tak zvaný

**US** – ultrasonografie

**ÚZIS** – Ústav zdravotnických informací a statistiky

**v.** – vena

**VA** – vertebrální artérie

**VRT** – volume rendering technique

**2D** – dvojdimenze

**3D** - trojdimenze

# ÚVOD

V dnešní době technologického pokroku se v medicíně uplatňují zobrazovací metody více než kdykoliv v minulosti. Digitalizace rychle pronikla do medicínského oboru Radiologie a způsobila převrat ve vyšetřovacích algoritmech. Největší pokrok radiodiagnostických metod je vidět především u zobrazování cévního řečiště, kde zejména CT angiografie přebírá diagnostickou složku léčby od katetrizační angiografie, hlavně díky menší zátěži směrem k pacientovi a rychlosti vyšetření. Malou invazivitou vůči pacientovi se může pochlubit i další zobrazovací metoda – ultrasonografie. Právě těmito dvěma metodám bych se chtěl věnovat v této práci.

# 1 SOUČASNÝ STAV

Cévní řečiště je jedním z důležitých orgánových systémů v lidském organismu. Jakákoliv jeho onemocnění mohou přinést výrazné komplikace, které mohou končit až smrtí. V diagnostice těchto onemocnění se uplatňují různé zobrazovací metody. Je to především ultrasonografie (US), počítačová tomografie (CT), magnetická rezonance (MR) a digitální subtrakční angiografie (DSA).

Ultrasonografie se stala nejrozšířenější zobrazovací metodou, a to pro svoji velmi malou rizikovost a snadnou dostupnost. Je proto právem zařazována jako první krok v zobrazovacím algoritmu cévních onemocnění. Vyšetření ultrazvukem je nebolestivé, nevyžaduje žádnou přípravu pacienta a poskytuje první důležité diagnostické informace o charakteru onemocnění. Pomocí ultrazvuku lze posoudit stupeň stenózy vyšetřované cévy, diagnostikovat její uzávěr (obliteraci) nebo rozšíření (dilataci). Ultrasonografie je sice považována za nejbezpečnější ze zobrazovacích metod, možnost jistého rizika však nelze zcela vyloučit. Úspěšnost ultrazvukové diagnostiky je vázána jednak na vyšetřovací techniku jednak na interpretaci získaných obrazů. U současných přístrojů s digitálním zpracováním obrazu, které optimalizuje obrazy a do značné míry omezuje vznik artefaktů, jsou nedostatečné odborné znalosti a zkušenosti vyšetřujícího hlavní příčinou diagnostických nepřesností a omylů. [4]

Zobrazování pomocí počítačové tomografie je sice rizikovější metodou v porovnání s ultrasonografií, oproti tomu však přináší daleko lepší diagnostickou výtěžnost, kterou lze ještě vylepšit různými postprocessingovými metodami. Vyšetření touto metodou, po aplikaci kontrastní látky, zobrazí velmi dobře celé cévní řečiště.

## 1.1 Anatomie cévního řečiště

Cévní řečiště lidského těla je rozděleno do systémů – tepenného, žilního a lymfatického. Cirkulace krve je zabezpečena vzájemným propojením tepen a žil pomocí

krevních kapilár. Na žilní systém je navázán i systém lymfatických cév a uzlin, který do žilní krve přivádí lymfu. [2]

### **1.1.1 Stavba tepen**

Tepny jsou trubice složené ze tří vrstev. Jsou to: vnitřní vrstva – tunica intima, střední vrstva – tunica media a zevní vrstva – tunica adventitia.

Výstelku tunica intima tvoří jedna vrstva plochých endotelových buněk. Jejich hlavních funkcí je zábrana srážení krve na jejím povrchu. Střední vrstva, tunica media je nejsilnější vrstvou tepny a je složena z hladkých svalových buněk. Druhou složkou této vrstvy jsou kolagenní a elastická vlákna.

Tepny mají pružnickové vlastnosti a zabezpečují rychlý transport krve do periferie. Zároveň díky své roztažitelnosti pojmu velké množství krve, kterou pak v průběhu diastoly svou elasticitou vypuzují do periferie. Směrem do periferie síly stěny a průsvitu tepny ubývá. Pro malé tepny se užívá název arterioly a ty dále přechází do krevních kapilár. Jednotlivé tepny jednoho nebo i sousedních orgánů mohou být propojeny mezi sebou různě silnými spojkami – interarteriálními anastomózami. Z hlavních tepenných kmenů odstupují dále boční větve. [1, 2]

### **1.1.2 Aorta**

Z levé komory srdeční vystupuje největší tepna lidského těla – srdečnice, aorta. Prochází břišní a hrudní dutinou. Podle průběhu rozlišujeme na aortě tyto úseky: aorta ascendens – vystupuje z levé komory srdce a volně přechází v oblouk aorty – arcus aortae. Z aortálního oblouku vystupují v pořadí zprava do leva tyto silné tepny: truncus brachiocephalicus, a. carotis communis sinistra a a. subclavia sinistra. Ve výši čtvrtého hrudního obratle plynule přechází v hrudní aortu – aorta thoracica, která se otvorem v bránici dostává do břišní dutiny jako břišní aorta – aorta abdominalis. Ve výši čtvrtého

bederního obratle se břišní aorta větví, aortální bifurkace, na pravou a levou a.iliaca communis. [2]

### **1.1.3 Tepny hlavy a krku**

#### ***Truncus brachiocephalicus***

Truncus brachiocephalicus je první a nejsilnější větví aortálního oblouku. Ve výši sternoklavikulárního skloubení se dělí na a.carotis communis dextra a a. subclavia dextra. [2]

#### ***Arteria carotis communis dex. et sin.***

Levá a. carotis communis je přímou větví z oblouku aorty, pravá je větví truncus brachiocephalicus. Probíhá na krku vzhůru zevně od průdušnice a hrtanu. Ve výši jazykly se a. carotis communis sin. dělí na a. carotis interna a externa.

Arteria carotis externa (ACE) zásobuje krví horní polovinu krku a hlavu. Od svého vzniku v bifurkaci stoupá vzhůru a kraniálně vstupuje do příušní žlázy, kde se dělí na své konečné větve a.temporalis superficialis a a. maxillaris.

Arteria carotis interna (ACI) odstupuje z a.carotis communis ve výši horního okraje štítné chrupavky a do dutiny lebeční vstupuje skrze canalis caroticus. Po vstupu do lebky se ACI esovitě stáčí (místo zvané karotický sifon), prorazí tvrdou plenu mozkovou a na bazi lební odstupují větve zásobující mozek: a.cerebri anterior a a.cerebri media. Do očníce z a.carotis interna odstupuje a.ophtalmica. [1, 2]

#### ***Arteria subclavia***

Vpravo odstupuje arteria subclavia z truncus brachiocephalicus, vlevo přímo z aorty. Zásobuje část krku a hrudníku a je i zdrojem krve pro tepny horní končetiny. Za svého průběhu vydává a. vertebaralis, a.thoracica interna a truncus thyrocervicalis. [2]

### ***Arteria vertebralis***

Arteria vertebralis je párová tepna vystupující z a.subclavia, prochází otvory příčných výběžků krčních obratlů a vstupuje velkým týlním otvorem intrakraniálně. Na kaudálním okraji Varolova mostu se obě a.a. vertebrales spojují v nepárovou a. basilaris. Ta se na druhém konci opět větví a vytváří dvě a.a. cerebri posteriores, z nichž odstupují a.a. communicantes posteriores, které tvoří spojky k pravé a levé a. carotis interna. Tento okruh se nazývá Willisův okruh. [2]

### **1.1.4 Srdeční tepny**

Srdeční stěna je zásobena dvěma věnčitými tepnami – a. coronaria dextra a a. coronaria sinistra. A. coronaria sin. vydává dvě hlavní větve: ramus interventricularis anterior a ramus circumflexus.

### **1.1.5 Tepny horní končetiny**

#### ***Arteria axillaris***

Arteria axillaris je pokračováním a. subclavia od oblasti prvního žebra až po krček kosti pažní, kde přechází do a.brachialis.

#### ***Arteria brachialis***

Arteria brachialis začíná ve výši chirurgického krčku pažní kosti a pokračuje po její mediální straně do loketní jamky – fossa cubiti, kde se dělí na a. ulnaris a a. radialis. Tyto tepny směřují kaudálním směrem do dlaně, kde vytvoří povrchový arteriální oblouk. [2]



## 1.1.6 Tepny břicha a pánevní oblasti

### *Aorta abdominalis*

Břišní aorta vede od výstupu z bránice až k bifurkaci, což je v rozsahu obratle Th<sub>12</sub> až L<sub>4</sub>. U čtvrtého bederního obratle se aorta dělí na dvě aa. iliaca communis. Přímým pokračováním břišní aorty je a. sacralis mediana. Aorta abdominalis vydává tyto hlavní větve: arteriae renales, truncus coeliacus, a. mesenterica superior et inferior.[2]

### *Truncus coeliacus*

Truncus coeliacus odstupuje z předního obvodu aorty a dělí se na tři velké větve: a. gastrica sin., a. hepatica communis, a. lienalis.

### *Arteriae renales*

Silné renální tepny vystupují z břišní aorty ve výši prvního až druhého bederního obratle. Za svého průběhu vydává arteria renalis tepnu pro dolní část nadledviny. Poté se již zanořuje do hilu ledviny. [2]

### *Arteria mesenterica sup. et inf.*

Arteria mesenterica sup. vystupuje z aorty za tělem pankreatu a svými větvemi zásobuje dolní část duodena, celé tenké střevo a tlusté střevo až k sestupnému tračníku.

Arteria mesenterica inf. odstupuje z aorty asi 4 cm nad její bifurkací ve výši L<sub>2</sub> – L<sub>3</sub> a přivádí krev pro levou třetinu příčného tračníku, sestupný tračník, sigmoideum a část rekta. [2]

### *Arteriae iliacae communes*

Arteriae iliacae communes vznikají rozdělením aorty a ve výši sakroiliakálního kloubu se dělí na a. iliaca interna a a. iliaca externa. [1]

### 1.1.7 Tepny dolní končetiny

#### *Arteria femoralis*

Arteria femoralis je pokračováním a. iliaca externa od tříselného vazů po průchod do zákolenní jámy. Odtud pokračuje jako a. poplitea. Větvemi stehenní tepny jsou a. epigastrica superficialis, a. circumflexa ilium superficialis, a. profunda femoris, aa. pudendae externae, a. genus descendens. [1]

#### *Arteria poplitea*

Arteria poplitea je pokračováním a. femoralis. Tato tepna se bohatě větví na malé větve, které kolem kolenního kloubu vytváří síť anastomóz – rete articulare. Pod kolením kloubem se tato tepna dělí na truncus tibiofibularis a a. tibialis anterior. Truncus tibiofibularis se dále větví na a. fibularis a a. tibialis posterior. [1]

### 1.1.8 Žíly a žilní systém

Krev přiváděná do těla tepnami se dostává do kapilár, z nich postupuje malými žilkami – venulami do větších žil. Ty se spojují, až vytvoří velké žilní kmeny, které se nakonec jako horní a dolní dutá žíla otevírají do pravé srdeční síně. Malé žilky – venuly, stejně jako větší sběrací žíly, mají již vytvořeny tři typické vrstvy stěny – tunica intima, media a adventitia. [2]

Většina žil obsahuje párové, ale i nepárové chlopně, které dovolují a usměřňují pohyb krve k srdci. Chlopně chybí v horní a dolní duté žíle, v žilách páteře, v portální žíle a ve většině žil mozku.

Arterie i vény probíhají většinou spolu a jsou uloženy ve vazivu, do kterého přechází vazivová vlákna z adventicie cév. Tento mechanismus umožňuje pružnou fixaci cév v tkáních.

### **1.1.9 Žíly hlavy a krku**

#### ***Vena jugularis interna***

Vena jugularis interna je pokračováním velkých lebečních splavů - sinus durae matris. Odvádí krev z krku a hlavy včetně mozku. Pod klíční kostí se spojuje s v. subclavia a vytváří v. brachiocephalica. V. jugularis interna přijímá ještě z podkoží laterální strany krku v. jugularis externa a z podkoží přední strany krku v. jugularis anterior. [2]

#### ***Venae brachiocephalicae***

Venae brachiocephalicae sbírají krev z hlavy, krku a horní končetiny. Pravá i levá žíla vznikají soutokem v. jugularis interna a v. subclavia.

#### ***Vena subclavia***

Vena subclavia je pokračováním silnější sběrné žíly paže v. axillaris a spojuje se s v. jugularis interna u sternoklavikulárního kloubu. [2]

#### ***Vena cava superior***

Horní dutá žíla vzniká soutokem v. brachiocephalica dextra et sinistra. Přijímá žilky z perikardu, horního mediastina a ústí do ní i silná v. azygos. Horní dutá žíla se po prostupu perikardem otevírá do pravého srdečního atria. [1, 2]

### **1.1.10 Srdeční žíly**

Srdeční žíly odvádějí odkysličenou krev ze srdeční stěny. Patří sem: žíly ústící do sinus coronarius, venae cordis anteriores, venae cordis minimae.

### 1.1.11 Žíly horní končetiny

Na končetině jsou žíly povrchové (podkožní) a hluboké, uložené pod fascií mezi svaly, probíhající spolu s velkými tepnami. Oba systémy jsou navzájem propojeny a obsahují chlopně, kterých je více v hlubokých žilách.

Povrchové žíly horní končetiny začínají na prstech jako síť jemných žilek, které přecházejí na hřbetní stranu ruky, kde vytváří další síť žil. Z této sítě se na zevní straně vytváří v. cephalica, která pokračuje do loketní jamky. Po zevní straně paže přechází pod klíční kost, kde se zanořuje do hloubky a vlévá se do v. axillaris. Vena axillaris je hlavní žílou odvádějící krev z horní končetiny. Na horním okraji prvního žebra přechází ve v. subclavii. [2]

Na vnitřní straně ruky z dorzální venózní sítě vzniká v. basilica, která se stáčí na ventromediální stranu podpaží a loketní jamky. Uprostřed paže se zanoří do hloubky pod fascii paže a napojí se na v. brachialis. V oblasti loketního kloubu jsou obě povrchové žíly propojeny žilními spojkami – v. intermedia cubiti. Žíly této krajiny jsou pod kůží viditelné a jsou místem pro intravenózní aplikaci léků. [1, 2]

Hluboké žíly jsou svými názvy, průběhem a přítoky shodné s tepnami a jsou často zdvojené.

### 1.1.12 Žíly hrudníku a břicha

#### *Vena cava inferior*

Dolní dutá žíla vzniká v retroperitoneu soutokem v. iliaca communis dextra et sinistra před pátým až čtvrtým bederním obratlem. Stoupá po pravém boku lumbálních obratlů, prochází vazivovou částí bránice, bezprostředně nad bránicí proráží perikard a po krátkém průběhu se otevírá do pravé srdeční síně. Do dolní duté žíly vstoupí tyto žíly: z ledvin v. renalis sinistra et dextra, z bránice v. phrenica dx. et sin., čtyři páry žil z bederní krajiny, vv. lumbales dex. et sin. a tři silné žíly z jater vv. hepaticae. [1, 2]

### ***Vena azygos a vena hemiazygos***

Vena azygos a vena hemiazygos jsou navzájem propojené žíly, které odvádějí krev z mezižebních prostorů, zadního mediastina, retroperitonea a z hrudní i břišní části páteřního kanálu. V.azygos vzniká na pravém boku bederní páteře soutokem v. subcostalis a v. lumbalis ascendent a ústí do horní duté žíly. Ve výši sedmého hrudního obratle do v. azygos ústí v. hemiazygos. V bederní krajině jsou jak v. azygos tak i v. hemiazygos napojeny na lumbální žíly, které ústí do dolní duté žíly. Obě žíly propojují systém horní a dolní duté žíly a vytvářejí tak největší kavokavální anastomózu. [1, 2]

### ***Vena portae***

V. portae je nepárovou žilou, která sbírá krev z nepárových orgánů břišní dutiny a odvádí ji do jater. Začíná za hlavou pankreatu soutokem v. mesenterica superior a v. lienalis. Po vstupu do jater se dělí na ramus dexter a sinister pro pravý a levý jaterní lalok. [2]

## **1.1.13 Žíly pánve**

### ***Vena iliaca communis***

Vena iliaca communis vzniká soutokem v. iliaca interna et externa. Jde společně s tepnou a spojuje se s druhostrannou žilou. Jejich spojením vzniká v.cava inferior.

## **1.1.14 Žíly dolních končetin**

Žíly dolních končetiny se podobně jako na horní končetině dělí na žíly povrchové, probíhající v podkoží, a hluboké, uložené pod fascií mezi svaly, společně s tepnami. Jak v povrchových tak i hlubokých vénách jsou přítomny četné chlopně.

Povrchové žíly vznikají po stranách prstů. Přecházejí posléze na hřbet nohy, kde se spojují a vytvářejí žilní síť, do které přecházejí i žíly chodidla. Ze sítě žil vzniká na

palcovém okraji nohy v. saphena magna a na malíkové straně v. saphena parva. V. saphena magna je na svém začátku uložena před vnitřním kotníkem, a po ventromediální straně bérce stoupá ke kolenu. Žíla pak pokračuje na ventromediální stranu stehna, kde se v jeho horní třetině zanořuje do hloubky a ústí do v. femoralis. V. saphena parva prochází v podkoží za zevním kotníkem, potom středem zadní strany lýtky a v podkolenní oblasti se vlévá do v. poplitea. [1, 2]

Hluboké žíly končetiny jsou často zdvojené a doprovázejí tepny dolní končetiny. Názvům tepen odpovídají i názvy žil.

## **1.2 Ultrazvuková sonografie**

Ultrazvukové metody zaujímají v angiologii dominantní postavení mezi zobrazovacími modalitami žilních patologií, současně představují i vhodný nástroj ke sledování průběhu a konečných dopadů onemocnění a jeho léčby. (viz Příloha č. 1)

Historie vaskulárního ultrazvuku se datuje do počátku padesátých let, avšak teprve v druhé polovině šedesátých let byly sestrojeny první přístroje umožňující dvourozměrné zobrazení v odstupňované škále šedi v reálném čase. Souběžně s tímto se intenzívně zkoumaly možnosti využití Dopplerova jevu při hodnocení krevního toku v cévách. Spojení obou metod umožnilo značný kvalitativní posun a znamenalo definitivní průlom ve využití ultrazvukové techniky v cévní medicíně. S nástupem mikroprocesorové elektroniky došlo k zavedení nové dopplerovské techniky do vyšetřovacího postupu - barevného dopplerovského zobrazení. Tím nastala éra tzv. triplexního vyšetřování, které disponuje kromě vysokého výkonu také velmi kvalitním strukturálním a funkčním zobrazením. [4]

### 1.2.1 Princip ultrazvuku

UZ - ultrazvuková sonografie je zobrazovací metoda využívající odrazů ultrazvukového vlnění od tkání s různou akustickou impedancí. Ultrazvuk je vlnění mechanické povahy, které je přenášené jako vibrace částic prostředím. Ultrazvukem nazýváme vlnění o frekvencích vyšších než je horní mez slyšitelnosti - tedy nad 20kHz.

Při průchodu hmotou se ultrazvuk absorbuje, rozptyluje a odráží. V diagnostice se využívá odrazů, ke kterým dochází na rozhraní různých prostředí-tkání s různou akustickou impedancí, přičemž intenzita odrazu je tím větší, čím větší je rozdíl v hustotě těchto prostředí. V ideálním případě je plocha rozhraní kolmá na směr šíření ultrazvukového vlnění a odražené vlnění může být registrováno. Aby bylo vůbec možné registrovat odražené vlnění, vysílá se ultrazvuk v mikrosekundových impulzech s opakovací frekvencí řádově  $10^2$ - $10^3$  Hz a registruje se intenzita odražených signálů i doba, za jakou se po vyslání vrátí do senzoru. [3, 4, 19]

Frekvence používané v ultrasonografické diagnostice představují řádově jednotky MHz (miliony kmitů za sekundu) většinou v rozsahu od 2-15 MHz.

### 1.2.2 Zdroj ultrazvuku

Zdrojem ultrazvuku je piezoelektrický krystal, který působením střídavého proudu deformuje svůj tvar. Tento jev se nazývá piezoelektrický jev. Jde o schopnost krystalu generovat elektrické napětí při jeho deformování, popřípadě jev opačný, kdy se krystal v elektrickém napětí deformuje. V ultrasonografii se tohoto jevu využívá k vysílání ultrazvukových vln a k zachycení odrazů, kdy intenzita odrazu informuje o velikosti rozdílu rozhraní, a čas od vyslání k návratu, o vzdálenosti rozhraní. Při většině aplikací ultrazvuku stejný krystal vysílá i přijímá odrazy. [3, 4]

Krystal nebo krystaly jsou uloženy v sondě. Existují tři základní typy sond – lineární, konvexní a sektorová.

### 1.2.3 Způsoby zobrazení

#### *A-mód*

A mód (Amplitude mode) je jednorozměrné zobrazení, při kterém se na stínítku zobrazují amplitudy odražených signálů, výstupem vyšetření je tedy křivka zobrazující závislost korigované intenzity odraženého signálu na čase uplynulém od vyslání signálu. Tento mód umožňuje přesné měření vzdáleností. Záznam informuje jen o základních anatomických detailech a nezobrazuje dostatečně složité struktury tkání a orgánů. [3, 4]

#### *B-mód*

Velkým mezníkem ve vývoji ultrazvukových diagnostických metod bylo zavedení dvojrozměrného zobrazení, označovaného jako B mód (Brightness mode). Je to zobrazení, při kterém se amplitudy odražených signálů převádějí do stupňů šedi. Výstupem je tedy úsečka složená z pixelů o různém jasu. Rozdílná intenzita zpětných odrazů od jednotlivých tkáňových rozhraní je zobrazena různými stupni šedé barvy, takže výsledný obraz je přesnější a zobrazí více detailů.

Obecně lze říci, že dynamické B- zobrazení tvoří základ ultrazvukové diagnostiky tím, že poskytuje základní morfologické informace jednotlivých tkáňových struktur ve vyšetřované oblasti. [3, 4].

#### *M-mód*

Dalším typem zobrazení ultrazvukem je M mód (Movement mode). Tento způsob jednorozměrného zobrazení umožňuje zachycení pohybujících se struktur, nejčastěji srdce. Jde vlastně o data v B módu zobrazená za sebou v čase. Často se používá při v echokardii a jeho výsledkem je soubor křivek zaznamenávající pohyb, nejčastěji srdečních chlopní. (viz Příloha č. 2) [3, 4]



### ***Dopplerův záznam***

Tento typ záznamu se opírá o Dopplerův akustický jev, což je změna kmitočtu zpětných odrazů na pohybujícím se tkáňovém rozhraní. Dojde-li ke stenóze cévy, pak se v závislosti na jejím stupni se průtok krve změní (zrychlí nebo zpomalí), což se projeví na ultrazvukovém záznamu. Pomocí Dopplerova vyšetření je možno získat informace o proudění krve cévami nebo srdcem, o rychlosti a směru těchto proudění, o patologických změnách lumina a jiné diagnostické informace. Uplatňuje se především v kardiologii a angiologii. [4,5]

Při dopplerovských vyšetřeních se používají nejčastěji duplexní sondy, které umožňují současné zobrazení B-modem i záznamem dopplerovských signálů. Tato vyšetření se nazývají duplexní sonografie. [4]

#### **1.2.4 Duplexní sonografie**

Duplexní metoda je kombinace dvojrozměrného dynamického zobrazení a impulsního dopplerovského měření rychlosti. K přednostem duplexní sonografie patří vedle neinvazivnosti a absence negativních biologických účinků zejména vysoká míra přesnosti a citlivosti, to vše doplněno značným informačním potenciálem týkajícím se morfologie zkoumané tkáně a impulsní dopplerovský modul umožňuje záznam rychlostního spektra toku krve v dané cévě.

U barevné duplexní ultrasonografie je obraz složen z černobílé a barevné části. Černobílá část obsahuje morfologickou informaci o odrazivosti, barevná část potom informaci o pohybu ve sledovaném řezu. Pohyb se převážně týká toku krve a barva vyjadřuje průměrnou rychlost toku krve. Pro barevné kódování toku krve se využívá střední rychlosti toku. Standardně je tok od sondy kódován modře, tok k sondě červeně, jas barvy vyjadřuje rychlost toku a turbulence se zobrazuje nejčastěji zelenou barvou (viz Příloha č. 3). Výhody barevného zobrazení rychlost jsou v především snadné a rychlé identifikaci cévy mezi jinými tkáňovými strukturami, určení směru toku proudící krve a snadnější diagnostice patologických změn (stenóz, aneuryzmat). Naopak

nevýhodou je zobrazení střední rychlosti toku, malá citlivost pro malé toky a toky v malých cévách a dlouhý časový úsek nutný ke vzniku barevného obrazu (50-150 ms). [4,5]

### **1.2.5 Echokontrastní látky**

Dopplerovský signál lze zvýšit intravenosně aplikovanými kontrastními látkami, které zvyšují echogenitu proudící krve. Jedná se o plynové mikrobubliny vpravené do krevního oběhu za předpokladu, že tyto mikrobubliny mají takovou velikost, aby umožňovala průchod plicními kapilárami a aby byly v krevním oběhu dostatečně stabilní. [4]

## **1.3 Počítačová tomografie**

Výpočetní tomografie (CT, computed tomography) je diagnostická metoda, která je založena na měření absorpce svazku rentgenového záření v tenké vrstvě vyšetřované oblasti. Za prvního objevitele výpočetní tomografie se považuje Brit Godfried Newbold Hounsfield, na vynálezu pracoval také Američan Allan McLeod Cormack, oba byli oceněni Nobelovou cenou v roce 1979. První klinicky použitelný výpočetní tomograf byl zkonstruován v roce 1972. Výpočetní tomografie zobrazuje tělo na stejném principu, který objevil Roentgen už na konci 19. století, oproti běžnému rentgenu se ale vyšetřovaná část těla prozařuje z mnoha úhlů a výsledné údaje zpracovává počítač. [23]

Převratným konstrukčním prvkem bylo zavedení kontinuální rotace gantry (slip-ring technology, 1987) a následný vznik spirálního (helikálního) CT (1989). Revolucí pro CTA se stal 16-ti řadý výpočetní tomograf, který již umožňuje díky submilimetrové kolimaci v podstatě izotropní zobrazení prostoru. Hodnocení u CTA vyšetření se začalo provádět za využití planárního i trojrozměrného zobrazení. [8]

V současnosti se objevují CT přístroje (Aquilion ONE) s 320 řadami detektorů, který dokáže na jednu otočku rentgenky bez posunu stolu snímat až 16 cm dlouhý úsek. To je velmi výhodné např. při vyšetření srdce. V praxi je však zlatý standard 64 řadý systém detektorů, který je dostačující pro spolehlivé a rychlé vyšetření. (viz Příloha č. 4) [18]

Dalším vývojovým směrem je přístroj, který má dva systémy rentgenka - detektor (dual source CT), který také umožňuje zkrácení akvizičního času.

Zavedením nových konstrukčních prvků u přístrojů se zkracuje doba akvizice dat, zmenšuje se tloušťka vrstvy a zvyšuje rozlišovací schopnost.

### 1.3.1 Princip CT

Základní princip je založen na zeslabování svazku rentgenového záření při průchodu vyšetřovaným objektem. Jde o metodu tomografickou – celé vyšetření se skládá s velkého množství sousedících vrstev – skenů, nejčastěji o šíři 1-10 mm. Svazek záření vycházející z rentgenky je vycloněn do tvaru vějíře, jehož šířka určuje šířku zobrazované vrstvy. Vyšetřovaná osoba se nejprve položí na pohyblivý stůl, který se během vyšetření pohybuje otvorem v prstenci označovaném jako gantry. Záření po průchodu pacientem dopadá na detektory uložené na části kruhové výseče naproti rentgence. V detektorech je registrováno množství dopadajícího záření a převedeno na elektrický signál, který se odesílá ke zpracování do počítače. Během expozice (zhotovení) jedné vrstvy se systém rentgenka-detektory, které jsou spolu pevně spojeny, otočí kolem pacienta o 360°. Během této rotace se změří stovky dat každým detektorem. Z těchto dat počítač matematicky zrekonstruuje obraz vyšetřované vrstvy. Na rozdíl od klasických rentgenových snímků není tedy záření zaznamenáváno na film, ale je zaneseno soustavou detektorů do počítače, se kterým jsou propojeny. Získané obrazy jsou digitální. [3, 7, 10 ]

CT vyšetření probíhá tak, že je nejprve zhotoven digitální snímek vyšetřované oblasti (nejčastěji používaný výraz je topogram či skenogram, méně často pak scout či

pilot-view) – rentgenka ani detektory se při tomto snímku nepohybují a pacient ležící na pohyblivém stole projede otvorem v gantry. Na získaném snímku se naplňuje rozsah vyšetření, případně sklon gantry. Následuje vlastní vyšetření, při kterém získáváme vrstevné obrazy téměř výhradně v axiální (transverzální) rovině. Obvykle je zhotoveno několik desítek navzájem se sebou sousedících (nebo se i překrývajících) vrstev (skenů). Z nich potom lze vytvořit rekonstrukce v libovolné rovině, nebo trojdimenzionální obraz. Podle potřeby se vyšetřuje nejen nativně, ale stejná série se provádí i po intravenózní aplikaci jodové kontrastní látky. Hlavními důvody proč ji podáváme, je lepší rozlišení cév od ostatních struktur a rozdílné sycení normálních a patologicky změněných tkání.

CT vyšetření trvá obvykle několik minut, v závislosti na rychlosti přístroje, rozsahu vyšetřované oblasti a případné aplikaci kontrastní látky. Během vyšetření se pacient nesmí hýbat. U nespolupracujících pacientů, kterými jsou nejčastěji malé děti, se vyšetření provádí v sedaci nebo celkové anestezii.

### **1.3.2 CT angiografie**

CT angiografie je miniinvazivní způsob zobrazení kardiovaskulární soustavy pomocí rtg záření. Kontrast krve a okolních tkání je téměř nulový, proto je nutno jej zvýšit aplikací kontrastní látky. Kontrastní látku podáváme intravenózně – nejčastěji do kubitální žíly pomocí tlakového injektoru (viz Příloha č. 5). Množství a rychlost aplikace kontrastní látky jsou odlišné podle typu vyšetřovaného orgánu, konstituce pacienta a kvality žilního přístupu.

Pro dobré zobrazení anatomie cév je také nutné dostatečné prostorové rozlišení. Nejvěrněji anatomii zobrazí multidetektorové přístroje (MDCT) s izotropním zobrazením - akvizice dat probíhá takovým způsobem, že rekonstrukcí hrubých dat lze získat zobrazení se stejným prostorovým rozlišením ve všech směrech. Ideální zobrazení vzniká použitím submilimetrové kolimace. [8, 9]

K dobrému zobrazení cévního řečiště a následnému hodnocení CTA je nutné, aby akvizice dat začala současně s průtokem kontrastní látky vyšetřovanou oblastí. K načasování vhodné doby se používají dvě techniky a to „bolus tracking“ a „bolus timing“.

Bolus tracking je technika automatického spuštění vyšetření při dosažení potřebné denzity ve vyšetřované cévě. Nejprve se nastaví na referenčním skenu tzv. ROI (Region Of Interest) – oblast ve které se bude změna denzity sledovat. Dále se stanoví hranice denzity v ROI, při které se spustí akvizice (obvykle 110 - 150 HU) a při překročení této hranice dojde automaticky k spuštění akvizice. Tato technika se používá v praxi častěji.

Druhou metodou je bolus timing – po podání malého bolusu kontrastní látky se stanovuje křivka denzit z lumen arterie v čase, ze které se pak odvodí nejvhodnější čas k zahájení skenování.

CTA je indikována, pokud jsou ostatní diagnostické metody méně efektivní, nedostupné nebo neúměrně více zatěžující.

Výhody CTA:

- je méně časová a finančně náročná než klasická angiografie
- nižší dávka záření a lepší tolerance pacientem oproti DSA
- poskytuje detailnější zobrazení než UZ a MR
- možnost při jedné akvizici provést vyšetření všech zobrazených tkání ve vyšetřované oblasti (rekonstrukce hrubých dat různými filtry)
- lze detekovat ve vyšetřované oblasti i jiné patologie než jen v cévním řečišti (tumory, zvětšené uzliny, změny na skeletu, atd...)
- umožňuje přesné naplánování další léčby – intervenční nebo chirurgický zákrok (angioplastiky, zavádění stentů, cévní operace)

Ve srovnání se všemi ostatními metodami však CTA nejméně zobrazuje hemodynamické poměry kardiovaskulárního aparátu.

CTA by se nemělo indikovat, pokud nepřinese nové informace, je-li indikována současně katetrizační angiografie nebo když zátěž zářením a kontrastní látkou pro pacienta je neúměrná přínosu vyšetření.

Nevýhody CTA jsou:

- alergická reakce a vznik kontrastní nefropatie (souvisí s podáním kontrastní látky)
- radiační zátěž

Problémem při hodnocení CT angiografie mohou být kalcifikované sklerotické pláty, které dokážou vyšetření zcela znehodnotit. Náhrady kyčelních nebo jiných kloubů již na moderních tomografech tolik vyšetření nelimitují, větší problémy působí artefakty od kovových klipů nebo embolizačních spirál na drobných cévách. [8]

### **1.3.3 Postprocessing**

Postprocessingem se rozumí dodatečné rekonstrukce dat. Používají se k tomu tzv. surová data (raw data) což je vlastně soubor jednotlivých skenů, získaný při vyšetření. Surová data jsou obrazy v co nejužší vrstvě, které se navzájem překrývají.

Nejčastěji používané postprocessingové metody v CT angiografii jsou MIP a VRT rekonstrukce.

#### ***MIP – rekonstrukce***

Způsob zobrazení pomocí MIP (maximum intensity projection) rekonstrukcí vychází z podoby virtuálního rentgenového snímku. Výsledný obraz vzniká projekcí virtuálního paprsku procházejícího tkání na virtuálním stínítku. Zobrazí se vždy pouze pixel s nejvyšší denzitou v daném směru a je jedno, v jaké vzdálenosti od stínítka leží. Pro kvalitní MIP rekonstrukci je zapotřebí aplikace kontrastní látky, aby denzita náplně cévy byla vyšší než 200-250 HU. Rekonstrukce CTA pomocí MIP se nejvíce podobají klasické arteriografii, provede-li se subtrakce kostních struktur, připomínají výsledné obrazy digitální subtrakční angiografii. Tyto rekonstrukce lze provést v 2D i 3D zobrazení. Pro zobrazování cévního řečiště se více používají 2D rekonstrukce. (viz Příloha č. 6). [8]

### ***VRT rekonstrukce***

Nejčastěji používanou trojrozměrnou rekonstrukcí je VRT (volume rendering technique), která užívá objemového zobrazení. Vytváří prostorový model cévního systému.

Podobně jako MIP pracuje zobrazení typu VRT s celým objemem dat – vytváří se tak prostorový model reálného objektu, při CTA jde většinou o cévní struktury. (viz Příloha č. 7) [8]

### **1.3.4 Kontrastní látky**

Kvalita CT obrazu je závislá na jeho kontrastu. Kontrast je ovlivněn především rozdíly v absorpci rentgenového záření v tkáních. Tyto rozdíly lze zvýšit pomocí kontrastních látek. Ty buď zvyšují absorpci záření – pozitivní kontrastní látky, nebo absorpci snižují - negativní kontrastní látky. Na CT pracovištích se téměř výhradně používají jodové nefrotropní (jsou vylučovány ledvinami) kontrastní látky. Tato skupina kontrastních látek se používá hlavně pro angiografické výkony, kontrastní CT atd.

Kontrastní látky mají bohužel i různé vedlejší reakce, z nichž nejdůležitější jsou reakce alergické. Tato reakce může vzniknout hlavně při první aplikaci kontrastní látky – není nutné předchozí setkání s alergenem. Maximum výskytu alergických reakcí je v prvních minutách po podání kontrastní látky. Pravděpodobnost vzniku a velikost těchto reakcí záleží na koncentraci a teplotě (měla by být zahřátá na teplotu těla) aplikované kontrastní látky. Závažné reakce mohou nastat i po podání malého množství kontrastní látky. [3, 8]

Jeden z významných faktorů ovlivňující vedlejší reakce organismu na kontrastní látku je ionizace, kdy se kontrastní látka v krvi rozkládá na ionty, které potom mění základní fyziologické chemické reakce. Podle ionizačních účinků se kontrastní látky rozdělují na ionické (ionizující) a neionické (neionizující). Neionické kontrastní látky

jsou nejkvalitnější, mají nejmenší riziko nežádoucích alergických reakcí, ale jsou výrazně ekonomicky nákladnější než ionické. [8]



## **2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZA**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem této bakalářské práce je představit a srovnat různé metody vyšetření cévního řečiště na ultrasonografii a počítačové tomografii, upozornit na možné výhody, nevýhody a rizika těchto metod.

### **2.2 Hypotéza**

Vhodnější zobrazovací metodou při vyšetření cévního řečiště je ultrasonografie – metoda přinášející dobrou diagnostickou informaci současně za menšího rizika pro pacienta než je tomu u počítačové tomografie.

### 3 METODIKA

K vypracování bakalářské práce byly prostudovány odborné knihy, články a webové stránky týkající se daného tématu. Dále jsem v práci použil poznatky z odborných konzultací s lékaři radiologického oddělení, data z nemocniční informační sítě nemocnice Benešov a.s. a údaje Ústavu zdravotnických informací a statistik, které mi byly nápomocny pro analytické zpracování.

#### *Analýza počtu přístrojů a vyšetření provedených na UZ a CT v ČR*

Pro analýzu počtu přístrojů CT a UZ jsem použil data z webových stránek Ústavu zdravotnických informací a statistik (ÚZIS ČR). ÚZIS vydává každý rok zdravotnické ročenky České republiky, které vychází z údajů Národního zdravotnického informačního systému a demografických údajů Českého statistického úřadu. V těchto ročenkách jsem našel potřebné údaje v kapitole nazvané „*Činnost společných vyšetřovacích a léčebných složek*“. Data jsou zpracována v období 2006 – 2011 a jsou bez podrobnějšího členění. Pro rok 2012 budou data zpracována až ke dni 30. 4. 2013 a proto nejsou v práci prezentována.

Údaje jsou zpracovány v programu Microsoft Excel.

#### *Analýza počtu vyšetření cévního řečiště*

Tato analýza byla provedena pouze z provedených CT a UZ vyšetření cévního řečiště. Protože celorepublikově nejsou k dispozici data pouze o cévních výkonech, použil jsem tyto údaje oblastní nemocnice R+S Benešov a.s.

CTA se zde provádějí na přístroji *Aquilion TSX – 101A*. Ultrasonografická cévní vyšetření jsou prováděna na přístroji *Aloka Prosound*. Veškerá potřebná data jsem našel v nemocniční informační síti. Údaje se týkají pouze CT angiografie a ultrazvukového vyšetření cév. Tyto data jsou opět graficky zpracována v programu Microsoft Excel.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Vyšetřovací metody ultrasonografie

#### 4.1.1 Vyšetření cév hlavy a krku

Duplexní dopplerovské vyšetření, doplněné barevným kódováním krevního toku, se stalo metodou první volby pro hodnocení artérií a vén v oblasti krku. Vyšetření je neinvazivní, je prováděno bez jakékoliv přípravy pacienta, umožňuje posouzení morfologického stavu stěn cév a hodnocení hemodynamických poměrů v dané oblasti.

#### *Vyšetření extrakraniálního karotického povodí*

Při ultrasonografickém vyšetření oblasti arteria carotis externa (ACE) a arteria carotis interna (ACI), závisí na délce krku a průběhu obou cév (pacienti s krátkým silným krkem jsou obtížně vyšetřitelní kraniálně nad bifurkací). Další komplikací je výrazné vinutí ACE i ACI, kdy artérie se ostrým pohybem zanořuje do hloubky, a to zmenší rozsah vyšetřeného úseku obou artérií.

V průběhu vyšetření leží pacient na rovné podložce, má lehce zakloněnou hlavu a co možná nejvíce natažený krk. Hodnocení se provádí při středním postavení hlavy nebo lze hodnotit ACE a ACI také při otočení hlavy laterálně. Cévu prohlížíme v příčném i podélném řezu, sledujeme její šíři, patologické změny, šíři i průsvit lumina a celkový průběh cévy resp. vyšetřovaného úseku. Hemodynamické parametry lze posuzovat pomocí barevného a pulzního dopplerovského vyšetření.

Duplexní dopplerovské vyšetření je neinvazivní rutinní metodou, jež dává ve vyšetřitelném rozsahu karotid komplexní informaci o rozsahu a významnosti aterosklerotických změn a slouží nejen k hodnocení hemodynamické významnosti karotické stenózy, ale jistou měrou přispívá i k indikaci chirurgického výkonu, a je metodou první volby i v pooperačním sledování pacientů. Vyšetření je možno provádět

pooperačně nebo ihned po skončení zákroku, i když edém podkoží komplikuje v prvních dnech vyšetření. [4]

### ***Vyšetření vertebrálních artérií***

Vertebrální artérie (VA) jsou duplexním dopplerovským vyšetřením hodnotitelné od oblasti odstupů z a. subclavia až po výšku výběžku C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> obratle, dále pak je hodnotitelný úsek nad atlantooccipitální membránou včetně začátku a. basilaris.

Vyšetření je vzhledem k menší šíři cévy a jejímu uložení obtížněji proveditelné než u karotid. Nejčastějším nálezem je asymetrie v průběhu obou VA.

Relativně lépe vyšetřitelná z hlediska přímého průkazu stenózy je vertebrální artérie od místa odstupu z a. subclavia až po vstup do příčného výběžku C<sub>6</sub> obratle. Obtížněji jsou hodnotitelné stenózy v průběhu artérie mezi výběžky C<sub>6</sub> - C<sub>1</sub>. Zde se někdy podaří zachytit stenózu duplexním dopplerem jen pokud je mezi výběžky C<sub>6</sub> až C<sub>4</sub>. Nelze vyšetřit přímo stenózu, jež se nalézá v místě průchodu příčným výběžkem obratlového těla. [4]

### ***Vyšetření jugulárních žil***

Hlavní indikací k tomuto vyšetření je převážně podezření na trombózu jugulární vény. Trombóza v. jugularis interna vzniká nejčastěji u pacientů se zavedeným centrálním katétrem, zvláště jsou-li takto podávána cytostatika.

### ***Transkraniální vyšetření***

Transkraniální dopplerovské (TCD) vyšetření tepen Willisova okruhu báze lební bylo do praxe zavedeno již v roce 1982. Zkvalitnění této metody přineslo zavedení barevného kódování krevního řečiště. Tím byla usnadněna identifikace jednotlivých tepenných úseků. Transkraniální doppler představuje nejjednodušší klinicky použitelný způsob vyšetření průtoku intrakraniálním tepenným řečištěm.

Vzhledem k velkému útlumu ultrazvuku v kostech je nutno k transkraniálnímu vyšetření použít sektorových sond s nízkou frekvencí a vysokého akustického výkonu. Hlavními přístupovými místy je transtemporální okno umožňující zobrazení Willisova

okruhu v axiální nebo koronální rovině a suboccipitální okno přes foramen occipitale magnum, kde je možno zobrazit distální úseky vertebrálních artérií a artérie bazilární. Zobrazitelnost je do značné míry ovlivněna věkem vyšetřovaného. Velmi dobrá je u mladších věkových skupin, s postupujícím věkem se zhoršuje. [4]

Pomocí TCD je možno diagnostikovat stenotické a okluzivní změny. U okluze vnitřní karotidy je možno touto metodou posoudit přítomnost kolaterálního oběhu Willisovým okruhem.

#### **4.1.2 Vyšetření cév břišní oblasti**

Objektem tohoto vyšetření je především břišní aorta uložená retroperitoneálně mírně vlevo před obratlovými těly od úrovně Th<sub>12</sub> k L<sub>4</sub>. Dále tyto hlavní větve břišní aorty: truncus coeliacus spolu s a. hepatica communis, a. mesenterica superior i hůře vyšetřitelná a. mesenterica inferior, párová a. renalis a obě aa. ilicae communes.

Vyšetření je někdy obtížné u obézních pacientů s větším obsahem plynu v gastrointestinálním traktu. Vyšetření je proto nutné provádět nalačno a v ranních hodinách. Výsledek vyšetření je možno vylepšit i podáním kontrastních látek intravenózně. [4, 19]

##### ***Vyšetření břišní aorty***

Indikací k ultrazvukovému vyšetření břišní aorty jsou břišní úrazy, bolesti ve středové linii břicha, porucha krevního zásobení dolních končetin nebo pulzující útvar v břiše. (viz Příloha č. 8)

Při ultrasonografickém vyšetření břišní aorty se hodnotí šíře lúmina, síla stěny, přítomnost plátů, nasedající trombózu a to především v místě aneurysma. Šíře aorty u dospělého člověka, měřená jako maximální vnitřní průměr je 30mm pod bránicí a pak se postupně zužuje na cca 15mm nad bifurkací. Významné zvětšení průměru aorty směrem kaudálním je vždy abnormální. [4]

Počáteční stadia aterosklerotického poškození nejsou vzhledem k hloubce uložení aorty ultrazvukem zachytitelná. Konvenční UZ vyšetření zachytí v oblasti aortální stěny až pokročilejší stadium aterosklerotických změn, kdy dochází k výraznějšímu zesílení stěny a jsou viditelné případné kalcifikace nebo případná trombóza. Vyšetření bývá limitováno střevními plyny.

### ***Vyšetření renálních artérií***

Pravá renální artérie prochází dorsálně za dolní dutou žílou a pravou renální žílou. Vyšetření pravé renální tepny se provádí pomocí barevného mapování. Nejlépe hodnotitelný je střední úsek tepny, který je dobře patrný přes „akustické okno“ spodní třetiny pravého laloku jater, které pomůže vyhnout se artefaktům z trávicí trubice. Vyšetřitelnost levé renální artérie je horší a to především v její střední třetině, která je kryta artefakty z gastrointestinálního traktu. Proximální třetiny obou artérií nalezneme nejnanežněji u neoběžného pacienta, ale problémem zůstává hodnocení střední třetiny průběhu artérie především levé renální artérie. [4, 19]

### ***Vyšetření dolní duté žíly***

Vena cava inferior odvádí krev z viscerálních žil, žilního systému dolních končetin, pánevních žil a větší části žil stěny břichní. Její šířka kolísá s respirací, průměrně je 2 cm široká. Kraniální část dolní duté žíly je vidět přes pravý lalok jater. (viz Příloha č. 9)

Indikací k vyšetření dolní duté žíly může být akutní dilatace žil dolních končetin s příznaky flebitidy i bez zánětu, podezření na mnohačetnou plicní embolizaci nebo i nádory ledvin.

Trombózu dolní duté žíly charakterizuje hypo- až izoechogenní obsah, jež zvyšuje svojí odrazivost se stářím trombu. Starší tromby jsou nehomogenní s možnými kalcifikacemi. K přesnému určení rozsahu zbytkového lumina si i zde můžeme pomoci barevným dopplerem.

### ***Vyšetření portální žíly***

Portální řečiště patří k nejčastěji hodnocené oblasti při abdominálním dopplerovském vyšetření.

Šíře lumina portální žíly je průměrně 11-15 mm, délka hlavního kmene je asi 8 cm. Při špatné vyšetřitelnosti je výhodnější sledovat žílu z oblasti dolního mezižebří, kdy lze hodnotit především oblast průběhu portální žíly v hilu jaterním a intrahepatální větvení hlavního kmene. Lienální vena se sleduje v oblasti epigastria při jejím průběhu za tělem a kaudou pankreatu. Vena mesenterica superior je sledovatelná nejméně 5-7 cm před soutokem s v. portae.

Fyziologicky vena portae probíhá v oblasti hepatoduodenálního ligamenta dorzálně od probíhajícího choledochu a hepatické artérie. Toky v portální žíle jsou dopředné, směrem k parenchymu jater (tzv. hepatopetální toky). Toky směřující od jater se označují jako hepatofugální. Za fyziologických podmínek je lumen portálního řečiště anechogenní, trombóza se projeví jako okrskovitě zvýšení echogenity lumina. Současně při parciálních trombech významně narůstá celková šíře porty či její větve.

Jednou z indikací k vyšetření je podezření na portální hypertenzi. Klinicky se projevuje rozvojem porto-systémových kolaterál, splenomegalií a ascitem. S velkou pravděpodobností lze na portální hypertenzi usuzovat z měření průtoků a charakteru rychlostí při dopplerovském vyšetření portální žíly a jejích větví.

Při vyšetření pacienta s podezřením na portální hypertenzi, se provede nejprve vyšetření jater, portálního řečiště a sleziny. Hodnotí se velikost a kontura jater, echogenita parenchymu, ložiskové změny a přítomnost ascitu. Prosté zvýšení průměru větví portálního řečiště k diagnóze portální hypertenze nestačí. Hledá se přítomnost trombu v portálním řečišti, jež se zobrazí jako echogenní okrsek v jinak anechogenním obsahu lúmenu.

Další dobře sledovatelnou oblastí kolaterálního řečiště je oblast hilu sleziny kolem široké vinuté lienální žíly, kde sledujeme množství stáčejších se venózních úseků, jež mohou dosahovat značné šíře.

Jednoznačným průkazem portální hypertenze je nález kolaterálního oběhu. Vyšetření pacienta s podezřením na portální hypertenzi je tedy komplexním

hodnocením této oblasti za použití všech dostupných ultrasonografických modalit (B-obraz, pulsní i barevný doppler). [4]

### **4.1.3 Vyšetření cév horních končetin**

#### ***Vyšetření tepen horních končetin***

Patologické postižení končetinových artérií může mít akutní nebo chronický charakter. Akutní stav bývá způsoben embolií nebo lokální trombózou většinou již jinak stenotické artérie, chronický stav je vyvolán především arteriosklerózou.

Základním příznakem akutního postižení tepenného uzávěru je bolest, parestesie, pocit chladu, změny v zabarvení kůže v postižených oblastech a neposlední řadě trofické změny od ulcerace po gangrénu. Postižení periferních tepen bývá často součástí jiných celkových onemocnění, jako je diabetes mellitus, ischemická choroba srdeční nebo onemocnění plic. Klinicky nejzávažnější jsou stenózy proximálního úseku, tj. a. subclavia a truncus brachiocephalicus, které mohou vést k ischemii mozku.

Vyšetření začíná v axile, kde se vyšetří a. axillaris, dále se pokračuje distálním směrem a vyšetřením a. brachialis na paži v supinaci. Ve stejné poloze paže se vyšetří z volární strany rozvětvení a. brachialis a obě předloketní artérie. Tepny horní končetiny se mohou vyšetřovat jak u sedícího tak i u ležícího pacienta.

Ultrasonografické vyšetření v jednotlivých řezech neumožňuje celkový pohled na palmární a metakarpální artérie. Naproti tomu lze dobře vyšetřit digitální artérie pomocí vysokofrekvenční sondy. O funkčnosti palmárního oblouku se můžeme přesvědčit i jednoduchým kompresním testem. Pokud komprese a. radialis v proximálním úseku vyvolá obrácený tok v jejím distálním úseku, svědčí to o dobré funkci palmárního oblouku. [4]

#### ***Vyšetření žil horních končetin***

Žilní systém na horních končetinách je možno rozdělit na hluboký a povrchový. Oba systémy spolu komunikují četnými spojkami - perforujícími žilami, tzv.



perforátory. Při vyšetření hlubokého žilního systému je hlavním rozlišovacím znakem žil od artérií jejich kompresibilita.

Hluboký žilní systém představuje hlavní drenážní aparát. Je uložen v hlubších vrstvách, provází magistrální artérie a nese obdobné označení. Běžně bývá zdvojený, zejména v podkolenní oblasti a na předloktí, vzácností nebývá ani triplicita těchto žil. Povrchové žíly vytvářejí v podkoží bohatou síť a na končetinách se spojují do dvou hlavních kmenů, které se zanořují do hlubokého systému. Žilní perforátory spojují oba tyto systémy, procházejí přes svalovou fascii a mají téměř horizontální průběh. [15]

Hlavními představiteli povrchového žilního systému horních končetin jsou v. cephalica a v. basilica. Hluboké žíly horní končetiny sledují stejnojmenné artérie a vykazují četné spojky jak mezi sebou, tak s povrchovými žílami. Hlavní odvodnou žílou je v. subclavia, do níž ústí všechny žíly horní končetiny.

Za fyziologických okolností proudí žilní krev výhradně centrálním směrem, tj. od periferie k pravostranným srdečním oddílům a z povrchových žil do hlubokého systému. Zásadní úlohu v udržení jednosměrnosti toku hrají žilní chlopně, bránící ventilovým mechanismem zpětnému -retrográdnímu - proudění (refluxu). Chlopní aparát je s výjimkou pánevních a dutých žil vytvořen na všech úrovních. Chlopně se zobrazují v podobě pohyblivých jemných, výrazně echogenních struktur, jejichž pozice se mění v závislosti na tlakových změnách v žilním řečišti. Fyziologicky, je obsah žil při sonografickém vyšetření prakticky anechogenní (lumen je při správném nastavení černý), a to i v případě použití vysokofrekvenčních sond s kvalitním rozlišením. [15]

Patologické nálezy žil horních končetin jsou mnohem méně časté než u dolních končetin. Častým nálezem bývá žilní trombóza nebo arteriovenózní píštěl. Pod tímto pojmem rozumíme vrozené nebo získané spojení tepny a žíly bez odpovídajícího kapilárního řečiště. Zvláštní význam mají terapeutické a-v píštěle. Tyto jsou záměrně chirurgicky vytvářeny převážně na horní končetině u dlouhodobě hemodialyzovaných pacientů pro snadnější opakovaný přístup do cévního systému. Hemodialyzační a-v anastomózy jsou vytvářeny nejčastěji na předloktí a to buď anastomózou a. radialis s v. cephalica nebo a. ulnaris s v. basilica. [4]

#### 4.1.4 Vyšetření cév dolních končetin

##### *Vyšetření tepen dolních končetin*

Hlavním důvodem k duplexnímu vyšetření artérií dolních končetin je buď akutní tromboembolie nebo chronické změny na základě aterosklerózy. Tepny dolních končetin bývají aterosklerotickými změnami postiženy nestejně. Nejčastěji bývají postiženy artérie stehna, a to asi ve 40%. Je proto žádoucí systematické vyšetření artérií celé dolní končetiny.

Akutní arteriální uzávěr má většinou velmi dramatický průběh, protože chybí kolaterální systém, který se běžně vytvoří při pomalé tvorbě uzávěru. Barevnou duplexní ultrasonografií lze detekovat místo částečného nebo úplného uzávěru. U úplných uzávěrů je často obtížné určit jejich distální konec vzhledem k dosud chybějícím kolaterálám.

Barevná duplexní ultrasonografie nabývá zvláštní důležitosti při diagnostice víceúrovňového stenotického postižení. Tady je hodnota spektrálního vyšetření menší než hodnota barevného vyšetření. Barevné duplexní vyšetření představuje výhodu při identifikaci stenóz. Stenózy lze diagnostikovat prakticky až do 98-99% uzávěru. Problémy jsou s diferenciací diagnostikou stenózy vysokého stupně a úplného uzávěru. Zde pomáhá využití kontrastních látek. [4]

Pro většinu vyšetření vystačíme s polohou pacienta na zádech s mírnou abdukci končetiny. Pro vyšetření popliteální oblasti je nutná poloha na břiše. Standardně se vyšetřuje nejdříve pravá strana. Pokud není jasně položena klinická otázka, která by ohraničovala pouze určitý úsek vyšetření, začíná se duplexní barevné vyšetření na a. femoralis. Barevné zobrazení se doplňuje vždy měřením rychlosti pulzně dopplerovským modulem. Vyšetření probíhá zásadně ve dvou rovinách.

Zobrazitelnost artérií dolních končetin závisí na hloubce uložení cévy a na charakteru tkání, ležících mezi povrchem těla a vyšetřovanou cévou. Nejsnáze přístupná duplexnímu vyšetření je a. femoralis včetně její bifurkace, a. poplitea a a. tibialis anterior a posterior. Tyto artérie lze zobrazit u 97% pacientů. V oblasti dolního bérce se zobrazitelnost snižuje asi na 78%. [4]

Limitace vyšetření jsou spojeny se vznikem artefaktů. Pokud je kalcifikovaný plát umístěn na přední stěně cévy, znemožňuje akustický stín přehlédnutí a posouzení hlouběji uložených struktur.

### ***Vyšetření žil dolních končetin***

Vyšetření povrchového žilního systému dolních končetin představuje méně častou indikaci ultrazvukového vyšetření. Hodnotí se stav průchodnosti a funkce chlopní obou safen, případně vztah trombu k hlubokému žilnímu systému či postflebitické změny. Kromě diagnostiky povrchové flebitidy se tímto způsobem prověřuje vhodnost žilního štěpu pro potřeby srdečních a cévních revaskularizačních výkonů.

Doménou barevné duplexní ultrasonografie žilního systému dolních končetin je však diagnostika žilní trombózy. Pro diagnostiku hluboké žilní trombózy svědčí chybějící stlačitelnost žíly a nemožnost barevného zobrazení toku. Barevné duplexní vyšetření je indikováno vždy při podezření na žilní trombózu a to před případnou flebografií. Specifická i sensitivita této metody při průkazu hluboké žilní trombózy je ve femoropopliteálním úseku velmi vysoká (94-99%). Také v oblasti bérce je sensitivita rovněž vysoká (94%). [4, 15]

Výhodou barevné duplexní ultrasonografie ve srovnání s flebografií je, že tato metoda prokazuje současně anatomii, fyziologii a patologii vyšetřovaného žilního úseku a umožňuje jeho přesnou dokumentaci. Další výhodou barevné duplexní ultrasonografie spočívá v odhalování příčin otoků dolních končetin, jako je Bakerova cysta, hematoma po svalové ruptuře nebo komprimující aneurysma doprovázející artérie. Při diagnostice přispívá k odhalení jak primární insuficience žilních chlopní, tak sekundární insuficience způsobené varixy. Neinvazivní barevné dopplerovské vyšetření je také významným pomocníkem při hodnocení výsledku angioplastik a chirurgických zákroků na stenotických či uzavřených cévách.

## 4.2 Vyšetřovací metody CTA

### 4.2.1 CTA mozkových tepen a karotid

Jednou z nejčastějších indikací CTA je vyšetření karotid (viz Příloha č. 10). Při tomto vyšetření se zobrazují nejen karotidy, ale i všechny větve jdoucí z oblouku aorty (včetně jejich odstupů), vertebrální tepny a intrakraniální řečiště.

Hlavní indikací k CT angiografii krčních a mozkových cév je zobrazení akutních ischemických cévních příhod s identifikací místa tepenného uzávěru (ev. stenózy spolu s její kvantifikací). Dále je možno je zobrazit aneurysmata (viz Příloha č. 11), trombózu žilních splavů a dále i prakticky jakékoliv patologické stavy s postižením cév mimo mikroangiopatií. [8]

Vyšetření se zahájí zhotovením topogramů ve dvou na sebe kolmých rovinách (předozadní a bočné) a pomocí těchto orientačních snímků se naplánuje skenovací rozsah vyšetření. Při CTA karotid a mozkových tepen je rozsah vyšetření od oblouku aorty po vertex. Pomocí techniky „bolus tracking“ nebo „bolus timing“ se spustí akvizice. Sběr dat lze spustit i ručně.

Při vyšetření je pacientovi aplikována kontrastní látka do kubitální žíly. Přístup se volí pokud možno z pravé strany, abychom omezili případné artefakty z přeplněné levé brachiocefalické žíly, která kříží odstupy tepen z aortálního oblouku.

Základní podmínkou pro kvalitní zobrazení tepen hlavy a krku, je homogenní náplň arteriálního systému v zobrazované oblasti s co nejmenší kontaminací žilního systému v povodí VCS, jugulárních žil a také intrakraniálně. Kvalitu náplně cévního lumina ovlivňuje množství podávané kontrastní látky za jednotku času. Množství podávané kontrastní látky je závislé na celkové době akvizice. Obvykle se podává 60-80 ml jodové kontrastní látky pomocí tlakového injektoru rychlostí 3-4 ml/s. Výhodný je proplach fyziologickým roztokem, který jednak redukuje objem podávané kontrastní látky zhruba o jednu třetinu a také se podílí na omezení artefaktů. [8, 20, 21]

Výhoda CTA oproti ultrazvukovému vyšetření spočívá v možnosti zobrazení celého průběhu karotických a vertebrálních tepen i intrakraniálního cévního řečiště bez překrytí jinou strukturou. Další výhodou je rychlost vyšetření (vlastní sběr dat trvá asi 5-10 sekund dle typu přístroje).

CTA není vhodná pro posuzování dynamiky mozkové cirkulace, kdy je nezastupitelná arteriografie.

#### **4.2.2 CTA plicního oběhu**

CT angiografie se stala zlatým standardem při podezření na plicní embolii, a to především ve smyslu potvrzení či vyloučení přítomnosti trombů v plicním řečišti. Rozsah vyšetření je zpravidla od dolní úrovně plicních žil nad horní konturu aortálního oblouku. [27]

Dalšími indikacemi pro toto vyšetření mohou být zobrazení dilatace plicnice a zobrazení plicních žil. U plicních nádorů je možno posuzovat kompresi hlavních větví plicnice.

Multidetektorové přístroje umožňují jen krátkou expozici po dobu asi 10 s, na kterou je potřeba, aby pacient zadržel dech. U klidově dušných nemocných je CTA technicky obtížnější. Důležité je použít dobrý žilní přístup pro dostatečně rychlé a plynulé podání kontrastní látky, kterou aplikujeme pomocí tlakového injektoru. Obvykle se podává 60-100ml KL rychlostí 3-5ml/s. ROI pro bolus tracking vkládáme do kmene plicnice. Při tomto vyšetření není nutné používat synchronizaci s EKG a vysoce spolehlivé je vyšetření i na starších přístrojích. [27, 28]

Pro hodnocení vyšetření se používají zejména tenké axiální obrazy. Případné VRT rekonstrukce jsou pouze doplňkové.

Pomocí CTA jsou zobrazitelné všechny větve plicnice i plicních žil po subsegmentární úroveň. CTA plicních tepen má zcela jasné postavení při průkazu akutní plicní embolizace, kdy dominuje nad ostatními vyšetřovacími metodami vysokou senzitivitou i specificitou. [8]

### 4.2.3 CTA srdce a věnčitých tepen

Základní podmínkou kvalitního vyšetření srdce a věnčitých tepen je použití synchronizace akvizice dat s elektrokardiogramem pro zamezení pohybových artefaktů.

Nejčastějšími Indikacemi pro CTA srdce a věnčitých tepen je zachycení či vyloučení významné stenózy koronární tepny, zobrazení průchodnosti cévních rekonstrukcí jak žilních tak i tepenných bypassů, chlopenní nebo vrozené srdeční vady a variety.

Příprava pacienta předpokládá aplikaci beta-blokátorů ke zpomalení tepové frekvence. Nutný je pravidelný, pomalý rytmus srdce pro EKG triggering. [8]

Rozsah vyšetření volíme na plánovacím skenu od oblasti přibližně 1 cm pod úroveň kýlu průdušnice po úroveň pod srdečním hrotem, v případě současného vyšetření srdečních bypassů jde o úroveň od výše horního okraje sternoklavikulárního kloubu po oblast druhého bederního obratle.

Průběh CT vyšetření srdce se příliš neliší od ostatních CT vyšetření. Vzhledem k možným nežádoucím reakcím na podání jodové kontrastní látky je vhodné, aby byl pacient nalačno. U plánovaných vyšetření je požadováno lačnit 4 hodiny před vyšetřením.

Samotný náběr dat v průběhu vyšetření je krátký a skenování trvá mezi 1 - 10 vteřinami (dle typu přístroje). Po tuto dobu je nutné, aby se pacient nehýbal a nedýchal. Jelikož pohyb srdce nelze zastavit, využívá se synchronizace s EKG. Existují dva základní principy synchronizace s EKG, hradlování (gating) a spouštění (triggering). [22]

V případě triggeringu se jedná o prospektivní synchronizaci a sběr CT dat je spouštěn jen v určité předem zvolené fázi EKG. Čas spuštění je ovládacím programem automaticky určen na základě několika předchozích EKG intervalů. Obvykle je využívána metoda sekvenčního skenování, kdy v průběhu skenování stůl s pacientem stojí na místě a pohybuje se v intervalu, kdy přístroj neskenuje. Výhodou triggeringu je nižší radiační zátěž. Nevýhodou je citlivost na nepravidelnosti v srdečním rytmu. Další nevýhodou je nemožnost zrekonstruovat srdce ve více fázích srdečního cyklu pro hodnocení funkce a kinetiky. [22,24]

Při gatingu se jedná o retrospektivní synchronizaci. CT data jsou sbírána v průběhu celého srdečního cyklu a následně je vybrána fáze pro rekonstrukci. Výhodou gatingu je možnost zpětně zvolit nejlepší fázi pro rekonstrukci a dále možnost vytvořit rekonstrukci ve více fázích a hodnotit tak kinetiku myokardu a objemy srdečních dutin v průběhu srdečních cyklů. Výraznou nevýhodou je vysoká radiační zátěž. (viz Příloha č. 12) [22]

Kombinací uvedených metod je EKG pulsing, při kterém je předem zvolena určitá část R-R intervalu, kdy CT přístroj používá plný výkon a ve zbylém čase je výkon rentgenky snížen na nižší dávku (například 20 %). To umožňuje snížit dávku při částečném zachování výhod gatingu. U gatingu i pulsingu je nutné skenovat metodou spirální, kdy se stůl s pacientem kontinuálně pohybuje skrze gantry přístroje. [22]

Aplikace kontrastní látky je velmi důležitou součástí vyšetření věnčitých tepen i srdce. Aplikujeme asi 40-100ml kontrastní látky tlakovým injektorem a průtok pro vyšetření věnčitých tepen volíme 4-6 ml/s. [24]

Mezi používané typy rekonstrukcí patří i při tomto vyšetření, maximum intensity projection a zobrazení pomocí volume rendering techniky.

Přes některá omezení, jako je horší zobrazení periferních větví a tepen na výrazně pulsující levé komoře, je možno získat z CTA věnčitých tepen klinicky validní informace o stavu koronárního řečiště. Pro zobrazení žilních bypassů je CTA zcela postačující metodou, která umožňuje posouzení průchodnosti bypassu zcela neinvazivně. [22]

#### **4.2.4 CTA aorty**

V současnosti dokáží multidetektorové CT stroje vyšetřit aortu velmi rychle a v celé její délce.

Indikacemi k CTA aorty je podezření na dilataci, aneuryzma, rupturu, disekci aorty a zobrazení ev. traumatických změn (viz Příloha č. 13). U aneuryzmat je možno přesně změřit jeho velikost a posoudit ev. trombózu vaku. Sleduje se rovněž případné krvácení z vaku. Častým nálezem jsou také variace tepen odstupujících z aortálního oblouku

nebo variace aorty samotné. Při pooperačních vyšetřeních se sledují anastomózy aortálních náhrad, pseudoaneuryzmata a okolí aorty. Při stále se rozšiřující endovaskulární léčbě se zaváděním stentgraftu je pro jeho úspěšné, bezpečné a stabilní ukotvení zásadní správné stanovení jeho rozměrů, které získáme pečlivou analýzou a zhotovením morfologie aneurysmatu. CTA aorty je metoda, která umožní získat základní informace pro rozhodování o dalším způsobu léčby. Vyšetření CTA umožní i neinvazivní sledování pacientů po implantaci stentgraftů a spolehlivě detekuje i vzniklé komplikace (defigurace nebo migrace stentgraftu). [20, 24]

Aortu lze vyšetřovat v celém jejím rozsahu. Vzhledem k poměrně jednoduché orientaci na plánovacím skenu, který se provádí od vrcholu bránice až po dolní okraj třísla, není zapotřebí nativního vyšetření ani k zacílení CTA.

Kontrastní látka se aplikuje přetlakovým injektorem. Výhodou je opět proplach fyziologickým roztokem. Pokud vyšetřujeme hrudní aortu, snažíme se aplikovat kontrastní látku žilním přístupem na pravé horní končetině, abychom zamezili překrytí odstupu tepen z oblouku artefaktem z levé brachiocefalické žíly. [8]

#### **4.2.5 CTA abdominálních cév**

Při tomto vyšetření lze zobrazit všechny břišní tepny a žíly. Při CTA abdominálních tepen využíváme dvoufázové vyšetření, kdy se zobrazí jak arterie, tak i žíly.

CTA je využívána ke screeningu pacientů s renovaskulární hypertenzí, k jejich sledování po léčbě, ke zhodnocení cévního zásobení ledviny u potenciálních živých dárců ledvin a k diagnostice aneurysmat. Indikací jsou i traumatická poškození ledviny. Dvoufázová CTA nalézá uplatnění také v diagnostice nádorů ledvin a jater, zejména před plánovanou chirurgickou léčbou. Kromě cévního zásobení CT vyšetření pomáhá u nádorů zhodnotit resektabilitu tumoru před eventuální resekci tumorů ledvin a též ozřejmit rozsah nádorového žilního trombu. Dále CTA odhaluje stenózy velkých splachnických tepen (3D model dobře zobrazuje kolaterální oběh), aneuryzmata (často na lienální tepně) a pseudoaneuryzmata (nejčastěji na horní mezenterické tepně). U



žilních systémů se prokazuje jeho průchodnost, kolaterální oběh při uzávěru magistrálních žil a variace. CT portografie pak dává nejlepší celkový přehled o portálním řečišti ze všech zobrazovacích metod (s výjimkou přímé portografie). Totéž platí o jaterních žilách. [14, 26]

Vyšetření se provádí po intravenózní aplikaci kontrastní látky, které se podává 60-80 ml a průtokem 5 ml/s. Aplikaci bolusu kontrastní látky uzavírá proplach fyziologickým roztokem v množství 50 ml stejným průtokem, jako byl použit pro podání kontrastní látky. Akvizice dat probíhá v arteriální a venózní fázi, lze doplnit i odloženou (vylučovací) fázi, pokud je podezření např. na invazi nádoru do dutého systému ledvin. [26]

Pro spuštění vlastní akvizice se nejčastěji používá monitorace bolusu kontrastní látky (bolus tracking) v oblasti distální hrudní aorty. Akvizice venózní fáze je zpožděna o 15 sekund od začátku arteriální fáze. Vylučovací fáze vyšetření se spustí přibližně po 10-15 minutách po aplikaci KL.

Pro hodnocení vyšetření lze užít MIP rekonstrukce a také trojrozměrná zobrazení cév (viz Příloha č. 14) či dutého systému ledviny.

#### **4.2.6 CTA končetin**

Kompletní CTA dolních končetin zahrnuje vyšetření v rozsahu od odstupů renálních tepen po oblast kotníků. Jednoznačnou indikací jsou oboustranné uzávěry pánevních tepen (viz Příloha č. 15 a 16) nebo abdominální aorty. Mimo uzávěry a stenózy jsou na tepnách dolních končetin lze ještě zobrazit aneuryzmata (např. vnitřních pánevních tepen).

Tepny horních končetin mají ve srovnání s dolními končetinami nižší průtok, což způsobuje problém se zobrazením periferních tepen. Nejčastější indikací jsou podezření na stenózy u klaudikací horních končetin nebo u neurologických obtíží. Z pohledu stenóz a uzávěrů jsou nejdůležitější odstupy tepen z oblouku, nebo místa krátce za odstupem.

CTA žilního systému dolních končetin je srovnatelná s klasickou flebografií, poskytuje však lepší informace o vedlejších anatomických strukturách a částečně též o vztahu k tepnám. Indikací k vyšetření dolních končetin jsou flebotrombózy, jiné trombózy hlubokého žilního systému a varixy. CT flebografie horních končetin je prováděna nejčastěji jako anatomická studie před založením dialyzačních shuntů. [20]

Technické aspekty vyšetření se zásadně neliší od ostatních CT angiografií. Nutno si dát pozor na to, že sběr dat (posun stolu) může být rychlejší než průtok kontrastní látky v tepnách a dojde k „předjetí“ kontrastní náplně. Tento problém se odstraní vhodným zpožděním skenování, které se spouští manuálně.

Kontrastní látku aplikujeme přetlakovým injektorem. Vhodný průtok je 3 ml/s. Proplach fyziologickým roztokem nemá zde jednoznačný efekt na snížení objemu podávané kontrastní látky, přesto je výhodné ho použít – „tlačí bolus kontrastní látky před sebou“.

Hlavní limitací použití CTA pro zobrazení periferních (končetinových) tepen je, přítomnost hrubých kalcifikací, které jsou velkou překážkou pro správné hodnocení změn hlavně na tenkých cévách. Artefakt z utvrzení paprsku výrazně zvětšuje objem kalcifikací tak, že může lumen naplněné kontrastní látkou zcela zakrýt. Proto u pacientů, kde lze hrubé kalcifikace předpokládat je hodnocení vyšetření bércevého řečiště diskutabilní. [14]

### **4.3 Ultrazvuk vs. počítačová tomografie**

S pokračujícím rozvojem cévní medicíny vystupuje do popředí potřeba neinvazivních diagnostických metod, které jsou nejen všeobecně dostupné, finančně relativně nenáročné, ale i biologicky neškodné a pacienty snadno tolerovatelné. Duplexní ultrasonografie představuje při naplnění uvedených kvalit ideální zobrazovací metodu, která disponuje značným množstvím morfologických a funkčních informací o vyšetřované oblasti. Z hlediska diagnostiky žilních chorob, zejména nejzávažnější z nich hluboké žilní trombózy, nacházejí zmíněné vlastnosti ultrazvukového vyšetření

široké uplatnění v praxi a posunují tuto metodu na čelní místo mezi zobrazovacími postupy. Současně se jeví jako perspektivní nástroj při sledování výsledků léčby těchto onemocnění. [15]

Duplexní sonografie dovoluje provést detailní funkční analýzu v přesně lokalizované cévě. Barevný záznam v B obraze umožní na velké ploše graficky znázornit toky v cévních strukturách vyšetřované oblasti.

Výhoda CTA spočívá v možnosti sledovat výsledný prostorový obraz v jakékoli projekci. To má zcela nesporné diagnostické výhody u anatomicky komplikovaných cévních nálezů.

Nevýhodou CTA je nemožnost sledovat dynamiku toku krve v cévách, radiační zátěž a nebezpečí alergických reakcí po aplikaci kontrastní látky. Jedna z limitací počítačové tomografie spočívá v tom, že je problematické hodnotit kalcifikace ve stěně, která je neostře ohraničena vůči cévnímu lumen. Zvýrazňuje se tak vliv tzv. blooming artefaktu, který způsobí nárůst objemu kalcifikace na podkladě artefaktu z utvrzení záření.

#### **4.3.1 Limitace a rizika ultrasonografických metod**

Nevýhodou dopplerovské ultrasonografie ve srovnání s CT je především nedostupnost všech oblastí cévního řečiště.

Jednou z limitací UZ vyšetření je i obezita pacienta – větší množství podkožního tuku znemožňuje hodnocení hlouběji uložených struktur. Komplikace při vyšetření mohou způsobit i kalcifikace, které omezují hodnocení průtoku krve ve vyšetřované cévě. Problémy v hodnocení způsobují v abdominální oblasti také střevní plyny.

Dalším faktorem limitujícím hodnocení ultrasonografických obrazů jsou artefakty, které mohou vést buď k neúplnému nebo neadekvátnímu zobrazení existujících struktur nebo ke vzniku obrazů, které nemají reálný podklad. [19]

Nejběžnějším jevem při UZ je nedostatečná kvalita obrazu vyplývající z nedostatečné penetrace ultrazvuku s nevýhodným poměrem signálu a šumu. Příčinou jsou nejčastěji struktury, jako jsou tuk, kosti, plicní tkáň...

Struktury, které silně odrážejí ultrazvuk, nebo jsou pro něj zcela nepropustné, vedou ke vzniku akustického stínu. Klasickým příkladem jsou kalcifikace (viz Příloha č. 17) nebo mechanické chlopenní náhrady.

K zobrazení neexistujících struktur vede také jev, kdy hluboko ležící struktury jsou analyzovány jako odrazy náležející až k dalšímu vysílanému pulzu. K podobnému úkazu může docházet při opakovaných odrazech ech například od žeber. Tyto artefakty se dají eliminovat zmenšením hloubky odrazu a nalezení vhodnějšího akustického okna. [19]

Nebezpečí pro vyšetřovaného může vzniknout i chybně provedeným vyšetřením, chybnou interpretací zachycených obrazů nebo dalším subjektivním faktorem, kterým je správná manipulace s vyšetřovací sondou, kterou se vytváří obraz. Touto skutečností se ultrasonografie liší od jiných zobrazovacích metod, u nichž lékař obraz nevytváří, ale jen popisuje. Důsledkem interpretačních rizik tak může být falešně pozitivní nebo falešně negativní nález. V ultrasonografii jsou stejně důležité odborné vědomosti jako manuální zručnost při vlastním vyšetření a dobrá prostorová představivost. Jen vyváženost obou těchto vlastností vede ke správné interpretaci ultrasonogramů a omezení falešně negativních i falešně pozitivních nálezů, snižující věrohodnost ultrasonografie jako diagnostické metody. [4, 11]

#### **4.3.2 Limitace a rizika CT angiografie**

Nevýhodou CTA ve srovnání s UZ je hlavně radiační zátěž, alergická reakce a nutnost žilního vstupu související s aplikací kontrastní látky. Problémy s hodnocením CTA mohou působit i artefakty.

### ***Radiační zátěž***

Při vyšetření výpočetní tomografií je pacientovo tělo krátkodobě vystaveno rentgenovému záření. Je to elektromagnetické vlnění o vlnové délce  $10^{-9}$  až  $10^{-11}$  metrů o vysoké energii. Záření, které se absorbuje v těle, může poškodit živé buňky, zejména takové buňky, které se dělí. Záření použité při výpočetní tomografii je několikanásobně větší, než záření použité pro běžný rentgenový snímek, i tak je ovšem riziko nějakého poškození velmi malé. [13]

***Tabulka č. 1: Efektivní dávky při CT***

<b>Vybraný Diagnostický výkon</b>	<b>Typické efektivní dávky (mSv)</b>
CT oblasti hlavy	2,3
CT oblasti hrudníku	8
CT oblasti břicha nebo pánve	10

*zdroj: bulletin Rentgen*

***Tabulka č. 2: Riziko ozáření v závislosti na efektivní dávce***

<b>Velikost efektivní dávky</b>	<b>Riziko</b>
Nižší než 0,1 mSv	zanedbatelné
0,1 mSv – 1 mSv	minimální
1 mSv – 10 mSv	velmi nízké
10 mSv – 100 mSv	nízké

*zdroj: bulletin Rentgen*

### ***Alergické reakce***

Další nebezpečí nežádoucích účinků u CT vyšetření vyplývá z podání kontrastní látky. Tato látka se při CTA podává vždy a lékař by měl o její aplikaci a případných komplikacích vždy předem informovat. Jedná se o látku obsahující sloučeninu jódu. Může se na ní vyskytnout alergická reakce a to i u lidí, kteří nevědí, že jsou na něco alergičtí. U lidí zvýšené ohrožených alergickou reakcí (alergici, astmatici) se před

vyšetřením podává lék zmírňující alergickou reakci a po vyšetření jsou všichni pacienti sledováni minimálně 30 minut, aby se při případné alergii mohlo léčebně zakročit. [3, 8]

Kontrastní látka se vyloučí z těla rychle ledvinami, pro nemocné ledviny to ale může představovat větší zátěž a je třeba věnovat zvýšenou pozornost pitnému režimu.

### *Artefakty*

Jedním z faktorů ovlivňující kvalitu zobrazení na CT je výskyt artefaktů. Artefakty vznikají v důsledku základních fyzikálních vlastností CT.

Artefakty vznikající při CT vyšetřeních jsou:

- pohyb pacienta během vyšetření
- pacient přesahující zorné pole přístroje
- efekt částečného objemu
- vytvrzení svazku záření

Artefakty vznikající v důsledku pohybu pacienta a jeho vnitřních orgánů jsou poměrně snadno rozlišitelné. Tento typ zkreslení obrazu vede nejen k rozmazání pohybujících se struktur, ale projeví se i v celém obraze. Kromě rozmazání dochází i k deformacím tvaru orgánů.

V případech, kdy pacient zasahuje mimo zorné pole přístroje, se objevuje další typ artefaktu, který se projeví jako hyperdenzní oblasti v blízkosti přesahujících oblastí. Tyto oblasti vznikají proto, že zjištěné zeslabení je větší než by odpovídalo objektu, který se nachází v zorném poli. Tento typ artefaktu není závažný, avšak pokud mimo zorné pole jsou objekty s velkým zeslabením (EKG kabel, ruka pacienta, apod.), může dojít k ovlivnění celého obrazu.

Efekt částečného objemu se projevuje v případech, kdy do snímaného řezu částečně zasahuje objekt o vysokém kontrastu. Odezva z tohoto objektu bude potom zprůměrována s odezvou zbytku zkoumaného řezu a na obraze se projeví jako světlé a tmavé pruhy. U kovových implantátů je tento efekt velmi výrazný a může úplně zničit vyhodnocení řezu. Možností, jak snížit vliv artefaktu částečného objemu je používat co možná nejtenčí řezy. [6]

Efekt tvrdnutí svazku se projevuje v důsledku změny spektra rentgenového záření při průchodu objekty s velkým zeslabením. Projevuje se ve formě tmavých oblastí nebo pruhů v obraze (viz Příloha č. 18). Při tomto jevu se střední energie spektra rentgenového záření posouvá směrem k vyšším energiím při průchodu silnou vrstvou tkáně nebo kostmi. Provedení korekcí tohoto jevu je možné pro měkké tkáně, ale v případě, že je současně zobrazena kost a tkáň je to velmi náročné. [6]

Protože většinou dochází k projevu několika typů artefaktů najednou, není vždy jednoduché je od sebe vzájemně odlišit. Současné moderní přístroje jsou schopny produkovat obrazy, které jsou výskytem artefaktů zatíženy jen velmi málo.

#### 4.3.3 Analýza CT a UZ přístrojového vybavení

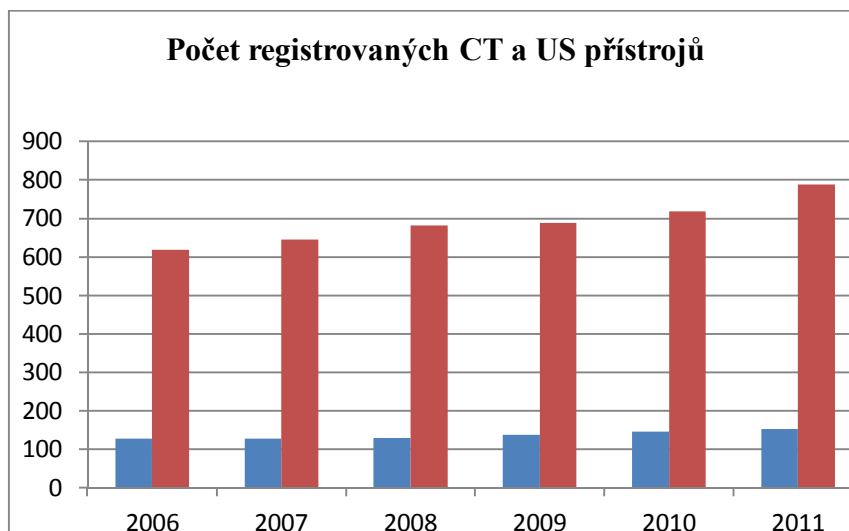
V níže uvedených tabulkách jsou uvedeny informace o počtu registrovaných přístrojů CT a UZ v České republice a počtu vyšetření provedených na těchto přístrojích. Ke dni 29. 12. 2011 bylo registrováno na území ČR 154 CT a 780 UZ přístrojů používaných ve zdravotnictví.

**Tabulka č. 3: Počet registrovaných CT a UZ přístrojů na území České republiky používaných ve zdravotnictví v letech 2006 – 2011**

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CT	129	128	130	139	146	154
UZ	618	645	682	688	718	788

zdroj: ÚZIS

**Graf č. 1: Grafické znázornění vývoje počtu CT a US přístrojů registrovaných na území ČR ve zdravotnictví v letech 2006 –2011**



*zdroj: autor*

Na grafu č. 1 je patrný velký rozdíl v počtu přístrojů CT a UZ. Ultrasonografů je větší počet více než 5x. Dále jde z grafu poznat nárůst počtu CT a hlavně UZ přístrojů v posledních letech.

#### **4.3.4 Analýza cévních výkonů na CT a UZ**

V uvedených tabulkách a grafech jsou zpracovány informace o provedených cévních výkonech na CT a UZ. Data jsou zpracována za období 2010-2012.

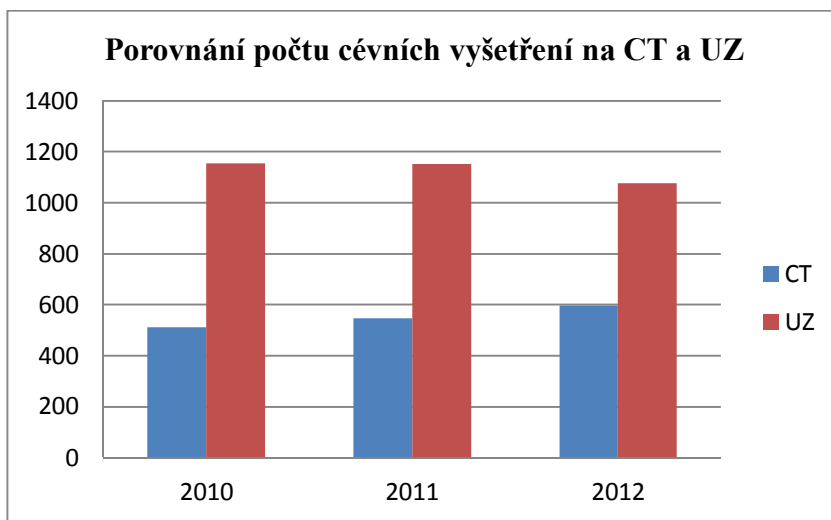
**Tabulka č. 4: Počet cévních vyšetření provedených na CT a UZ v nemocnici Benešov v letech 2010-2012**

	2010	2011	2012
<b>CTA</b>	511	547	596
<b>Doppler. UZ</b>	1155	1153	1078

*zdroj: nemocnice Benešov a.s.*



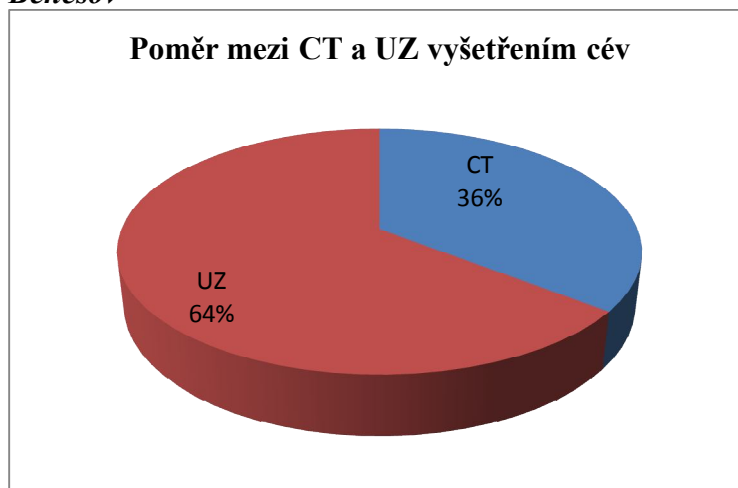
**Graf č. 2: Porovnání počtu cévních vyšetření na CT a UZ v letech 2010-2012 v nemocnici Benešov**



*zdroj: autor*

Z grafu č. 2 vyplývá, že ultrasonografická cévní vyšetření prováděná v oblasti nemocnici Benešov v posledních třech letech více než dvojnásobně převažují nad CTA, ale jejich počet stagnuje, zatímco počet CTA se neustále zvyšuje.

**Graf č. 3: Poměr mezi vyšetřením cév na CT a UZ v roce 2012 v nemocnici Benešov**



*zdroj: autor*

Na grafu č. 3 je patrné, že UZ vyšetření cév bylo o třetinu častěji indikováno než CTA.

## 5 DISKUZE

V této bakalářské práci jsem si stanovil za cíl představit ultrazvukové a CT metody vyšetření cévního řečiště. Porovnat je mezi sebou z hlediska benefitů, rizik, limitací a zátěže pacienta. Po prostudování dostupné literatury a odborných publikací, jsem dospěl k názoru, že k dané problematice je nesnadné nalézt vhodné odborné prameny. Většina publikací je věnována převážně lékařům a pro obor Radiologický asistent je literatury minimum. Inspirativní byli při vytváření této práce konzultace s lékaři radiologického oddělení a jejich poznatky a zkušenosti s danou problematikou. Tato práce by tedy mohla sloužit jako zdroj informací pro studenty zdravotnických oborů.

Současnou medicínu si nelze představit bez informací, které nám poskytují diagnostické zobrazovací metody. Tato práce je zaměřena na dvě z nich a to počítačovou tomografii a ultrasonografií. Efektivita a dostupnost těchto vyšetření vede k významnému nárůstu jejich počtu a zjistil jsem, že vede u některých lékařů až k tendenci indikovat vyšetření bez patřičného odůvodnění. Tato tendence je vedena jako jakási ochrana před právními či odbornými sankcemi. To bych viděl jako jedno z potenciálních nebezpečí pro pacienta, obzvláště u vyšetření na CT, kde se pracuje s ionizujícím zářením, které může způsobit nenávratné poškození pacientova zdraví. Bohužel někteří lékaři toto nebezpečí mnohdy bagatelizují a i sami pacienti, možná díky menší informovanosti, raději vyšetření podstoupí a někteří z nich mají dokonce ten dojem, že teprve po absolvování vyšetření se jim dostalo náležité péče. Zde bych viděl velkou mezeru v informovanosti pacienta o možných rizicích ionizujícího záření, kterou je nutno v budoucnu zacetit.

Dalším aspektem, kromě zátěže pro pacienta, na který jsem se v této práci zaměřil, je výtěžnost vyšetření cévního řečiště. Z tohoto pohledu se ukazuje jako přínosnější zobrazovací metoda počítačové tomografie. Hlavně proto, že vyšetřovacími postupy CT lze zobrazit kontinuálně jakýkoliv úsek cévního řečiště, a poměrně rychle a spolehlivě stanovit správnou diagnózu, nezátěženou subjektivní interpretací obrazu jak je tomu u ultrasonografie, která je navíc ještě limitována nemožností zobrazit sledovanou cévu

v celé její délce díky nepříznivým anatomickým poměrům. Dalším problémem při sonografickém zobrazování cév, s kterým si počítačová tomografie umí poradit lépe, je obezita pacienta a střevní plyny, které znesnadňují vyšetření. V tomto případě je důležitá příprava pacienta k vyšetření, která není vždy zcela ideální, ať už vinou horší komunikace s pacientem nebo potřeby vyšetření provést okamžitě.

Část této bakalářské práce je věnována porovnání výhod a limitací vyšetření cévního řečiště a jednou z nevýhod CT oproti UZ je nutnost aplikace kontrastní látky. Pro pacienta to značí především riziko možné alergické reakce. Nutnost zajistit přístupovou žílu přináší také určité riziko infekce jak pro pacienta tak pro aplikujícího, ale při správném dodržování zásad ošetrovatelské péče by toto riziko mělo být zanedbatelné.

Jedním z nezanedbatelných problémů zobrazení, který se projevuje jak na CT tak i na UZ, jsou artefakty. Projevují se různě a způsobují větší i menší komplikace a někdy mohou vyšetření i zcela znehodnotit. Avšak s rozvojem nových technologií a postprocessingových metod lze artefakty úspěšně eliminovat a nezpůsobují už takové problémy jako v minulosti.

Další limitací, kterou mohou být obě modalities zatíženy, je neklidný a nespolupracující pacient. Tato problematika se týká převážně dětských pacientů a lze ji vyřešit vhodným přístupem k takovému pacientovi.

Jedinou oblastí, kde podle mého názoru ultrasonografie převyšuje CT, je vyšetření periferních tepen a hlavně žil. Zde je jednoznačně UZ metodou volby a CT je kvůli mnoha limitacím v této oblasti považováno jako vyšetření pouze doplňkové.

Přínosy vyšetření cévního řečiště na CT a UZ jsou nesporné. V případě akutního ohrožení života (např. nitrolební krvácení) je metodou volby CT, protože dokáže ve velice krátkém čase stanovit správnou diagnózu a to je u těchto stavů velice důležité. Ve většině ostatních případů, by ultrazvukové vyšetření mělo být dle mého názoru metodou první volby a většinou to v praxi i tak bývá, protože je minimálně zatěžující pro pacienta a lze ho libovolně bez rizika zopakovat, ale občas nedokáže plně zodpovědět všechny kladené diagnostické otázky. Poté je tedy nutné, z hlediska pacienta, určité

riziko spojené s CT vyšetřením podstoupit, protože výtěžnost tohoto vyšetření je v porovnání s ultrasonografií o mnoho větší.

## 6 ZÁVĚR

V dnešní době se dává přednost především neinvazivním, nebo méně invazivním technikám. Při volbě vhodné zobrazovací modality je hlavním cílem získat co nejvíce diagnostických informací, a co nejméně zatížit pacienta rizikem komplikací.

CTA má velké praktické využití zejména při diagnostice patologických změn na tepenném systému, kde dokáže rychle a velmi přesně stanovit diagnózu od které se odvíjí další léčba. Pomocí CTA lze naplánovat intervenční zákrok, chirurgickou operaci nebo detekovat i jiné patologie než na cévním systému.

Ultrasonografie nalézá své uplatnění především při diagnostice žilních patologií. Výhodou je zejména možnost sledovat nejen patologii a anatomii, ale také fyziologii cévního systému. Dále je ultrasonografie vhodná ke screeningu (např. změn stenóz na karotických tepnách) nebo pro hodnocení výsledku angioplastik a chirurgických zákroků.

Při srovnání vyšetření na ultrasonografii a počítačové tomografii je na tom lépe, z hlediska zátěže pacienta ionizujícím zářením, ultrasonografie. Avšak ultrazvukové vyšetření bývá limitováno příliš mnoha okolnostmi. Oproti tomu výtěžnost CT vyšetření nejen cévního řečiště je ve většině případů velmi vysoká a dalece překračuje možnosti ultrasonografie.

Ultrazvukové a CTA zobrazovací diagnostické metody se staly významnou součástí lékařské diagnostiky, kde často nahradily mnohem invazivnější a rizikovější metody. Ultrasonografie je považována za bezpečnou jak pro pacienta, tak pro vyšetřující personál a během používání a vývoje nebyl zaznamenán žádný případ významného poškození pacienta, při němž by bylo možno jednoznačně prokázat jako hlavní příčinu působení ultrazvuku. CTA sice má určité riziko, ale při správné indikaci je mnohonásobně vyváženo přínosem vyšetření.

Závěrem se tedy dá říci, že obě modalitty nestojí proti sobě v rozhodování, zda indikovat tu či onu metodu, ale naopak musí spolu úzce spolupracovat. Má hypotéza tedy nebyla potvrzena.

## **7 KLÍČOVÁ SLOVA**

**Angiografie**

**Počítačová tomografie**

**Cévní řečiště**

**Ultrasonografie**

**Kontrastní látka**

**Artérie**

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3. 2.*, upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-X.
2. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie. 2.*, dopl. a přeprac. vyd. Editor Lubomír Houdek. Praha: Karolinum, 2009, xi, 416 s. ISBN 978-802-4617-176.
3. NEKULA, Josef. *Radiologie. 1. vyd.* Olomouc: Univerzita Palackého, 2001, 205 s. ISBN 80-244-0259-9.
4. HRAZDIRA, Ivo. *Stručné repetitorium ultrasonografie.* Praha: Audioscan, 2003, 112 s.
5. LINHART, Aleš, Tomáš PALEČEK a Michael ASCHERMANN. *Echokardiografie pro praxi.* [1. vyd.]. Praha: Audioscan, 2002, 245 s.
6. HEŘMAN, Miroslav. *Akutní CT mozku: atlas nálezů. 1. vyd.* Olomouc: Univerzita Palackého, 2006, 181 s. ISBN 80-244-1229-2.
7. PROKOP, Mathias a Michael GALANSKI. *Spiral and multislice computed tomography of the body.* 1st ed. Stuttgart: Thieme, c2003, xii, 1090 s., 1972 ill., 332 tables. ISBN 31-311-6481-6.
8. FERDA, Jiří. *CT angiografie. 1. vyd.* Praha: Galén, 2004, xi, 408 s. ISBN 80-726-2281-1.
9. FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA a Jan BAXA. *Multidetektorová výpočetní tomografie: technika vyšetření. 1. vyd.* Praha: Galén, c2009, 213 s. ISBN 978-80-7262-608-3.
10. FERDA, Jiří, Milan NOVÁK a Boris KREUZBERG. *Výpočetní tomografie.* Praha: Galén, c2002, 663 s. ISBN 80-726-2172-6.
11. HRAZDÍRA, I a Z HLINOMAZOVÁ. Úskalí současné ultrasonografie. *Česká radiologie.* 2006, roč. 60, č. 4. ISSN 1210-7883.

12. SCHWARZOVÁ, V a J VOMÁČKA. Výpočetní tomografie a magnetická rezonance v diagnostice mozku dospělých. *Praktická radiologie*. 2012, roč. 17, č. 3. ISSN 1211-5053
13. ŽÁČKOVÁ, H. Ionizující záření a míra rizika. *Rentgen: bulletin*. 2009, září.
14. NOVOTNÝ, J, J.h. PEREGRIN a D KAUTZNEROVÁ. CT angiografie - podmínky pro kvalitní vyšetření. *Česká radiologie*. 2010, roč. 64, č. 2. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=285>
15. JIRÁT, S. Duplexní sonografie v diagnostice žilních onemocnění. *Postgraduální medicína* [online]. 2006, č. 4 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/duplexni-sonografie-v-diagnostice-žilnich-onemocneni-264355>
16. KOZLOVÁ, L.; KUBELOVÁ, V. *Jak psát bakalářskou a diplomovou práci*. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2009. 55s. ISBN 978-80-7394-155-0
17. *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, ÚZIS*. [online]. 2011. Dostupné z: > <http://www.uzis.cz/katalog/rocenky/zdravotnicka-rocenka-ceske-republiky>
18. *Toshiba america medical system*. [online]. 2013. Dostupné z: > <http://www.medical.toshiba.com/products/ct/aquilion-one-vision/index.php>
19. HOFER, Matthias. *Kurz sonografie*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2005, 240 s. ISBN 80-247-0956-2.
20. PEREGRIN, J.H. Role multidetektorové výpočetní tomografie v kardiovaskulární oblasti. *Medical Tribune* [online]. 2008, č. 9 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.tribune.cz/clanek/11775-role-multidetektorove-vypocetni-tomografie-v-kardiovaskularni-oblasti>
21. NEUWIRTH, J a T BELŠAN. Význam CT a MR angiografie v diagnostice aneuryzmatu mozkových tepen. *Lékařské listy*[online]. 2003, č. 47 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/vyznam-ct-a-mr-angiografie-v-diagnostice-aneuryzmatu-mozkovych-t-157827>



22. ADLA, T. Výpočetní tomografie v kardiologii: současné možnosti a využití. *Postgraduální medicína* [online]. 2009, č. 9 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/vypocetni-tomografie-v-kardiologii-soucasne-moznosti-a-vyuziti-447995>
23. VÁLEK, Vlastimil a Jan ŽIŽKA. *Moderní diagnostické metody: II. díl Výpočetní tomografie*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996, 43 s. ISBN 80-701-3225-6.
24. FERDA, Jiří a Jan BAXA. *CT srdce a hrudní aorty* (prezentace PowerPoint - 2009).
25. HORA, M a J KLEČKA. Dvoufázová CT angiografie. *Lékařské listy* [online]. 2006, č. 5 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/dvoufazova-ct-angiografie-idealni-vysetreni-pred-chirurgickou-le-171512>
26. FERDA, Jiří a kol. Dvoufázová multidektorová CT angiografie renálního karcinomu. *Česká radiologie*. 2007, roč. 61, č. 1. ISSN 1210-7883. Dostupné z: [http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0701\\_11.pdf](http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad0701_11.pdf)
27. BĚLOHLÁVEK, J. Plicní embolie. *Postgraduální medicína* [online]. 2012, č. 5 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/plicni-embolie-464717>
28. WEICHET, J. *CT plicní cirkulace* (prezentace PowerPoint - 2009)
29. MUSIL, Dalibor, Jiří HERMAN a Ivo HOFÍREK. *Ultrazvukové vyšetření žil dolních končetin*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 152 s. ISBN 978-80-247-2161-3
30. *Obstetric ultrasound* [online]. Dostupné z: <http://www.ob-ultrasound.net/>
31. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK*. Dostupné z: <http://www.stefajir.cz/>

## 9 PŘÍLOHY

### Příloha č. 1

#### Ultrasonografický přístroj

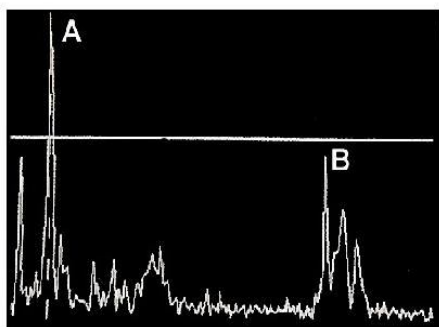


zdroj: autor

## Příloha č. 2

### Způsoby ultrasonografického zobrazení

#### A- mód



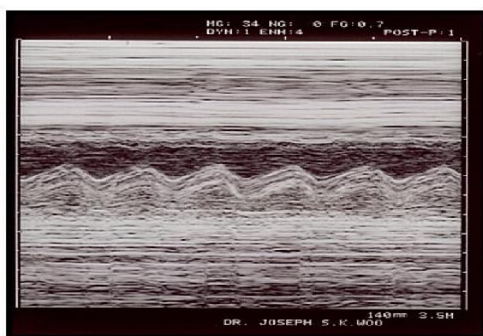
*zdroj: www.ob-ultrasound.net*

#### B – mód



*zdroj: www.ob-ultrasound.net*

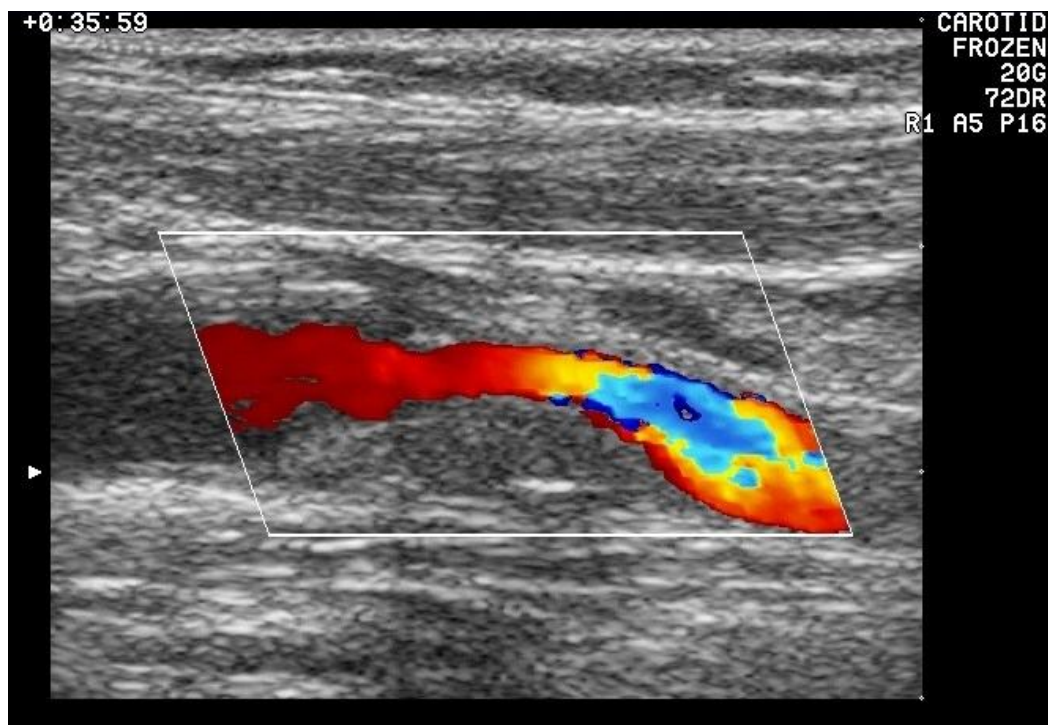
#### M – mód



*zdroj: www.ob-ultrasound.net*

Příloha č. 3

Barevný Doppler – stenóza a. carotis interna



*zdroj:* commons.wikimedia.org (Tomáš Vendiš)

**Příloha č. 4**

**Počítačový tomograf Toshiba - Aquilion TSX – 101A**



*zdroj: autor*

**Příloha č. 5**

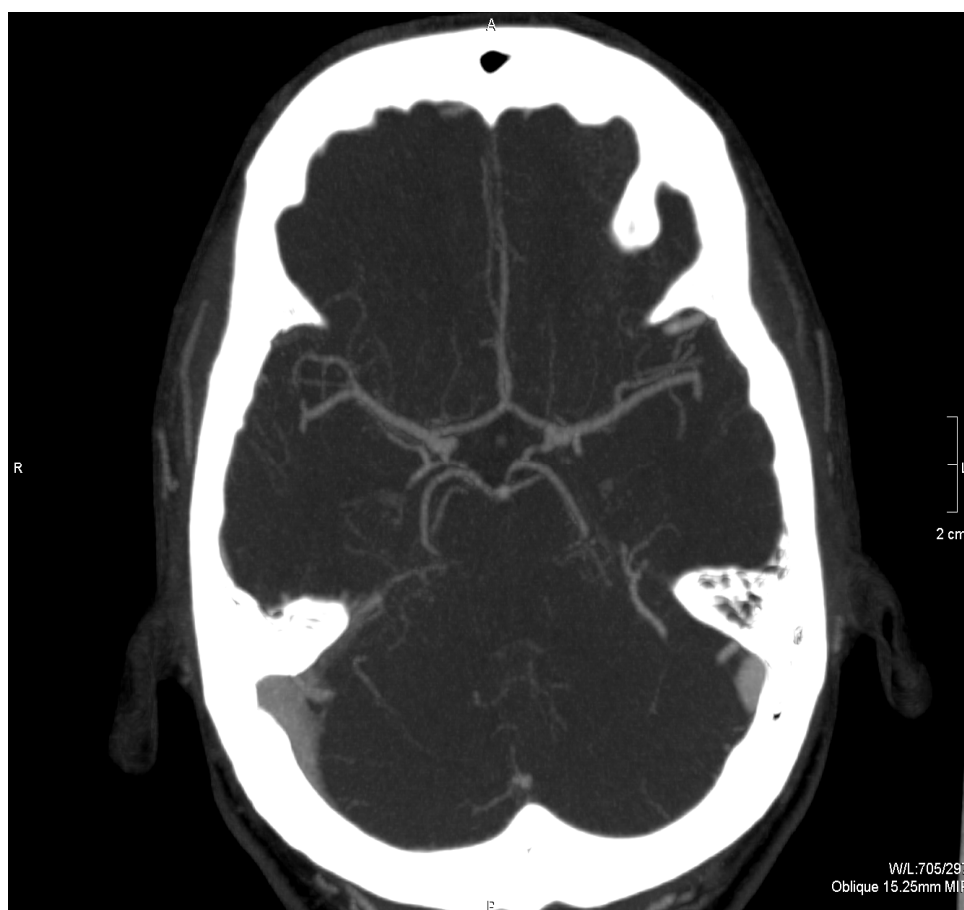
**Dvoupístový tlakový injektor**



*zdroj: autor*

**Příloha č. 6**

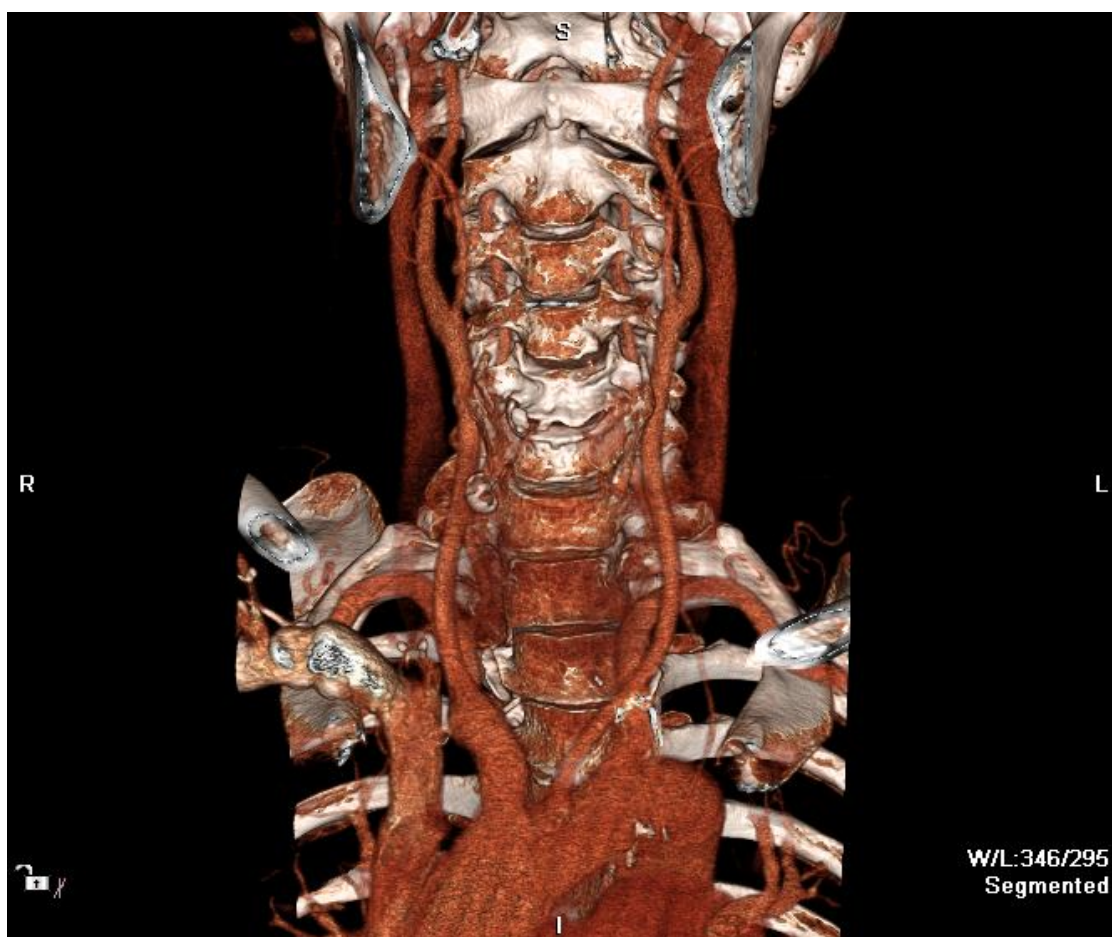
**Rekonstrukce MIP - Willisův okruh**



*zdroj: nemocnice Benešov*

Příloha č. 7

Rekonstrukce VRT – karotické tepny





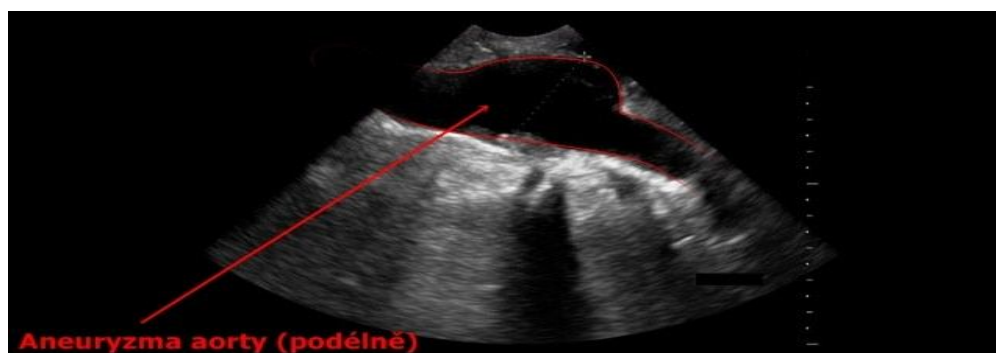
## Příloha č. 8

### Sonografické zobrazení břišní aorty



*zdroj: www.stefajir.cz*

### Aneurysma břišní aorty



*zdroj: www.stefajir.cz*

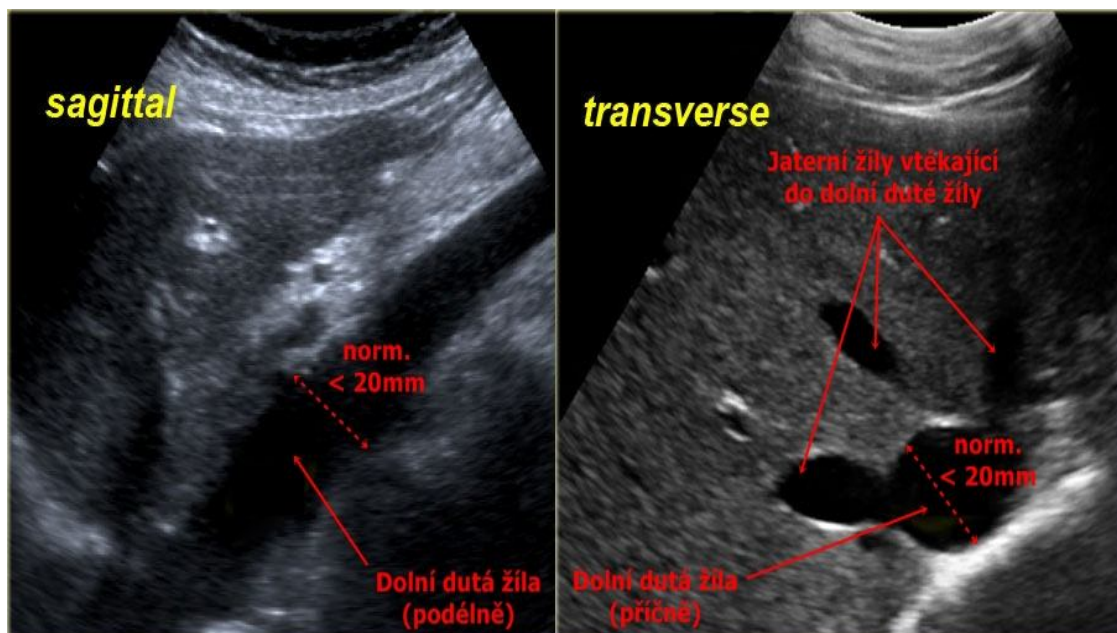
### Dilatace břišní aorty



*zdroj: www.stefajir.cz*

Příloha č. 9

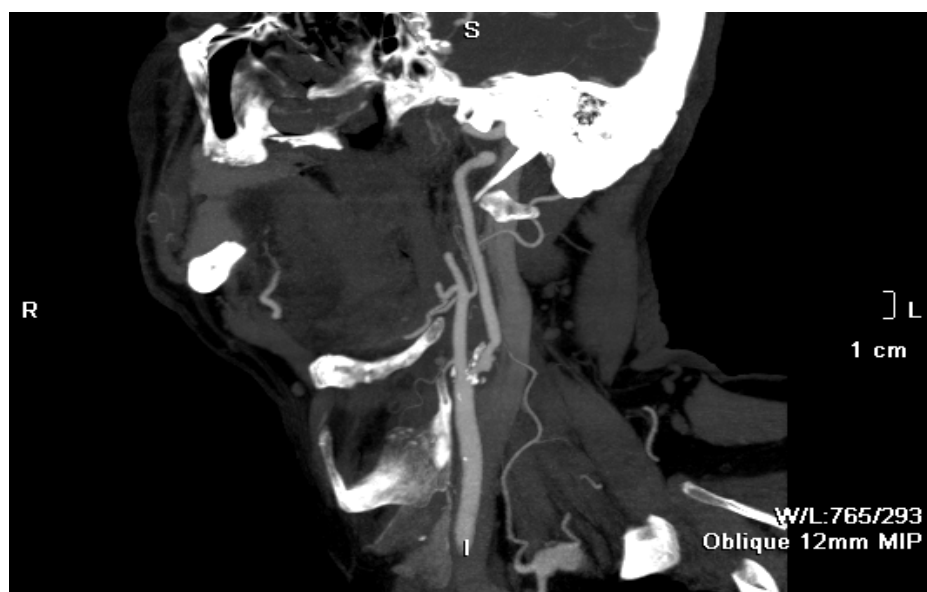
Ultrasonografické zobrazení dolní duté žíly



*zdroj: www.stefajir.cz*

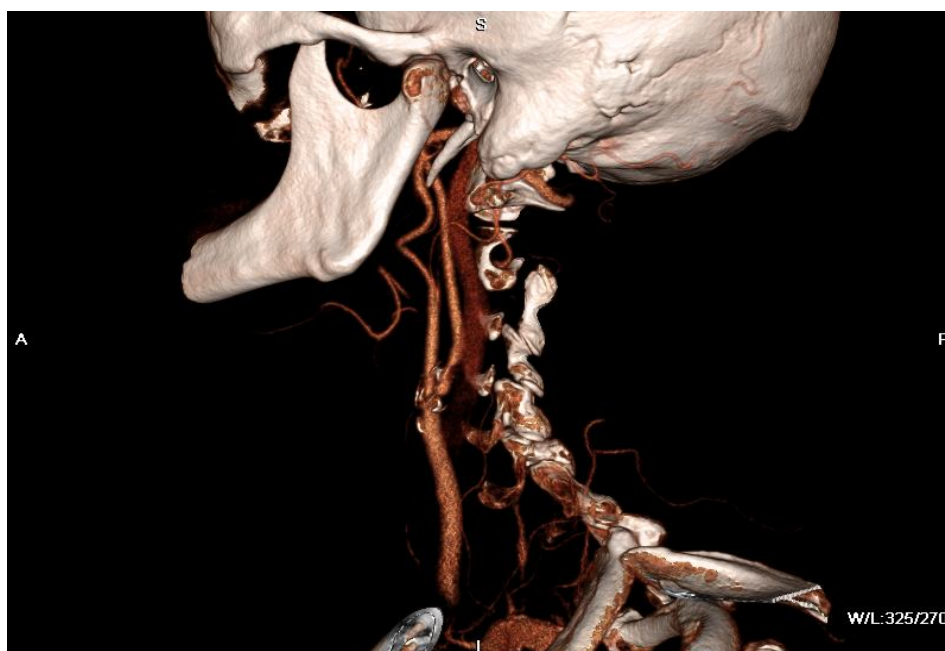
**Příloha č. 10**

**CTA – stenóza ACI – MIP rekonstrukce**



*zdroj: nemocnice Benešov*

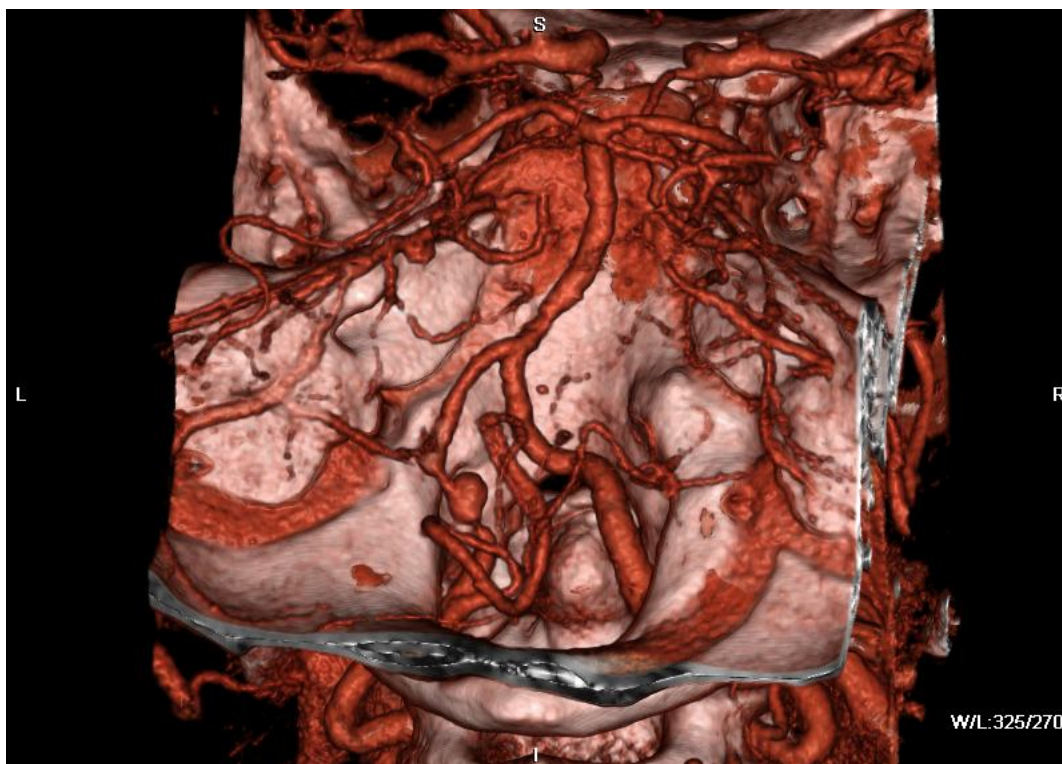
**CTA – stenóza ACI – VRT rekonstrukce**



*zdroj: nemocnice Benešov*

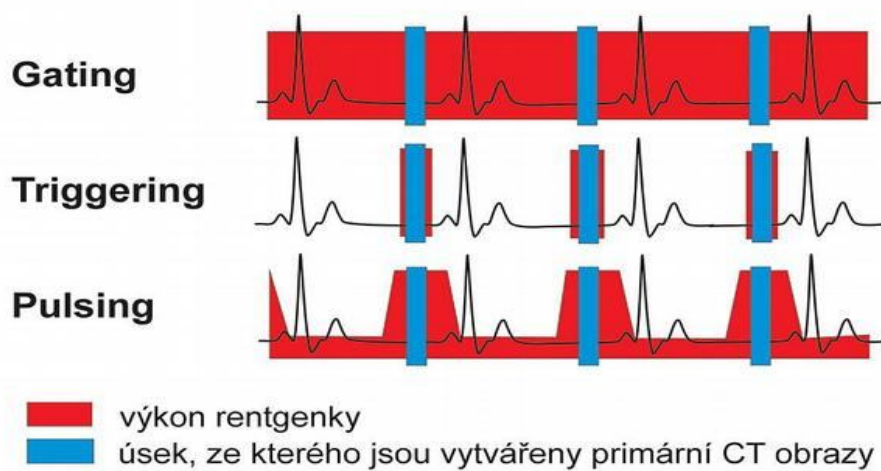
**Příloha č. 11**

**Aneurysma a. vertebralis**



*zdroj: nemocnice Benešov*

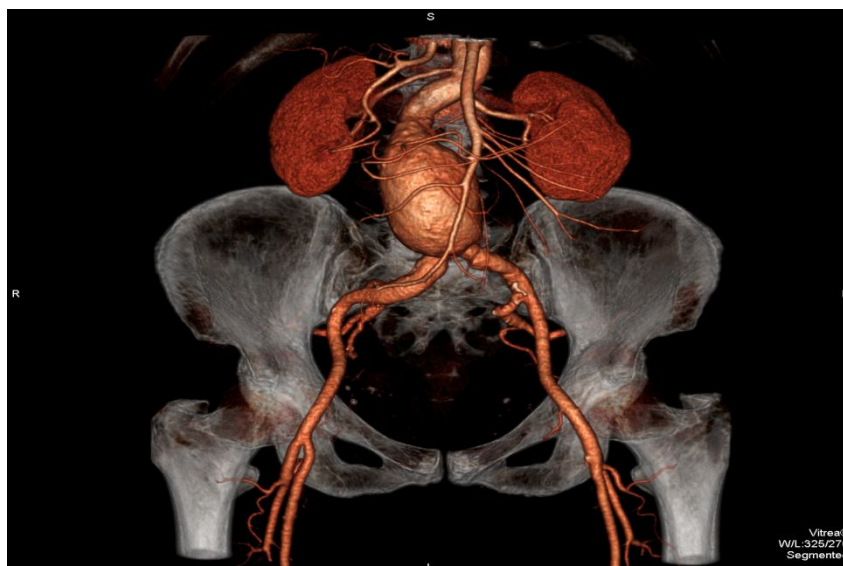
## Typy EKG synchronizace



*zdroj: Postgraduální medicína*

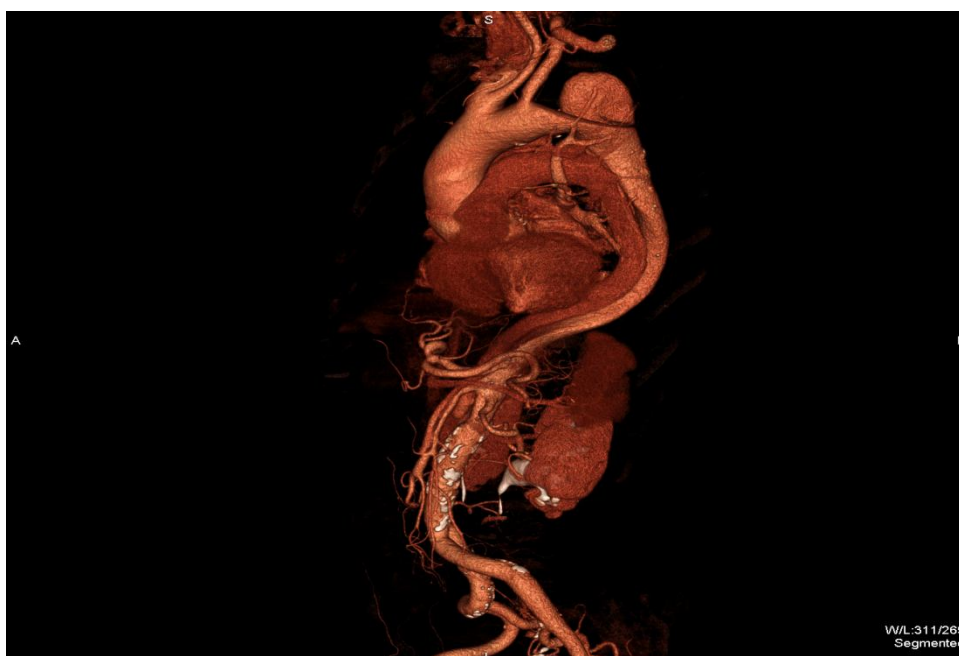
**Příloha č. 13**

**Aneurysma břišní aorty - VRT**



*zdroj: nemocnice Benešov*

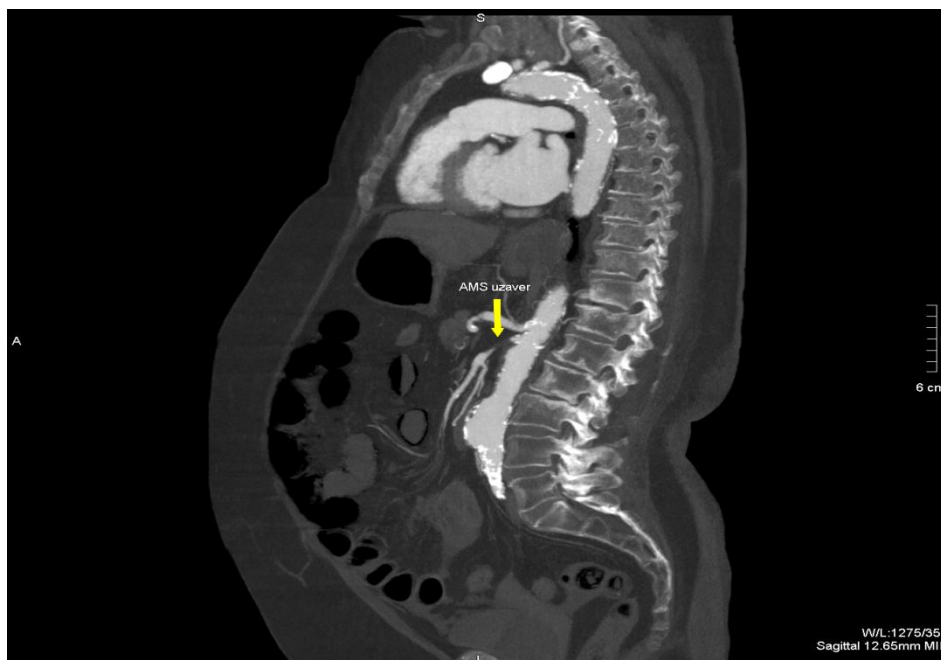
**Disekce hrudní aorty**



*zdroj: nemocnice Benešov*

**Příloha č. 14**

**Uzávěr horní mesenterické tepny – MIP**



*zdroj: nemocnice Benešov*

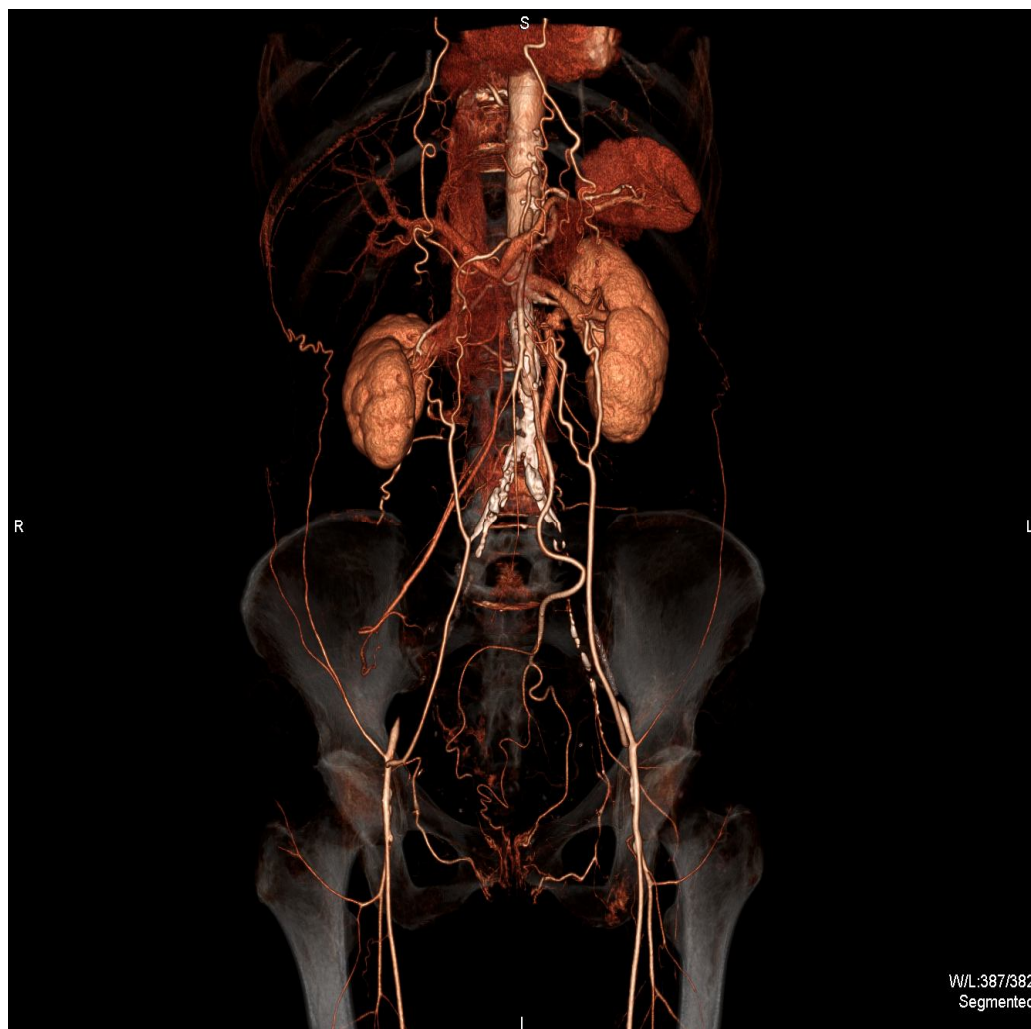
**Uzávěr horní mesenterické tepny – VRT**



*zdroj: nemocnice Benešov*

**Příloha č. 15**

**Uzávěr distální aorty a pánevních tepen - VRT**

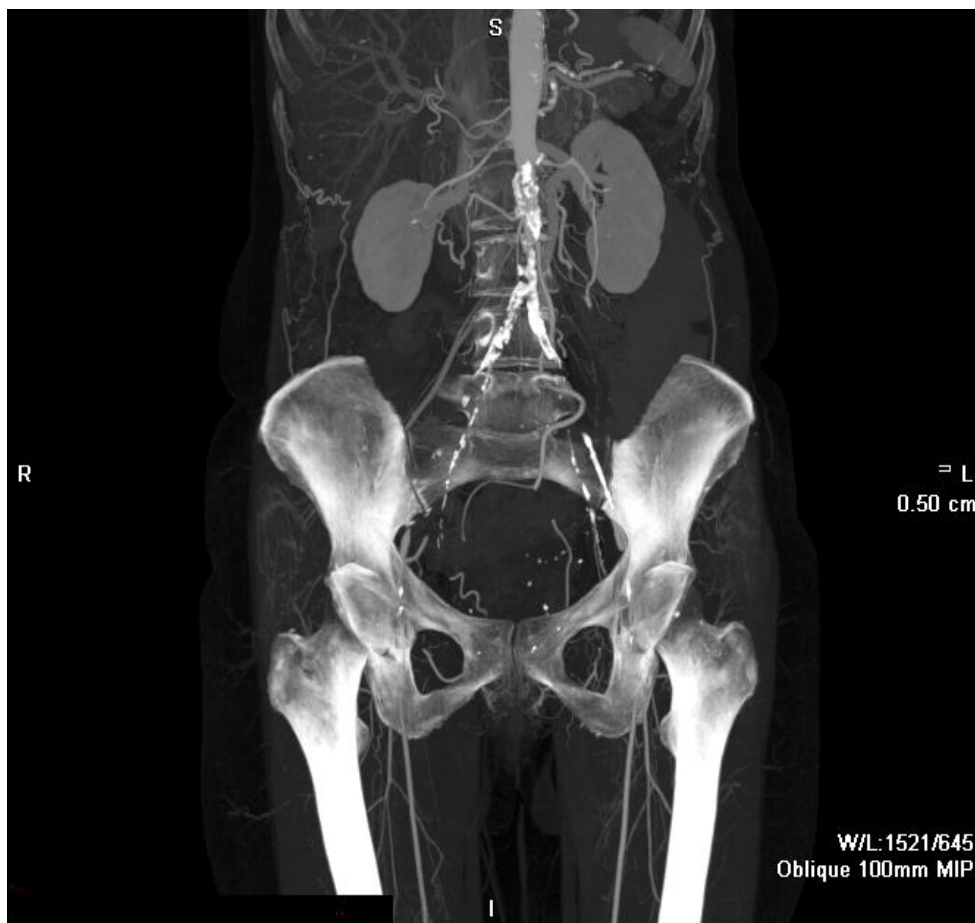


*zdroj: nemocnice Benešov*



Příloha č. 16

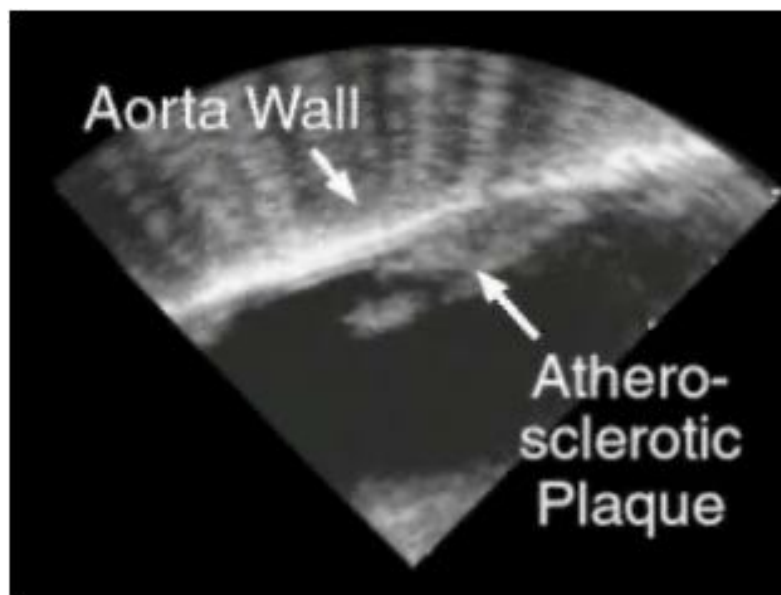
Uzávěr distální aorty a pánevních tepen – MIP



*zdroj: nemocnice Benešov*

**Příloha č. 17**

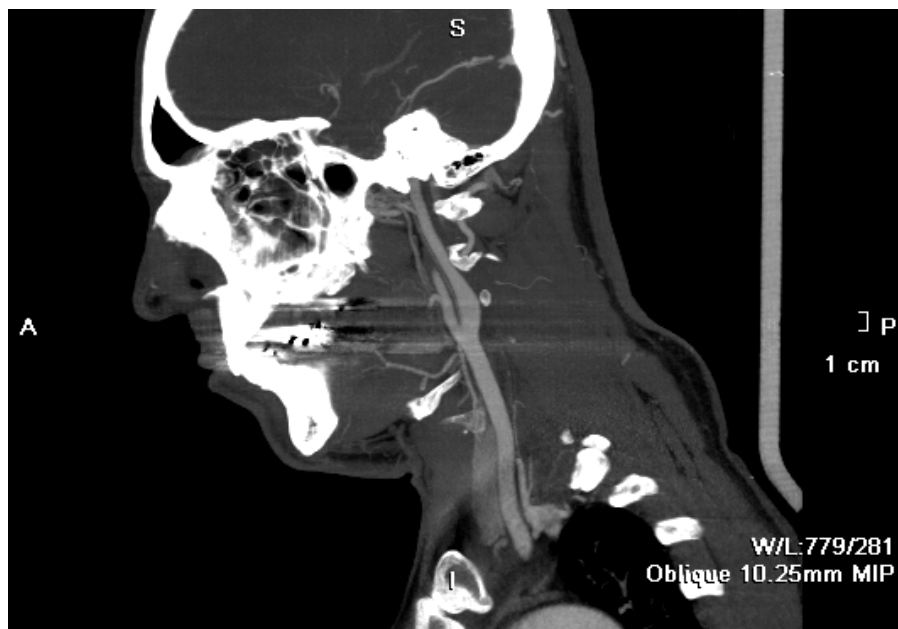
**Aterosklerotický plát na stěně aorty**



*zdroj: [www.stefajir.cz](http://www.stefajir.cz)*

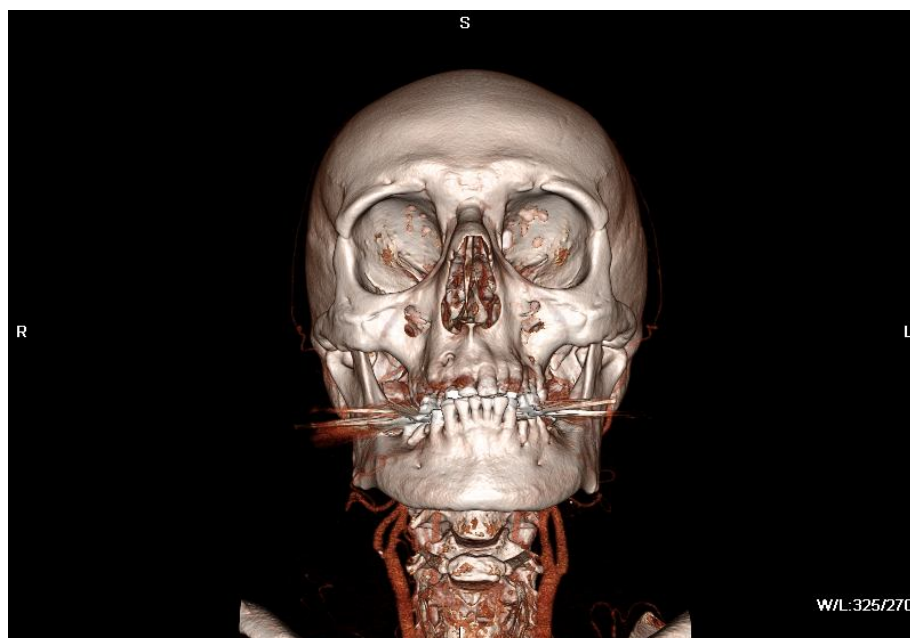
Příloha č. 18

Zubní artefakt CT – MIP



*zdroj: nemocnice Benešov*

Zubní artefakt CT – VRT



*zdroj: nemocnice Benešov*

