

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Aneta Balejová, DiS.

**Moderní zobrazovací metody v diagnostice tepen dolních  
končetin**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Jiří Kozák

Olomouc 2012

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

Olomouc 30. dubna 2012

-----

Podpis

Děkuji MUDr. Jiřímu Kozákovi za odborné vedení bakalářské práce.

## Obsah

1	Úvod.....	6
1.1	Zkoumaný problém.....	6
1.2	Cíle práce .....	6
1.3	Klíčová slova .....	7
2	Introduction .....	7
2.1	Analyzed Issue .....	7
2.2	Goal of BA thesis.....	7
2.3	Keywords .....	8
3	Onemocnění tepen dolních končetin .....	8
3.1	Ischemická choroba dolních končetin – ICHDK .....	9
3.2	Základní rizikové faktory.....	10
3.3	Akutní tepenná ischemie končetin .....	11
3.4	Chronické formy ischemické choroby končetin .....	11
3.5	Ovlivnění rizikových faktorů .....	13
4	Neinvazivní nezobrazovací diagnostické vyšetřovací metody.....	14
5	Moderní zobrazovací vyšetřovací metody.....	16
5.1	Popis moderních zobrazovacích metod.....	16
5.2	Porovnání moderních zobrazovacích vyšetřovacích metod .....	22
5.3	Kontrastní látky u moderních zobrazovacích metod .....	30
6	Závěr .....	32
7	Bibliografické citace .....	34

**Použité zkratky:**

ICHDK - Ischemická choroba dolních končetin

LDL cholesterol - Low density cholesterol

HDL cholesterol – High density cholesterol

DM – diabetes mellitus

DSA – digitální subtrakční arteriografie

MR – magnetická rezonance

MRA – MR angiografie

CT – počítačová tomografie

CTA – CT angiografie

TOF – time-of-flight

VRT – volume rendering technique

MIP – maximum intensity projection

PC – phase contrast

DK – dolní končetina

RTG - rentgen

# **1 ÚVOD**

## **1.1 ZKOUMANÝ PROBLÉM**

Zkoumaný problém lze specifikovat otázkami:

1. “Jaké existují moderní zobrazovací vyšetřovací metody pro diagnostiku ICH dolních končetin?”

K této otázce je vhodné nejprve specifikovat onemocnění tepen dolních končetin. Dále také vyjmenovat ostatní neinvazivní nezobrazovací diagnostické metody. To přispěje k lepšímu pochopení a vymezení moderních zobrazovacích vyšetřovacích metod.

2. “Je možné na základě dostupných informací o moderních zobrazovacích vyšetřovacích metodách rozhodnout, která je v daném okamžiku u daného pacienta nejvhodnější?”

K řešení tohoto problému je vhodné vyjmenovat a popsat moderní zobrazovací vyšetřovací metody, a mít k dispozici vzájemné porovnání těchto moderních metod včetně používaných kontrastních látek.

## **1.2 CÍLE PRÁCE**

Cíl 1. Charakterizovat onemocnění tepen dolních končetin, která budou předmětem vyšetřování srovnávanými metodikami. Jejich rizikové faktory, dělení podle závažnosti a rychlosti vzniku, možnosti ovlivnění rizikových faktorů.

Cíl 2. Vyjmenovat a popsat principy neinvazivních nezobrazovacích diagnostických vyšetřovacích metod.

Cíl 3. Vyjmenovat a popsat principy, možnosti využití, přednosti a případně limity moderních zobrazovacích vyšetřovacích metod.

Cíl 4. Srovnat moderní zobrazovací metody za použití citací několika autorů, kteří se k této problematice vyjadřují a popisují výhody i nevýhody každé z těchto

metod samostatně i ve vztahu k ostatním metodám. Sestavit srovnávací tabulku s využitím opakujících se kritérií hodnocení.

Cíl 5. Rozdělit a popsat vlastnosti a limity využití kontrastních látek používaných v zobrazovacích metodách.

### **1.3 KLÍČOVÁ SLOVA**

Arteriografie, DSA, MRA, CTA, SONO, Doppler, kontrastní látky, tepny dolních končetin, ICHDK, radiologie

## **2 INTRODUCTION**

### **2.1 ANALYZED ISSUE**

The analyzed issue can be specified by these questions:

3. „What modern imaging diagnostics methods for ischemic disease of lower leg arteries diagnostics are in existence?“

To solve this issue it is appropriate to specify the disease of lower leg arteries. After that, we should also enumerate other noninvasive nonimaging diagnostic methods. That will help us to understand and define contemporary imaging diagnostic methods.

4. „Is it possible to determine what imaging diagnostic method is the most appropriate for the patient at the moment on the basis of all available information on the contemporary imaging diagnostic methods?“ To solve this issue it is proper to enumerate and describe contemporary imaging diagnostic methods to specify their application in „Suggested procedure for ischemic disease of lower leg arteries diagnostics and treatment“ and to have the mutual comparison of these methods including the use of the contrast agents at disposal.

### **2.2 GOAL OF BA THESIS**

Goal 1. To characterize the disease of lower leg arteries that will be the matter of the screening by compared methods. Their high-risk factors, the division

according to the seriousness and the speed of the genesis, the possibility to influence the high-risk factors.

Goal 2. To enumerate and describe principles of noninvasive nonimaging diagnostic methods.

Goal 3. To enumerate and describe principles, possibilities, applications, advantages and limits of contemporary imaging diagnostic methods.

Goal 4. To compare contemporary imaging diagnostic methods with the use of citation of some experts who handled this issue and describe advantages and disadvantages of all these methods. To create comparative chart with the application of repeated criterion of the evaluation.

Goal 5. To divide and describe qualities and limits of the contrast agents application that are used for the imaging methods.

### **2.3 KEYWORDS**

Arteriography, DSA, MRA, CTA, SONO, Doppler, contrast agents, lower leg arteries, ICHDK, radiology

## **3 ONEMOCNĚNÍ TEPEN DOLNÍCH KONČETIN**

Těpny dolních končetin může postihnout celá řada onemocnění. Protože jde o onemocnění běžnými metodami nedignostikovatelná, hraje angiologické vyšetření a angiografie v jejich diagnostice významnou roli. Nejčetnější zastoupení mezi onemocněními tepen dolních končetin mají choroby vznikající na podkladě ischemické, tedy **ateroskleróza**. Další skupinou jsou **aneurysmata** – výdutě ve stěně tepny nebo žilně-tepenný zkrat. Vaskulitidy mohou doprovázet některé infekční choroby jako je tuberkulóza, dále zánětlivé procesy cév imunitního původu. Záněty cév se mohou vyskytovat samostatně nebo mohou být součástí celkového – tedy systémového procesu, jako je lupus erythematodes, revmatoidní arthritida a jiné. Tyto choroby se projevují trombotickými uzávěry cév,



rupturami cév s následným krvácením. Náhlé uzavření průsvitu cévy způsobí embolizace cizím nerozpustným tělesem v cévním systému, jako jsou bubliny plynu, olejovité kapaliny, tuk, cizí tělesa. Uvolněné tromby jsou nejčastější příčinou trombembolizace, mohou pocházet z arteriálních trombů při atheroskleróze, z trombů na chlopních při bakteriální endokarditidě a často také z endokardiálních trombů po infarktu myokardu nebo z nástěnných trombů v síních, vznikající při fibrilaci síní. Trombangiitis obliterans – Buergerovu chorobu – charakterizují dlouhé, postupně se zužující, hladké stenózy bércevého řečiště, vyskytující se v oblasti a.femorális a a.poplitea.

### **3.1 ISCHEMICKÁ CHOROBA DOLNÍCH KONČETIN – ICHDK**

Česká republika patří mezi státy s nejvyšším výskytem kardiovaskulárních onemocnění. Podle *Vodňanského* epidemiologická data týkající se prevalence ischemické choroby dolních končetin (dále ICHDK) jsou různá, je však zřejmé, že toto onemocnění se často vyskytuje i ve středních věkových skupinách. Z analýz epidemiologických studií vyplývá, že symptomy končetinové ischemie trpí asi 2% mužů ve věku 35-44 let a 6% mužů ve věku 45-54 let. Obliterující ateroskleróza tepen dolních končetin je často sdružena s postižením tepen v jiné oblasti. Ischemická choroba srdeční se u těchto nemocných vyskytuje ve 28% a cerebrovaskulární onemocnění v 10% případů. [**Vodňanský** 2003, s.165]

Podle *Faisala* ve Framingham Heart Study činila roční incidence intermitentních klaudikací u mužů 6 případů na 10 000 osob a rok a u žen 3 případy na 10 000 osob a rok ve věku mladším než 44 let. Ve věku nad 65 let vzrostla roční incidence desetinásobně, u mužů na 61 případů na 10 000 osob a rok a u žen na 54 případů na 10 000 osob a rok. Přibližně 50% pacientů s onemocněním periferních tepen má atypické symptomy dolních končetin a dalších 40% je asymptomatických. Rozmanitost klinických projevů může vysvětlit, proč je toto onemocnění diagnostikováno a léčeno pouze u 25% postižených nemocných. [**Faisal** 2008, s.1]

ICHDK je způsobena zúžením nebo uzávěrem periferní tepny, nejčastěji na bázi aterosklerózy. Manifestace jsou od asymptomatických forem přes typické klaudikace po projevy kritické končetinové ischemie. Při aterosklerotickém procesu dochází ke ztluštění stěny arterie, v důsledku ukládání cholesterolu a vápníku, ztrácí se pružnost cévní stěny a postupně se uzavírá lumen cévy. Proces je dlouhodobý, příznaky nastupují pomalu. Nestabilní aterosklerotický plát je ale náchylný k ruptuře, po které následuje tvorba trombu. Tento proces vzniká akutně a je příčinou náhle vzniklého uzávěru cévy.

### 3.2 ZÁKLADNÍ RIZIKOVÉ FAKTORY

Mezi základní rizikové faktory vzniku ICHDK patří kouření cigaret, je nejrizikovější pro postižení pánevních, případně femorálních tepen, diabetes mellitus a poruchy glukózové tolerance nejrizikovější pro postižení tepen bérceových, dyslipidémie, arteriální hypertenze, mužské pohlaví a věk.

Podle **Bulvase kouření** zvyšuje riziko vzniku ICHDK 2-6x a toto riziko se zvyšuje s počtem vykouřených cigaret. Je to jediný rizikový faktor, který lze definitivně odstranit. U bývalých kuřáků bylo prokázáno snížení výskytu klaudikací ve srovnání s kuřáky. **Diabetes mellitus** je dalším důležitým faktorem, který zvyšuje riziko vzniku postižení končetinových tepen. Vlastním problémem je inzulínová rezistence a s ní spojené nahromadění rizikových faktorů jako je porucha metabolismu lipidů, hypertenze, obezita. U inzulínindependentního diabetu mellitu vede zlepšení kontroly hyperglykemie ke zpomalení progresu diabetické mikroangiopatie. Se zhoršující se kontrolou diabetu a délkou jeho trvání se zvyšuje pravděpodobnost postižení tepen vyživujících dolní končetiny. Riziko vzniku postižení tepen dolních končetin se u diabetiků zvyšuje 2 - 4x. Mnohem výraznější je zde riziko vzniku chronické kritické ischemie a významných amputací a to 5-15x. Kromě cévního postižení se na horší prognóze podílí i diabetická neuropatie a snížená rezistence k infekci. V oblasti **poruchy metabolismu lipidů** se za významné riziko považuje zvýšení celkového a LDL cholesterolu, hypertriacylglycerolémie a pokles hladiny HDL cholesterolu. **Arteriální hypertenze** je rizikovým faktorem, jehož význam pro vznik postižení

koronárního či cerebrovaskulárního řečiště je vyšší nežli pro periferní tepny. Má menší význam nežli diabetes a kouření.

Zvýšené podezření na přítomnost ischemické choroby dolních končetin máme tedy u jedinců nad 70 let, u kuřáků nebo diabetiků ve věku 50-69, u nemocných nad 40 let, mají-li současně diabetes mellitus a další přídatný rizikový faktor aterosklerózy, u nemocných s bolestí v končetině suspektních z ischemické příčiny, u nemocných s aterosklerózou v jiných řečištích. [Bulvas 2009, s. 145-146]

### **3.3 AKUTNÍ TEPENNÁ ISCHEMIE KONČETIN**

je podle Doporučeného diagnostického a léčebného postupu pro všeobecné praktické lékaře autorky *Karetové*, způsobena náhlou obstrukcí tepny embolem, trombem nebo akutním traumatem, přičemž na dolních končetinách kromě embolů může jít o uzávěr tepny trombem v místě již existujícího plátu, případně tepny rekonstruované bypassem, angioplastikou a podobně. Tíže ischemie končetiny je závislá na rozsahu obstrukce, jejím anatomickém uložení a kapacitě kolaterálního řečiště.

Charakteristické pro embolizaci do periferní tepny je, že buď je přítomen jasný embolizační zdroj například při fibrilaci síní, aneuryzmatu levé komory s trombem, těžší dysfunkci levé komory, aterosklerotickém plátu v aortě, trombu v aneuryzmatu břišní aorty nebo v aneuryzmatu periferní tepny, případně je zdroj zjištěn dodatečně. Typicky je akutně ischemická končetina chladná a bledá, rozsah zblednutí a chladu odráží výši uzávěru tepny. Je provázána výraznou bolestí, se zpočátku zachovaným citím, terminálně je končetina necitlivá a nehybná. Mírnějším postižením je náhlý vznik klaudikací nebo intermitentních klidových bolestí.

### **3.4 CHRONICKÉ FORMY ISCHEMICKÉ CHOROBY KONČETIN**

Nejběžnějším projevem chronické ischemie je intermitentní klaudikace. Významná část nemocných je asymptomatických, nicméně i v této formě nese ICHDK zhoršenou prognózu. Nemocní mají vyšší kardiovaskulární morbiditu i

mortalitu. Intermitentní klaudikace je projev ischemie svalu vznikající jeho zatížením. Charakteristicky se klaudikace objevuje jako trvalá, zatížením vznikající svíravá nebo křečovitá bolest v určité svalové skupině, která se s pokračující námahou neúnosně zvětšuje a donutí pacienta k zastavení, mizí pak do několika minut. Jde o analogii stenokardie. Stenóza nebo okluze v oblasti pánevních tepen mohou vést k bolestem v oblasti kyčle, hýždě nebo stehna, jde o tzv. „vysoké klaudikace“ a jsou často spojeny u mužů s impotencí. Léze ve femoro-popliteální oblasti se projevuje „lýtkovými klaudikacemi“. Postižení bérceových tepen vede k bolesti v lýtku nebo dokonce „klaudikacím chodidla“. Kritická končetinová ischemie je definována jako bolest v končetině v klidu, v akrálních partiích nohy. Obtíže se většinou rozvíjejí postupně, takže nemocný přichází až po několika dnech od začátku. Bolest zesiluje v horizontální poloze, tedy zejména v noci, kdy se snižuje perfuzní tlak. Pro úlevu nemocný končetinu typicky svěšuje z lůžka. [Karetová 2011, s.3-4]

### **Klasifikace chronické ICHDK**

V Evropě se užívá klasifikace ischemické choroby dolních končetin podle *Fontaina*, který rozdělil chorobu na čtyři základní stadia: asymptomatické, klaudikační, stadium klidových ischemických bolestí a trofických lézí.

Klasifikace ischemické choroby dolních končetin podle FONTAINA

<b>stadium</b>	<b>klinický projev</b>
I	klinicky latentní stadium (asympt.)
IIa	klaudikace > 200 m
IIb	klaudikace < 200 m
IIc	klaudikace < 50 m

III	ischemická klidová bolest
IV	ulcerace nebo gangrény

Prognóza ischemické končetiny závisí na rozsahu tepenného poškození, rychlosti vzniku ischemie a schopnosti kompenzovat v končetině snížené prokrvení redistribucí toku kolaterálami, metabolickou adaptací ischemického svalu, změnou zatěžování nepostížených svalů a podobně. Prognóza nejvážnějších forem nemoci – akutních tepenných uzávěrů nebo kritické končetinové ischemie závisí na rychlosti a rozsahu možné revaskularizace. Asi čtvrtina nemocných s klaudikacemi se v průběhu sledování zásadně zhoršuje. Pouze u 1 – 5% nemocných s klaudikacemi bude nutná větší amputace v pětiletém horizontu, pouze u diabetiků je prognóza končetiny horší. [Karetová 2011, s.3-4]

### 3.5 OVLIVNĚNÍ RIZIKOVÝCH FAKTORŮ

Podle *Faisala* úplný zákaz kouření zpomaluje progresi ischemické choroby dolních končetin do kritické ischemie a snižuje riziko úmrtí z cévních příčin. I když ukončení kouření nemusí zvýšit klaudikační interval, snižuje riziko kardiovaskulárních příhod a riziko progresu. Léčba hyperlipidémie, která je silným prediktorem systémové aterosklerózy je zaměřena na cílové hodnoty pro LDL cholesterol nižší než 2,5 mmol/l. Agresivní snížení lipidů nejen zlepšuje kardiovaskulární výsledky u pacientů s aterosklerotickým cévním onemocněním, ale zlepšuje také klaudikační interval a tělesnou zdatnost ve skupině cvičících pacientů s intermitentními klaudikacemi. Špatná kontrola glykémie je těsně spjata s vývojem mikrovaskulárních komplikací, avšak její vliv na makrovaskulární komplikace není jistý. Současné studie ukazují, že DM je významně spojen s progresí ischemií v menších, subsegmentálních nebo terminálních tepnách, proto optimální léčba diabetu patří k základní prevenci. Hypertenze, podobně jako DM, má vztah k vývoji aterosklerózy a jde o hlavní rizikový faktor. Doporučená hodnota krevního tlaku u těchto pacientů je < 140/90 mm Hg. U nemocných s DM by cílová hodnota krevního tlaku měla být < 130/80 mm Hg. [Faisal 2008, s.3]

## 4 NEINVAZIVNÍ NEZOBRAZOVACÍ DIAGNOSTICKÉ VYŠETŘOVACÍ METODY

Podle Doporučení pro diagnostiku a léčbu ischemické choroby dolních končetin autora *Bulvase*, představují důležitý doplněk při určení klinické diagnózy. Získané údaje se uplatňují při zjišťování, zda je cirkulační porucha přítomna a jak je významná. Lze je korelovat s anamnestickými údaji a provádět tak objektivizaci potíží, mohou stanovit oblast nejzávažnější anatomické poruchy, předurčovat a verifikovat výsledky léčby, ovlivnit volbu léčebné metody. Mezi hlavní výhody neinvazivních vyšetření patří jejich dostupnost, nebolestivé provádění, téměř nulové riziko poškození nemocného, relativně nízká cena a jsou také zdrojem fyziologických informací, které nelze invazivními zobrazovacími metodami běžně získat.

**Měření krevního tlaku** v tepnách dolních končetin. Jeho snížení signalizuje překážku v toku krve, tedy stenózu nebo uzávěr. Se stoupajícím tlakovým gradientem stoupá hemodynamický význam tokové překážky a perfuzní porucha.

**Sphygmomanometrie** je způsob měření krevního tlaku založený na detekci projevů krevního proudění distálně od tlakové manžety. Kontrolovaným poklesem tlaku vzduchu v manžetě docílíme toho, že v okamžiku dosažení hodnoty systolického tlaku se známky proudění v periférii končetiny opět objeví.

**Plethysmografie** zahrnuje řadu metod, s jejichž pomocí lze zaznamenat změnu objemu končetiny. K rychlé změně objemu končetiny může dojít jedině v souvislosti se změnou objemu krve.

**Vodní plethysmografie** je nejstarší a pravděpodobně i nejspolehlivější techniku na měření objemu. Tímto způsobem lze dobře měřit objemy a s nimi krevní průtoky nohy distálně od kotníků nebo prstů.

U **vzduchové plethysmografie** je voda nahrazena vzduchem. Důvodem bylo omezit problémy s únikem vody z měřicího systému. Zvětšením objemu tkáně se zvyšuje tlak vzduchu v manžetě, což je změřeno tlakoměrem.

**Cirkumferenční tenzometrická plethysmografie.** Při této metodě se na končetinu přikládá příčně tenká pružná hadička naplněná rtutí. Zvětšuje-li končetina v místě měření svůj objem a tedy i obvod, hadička se protahuje.

**Impedanční plethysmografie.** Krev vykazuje menší elektrickou rezistenci nežli všechny ostatní tkáně končetiny. Proto se stoupajícím objemem krve v sledované oblasti klesá elektrický odpor tkáně.

**Fotoplethysmografie** je založena na principu prosvícení zkoumané tkáně, jehož intenzita kolísá s množstvím krve ve tkáni obsažené. Světelný zdroj prosvětluje tkáň a na jiném místě je přiložen fotoelektrický senzor, který hodnotí intenzitu pronikajícího světla. Metoda se používá hlavně pro hodnocení změn pulzového objemu v kůži.

**Segmentální plethysmografie.** Některé typy senzorů lze na končetině umístit v sérii, a tak hodnotit objemové a tlakové změny v řadě arteriálních segmentů. Při využití kalibrace lze objemové změny i kvantifikovat.

**Kožní termometrie.** Teplota kůže je dobrým ukazatelem její perfuze. Naměřená teplotní hodnota je však ovlivněna řadou fyzikálních i fyziologických faktorů. Patří k nim teplota, vlhkost a proudění vzduchu ve vyšetřovací místnosti, úroveň metabolické, nervové, vasomotorické a sudomotorické aktivity, vliv nikotinu a příjmu potravy.

**Transkutánní oxymetrie** je metoda zjišťující úroveň oxygenace krve, která je založena na změnách absorpce barev. Deoxygenovaná krev absorbuje více barvy červeného spektra, zatímco oxygenovaná krev absorbuje více světla infračerveného.

**Laser doppler.** Vyšetřování kožní cirkulace je vzhledem ke komplexní anatomii složitější. Arteriovenózní anastomózy se uplatňují v termoregulaci. Při jejich dilataci se zvýší kožní průtok s tím, že krev obchází nutriční kapiláry.

**Fonoangiografie.** Přítomnost šelestu nad vyšetřovanou tepnou obvykle signalizuje přítomnost turbulentního proudění vznikajícího v srdci nebo v oblasti

mezi srdcem a vyšetřovanou tepnou. Příčinou turbulence je většinou onemocnění arteriální stěny, vedoucí k zúžení lumen.

**Vyšetření klaudikační vzdálenosti** slouží k posouzení funkčního stavu a efektu léčby. Objektivizuje údaje nemocného a umožňuje preciznější srovnávání stavu v čase. Hodnocení provádíme na běžícím pásu za standardních podmínek nebo za postupného zvyšování rychlosti či sklonu. Stanovujeme ušlou vzdálenost do doby vzniku bolesti a maximální klaudikační vzdálenost. [**Bulvas** 2009; s.149-153].

## **5 MODERNÍ ZOBRAZOVACÍ VYŠETŘOVACÍ METODY**

### **5.1 POPIS MODERNÍCH ZOBRAZOVACÍCH METOD**

Do skupiny moderních zobrazovacích metod patří:

- Vyšetření ultrazvukem (USG)
- Digitální subtrakční angiografie (DSA)
- MR angiografie (MRA)
- CT angiografie (CTA)

#### **5.1.1 Vyšetření ultrazvukem (USG)**

Podle *Vodňanského* lze pomocí ultrasonografie vyšetřit tepenný systém dolních končetin v celém rozsahu třemi základními technikami

##### **5.1.1.1 Systolické tlaky a index kotník paže.**

V praxi široce užívaná metoda, jejímž principem je průkaz redukce tepenného tlaku pod stenózou či obliterací. Tužkovou sondou o frekvenci 10 MHz je vyhledán pulzový signál na tepně arteria brachialis na paži a arteria poplitea, dorsalis pedis, tibialis posterior na dolní končetině, nafukovací manžeta tonometru je naložena nad místo dopplerovské detekce toku a nafouknuta nad hodnotu uzavíracího tlaku. Při pomalém vypouštění vzduchu z manžety se nad arterií objeví akustický signál nebo signál grafický ve formě spektrální



dopplerovské křivky odpovídající hodnotě tepenného tlaku v místě kompresivní manžety. Absolutní hodnota tlaku informuje nepřímě o poruše prokrvení. Při dobrém prokrvení naměříme více než 100 mmHg, méně než 50 mmHg poukazuje na kritické ohrožení končetiny ischemií.

Určením **indexu kotník/paže** se nepřímě hodnotíme stupeň okluze, tepenný tlak na dolní končetině srovnáváme s tlakem na arteria brachialis, který je za normálních podmínek nižší než tlak na tepnách dolní končetiny. Hodnota ABI pod 0,9 je citlivým ukazatelem pro průkaz obliterující arteriopatie dolních končetin. Při přítomné stenóze či obliteraci dochází během svalové práce k navýšení tlakového gradientu a hodnota ABI měřená po zátěži klesá a dále zpřesňuje záchyt onemocnění. V klinické praxi je metoda využívána k hodnocení efektu revaskularizačních zákroků, sledování dynamiky či hodnocení funkční závažnosti onemocnění a při diagnostických pochybnostech i k průkazu ICHDK. Vyšetření selhává u nemocných s mediokalcinózou, která je častá zejména u diabetiků, u nichž je vhodné doplnit vyšetření o měření prstových tlaků.

<b>Interpretace ABI (kotníkového indexu)</b>	
> 1,3	nekompresibilní tepna - patologický nález
1,00 – 1,29	normální nález
0,91 – 0,99	hraniční nález
0,41 – 0,90	středně významná ischemie

#### **5.1.1.2 Hodnocení rychlostní pulzové křivky - echo flow analýza**

Principem metody je registrace spektrální dopplerovské křivky pomocí tužkové sondy s využitím pulzního či kontinuálního dopplerovského systému

nejčastěji současně s měřením systolických tlaků. U zdravého jedince získáváme tzv. trifázickou křivku – během jednoho cyklu zobrazíme dopředný tok, zpětný tok a pozdní pomalý dopředný tok. Pro významné okluzivní postižení svědčí zvýšení systolické rychlosti v místě zúžení, turbulentní proudění distálně od léze, ztráta trifázického charakteru křivky, vymizení zpětného toku a snížení vrcholové systolické rychlosti distálně za okluzivním postižením.

Přesnost metody však značně pokulhává za dopplerovskou ultrasonografií, zejména pro nemožnost vizuální kontroly místa snímání a správného nastavení dopplerovského úhlu.

#### **5.1.1.3 Dopplerovská duplexní ultrasonografie**

je metoda představující kombinaci dvourozměrného zobrazení a dopplerovských technik. Kombinace těchto dvou metod je pro praktické potřeby velmi užitečná. Pomocí dvourozměrného záznamu, lze posoudit průsvit tepny, charakter aterosklerotického postižení, odlišit i vzácnější příčiny tepenné okluze či diagnostikovat tepennou disekci. Dopplerovské techniky poskytují údaje o hemodynamice, týkající se směru, rychlosti a kvality proudění toku v tepně. Hodnocení stenóz periferních tepen vychází ze stanovení poměru vrcholové systolické rychlosti naměřené ve stenóze a 2–4 cm proximálně od ní. Hovoříme o tzv. parametru peak systolic velocity ratio. Ultrasonografické stanovení diagnózy úplné arteriální obstrukce je jednoduché a vychází z chybění dopplerovsky detekovaného průtoku. Délka výpadku dopplerovského signálu pak odpovídá i délce arteriální okluze. [Vodňanský 2003, s.166]

#### **5.1.2 Digitální subtrakční angiografie (DSA)**

zůstává standardní metodou k zobrazování tepen dolních končetin. Došlo k vývoji ve smyslu záznamových medií od filmu k digitálnímu zpracování přenosu a záznamu. Po zobrazení sledované oblasti se obraz odečítá od dalšího záznamu po použití kontrastní látky. Přehledná angiografie zobrazuje větší úseky cévního řečiště, např. pánevní tepny a infrainguinální tepny. Selektivně lze detailněji

zobrazit tepny v blízkosti angiografického katetru. Angiografie je metoda informující o anatomii tepenného postižení a jeho dynamice. Absolutní kontraindikace tohoto vyšetření neexistují. Relativní kontraindikací je závažná hypertenze, koagulační porucha, alergie na kontrastní látku, renální insuficience. Vždy je potřeba zvážit přínos a riziko daného vyšetření. Nejčastější komplikací je hematom v místě vpichu, disekce, pseudoaneurysma, trombóza, infekce. Dále pak celkové komplikace jako zvracení, nausea a vazovagální synkopa, alergická reakce. Vyskytují se až ve 3% případů. Riziko z nefrotoxicity kontrastu je vyšší u nemocných s renální insuficiencí. Angiografie je primárně užívána jen k terapii. Indikujeme ji u klaudikujících pacientů se sníženou kvalitou života a dalšími přidruženými chorobami tehdy, aby nebyli angiografickým výkonem ohroženi více než ICHDK. V indikaci intervenčních výkonů jsme benevolentnější než v indikaci chirurgického zákroku. Angiografie tedy není primární metodou volby v diagnostice onemocnění tepen DKK, zde je USG, CTA a MRA. Pokud ale tyto metody nejsou v diagnostice dostatečné, lze využít i angiografii.

### 5.1.3 MR angiografie (MRA)

je podle *Vymazala* ve srovnání s ostatními zobrazovacími metodami velmi flexibilní. Umožňuje selektivní zobrazení stacionární tkáně, ale i tekutiny rychle proudící v cévách, a to s odlišením arteriální i venózní fáze. Rychlý technický rozvoj magnetické rezonance umožnil rozšíření indikací MRI vyšetření doslova na celé tělo. Využití **tradičních** technik, především metody TOF, která využívá skutečnosti, že stacionární tkáň se po aplikaci rychle po sobě jdoucích pulsů saturuje a signál, který vydává, je relativně malý. Oproti tomu tekoucí krev představuje „přiliv čerstvých spinů“, které vydávají vysoký signál. Již z této velmi zjednodušené představy vyplývají výhody i nevýhody: nejlepších výsledků dosahujeme, pokud přitéká krev kolmo k vyšetřovanému objemu. **Kontrastní** MR techniky je možné teoreticky použít na libovolnou cévu, prakticky se však používají převážně pro vyšetřování aorty, jejích větví a periferních tepen dolních končetin. Tato technika vyžaduje zvláštní cívku na vyšetřování tepen DK, při použití celotělové cívky, je kvalita vyšetření nižší a dále velmi rychlý gradientový

system. Velkou výhodou je i automatický posun vyšetřovacího stolu. Kontrastní látka se podává jako bolus, následovaný bolusem fyziologického roztoku, obojí v definované rychlosti a to nejlépe automatickou pumpou. Vlastní vyšetření za posunu stolu provádíme nejprve nativně jako tak zvanou masku, poté postkontrastně s dynamickým podáním kontrastní látky. Klíčové je v tuto chvíli načasování vyšetření tak, aby kontrast již byl přítomen v tepnách, avšak aby dosud nedošlo k jeho přestupu do žil. Po této arteriální fázi vyšetření většinou opakujeme ještě jednou, abychom dosáhli venózní fáze. Další postup znamená poměrně časově náročný postprocessing. Velmi důležitou otázkou je možnost vyšetřování pacientů s již dříve zavedeným cévním stentem. V tomto případě záleží na tom, z jakého materiálu je stent vyroben. Pokud je stent ferromagnetický, mohou nálezy znehodnotit artefakty. Nitinolové stenty nedávají žádný arteficiální signál. Vzhledem k nenáročnosti pro pacienta, který přichází na pouhé ambulantní vyšetření a je zatížen pouze zavedením intravenózní kanyly, a s ohledem na vysokou diagnostickou kvalitu lze očekávat, že kontrastní MRA v oblasti dolních končetin časem nahradí pravděpodobně většinu diagnostických DSA vyšetření tepen dolních končetin. [Vymazal 2002, s. 1-3]. **Bulvas** udává, že mezi limitacemi MR se uvádí tendence k nadhodnocování významnosti stenóz a nemožnost použití u nemocných s některými kovovými pomůckami v těle. Přítomnost kovových stentů negativně ovlivňuje obraz z dané oblasti. Provádění vyšetření s použitím kontrastní látky zlepšilo senzitivitu metody při diagnostice postižení periferních tepen, která se pohybuje mezi 71 až 100%, specifická se udává 75-100%. Bývají to hlavně tepny malého kalibru - bérkové, pedální, kde jsou výsledky méně přesné ve srovnání s angiografií. Gadoliniová kontrastní látka používaná při MRA je oproti jodovým kontrastním látkám i vzhledem k velmi malému množství minimálně nefrotoxická. I když ale pacienti s renálním postižením mají zvýšené riziko vzniku nefrogenní systémové fibrózy. Oproti CTA se zde neuplatní ovlivnění obrazu artefakty z kalcifikací. [**Bulvas** 2009, s.153]

#### 5.1.4 CT angiografie (CTA)

prochází výrazným vývojem, díky němuž klesají počty klasických diagnostických angiografií. Umožňuje se cíleně zaměřit na místo s předpokládanou patologií. CTA je podle *Bulvase* neinvazivní technika, při které jsou počítačovým vyhodnocením vytvářeny 2D až 3D obrazy po vstříknutí kontrastní látky do žíly na předloktí nebo do centrální žíly. Kontrast protéká plicním řečištěm a je zachycen na sérii příčných řezů pomocí detektorů, otáčejících se společně s rentgenkou. Víceřadý přístroj s minimem 16 vrstev zrychluje sběr dat, s počtem vrstev přibývá šumu. Metoda nám umožňuje posoudit lumen tepny, ale i její stěnu a přilehlé struktury, jako jsou nástěnné tromby, edém, krvácení, kalcifikace. Problémem bývá zhoršená možnost hodnocení za přítomnosti kalcifikací v cévní stěně nebo kovových materiálů - stenty, spirály. Zobrazení bérčovými tepen má zatím ve srovnání s digitální angiografií nižší kvalitu. U tepen většího kalibru se senzitivita i specifická metoda udává přes 96%. [*Bulvas* 2009; s.153]. Nezbytný je podle *Novotného* automatizovaný start při optimální náplni kontrastní látky v cévě. Používají se dvě techniky – bolus timing a bolus tracking. Bolus timing pomáhá určit nejvhodnější čas tak, že stanovuje křivku denzity po podání malého bolusu kontrastní látky. Bolus tracking automaticky spustí vyšetření při dosažení potřebné denzity. Přístroje pracující s dvojí energií jsou provozně nákladné, náročné na zpracování a uložení dat, mají ale vyšší rozlišovací schopnost a méně šumu. S kvalitou CTA souvisí i **tlaková pumpa pro aplikaci kontrastní látky**, která je dvojpístová. Je výhodné použít jeden píst pro aplikaci kontrastní látky a druhý píst pro aplikaci fyziologického roztoku. Z pohledu urychlení denního provozu na pracovišti je možné použít pouze jeden píst na aplikaci koncentrované kontrastní látky a druhý pro ostatní vyšetření, čímž se ušetří čas nutný k výměně pístů. Novotný se také věnuje problematice kalcifikovaných sklerotických plátů. Velký podíl kalcia ve stěně distálního úseku a.femoralis superficialis a a. poplitea ještě nemusí znamenat významnou stenózu. Pro většinu zobrazení cévních struktur použijeme techniku VRT. Je třeba zvolit vhodný typ VRT, neboť některé mohou zvyšovat významnost stenóz. Stenty jsou obvykle dobře hodnotitelné za použití 1mm vrstvy MIP techniky, která pomáhá v hodnocení eventuální

hyperplazie intimy uvnitř stentu. Náhrady kyčelních kloubů nejsou problém, naopak ale kovové klipy nebo embolizační spirály v drobných cévách mohou způsobovat problémy. Náplň cévy musí být dostatečně vysoká, proto používáme jodové kontrastní látky s vysokou koncentrací a rychlostí aplikace 3-5ml/s. [Novotný 2010; s.145-146].

## **5.2 POROVNÁNÍ MODERNÍCH ZOBRAZOVACÍCH VYŠETŘOVACÍCH METOD**

### **5.2.1 Vyjádření a popis výhod i nevýhod metod vybranými autory**

Podle *Hrdiny*: „V současné době se pro diagnostické účely již prakticky neužívá digitální subtrakční angiografie DSA, i když je stále považována za zlatý standard co do kvality zobrazení. Tato metoda byla pro diagnostické účely nahrazena méně zatěžujícími neinvazivními metodami v současné době zejména vyšetřením pomocí magnetické rezonance MRA a počítačové tomografie CTA. Volba mezi CTA či MRA se na jednotlivých pracovištích liší lokálními odbornými znalostmi a zkušenostmi. Většina pracovišť se přiklání k MRA, a CTA je brána jako alternativa u pacientů s kontraindikací k vyšetření magnetickou rezonancí. Diskutována je problematika zobrazení kalcifikovaných bérceových tepen, kdy může být hodnocení při CTA obtížné. Při MRA sice problém kalcifikací odpadá, ale problémem je nadhodnocování stenóz z důvodu úbytku signálu v oblasti zúžených cév a často i žilní kontaminace. Proto výsledné hodnocení jak při CTA, tak při MRA dosahuje u periferních tepen v oblasti bérce srovnatelných výsledků. [Hrdina et al. 2010, s.29]

*Novotný* v publikaci o podmínkách pro kvalitní vyšetření CTA hodnotí podmínky vhodnosti a volby a správného nastavení angiografické techniky: „Technické aspekty vyšetření CTA se v zásadě neliší od ostatních angiografií. Nutno si dát pozor na to, že sběr dat, tedy posun stolu, může být rychlejší než průtok kontrastní látky v tepnách a dojde k „předjetí“ kontrastní náplně. Tento problém odstraníme vhodným zpožděním. Kurzor měřící denzitu pro automatický start umístíme mimo cévu a mimo pacienta v úrovni třísla a spouštíme manuálně. Cévy jsou zde již malého kalibru a poloha kurzoru intraluminálně by byla nepřesná, navíc je zde

i možnost uzávěru tepny. Kostní struktury na pánvi a v suprapopliteální oblasti ponecháváme v obrazu pro anatomické souvislosti. V infrapopliteální oblasti kosti odstraňujeme, jelikož cévy probíhají s převahou za kostí v předozadní projekci. Tak jako při DSA volíme vhodné šikmé pohledy na odstupy pánevních a femorálních tepen, kde nás zajímají odstupové stenózy. Kalcifikované sklerotické pláty a implantované stenty nečiní na pánevním řečišti diagnostické problémy a lze v milimetrové vrstvě hodnotit eventuální významnost zúžení, způsobeného intimální hyperplazií. Diagnostické problémy nastávají ve femoropopliteální oblasti v případě kalcifikované stěny. Tato tepna je již dosti tenká a ani milimetrová vrstva nemusí dát přesnou odpověď. V případě nejistoty neváháme indikovat antegrádní klasickou angiografii nebo MRA k ověření nálezu, při pozitivním nálezu spojenou s PTA. V podkolenní tepně platí totéž. Problém je u uzávěru povrchní stehenní tepny a indikaci k femoropopliteálnímu bypassu. Stenóza a. poplitea musí být s jistotou vyloučena. Výduť a. poplitea se lépe hodnotí v MIP rekonstrukcích nebo na příčných řezech. Bércové řečiště je vyšetřitelné, pokud je jeho stěna kalcifikována pouze omezeně. Pro znalost, zda je výtok („run off“) dostatečný, např. po femoropopliteálním bypassu, je CTA vhodná. V případě nálezu trofických defektů dolní končetiny s úvahou intervence, je vhodnější MRA, která spolehlivěji odhalí možné stenózy infrapopliteálních tepen. Náhrady kyčelních a kolenních kloubů vzhledem k novým technologiím již nepůsobí takové artefakty, které by znehodnotily vyšetření, jako tomu bylo dříve.“ [Novotný 2010; s.150-156].

*Peregrin* hodnotí volbu CTA jako diagnostické metody a říká, že předností CTA je relativně dobrá dostupnost a vysoký stupeň prostorového rozlišení ve srovnání s angiografií provedenou pomocí magnetické rezonance a dopplerovskou ultrasonografií. Dolní končetiny bývají vyšetřovány v rozsahu od bifurkace aorty do poloviny lýtek. Pokud je požadavek na zobrazení úplné periferie, je vhodnější provádět digitální substrakční angiografii. To platí zejména u diabetiků majících výraznou mediokalcinózu znehodnocující výsledek. Jednoznačnou indikací jsou oboustranné uzávěry pánevních tepen nebo abdominální aorty, kdy není možný standardní přístup z třísla pro klasickou angiografii. Mimo uzávěry a stenózy jsou

na tepnách dolních končetin ještě zobrazována aneuryzmata, arteriovenózní zkraty v třísle po intervenčních výkonech. Obdobně bývají zobrazeny i arteriovenózní malformace. Bezproblémové jsou angiografie všech bypassů, které se dají hodnotit až na periferii nohy, včetně zobrazení pedálních bypassů s transponovaným svalovým lalokem. CTA si v oblasti periferních tepen vydobyla v diagnostice pevné místo a na některých pracovištích plně nahradila diagnostickou angiografií. Je proto vhodné odeslat primárně pacienta na pracoviště dobře zvládající danou problematiku, kde dokážou navrhnout účinnou terapii. [*Peregrin* 2008, s. mtt1]

V práci *Hrdiny* se říká, že nejdostupnější metodou je dopplerovská ultrasonografie. Jedná se o neinvazivní, levnou metodu, která je však velmi subjektivní, není příliš přesná a vlastní interpretace nálezu závisí na zkušenostech vyšetřujícího. Pomocí dopplerovské ultrasonografie je možno postižení tepen odhalit a stanovit i stupeň jeho závažnosti, chybí však přesné morfologické informace o rozsahu a charakteru

obstruktivního postižení, od kterého se teprve odvíjí léčebná strategie. Jednoznačnou klinickou indikací jsou kontrolní vyšetření po předchozích revaskularizačních výkonech. Nejlepší prostorové rozlišení z angiografických metod má digitální subtrakční angiografie DSA. Tato metoda je i v dnešní době považována za zlatý standard. K rutinnímu diagnostickému vyšetření tepen se však již nevyužívá, protože s sebou nese řadu rizik a nevýhod, jako jsou expozice ionizujícím zářením, katetrizace a s ní spojené komplikace, alergické reakce po podání jodové kontrastní látky, které jsou popisovány až u 5 % pacientů. V některých případech je nutná hospitalizace. Ionizujícího záření využívá i CTA. I zde aplikujeme jodovou kontrastní látku, avšak intravenózně, čímž odpadá nutnost katetrizace. Angiografie pomocí magnetické rezonance dělíme na kontrastní a nekontrastní. Mezi nekontrastní řadíme time-of-flight (TOF) a phase contrast (PC) angiografie. TOF MRA využívá k získání dostatečného kontrastu mezi tepnami a okolními tkáněmi vtokového efektu nesaturovaných spinů, které protékají stacionárními tkáněmi saturovanými radiofrekvenčními pulzy. PC MRA užívá fázový posun pohybujících se spinů v gradientním magnetickém poli vůči



nepohybujícím se spinům stacionárních tkání. Použití těchto technik je v poslední době již omezeno pouze na některé tepenné oblasti, jako jsou mozkové tepny či tepny výtokového traktu dolních končetin. V ostatních regionech byly nahrazeny kontrastními technikami MRA, které využívají gadoliniových paramagnetických kontrastních látek. Hlavními výhodami kontrastní MRA vůči nekontrastním technikám je menší časová náročnost, lepší kontrast mezi cévou a okolními tkáněmi či nezávislost na charakteru krevního toku, u nekontrastních technik může například pomalý nebo turbulentní tok způsobovat řadu artefaktů, imitovat zúžení tepny. Nevýhodou kontrastní MRA je finanční náročnost. Při kontrastní MRA je tedy intravenózně aplikována kontrastní látka, která snižuje T1 relaxační čas arteriální krve pod hodnoty okolních tkání na hodnoty cca okolo 150 ms, dále zvyšuje poměr signálu a šumu, zkracuje akviziční čas a eliminuje výskyt artefaktů spojených s charakterem toku nebo pohybových artefaktů. Výsledkem je kvalitní, poměrně detailní angiografický obraz, který umožňuje přesné zhodnocení tepen ve vyšetřované oblasti. Kontrastní MRA má oproti DSA a CTA dvě zásadní výhody, a to absence ionizujícího záření a aplikace paramagnetické kontrastní látky, při které je riziko alergické reakce minimální. Nevýhodou jsou horší prostorové rozlišení a větší náročnost na provedení vlastního vyšetření, i přesto se v posledních letech stává v případě vyšetření tepen dolních končetin metodou první volby.

[**Hrdina** 2010, s.32]

Ve své práci *Chadi* píše, že CTA a MRA jsou metody docela srovnatelné ve vizualizaci cévy a mohou tak poskytnout více informací k diagnostice tepen dolních končetin tepen, než lze získat z konvenční angiografie. Prospektivní studie porovnávající CTA, MRA a DSA ukázaly podobnou diagnostickou přesnost. CTA poskytuje vyšší rozlišení v celém rozsahu a to velmi rychle. MRA je rychle se rozvíjející metoda, která poskytuje diagnostické informace, srovnatelné s katetizační angiografií s menším rizikem. MRA se obvykle používá u mladých pacientů a u pacientů s alergií na kontrastní látku nebo s rizikem poškození ledvin. MRA by neměla být používána u pacientů s kardiostimulátorem a v přítomnosti jiných implantátů. MRA není vhodná u nestabilních a

nespolupracujících pacientů. Obecně platí, že CTA je přednostní zobrazovací metoda pro plánování endovaskulární intervence. Digitální subtrakční arteriografie je nejpřesnější, slouží k definování anatomie a stupně patologie, používá se v případech, kdy zvažujeme intervenci. Obyčejně se provádí pomocí jodové kontrastní látky, zatěžuje ionizujícím zářením. MRA je rychle se rozvíjející a perspektivní metodika, která v budoucnosti může nahradit diagnostickou angiografií. MRA je neinvazivní, nevyžaduje použití ionizujícího záření a užívané kontrastní látky jsou relativně non-nefrotoxické. Tato metoda má svá omezení, jako jsou cena, jeho dostupnost, omezené zobrazení malých cév a případné nadhodnocení stupně stenózy. [Chadi 2011,s.4-6]

*Lohan* ve své práci píše, že kontrastní MRA se stává technikou velmi konkurenceschopnou technice CTA ve většině cévních oblastí. DSA je již dlouho považována za zlatý standard pro anatomické cévní zobrazování. Nicméně, DSA je invazivní a nákladná metoda, vystavující pacienta záření a riziku spojenému s použitím jodovaných kontrastních látek. MRA již dlouho slibuje, že bude metodou účinnou, neinvazivní, že bude alternativou DSA s využitím pro většinu cév. Kontrastní MRA nahradí DSA především v nízké invazivitě. Do indikací pro techniku kontrastní MRA patří:

1. Aterosklerotická arteriální okluzivní choroba, která zahrnuje tepny krční, břišní aorty, tepny ledvin, mezenteria a tepny periferních končetin;
2. Sledování průchodnosti chirurgicky vytvořených bypassů;
3. Posouzení plicní arteriální průchodnosti v přítomnosti podezření na akutní nebo chronickou plicní tromboembolickou nemoc;
4. Vyloučení akutní arteriálního poškození, jako intramurální hematom nebo disekce;
5. Diagnostika a sledování systémových vaskulitid;
6. Vyšetření přítomnosti a rozsahu arteriovenózní malformací, včetně distribuce, měkkými tkáněmi;
7. Předoperační plánování pro celou řadu chirurgických technik, včetně hodnocení aneurysmat hrudní a břišní aorty a končetinových tepen pro endovaskulární operace;

8. Diagnostika vrozených cévních anomálií, včetně koarktace aorty;

Během několika posledních let MRA odstranila potřebu použití konvenčního katétru při angiografii v různých klinických situacích. Příchod paralelního zobrazování pomohl upevnit roli CEMRA jako praktické diagnostické metody. [Lohan 2007, s.1,10]

### **5.2.2 Srovnávací tabulka s využitím opakujících se kritérií hodnocení**

Z dostupných citací jsou sestaveny dvě srovnávací tabulky pro moderní zobrazovací metody.

V první tabulce jsou obecná kritéria pro srovnání, limity použití metod a jejich konkrétní rizika.

	SONO			DSA			CTA			MRA		
	hodno cení	poznámka	zdroj	hodno cení	poznámka	zdroj	hodnoc ení	poznámka	zdroj	hodno cení	poznámka	zdroj
cena	+	nízká	7, 18	-	vyšší	11				-	vyšší	18
dostupnost	+	vysoká	7, 18				+	dobrá	14, 18	-	nižší	18
riziko pro pacienta	+	není	18	-	ano		-	ano		-	ano	
délka vyšetření	-	až 2hod	8				+	10-15min	8, 15	-	30-40min	6, 8, 15
zhotovení obrazové dokumentace	-	ne	7	+	ano		+	ano		+	ano	
prostorové rozlišení				+	ano	7, 8	+	vysoké	14, 18	-	nižší	7
3D rekonstrukce obrazu				+	ano	6	+	ano	1, 6			
zobrazení drobných struktur	+	ano	6	+	ano					+	ano	7
nároky na spolupráci pacienta				-	vyšší		+	nízké	8, 18	-	vyšší	8, 18
subjektivní hodnocení	-	ano	7									
nutná katetrizace	+	není		-	ano	7, 11	+	není		+	není	
možnost současného provádění endovaskulárních intervencí				+	ano	6						
nutná aplikace kontrastní látky		není		-	ano	2, 6, 7	-	ano	6, 8, 18	-	ano	7, 8
vhodnost pro pacienty s kardiostimulátorem, defibrilátorem a svorkami	+	vhodná		+	vhodná		+	vhodná	8, 15	-	nevhodná	8, 15, 18
riziko ionizujícího záření		není		-	ano	11	-	vysoké	6, 8, 18	+	není	18
riziko poškození tepny při punkci		není		-	ano	6	+	není		+	není	
riziko nefropatie		není		-	ano	6, 11	-	ano	18	+	nízké	18
riziko alergie		není		-	ano	2, 6, 11	-	vysoké	15	+	nízké	15, 18
limitace zpožděním průchodu kontrastní látky							-	ano	13	-	ano	18
limitace obezitou	-	ano	3, 6, 18									
limitace meteorismem	-	ano	18									
limitace vinutostí arterií	-	ano	6									

Ve druhé tabulce jsou srovnána kritéria, popisující vhodnost použití metod.

	SONO			DSA			CTA			MRA		
	hodno- cení	poznámka	zdroj	hodno- cení	poznámka	zdroj	hodnoc- ení	poznámka	zdroj	hodno- cení	poznámka	zdroj
znázorní cévní stěnu	+	ano	6	+	ano	13						
znázorní pláty v cévách	+	ano	6	+	ano							
zhodnotí průměr lumen	+	ano	6									
zhodnotí přítomnost víření	+	ano	6									
zhodnotí průtokové abnormality	+	ano	6	+	ano							
zhoršují stíny kalcifikací	-	ano	6	+	ne	13	-	ano	1, 7, 18	+	ne	7
vhodné k hodnocení peruze a difuze tkání										+	ano	6
rozišení významnosti stenózy	-	není	8	+	ano					-	nadhodnocuje	1, 7, 8
výtěžnost pod stenózou	-	není	6	-	není	1						
vhodná od bifurkace do poloviny lýtek							+	ano	14			
vhodnost pro bérkové řečiště				+	ano	6	-	nižší	1	-	není	18
vhodná k hodnocení periferie				+	ano	14	+	nejvhodnější	13	+	ano	13
vhodná na dlouhé uzávěry končetinových tepen										+	ano	18
vhodná pro plánování intervenčního výkonu, omezí jeho trvání a radiaci	-	není	8				+	ano	1, 8	+	ano	1, 6, 18
sledování intervenovaného místa	+	ano	6, 7							+	ano	11
vhodná k hodnocení femoropopliteálního bypassu							+	ano	13	+	ano	11
vhodná na bypassy až do periferie nohy							+	ano	13	+	ano	11

## **5.3 KONTRASTNÍ LÁTKY U MODERNÍCH ZOBRAZOVACÍCH METOD**

### **5.3.1 Členění a popis kontrastních látek**

Podání kontrastní látky u moderních zobrazovacích metod může být limitujícím při volbě vyšetřovací metody. Základní členění používaných kontrastních látek je na jodové, gadoliniové a CO<sub>2</sub> kontrastní látky.

Jodové kontrastní látky lze ještě dále rozdělit na kontrastní látky ionické a neionické. Ionické se z důvodu vysokého výskytu alergoidní reakce prakticky nepoužívají. U látek neionických je riziko alergoidní reakce nižší, ale stále přítomné. Prevencí alergoidní reakce je správně odebraná alergologická anamnéza a volba premedikace (antihistaminika, kortikoidy). Velikost reakce záleží na množství kontrastní látky (podáváme asi 120-150ml), na její koncentraci a teplotě (u studené je vyšší riziko reakce). Kromě alergoidní reakce musíme počítat i s nefrotoxickou reakcí, protože jde o látky nefrotropní, které jsou vylučovány glomerulární filtrací a jsou i tubulárně reabsorbovány. Tímto rizikem jsou ohroženi především pacienti s renální insuficiencí, vyšší hladinou kreatininu, pacienti s kardiální insuficiencí a diabetickou nefropatií. Prevencí nefrotoxické reakce je v první řadě dostatečná hydratace pacienta. Jodové kontrastní látky za normálních okolností neprostupují hematoencefalickou bariérou, pokud je ale bariéra poškozena, prostoupit mohou, a mohou tak vyvolat edém mozku. U pacientů bez všech těchto rizik jsou dobře tolerovány.

Gadoliniové kontrastní látky jsou využívány především u MRA. Jsou dobře tolerovány. Jejich nefrotoxicita je nízká, i když jsou vylučovány ledvinami, vzácně bývá popisována fibróza ledvin po podání gadolinia. Můžeme je dále rozdělit na látky extravaskulární a intravaskulární. U extravaskulárních látek je velmi důležité načasování vyšetření tak, aby byl kontrast zachycen ještě v tepnách, později dochází ke zhoršení kontrastu a kontrastní látku zachytíme až v žilách. Kontrastní látka je velmi rychle vylučována ledvinami. Je tedy časově náročný postprocessing. Tento problém odpadá u intravaskulárních gadoliniových

látek. Tyto jsou vázány na albumin a díky tomu nepřecházejí do extracelulárního prostoru. Nedochází k rychlému vylučování ledvinami. Intravaskulární kontrastní látky jsou ale drahé.

Třetím typem je negativní kontrast za použití CO<sub>2</sub>. Lze ho použít u pacientů s alergií na kontrastní látku a u selhání ledvin. Dalším pozitivem je nízká cena. CO<sub>2</sub> je méně kontrastní než předchozí kontrastní látky, často dochází k fragmentaci kontrastního bolu a má tedy vyšší nároky na postprocessing. Celkově je aplikace CO<sub>2</sub> pacienty hůře tolerována, nelze vyloučit riziko embolizace do CNS a tedy neurotoxický efekt. Proto je použití CO<sub>2</sub> omezeno na oblast pod bránicí.

### 5.3.2 Srovnání kontrastních látek

Kontrastní látka	podání/distribuce	riziko pro pacienta	využití v metodě	kontraindikace	výhody
jodová neionická Ultravist, Iomeron	intravenózní 120-150ml	alergická reakce kontrastní nefropatie	DSA, CTA	po předchozí alergické reakci, u renální insuficience	dobrá tolerance neprostupuje hematoencefalickou bariérou
gadoliniová Gadovist, MultiHance	intravenózní 15-20ml/ extravaskulární	indukce fibrózy	MRA, DSA	relativní u těžkého poškození ledvin	dobrá tolerance nízká nefrotoxicita, možnost použití u alergoidní reakce na jodové KL
gadoliniová Vasovist	intravenózní / intravaskulární	indukce fibrózy	MRA		zůstává intravaskulárně
CO <sub>2</sub>	intravenózní	embolizace do CNS, neurotoxická, hůře tolerována pacientem	DSA		absence nefrotoxického a alergoidního efektu, nízká cena

## 6 ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že moderní zobrazovací vyšetřovací metody jsou všechny stále aktivně využívané pro diagnostiku ICHDK. Stále se vyvíjejí a modernizují. Největší rozvoj je směřován do oblasti snížení invazivity a rizika pro pacienta a zlepšení zobrazovacích možností. Nejméně invazivní pro pacienta je **ultrasonografie a barevná duplexní ultrasonografie**. Velmi dobře lokalizuje překážku v toku, druh, délku a hemodynamický význam. Vhodná je po intervenčním výkonu, zhodnotí průchodnost stentu i bypassů. Metoda je dostupná i na nižších pracovištích, bohužel časově náročnější. Hodnocení je velmi subjektivní, bez možnosti uchování kompletní obrazové dokumentace. Nevyžaduje katetrizaci ani podání kontrastní látky a tím odpadají rizika s tím spojená, pacient není vystaven ionizujícímu záření. Vyšetření limituje obezita a meteorismus, zato je vhodné u pacientů s kardiostimulátorem, defibrilátorem a svorkami. Naopak nejinvazivnější je **digitální subtrakční arteriografie**. Vyžaduje katetrizaci, podání pro některé pacienty rizikové jodové kontrastní látky, pacient je vystaven ionizujícímu záření. Výhodou je prostorové zobrazení a možnost pořídít obrazovou dokumentaci. Rizika plynou z poškození tepny při punkci, jsou kladeny i vyšší nároky na spolupráci pacienta. Tato metoda ale stále zůstává zlatým standardem pro vyšetřování ICHDK. V praxi se využívá méně, ale vždy tehdy, když je plánován intervenční intravaskulární terapeutický výkon. Minimálně invazivní je **CT angiografie**. Rizika plynou z použití kontrastní látky, která se aplikuje přetlakovým injektorem, s následnou aplikací fyziologického roztoku. Výše tohoto rizika záleží na volbě kontrastní látky. Dalším rizikem je vysoká zátěž ionizujícím zářením. Velkou výhodou je 3D zobrazení, nízké nároky na spolupráci pacienta, vhodnost u pacientů s kardiostimulátorem, defibrilátorem a svorkami. Metoda je relativně velmi krátká – jen 10-15 minut. Obraz zhoršují kalcifikace. Je velmi vhodná před plánováním intervenčního výkonu i ke kontrole po provedení bypassů. Není nejvhodnější pro hodnocení periferie. Také



minimálně invazivní je **MR angiografie**, u které navíc odpadá riziko ionizujícího záření. Jde o cenově náročné vyšetření s dostupností jen na pracovištích vyššího typu. Je náročnější na spolupráci pacienta a časově delší než CTA – 30-40 minut. Rizika spojená s použitím kontrastní látky jsou podstatně nižší. S kvalitou kontrastní látky roste i výtěžnost metody. Je ale zcela nevhodná pro pacienty s kardiostimulátorem, defibrilátorem a kovovými svorkami. Negativem je snad i to, že nadhodnocuje významnost stenóz. Kalcifikace v cévní stěně nejsou takový problém, jako u CTA. Jde s vysokou pravděpodobností o metodu, která díky své minimální invazivitě a minimálnímu riziku, bude určovat směr vývoje v cévní diagnostice.

Volba metody tedy začíná na úrovni vybavení pracoviště, na zkušenosti obsluhujícího personálu. Další omezení klade použitá kontrastní látka, případně omezení, která má pacient s kardiostimulátorem, defibrilátorem a kovovými svorkami. Dalším rozhodovacím kritériem je zvážení eventuálně současně prováděného intravaskulárního intervenčního výkonu. V neposlední řadě pak zobrazovací schopnosti každé metodiky pro konkrétní postižený úsek tepny dolní končetiny, ať jde o hlavní kmeny tepen za bifurkací nebo postižení periferie, případně pak pro kontrolu již provedených bypassů nebo intravaskulárních výkonů.

## 7 BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

1. BULVAS, Miroslav; *Doporučení pro diagnostiku a léčbu ischemické choroby dolních končetin*; Cor Vasa 2009; roč.51, č.2, s.145-163  
[www.angiologie.cz/doc/NKP2007def.DOC](http://www.angiologie.cz/doc/NKP2007def.DOC)
2. CIHLÁŘ, Filip; DERNER, M.; ŘEHOŘEK, M; PAVLOV, V.; SMETANA, J.; SAUER, M.; *Digitální subtrakční angiografie s gadoliniovými kontrastními látkami a literární přehled*; Česká radiologie 2007: roč.61, č.4, s. 431-437
3. DANZIG, Vilém; ŠIMEK, Stanislav; KNOTKOVÁ, Valérie; ASCHERMANN, Michael; *Diagnostika ischemické choroby srdeční u diabetiků*; Cor Vasa 2009; roč.51, č.5, s.340-347
4. FAISAL, A.Arain; *Onemocnění periferních tepen – Diagnostika a léčba*; Medicína po promoci 2008; č. 8,
5. FERDA, Jiří; NOVÁK, Milan; ŠLAUF, František; DURAS, Petr; KUNTSCHER, Vilém; TŘEŠKA, Vladislav; *Význam multidetektorové CT – angiografie pro volbu léčby u u akutní ischemie dolní končetiny*; Česká radiologie 2008: roč.62, č.4, s. 334-341
6. HOFIREK, Ivo; *Diagnostické možnosti u postižení periferních tepen*; Kardiologická revue 2006, č.8, s.1-2
7. HRDINA, Lukáš.; KÖCHER, M.; HEŘMAN, M.; HORÁK, D.; ČERNÁ, M.; KOZÁK, J.; BUČIL, J.; LANGOVÁ, K.; *Porovnání kvality MRA abdominální aorty a tepen dolních končetin při použití různých paramagnetických kontrastních látek*. Česká radiologie 2010: roč.64, č.1, s. 28-33

8. CHADI, Chahin; *Imaging in Lower-Extremity Atherosclerotic Arterial Disease*; 2011; <http://emedicine.medscape.com/article/423649-overview>
  
9. KARETOVÁ, Debora; ROZTOČIL, Karel; HEBNER, Otto; *Ischemická choroba dolních končetin; Doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře*; První vydání 2011; Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře Dostupné z [www.svl.cz](http://www.svl.cz)
  
10. KOŽNAR, Boris; PEREGRIN, JH; TINTĚRA, J; *MR angiografie bérceových tepen u pacientů s kritickou končetinovou ischemií*; Časopis České společnosti hepato-pankreato-biliární chirurgie 2008: roč 16, č.4, s.74-75
  
11. LOHAN, Derek.G at al; *Contrast-enhanced MRA versus nonenhanced MRA:Pros and cons*; The journal of practical medical imaging and management, 2007; [http://www.cme-university.org/courses/1397/PDF/AR\\_MRA\\_0507\\_cme.pdf](http://www.cme-university.org/courses/1397/PDF/AR_MRA_0507_cme.pdf)
  
12. MOTTL, Roman; *Diabetes mellitus s vaskulárními komplikacemi*; Interní medicína pro praxi 2001: č.12, s. 559
  
13. NOVOTNÝ, J.; PEREGRIN, JH.; KAUTZEROVÁ D.; *CT angiografie – podmínky pro kvalitní vyšetření*; Česká radiologie 2010: roč.64, č.2, s. 145-157
  
14. PEREGRIN, Jan H; *Role multidetektorové výpočetní tomografie v kardiovaskulární oblasti*; Medical Tribune 2008: č.9, s.mtt1
  
15. *RADIOLOGY ASSOCIATES*,  
[http://okxray.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=60](http://okxray.com/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=60)

16. VODŇANSKÝ, Petr; *Sonografická diagnostika onemocnění tepen dolních končetin*; Interní medicína pro praxi 2003; č. 4, s. 165-170
  
17. VYMAZAL, Josef; *Moderní metody zobrazování cév pomocí magnetické resonance*; <http://www.zdn.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/moderni-metody-zobrazeni-cev-pomoci-magneticke-rezonance-145228>
  
18. ŽIŽKA, Jan; *Současnost MR angiografie*; Postgraduální medicína, Zdravotnické noviny; [www.zdn.cz](http://www.zdn.cz)

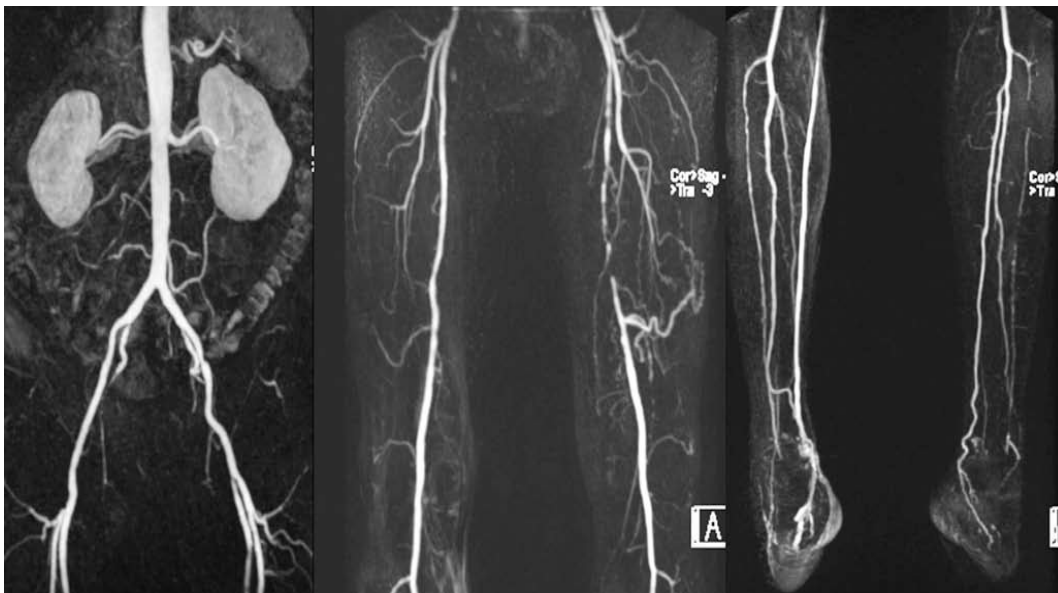
## Příklady zobrazení moderními zobrazovacími vyšetřovacími metodami

Zdroj|: [online-media.uni-marburg.de](http://online-media.uni-marburg.de)



Moderní ultrazvukové přístroje mohou produkovat B-obraz (obraz v B-módu) a měření průtoku současně na stejném místě (Doppler).

MRA nálezy jsou použity z publikace Hrdiny [Hrdina 2010; s.31].



MRA břišní aorty a tepen dolních končetin, MIP rekonstrukce, provedena s aplikací 10 ml gadovistů

CTA nálezy jsou použity z publikace Novotného [Novotný 2010; s.147-154].



Kalcifikované pláty ve stěně a. femoralis superficialis jsou problémem při hodnocení významnosti stenózy



Nevhodný typ VRT rekonstrukce může falešně zvyšovat významnost stenózy







Intimální hyperplazie ve stentu v pánevní tepně – MIP rekonstrukce



Omezené možnosti hodnocení bércevého řečiště při mediokalcinóze– tepenná náplň překryta kalcifikací