

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Marie Látalová

Zobrazovací metody pro onemocnění tepen dolních končetin

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Lukáš Hrdina

Olomouc 2015

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

Olomouc 11. května 2015

.....
podpis

ANOTACE

Typ závěrečné práce:	Bakalářská práce
Název práce v ČJ:	Zobrazovací metody pro onemocnění tepen dolních končetin
Název práce v AJ:	Imaging methods for diseases of lower limb arteries
Datum zadání:	2014 – 06 - 22
Datum odevzdání:	2015 – 05 - 11
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
Autor práce:	Marie Látalová
Vedoucí práce:	MUDr. Lukáš Hrdina, Ph.D
Oponent práce:	MUDr. Vojtěch Prášil
Abstrakt v ČJ:	Cílem této práce je přiblížit problém onemocnění ischemické choroby dolních končetin a popsat princip a metodiku u jednotlivých diagnostických metod. Dále uvést proč tato choroba vzniká, jaké jsou její rizikové faktory, jaká je prevence jejího vzniku a jak postupovat v léčbě.
Abstrakt v AJ:	The aim of this work is to approach the problem of disease peripheral arterial disease and describe the principle and methodology for each diagnostic methods . Further indicate why this disease arises , what are the risk factors , what is to prevent its occurrence and how to proceed with treatment.
Klíčová slova v ČJ:	ischemická choroba dolních končetin, zobrazovací metody, ultrazvukové vyšetření, angiografie pomocí počítačové tomografie, angiografie pomocí magnetické rezonance, dopplerovská ultrasonografie zobrazovací metody, ultrazvukové vyšetření.
Klíčová slova v AJ:	peripheral arterial disease, imaging methods, ultrasound examination, angiography using computerized tomography, imaging methods, ultrasound examination, angiography using computerized tomography, Doppler ultrasonography

Obsah

Úvod	6
1. Anatomie tepen dolních končetin.....	7
1.1. Tepny dolních končetin.....	7
1.2. Pánevní a končetinové tepny	7
2. Ischemická choroba dolních končetin a epidemiologické údaje.....	10
2.1. Epidemiologické údaje.....	10
2.2. Ischemická choroba dolních končetin.....	11
2.3. Ischemická choroba dolních končetin a její dělení	11
2.4. Rizikové faktory ICHDK a etiopatogeneze	12
2.5. Akutní ischemie dolní končetiny	14
2.5.1. Embolie.....	14
2.5.2. Trombóza.....	15
2.6. Chronické formy ischemie dolní končetiny	15
3. Možnosti vyšetření	18
3.1. Klinické diagnostické metody.....	18
3.1.1. Fyzikální vyšetření.....	18
3.1.2. Laboratorní vyšetření.....	19
3.1.3. Měření krevního tlaku.....	19
3.1.4. Index kotník – paže.....	19
3.2. Zobrazovací metody.....	20
3.2.1. Ultrazvukové vyšetření.....	20
3.2.1.1. Princip ultrazvukového vyšetření.....	21
3.2.1.2. Metodika ultrazvukového vyšetření	22
3.2.2. Dopplerovská ultrasonografie.....	22
3.2.2.1. Duplexní ultrasonografie	23
3.2.2.2. Triplexní ultrasonografie	23
3.2.3. Angiografie pomocí počítačové tomografie	24
3.2.3.1. Princip CTA	24
3.2.3.2. Kontrastní látky pro CTA.....	25
3.2.3.3. Metodika pro CTA	26
3.2.4. Angiografie pomocí magnetické rezonance	27
3.2.4.1 Princip MRA	28

3.2.5. Digitální subtrakční angiografie	30
3.2.5.1. Princip a metodika DSA.....	30
4. Význam jednotlivých zobrazovacích metod.....	31
Závěr.....	33
Seznam použitých zdrojů.....	34
Seznam použitých zkratek	36
Seznam použitých tabulek	37
Seznam použitých obrázků.....	38
Přílohy	39

Úvod

Ischemická choroba dolní končetiny (ICHDK) patří mezi relativně časté onemocnění především u starších pacientů. V případě akutní ischemie dolních končetin může jít i o život ohrožující stav. Její výskyt ve všech formách stoupá úměrně s věkem populace. Nemocnými bývá tohle onemocnění často podceňováno, neřešení stavu může vést až k amputaci končetiny.

V první kapitole své bakalářské práce popisuji anatomii tepen dolních končetin a její dělení na tepny dolních končetin a pánevní a končetinové tepny. Ve druhé kapitole popisuji ischemickou chorobu dolních končetin a její epidemiologické údaje a dále popisuji její dělení na akutní ICHDK a chronickou ICHDK. Dále uvádím rizikové faktory ICHDK a etiopatogenezi. Ve třetí kapitole popisuji možnosti vyšetření, kam patří klinické diagnostické metody (fyzikální vyšetření, laboratorní vyšetření, měření krevního tlaku a index kotník – paže) a zobrazovací metody (ultrazvukové vyšetření, angiografie pomocí výpočetní tomografie, angiografie pomocí magnetické rezonance, dopplerovská ultrasonografie a digitální subtrakční angiografie). V poslední kapitole popisuji význam jednotlivých zobrazovacích metod.

Práci jsem doplnila o různé obrázky, tabulky a přílohy, které dle mého názoru umožňují lépe rozpoznat a pochopit danou problematiku. Věřím, že moje bakalářská práce bude přínosem v dalším vzdělávání studentů lékařských fakult.

1 Anatomie tepen dolních končetin

Tepny na dolních končetinách představují rozsáhlou cévní síť. Tato cévní síť vychází z břišní aorty, a v úrovni 4. bederního obratle se rozvětňuje na společné ilické tepny. Ilické tepny se pak dále dělí na vnitřní a zevní. Pod tříselným vazem zevní ilická tepna přechází na a. femorales. V úrovni hlavice femuru se společná femorální tepna dělí na povrchovou a hlubokou femorální tepnu. Hluboká femorální tepna se poté dělí na medialis a a. circumflexum femoris lateralis. V místě canalis adductorius přechází a. femoralis superficialis v popliteální tepnu. Popliteální tepna se pod kolením kloubem dělí na a. tibialis posterior, a. fibularis a a. tibialis anterior. Na medioplantární straně nohy se a. tibialis posterior dále dělí na a. plantaris medialis a lateralis. Tohle je obvyklá anatomie tepen dolních končetin, ale nejsou nijak výjimečné různé anatomické variety. Pokud dojde k chronickému uzávěru dolní břišní aorty nebo společných ilických tepen jsou významnou kolateralizací lumbální tepny nebo arteria sacralis mediana. V případě, že dojde k chronickému uzávěru zevních ilických tepen jsou důležitými kolaterálami pro perfuzi dolních končetin vnitřní pánevní tepny. A. profunda femoris má zcela zásadní význam pro zachování vitality končetiny v případě časté obliterace povrchové stehenní tepny. V případě uzávěru distální a. poplitea se uplatňuje aa. geniculares a aa. surales. Kolaterálu uzávěru tibiálních tepen tvoří a. fibularis.

1.1 Tepny dolních končetin

Z anatomického hlediska se uspořádání tepen dolních končetin vyznačuje tím, že se většinou jedná o konečné tepny, což znamená, že určitou anatomickou oblast dolní končetiny zásobuje jediná tepna. Tahle skutečnost se uplatňuje hlavně u náhle vzniklých poruch průchodnosti tepen, které hrozí rozvojem ischémie a tkáňovou nekrózou. Léze, které se dlouhodobě rozvíjí, většinou vedou ke vzniku různě vydatné kolateralizace. Tato kolateralizace může obstrukční změny významně kompenzovat.

1.2 Pánevní a končetinové tepny

Pánevní a končetinové tepny jsou pokračováním retroperitoneálně uložené břišní aorty, jejichž rozvětvení na společné ilické tepny se zpravidla nachází ve výši obratlového těla L4. Aorta leží mírně nalevo od střední čáry, proto bývá pravá společná ilická tepna poněkud delší než levá.

Pánevní žíly jsou umístěny dorzálně až dorzomediálně od tepen. Délka společných ilických tepen je variabilní; pohybuje se od 3,5 až do 7,5 centimetrů. Společná ilická tepna se v úrovni sakroilického skloubení rozděluje na větev vnitřní a zevní. Vnitřní ilická tepna zásobuje orgány v hýžd'ové oblasti, malé pánvi a struktury pánevní stěny a hráze. Zevní ilická tepna probíhá mediálně podél m. iliopsoas a vydává přitom pouze dvě větve těsně nad úrovní tříselného vazy. Tepna umístěná níže podbíhá tříselný vaz v prostoru lacuna vasorum a stává se stehenní tepnou. V horní části tepna leží podpovrchově, laterálně od stehenní žíly a před kyčelním kloubem. Z hlavních větví zde vydává a. epigastrica superficialis, a. circumflea ilium superficialis a a. profunda femoris.¹ Femorální tepnou se v klinické terminologii nazývá úsek stehenní tepny o délce mezi 2-5 centimetry, který se nalézá mezi tříselným vazem a odstupem a. profunda femoris. Avšak hluboká stehenní tepna může odstupovat již v úrovni nebo nad úrovní tříselného vazy. V tomto případě již nemůžeme hovořit o společné femorální tepně. Hluboká stehenní tepna míří od společné tepny dorzolaterálně. Tato tepna zásobuje především svalové skupiny na stehně. A. profunda femoris sehrává z hlediska kolateralizace hlavní úlohu při obstrukčním postižení distálních tepenných úseků na stehně a v podkolení. Úsek stehenní tepny mezi odstupem a. profunda femoris proximálně a úrovní výstupu tepny z Hunterova kanálu distálně je z klinické terminologie nazýván povrchovou stehenní tepnou. Femorální žíla probíhá většinou dorzomediálně od tepny v prohlubni mezi m. vastus medialis a m. adductor longus. Hunterův kanál je v okolí distálního úseku tepny různě dlouhý; 3-10 centimetrů a je ohraničen m. vastus medialis ventromediálně, m. adductor longus dorzálně a aponeurózou mezi těmito svaly zepředu. Z ultrasonografického hlediska se jedná o jeden z nejobtížněji hodnotitelných částí svazku cév. Povrchová stehenní tepna vydává několik především svalových větví, kdy nejvýznamnější z těchto větví bývá a. genus descendens. V případě obstrukčního tepenného postižení se tyto většinou drobné tepny mohou transformovat v kolaterály. A. poplitea se nazývá tepenný úsek mezi výstupem z Hunterova kanálu proximálně a úponem m. soleus distálně. V podkolení jamce probíhá mediálně a poněkud ventrálněji od podkolení žíly, v dolní polovině podkolení jamky se přitom klade na m. popliteus. Podkolení žíla vydává artikulární větve, které se většinou seskupují v proximální a distální párové kolenní tepny. Její konečné větvení bývá variabilní. Nejčastěji se tato tepna větví na a. tibialis anterior a truncus tibiofibularis. Truncus tibiofibularis se větví na a. fibularis a a. tibialis posterior. S vysokým větvením podkolenní tepny, při kterém se bifurkace

¹ Eliáš, P., Žižka, J. Dopplerovská ultrasonografie. 1998

nachází již v úrovni kloubní štěrbiny, se můžeme setkat ve 3-8% případů. V tomto případě pak přední větev probíhá pod m. popliteus a pokračuje pak ventrálně jako a. tibialis anterior a z druhé větve, která pokračuje kaudálně za m. popliteus, vzniká a. tibialis posterior.

V převážné většině případů nacházíme tři hlavní bérkové tepny, které jsou zpravidla provázené zdvojenými hlubokými žilami. Tyto hlavní bérkové tepny se nazývají: a. tibialis anterior, a. tibialis posterior a a. fibularis. Přední a zadní tibiální tepny mohou vykazovat různý stupeň hypoplazie, popřípadě může některá tepna chybět. V těchto případech je zásobení tepen nahrazováno druhou tibiální tepnou a a. fibularis, s jejíž hypoplazií se setkáváme jen zřídka. Přední tibiální tepna prochází dopředu interosální membránou a následně se v kaudálním průběhu drží laterálního okraje m. tibialis anterior. V místě, kde přechází bérce na hřbet nohy, podbíhá šlachy m. extensor hallucis longus, po jejíž laterální straně pak směřuje k první mezikostní štěrbině jako a. dorsalis pedis. Zadní tibiální tepna mívá většinou poněkud větší průměr než tepna přední. Táhne se kaudálně pod m. soleus v rýze mezi m. flexor digitorum longus a m. tibialis posterior a je kryta hlubokým listem fascie těchto svalů. Směřuje za vnitřní kotník do plantární oblasti. V plantární oblasti se větví na mediální a laterální plantární tepnu. Fibulární tepna odstupuje laterálním směrem z tibiofibulárního runku a následně směřuje kaudálně podél fibuly mezi m. tibialis posterior a m. flexor hallucis longus. Fibulární tepna míří distálně k zevnímu kotníku a poté pokračuje na nohu konečným větvením směrem k patní kosti. Noha je tepenně zásobena především ze zadní a přední tibiální tepny. Plantární oblouk, který se funkčně spojuje prostřednictvím obloukovitých tepen s a. dorsalis pedis, vytváří větve mediální a laterální plantární tepny. V oblasti nohy, podobně jako v úrovni kotníku, jsou mnohočetné tepenné spojky, které se mohou podílet na vytvoření kolateralizace (větvení).²

² Eliáš, P., Žižka, J. Dopplerovská ultrasonografie. 1998

2 Ischemická choroba dolních končetin a epidemiologické údaje

2.1 Epidemiologické údaje

Četnost ischemické choroby dolních končetin všech forem stoupá úměrně s věkem populace. Ve věku nad 50 let se pohybuje v rozmezí 3 – 10%, ve věku nad 70 let narůstá na 15 – 20%. Poměr mezi symptomatickými formami a asymptomatickými je 1:3 – 4. Zvýšené podezření na přítomnost ICHDK máme u jedinců nad 70 let, u kuřáků nebo diabetiků ve věku 50-69 let, u nemocných nad 40 let, mají-li současně diabetes mellitus či další rizikový faktor aterosklerózy³, dále u nemocných s bolestí v dolní končetině, u žen užívajících hormonální antikoncepci, u lidí se špatnou srážlivostí krve, při úrazech, při dlouhodobé léčbě pacienta upoutaného na lůžko apod.

Mezi základní rizikové faktory vzniku ischemické choroby dolních končetin patří:

- **nikotinismus** (dominující postižení pánevních, popřípadě femorálních tepen)
- **diabetes mellitus** a hraniční poruchy glukózové homeostázy (především postižení bérceových tepen, častý vznik pokročilých stádií nemoci s horším průběhem)
- **dyslipidémie**
- **arteriální hypertenze**
- **mužské pohlaví**
- **věk**
- **chronická renální selhání**
- **pozitiva zánětlivých markerů** (dle hodnot CRP)
- **hyperviskózní a hyperkoagulační stavy**

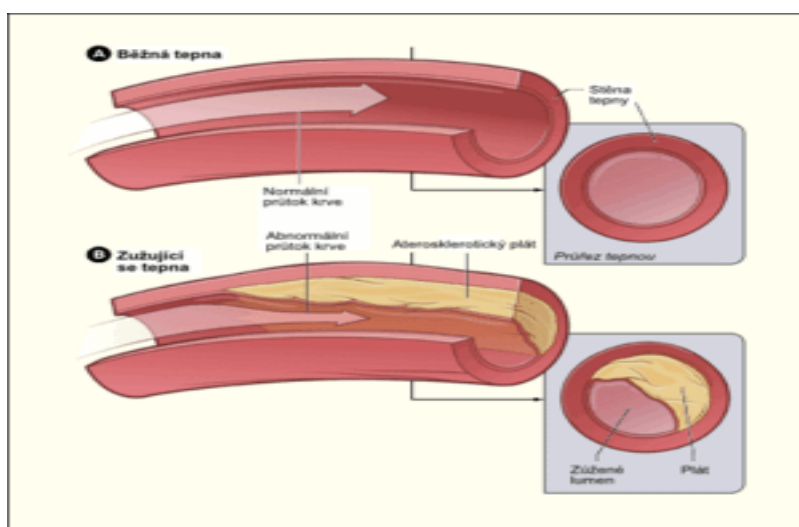
³ Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). J Vasc Surg 2007; 45(1), Suppl. S: S5A-S67A.

- nízká hladina lipoproteinů a jiné.⁴

2.2 Ischemická choroba dolních končetin

Onemocnění způsobené náhlým uzávěrem nebo postupným zužováním tepen dolních končetin, jenž vede k nedostatečnému přísunu okysličené krve úměrně potřebám tkání dolních končetin, nazýváme Ischemická choroba dolních končetin (ICHDK). Jedná se o časté onemocnění v celosvětovém měřítku.

Obrázek 1 Běžná tepna a zužující se tepna



2.3 Ischemická choroba dolních končetin a její dělení

Ischemickou chorobou dolních končetin označujeme aterotrombotický syndrom, při němž dochází k progresivnímu zužování tepen dolních končetin. K tomu dochází především na podkladě aterosklerózy, případně jiného patologického procesu, který postihuje pánevní tepny a tepny dolních končetin.

⁴ doc. MUDr. Karetová, D. CSc., MUDr. Roztočil, K. CSc., MUDr. Herber, O. Ischemická choroba dolních končetin. 2011

Ischemii dolních končetin můžeme rozdělit ze dvou hledisek:

1) Dle příznaků:

- **Asymptomatická**
- **symptomatická** – nehojící se vředy, klaudikace, klidové bolesti, gangéna

2) Dle urgentnosti stavu

- **akutní ischemie dolních končetin** – je vyvolána náhlým uzávěrem tepny embolem, trombem či jinou mechanickou příčinou
- **chronická ischemie dolních končetin** – postupný rozvoj symptomů⁵

2.4 Rizikové faktory ICHDK a etiopatogeneze

Mezi nejčastější příčiny ICHDK je ateroskleróza, ale existují i další klinické jednotky, které mohou být podkladem pro toto onemocnění, jako jsou například zánětlivé či traumatické změny, vrozené anomálie tepenného systému či cystická degenerace adventicie. Mezi rizikové faktory ICHDK patří například kouření, arteriální hypertenze, diabetes mellitus, pohlaví, věk, sedavé zaměstnání, stres, vrozené indispozice a další.

V závislosti na potřebách tkání dolních končetin vede nedostatečný přísun okysličené krve k postupnému rozvoji ischemických změn. Změny se ze začátku projeví pouze při zátěži, kdy pracující sval potřebuje větší přísun kyslíku. V případě zátěže se ischemie svalu projeví bolestí, která však po krátkém odpočinku mizí. Tyto bolesti označujeme jako intermitentní klaudikace. V pokročilých stádiích ischemických změn již není zúžená tepna schopna krýt metabolické potřeby tkání ani v klidovém režimu, což se projeví klidovými neustupujícími bolestmi a tvorbou nehojících se ischemických defektů.

⁵ HUSSMANN, J. Memorix Chirurgie. 1995

Tabulka 1 Ideální stav rizikových faktorů u pacienta s ICHDK

Kouření	Naprostá abstinence	
Alkohol	méně než 2 alkoholické nápoje denně	Cíle vyšší hladina triglyceridů
Body mass index	pod 25 kg/m ²	
Obvod pasu	ženy pod 80 cm muži pod 94 cm	
Krevní tlak	méně než 140/90 mmHg V případě diabetes mellitus méně než 130/80 mmHg	Při kritické ischemii dolních končetin snižujeme postupně, a není-li krevní tlak extrémně zvýšený, až po zvládnutí akutního stavu
LDL - cholesterol	méně než 2,0 mmol/l V případě diabetes mellitus méně než 1,8 mmol/l	Pacienti s velmi vysokým rizikem by mohli profitovat z ještě většího snížení LDL – Ch až k hodnotám 1,5 mmol/l
non-HDL-cholesterol	méně než 3,0 mmol/l	Vhodnější při triglyceridech nad 2 mmol/l
Apolipoprotein B	méně než 0,8 g/l	Pacienti s velmi vysokým rizikem by mohli profitovat z ještě většího snížení apo B až k hodnotám 0,75 g/l
HDL – cholesterol	ženy nad 1,2 mmol/l muži nad 1,1 mmol/l	
triglyceridy	méně než 1,7 mmol/l	
Lačná glykémie	méně než 6,0 mmol/l	
Glykovaný hemoglobin	méně než 5,5 %	U pacientů s diabetes mellitus

2.5 Akutní ischemie dolní končetiny

Akutní ischemii dolní končetiny způsobuje náhlé snížení perfúze tkání. Projevuje se výrazným zhoršením stávajících příznaků či objevením zcela nových symptomů. Akutní příznaky trvají do 1-2 týdnů.⁶

Nejčastější příčinou akutní ischemie je embolie či lokální trombóza v místě aterosklerotického plátu. Mezi další příčiny pak patří i traumatické postižení.

Klinické známky akutní ischemie:

- výrazná bolest končetiny,
- postupný rozvoj poruchy hybnosti,
- chlad končetiny,
- bledost končetiny,
- parestezie,
- končetina bez hmatných pulzací.

2.5.1 Embolie

Embolií označujeme náhlý uzávěr tepny, kterému nepředcházejí žádné příznaky tepenné ischemie. Embolus se většinou zachycuje především na větvení tepen či v místech fyziologického zúžení. Při tzv. „prachové“ embolizaci dochází k roztříštění trombu a jeho zanesení do periferních tepen. Typickým příznakem zpravidla bývá náhlý nástup tepenného uzávěru, což způsobuje především bolest, poruchu citlivosti, poruchu hybnosti, bledost a nehmatné pulzace pod tepenným uzávěrem.⁷ Postupně dochází ke ztrátě motorických a senzitivních funkcí, ztuhlosti svalstva a bledost končetiny je nahrazena mramorováním. Pakliže embolie postihne bifurkaci aorty, dominuje šokový stav rozvíjený na podkladě těžké ischemie obou dolních končetin.

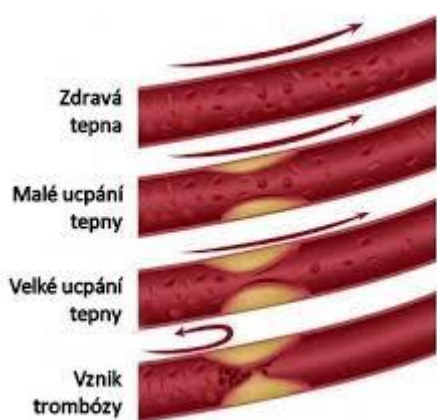
⁶ Bulvas, M. Doporučení pro diagnostiku a léčbu ischemické choroby dolních končetin. 2009

⁷ WEINER, CH. Et al. Harrison's Principles of Internal Medicine. 2008

2.5.2 Trombóza

Trombóza vzniká na podkladě aterosklerotického plátu, jenž způsobuje stenózu a tím dochází k omezování krevního proudu. Trombóza se propaguje směrem nahoru i dolů o uzávěru. V ojedinělých případech může trombóza nastat při trombofilních a hyperkoagulačních stavech, v periferních aneurysmatech či při deficitu antitrombinu III. Převážná většina nemocných trpí současně ischemickou chorobou dolních končetin s různě rozvinutým kolaterálním oběhem a díky tomu mohou být i příznaky méně dramatické než u embolie. Postižená končetina se vyznačuje menší bolestí, bledostí či poruchou hybnosti a senzitivity než u embolie. Pod trombem je končetina bledá, mramorově zbarvená a chladná. Pod trombem na postižené končetině nejsou pulzace hmatatelné a na druhé končetině je též často patrný pulzový deficit. Na obou dolních končetinách se objevují různé stupně chronické končetinové ischemie, jako jsou chronické defekty, poruchy ochlupení a suchá kůže. Nemocný udává v předchorobí různé projevy jako je bolest, bledost končetiny, strnutí, ochrnutí, omezený pohyb, chlad, nemožnost nahmatat puls apod.

Obrázek 2 Vznik trombózy



2.6 Chronické formy Ischemické choroby dolní končetiny

Tyto formy ICHDK můžeme charakterizovat přítomností angiograficky prokazatelného kolaterálního oběhu. Pokud příznaky trvají déle než 3 měsíce, tak se z časového hlediska jedná o chronickou formu ICHDK. Jako stádium subakutní je někdy označováno období mezi 8. dnem a koncem 3. měsíce. Chronická forma ICHDK je způsobena řadou příznaků, jejichž závažnost určuje Fontainova klasifikace. Nejprve nemocný neudává žádné obtíže, později se

objeví námahová bolest, klaudikace, méně často nehojící se vředy až gangréna (nebezpečný stav, který ohrožuje život nemocného).⁸

V Anglii se pro tyto projevy osvědčilo tzv. pravidlo 6P:

1. Pain (bolest, klaudikace)
2. Pallor (bledost)
3. Paresthasias (parestézie)
4. Paralysis (strnutí, ochrnutí, nemožnost pohybu)
5. Pulslessness (nemožnost nahmatat puls na arteriích dolních končetin)
6. Polar/cold (chlad)⁹

⁸ ČERTÍK, B. Akutní končetinová ischemie. 2003

⁹ KOLEKTIV AUTORŮ. Chronická ischemická choroba dolních končetin. (online)

Tabulka 2 Funkční klasifikace ischemické choroby dolních končetin dle Fontainea

1. stádium – asymptomatické subjektivně žádná potíže, při podrobném vyšetření odchylky od normy (např. šelesty nad velkými tepnami)
2. stádium – klaudikační typické bolesti v končetinách při námaze, ustupující po zastavení 2a – klaudikační vzdálenost delší než 200 m 2b – klaudikační vzdálenost kratší než 200 m 2c – klaudikační vzdálenost kratší než 50 m
3. stádium – klidových bolestí bolest v klidu, hlavně v noci horizontálně, ustupující po svěšení končetiny 3a – kotníkový tlak větší než 50 mmHg, palcový tlak větší než 30 mmHg 3b – kotníkový tlak nižší než 50 mmHg, palcový tlak nižší než 30 mmHg
4. stádium – trofických defektů 4a – stádium ohraničené nekrózy 4b – stádium šířící se nekrózy nebo gangény

3 Možnosti vyšetření

Existuje řada možností jak vyšetřit pacienta a zjistit tím, zda se jedná o ICHDK. Vyšetření se dělí na dva druhy, a to:

- **Klinické diagnostické metody:**
 - o Fyzikální vyšetření
 - o Laboratorní vyšetření
 - o Měření krevního tlaku
 - o Index kotník – paže
- **Zobrazovací metody:**
 - o Ultrazvukové vyšetření
 - o Dopplerovská ultrasonografie
 - o Angiografie pomocí výpočetní tomografie
 - o Angiografie pomocí magnetické rezonance
 - o Digitální subtrakční angiografie

3.1 Klinické diagnostické metody

3.1.1 Fyzikální vyšetření

Fyzikální vyšetření dokáže odhalit diagnózu a tím pomoci nemocnému s problémy onemocnění dolních končetin. Existují tři způsoby fyzikálního vyšetření a to vyšetření při pohledu, pohmatem a poslechem.

Při pohledu si všímáme, jaký má nemocný postoj, barvu kůže, ochlupení, případných otoků, žilní náplně, patologických útvarů, stavu svalstva, trofických změn, povrchových žil či hybnosti končetiny.

Poslechem je možné odhalit šelest za stenózou, výdutí popřípadě AV zkratem.

Pohmatem se zjišťuje nepřítomnost či přítomnost tepu v dané oblasti, rozdíl teplot mezi oběma končetinami, patologické útvary v oblasti tepen či zkoušíme také hybnost problematické končetiny.¹⁰

3.1.2 Laboratorní vyšetření

Pomocí laboratorních testů dochází ke zhodnocení rizikových faktorů aterosklerotického postižení.

Běžně se stanovuje:

- glykémie jako screening diabetu
- lipidogram ke zhodnocení dyslipidémie
- urea a kreatinin ke zhodnocení ledvinových funkcí
- krevní obraz
- sedimentace
- koagulační testy
- CRP

3.1.3 Měření krevního tlaku

U pacientů s ischemickým onemocněním dolních končetin se nejčastěji sleduje jejich krevní tlak. Pokles krevního tlaku svědčí přítomnost hemodynamicky významné stenózy nebo uzávěru v tepenném řečišti nad tlakovou manžetou. Výhodou tohoto vyšetření je snadné provedení, široká dostupnost, nízká cena, žádné negativní účinky na zdraví pacienta a neinvazivita.

3.1.4 Index kotník – paže (ankle – brachial index, ABI)

Jedná se o jedno z nejčastěji užívaných neinvazivních vyšetření. Slouží ke zhodnocení postižení tepen dolních končetin. Využívá se při prvotní diagnostice a poté také k hodnocení

¹⁰ Krajíček, M.; Peregrin, J. H.; Roček, M.; Šebesta, P. a kol. Chirurgická a intervenční léčba cévních onemocnění, 2007.

terapeutického efektu. Jde o poměr systolického krevního tlaku v oblasti paže a kotníku. K jeho měření se využívá tužková ultrazvuková sonda a manžeta, která je umístěná několik centimetrů nad kotníkem a na paži. Normální rozmezí indexu kotník – paže je 0,9 – 1,31. U zdravých jedinců bývá kotníkový systolický tlak asi o 10 – 15 mmHg vyšší než tlak na paži. Pro stanovení diagnózy tepenného postižení je hranice 0,9.

3.2 Zobrazovací metody

Zcela rozhodující pro volbu správné terapeutické strategie u pacientů s ischemickou chorobou dolních končetin je dokonalé zobrazení tepenného systému dolních končetin. Musí se zhodnotit rozsah, závažnost, počet stenóz popřípadě jejich lokalizace, která umožní rozhodnout, zda je pro pacienta vhodnější chirurgický revaskularizační zákrok nebo některá z metod endovaskulární léčby.

V současné době se pro zobrazení tepenného systému dolních končetin využívá:

- ultrazvukové vyšetření
- dopplerovská ultrasonografie
- angiografie pomocí počítačové tomografie (CTA)
- angiografie pomocí magnetické rezonance (MRA)
- digitální subtrakční angiografie (co se týká zobrazení kvality je subtrakční angiografie považována za zlatý standard)

3.2.1 Ultrazvukové vyšetření (UZ)

Patří mezi primární vyšetření pacientů s ICHDK. Úkolem tohoto vyšetření je potvrdit či vyloučit postižení tepenného systému dolních končetin. Pro průkaznost stenózy větší než 50% se senzitivita a specifita tohoto vyšetření v ileo-femoro-popliteálním úseku pohybuje v rozmezí 90 – 95 %.¹¹ Avšak pro plánování terapeutického postupu se toto vyšetření moc nehodí, jelikož neposkytuje zcela přesnou morfologickou představu o rozsahu a charakteru

¹¹ de Vries SO, Hunink MG, Polak JF. Summary receiver operating characteristic curves as a technique for meta-analysis of the diagnostic performance of duplex ultrasonography in peripheral arterial disease. 1996

uzávěrového postižení, kterou nabízí CTA či MRA. Jednoznačnou indikací ultrasonografie jsou kontrolní vyšetření po předchozích revaskularizačních výkonech.¹²

3.2.1.1 Princip ultrazvukového vyšetření

Ultrazvuk představuje podélné mechanické vlnění částic prostředí, jehož frekvence je nad horní hranicí slyšitelnosti pro lidské ucho nad 20 KHz. Pro diagnostické zobrazování se obvykle užívají frekvence o rozsahu 3-15 MHz. Ve vyšetřovací sondě jsou umístěné piezoelektrické krystaly, jež jsou zdrojem ultrazvukového vlnění v diagnostickém zobrazování. Střídavý proud, který je přivedený na piezoelektrický krystal způsobuje jeho tvarové deformace a tím vzniká mechanické vlnění. Proces probíhá i opačně a to tak, že mechanické vlnění, které dopadá na krystal a vydává elektrický impuls, jehož intenzita je úměrná intenzitě dopadajícího ultrazvukového vlnění. Při ultrazvukovém vyšetření je tedy piezoelektrický krystal zdrojem i detektorem. Jednotlivými tkáněmi lidského těla se ultrazvuk šíří různou rychlostí. Tyto tkáně kladou na jeho šíření odpor, který je závislý na jejich hustotě. Tento odpor je definován fyzikální veličinou akustické impedance, jenž je přímo úměrná hustotě prostředí a rychlosti šíření ultrazvuku v daném prostředí.

Pokud vlnění narazí na rozhraní tkání s různou akustickou impedancí, tak může dojít k těmto fyzikálním jevům:

- **odraz** – na makroskopických rozhraních, intenzita tohoto odrazu je přímo úměrná rozdílu v akustických impedancích
- **rozptyl** – na mikroskopických rozhraních, jež jsou menší než vlnová délka
- **lom** – v případě šikmého dopadu vlnění na rozhraní
- **absorpce** – dochází k postupné ztrátě energie při průchodu prostředím¹³

Vlastní tvorba ultrazvukového obrazu závisí především na odražených a rozptýlených ultrazvukových vlnách, jež dopadají zpět na piezoelektrický krystal. Dle směru, z něhož odražená vlna přichází a dle času, za jaký se vrátí zpět, lze určit přesnou lokalizaci rozhraní, na němž k odrazu došlo. Dle intenzity odraženého vlnění známe i rozdíl v akustických

¹² Eliáš P., Žižka J. Dopplerovská ultrasonografie. 1. vydání. Hradec Králové: Nucleus 1998;

¹³ Eliáš P., Žižka J. Dopplerovská ultrasonografie. 1. vydání. Hradec Králové: Nucleus 1998;

impedancích na daném rozhraní a můžeme tedy v daném rozhraní přiřadit odpovídající stupeň šedi v ultrazvukovém obraze. Tento způsob zobrazení označujeme jako B mód. Jedná se o nejběžnější způsob ultrazvukového zobrazení.¹⁴

3.2.1.2 Metodika ultrazvukového vyšetření

Tepny dolních končetin se vyšetřují v celém rozsahu a to od ilických tepen až po distální a. tibialis posterior a a. dorsalis pedis. Ilické tepny jsou uloženy hluboko v pánvi. Pro jejich vyšetření je nutné použít sondy s nižší nosnou frekvencí a to 2,5 – 4 MHz, jež vysílají vlnění s hlubší penetrací.¹⁵ Sondy s vyšší nosnou frekvencí 7,5 – 10 MHz, jež umožňují zobrazení s vyšším rozlišením za cenu menší penetrace, obvykle užíváme při vyšetření oblasti stehna a lýtky. U obézních pacientů je někdy nutné použít nízkofrekvenční sondu v celém průběhu vyšetření tepen dolních končetin.

Pacient při vyšetření leží nejdříve na zádech. V poloze na zádech vyšetřujeme pánevní tepny, femorální tepny a tepny výtokového traktu (distální a. tibialis posterior a a. dorsalis pedis). Následně v poloze na břiše vyšetřujeme u pacienta podkolenní tepnu a tepny bérce. Pro omezenou přehlednost nelze tepny bérce obvykle vyšetřit v celém rozsahu.

Vlastní hodnocení tepen provádíme nejprve v B módu a to v příčném řezu, kdy sledujeme průsvit tepny. Zde vylučujeme především přítomnost aneuryzmat. Následně v triplexním režimu vyšetřujeme celý průběh tepny v podélném řezu.

Pokud není tepna postižená, tak má v B módu hladké kontury a pravidelný průsvit. Maximální systolická rychlost v oblasti pánevních tepen nepřesahuje 150 cm/s a distálně postupně klesá, v oblasti podkolenní tepny se pohybuje okolo 70 cm/s.¹⁶

3.2.2 Dopplerovská ultrasonografie

Dopplerovská ultrasonografie, též známá jako dopplerovský ultrazvuk, je zobrazovací technika, jež nám umožňuje vizualizaci toku krve arteriemi. Jedná se o neinvazivní a bezbolestnou metodu, která funguje na principu ultrazvuku a Dopplerova jevu. Vyšetření se většinou provádí na velkých žilách a tepnách horních či dolních končetin případně na krku. Je

¹⁴ Eliáš P., Žižka J. Dopplerovská ultrasonografie. 1. vydání. Hradec Králové: Nucleus 1998;

¹⁵ Eliáš P., Žižka J. Dopplerovská ultrasonografie. 1. vydání. Hradec Králové: Nucleus 1998;

¹⁶ Eliáš P., Žižka J. Dopplerovská ultrasonografie. 1. vydání. Hradec Králové: Nucleus 1998;

možné ji využít jako alternativu k zobrazovacím metodám založeným na použití rentgenu (jako je venografie či arteriografie), při nichž je před použitím rentgenu vstříknuta do vén či arterií kontrastní látka. Dle toho jak se změřená rychlost zobrazí na monitoru, tak rozlišujeme několik různých zobrazení. Obecně je dělíme na spektrální a barevné, ale existují i další specifické metody.

3.2.2.1 Duplexní ultrasonografie

Patří mezi levnou, neinvazivní a jednoduchou metodu přístrojového vyšetření. Poskytuje barevné, energetické a pulzní zhodnocení dané oblasti. Využíváme ji především ke zjištění stavu pánevní a povrchové stehenní tepny, výdutí podkolenních tepen či k diferenciální diagnostice v popliteální oblasti. Dále je možné duplexní sonografii využít při vyšetřování tepenných rekonstrukcí. Perkutánní obliteraci iatrogenních falešných výdutí v tříse provádíme pod navigací dopplerovským ultrazvukem. Neexistuje žádný algoritmus ke zvolení správné vyšetřovací metody. Správný postup musí vždy vycházet z klinického vyšetření, konkrétní situace a vyšetřovacích možností daného pracoviště. Vyšetření pomocí duplexní sonografie poskytuje první informace o stavu cévního řečiště a zároveň podává asi nejkvalitnější anatomickou informaci o stavu bérkových tepen.¹⁷

Její barevný obraz je složen ze dvou částí:

- **černobílé** – obsahuje morfologickou informaci
- **barevné** – obsahuje informaci o pohybu ve sledovaném řezu

3.2.2.2 Triplexní ultrasonografie

Jedná se o kombinaci B-zobrazení barevně kódovaného krevního toku a spektrálního záznamu. Tím zjišťujeme celé rychlostní spektrum.¹⁸

¹⁷ STARNES, B., MARTIN, R. Surgical clinics. 2007

¹⁸ BAJGAR, R., Dopplerovské ultrazvukové metody (online)

3.2.3 Angiografie pomocí výpočetní tomografie (CTA)

CT angiografie má díky vývojovým pokrokům velké uplatnění v různých oblastech medicíny. V případě uzávěrů tepen dolních končetin ji používáme k zobrazení tepny od bifurkace aorty až po konečky prstů dolních končetin se submilimetrovým rozlišením. Pakliže chceme zobrazit periférii, použijeme u katetrizační angiografie digitální substrakční angiografii (DSA) a u CT angiografie módy VRT a MIP. VRT a MIP rekonstrukce se zhotovují pro hodnocení celého řečiště tepen dolních končetin. Při VR technice jsou zobrazeny pouze voxely, které jsou určené nastavitelným intervalem denzitních hodnot. VRT poskytuje lepší prostorovou orientaci.¹⁹ MIP zase lépe zobrazí drobné periferní tepny. U oboustranných uzávěrů pánevních tepen nebo abdominální aorty, kdy není možný přístup z třísla, je jednoznačně indikována CT angiografie. Dále kromě stenóz i uzávěrů zobrazuje také aneuryzmata, AV zkratky a malformace. CT angiografie je bezproblémová i u všech končetinových bypassů. Jako řada jiných vyšetření má i CT angiografie své výhody i nevýhody. Při tomto vyšetření je nutné znát renální funkce nemocného kvůli riziku případné indukované nefropatie (CIN). CT angiografie poskytuje podobně jako MRA či DSA dokonalou anatomicko-patologickou představu o tepenném systému dolních končetin, jež je nutná pro plánování terapeutického postupu. Pro stanovení více než 50% stenózy, je senzitivita a specifita CTA 99 %.²⁰

3.2.3.1 Princip CTA

V případě použití CTA zobrazujeme cévní systém pomocí počítačové tomografie (CT). Jedná se o metodu využívající energií rentgenového záření pro tomografické zobrazení vnitřní struktury vyšetřovaného objektu ve 2D s případnou možností 3D rekonstrukcí. Princip CT vyšetření spočívá v mnohonásobné expozici vyšetřovaného objektu rentgenovému záření z různých směrů. Při jednotlivých expozicích získáme informace o úhrnné absorpci paprsku rentgenového záření po průchodu celým vyšetřovaným objektem. V případě mnohonásobné expozice získáváme informace o úhrnných absorpcích rentgenových paprsků, které procházejí objektem z různých směrů. V cestě každého paprsku je odlišné zastoupení jednotlivých tkání

¹⁹ Ferda J, CT angiografie. 1. vydání. Praha: Galén 2004.

²⁰ Ota H, Takase K, Igarashi K, et al. MDCT compared with digital subtraction angiography for assessment of lower extremity arterial occlusive disease: importance of reviewing cross-sectional images. AJR Am J Roentgenol 2004

vyšetřovaného objektu a tím se jednotlivé úhrnné absorpce mírně liší. Zásadou vzájemného křížení rentgenových paprsků je výkonný počítač schopný z údajů o úhrnných absorpcích s využitím složitých matematických postupů vypočítat dílčí absorpci rentgenového záření pro každý objemový element (voxel) vyšetřovaného objektu a dle této absorpce tomuto voxelu přiřadit denzitu, které je udávána v Hounsfieldových jednotkách (HU). Velikost příslušných voxelů závisí na velikosti detektorů, počtu detektorových řad a kolimaci primárního svazku rentgenového záření. Při tvorbě obrazu je každému voxelu přidělen stupeň šedi dle příslušné denzity a nastavení CT okna. Izotropní zobrazení je pro kvalitní CTA velmi důležité, protože umožňuje geometricky nezkreslené 2D a 3D rekonstrukce. Při CT vyšetření je pro zobrazení cév nutné zvýšit jejich denzitu nad běžnou úroveň okolních měkkých tkání. Zvýšení příslušné denzity docílíme aplikací kontrastní látky. Mezi cévou a okolními tkáněmi je dosaženou optimálního kontrastu za předpokladu zvýšení denzity v cévě nad 250 HU.

3.2.3.2 Kontrastní látky pro CTA

Kontrastní látku obecně definujeme jako substanci, jež má odlišnou schopnost absorpce RTG záření než měkké tkáně lidského těla.

Kontrastní látky dělíme na:

- **pozitivní kontrastní látky** – jsou látky, jež mají schopnost absorpce rentgenového záření vyšší než měkké tkáně (na CT vyšetření mají vyšší denzitu než měkké tkáně)
- **negativní kontrastní látky** – jsou látky, jež mají schopnost absorpce rentgenového záření nižší než měkké tkáně (na CT vyšetření mají nižší denzitu než měkké tkáně)

Při vyšetření metodou CTA nejčastěji využíváme pozitivních ve vodě rozpustných nefrotropních jodových kontrastních látek. Základem jodových kontrastních látek je z chemického hlediska benzenové jádro. Na toto jádro jsou navázány atomy jódu, jež je odpovědný za absorpci rentgenového záření.

Dělení kontrastních látek dle ionizace:

- **ionické kontrastní látky** – ve vodě disociují na ionty. V současné době se téměř neužívají kvůli vyššímu riziku nežádoucích reakcí).

- **Neionické jodové kontrastní látky** – na ionty nedisociují. V současné době se jedná o nejčastěji užívanou skupinu jodových kontrastních látek. Patří mezi ně například lodixanol, lopromid či lomeprol.

Velmi důležitou vlastností jodových kontrastních látek je jejich osmolalita, jež udává počet částic v objemové jednotce roztoku. Většina kontrastních látek je hyperosmolárních vůči krevní plazmě. Při vyšetření CTA je vhodné použít jodové kontrastní látky s vyšším obsahem jódu (tj. 370 – 400 mg/ml), jež mají vyšší absorpční schopnost, čímž zajistí dostatečný kontrast mezi vyšetřovanou cévou a okolními tkáněmi. V případě předchozích závažných nežádoucích reakcí na jodovou kontrastní látku je alternativou oxid uhličitý, jež se řadí mezi negativní kontrastní látky. Nevýhodou oxidu uhličitého je intraarteriální aplikace.²¹

3.2.3.3 Metodika CTA

Při provedení CTA je základním faktorem synchronizace aplikace kontrastní látky se skenováním vyšetřované oblasti. Aby bylo dosaženo co nejlepšího kontrastu mezi vyšetřovanou cévou a okolními tkáněmi, je nutné, aby byla vyšetřovaná oblast skenována v okamžiku maximální kontrastní náplně ve vyšetřované cévě.

Toho lze dosáhnout několika způsoby:

- **odhadem** – tento způsob je nejméně přesný. Odhadujeme časový odstup skenování od aplikace kontrastní látky dle dostupných informací o pacientovi (tepová frekvence, krevní tlak, věk, celkový zdravotní stav). Způsob tohoto vyšetření se již prakticky neužívá.
- **bolus timing** – změření cirkulačního času po aplikaci malého objemu kontrastní látky (1 - 2 ml). Tento časový odstup následně použijeme při vlastním CTA vyšetření. Tento způsob není zcela přesný, protože při aplikaci většího objemu kontrastní látky během vlastního vyšetření oproti plánovacímu vyšetření dochází ke změně hemodynamických poměrů.²²
- **bolus tracking** – metoda, při jejímž opakovaném skenování 1 vrstvy v odstupu 1 – 2 sekund sledujeme vzestup denzity ve vyšetřované cévě po aplikaci kontrastní látky.

²¹ MUDr. Peterová, V., CSc. Radiologická klinika 1. LF UK a VFN, Praha, 2010.

²² Ferda J, CT angiografie. 1. vydání. Praha: Galén 2004

Samotné vyšetření je zahájeno po dosažení nastavené prahové denzity ve vyšetřované cévě a to buď automaticky či subjektivně fluoroskopicky. V současné době jde o nejužívanější metodu.

Postkontrastní série axiálních řezů od úrovně bránice po konečky prstů dolních končetin s dostatečnou kontrastní náplní tepen je výsledkem CTA tepen dolních končetin. Pokud je vyšetření správně provedené, tak není přítomna kontrastní náplň žil (tzv. žilní kontaminace). Důležitou součástí CT protokolu tvoří postprocessingové zpracování dat. Výsledkem postprocessingového zpracování dat jsou 2D a 3D rekonstrukce. Pokud vyšetřujeme cévy, tak zhotovujeme prostorové rekonstrukce, jež usnadňují orientaci v cévním řečišti, jehož prostorové rozložení je často složité. Prostorové rekonstrukce dále urychlují vyhledávání patologických lézí. Maximum intensity projection (MIP) a Volume rendering technique (VR) jsou nejčastěji zhotovovanými prostorovými rekonstrukcemi.

Při MIP rekonstrukci vzniká výsledný obraz projekcí virtuálního paprsku, který prochází tkání na virtuální stínítko. V daném směru paprsku se vždy zobrazí pixel s nejvyšší denzitou, bez závislosti na jeho vzdálenosti od stínítka.²³

Při VR rekonstrukci jsou zobrazeny jen voxely, které jsou určeny nastavitelným intervalem denzitních hodnot. Na výsledné rekonstrukci se vedle denzitních hodnot uplatňují také opacita značící míru průhlednosti a virtuální osvětlení, jež vytváří dojem prostoru díky virtuálnímu stínování.²⁴ Pro hodnocení CTA vyšetření je vhodné využít rekonstrukce MIP i VR. Obě rekonstrukce se totiž vzájemně doplňují. Rekonstrukce MIP lépe zobrazí drobné periferní cévy, kdežto rekonstrukce VR zobrazí dostatečnou prostorovou představu.²⁵

3.2.4 Angiografie pomocí magnetické rezonance (MRA)

Vyšetření MR angiografie je velice výhodné, jelikož neobsahuje ionizující záření a tím nedochází k případnému vzniku alergické reakce na kontrastní látku. V dnešní době se toto vyšetření cenou i dostupností blíží k vyšetření pomocí CTA. Poskytuje komplexní a velice přesnou informaci pro naplánování perkutánního intervenčního výkonu. Nevýhodou tohoto

²³ Ferda J, CT angiografie. 1. vydání. Praha: Galén 2004

²⁴ Ferda J, CT angiografie. 1. vydání. Praha: Galén 2004

²⁵ Fishman EK, Ney DR, Heath DG, et al. Volume Rendering versus Maximum Intensity Projection in CT angiography: what works best, when and why. Radiographics 2006.

vyšetření je nadhodnocování stenóz a nepřesnosti v zobrazení bércevého a pedálního řečiště.²⁶ Ve vyšetřovacím algoritmu ICHDK je význam a postavení této metody srovnatelný s CTA. Specifická a senzitivita MRA se pohybuje v rozmezí 91 – 100%.²⁷

3.2.4.1 Princip MRA

Pro zobrazení tkání využívá MR atomová jádra s lichým nukleonovým číslem. Jádro atomu vodíku je díky jeho četnému výskytu v živých tkáních ideálním zástupcem této skupiny. V přirozeném stavu jsou jednotlivé magnetické momenty jader atomů vodíku uspořádány nahodile. Jelikož jsou magnetické momenty jader atomů vodíku uspořádány nahodile, tak se vzájemně ruší, a proto se tkáň navenek nechová magneticky. Jestliže vyšetřovanou tkáň umístíme do silného vnějšího magnetického pole, tak dojde k uspořádání magnetických momentů jednotlivých vodíkových atomů souběžně se siločarami vnějšího magnetického pole. Část magnetických momentů se uspořádá souhlasně s vektorem zevního magnetického pole a část magnetických momentů se uspořádá o 180° opačně. Z důvodu větší energetické náročnosti opačného uspořádání je větší část magnetických momentů uspořádána paralelně. Dochází k nerovnováze, díky níž se tkáň v zevním magnetickém poli, začne chovat magneticky a vykazuje úhrnný magnetický moment.

Protony ve vnějším magnetickém poli vykazují dva druhy pohybů, a to rotační pohyb kolem vlastní osy (spin) a rotační pohyb, jehož osou je pomyslná siločára magnetického momentu (precese). Rychlost precesního pohybu je udávána Larmorovou frekvencí. Velikost Larmorové frekvence je přímo úměrná intenzitě zevního magnetického pole. Aby bylo možné změřit velikost úhrnného magnetického momentu vyšetřované tkáň, tak je nutné, aby se vychýlil z paralelního uspořádání vůči siločarám zevního magnetického pole. Daného vychýlení dosáhneme pomocí elektromagnetického impulsu. Frekvence tohoto impulsu je shodná s Larmorovou frekvencí. Díky tomu, že jsou frekvence stejné, dojde k rezonanci elektromagnetického impulsu s precedujícími jádry vodíku, jež přeberou část jeho energie. Vytvořená energie vyvolá synchronizaci dosud nahodilého precesního pohybu a jádra začnou precedovat synchronně ve fázi, a následně se několik paralelně uspořádaných magnetických

²⁶ KRAJÍČEK, M.; PEREGRIN, J.H.; ROČEK, M.; ŠEBESTA, P. a kol. Chirurgická a intervenční léčba cévních onemocnění. 2007

²⁷ Nelemans PJ, Leiner T, de Vet HC, van Engelshoven JM. Peripheral arterial disease: meta-analysis of the diagnostic performance of MR angiography. Radiology 2000

momentů otočí do antiparalelního postavení. Výsledkem těchto dějů je ztráta podélné magnetizace a vznik příčné magnetizace, kdy podélná magnetizace je rovnoběžné uspořádání úhrnného magnetického momentu se siločarami zevního magnetického pole a příčná magnetizace je uspořádání úhrnného magnetického momentu kolmo k průběhu siločar zevního magnetického pole. Jakmile vymizí efekt elektromagnetického impulsu, tak dojde postupně k návratu do původního stavu. Původním stavem je myšleno obnovení podélné magnetizace a vymizení příčné magnetizace. Navrácení do původního stavu nazýváme relaxace.²⁸

Angiografii pomocí magnetické rezonance lze provést buď s použitím kontrastní látky (CEMRA) či bez ní (nativní MRA). Mezi nativní MRA patří time-of-flight (TOF) a phase contrast (PC) angiografie. Tyto nekontrastní techniky jsou omezeny velikostí vyšetřovaného objemu a z toho důvodu se využívají pouze v některých tepenných oblastech (například v mozkových tepnách či v tepnách výtokového traktu dolních končetin).

V posledních letech dochází k rozvoji nových nekontrastních MRA (například techniky využívající tzv. spin labeling nebo techniky založené na relaxaci).²⁹

Při vyšetření tepen dolních končetin je nejrozšířenější metodou MRA CEMRA. Mezi její hlavní výhody vůči nekontrastním technikám patří menší časová náročnost, lepší kontrast mezi cévou a okolními tkáněmi nebo nezávislost na charakteru krevního toku. Její nevýhodou je finanční náročnost.³⁰ Při vyšetření metodou CEMRA je intravenózně cestou kubitální žíly aplikována paramagnetická kontrastní látka. Tyto kontrastní látky zvyšují intenzitu signálu krve v T1vážených sekvencích zkrácením T1 relaxačního času. Kontrastní látky dělíme na extravaskulární (jednomolární Gadobutrol, půlmolární Dimeglumin gadobenas) a intravaskulární (Gadofosveset trisodium).

²⁸ Válek V. a kol. Moderní diagnostické metody. III. díl Magnetická rezonance. Brno, 1996.

²⁹ Wheaton AJ, Miyazaki M. Non-contrast enhanced MR angiography: physical principles. J Magn Reson Imaging 2012.

³⁰ Meaney JFM, Goyen M. Recent advances in contrast-enhanced magnetic resonance angiography. Eur Radiol Suppl 2007.

3.2.5 Digitální subtrakční angiografie (DSA)

Klasická angiografie prováděná metodou digitální subtrakce, je co se týče kvality zobrazení tepenného systému, považována za zlatý standard. DSA se ale k čistě diagnostickým účelům nevyužívá vzhledem k jeho invazivitě, nutnosti katetrizace a někdy i hospitalizace pacienta. Její provedení je možné v tomto případě považovat za postup non lege artis. Ve spojení se současným terapeutickým endovaskulárním výkonem má DSA nezastupitelné místo.

3.2.5.1 Princip a metodika DSA

Skiagrafické zobrazení tepenného systému při jeho náplni kontrastní látkou za použití subtrakce, jež slouží k odstranění rušivých stínů skeletu je principem DSA. Při vyšetření pomocí DSA se používají jodové kontrastní látky. Alternativou jodových kontrastních látek v případě rizika závažné alergické nebo nefrotoxické reakce je oxid uhličitý či gadoliniové kontrastní látky.³¹ Základem subtrakce je vytvoření tzv. masky. Masky je nativní obraz vyšetřované oblasti, který je převedený do negativu a následně zhotovení pozitivního postkontrastního obrazu vyšetřované oblasti. Při vyšetření metodou DSA je kontrastní látka aplikována intraarteriálně, proto je nutné zajistit přístup do arteriálního systému. Nejčastěji arteriální přístup zajišťuje Seldingerova katetrizační technika při níž se provede punkce tepny pod kontrolou hmatu či ultrazvuku. Následně je punkční jehlou zaveden do lumen tepny vodič, jež je po vytažení punkční jehly v tepně zanechán. Po vodiči je nakonec zaveden katétr, jímž je během angiografického vyšetření aplikována kontrastní látka.³²

³¹ Cihlář F, Derner M, Řehořek M, et al. Digitální subtrakční angiografie s gadoliniovými kontrastními látkami a literární přehled. Ces Radiol 2007

³² ROZTOČIL, K. Angiologie 2006.

4. Význam jednotlivých zobrazovacích metod

V posledních letech stoupá počet lidí s onemocněním ICHDK, což je především výsledkem špatného životního stylu (například kouření, alkohol, sedavé zaměstnání, nedostatek pohybu, vrozené indispozice apod.). Důležitou roli pro odhalení tohoto onemocnění hraje včasné určení diagnózy lékařem. V případě chronické ICHDK je nutné pacienta dlouhodobě sledovat, zda se jeho stav přetrvává či se nezhoršuje. Je důležité provést základní klinické vyšetření, kam patří fyziologické vyšetření pohmatem, poslechem či pohledem a následně udělat laboratorní vyšetření (kam patří měření krevního tlaku a index kotník – paže). Pokud jsou výsledky základního klinického vyšetření nejasné tak provádíme další doplňující vyšetření, jako je ultrazvukové vyšetření, angiografické vyšetření pomocí výpočetní tomografie (CTA), katetrizační angiografie, angiografické vyšetření pomocí magnetické rezonance (MRA), dopplerovská ultrasonografie, která se dále dělí na duplexní ultrasonografii a triplexní ultrasonografii a digitální substrakční ultrasonografie. Při volbě vhodného vyšetření se zaměřujeme na zdravotní stav pacienta a určujeme, které vyšetření je pro něj vhodné, zda je nutné použít kontrastní látku či nikoliv. Posuzujeme případnou možnost alergie na kontrastní látku apod. V případě akutní ICHDK je velmi důležité včas rozpoznat problém, jelikož se jedná o život ohrožující onemocnění. Dochází ke vzniku embolie či trombózy a je tu nutný včasný zásah lékařů. V případě neléčené či včas neodhalené ICHDK může dojít i k amputaci končetiny.

Léčba ICHDK je různá, ale jejím hlavním cílem je zabránit rozvoji nevratných změn tkání na dolních končetinách. Zásadním opatřením je změna životního stylu. Nemocní musí přestat kouřit a pokusit se omezit působení všech dalších rizikových faktorů aterosklerózy. Hlavní roli hraje i dostatek pohybu, čímž dochází k lepšímu prokrvování končetin. Lékaři doporučují svým pacientům alespoň 60 minutovou procházku volným tempem s krátkými přestávkami. Pravidelný pohyb snižuje nároky svalů na výživu a nejspíš podporuje i rozvoj vedlejších tepenných větví. Léčba medikamenty se snaží omezit shlukování krevních destiček a tvorby trombů. Existují i preparáty, které dokáží přímo ovlivňovat tepny a způsobovat jejich roztažení. Důležité je i současně ovlivnit hladinu tuků v krvi a zabránit tím dalšímu rozvoji aterosklerózy. Za předpokladu, že pacient trpí cukrovkou, je nutné ji dostatečně regulovat a zabránit nadměrnému kolísání glykémie. V případě pokročilejších stádií onemocnění se lékaři pokouší obnovit průtok krve v postižené cévě či ji úplně nahradit. Existují dvě možnosti léčby ICHDK a to intervenční léčba, kdy jsou katetrizačně rozšířeny zúžené úseky a implantován

sten a chirurgická léčba zhotovením tzv. bypassu (obchvatu), kdy operátor našije vlastní žílu pacienta nebo umělou cévní protézu před a za postižený úsek tepny. Krev tak může protékat obchvatem a zásobit nedokrvené tkáně. Pro prevenci rozvoje ischemické choroby dolních končetin je nezbytný pohyb, úprava jídelníčku a zákaz kouření. Důležitá je důsledná péče o dolní končetiny pacienta. Základem je vyhnout se prochlazení, poranění a vzniku infekce. Své končetiny by měl pacient udržovat v suchu a teple, vybírat si pohodlnou a dobře padnoucí obuv, vyhnout se příliš staženým gumičkám na ponožkách atd. Pacient by měl věnovat pozornost i změnám barvy své kůže na končetinách.

Zobrazovací metody jsou důležité pro správnou diagnostiku onemocnění ICHDK. V první řadě je důležité, aby si pacient uvědomil, že má nějaký problém. Jde například o bolest dolní končetiny, její otok, ztvrdnutí v jednom místě, jiné zbarvení kůže, horkost apod. Lékař by mu měl provést základní vyšetření a to pohmatem, poslechem a pohledem. V případě podezření na ICHDK by měl nemocnému odebrat krev. Následně ho poslat na některé z dalších vyšetření jako je například CTA, jež se v ČR provádí na většině pracovišť.

V dnešní době má vyšetření CTA i MRA zcela rovnocenné postavení v algoritmu vyšetření tepen dolních končetin. Záleží na daném pracovišti jaký typ metody, si dle zvyku a zkušeností zvolí. V ČR většina pracovišť provádí vyšetření pomocí CTA. CTA i MRA se provádí ambulantně, avšak u CTA jsou častější rizika komplikací, čímž jsou alergické reakce a kontrastní nefropatie. Navíc u CTA se používá ionizující záření, jež je bezpochyby nejvyšším ozářením obyvatel mimo přírodní zdroje.

Při vyšetření pomocí DSA se aplikují jodové kontrastní látky, jež mohou u některých pacientů vyvolat nebezpečné alergické či nefrotoxické reakce. Jodové kontrastní látky je možné nahradit oxidem uhličitým nebo gadoliniovými kontrastními látkami. DSA je co se týká kvality považována za zlatý standard, ale k diagnostickým účelům se nevyužívá vzhledem k jeho invazivitě, nutné katetrizaci či případné hospitalizaci pacienta.

Závěr

Svou bakalářskou práci jsem zaměřila na zobrazovací metody pro onemocnění tepen dolních končetin. V posledních letech je onemocnění ischemickou chorobou dolních končetin čím dál častější, především u populace vyššího věku, ale může k tomu docházet i u mladších jedinců vlivem například vrozených indispozic či po úrazech atd. Ve své bakalářské práci jsem popsala klinické diagnostické metody, které se dělí na fyzikální vyšetření a zobrazovací metody. U jednotlivých zobrazovacích metod jsem popsala metodiku vyšetření a jeho princip. Uvedla jsem několik druhů zobrazovacích metod a to: ultrazvukové vyšetření, dopplerovská ultrasonografie, angiografie pomocí počítačové tomografie, angiografie pomocí magnetické rezonance a digitální subtrakční angiografie. Všechny výše uvedené zobrazovací metody jsou obsluhovány k tomu vzdělanými lékaři a cena těchto vyšetření je vysoká. Uvedla jsem, kdy je vhodné a možné použít určitý druh zobrazovací metody. Dále jsem si stanovila za cíl poukázat na prevenci vzniku ischemické choroby dolních končetin. Zde hraje velkou roli především životní styl, sedavé zaměstnání, onemocnění diabetem, kouření, alkohol, vrozené indispozice (například špatná srážlivost krve – leidenská mutace).

Při psaní bakalářské práce jsem pracovala s odbornou literaturou, časopisy a internetovými stránkami, které se touto problematikou zabývají. Díky této práci jsem se dozvěděla spoustu zajímavých a důležitých informací týkajících se dané problematiky, které věřím, že mi budou přínosem v dalším studiu či v případném budoucím zaměstnání.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Doc. MUDr. KARETOVÁ, D. CSc., MUDr. ROZTOČIL, K. CSc., MUDr. HERBER, O. Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře, *Ischemická choroba dolních končetin*. 1. vydání, Společnost všeobecného lékařství, Praha, 2011, ISBN: 978-80-86998-43-5.
- [2] ELIÁŠ, P., ŽIŽKA, J. *Dopplerovská ultrasonografie*. 1. vydání, Hradec Králové, Nucleus, 1998, 251 stran, ISBN: 80-901753-5-x.
- [3] NORGREN, L., HIATT WR, DORMANDY JA, et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg* 2007; 45(1), Suppl. S: S5A-S67A.
- [4] HUSSMANN, J., *Memorix Chirurgie*. 1. vydání, Scientia Medica, Praha, 1995. ISBN: 80-85526-26-3.
- [5] BULVAS, M., *Doporučení pro diagnostiku a léčbu ischemické choroby dolních končetin*. *Cor vasa* 2009, 51(2): 145-163.
- [6] WEINER, CH., et al. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 2008
- [7] ČERTÍK, B., *Akutní končetinová ischemie*. 1. vydání, Grada, 2003. ISBN: 978-80-247-6305-7.
- [8] BULVAS, M., HORKÝ, K. *Chronická ischemická choroba dolních končetin*. [online] [cit. 2015 – 02 - 23]. Dostupné z url: http://www.medicabaze.cz/?sec=term_detail&tname=Isch%C3%A9mie+doln%C3%ADch+kon%C4%8Detin+chronick%C3%A1&termId=444&h=ischemie+doln%C3%ADch+kon%C4%8Detin#jump
- [9] KRAJÍČEK, M., PEREGRIN, J. H., ROČEK, M., ŠEBESTA, P., a kol. *Chirurgická a intervenční léčba cévních onemocnění*. 1. vydání, Grada, 2007. ISBN: 978-80-247-0607-8.
- [10] ROZTOČIL, K., *Angiologie*. 1. vydání, Triton, 2014. ISBN: ISBN 9788073877163.
- [11] STARNES, B., MARTIN, R., *Surgical clinics*. 2007
- [12] BAJGAR, R., *Dopplerovské ultrazvukové metody*. [online] [cit. 2015 – 03 - 18].
- [13] www.wikiskripta.eu
- [14] de Vries SO, Hunink MG, Polak JF. Summary receiver operating characteristic curves as a technique for meta-analysis of the diagnostic performance of duplex ultrasonography in peripheral arterial disease. *Acad Radiol* 1996; 3: 361-9.
- [15] Ota H, Takase K, Igarashi K, et al. MDCT compared with digital subtraction angiography for assessment of lower extremity arterial occlusive disease: importance of reviewing cross-sectional images. *AJR Am J Roentgenol* 2004.

- [16] Fishman EK, Ney DR, Heath DG, et al. Volume Rendering versus Maximum Intensity Projection in CT angiography: what works best, when and why. Radiographics 2006.
- [17] FERDA, J., CT angiografie. 1. vydání. Praha: Galén 2004.
- [18] Hainfeld JF, Slatkin DN, Focella TM, Smilowitz HM. Gold nanoparticles: a new X-ray contrast agent. Br J Radiol 2006; 79(939): 248–253.
- [19]Nelemans PJ, Leiner T, de Vet HC, van Engelshoven JM. Peripheral arterial disease: meta-analysis of the diagnostic performance of MR angiography. Radiology 2000; 217 (1): 105-114.
- [20]Válek V. a kol. Moderní diagnostické metody. III. díl Magnetická rezonance. Brno: Idvzp 1996; 5-26.
- [21]Wheaton AJ, Miyazaki M. Non-contrast enhanced MR angiography: physical principles. J Magn Reson Imaging 2012; 36: 286-304.
- [22]Meaney JFM, Goyen M. Recent advances in contrast-enhanced magnetic resonance angiography. Eur Radiol Suppl 2007; 17(Suppl 2): B2-B6.
- [23]Cihlář F, Derner M, Řehořek M, et al. Digitální subtrakční angiografie s gadoliniovými kontrastními látkami a literální přehled. Ces Radiol 2007; 61(4): 431-437.
- [24]MUDr. Peterová, V., CSc. Radiologická klinika 1. LF UK a VFN, Praha, 2010. [online]. [cit. 2015 – 04 - 4]. Dostupné z url: www.medicinapropraxi.cz
- [25]Ferda J, CT angiografie. 1. vydání. Praha: Galén 2004.

Seznam použitých zkratek

ABI	index kotník – paže
ICHDK	ischemická choroba dolních končetin
CIN	indukovaná nefropatie
CTA	angiografie pomocí počítačové tomografie
CRP	C reaktivní protein
MRA	angiografie pomocí magnetické rezonance
CT	počítačová tomografie
DSA	digitální subtrakční angiografie
VR	volume rendering technique
MIP	maximum intensity projection
MR	magnetická rezonance
UZ	ultrazvuk
mmHg	Torr (jednotka hydraulického tlaku)
cm	centimetr
MHz	Megahertz
TOF MRA	time of flight angiografie pomocí magnetické rezonance
CEMRA	kontrastní angiografie pomocí magnetické rezonance
PC MRA	phase contrast angiografie pomocí magnetické rezonance
HU	Hounsfieldovy jednotky
RTG	rentgen

Seznam tabulek

Tabulka 1	Ideální stav rizikových faktorů u pacienta s ICHDK
Tabulka 2	Funkční klasifikace ischemické choroby dolních končetin dle Fontainea

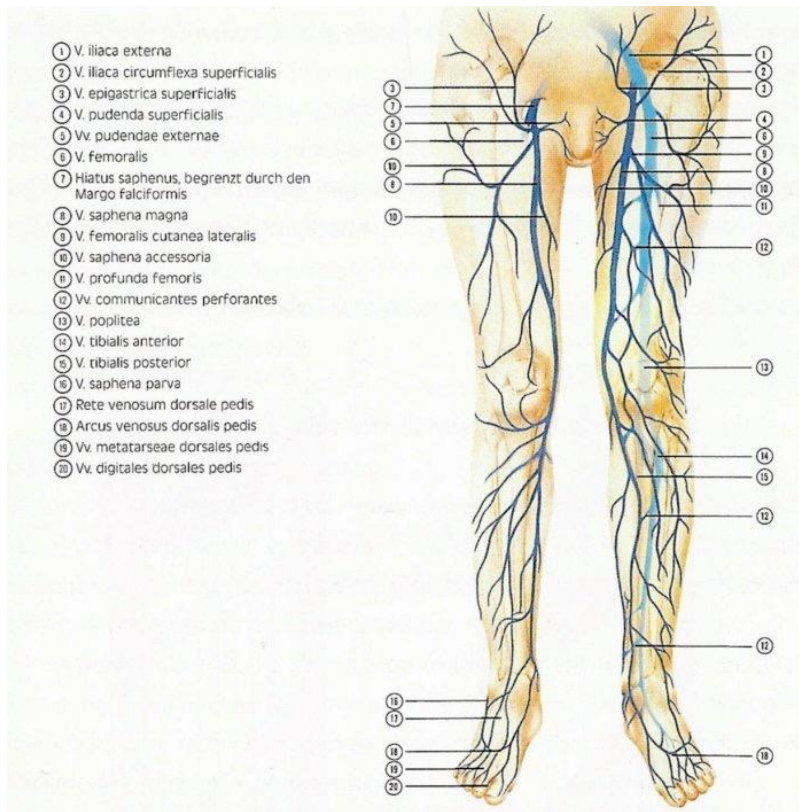
Seznam obrázků

Obrázek 1 Běžná tepna a zužující se tepna

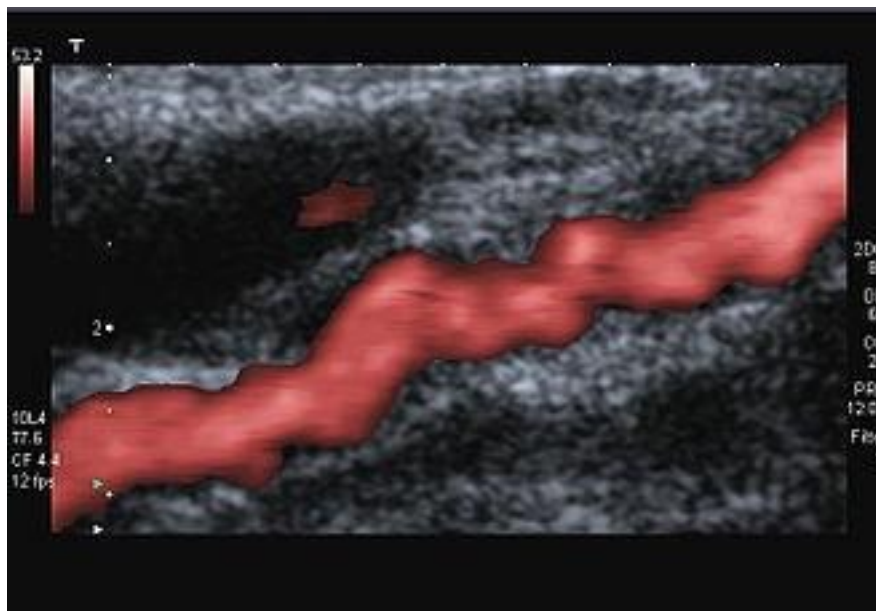
Obrázek 2 Vznik trombózy

Přílohy

Příloha č. 1 Anatomie žilního systému dolních končetin



Příloha č. 2 Barevný Doppler, duplexní zobrazení



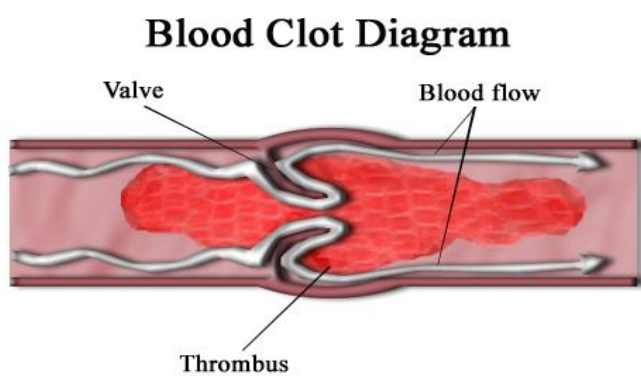
Příloha č. 3 *CT přístroj*



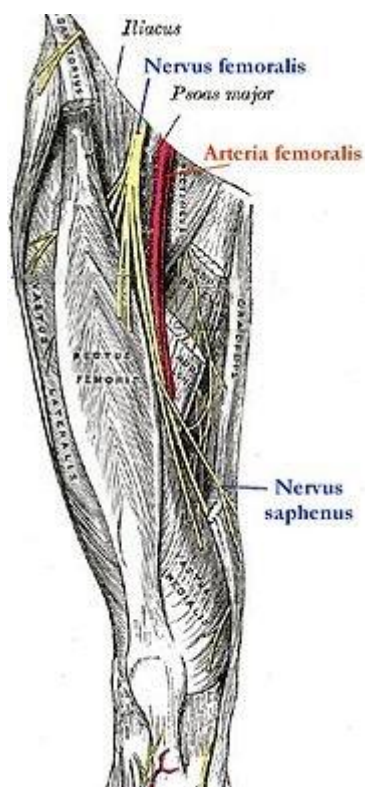
Příloha č. 4 *MR přístroj*



Příloha č. 5 *Schéma vzniku trombu v dolní končetině*

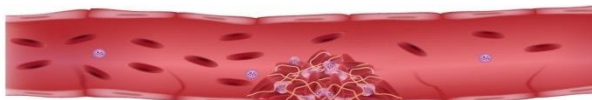


Příloha č. 6 Cévy v dolní končetině

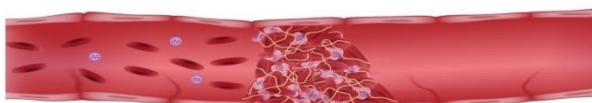


Příloha č. 7 Cévní tromby

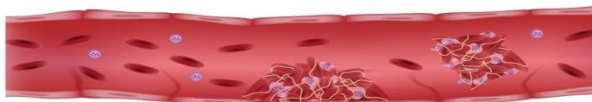
Cévní tromby
nástěnné sraženiny – tvorba na nesmáčivé, poškozené cévní stěně



Trombus
na stěně cévy
– zužuje cévu



Okluzivní trombus
– uzavírá cévu



Uvolnění trombu
– embolus – vmetení
do oběhu a následně
např. do plic, kde
způsobí uzávěr cévy

symptomy.cz