

# Duplexní sonografie extrakraniálních tepen – národní standard vyšetření v rámci funkční specializace v neurosonologii – odborná příloha

Bar M., Škoda O., Školoudík D., Neurosonologická komise Cerebrovaskulární sekce České neurologické společnosti J.E.P.

## 1. Nálezy duplexní sonografie v karotické oblasti

### 1.1. Fyziologický nálezy v karotickém řečišti

Arteria carotis communis (ACC) odstupuje vpravo z truncus brachiocephalicus, vlevo přímo z aorty. Obvykle ve výši C3 se dělí na a.carotis interna (ACI) a a.carotis externa (ACE). ACI odstupuje nejčastěji dorzolaterálně. Odlišit obě tepny lze v B obraze podle jejich průběhu, zobrazením větví ACE, zobrazením bulbu ACI a v dopplerovském modu podle průtokové křivky. V ACI je nižší rezistenční a pulzatilní index, v ACE lze vyvolat poklepem na a.temporalis superficialis undulace v průtokové křivce

V B obraze je lumen ACC, ACI, ACE anechogenní. Intimu a medii cévní stěny lze zobrazit jako echogenní a anechogenní pruh. Změřením této šíře získáme intimomediální tloušťku (IMT). Obvyklým místem pro měření IMT je v ACC 1centimetr před karotickou bifurkací. V dopplerovském záznamu je laminární průtok kraniálním směrem, jen v oblasti karotického bulbu (v ACI) bývají přítomny turbulence. Typ průtoku je v ACI kontinuální, v ACE rezistenční a v ACC smíšený.

### 1.2. Karotické stenózy a okluze

#### Zásady hodnocení stenóz vnitřní karotidy (ACI):

K hodnocení stupně stenózy ACI používáme přímých a nepřímých diagnostických kritérií.

K přímým kritériím patří:

a) Měření stenózy v B obraze

*Stupeň stenózy je vyjádřen zpravidla ve formě procentuální redukce průměru lumina tepny. Minimální (reziduální) průměr lumina se měří vždy v nejužším místě stenózy, původní průměr tepny je stanoven buď v nejbližším nepostiženém úseku **za stenózou** (podle NASCET), nebo ve stejné lokalizaci, kde bylo provedeno měření reziduálního průměru (podle ECST). Podle konvence jsou karotické stenózy kategorizovány ve vztahu k uvedeným procentům redukce průměru lumina (viz níže).*

b) Měření maximální systolické (PSV, Vmax) a konečné diastolické (EDV, Vd) rychlosti v místě stenózy

c) Hodnocení charakteru proudění krve v místě stenózy

K nepřímým kritériím patří:

a) Nález kolaterálního průtoku v oftalmické cirkulaci

b) Hodnocení poměru průtokových rychlostí (především PSV) ve společné a vnitřní karotidě

*K upřesnění stupně stenózy, zjištění jejích důsledků a stanovení hemodynamického významu pro mozkovou cirkulaci je vhodné doplnit transkraniální dopplerovské (TCD) nebo duplexní (TCCS) vyšetření mozkových tepen, zejména s posouzením kolaterálního oběhu přední a zadní komunikantou, stanovením rychlosti průtoku krve ve střední mozkové tepně (ACM), eventuálně i funkční rezervní kapacity. Tato vyšetření jsou komplementární.*

#### 1.2.1. Normální nálezy

a) Hodnocení B obraze: Zobrazení hladké stěny, anechogenního lumina, intimomediální tloušťka (IMT) do 1,0 mm při měření na společné karotidě (ACC) 1cm před bifurkací.

b) Hodnocení dopplerovského záznamu: Laminární průtok krve, maximální systolická rychlost (PSV) do 120 cm/s, ortográdní tok krve (k sondě) v oblasti oftalmické cirkulace.

### 1.2.2. Lehká stenóza ACI (do 50%)

- a) B obraz: Zhodnocení aterosklerotického plátu – popis echogenity, homogenity a povrchu plátu, určení jeho lokalizace a změření šířky v příčném průřezu, změření reziduálního lumina tepny.
- b) Dopplerovský záznam: Laminární průtok krve, někdy s příměsí turbulencí, PSV do 120 cm/s, poměr PSV vnitřní/společná krkavice (ACI/ACC) je nižší než 3,0 a tok krve v oblasti oftalmické cirkulace je symetrický, ortográdní.

### 1.2.3. Střední stenóza ACI (50 – 69%)

- a) B obraz: Zhodnocení aterosklerotického plátu (viz.1.2.2.), změření šíře plátu a reziduálního lumina cévy v příčném průřezu, s výpočtem procentuálního zúžení průměru cévy.
- b) Dopplerovský záznam: Laminární proudění s příměsí turbulencí, PSV v rozmezí 120 – 240 cm/s, konečná diastolická rychlost (EDV) do 90 cm/s. Poměr PSV ACI/ACC je větší než 3,0. Průtok krve v oblasti oftalmické periferie klesá, bývá asymetrický, ale zpravidla ještě ortográdní.

### 1.2.4. Těžká stenóza ACI (70 – 95%) – hemodynamicky významná

- a) B obraz: Zhodnocení aterosklerotického plátu (viz.1.2.2.), změření šíře plátu a reziduálního lumina cévy s výpočtem procentuálního zúžení průměru cévy.
- b) Dopplerovský záznam: Turbulentní proudění krve, PSV je vyšší než 240 cm/s, známky sníženého průtoku v ACI distálně za stenózou, zpravidla i kolaterálního průtoku krve v oblasti oftalmické cirkulace – stranový rozdíl PSV i EDV, obrácený (retrográdní) tok krve kontinuálního charakteru, pozitivní kompresivní testy a. temporalis superficialis (TAOT) a/nebo a. facialis (Tento nález na oftalmické periférii má vysokou pozitivní prediktivní hodnotu, ale jeho absence diagnózu těžké stenózy ACI nevylučuje!)

### 1.2.5. Preokluzivní stenóza ACI (96 – 99%)

- a) B obraz: Zhodnocení aterosklerotického plátu (viz.1.2.2.), změření šíře plátu v příčném průřezu a reziduálního lumina cévy.
- b) Dopplerovský záznam: Turbulentní tok krve s decelerací systoly, PSV do 120 cm/s. Závažné snížení průtoku v ACI distálně za stenózou. Zpravidla jsou přítomny známky kolaterálního oběhu v oftalmické cirkulaci.

### 1.2.6. Okluze ACI

- a) B obraz: Aterosklerotické masy, eventuelně s trombem, vyplňují celé lumen cévy.
- b) Dopplerovský záznam: Nelze zachytit žádný průtok, může být zachytitelný signál charakteru systolických hrotů. Zpravidla jsou známky kolaterálního oběhu v oftalmické cirkulaci.

*Hodnocení nálezu na ACI je nejdůležitějším úkolem duplexního sonografického vyšetření v karotické oblasti. V případě patologických nálezů na společné karotidě (ACC) nebo zevní karotidě (ACE) lze k jejich hodnocení použít obdobných **přímých** kritérií jako u ACI, nepřímá kritéria se zde neužívají. Hodnocení nálezu na ACE má být provedeno vždy, je-li významný patologický nález na stejnostranné ACI, spojený se známkami kolaterálního průtoku oftalmickou periférií.*

## 1.3. Karotické disekce

Disekce nejčastěji postihuje vnitřní karotidu, příčinou může být trauma nebo je disekce spontánní. Klinicky se projevuje obvykle náhle vzniklou bolestí hlavy, mohou být přítomny lokálními příznaky ( ) a centrálními příznaky ( ).

a) Hodnocení B obrazu: Zobrazení zdvojeného lumina tepny, vizualizace odchlípené části intimy (intimální „flap“) či znázornění homogenního nebo heterogenního, převážně hypoechogenního hematomu v oblasti cévní stěny, způsobujícího stenózu nebo okluzi tepny.

b) Dopplerovský záznam: Obvykle bývají přítomny přímé známky stenózy tepny se zvýšením PSV a turbulentním průtokem krve. Pokud je přítomno falešné lumen, lze v něm detekovat odlišný průtokový signál s vysokou rezistencí či signál charakteru systolických hrotů. V případě okluze tepny nelze dopplerovský signál zachytit.

## 2. Nálezy duplexní sonografie v subklaviálně – vertebrální oblasti

### 2.1. Větvě aortálního oblouku (a. subclavia, truncus brachiocephalicus)

### 2.1.1. Fyziologický nález

**A. subclavia:** V B modu zobrazení anechogenního lumina tepny s pulzacemi. V barevném rychlostním modu (CFM) je v luminu průtokový signál (směr toku k sondě – červená barva). Paralelně je situována vena subclavia. Častý je nález „fantomového obrazu“ tepny v důsledku zrcadlení na pleuře. V dopplerovském režimu se zobrazuje vysoce rezistentní průtoková křivka (vyšší PSV, velmi nízká diastolická průtoková rychlost) s charakteristickým krátkým obrácením toku v časné diastole.

**Tr. brachiocephalicus:** Typický je smíšený typ průtokové křivky se subklaviálními rysy, avšak s vyšším kontinuálním diastolickým průtokem.

**Identifikace větví a. subclavia:** Kraniálním směrem odstupuje a. vertebralis, která má jediná typický kontinuální typ průtokové křivky, laterálněji truncus thyreocervicalis s převážně rezistenčním typem průtoku, kaudálně odstupují a. intercostalis suprema, a. thoracica interna a dorzálně truncus costocervicalis.

### 2.1.2. Patologické změny

**a) Stenóza** – nejčastěji je lokalizována v prevertebrálním úseku a. subclavia. V B obraze bývá nález aterosklerotických plaků (nespolehlivě), v dopplerovském záznamu dominuje zvýšení systolické průtokové rychlosti na stenóze (PSV nad 250 cm/s u těžkých stenóz), turbulence, nízkofrekvenční šelesty a narušení průtokového spektra. V barevném modu (CFM) je patrný fenomén aliasingu. Důsledkem hemodynamicky významné stenózy a. subclavia je snížení průtokových rychlostí a pulzatility v distálnějším úseku této tepny, dále pak změny průtoky v jejích větvích, především a. vertebralis (AV) – rozvoj steal efektu, který se zvýrazňuje při kompresivním či zátěžovém testu HK.

**b) Okluze** – přímou známkou je absence průtoku v proximálním úseku tepny, ale pravidlem je kolaterální plnění distálnějších segmentů. Důsledky jsou obdobné jako u těžké stenózy, steal efekt v a. vertebralis bývá plně rozvinutý. V případě postižení tr. brachiocephalicus je navíc významně snížen průtok stejnostranné ACC i ACI, s rozsáhlejšími kolaterálami z jiných povodí.

**c) Distální obstrukce a. subclavia** – vzácnější patologický nález, který lze diagnostikovat většinou pouze nepřímo z asymetrie průtoků a. subclavia při stranovém porovnání. Na straně postižení lze pozorovat zvýšené plnění krčních větví a. subclavia, průtok AV bývá nezměněn. V samotné podklíčkové tepně je v proximálním úseku snížení nebo absence odpovědi na kompresivní test HK.

**d) Thoracic outlet syndrom** – diagnostika vychází ze stranového porovnání průtokových křivek z obou a. subclavia v klidu a v průběhu Adsonova manévru. Patologickým nálezem je výrazné snížení až vymizení průtoku v a. subclavia v průběhu maximální abdukce HK v rameni.

## 2.2 A. vertebralis (AV)

### 2.2.1. Fyziologický nález

V B obraze je lumen AV anechogenní, šíře je vyšší než 3,0mm (rozměry mezi 2,0 a 3,0mm lze považovat za hraniční). Průměrná šíře AV je okolo 3,8mm (Yasargil, Bartels). V dopplerovském záznamu je laminární, kontinuální průtok kraniálním směrem. V populaci mírně převažuje levostranná dominance vertebrální tepny. Mezi anatomické variety patří odstup AV z aortálního oblouku (ve 3-4%, vlevo), vstup do kostotransverzálního kanálu ve vyšších etážích než C6 a další méně časté odchylky průběhu, tvaru a velikosti tepny.

### 2.2.2. Hypoplazie

Je-li lumen AV užší než 2,0mm, jde vždy o hypoplazii. Při šíři tepny mezi 2,0 a 3,0mm je nutno posuzovat další kritéria: V dopplerovském záznamu je pro hypoplazii AV charakteristické snížení průtokových rychlostí, zejména diastolické (EDV) a zvýšení periferní rezistence. Přesto bývá diastolický průtok zachován a má kontinuální charakter. Nepřímým kritériem je kompenzatorní hyperplazie druhostranné AV. Vzácným nálezem je úplná aplazie AV, jindy může hypoplastická céva distálně končit jako zadní mozečková tepna (PICA).

### 2.2.3. Okluze proximálního úseku AV

Obliterované lumen AV je bez známek průtoku v barevném rychlostním i energetickém modu, stěny jsou v B obraze zpravidla kontrastnější s hypoechogenní výplní (čerstvá okluze) nebo je lumen zcela zaniklé (starší okluze). Vzácnější je nález oscilujícího trombu. V dopplerovském záznamu není zachycen žádný signál, nebo pouze systolické kliknutí. Mezi nepřímé známky proximální okluze AV patří formace drobných kolaterál v meziobratlových prostorech, které jsou napájeny z jiných krčních tepen. Proximální okluzí bývají postiženy segmenty V0, V1, eventuálně část V2.

#### 2.2.4. Proximální stenóza AV

Nejčastější lokalizace aterosklerotických změn AV je v oblasti jejího odstupe (V0), vzácněji se stenózy vyskytují v segmentech V1 a V2 (příčinou jsou zde zřejmě i disekce). Při přímé insonaci stenózy jsou v B obraze patrné AS plaky (někdy je jejich zobrazení obtížné), v barevném modu je aliasing a turbulence. V dopplerovském záznamu zjistíme zvýšené průtokové rychlosti (PSV > 170 cm/s) s narušením průtokového spektra. Distálněji za těžkou stenózou je průtok naopak zpomalený. Měření stupně stenózy lze doporučit spíše na základě relativních poměrů průtokových rychlostí (PSV) v místě stenózy a na nepostiženém úseku shodného segmentu stejné AV – v případě stenózy V0 je nutno referenční rychlost měřit v distální části segmentu V1, u stenóz s distálnější lokalizací je výhodné změřit referenční rychlost před stenotickým úsekem. Je-li poměr těchto rychlostí vyšší než 3,0, jde o závažnou stenózu AV. Postupy přímého měření stenózy analogické s ACI jsou méně vhodné. V oblasti za stenózou zjišťujeme snížení průtokových rychlostí i pulzatility a dále prodloužení systolického času průtokové křivky ( $t_s > 70\text{ms}$ ). Dále lze sledovat i rozvoj kolaterál obdobně jako u proximální okluze AV.

#### 2.2.5. Distální stenóza a okluze AV

V segmentu V3 bývá důsledkem traumatu, disekce nebo mechanického poškození při rotaci krku (Haynes), v oblasti vertebrobazilární junkce dominují aterosklerotické změny a tromboembolický původ. V proximálním úseku AV lze v případě distální obstrukce zjistit zpomalený průtok se snížením diastolické rychlosti až na 0 cm/s (zejména u okluzí), výjimkou není ani oscilující obousměrný průtok. Charakteristické je i zvýšení periferní rezistence či pulzatility ( $PI > 2,0$  nebo  $PI$  v AV je vyšší než  $PI$  ve stejnostranné ACC).

#### 2.2.6. Disekce

Vzniká v důsledku traumatu, manipulací nebo spontánně, nejčastější lokalizace jsou v přechodu segmentů V1/V2 (ve výši C6), dále V3/V4 (atlasová klíčka). Až 50% disekcí je multisegmentálních. Disekce bývá spojena s náhlým začátkem klinických obtíží a někdy i s bolestí. Sonografický nález je relativně polymorfní: Nepravidelná stenóza nebo až okluze bez patrných známek aterosklerotických změn, zdvojené lumen, odchlípení intimomédie („intimal flap“), pseudoaneurysma, hypoechogenní hematoma ve stěně cévy. V dopplerovském záznamu je častý obraz vysoce rezistentního až bifázického průtoku. Přímá detekce disekce AV je možná pouze v segmentech V0, V1 a V2.

#### 2.2.7. Subklaviální steal – hemodynamický nález na AV

Steal fenomen na AV je důsledkem prevertebrální obstrukce a. subclavia nebo truncus brachiocephalicus – patologický nález v této oblasti je podmínkou diagnostiky stealu. Jde o kolaterální průtok, jehož cílovou oblastí je povodí subklavie. Změny průtoku v AV jsou závislé na stupni obstrukce subklavie a na dalších anatomických a fyziologických okolnostech. Hemodynamické změny v AV se člení do následujících stupňů stealu:

**a) Presteal (latentní steal)** – v dopplerovském záznamu je systolická decelerace průtoku AV až „systolický propad“ s rozštěpením systolické části křivky, snížení pulzatility.

**b) Kyvadlový (nekompletní) steal** – alternující průtok AV s retrográdní systolou v dopplerovském záznamu. V barevném modu (CFM) dochází ke změně barev červená - modrá.

**c) Rozvinutý (kompletní, manifestní) steal** – charakteristický retrográdní průtok AV (kaudálním směrem) rezistenčního typu.

Užitečnou diagnostickou pomůckou je vyšetření kompresivního nebo zátěžového testu HK – ve všech fázích rozvoje stealu dojde k jeho zvýraznění po uvolnění komprese nebo stisku končetiny. Typy kolaterálního zásobení stealu závisí na anatomických předpokladech, rychlosti rozvoje a stupni postižení ostatních tepen. Nejčastější je vertebrovertebrální a karotidobazilární typ (ten jen spojen se steal fenomenem rovněž v oblasti bazilárního kmene).

*K posouzení významu patologických změn v subklaviálně – vertebrální oblasti pro mozkovou cirkulaci je často potřebné doplnění transkraniálního dopplerovského nebo duplexního vyšetření jako komplementární metodiky, se zaměřením na distální vertebrobazilární povodí, ale i transtemporálním přístupem.*

#### Literatura:

1. The Intersocietal Commission for The Accreditation of Vascular Laboratories: Essentials And Standards for Accreditation in Noninvasive Vascular Testing. Extracranial Cerebrovascular Testing. 1/2000

2.	<b>Klingerhofer J., Bartels E., Ringelstein E.B. et al.:</b> New Trends in Cerebral Hemodynamics And Neurosonology. Elsevier Science B.V., Amsterdam 1997, 845 s.
3.	<b>Bartels E.:</b> Color – Coded Duplex Ultrasonography of the Cerebral Vessels. Schattauer Eurobook, 1999, 368 s.
4.	<b>Bendick P.J., Jackson V.P.:</b> TEvaluation of the Vertebral Arteries with Duplex Sonography. J.Vasc.Surg. 1986, 3: 523 – 530
5.	<b>Cooperberg E.:</b> Ultrasound Doppler Spectral Analysis in the Diagnosis of Occlusive Lesions of the Carotid Arteries. Ultras.in Med., 1992, 4: 421 - 425
6.	<b>Garth K.E., Carroll B.A., Sommer F.G., Oppenheimer D.A.:</b> Duplex Ultrasound Scanning of the Carotid Arteries with Velocity Spectrum Analysis. Radiology, 1983, 147: 823 - 827
7.	<b>Zbornikova V., Lassvik C., Johansson I.:</b> Prospective Evaluation of the Accuracy of Duplex Scanning with Spectral Analysis in Carotid Artery Disease. Clin.Physiol., 1985, 5: 257 – 269