

Ultrasonografická diagnostika subklaviálního steal syndromu a její využití

MUDr. Ondřej Škoda, Ph.D., FESO

Neurologické oddělení, Nemocnice Jihlava, p. o., Jihlava

Neurologická klinika 3. LF UK a FN Královské Vinohrady, Praha

Barevná duplexní sonografie je dostupnou a přesnou zobrazovací metodou pro diagnostiku subklaviálního steal syndromu ve všech fázích jeho rozvoje, stejně tak i pro detekci stenóz a okluzí a. subclavia nebo truncus brachiocephalicus, které vznik stealu způsobují. V přehledném článku předkládám postup vyšetření stenotických procesů podklíčkových tepen a brachiocefalického kmene, posouzení stupně stealu a vyhodnocení kolaterálních zdrojů, kterými je zásobeno povodí postižené a. subclavia, včetně předpokládaných dopadů na cévní zásobení mozku. V závěru článku je zmíněno i praktické využití těchto nálezů pro rozhodování o léčebných možnostech u vybraných skupin pacientů.

Klíčová slova: subklaviální steal, stenózy a okluze a. subclavia, barevná duplexní sonografie, klasifikace, vertebrobasilární ischemická CMP.

Ultrasonographic diagnostics of the subclavian steal syndrome and their practical use

Color duplex sonography is a suitable and accurate imaging method for the diagnostics of the subclavian steal syndrome in all its hemodynamic degrees, as well as for the detection of stenoses or occlusions of the subclavian and anonymous artery. In this overview article I describe methodology of examination of the subclavian and brachiocephalic arterial stenoses, classification of the steal degrees and assessment of all collateral resources, which are involved in blood supply of the impaired subclavian artery region, including supposed impact for the brain blood perfusion. In the final part of this article some aspects of practical use are mentioned, which may be important for decision making process concerning therapeutic possibilities in selected groups of patients.

Key words: subclavian steal, subclavian artery stenosis or occlusion, color duplex sonography, evaluation, vertebrobasilar ischemic stroke.

Subklaviální steal – úvod

Názvem subklaviální steal je již více než půl století označován specifický typ kolaterálního oběhu, který poprvé popsal Ital L. Contorni v roce 1960 na angiografických snímcích. Jedná se o postupně narůstající změny hemodynamiky v krčních větvích podklíčkové tepny – AS (z nichž nejvíce nás zajímá a. vertebralis – AV), jejichž příčinou je těžká stenóza nebo okluze AS v jejím proximálním úseku (před odstupem AV), případně truncus brachiocephalicus (TB). S narůstající

cím stupněm této stenózy dochází postupně k poklesu průtoku AV kraniálním směrem a následně až k obrácení toku kaudálním směrem (Ackermann Diener et Dichgans, 1987; Ackermann, Diener et Seboldt, 1988). Změněný charakter hemodynamické křivky, případně i obrácený směr toku ovšem mívají i ostatní krční větve a. subclavia a změny průtokových parametrů mohou být patrné i na řadě dalších tepen, které se mohou stát součástí rozsáhlé kolaterální sítě. Podmínkou diagnózy steal syndromu

je proto vždy potvrzení hemodynamicky významné stenózy (> 60 %) či okluze v proximálním úseku AS nebo TB (Bar, Škoda et Školoudík, 2002; Škoda, Bar et Školoudík, 2002; Školoudík et al., 2003).

Jak jsem již zmínil, poprvé byl steal popsán na základě angiografického vyšetření větví aortálního oblouku, nicméně v dnešní době využíváme přednostně neinvazivních či miniinvazivních metodik pro skríníng, klasifikaci a longitudinální sledování patologických změn na všech magistralních



MUDr. Ondřej Škoda, Ph.D., FESO

Neurologické oddělení, Nemocnice Jihlava, p. o.

Neurologická klinika 3. LF UK a FN Královské Vinohrady, Praha

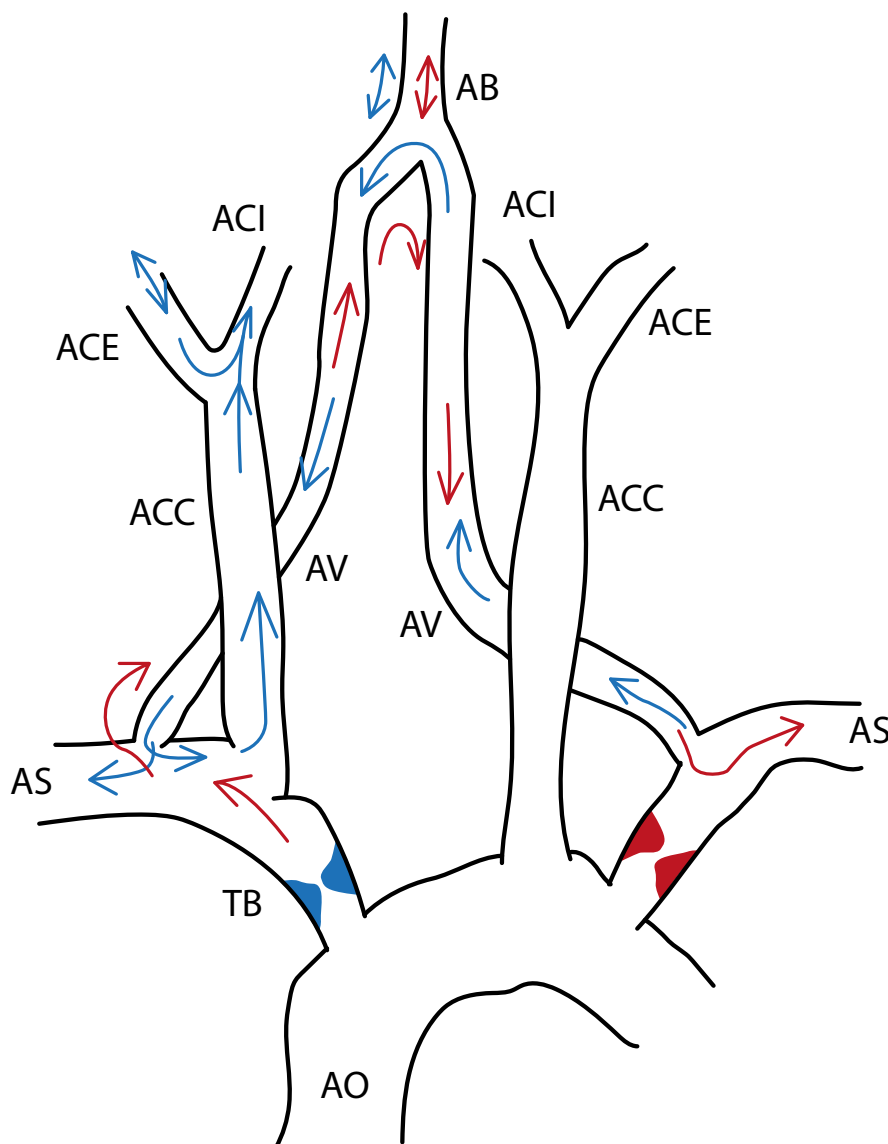
skodao@nemji.cz

Cit. zkr: *Neurol. praxi.* 2023;24(6):420-425

Článek přijat redakcí: 30. 3. 2023

Článek přijat k publikaci: 18. 5. 2023

Obr. 1. Schéma kolaterálních cest stealu při stenóze levé a. subclavia (červeně) a truncus brachiocephalicus (modře)



tepách, které se podílejí na zásobení mozku, tedy barevné duplexní sonografie (CDS), CT a MR angiografie (CTA, MRA) – zejména ve vertebrobazilárním povodí je velmi výhodná jejich kombinace, která umožňuje zužitkovat výhody a eliminovat nevýhody jednotlivých metodik (u CTA případně MRA je zpravidla uváděna o něco vyšší senzitivita pro detekci stenóz AS a AV, zatímco CDS dosahuje vyšší specifity a jako jediná má i fyziologický aspekt se schopností hodnotit průtoky v systolické i diastolické fázi). V případě stealu je v některých fázích jeho rozvoje (s periodickými změnami směru toku v AV v průběhu srdečního cyklu) CDS jedinou diagnostickou metodou, schopnou přesného vyhodnocení průtokových poměrů v AV a také k posouzení podílu jednotlivých kolaterál na zásobení povodí

stenotické AS (Rautenberg et Hennerici, 1988; Škoda et Dvořáková, 2003; Školoudík, Škoda et Bar, 2003).

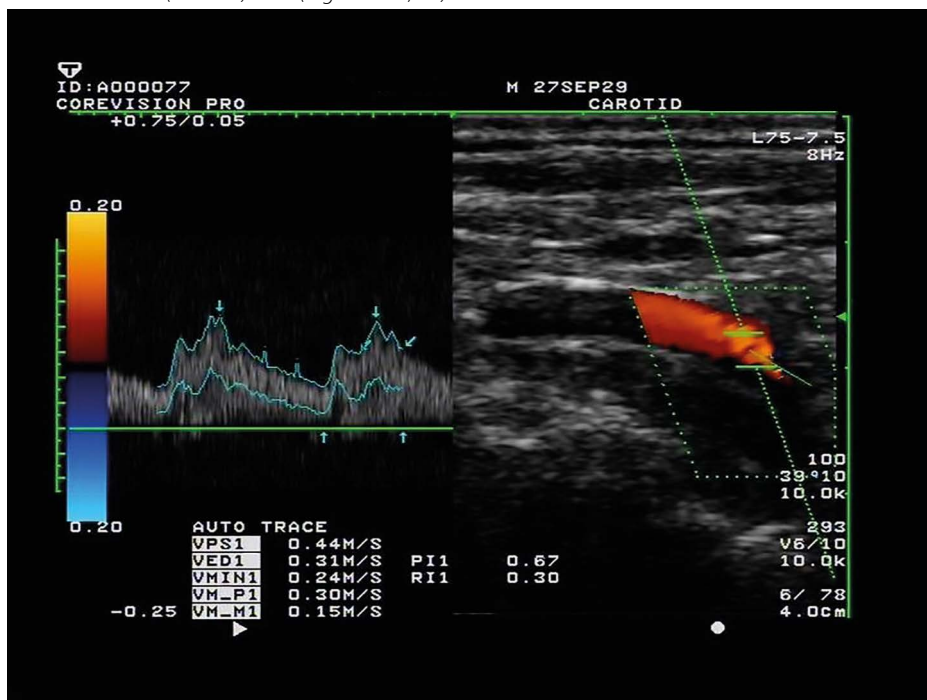
V dalších částech článku uvádím stručný popis anatomických předpokladů pro vytvoření kolaterální sítě v oblasti krčního úseku AS, dále přehled nejčastějších variant stealu při obstrukci AS a TB, včetně jeho zásobujících tepen. Poté jsou vysvětleny základní principy detekce a klasifikace změn průtoků v AV pomocí CDS v jednotlivých fázích rozvoje stealu a rovněž postup ultrasonografické diagnostiky samotných stenóz a okluzí AS a TB. Nakonec bude stručně probrán klinický význam subklaviálního stealu v obecné rovině a také v některých specifických případech, především v kombinaci s vybranými komorbiditami, kdy může vyžadovat další speciální diagnostické, případně i terapeutické postupy.

Anatomické předpoklady a patofyziologické principy subklaviálního stealu

TB je první arteriální kmen, odstupující z aortálního oblouku zprava. Po odstupu směřuje kraniolaterálně a dosahuje zpravidla do oblasti pravého sternoklavikulárního kloubu, jeho délka je cca 2–3 cm. Dále se dělí na pravou AS a pravou arteria carotis communis (ACC). Druhou arterií, odstupující z aortálního oblouku, je levá ACC, třetí pak levá AS. Obě AS směřují kraniolaterálně do oblasti fissura scalenorum a dále laterálním směrem do axily, kde přechází do a. axilaris. V krčním úseku odstupuje z AS několik větvi – kraniálním směrem arteria vertebralis (AV), kaudálním arteria thoracica interna. O něco distálněji pak odstupují truncus thyreocervicalis kraniálním a truncus costocervicalis (s větví arteria intercostalis suprema) dorzokaudálním směrem. Všechny tyto větve mohou za patologických okolností vytvářet rozsáhlou kolaterální síť, způsobílou nahradit výpadek průtoku do povodí a. axilaris, resp. a. brachialis v případě stenózy či uzávěru TB nebo AS před jejich odstupem.

V závislosti na závažnosti subklaviální obstrukce i na dalších anatomických okolnostech (funkční zdatnosti a průchodnosti jednotlivých tepen) vzniká jeden či více kolaterálních okruhů, zpravidla s vícezdrojovým zásobením, jehož cílovou oblastí je periferní povodí postižené podklíčkové tepny. K nejvýraznějším změnám průtoku přitom zpravidla dochází v ipsilaterální a. vertebralis, která má většinou předpoklady stát se nejvydatnější kolaterálou. Podle zdrojové oblasti, která celý tento kolaterální oběh zásobuje, rozlišujeme čistě vertebrální steal syndrom („vertebro-vertebral crossover“), kdy zdrojem kolaterálního průtoku je druhostranná a. vertebralis cestou vertebrobazilární junkce, nebo bazilární steal syndrom („carotido-basilar crossover“), kdy zdrojem kolaterálního průtoku se stávají částečně nebo plně obě karotická povodí prostřednictvím Willisova okruhu a obráceného toku v bazilární tepně (Obr. 1). V různém poměru se ovšem mohou zapojit i další kolaterály v krční oblasti prostřednictvím spojek s a. vertebralis v meziobratlových prostorech, nebo prostřednictvím ostatních krčních větví a. subclavia (Ackermann, Diener

Obr. 2. Presteal (latentní) steal (segment V1, AV)



Obr. 3. Kyvadlový (alternující) steal (segment V1, AV)



et Dichgans, 1987; Bornstein et Norris, 1986; Frima-Verhoeven, 1992).

V případě těžké stenózy nebo uzávěru TB (někdy je označován také jako arteria anonyma) je kromě pravé AS sníženo i plnění pravostranné ACC a jejích větví. Proto bývá vzniklý kolaterální okruh ještě rozsáhlejší a mimo jiné zahrnuje i možnost plnění pravé ACI z pravé ACE (ve které může být rovněž obrácený tok) cestou karotické bifurkace (Obr. 1).

Z hemodynamického hlediska je většina větví AS (kromě AV) tepnami rezistenčního

typu, které zásobují periferní svaly a tkáň, případně žlázy parenchym gl. thyroidea v krční oblasti. Pouze AV a případně i karotické tepny (uvažujeme-li varianty stealu při uzávěru TB) jsou tepnami s kontinuálním typem průtoku, které zásobují centrální nervový systém a v jejichž cílových povodích se nalézají arterioly schopné aktivně měnit periferní rezistenci (tzv. funkční vazomotorika) a v případě snížení plicního tlaku tak zachovávat konstantní perfuzi mozkové tkáně. Za patologických okolností si tímto mechanismem

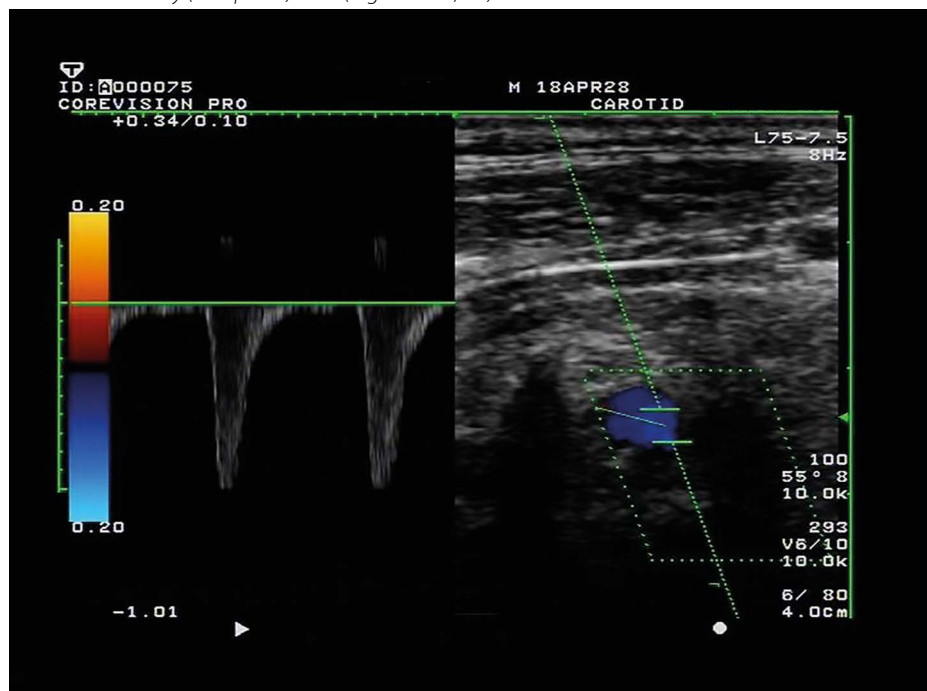
mozek zajišťuje přednostní krevní zásobení a představa „krádeže“ toku do povodí stenotické AS je proto stěží obhajitelná. Jde spíše o „nabídku“ náhradního zásobení kolaterální cestou, při které je krevní zásobení mozku stále dostatečné, pouze se nepochybně snižuje jeho rezervní kapacita a také se mohou měnit některá fyziologická povodí vzhledem k možnému obrácení toku v AV, ACE, bazilárním kmeni apod. Tyto skutečnosti potvrzují hemodynamické nálezy při transkraniálním sonografickém vyšetření pacientů se subklaviálním stealem a dále i obvyklý klinický asymptomatický průběh stealu u většiny nemocných, pokud nedojde k nadměrné fyzické zátěži, oběhovým či dalším komplikacím (Bornstein et Norris, 1986; Škoda et Dvořáková, 2003).

Ultrazvukové vyšetření a klasifikace stupňů subklaviálního stealu dle hemodynamiky

Jak již bylo zmíněno, nejčastější a zároveň nejvydatnější kolaterální cestou pro náhradní zásobení povodí stenotické či obliterované podklíčkové tepny je AV. Detekce a klasifikace změn hemodynamiky v rámci rozvoje subklaviálního stealu je nejlepší ze segmentů V1 (proximálně od vstupu AV do foramen transversarium obrátle C6), nebo V2 (mezi příčnými výběžky krčních obratlů).

Podle zjištěných změn průtokové křivky v a. vertebralis rozlišujeme následující stupně steal syndromu (Bar, Škoda et Školoudík, 2002; Školoudík et al., 2003):

1. Presteal (latentní steal) – v pulzním dopplerovském modu je patrná systolická decelerace průtoku AV s oploštěním vrcholu systolické fáze křivky, postupně se objevuje rozštěpení systoly na 2 vrcholky, respektive systolický propad rychlosti průtoku (ve tvaru mističky či zářezu), s celkovým snížením pulzatilního indexu. Ve všech částech hemodynamické křivky je však nadále zachován průtok kraniálním směrem (Obr. 2).
2. Kyvadlový (nekompletní, alternující) steal – nalezáme již závažnější narušení hemodynamiky v AV, s pravidelnými změnami směru toku v průběhu srdečního cyklu, kdy detekujeme retrográdní

Obr. 4. Rozvinutý (kompletní) steal (segment V2, AV)

(kraniofugální) průtok v systole, zatímco tok v diastole zůstává ještě zachován v původním kraniiálním směru. Na hemodynamické křivce lze pozorovat po krátkém vzestupu systolické rychlosti výrazný zpětný propad průtoku kaudálním směrem (pod nulovou linií). Diastolická část křivky má však stále ještě zachovaný kontinuální průtok kraniiálním směrem (Obr. 3). Naměřený index pulzatility (PI) stoupá. V barevném dopplerovském modu (CFM) lze sledovat periodickou změnu barev červená/modrá v souladu s kyvadlovým obrácením směru toku. Tento stupeň stealu je komplikovaný pro vyšetření a. vertebralis jinými radiologickými metodami – na CTA nebo angiografii se průnik kontrastu do a. vertebralis zobrazuje jen minimálně nebo vůbec. Ultrazvukové vyšetření je proto v této kategorii stealu unikátní metodou, umožňující diagnostiku i další sledování vývoje průtoků, zároveň i vhodnou pro vyloučení dalších patologických nálezů v samotné AV.

3. Rozvinutý (kompletní, manifestní) steal – je nejpokročilejším stupněm, s nálezem retrográdního průtoku v a. vertebralis (kaudálním směrem) v systole i diastole (Obr. 4). Průtoková křivka zároveň získává rezistenční charakter, protože v cílovém povodí podklíčkové tepny zasahuje převážně svalstvo a ostatní tkáň horní končetiny. Systolická část průtokové křivky je proto

štíhlejší a vyšší, v diastole jsou zpravidla nízké průtokové rychlosti (někdy až blízké k nulovému toku).

Při kyvadlovém a kompletním stealu již zřetelně najdeme i související změny průtokové křivky ve všech zásobujících tepnách: V druhostranné AV dochází ke zvýšení průtokových rychlostí především v systole a zároveň ke zvýšení pulzatility (jde-li převážně o vertebro-vertebrální typ kolaterál). V bazilární tepně při transkraniiálním ultrazvukovém vyšetření (subokcipitálním přístupem) můžeme zjistit snížení rychlostí až obrácení směru toku s možností všech stupňů „stealového toku“, obdobně jako v AV (jde-li o karotido-bazilární typ kolateralizace). Při úspěšném zobrazení dalších krčních větví AS (především truncus thyreocervicalis) můžeme detekovat různý stupeň stealových změn hemodynamiky i v těchto tepnách – především v případě, že se jedná o pacienta s hypoplazií, stenózou nebo okluzí AV, protože pak se kolaterální průtoky realizují ve větší míře přes tyto tepenné větve. Při stenóze nebo uzávěru truncus brachiocephalicus patří do obrazu stealových průtokových změn i snížení a oploštění systolické části průtokové křivky v pravostranné ACC a ACI, ke kterým může přibýt i obrácení směru průtoku pravé ACE, jež je další možnou kolaterálou pro krevní zásobení pravé ACI přes karotickou bifurkaci.

K ověření nálezu steal syndromu na AV, především ve sporných případech, můžeme využít vyšetření kompresivního nebo zátěžového testu horní končetiny. Pravidlem bývá i rozdíl v hodnotách naměřeného krevního tlaku v klidu na obou horních končetinách, jde-li o jednostrannou obstrukci v subklaviálním povodí (na postižené horní končetině jsou naměřené hodnoty TK nižší). Kompresivní test provedeme s pomocí manžety tonometru umístěné na paži, kterou nafoukneme na hodnotu přesahující systolický TK a přibližně po 20 sekundách rychle vypustíme. Při zátěžovém testu vyzveme pacienta, aby stisknul maximální silou pěst (tonická kontrakce) a vydržel ve stisku rovněž cca 20 sekund, s následným rychlým uvolněním. V obou případech dojde v průběhu testu nejdříve ke zmírnění stealových změn průtoku v AV. Za pozitivní výsledek testu ale považujeme zejména následné zvýraznění stealu (snížení ortográdního a/nebo zvýšení retrográdního toku v AV) po uvolnění komprese nebo stisku horní končetiny (Školoudík et al., 2003). Tento test lze úspěšně využít ve všech fázích rozvoje steal syndromu. V případě, že pacient udává tranzitorní klinickou symptomatologii např. charakteru závratí nebo stavů slabosti a nevolnosti, je možné stejný test použít i k posouzení, zda tyto obtíže prohloubený steal provokuje.

Diagnostika stenóz AS a TB pomocí CDS

Jak již bylo zmíněno, nález hemodynamicky významné stenózy nebo okluze AS nebo TB je podmínkou pro potvrzení diagnózy subklaviálního stealu. Záměrně jsem ale nechal obraz stenózy AS a TB na CDS až na konec – při obvyklém ultrazvukovém vyšetření extrakraniálních tepen většinou detekujeme nejdříve a s vyšší senzitivitou změny toku v AV, odpovídající některému stupni stealu a poté cíleně zobrazíme stenózu, která je jeho příčinou (Bar, Škoda et Školoudík, 2002; Škoda, Bar et Školoudík, 2002).

Ultrazvukový obraz stenózy AS nebo TB (vyšetřujeme lineární sondou v longitudinálním řezu, s umístěním sondy na krku nad klíční kostí): V B-modu lze někdy zobrazit aterosklerotické pláty s kalcifikacemi v luminu AS. Přímé měření velikostí plátů

Obr. 5. Kolaterálně zásobený průtok v AS při proximální okluzi



a redukce lumina ale bývá obtížné. Zásadním nálezem jsou proto změny hemodynamiky, které zahrnují zvýšení průtokových rychlostí na stenóze v dopplerovském modu (přibližně $PSV > 200$ cm/s pro stenózu nad 60 %), turbulentní charakter toku (bývá patrný také v CFM), výskyt aliasing fenoménu, nízkofrekvenčních šelestů a narušení průtokového spektra s vymizením systolického „okna“ na hemodynamické křivce. Sekundární změny toku lze detekovat v distálnějších segmentech AS (např. při umístění sondy pod klíční kost směrem k rameni). Jedná se o poststenotické narušení průtoku – snížení PSV, snížená pulzatilita, narušení obalové křivky, příměs nízkých rychlostí ve spektru (přetrvávající turbulence).

Zobrazení preokluzivní stenózy a okluze TB nebo AS (uzavřen bývá pouze proximální segment AS do odstupu AV) není vždy snadné. V obliterovaném úseku můžeme zobrazit lumen tepny bez pulzací, s mírně echogenní výplní. V barevném ani energetickém modu se nezobrazí žádný tok a dopplerovskou průtokovou křivku nelze získat. Pravidlem je ale kolaterální plnění distálnějších segmentů AS. Proto je třeba počítat s tím, že průtok v lumen tepny je distálně od odstupu AV přítomen – mívá laminární charakter, bez šelestů a turbulencí, ale s nižší PSV a odlišným tvarem průtokové křivky – typický je zejména nižší (zaoblený) a delší systolický úsek křivky (Obr. 5).

Klinický význam subklaviálního stealu, terapeutické možnosti

Detekce a zhodnocení rozsahu a typu subklaviálního stealu je vždy cennou informací pro komplexní posouzení hemodynamických poměrů všech arteriálních systémů, zásobujících mozek a pro získání správné představy o průtocích, kolaterálních kapacitách, a tím i riziku komplikací při konzervativní léčbě a zejména při plánovaných intervencích (především v karotické oblasti).

Z hlediska rizika vzniku ischemické CMP ve vertebrobasilárním povodí bývá subklaviální steal považován za poměrně benigní nález (Bornstein et Norris, 1986; Škoda et Dvořáková, 2003). Je to teoreticky vysvětlitelné z patofyziologických principů – pokud platí předpoklad, že ve vertebrobasilárním (VB), podobně jako v karotickém povodí, převládají tromboembolické příčiny vzniku CMP nad hemodynamickými (low-flow infarkt) (Cartlidge, Whisnant et Evelback, 1977; Flosmann et Rothwell, 2003), pak embolizace ze stenózy AS nebo TB do distálního VB povodí v případě alternujícího nebo kompletního stealu není reálná. S tím korelují i literární údaje o nízkém výskytu dokončených CMP u sledovaných pacientů se stealem (Bornstein et Norris, 1986). V našem vlastním souboru 70 pacientů s různými stupni subklaviálního stealu jsme v průběhu čtyřletého sledování zjistili pouze 2,9% vý-

skyt ischemických CMP ve VB povodí, oproti 3,8 % v kontrolní skupině pacientů s karotickými stenózami (Škoda et Dvořáková, 2003). Klinickými projevy stealu byly v některých případech přechodné stavy slabosti, závratí nebo oslabení motoriky ve spojení se zátěží (především izometrickou kontrakcí) na postižené horní končetině – dokončená ischemická CMP se však u žádného z těchto pacientů nevyskytla. 40 % pacientů se subklaviálním stealem však mělo zároveň i hemodynamicky významnou stenózu či okluzi dalších magistralních tepen, především ACI.

Z terapeutického hlediska v současné době existuje několik možností intervenční léčby proximálních stenóz AS nebo TB – mezi operační výkony patří reimplantace odstupů nebo bypassy cervikální cestou (s nižší invazivitou a perioperačním rizikem) a transtorakální bypassy užívané zejména při stenóze více tepenných odstupů, otevřené nebo retrogradní endarterektomie (Ackermann, Diener et Seboldt, 1988; Naylor et al., 2023). Transluminální angioplastiky zahrnují výkony kompletně endovaskulárním přístupem (se stentem), nebo retrogradní otevřené angioplastiky. Neexistují studie s přímým porovnáním jednotlivých metod, podle metaanalýzy dostupných dat mají otevřené chirurgické výkony cca 7% incidenci CMP nebo smrti v 30denním intervalu po výkonu a 2,6 % pozdních restenóz, perkutánní angioplastiky mají 1,5% incidenci CMP a smrti, významné restenózy do 4 let byly zjištěny v 9 % (Naylor et al., 2023).

Pro izolované stenózy AS se stealem neexistuje žádné terapeutické doporučení založené na vědeckých důkazech. Pro asymptomatické stenózy nebo okluze TB nejsou doporučeny žádné chirurgické ani radiologické intervenční výkony (III/C), u symptomatické stenózy TB lze zvážit angioplastiku se stentem (IIa/C) (Naylor et al., 2023).

Samotný steal syndrom při vyloučení závažných anatomických anomálií a dalších stenotických procesů magistralních tepen není standardní indikací k chirurgické nebo endovaskulární intervenci. U pacientů s vícečetným postižením magistralních tepen by měla být přednostně zvážena možnost řešení

stenózy v karotickém povodí (Kernan et al., 2014; Naylor et al., 2023).

Při konzervativní léčbě lze doporučit (analogicky jako u jiných stenotických procesů tepen zásobujících mozek) trvalou antiagregaci, léčbu statinem, korekci hypertenze (ale zároveň je nutno bránit výrazným hypotenzím). Samozřejmě je potřeba upozornit pacienta i jeho ošetřující lékaře, aby neměřili TK na horní končetině v povodí stenotické AS.

Speciálními skupinami pacientů, u nichž je vhodné vyšetřit TB, AS i AV a vyloučit stenotické procesy spojené se stealem, jsou:

1. Nemocní indikovaní ke koronárním by-passům z povodí arteria mammae, u kterých může v důsledku stenózy AS nebo TB dojít k rozvoji koronárního stealu s potenciálními závažnými důsledky (ischemie myokardu).
2. Nemocní s terminálním stadiem renálního selhání indikovaní k hemodialýze,

s plánovanou implantací arteriovenózního shuntu na horní končetině, u kterých může shunt v povodí stenotické AS výrazně prohloubit existující steal a ohrozit cerebrovaskulární rezervu.

3. Nemocní s plánovanými revaskularizačními výkony v karotickém povodí a s plánovanými kardiochirurgickými výkony, u kterých může stenóza AS se stealem zvyšovat perioperační riziko.

LITERATURA

1. Ackermann H, Diener HC, Dichgans J. Stenosis and occlusion of the subclavian artery: ultrasonographic and clinical findings. *J Neurol*. 1987;234:396-400.
2. Ackermann H, Diener HC, Seboldt H. Ultrasonographic follow-up of subclavian stenosis and occlusion: natural history and surgical treatment. *Stroke*. 1988;19:431-435.
3. Bar M, Škoda O, Školoudík D. Duplexní sonografie extrakraniálních tepen – národní standard vyšetření v rámci funkční specializace v neurosonologii – odborná příloha. *Ces Slov Neurol Neurochir*. 2002;Suppl.2:8-12.
4. Bornstein NM, Norris JW. Subclavian steal: a harmless hemodynamic phenomenon? *Lancet*. 1986;2:303-305.
5. Cartledge NE, Whisnant JP, Evelback LR. Carotid and Vertebral – Basilar Transient Cerebral Ischemic Attacks. A Community Study, Rochester, Minnesota. *Mayo Clin Proc*. 1977;52:117-120.
6. Flossmann E, Rothwell PM. Prognosis of Vertebrobasilar Transient Ischaemic Attack and Minor Stroke. *Brain*. 2003;9:1940-1954.
7. Frima-Verhoeven PAW. Basilar artery blood flow on vertebrobasilar ischaemia in the subclavian steal phenomenon. *Cerebrovasc Dis*. 1992;2:293-296.
8. Kernan WN, Ovbiagele B, Black HR, et al. Guidelines for the prevention of stroke in patients with stroke and transient ischemic attack: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2014;45:2160-2236.
9. Naylor R, Rantner B, Ancetti S, et al. European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2023;65(1):7-111.
10. Rautenberg W, Hennerici M. Pulsed Doppler assessment of innominate artery obstructive disease. *Stroke*. 1988;19:1514-1520.
11. Škoda O, Bar M, Školoudík D. Duplexní sonografie extrakraniálních tepen – národní standard vyšetření v rámci funkční specializace v neurosonologii. *Ces Slov Neurol Neurochir*. 2002;Suppl.2:5-8.
12. Škoda O, Dvořáková L. Subclavian Artery Obstructions and Steal – Do They Mean Any Danger? *Cerebrovasc Dis*. 2003;16:Suppl.2:12.
13. Školoudík D, Škoda O, Bar M, et al. Neurosonologie: Duplexní sonografie subklaviální – vertebrální oblasti. Praha: Galén, 2003:92-115.