

NEUROSONOLOGIE V DIAGNOSTICE IKTU

MUDr. Roman Herzig

Iktové centrum, Neurologická klinika FN a LF UP Olomouc

Cévní mozkové příhody (CMP) jsou třetí nejčastější příčinou smrti ve většině vyspělých zemí a také v České republice. Ultrazvukové (UZ) vyšetření je pro pacienta (povětšinou) neinvazivní, nebolestivá a opakovatelná metodika, přispívající k diagnostice CMP především ischemických, ale i hemoragických. Je podán přehled významu UZ v oblasti vyšetření jak extrakraniálních, tak i intrakraniálních mozkových tepen.

Klíčová slova: cévní mozková příhoda, neurosonologie, ateroskleróza, cévní anomálie.

NEUROSONOLOGY IN STROKE DIAGNOSTICS

Stroke is the third most common cause of death in the majority of the developed countries, and also in the Czech Republic. Ultrasonographic examination is usually non-invasive, indolent, and repeatable method for patients, which contributes to the diagnostics of stroke – mainly ischaemic, but also haemorrhagic one. The role of ultrasonography in the examination of both extracranial, and intracranial brain arteries is being reviewed.

Key words: stroke, neurosonology, atherosclerosis, vascular anomaly.

Úvod

Cévní mozkové příhody (CMP) jsou již řadu let třetí nejčastější příčinou smrti ve většině vyspělých zemí (8) a také v České republice (ČR); v naší zemi na ně umírá ročně přibližně 7000 mužů a 10000 žen (9). Ultrazvuk (UZ) je pro pacienta povětšinou nezatěžující a nebolestivou vyšetřovací metodou, která přispívá v diagnostice iktů především ischemických, ale i hemoragických. Neurologie byla navíc prakticky prvním lékařským oborem, ve kterém se UZ v diagnostice uplatnil. Výhodou je možnost opakování UZ vyšetření, neboť biofyzikální ovlivnění organismu je minimální.

V neurosonologii používané UZ systémy lze rozdělit na:

- systémy dopplerovské – umožňují s využitím Dopplera jevu zachytit a zobrazit krevní průtok ve vyšetřovaných cévách
- systémy zobrazovací – zobrazují ve zvolené rovině jak přímo jednotlivé struktury včetně cév (černobílý B-mód – tzv. jasový způsob), tak i krevní průtok pomocí jeho barevného kódování (color flow mapping, CFM) či tzv. energetického módu (power mode). Posledně jmenovaný mód je moderní metodikou, kterou jsou vybaveny nové generace UZ přístrojů. Je vysoce citlivý (více než samotný CFM) k detekci krevního průtoku. Své uplatnění tak nalézá například v situacích, kdy se na základě nálezu v CFM nemůžeme rozhodnout mezi subtotální stenózou a obliterací, dále v detekci průtoku v hypoplastických tepnách a na místech se špatnou echogenitou (například při vyšetření intrakraniálních tepen nebo odstupů vertebrálních tepen...).

Další možností v uvedených případech je užití UZ kontrastních látek (4, 7, 11). Jedná se o látky na bázi galaktózy či albuminu, které se aplikují intravenózně. Během své cirkulace v organismu zajišťují přechodné zesílení ultrazvukového odrazu pomocí uvolňovaných vzduchových mikrobublinek. Tyto mikrobublinky procházejí bez problémů plicními cévami a srdcem a nejsou spojeny s rizikem rozvoje vzduchové embolie. V podmínkách mnoha neurosonologických pracovišť v ČR je však

při užití těchto UZ kontrastů limitujícím problémem jejich cena.

Různé používané UZ frekvence a sondy v současné době umožňují jak diagnostiku v oblasti extrakraniálních tepen, tak i tepen intrakraniálních. Moderní přístroje užívané v současné době pak umožňují současné kombinované užití obou těchto zobrazovacích systémů, a to buď dvou (tzv. duplexní zobrazení – např. kombinace B-módu + pulzně dopplerovského vyšetření nebo B-módu + CFM) nebo dokonce i tří (tzv. triplexní zobrazení – B-mód + CFM + pulzně dopplerovské vyšetření). Kombinované užití těchto UZ systémů umožňuje získat představu nejen o poloze, tvaru a struktuře vyšetřovaného objektu, ale i o jeho pohybu v reálném čase.

Vyšetření extrakraniálních mozkových tepen

Cílem vyšetření je zjištění jak anatomického a strukturálního stavu, tak i hemodynamických poměrů na krčních tepnách. Karotické řečiště i vertebrální řečiště se standardně vyšetřují pomocí duplexní či triplexní ultrasonografie. Jeho součástí je v řečišti karotickém vyšetření a. carotis communis (ACC – pokud možno od jejího odstupu) a jejích větví – a. carotis interna (ACI) a a. carotis externa (ACE) od karotické bifurkace (obrázek 1) až po bázi lebny. V řečišti vertebrálním se vyšetřuje a. vertebralis (AV) v úseku intervertebrálním i prevertebrálním, pokud možno opět včetně odstupu; součástí vyšetření je i zachycení toku v a. subclavia.

V extrakraniálním řečišti se můžeme setkat s následujícími nálezy:

Varianty v průběhu

Můžeme zjistit přítomnost *vinutí* (*tortuozita*), *zaúhlení* (*kinking*) (obrázek 2) nebo *smyčky* (*coiling*). Jedná se o vývojové varianty, které nemusí ve svém důsledku ovlivňovat krevní průtok. Na straně druhé ale mohou být (jsou-li výrazného stupně nebo jsou-li kombinovány s aterosklerotickými změnami) i hemodynamicky významné, kdy ovlivňují krevní průtok a mohou se stát dokonce indikací k operační revizi. Kombinace s aterosklerózou (AS) není

výjimečná, neboť za místem ostrého ohybu (platí především o kinkingu) mohou být přítomny turbulence krevního toku, které mohou vést k poškození endotelu.

V případě vertebrálních tepen se dále můžeme setkat s variantním *povrchním průběhem prevertebrálního úseku*. Různé typy vinutí zde nalézáme častěji v úseku prevertebrálním, a to více vlevo, což je podmíněno anatomicky; průběh s vinutím (ať už typu tortuozity nebo kinkingu) zde bývá většinou esovitý. S rostoucím věkem se může esovité vinutí zvyrazňovat, a to v souvislosti se snížením výšky úseku krční páteře při jejich degenerativních změnách.

Stenózy a obliterace aterosklerotickými změnami

Ateroskleróza (AS) karotických tepen je celosvětově a zvláště pak v naší populaci významným rizikovým faktorem vzniku ischemické cévní mozkové příhody (iCMP) (10). UZ vyšetření umožňuje nejen detekci a kvantifikaci, ale i sledování vývoje stenóz podmíněných těmito AS změnami. Jedná se o jedinou plně neinvazivní metodu, která takovou diagnostiku umožňuje.

Na některých pracovištích jsou dokonce výsledky UZ vyšetření přímo využívány v indikaci karotické endarterektomie (CEA). Problémem je však fakt, že různé studie prokázaly při diagnostice hemodynamicky významných (70–99 %) stenóz ACI senzitivitu UZ vyšetření v rozmezí 71–100 % a jeho specifitu v rozmezí 61–98 %. Při samotném užití UZ se tak můžeme setkat jak s falešně pozitivními, tak i falešně negativními výsledky (studie provedená na našem pracovišti prokázala nepřítomnost rizika falešně negativních, ale nemožnost vyloučit riziko falešně pozitivních výsledků) (3). Jiná pracoviště dosud vyžadují před CEA provedení digitální subtrakční angiografie, která je ale při své invazivitě spojena s určitým procentem komplikací, a to i trvalých. Jistou možností ke snížení těchto rizik se jeví kombinované užití UZ a CT angiografie při zvažování indikace CEA.

U stenóz se hodnotí jejich stupeň, přičemž jako *hemodynamicky významné* jsou označovány stenózy 70–99 %; v rámci této skupiny je možno vyčlenit ještě podskupinu

stenóz 90–99 %, které jsou označovány jako *těsné (filiformní)* (obrázek 3). *Hemodynamicky nevýznamné stenózy* (0–69 %) je možno také detailněji rozdělovat, přičemž toto rozdělení již není plně standardizované. Setkat se lze například s následujícím členěním: stenózy lehkého stupně (do 30 %), stenózy méně než středního stupně (31–49 %), stenózy středního stupně (kolem 50 %) a stenózy více než středního stupně (51–69 %). V tomto členění je nutno brát hodnoty jednotek procent s rezervou, neboť možnost kvantifikovat stenózy pomocí UZ v jednotkách procent je iluzorní. Tento fakt může přinášet problémy u stenóz kolem 70 %, neboť tato hodnota tvoří většinou hranici indikace k CEA (i když některé novější studie prokázaly jistý přínos CEA i u stenóz 50–70 %, ovšem jen na pracovištích s minimální perioperační morbiditou a mortalitou).

Maximum AS změn v karotickém řečišti se nachází zpravidla v bulbu ACI. Kromě základních atributů systémové aterosklerózy, jako jsou věk a rizikové faktory, působí zde navíc průtokové vlivy (i za „fyziologických“ okolností přítomné turbulence, víry) a vytvářejí eroze na endotelu cévy s možností usazování trombocytových agregátů.

K *měření stupně stenózy* je používáno *několik metodik*. Nejčastěji užívanými jsou metodiky měření dle ECST (European Carotid Surgery Trialists) (2) a dle NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) (6). V naší praxi se nám osvědčilo užití modifikované metodiky dle NASCET, a to s měřením stenózy nikoliv v řezu longitudinálním, ale axiálním (transverzálním) – takto jsme dosáhli nejlepší korelace s angiografickým vyšetřením (3).

Dalším parametrem, který se používá ke zhodnocení stupně stenózy, je *průtoková rychlost* za stenózou, zjištěná dopplerovským vyšetřením. Jedná se o parametr významný, ale jeho roli nelze rozhodně přeceňovat. V této oblasti se můžeme setkat s jistou variabilitou, podmíněnou jednak změnou vyšetřujícího, jednak i použitými přístroji. Za hemodynamicky významnou stenózou nalézáme při

Obrázek 1. Karotická bifurkace. V bulbu a. carotis interna je přítomná fyziologická turbulence. B-mód, CFM. Longitudinální průmět.



Obrázek 2. Kinking (zaúhlení) a. carotis interna. B-mód, CFM. Longitudinální průmět.



dopplerovském vyšetření dále turbulentní proudění (v této souvislosti je opět nutno připomenout i „fyzilogickou“ přítomnost turbulencí v bulbu ACI). Rychlost samotná může být ovlivněna například i výše uvedenými typy vinutí, ale i celou řadou dalších faktorů.

Dalším důležitým výstupem UZ vyšetření AS plátu je popsání jeho charakteru, kdy hodnotíme jednak jeho *echogenitu*, jednak jeho *povrch*. Pláty *hypoechogenní* (měkké) jsou tvořeny převážně fibrinem a lipidy – jsou klinicky závažnější, neboť jsou projevem aktivního, čerstvého AS procesu, jsou zpravidla nestabilní a podléhají často dramatictější a rychlejší změně než pláty smíšené nebo převážně hyperechogenní. Nejčastěji se setkáváme s pláty *smíšenými*, jejichž hyperechogenní složka je podmíněna přítomností kalcifikací. *Povrch* plátu může být *hladký* nebo *nerovný* – *exulcerovaný*; především druhý uvedený typ (častěji nalézáný u měkkých plátů) bývá frekventním zdrojem arterio-arteriálních (a.-a.) embolizací a může být indikací ke CEA i v případě, kdy nepodmiňuje hemodynamicky významnou stenózu – tehdy, pokud je opakovaným zdrojem a.-a. embolizací (např. i subklinických – viz dále: monitorace i TCD) i přes změny konzervativní terapie. Kvalitní UZ přístroje umožňují diagnostikovat i *hemoragie* uvnitř plátu.

U AS změn mírného stupně je k jejich kvantifikaci a sledování dynamiky AS procesu v čase (včetně sledování účinků hypolipidemické léčby) prováděno *měření šířky intimy* v B-módu.

V případě *obliterace* karotické tepny (můžeme nalézt obliteraci izolovaně na ACI, na ACC, ale např. i obliteraci celého extrakraniálního karotického řečiště) nalézáme v B-módu lumen tepny vyplněný materiálem různé echogenity. V tomto místě není přítomen CFM ani dopplerovský signál. Pomocí UZ vyšetření ale můžeme vyslovit i podezření na obliteraci řečiště v jeho další

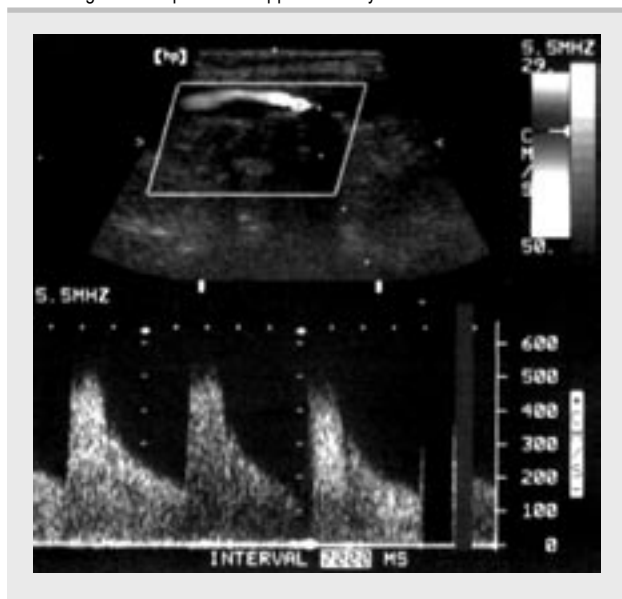
části (například v intrakraniální části ACI), která již není UZ vyšetření přístupná. V tomto případě nalézáme v B-módu extrakraniální úsek karotického řečiště více či méně volný (mohou být přítomny AS změny), CFM je ale méně ochotný (zvláště, pokud se blížíme k překážce) a v dopplerovském spektru dochází k postupnému poklesu rychlostí až nakonec získáváme tzv. „předobliterační“ spektrum, neboli charakter toku „to-and-from“ (v systole je tok nízkou rychlostí směrem k překážce, v diastole pak tok opačným směrem – po odrazu od překážky).

U hemodynamicky významných stenóz a obliterací ACI je nutno vždy posoudit, zda došlo k rozvoji *kolaterál z řečiště ACE do řečiště ACI*. K tomu nám slouží vyšetření periorbitální cirkulace, při kterém hodnotíme *směr toku na a. ophthalmica*. Za fyziologických okolností je přítomen *tok směrem k oku* (a současně tedy i směrem k sondě). V případě přítomnosti hemodynamicky významné stenózy nebo obliterace ACI může být přítomen *tok obráceným směrem*, který je právě projevem výše uvedeného otevření kolaterál z řečiště ACE. Ve fázi právě probíhajícího otevírání těchto kolaterál můžeme zachytit i *tok oběma směry*. Kromě hodnocení směru toku můžeme hodnotit i *průtokovou rychlost na a. ophthalmica*. Snížení průtokové rychlosti opět nalézáme při přítomnosti překážky na ACI nebo i na a. ophthalmica.

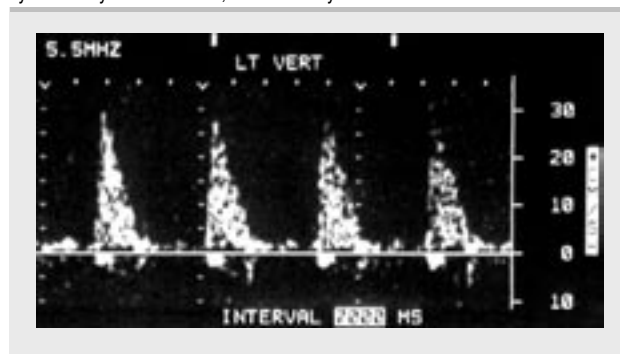
Kvalitní UZ přístroje s dostatečnou rozlišovací schopností B-módu jsou schopny detekovat i změny cévní stěny, které jsou jiným způsobem, např. angiografií, obtížně zobrazitelné. V diagnostice AS změn karotického řečiště je UZ vyšetření využíváno pro svoji neinvazivitu jako metoda screeningová, ale také jako metoda umožňující pravidelné monitorování vývoje aterosklerotických změn.

Diagnostika AS změn je vůbec nejčastější indikací UZ vyšetření v dospělém věku. Je to podmíněno faktem, že problematika cerebrovaskulárních onemocnění se svou významnou frekvencí a snižující se věkovou hranicí výskytu na sebe soustřeďuje zvyšující se pozornost, a to zejména v posledních desetiletích. UZ vyšetřovací metody však mají značný význam i v preventivní medicíně, do které by se mělo naše snažení přesouvat. Slouží jako metody screeningové u rizikových jedinců ohrožených předčasným rozvojem systémové aterosklerózy. Tak například každý juvenilní hypertonik by měl absolvovat screeningové vyšetření extrakraniálních úseků karotické-

Obrázek 3. Filiformní stenóza a. carotis interna – duplexní vyšetření: B-mód, CFM. Longitudinální průmět + Dopplerovské vyšetření.



Obrázek 4. A. vertebralis I. sin. Dopplerovské spektrum před obliterací: systolická rychlost 30 cm/s, diastolická rychlost 0 cm/s.



ho řečiště. V rozmezí tzv. středního věku, tj. zhruba od 4. dekády, by měli být takto sledováni všichni jedinci, u nichž se kombinuje více rizikových faktorů vzniku AS, jako jsou hypertenze, obezita, diabetes mellitus, hyperlipoproteinémie, kuřáctví, abúzus alkoholu a podobně. V rodinách nemocných, u kterých došlo k cévní mozkové příhodě v nižším věku, pak zasluhují vyšetření a sledování i všichni přírodní příbuzní. Zde se otevírá široká oblast účinné prevence.

V oblasti diagnostiky *stenóz* ve vertebrálním řečišti může přinášet problémy v hodnocení kombinace stenózy s vinutým průběhem, často přítomným v prevertebrálním úseku. Pro *obliterace* (obrázek 4) platí totéž, co bylo uvedeno pro karotické řečiště, přičemž *obliterace* jedné z AV (při zachování průtoku na druhostranné AV a na a. basilaris) je méně nebezpečná; nebezpečnou, ba přímo život ohrožující se stává v okamžiku, kdy např. trombus narůstá z takto postižené AV až do a. basilaris.

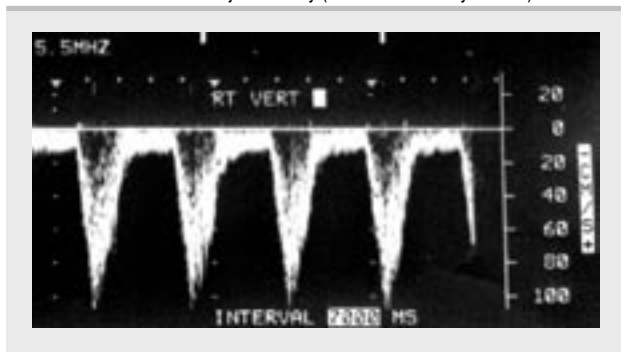
Vazospazmy

Vazospazmy se mohou manifestovat obrazem *stenózy* až „*obliterace*“ řečiště. Na rozdíl od AS změn nalézáme v tomto případě v B-módu úzkou tepnu, bez přítomnosti AS změn; v případě „*obliterace*“ je lumen tepny zaniklé a není zde přítomen ani CFM. Nález při dopplerovském vyšetření jsou obdobné jako u stenóz (resp. *obliterací*) AS původu; za stenózou nemusí být přítomny turbulence, neboť v případě vazospazmu je rozšiřování tepny za stenózou (na rozdíl od většiny AS plátů) spíše postupné.

Arteriální disekce

Arteriální disekce je poměrně vzácnou jednotkou, kdy po natržení stěny tepny vzniká „nepravé“ lumen, do kterého proudí krev. V důsledku toho je „pravé“ lumen více či méně sekundárně stenózované kompresí nebo může dojít až k jeho zániku. Disekce může být různě dlouhá a může končit i zpětnou komunikací „nepravého“ lumina s „pravým“ lumenem – v tomto případě může být krevní zásobení v teritoriu příslušné tepny zachováno. Na našem pracovišti jsme měli možnost vyšetřit pacienta s disekcí aorty, která pokračovala na karotické řečiště a která podmínila jeho „*obliteraci*“ (5).

Obrázek 5. A. vertebralis l. dx. Dopplerovské spektrum při *obliteraci* a. subclavia l. dx – tok na a. vertebralis l. dx je obrácený (subclavian steal syndrome).



V případě disekce postihující AV se tato stává nebezpečnou především v situaci, pokud pokračuje na a. basilaris a může podmínit i její *obliteraci*.

Arteriální hypoplazie a aplazie

Arteriální *hypoplazie* se vyskytuje častěji v řečišti vertebrálním. Bývá zpravidla jednostranná a bývá často kompenzována rozšířením druhostranné AV. Jako hranice *hypoplazie* je v různých literárních zdrojích uváděna šířka pod 2–2,5 mm. Průtoková rychlost v hypoplastické tepně může být nižší, ale i normální. V řečišti karotickém je málo častá. Podobně i *aplazie* (zpravidla jedné AV) je častější než v řečišti karotickém, ale přesto je stále poměrně vzácná.

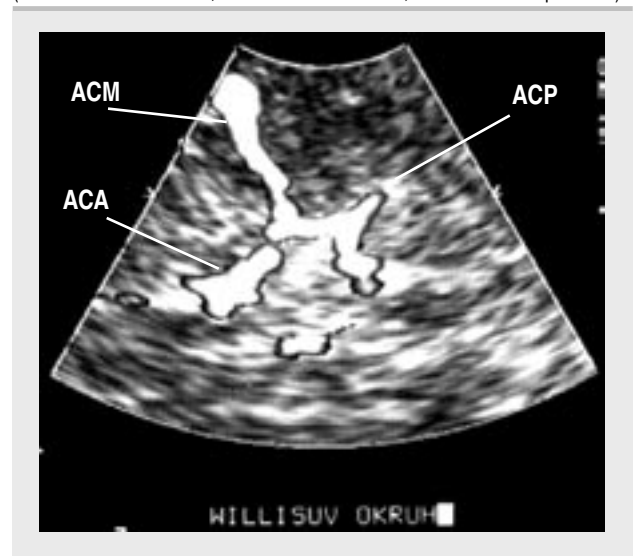
Subclavian steal syndrome

Kompletní subclavian steal syndrome vzniká při hemodynamicky významné stenóze nebo *obliteraci* a. subclavia. Tok v jedné z AV (stejnostranné k postižené a. subclavia) se obrací, což můžeme vidět již v B-módu – CFM zde bývá kódován v „opačné“ barvě. Při dopplerovském vyšetření nalézáme tok opačným směrem (obrázek 5). Na druhostranné AV může být přítomno kompenzační zrychlení krevního průtoku. Dále se můžeme setkat i s *inkompletním* subclavian steal syndromem, kdy na AV na postižené straně bývá CFM normální a jen v „záblescích“ se zde objevuje opačné kódování. Při dopplerovském vyšetření nalézáme různě hluboký negativní „zářez“ v křivce.

Vyšetření intrakraniálních tepen

Novější ultrazvukovou metodikou je transkraniální dopplerovská sonografie. Vyvinutý 2 MHz pulzně dopplerovský přístroj umožňuje průnik UZ paprsku kalvou v jejích nejtenších místech. K vyšetření můžeme zvolit buď transkraniální barevně kódovanou sonografii (TCCS) nebo transkraniální dopplerometrii (TCD). U TCCS se jedná o duplexní UZ, kdy vidíme přesně průběh jednotlivých

Obrázek 6. Willisův okruh. B-mód, CFM. Transverzální (axiální) průmět. (ACA=a. cerebri anterior; ACM=a. cerebri media; ACP=a. cerebri posterior).



artérii a měření dopplerovského spektra můžeme provést s úhlovou korekcí. Při vyšetření TCD detekujeme dopplerovské spektrum na arterii, kterou během vyšetření přímo nevidíme; nevýhodou této techniky je fakt, že naměřené rychlosti nejsou úhlově korigovány a získané hodnoty jsou tedy méně přesné než při použití TCCS.

K zobrazení Willisova okruhu a jeho větví používáme nejčastěji tzv. transtemporální kostní okno (toto okno není přístupné cca u 20 % osob). Při TCCS je možno zvolit jak průmět transversální (axiální) (obrázek 6), tak i koronární. Zobrazit můžeme a. cerebri anterior (ACA), a. cerebri media (ACM), a. cerebri posterior (ACP) a omezeně i terminální úsek ACI. Při kvalitním zobrazení můžeme nalézt i event. přítomné otevření a. communicans anterior (ACoA) a posterior (ACoP). K vyšetření obou a. vertebrales a a. basilaris se používá tzv. okcipitální okno.

Na zobrazených tepnách se můžeme setkat (podobně jako v řečišti extrakraniálním) s *variantami v průběhu tepen typu tortuozity, kinkingu* nebo i *coilingu* – tyto změny diagnostikujeme pomocí TCCS. Vzhledem k tomu, že při TCD přímo tepnu nevidíme, pak touto technikou zjištěné zrychlení (přítomné např. v důsledku přítomnosti ohybu, event. přítomnost arteriovenózní malformace – AVM – nebo jiné zkratové cévní anomálie v dalším průběhu tepny) může být mylně pokládáno za projev stenózy.

Dalším patologickým nálezem mohou být stenózy a obliterace, ať již podmíněné strukturálně či vazospazmy. *Stenóza* se v dopplerovském spektru projevuje podobně jak bylo uvedeno u extrakraniálního řečiště (tj. zrychlením krevního toku, resp. u těsných stenóz naopak poststenotickým zpomalením). Při *obliteraci* není přítomen CFM, ani dopplerovský signál; z uvedeného vyplývá, že při TCD nemůžeme diagnostikovat spolehlivě obliteraci intrakraniální tepny (nemůžeme si být totiž zcela jisti, zda jsme umístili dopplerovský vzorkový objem do správného místa). Obdobně k výše popsaným dopplerovským nálezům před obliterací v extrakraniálním řečišti i zde nalézáme charakter toku „to-and-from“.

Na rozdíl od extrakraniálního řečiště nemůžeme při jednorázovém vyšetření rozlišit, zda přítomná *stenóza* má svůj původ ve *strukturálních změnách* řečiště (ateroskleróza, přítomnost embolu...) nebo je podmíněná *vazospazmem*. K odlišení stenóz nám ale může pomoci opakování vyšetření s časovým odstupem: zatím co u stenóz strukturálních se zjištěné rychlosti „zpravidla“ výrazněji nemění (při event. rekanalizaci trombu nebo embolu může být naopak změna dramatická), pak v případě vazospazmů (přítomných například při migréně nebo jako komplikace subarachnoidální hemoragie – SAH) nalézáme měnící se a kolísající dopplerovské rychlosti. Právě detekce vazospazmů u SAH je významnou indikací opakovaného UZ vyšetření, přičemž na základě zjištěných nálezů je v tomto případě upravována i terapie. Při nálezů stenózy či obliterace má význam zjištění event. otevření kolaterál cestou ACoA nebo ACoP; hodnotíme směr toku a průtokovou rychlost v kolaterálách.

Užití TCD umožňuje i provedení *detekce embolů*, kdy je sonda fixována k hlavě v pevném postavení pomocí speciálního rámu a dopplerovský vzorkový objem je tak umístěn na jednom místě arterie – sledujeme emboly, které tímto objemem projdou. Hlavním problémem je odlišení embolů od artefaktů. V tomto nám pomohou novější přístroje, které umožňují umístit na tepně 2 vzorkové objemy nad sebou. Detekce embolů je možno provádět například v průběhu karotické endarterektomie, ale indikací je i posouzení účinnosti antiagregační terapie (detekce subklinických embolií). Detekovat lze emboly geneze kardiogenní, emboly z aterosklerotických plátů (tzv. arterio-arteriální); byly publikovány i práce, upozorňující na možnost detekce paradoxních embolií do centrálního nervového systému (CNS) s pomocí i. v. aplikace speciální kontrastní látky. Takto je možné odkrýt dosud nepoznané defekty v srdeční přepážce. Paradoxní embolie mohou být poměrně častou příčinou cévních mozkových infektů u mladých osob.

Další používanou metodikou je *vyšetření funkční rezervní kapacity mozkového řečiště*, jehož cílem je zjistit, jakou má vyšetřované řečiště schopnost „pojmout“ další krev, pokud ji bude mít k dispozici. K tomuto nám slouží srovnání dopplerovského spektra za klidových podmínek a dále buď po inhalaci CO₂ nebo po podání farmak. Toto vyšetření nalézá své indikace při zvažování ACE nebo tzv. extrakraniálně-intrakraniálního bypassu (jeho cílem je zajistit zlepšený krevní průtok mozkem např. při obliteraci ACI cestou kolaterálního oběhu z ACE).

Vyšetření intrakraniální cirkulace umožňuje v některých případech i *detekci cévních malformací*. Arteriální cévní malformace (aneuryzmata, arteriovenózní malformace) zobrazíme pomocí TCCS v B-módu s využitím CFM nebo energetického módu; pomocí dopplerovského vyšetření (TCCS i TCD) můžeme zjistit vyšší průtokové rychlosti na tepnách vyživujících AVM. Venózní cévní malformace jsou zpravidla nízkoprůtokové a pomocí dopplerovského vyšetření prakticky nedetekovatelné; mohou být ale někdy zobrazitelné v B-módu.

V oblasti vertebrobasilární cirkulace se opět můžeme setkat i s *hypoplazií* či *aplazií* některé z vertebálních tepen nebo se subclavian steal syndromem, přičemž nálezy jsou obdobné, jak bylo uvedeno u řečiště extrakraniálního.

Transezofageální ultrasonografie

Toto vyšetření je doménou interní medicíny. Transezofageálně zavedená ultrazvuková sonda umožňuje nejen (1) vyšetření srdce, tj. *echokardiografii (TEE)*, ale i (2) *vyšetření oblouku aorty a odstupů magistrálních mozkových tepen*. Při TEE má pro oblast cerebrovaskulární význam například nález *zdrojů embolizace pro centrální nervový systém – trombu* (nejčastěji přítomných v rozšířené levé síni, ale např. i v levé komoře, zvláště je-li porušena kinetika její stěny), *spontánního echoktrastu*, dále *změn na chlopních* (stenózy, regurgitace, ale i např. přítomnost vegetací) nebo *defektů septa* (umožňujících paradoxní embolií). Při *vyšetření oblouku aorty a odstupů magistrálních mozkových tepen* má (opět pro oblast cerebrovaskulární) největší význam detekce *aterosklerotických plátů*.

Moderní UZ metodiky

Další technický pokrok, miniaturizace UZ sond a zobrazovací frekvence v rozmezí 15–30 MHz umožňuje např. v posledních letech také rozvoj tzv. *intravaskulární ultrasonografie*. Jde o endoskopickou metodu, kdy vysoko-frekvenční UZ sondy jsou namontovány na radiologické katétrů. 360° rotací se dosáhne kompletního příčného zobrazení lumina cévy. Touto metodou je možné detekovat i tukové prahy v intimě, zhrubění intimy, ložiskové kalcifikáty v cévní stěně apod. Daří se odlišit všechny tři vrstvy cévní stěny.

Literatura

1. Alexandrov AV, Demchuk AM, Felberg RA, Christou I, Barber PA, Burgin WS, et al. High rate of complete recanalization and dramatic clinical recovery during tPA infusion when continuously monitored with 2-MHz transcranial doppler monitoring. *Stroke* 2000; 31(3): 610–614.
2. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998; 351(9113): 1379–1387.
3. Herzig R, Buřval S, Křupka B, Vlachová I. Srovnání výtěžnosti diagnostiky hemodynamicky významných stenóz extrakraniálního karotického řečiště pomocí sonografie, CT angiografie a digitální subtrakční angiografie v podmínkách FN Olomouc (abstract). *Neurologie pro praxi* 2001; 2(2): 101–2.
4. Korsa J, Trampešková D, Benedikt P. Efekt Levovistu při vyšetření intrakraniálních tepen. *Čes Radiol* 1999; 53(Suppl 1): 9–13.
5. Křupka B, Hlobilková A, Galuszka J, Tichá S, Vlachová I, Herzig R. Disekce aorty – jedna z méně častých příčin ischemického iktu. *Cor Vasa* 2002; 44(3): 143–146.
6. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 1991; 325(7): 445–453.
7. Polívka J, Ševčík P, Suchá J, Tvaroh A. Použití Levovistu v neurosonologii. *Čes Radiol* 1999; 53(Suppl 1): 26–30.
8. Tegos TJ, Kalodiki E, Daskalopoulou SS, Nicolaides AN. Stroke: epidemiology, clinical picture, and risk factors. Part I of III. *Angiology* 2000; 51(10): 793–808.
9. ÚZIS ČR. Zemřeli v České republice v roce 2000. Praha: ÚZIS ČR 2001.
10. Vlachová I, Vavrková H, Urbánek K, Novotný D, Křupka B, Kettnerová Z, et al. Karotická choroba v rodinách mladých osob po ischemické cévní mozkové příhodě, její význam a vztah k metabolickým rizikovým faktorům. *Čes a Slov Neurol Neurochir* 1998; 61/94(5): 245–250.
11. Vlachová I, Herzig R, Křupka B. Přínos echokonstrastního ultrasonografického vyšetření ke kvalitě zobrazení vertebrobasilárního řečiště. *Čes Radiol* 1999; 53(Suppl 1): 56–60.

Nejnověji nalézá UZ experimentálně své uplatnění v oblasti cévních mozkových příhod i na poli terapeutickém. V případě recentních uzávěrů intrakraniálních mozkových tepen (především ACM) se zkouší užití transkraniálního UZ k provedení tzv. „*trombotripse*“ s cílem rozrušit čerstvý trombotický či embolický materiál pomocí UZ vlnění (někdy ještě v kombinaci se systémovou trombolýzou (1)). Právě uplatnění na poli terapeutickém možná ještě více zvýší dosavadní (díky rozvoji nových metodik stále rostoucí) diagnostický význam UZ u iktů.