

# Transkraniální BAREVNÁ DUPLEXNÍ sonografie – národní standard vyšetření v rámci funkční specializace v neurosonologii

*Školoudík D., Václavík D. Neurosonologická komise cerebrovaskulární sekce České neurologické společnosti J.E.P.*

## 1. Definice

Transkraniální barevná duplexní sonografie je neurosonologická vyšetřovací metoda. Jedná se o ultrazvukové vyšetření, které umožňuje neinvazivní zobrazení mozkového parenchymu a cév s možností měření průtoků intrakraniálními tepnami, mozkovými žilami a splavy přes intaktní lebku. Ve dvojrozměrném B-obrazu umožňuje posouzení anatomických poměrů a morfologických struktur mozkové tkáně ve škále šedi, zobrazení intrakraniálních cév s možností posouzení hemodynamiky.

## 2. Charakteristika a cíl standardu

Národní standard definuje věcné a personální předpoklady, podmínky provádění, standardní postup a indikaci vyšetření. Kriteria pro hodnocení nálezů jsou obsahem odborné přílohy standardu. Cílem standardu je sjednocení podmínek provádění a postupu vyšetření na všech pracovištích, která se zabývají ultrazvukovou diagnostikou mozkových tepen, v zájmu zajištění přesnosti a reprodukovatelnosti nálezů.

Neurosonologická komise Cerebrovaskulární sekce České neurologické společnosti J.E.P. je předkladatelem a garantem standardu.

## 3. Věcné podmínky

Transkraniální barevná duplexní sonografie je vyšetření, které lze provádět pouze na přístroji vybaveném pro režimy

1/ dvourozměrného zobrazení tkáně ve škále šedi (2D nebo B-mode), případně navíc pohyblivého jednorozměrného zobrazení v čase (M-mode),

2/ barevného zobrazení toku v rychlostním režimu (CFM nebo C-mode), případně v energetickém režimu (Power-doppler nebo E-mode) a

3/ spektrálního dopplerovského měření průtoků (PW Doppler nebo D-mode), opatřeném vhodnými ultrazvukovými sondami pro vysílání a příjem ultrazvukového vlnění s vysokou pronikavostí a softwarovým vybavením k vyhodnocení záznamu.

### 3.1. Transkraniální barevná duplexní sonografie (TCCS) – ultrazvukový přístroj

Ultrazvukový přístroj pro TCCS vyšetření musí být vybaven zařízením pro vysílání, příjem a analýzu vysoce pronikavého ultrazvukového vlnění ve výše uvedených režimech, minimálně však pro 2D zobrazení (B-mode), spektrální dopplerovský záznam (D-mode) a barevné dopplerovské zobrazení, které tvoří základní součásti duplexního vyšetření mozku a intrakraniálních cév. Má schopnost zachytit a vyhodnotit intenzitu odraženého ultrazvukového vlnění formou dvourozměrného zobrazení tkáně ve škále šedi (2D), případně zobrazit pohybující se struktury v M-modu, obligátně zobrazit tok krve v insonovaných tepnách do B-obrazu barevným kódováním v rychlostním nebo energetickém režimu dále pak analyzovat dopplerovský posun frekvencí, který vzniká odrazem ultrazvukového paprsku od proudu krve protékající vyšetřovanými tepnami (D-mode) s vytvořením zvukového a grafického výstupu (spektrální křivky). Požadované vlastnosti:

#### 3.1.1.

Zobrazovací frekvence základní sondy (nejčastěji phased-array) je 2,0-4,0 MHz

#### 3.1.2.

Možnost použití dopplerovských nosných frekvencí 2,0-2,5 MHz

### 3.1.3.

Možnost stanovení velikosti vzorkovacího objemu a jeho umístění do oblasti zájmu

### 3.1.4.

Musí být zajištěna měřitelnost dopplerovského úhlu ke směru průtoku krve v cévě.

### 3.1.5.

Záznam dopplerovského signálu formou spektrální křivky s grafickým i zvukovým výstupem, formou barevného zobrazení toku v rychlostním nebo energetickém režimu (toto zobrazení je superponováno do 2D obrazu ve škále šedi).

### 3.1.6.

Fakultativní součástí je možnost speciálního vyšetření pohybu intrakraniálních struktur pomocí M-modu.

*Poznámka: Je-li sonda pro TCCS vyšetření součástí víceúčelového duplexního ultrazvukového přístroje, musí celý komplet splňovat výše popsané podmínky.*

## 4. Personální vybavení

Vyšetření provádí lékař, který je jediným oprávněným nositelem výkonu. Podmínkou k provádění vyšetření je získání funkční specializace v neurosonologii, funkční licence pro metodu TCCS dle přílohy Stavovského předpisu č. 12 České lékařské komory.

### 4.1. Předpoklady

Předpokladem k získání funkční specializace je atestace z oboru neurologie, radiologie, interny, ARO nebo zařazení do atestační přípravy z neurochirurgie, případně splnění podmínek pro udělení licence z těchto oborů.

### 4.2. Školení a praxe

Základní kurs TCCS v délce minimálně 1 týdne probíhá na školícím pracovišti, stanoveném Neurosonologickou komisí Cerebrovaskulární sekce České neurologické společnosti J.E.P. Podmínkou je složení zkoušky, garantované komisí. V průběhu prvních 5 let je nutno doložit nejméně 100 samostatných vyšetření ročně, dále korelaci nálezů TCCS s referenčními metodikami (CT, MRI, angiografie, CTA, MRA) alespoň ve 25 případech, včetně různých patologických nálezů.

### 4.3. Zajištění kvality

K zachování zkušenosti vyšetřujícího k provádění a interpretaci vyšetření je potřebný dostatečný počet vyšetření a průběžná kontrola referenčními metodami. Doporučený počet TCCS vyšetření s archivací nálezů je alespoň 100 ročně s korelací 15 vyšetření s referenčními metodami. Potřebné je rovněž trvalé vzdělávání a výměna informací s ostatními pracovišti TCCS. Neurosonologická komise garantuje program průběžného vzdělávání v neurosonologii formou odborných seminářů a písemných publikací i výměnu informací prostřednictvím vedení databáze neurosonologických pracovišť.

## 5. Technické provedení a standardní postup vyšetření

Cílem je zobrazení základních intrakraniálních struktur, zjištění strukturálního a funkčního stavu intrakraniálních tepen a analýza hemodynamických poměrů v cévním systému mozku. K tomuto účelu je nezbytné správné technické provedení a dodržení standardního postupu vyšetření.

### 5.1. Technické provedení TCCS

V průběhu vyšetření je nutno zobrazit základní intrakraniální struktury a získat kvalitní dopplerovské spektrální křivky ze všech vyšetřovaných tepen. Akustický přístup k těmto tepnám představují anatomická okna (přirozená zeslabení lebečních kostí). Ultrazvuková expozice pacienta má být omezena na nezbytné minimum z hlediska času i akustického výkonu sondy (nezbytné je snížení akustického výkonu při vyšetření přes orbitu, které musí být zaznamenáno v protokolu vyšetření).

Kvalita zobrazení je limitována vlastnostmi anatomických oken individuálního pacienta, ke zlepšení kvality signálu je možno provést aplikaci pulmostabilní kontrastní látky.

#### 5.1.1. Přístupy:

TCCS provádíme z 5 základních přístupů: transtemporálního, transforaminálního, transfrontálního, transorbitálního, transoccipitálního a submandibulárního. Jako obligátní používáme oboustranný transtemporální přístup a transforaminální (transnuchální) přístup. Ostatní přístupy užíváme doplňkově podle potřeby a podle možnosti zobrazení.

Z transtemporálního přístupu (temporální okénko přední, střední nebo zadní) vyšetřujeme supratentoriální mozkové struktury, tepny Willisova okruhu: a. cerebri media (ACM) - úseky M1, M2, a. cerebri anterior (ACA) - úseky A1, A2, a. cerebri posterior (ACP) - úseky P1, P2, distální úsek a. carotis interna (ACI) a hluboké mozkové žíly.

Transforaminální přístup používáme k zobrazení vertebrobazilárního řečiště, vyšetřujeme distální V4 úseky vertebrálních tepen (AV) a a. basilaris (AB), eventuelně mozečkové tepny (PICA-a.cerebelli inferior posterior, AICA-a.cerebelli inferior anterior, SCA-a.cerebelli superior) a a. spinalis anterior. Transfrontální přístup užíváme k zobrazení A2 úseku ACA, transorbitální přístup k zobrazení karotického sifonu a oftalmické cirkulace. Z transoccipitálního přístupu zobrazíme hluboké mozkové žíly. Submandibulární přístup se využívá k zobrazení středního úseku a. carotis interna.

#### 5.1.2. Technika vyšetření

Pozice vyšetřujícího je v záhlaví pacienta, výjimečně po boku pacienta. Vyšetření začínáme z transtemporálního přístupu - poloha pacienta je vleže na zádech. V B obraze zobrazíme jednotlivé mozkové struktury - mozkový kmen s echogenní substantia nigra v mesencefalu, bazální cisterny, a. cerebri media, třetí komoru a rohy postranních komor, plexus chorioideus, epifýzu, anechogenní bílou hmotu mozkových laloků, při dobrých podmínkách zobrazení i gyrifikaci mozečku. Dále zobrazíme v barevném (rychlostním) či energetickém módu intrakraniální tepny a hluboké mozkové žíly: sifon ACI, ACM (M1-M3 úsek), ACA (A1-A2 úsek), ACP (P1-P2 úsek), přední komunikantu (ACoA), zadní komunikantu (ACoP), v. cerebri media profunda a v. basalis. Intrakraniální větvy a splavy jsou obtížněji detekovatelné než tepny. Někdy vyžadují úpravu nastavení přístroje k detekci nižších rychlostí v barevném módu (snížení pulsní repetiční frekvence - PRF). Kromě tradičního transtemporálního a transforaminálního přístupu se používá i transoccipitální přístup. Bez užití echoktrastních látek jsou nejčastěji zobrazitelné: v. basialis, v. cerebri media profunda, v. cerebri magna a sinus sigmoideus. Použitím ultrazvukových kontrastních látek docílíme lepšího zobrazení venózního systému a můžeme zobrazit i další větvy - v. cerebri interna, sinus sagitalis superior, sinus sagitalis inferior.

Při standardním vyšetření provádíme 4 základní řezy, které zhruba odpovídají transverzálním řezům při CT nebo MRI vyšetření - pontinní, mesencefalický, thalamický a řez v úrovni postranních komor (orientace sondy je v rostrokaudálním směru). Můžeme také provést speciální vyšetření v koronárních řezech (pootočením sondy o 90 stupňů). Zde rozlišujeme přední, střední a zadní řez. Při dopplerovském vyšetření získáme spektrální průtokovou křivku z jednotlivých mozkových cév a po korekci dopplerovského úhlu, kterou nám dovoluje přímé zobrazení intrakraniální cévy, změříme základní průtokové parametry. Pro přesnou spektrální analýzu je nezbytné, aby tento úhel měl velikost nižší nebo rovnou 60 stupňům. Z barevného dopplerovského vyšetření zjistíme směr toku krve (standardní kódování - červená tok k sondě, modrá - tok od sondy). Fakultativní součástí vyšetření je v případě potřeby provedení základního testu funkční reaktivity (minimálně na obou a. cerebri media a basilárním kmeni) metodou BH/HV (zadržení dechu s následnou hyperventilací po dobu 30 s).

#### 5.1.3. Analýza záznamu:

Nejprve posoudíme kvalitu B obrazu zhodnocením zobrazení mozkových struktur popsaných v bodě 5.1.2. Výsledkem dopplerovského vyšetření je záznam spektrální dopplerovské křivky (D - mode) z tepen identifikovaných přímým zobrazením v barevném nebo power módu. Je vyznačená hloubka insonace, směr průtoku a dopplerovský úhel. Ze záznamu se posuzují průtokové rychlosti - maximální systolická rychlost (PSV), konečná diastolická rychlost (EDV), střední průtoková rychlost (Vmean), indexy pulzatility (PI) a rezistence (RI), charakter průtoku (laminární, turbulentní) se zaznamenáním fenoménu „aliasing“ v barevném módu - pokud je přítomen, eventuelně další hemodynamické parametry a přítomnost abnormálních signálů (HITS).

#### 5.1.4. Zápis do protokolu:

Výstupem vyšetření musí být protokol, který je pro dané pracoviště typizovaný a obsahuje identifikační údaje o pracovišti, použitém přístroji, datum a jméno vyšetřujícího, osobní data pacienta, indikační důvody vyšetření, záznam numerických hodnot měření (průtokové rychlosti, základní indexy) ze všech vyšetřených tepen a slovní popis nálezu se zhodnocením. Obrazový záznam má být archivován v případě patologických nálezů. Jsou vždy dokumentovány důvody nekompletního vyšetření.

## 5.2. Standardní postup vyšetření

Úplné TCCS vyšetření zahrnuje všechny standardní části, získané postupem dle bodu 5.1 se záznamem naměřených hodnot do protokolu a slovním popisem nálezu.

### 5.2.1. Zhodnocení B obrazu:

Jeho součástí je popis zobrazení základních intrakraniálních struktur a případných patologických nálezů: např. rozšíření mozkových komor (hydrocefalus), posun střední čáry, echogenní útvary v hypoechogenní bílé hmotě mozkových hemisfér (tumory, krvácení), změny echogenity substantia nigra (m.Parkinson).

### 5.2.2. Postup vyšetření cév:

Každá céva musí být vyšetřena v různých hloubkách v celém jejím insonovatelném průběhu, s analýzou směru toku krve a spektrální dopplerovské křivky.

Při normálním záznamu jsou zapsány nejvyšší naměřené rychlosti. V případě zjištěných patologických změn musí být proveden záznam z patologického segmentu a z oblasti proximálně i distálně od něj.

### 5.2.3. Minimální rozsah vyšetření:

V protokolu musí být obsaženy následující segmenty, pokud je lze zobrazit:

- A) Arteria cerebri medi
- B) Arteria cerebri anterior
- C) Arteria cerebri posterior
- D) Arteria carotis interna (intrakraniální)
- E) Arteriae vertebrales dist.
- F) Arteria basilaris

Pokud jsou zachyceny toky v dalších tepnách - PICA, AICA, SCA, a.spinalis anterior, přední a zadní komunikanty, měly by být rovněž zaznamenány. Součástí záznamu jsou i výsledky provedených testů funkční reaktivity – pokud byla indikace k jejich provedení. Párové tepny jsou vždy vyšetřeny oboustranně, protokol umožňuje stranové porovnání průtokových parametrů. Pokud nejsou optimální podmínky insonace pro nedostatečné akustické okno, pak je za minimum považováno zobrazení alespoň jedné tepny z transtemporálního přístupu a vertebrální artérie z transforaminálního přístupu se současným zdůvodněním příčin nezobrazení ostatních tepen uvedených pod písmeny A – F. Pokud je klinické podezření na patologický nález a cévu nelze zobrazit (kvalita zobrazení je technicky limitována, zejména hyperostózou), je indikováno použití kontrastní látky.

## 6. Indikace vyšetření

Základním důvodem indikací TCCS vyšetření je klinická symptomatologie pacienta, dále pak nálezy pomocných vyšetření (zobrazovacích i funkčních), které musí být komplexně posouzeny. Předpokladem pro správnou interpretaci nálezu TCCS vyšetření je předchozí provedení duplexní sonografie extrakraniálních tepen, jejíž výsledek by měl mít vyšetřující k dispozici. Následuje přehled nejdůležitějších indikací TCCS vyšetření:

### 6.1.

Vyšetření pacientů se stenózami nebo okluzemi extrakraniálních tepen – zjištění a sledování důsledků pro mozkovou cirkulaci a kolaterálního oběhu, vyšetření před plánovaným revaskularizačním výkonem.

### 6.2.

Vyšetření pacientů s podezřením na stenotický proces intrakraniálních tepen (eventuelně s prokázanými intrakraniálními stenózami) – zjištění a sledování intrakraniálních stenóz a jejich hemodynamických důsledků.

### **6.3.**

Vyšetření pacientů s akutní CMP ischemického původu v karotickém i vertebrobasilárním povodí nebo pacientů po prodělané tranzitorní ischemické atace (TIA).

### **6.4.**

Vyšetření pacientů s chronickým cerebrovaskulárním onemocněním, v diferenciální diagnostice a sledování intrakraniálních angiopatií a arteriitid.

### **6.5.**

Vyšetření pacientů s cévními malformacemi, zejména s arteriovenózním zkratem – stanovení zásobujících cév malformace, sledování úspěšnosti terapeutických zásahů.

### **6.6.**

Vyšetření k průkazu a sledování vazospazmů, nejčastěji u pacientů po subarachnoidálním krvácení.

### **6.7.**

Vyšetření ke stanovení mozkové smrti.

### **6.8.**

Vyšetření pacientů s kraniocerebrálními traumaty a rozsáhlými lézemi mozku, sledování v rámci komplexního monitoringu zvýšeného intrakraniálního tlaku.

### **6.9.**

Vyšetření v diferenciální diagnostice bolestí hlavy, zejména migrény.

### **6.10.**

Detekce pravolevého zkratu při podezření na epizody paradoxní embolizace.

### **6.11.**

Vyšetření pacientů s tumorem mozku (meningeom, astrocytom, glioblastom, metastáza a další).

### **6.12.**

Vyšetření pacientů s intrakraniálním abscesem.

### **6.13.**

Vyšetření pacientů s intrakraniálním krvácením (intracerebrální krvácní, subarachnoidální krvácení, hemocefalus, epidurální a subdurální hematom)

### **6.14.**

Vyšetření pacientů s Parkinsonovou chorobou a vaskulárním parkinsonským syndromem

### **6.15.**

Vyšetření pacientů s hydrocefalem, detekce včetně diferenciální diagnózy mezi normotenzním a hypertenzním hydrocefalem.

### **6.16.**

Vyšetření pacientů s podezřením na přetlak střední čáry (u ložiskových expanzivních procesů)

### **6.17.**

Vyšetření pacientů s centrálními neurologickými příznaky při podezření na fokální či difúzní intrakraniální lézi.

### **6.18. Speciální indikace pro TCCS monitoring:**

#### 6.18.1.

Detekce mikroembolizací do intrakraniální oblasti s cílem vyhodnocení rizika a stanovení zdroje. V této indikaci je vhodnější TCD monitoring se speciálním softwarovým zpracováním

#### 6.18.2.

Monitorování rekanalizace intrakraniálních tepen u pacientů s akutní ischemickou cévní mozkovou příhodou.

#### 6.18.3.

Peroperační monitorování karotické endarterektomie, angioplastiky a stentování extra a intrakraniálních tepen, eventuálně jiného kardiovaskulárního výkonu, včetně pooperačního sledování. V této indikaci je vhodnější TCD monitoring.

#### 6.18.4.

Peroperační monitoring operace intrakraniálních expanzí (tumory, abscesy), cévních malformací a aneurysmat.

### 7. Hodnocení nálezu, diagnostická kritéria

Cílem TCCS vyšetření je identifikace a zhodnocení patologických změn v mozковém parenchymu a intrakraniální cirkulaci a dokumentování jejich původu, lokalizace a tíže. Obecně toto hodnocení vychází z lokálních změn echogenity mozkového parenchymu, lokalizace, průběhu a morfologie intrakraniálních cév s detekcí rychlosti, směru a charakteristiky toku krve. Další parametry dopplerovské křivky, přítomnost abnormálních signálů a výsledky testů funkční reaktivity mohou dopomáhat ke správné interpretaci nálezu. Základní kritéria, zahrnující parametry fyziologického nálezu a nejčastější patologické změny, jsou obsažena **v odborné příloze standardu**. Jedná se o doporučení, založená na publikovaných údajích a vlastních zkušenostech autorů standardu a pro pravidelné využívání doporučujeme vždy jejich vnitřní validaci na individuálním sonografickém pracovišti.