

A CAROTIS-VERTEBRALIS RENDSZER COLOR DOPPLER ULTRAHANGVIZSGÁLATA

Dr. Jakab Zsuzsa, Dr. Dósa Edit

A color Doppler (CD) ultrahangvizsgálat a legelterjedtebb és a legfontosabb képalkotó módszer a carotis rendszer és az a. vertebralis extracranialis szakaszának a megítélésében. Ez, a többi képalkotó eljáráshoz viszonyítva olcsó, széles körben hozzáférhető, non-invazív módszer a morfológiai és a hemodinamikai eltérésekről egyaránt pontos információt nyújt, ezért elsőként választandó az a. carotisokat érintő kórfolyamatok kimutatására, illetve ezen elváltozások nyomkövetésére. A vizsgálat befolyásoló, korlátozó tényezői a következők: testalkat (pl. rövid, izmos nyak), rizikófaktorok, társbetegségek (pl. életkor, hypertonia, szív, tüdő, ízületi betegség, struma), posztoperatív állapot (pl. tracheostomiás tubus, centrális vénás kanül, varrat, haematoma), a kooperáció hiánya, anatómiai viszonyok (pl. magasan lévő bifurcatio, elongatio, megtöretés), multilocularis stenosis (pl. azonos oldali nagyfokú, proximalis stenosis/occlusio, ellenoldali nagyfokú stenosis/occlusio, tandem stenosis), plakk morfológia (pl. kifejezett calcificatio), stb.

Az ultrahangvizsgálat lehetővé teszi a carotis-vertebralis rendszer lefutásának és az érfal szerkezetének a pontos megítélését; célja a laesio helyének, kiterjedésének és természetének megadása. Segítségével nemcsak a laesiók, hanem az általuk okozott áramlási zavarok is kimutathatók, melyek a Doppler-görbék elemzése révén mennyiségileg is jellemezhetők.

A carotis-vertebralis rendszer CD ultrahangvizsgálatának javallatai

- Tünetmentes carotis zörej
- Amaurosis fugax
- TIA
- Ischaemiás stroke
- Cerebralis vérzés
- Vertebrobasilaris tünetegyüttes
- Subclavian steal-szindróma gyanúja
- Carotis rendszerbeli obstrukció gyanú esetén történő szűrés
- Nagy rizikójú műtétet megelőző szűrés (szívműtét, coronaria interventio)
- Ismert, de műtėti indikációt nem képező érelváltozás nyomkövetése
- Érsebészeti beavatkozás, angioplastica utáni nyomkövetés

A vizsgálathoz nagy frekvenciájú, 5-12 MHz-es linearis transducert alkalmazunk. A carotis CD ultrahangvizsgálat alatt az a. carotis communis (ACC), a bifurcatio, az a. carotis interna (ACI) és az a. carotis externa (ACE) vizsgálatát értjük. Az ACI az ACE-től lokalizációja (pl. lateralisán fut), eltérő morfológiai sajátosságai (pl. az extracranialis szakaszon nincs oldalága), illetve jellegzetes Doppler-görbéje alapján különíthető el.

Az agyi artériás rendszer ellenállása alacsony, az áramlás a teljes szív ciklus idején anterograd irányú, az áramlási sebesség diastolében csak fokozatos csökkenést mutat. Ennek megfelelően az ACI áramlási görbéjére a széles, platószerű systolés hullám és a viszonylag magas végdiastolés sebesség (angolul EDV) jellemző. **(1/a ábra)** Ezzel ellentétben a perifériás artériás rendszer ellenállása magas, diastolében nincs jelentős áramlás, az áramlási sebesség gyorsan nullára csökken, esetleg retrograd áramlás is jelentkezhet. Ennek megfelelően az ACE áramlási görbéjére a keskeny systolés hullám és az alacsony EDV jellemző. **(1/b ábra)** Az ACC Doppler-görbéje átmenetet képvisel az ACI és az ACE között.

Az artériák falának szerkezetére jellemző, hogy két echodús réteg között egy echoszegény sáv helyezkedik el. Hisztológiai vizsgálatokkal igazolták, hogy a külső echodús réteg az adventitiának felel meg, míg a lumen felőli echodús réteg és a középső echoszegény sáv együttesen az intima-media réteget alkotja, melynek szélességét intima-media vastagságnak (angolul IMT-nek) nevezzük. Az IMT meghatározása során az ACC-t hosszszelvényben látótérbe hozzuk, majd a bifurcatio alatt 1-3 cm-el megmérjük. Az érfal 1 cm hosszú szakaszának kijelölése után a készülék határfelületeket felismerő szoftvere automatikusan megadja az IMT pontos értékét, mely normálisan 0,4-0,8 mm között van.

Ultrahangvizsgálattal leggyakrabban az atheroscleroticus elváltozásokat és azok hemodinamikai hatását vizsgáljuk. Az IMT kiszélesedése az atheroscleroticus folyamat első ultrahangos jele. Az atherosclerosis progressziójával plakkok jelennek meg, melyek körülírt, lumenbe domborodó intima elváltozások. A plakkok analízise során azok lokalizációját (ACC, bifurcatio, ACI, ACE), méretét, szerkezetét [homogén, inhomogén, meszes (**2/a ábra**), echodús (**2/b ábra**), echoszegény (**2/c ábra**), vegyes echogenitású], illetve felszíni sajátosságait [sima (**2/d ábra**), egyenetlen, kifeléyesedett (**2/e ábra**)] határozzuk meg. Az atheroscleroticus folyamat leggyakrabban a carotis bifurcatio területét és az ACI kezdeti, bulbaris szakaszát érinti.

Míg az echodús plakkok stabilak, elsősorban kötőszövetet tartalmaznak, a szürkeskálás képen jól látszanak ("halványszürkék-szürkék"), addig az echoszegény plakkok főleg lipideket tartalmaznak, a szürkeskálás képen alig észrevehetőek, hiszen az áramló vérrel megegyező az echogenitásuk ("feketék"). A lipidben gazdag echoszegény plakkok általában instabilak (vulnerabilisak), rupturára hajlamosak, felszínükön thrombus alakulhat ki, mely embolisatiót okozhat. A plakkon belüli vérzés, gyulladás, illetve a thromboticus felrakódások egyaránt inhomogén szerkezetet eredményeznek. Minél echoszegényebb egy plakk-rendszer, minél inkább inhomogén szerkezetű, minél egyenetlenebb a felszíne, annál nagyobb a valószínűsége, hogy distalis embolisatióhoz vezet.

A plakkok szűkületet vagy akár teljes érelzáródást is okozhatnak. Szűkület esetén az addig lamináris áramlás turbulenssé válik. Két fajta szűkületet különböztethetünk meg. Az egyik az anatómiai szűkület, melyet az átmérő vagy a keresztmetszet alapján határozzuk meg. A másik a hemodinamikai szűkület, melyet az áramlási paraméterek révén adunk meg. Az átmérő szűkület vagy az ECST-ben (European Carotid Surgery Trial-ban) vagy a NASCET-ben (The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial-ban) alkalmazott formulák segítségével számolható ki. (**3. ábra**) Hemodinamikailag szignifikáns ACI stenosis esetén a szűkület magasságában, illetve az azt distalisan közvetlenül követő szakaszon az áramlási sebesség megemelkedik. Kb. 50%-os átmérő, azaz kb. 75%-os keresztmetszeti stenosis szükséges ahhoz, hogy az áramlási sebesség kimutathatóan megemelkedjen. Az ACI hemodinamikai stenosisainak méréséhez három alapvető paramétert, a systolés csúcsebességet (angolul PSV-t), az EDV-t és az ACI PSV/ACC PSV hányadost használjuk. A klinikai gyakorlatban általában a PSV mérést alkalmazzuk. Hemodinamikailag szignifikánsnak tekintjük a szűkületet, ha annak százalékos értéke eléri a 70-et vagyis a PSV 230 cm/s vagy annál magasabb. (**Táblázat**) Megjegyzendő azonban, hogy a PSV és az EDV értékét számos fiziológiás és patológiás tényező befolyásolja; a stenosis értéke minden esetben csak becslést, ennek megfelelően meghatározása komplex látásmódot és nagyfokú rutint igényel.

Klinikai és prognosztikai szempontból különösen nagy jelentősége van a tüneteket okozó 70-80%-os vagy annál nagyobb stenosisok kimutatásának. Nagy randomizált tanulmányok szerint (ECST, NASCET) ugyanis ezekben az esetekben a carotis műtét csökkenti a stroke kockázatát. Tünetmentesség esetén ennél nagyobb, 80-85%-os szűkület képez műtéti indikációt. A 70%-nál kisebb stenosis még nem, míg az occlusio már nem igényel revascularisatiót.

A subtotalis stenosis elkülönítése az occlusiótól fontos - hiszen a teljes elzáródás inoperabilis állapot, míg a subtotalis ACI stenosis sürgősséggel megoperálandó vagy megstentelendő -, de ultrahanggal nem mindig könnyű. **(4. és 5. ábra)** Ha a készülék Doppler érzékenysége nem megfelelő, az igen szűk residuális lumenben az alacsony sebességű áramlás nem minden esetben detektálható. Az intravénás ultrahang kontrasztanyagok felerősítik az intravascularis jeleket, ezért kérdéses esetben nagy segítséget jelenthet alkalmazásuk.

Az ultrahangvizsgálatot az atheroscleroticus laesiók megjelenítése mellett egyéb patológiás elváltozások kimutatására is alkalmazzuk, úgymint:

- a carotis rendszer lefutási rendellenességeinek az ábrázolására. A kifejezetten elongált, kanyargós lefutást - attól függően, hogy mi okozza - kinkingnek vagy coilingnak nevezzük. A kinking kialakulásának hátterében a hypertonia, illetve az atherosclerosis áll, míg a coiling egy fejlődési variáció. Kifejezett kinking/coiling áramlási zavart, tüneteket is okozhat és ez által műtéti indikáció alapját is képezheti.

- a primer vagy posztoperatív carotis (ál)aneurysmák, illetve az általában traumás eredetű arteriovenosus fistulák megjelenítésére.

- a spontán vagy traumás eredetű dissectiók ábrázolására.

- a glomus tumorok megjelenítésére, melyek a carotis villa chemoreceptoraiból indulnak ki, széttolják a bifurcatiót, az ultrahangos képeken jellegzetesen echoszegények és kifejezetten hypervascularisáltak.

- a primer fej-nyak tumorok vagy metastasisok vascularisatiójának, illetve a környező nagyér képletekhez való viszonyának a megjelenítésére.

- a carotis műtét vagy stentelés után esetlegesen kialakuló restenosis ábrázolására. **(6. ábra)**

- a vasculitisek megjelenítésére. A gyulladásos érfalszerkezeti eltérések általában a fiatalabb korosztályt érintik. Az ultrahangos képeken az érfal koncentrikus, echoszegény megvastagodása a jellemző.

Az a. vertebralis vizsgálata

Az ér ábrázolása az eredésénél, illetve a canalis vertebralisban (a C3-C6 csigolyák processus transversusai között) lehetséges. **(7. ábra)** Az atheroscleroticus laesiók többsége az a. vertebralis eredését érinti, ez a szakasz azonban csak az esetek kb. 35-45%-ában hozható látótérbe.

Az a. vertebralis átmérője 1,5-5 mm, áramlási spektruma az ACI-val megegyező, alacsony rezisztenciájú. Áramlásának iránya normálisan anterograd, caudo-cranialis irányú. Ha az a. vertebralisban az áramlás iránya megfordul, retrográddá válik, akkor a betegnek nagy valószínűséggel subclavian steal-szindrómája van. A subclavian steal-szindróma oka az a. subclavia súlyos fokú szűkülete vagy teljes elzáródása az a. vertebralis eredése előtti szakaszon. Így ahhoz, hogy az érintett oldali felső végtagba vér jusson, az a. vertebralis áramlási irányának meg kell fordulnia, vért kell "lopnia" az agyból. Kevésbé súlyos fokú a. subclavia szűkület esetén előfordul, hogy csak a szív ciklus egy részében van fordított irányú áramlás az a. vertebralisban. Ezt inkomplett subclavian steal-szindrómának hívjuk.

Egyéb vascularis radiológiai vizsgálatok

Transcranialis Doppler (TCD) vizsgálat

A csontos koponyán belüli struktúrák ultrahangvizsgálata a kutacsok záródásával rendkívül nehézé válik. A koponya bizonyos helyein azonban, ahol a csont elvékonyodott vagy hiányzik, ún. ultrahangablakok keletkeznek, melyeken keresztül TCD készülékkel az

agyi artériák áramlása vizsgálható. A hagyományos TCD vizsgálatnál a mérés "vakon" történik, újabban azonban megnyílt a lehetőség az intracranialis nagyerek CD ultrahangvizsgálatára is. A vizsgálatához alacsony frekvenciájú, 2-3 MHz-es transducert használunk.

TCD vizsgálat szükséges, illetve indokolt a következő esetekben

- Ischaemiás stroke esetén, ha a carotis CD ultrahangvizsgálat nem mutat klinikai tüneteket magyarázó eltérést
- Extracranialis stenosis, occlusio esetén, elsősorban érsebészeti beavatkozások előtt, ha az intracranialis áramlás eltérései is tisztázandók
- Intraoperatív monitorizálás céljából
- Subarachnoidális vérzés esetén a vasospasmus monitorizálására
- Arteriovenosus malformatio vizsgálatára
- Ismert cardialis vagy artériás embóliaforrás esetén embolia kimutatására
- Intracranialis nyomásfokozódás gyanújakor
- Agyhalál megállapítására

Digitális szubtrakciós angiográfia (DSA)

A nyaki, illetve az intracranialis artériák vizsgálatának "gold standardja" sokáig a DSA volt. Segítségével valamennyi supraaorticus ág - az aortaívből eredő főágaktól az intracranialis nagyartériák mellékágáig, illetve a nagyobb vénák is - ábrázolható. Az ultrahang vizsgálattal ellentétben a DSA kevésbé függ a vizsgáló jártasságától, jól reprodukálható, a multilocularis elváltozások pedig együlésben kimutathatók. A DSA terápiás intervencióval (percutan transluminális angioplasticával vagy stent implantációval) köthető egybe. Az eljárás hátránya, hogy viszonylag költséges, invazív, szövődeményekkel járhat; 0,4%-ban TIA, 0,5%-ban pedig stroke alakulhat ki. Manapság a DSA-t többnyire csak terápiás cézzal alkalmazzuk. A CD ultrahanggal kimutatott elváltozások verifikálása non-invazívan, CT vagy MR angiográfiával történik.

Irodalom

1. Sabeti S, Schillinger M, Mlekusch W, *et al.* Quantification of Internal Carotid Artery Stenosis with Duplex US: Comparative Analysis of Different Flow Velocity Criteria. *Radiology*. 2004;232:431-39.
2. Tahmasebpour HR, Buckley AR, Cooperberg PL, *et al.* Sonographic Examination of the Carotid Arteries. *RadioGraphics*. 2005;25:1561-75.
3. Schillinger M, Exner M, Mlekusch M, *et al.* Inflammation and Carotid Artery - Risk for Atherosclerosis Study (ICARAS). *Circulation*. 2005;111:2203-09.
4. Harkányi Zoltán, Morvay Zita. *Ultraszonográfia*. Minerva Kiadó Kft. 2006.
5. Reiter M, Effenberger I, Sabeti S, *et al.* Increasing Carotid Plaque Echolucency is Predictive of Cardiovascular Events in High-Risk Patients. *Radiology*. 2008;248:1050-55.
6. Eyding J, Geier B, Staub D. Current strategies and possible perspectives of ultrasonic risk stratification of ischemic stroke in internal carotid artery disease. *Ultraschall Med*. 2011;32:267-73.
7. von Reutern GM, Goertler MW, Bornstein NM, *et al.* Grading carotid stenosis using ultrasonic methods. *Stroke*. 2012;43:916-21.
8. Saba L, Anzidei M, Sanfilippo R, *et al.* Imaging of the carotid artery. *Atherosclerosis*. 2012;220:294-309.

Ábraszöveg

1/a. Szabályos ACI Doppler-görbe.

Az ACI áramlási görbéjére a széles, platószerű systolés hullám és a viszonylag magas végdiastolés sebesség jellemző. PSV: systolés csúcssebesség, EDV: végdiastolés sebesség.

1/b. Szabályos ACE Doppler-görbe.

Az ACE áramlási görbéjére a keskeny systolés hullám és az alacsony végdiastolés sebesség jellemző. PSV: systolés csúcssebesség, EDV: végdiastolés sebesség.

2/a. Hangárnyékot adó, meszes plakk-rendszer.

A képen egy hangárnyékot adó, meszes plakk-rendszer figyelhető meg az ACI kezdeti szakaszán.

2/b. Echodús plakkok.

Az echodús plakkok a szürkescálás képen jól látszanak ("halványszürkék-szürkék").

2/c. Echoszegény plakk.

Az echoszegény plakkok a szürkescálás képen alig észrevehetőek, hiszen az áramló vérrel megegyező az echogenitásuk ("feketék").

2/d. Sima felszínű plakk.

A képen egy sima felszínű, közepes echogenitású plakk figyelhető meg az ACC középső harmadában.

2/e. Exulcerált plakk-rendszer.

A képen egy exulcerált, közepes echogenitású plakk-rendszer figyelhető meg a bifurcatio-ACI átmenet magasságában.

3. Az átmérő szűkület mértékének meghatározása során alkalmazott ECST, illetve NASCET formulák.

4. Subtotalis ACI stenosis.

Az ACI-ban az áramlás kifejezetten turbulens. PSV: systolés csúcssebesség = 512 cm/s, EDV: végdiastolés sebesség = 198 cm/s.

5. ACI occlusio.

Az ACI-ból áramlási jel nem nyerhető; lumenét közepes echogenitású thrombus tölti ki.

6. Carotis in-stent restenosis.

7. A. vertebralis.

A processus transversusok között piros színnel ábrázolódik az artéria.

Táblázatszöveg

Az ACI hemodinamikai szűkületének meghatározása során alkalmazott PSV, illetve EDV értékek.