

Costas Constantoyannis, med dr, doktorand

Harry Kourtopoulos, docent, överläkare; båda vid Neurocentrum, Norrlands Universitetssjukhus, Umeå
(harry.kourtopoulos@vll.se)

Transkraniell doppler inom neurokirurgin

Skonsam metod för diagnostik av vasospasm och subaraknoidalblödning

■ Ultraljudsregistrering, så kallad dopplerteknik, har utvecklats under efterkrigstiden inom den tekniska disciplinen och har sedan början av 1960-talet använts framgångsrikt även inom medicinen, främst kanske inom kardiologi och obstetrik.

Dopplerregistrering av blodflödes hastigheten (BFH) i de extrakraniella artärerna hos människa rapporterades första gången 1965 av Miyazaki och Kato [1]. År 1982 beskrev Aaslid en ny teknik för registrering genom ett intakt kranium av blodflödes hastigheten i de basala cerebrala artärerna [2]. Han använde sig av en ultraljudsfrekvens på 2 MHz och registrerade BFH i de intrakraniella artärerna genom ett »temporalt fönster«, ett begränsat område ovanför zygomaticusbågen och 1–1,5 cm framför örat. Han kunde för första gången registrera normalvärden från arteria carotis interna, arteria cerebri media, arteria cerebri anterior och arteria cerebri posterior (Fakta 1 och 2).

Arteria cerebri medias grenar kan registreras på ett djup av 35–45 mm. Genom en ändring av probens position och djup kan man få värden från de flesta kärlen i circulus Willisii. Exaktheten av den blodflödes hastighet man får med transkraniell doppler (TKD) påverkas dels av insonationsvinkeln, dels av blodkärlens anatomi.

Användningsområde

Inom neurokirurgin används transkraniell doppler främst för att påvisa vasospasm efter en subaraknoidalblödning. Begreppet vasospasm i de intracerebrala kärlen innebär en övergående eller tillfällig kontraktion av de intracerebrala artärerna, en kontraktion som kan uppstå vid en mängd olika åkommor i centrala nervsystemet och som kan ge upphov till övergående eller permanent dysfunktion/skada på grund av cerebral ischemi.

Vanligen ses vasospasm efter en aneurysmal subaraknoidal blödning, men tillståndet kan förekomma även vid andra intracerebrala blödningar, vid skullskador och efter intrakraniell kirurgi.

Vasospasm förekommer hos 20–30 procent av patienter med subaraknoidal blödning och upptäcks till 30–70 procent vid de angiografier som görs omkring den sjunde dagen efter blödningen [3]. Vasospasmen ses oftast sex till åtta da-

SAMMANFATTAT

Inom neurospecialiteterna används registrering medelst transkraniell doppler av blodflödes hastighet i såväl den främre som den bakre cirkulationen. Dessa mätningar görs främst på arteria carotis interna, arteria cerebri media, arteria cerebri anterior och posterior samt arteria vertebralis.

Transkraniell doppler används numera rutinmässigt inom neurokirurgin för att påvisa vasospasm efter subaraknoidalblödning.

Registreringsfynden ger viktig information inför spasmprofylax eller spasmbehandling.

gar efter en subaraknoidal blödning, men sen vasospasm (omkring dag 17 efter blödningen) förekommer (4 procent) [4].

Sena ischemiska manifestationer, som visar sig i form av förändringar i medvetandegrad eller tecken på ett nytt neurologiskt deficit, bör omedelbart utredas med datortomografi för att utesluta reblödning eller hydrocefalus. Därefter kan den behandlande läkaren arbeta för att säkerställa vasospasm-diagnosen som orsak till patientens försämring.

Angiografi betraktas som förstahandsval vid diagnostisering av vasospasm. I en färsk metaanalys av 597 studier fann man att angiografi var en säker metod vid utredning av patienter med subaraknoidal blödning och neurologisk försämring efter blödningen [5].

I en preliminär studie omfattande 38 patienter presenterade Aaslid 1984 [6] TKD-metoden. Han fann en korrelation mellan blodflödes hastighet i arteria cerebri media och kärlens diameter. En förnämning av kärllumen till följd av vasospasm har iakttagits medelst TKD-metoden hos många patienter med ökade flöden. Eftersom metoden är icke-invasiv kan undersökningen upprepas så ofta som den behövs; den

II Fakta 1

Blodflödes hastighet och vasospasm

Blodflödes hastigheter i arteria cerebri media >200 cm/sekund eller <120 cm/sekund är pålitliga prediktorer för närvaro eller frånvaro av vasospasm.

Ökning av flödes hastigheten >50 cm/sekund, mätt på daglig basis, kan tyda på vasospasm.

Då klinisk misstanke om vasospasm föreligger, men patientens värden efter TKD-mätning är normala, kan cerebral angiografi eller enfotonstomografi (SPECT) vara av värde.

Hos hälften av patienterna med subaraknoidal blödning kan man inte basera sina terapeutiska överväganden på enbart blodflödesmätningar.

II Fakta 2

Normalvärden för blodflödes hastighet i de stora cerebrala artärerna

Arteria cerebri media (53–77 cm/sekund)

Arteria cerebri anterior (49–60 cm/sekund)

Arteria carotis interna (30–60 cm/sekund)

Arteria cerebri posterior (30–60 cm/sekund)

betraktas som idealisk vid monitorering av spasm vid subaraknoidal blödning.

I tidigare studier har man också funnit en korrelation mellan blodflödes hastighet och klinisk försämring på grund av vasospasm vid subaraknoidal blödning [7, 8]. Primärt antog flera författare att blodflödes hastighet i arteria cerebri media >120 cm/sekund var indikativ för vasospasm [9, 10], men även andra gränsvärden har föreslagits [11–13].

Idag använder många neurokirurgiska kliniker förhöjda TKD-värden funna före en klinisk försämring som ledning inför vasospasmprofylax. Användning av transkraniell doppler som rutin före klinisk behandling vållar emellertid problem, eftersom det finns patienter som förblir asymtomatiska trots BFH-värden i arteria cerebri media på mer än 200 cm/sekund. Andra patienter kan ha en blodflödes hastighet varierande mellan 120 och 140 cm/sekund, medan andra kan ha normala värden och ändå utveckla cerebral infarkt [14, 15].

Hemisfärindex

Ett s k hemisfärindex förekommer i litteraturen. Enligt vissa författare kan ökad blodflödes hastighet vara ett resultat av hypervolemi eller hypertension på grund av en defekt autoregulation sekundär till en subaraknoidal blödning [16, 17]. Således kan en ökad hastighet representera en kompensatorisk blodflödesökning; den behöver inte nödvändigtvis tyda på ett patologiskt flöde.

Hemisfärindex eller Lindegaard-kvot VMCA/VICA

(velocity middle cerebral artery/velocity internal carotid artery), dvs flödet i cerebri media i förhållande till flödet i den extrakraniella delen av carotis interna, kan användas för att utvärdera huruvida ökade flöden innebär en artärförsnävning eller ett ökat flöde. Lindegaard föreslår att ett index >3 visar att det finns vasospasm, medan värden >6 är kännetecknen på svår spasm [18, 19]. Hemisfärindex visade sig vara mindre påverkligt av kön och ålder.

Tillförlitligheten hos denna kvot accepteras inte av alla; vissa författare menar att den varken bidrar till värdet av en absolut blodflödes hastighet eller bevisar värdet av transkraniell doppler som prediktor vid monitorering [20, 21].

Pulsatilitetsindex

Pulsatilitetsindex (PI) är ett mått på cerebral vaskulär resistans. Ökad PI betecknar ökad perifer resistans i de cerebrala kärlen. Flera olika PI har beskrivits:

- »Gosling pulsatility index«
(V systoliskt–V diastoliskt/V mean).
- »Pourcelot resistance index«
(V systoliskt–V diastoliskt/V systoliskt).
- »Fourier pulsatility index«.

Vid subaraknoidal blödning ses en PI-topp strax efter blödningen; kurvan planar sedan ut dag för dag till ett stabilt värde. Ett ökat PI-värde kunde dock inte predicera vasospasm [22, 23]. PI-index anses ge värdefull information såväl vid bedömning av extrakraniell carotis interna-stenos (ökat PI-värde i det prestenotiska området) som hos patienter med cerebrala arteriovenösa malformationer.

Kan TKD-värden predicera angiografisk vasospasm?

Det finns få studier som har undersökt sensitivitet och specificitet hos transkraniell doppler vid diagnostisering av angiografisk vasospasm. Sensitiviteten hos dopplersonografi av arteria cerebri media har bedömts variera mellan 76 och 85 procent, specificiteten mellan 54 och 89 procent. För arteria cerebri anterior, arteria vertebralis och arteria basilaris är metoden inte lika pålitlig (på grund av av kollateralt flöde); sensitiviteten varierar mellan 15 och 77 procent, specificiteten mellan 79 och 95 procent [14, 24].

Trots att dessa värden är användbara på sitt sätt, är de samtidigt till föga hjälp för den kliniker som önskar kvantifiera den kliniska signifikansen av vasospasm baserad på TKF-mätningarna hos individuella patienter. Sensitivitet och specificitet enbart synes inte vara adekvata som mått på värdet av ett diagnostiskt test.

»Positive« (PPV) respektive »negative predictive value« (NPV) av transkraniell doppler har undersökts av Vora och medarbetare. De anser att en blodflödes hastighet mellan 120 och 199 cm/sekund är en dålig prediktor av signifikant arteria cerebri media-spasm (PPV 50 procent), medan BFH <120 cm/sekund eller >200 cm/sekund är pålitliga prediktorer för närvaro respektive frånvaro av vasospasm (NPV 94 procent, PPV 87 procent) [21].

Med andra ord: endast mycket låga eller mycket höga arteria cerebri media-flöden kan på ett trovärdigt sätt predicera angiografisk och klinisk vasospasm. De falskt negativa resultat som erhållits har föreslagits bero på att man med nuvarande TKD-utrustning inte kan demonstrera vasospasm [24, 25].

Att det kan finnas vasospasm i de mest perifera kärlen har visats av Okada och medarbetare [25]. De använde sig av digital subtraktionsangiografi och fann att 8 av 50 patienter vars TKD-studier inte visade BFH-ökning ändå hade svår vasospasm perifert i mediagrenarna. Deras studie bekräftar såle-

II Fakta 3

TKD-fynd i arteria cerebri media tydande på vasospasm

Vasospasm föreligger: Blodflödeshastighet >200 cm/sekund (hemisfärindex >6).

Vasospasm föreligger inte: Blodflödeshastighet <120 cm/sekund (hemisfärindex <3).

des dels att BFH-mätningarna vid M1-segmentet av arteria cerebri media är inadekvata för bedömning av svårighetsgraden av den vasospasm som sträcker sig till de mest perifera grenarna, dels att patienter med negativa TKD-resultat men klinisk misstanke om vasospasm borde bli föremål för angiografisk utredning (Fakta 3).

Jämförande studier

Efter en subaraknoidalblödning kan det cerebrala blodflödet (CBF) vara signifikant reducerat även då vasospasm saknas. Jämförande studier mellan xenondatortomografi/CBF-mätningar och transkranieell doppler har visat att en reduktion av CBF vanligen följs av en stegring i blodflödeshastighet [11]. Clyde och medarbetare har jämfört flödeshastighet mätt med transkranieell doppler och cerebralt blodflöde mätt med xenon-CT hos patienter med subaraknoidalblödning och funnit dels att höga CBF-värden var korrelerade till höga blodflödeshastigheter i alla vaskulära områden, dels att CBF i arteria cerebri media kontralateralt till en deficit var signifikant mindre än i områden med kliniska deficit. Dessa data tyder på ett troligt samband mellan ökad blodflödeshastighet och ett ökat blodflöde [26].

Inför terapeutiska beslut avseende patienter med subaraknoidalblödning bör inte bara BFH-värdena beaktas, eftersom dessa kan vara otillräckliga. Xenon-CBF-mätning, perfusionsviktad magnetisk resonanstomografi eller perfusionstomografi kan därför användas som komplement till transkranieell doppler [17].

Teknikens fördelar ...

Transkranieell doppler är en säker och billig metod, som tillåter frekvent eller kontinuerlig icke-invasiv mätning av blodflödeshastighet i arteria cerebri media. Mycket ökade BFH-värden (>200 cm/sekund), eller lågt BFH (<120 cm/sekund), kan på ett tillförlitligt sätt förutse närvaro respektive frånvaro av vasospasm. Metoden är idealisk för svårt sjuka patienter, eftersom ischemi till följd av vasospasm kan förbli oupptäckt på grund av att den kan maskeras av den deficit som redan finns.

Tillämpningen av metoden är väl dokumenterad också hos patienter med sicklecellsanemi (evidensklass klass I), hos patienter med ischemiska cerebrovaskulära sjukdomar och hos patienter med subaraknoidalblödning (evidensklass II), liksom vid fastställande av upphävd cerebral cirkulation [17].

... och nackdelar

Metoden anses mindre känslig när det gäller andra kärl än arteria cerebri media. Det är bara M1-segmentet som kan dokumenteras med klassisk transkranieell doppler. Det finns emellertid rapporter om transkranieell duplexsonografi, som kan ge kompletterande information genom exakt mätning av M2-

segmenten [27]. Ökad blodflödeshastighet reflekterar högre cerebrala blodflöden som resultat av hypervolemi eller hypertension (på grund av defekt autoregulation efter subaraknoidalblödning). Ökat intrakraniellt tryck, ålder, hematokrit och PCO₂ kan också påverka BFH-värdena.

De absoluta BFH-värdena hos hälften av patienterna med subaraknoidalblödning (patienter med BFH >120 cm/sekund och <200 cm/sekund) är inte tillförlitliga som underlag för bedömning av vasospasm [21]. Metodens största begränsning är dock ljudets oförmåga att penetrera mjukdelar och skalle; detta ses främst hos äldre patienter (10 procent). Slutligen kräver TKD-metoden att en erfaren läkare gör undersökningen och analyserar resultaten.

Metoden är fortfarande under utvärdering avseende patienter med cerebral ventrombos, vid meningal infektion och hos patienter med skullskada (evidensklass III) [17].

Referenser

- Miyazaki M, Kato K. Measurement of cerebral blood flow by ultrasonic Doppler Technique. *Jpn Circ J* 1965;29:375-83.
- Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57:769-74.
- Biller J, Godersky JC, Adams HP Jr. Management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 1988;19:1300-5.
- Le Roux PD, Elliott JP, Eskridge JM, Cohen W, Winn HR. Risks and benefits of diagnostic angiography after aneurysm surgery: a retrospective analysis of 597 studies. *Neurosurgery* 1998;42:1248-55.
- Aaslid R, Huber P, Nornes H. Evaluation of cerebrovascular spasm with transcranial Doppler ultrasound. *J Neurosurg* 1984;60:37-41.
- Seiler RW, Grolimund P, Aaslid R, Huber P, Nornes H. Cerebral vasospasm evaluated by transcranial ultrasound correlated with clinical grade and CT-visualized subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 1986;64:594-600.
- Grosset DG, Straiton J, MacDonald I, Cockburn M, Bullock R. Use of transcranial Doppler sonography to predict development of a delayed ischemic deficit after subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 1993;78:183-7.
- Martin NA, Patwardhan RV, Alexander MJ, Africk CZ, Le JH, Shalmon E, et al. Characterization of cerebral hemodynamic phases following severe head trauma: hypoperfusion, hyperemia and vasospasm. *J Neurosurg* 1997;87:9-19.
- Sekhar LN, Wechsler LR, Yonas H, Luvckx K, Orbist W. Value of transcranial Doppler examination in the diagnosis of vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 1988;22:813-21.
- Schaller C, Rohde V, Meyer B, Hassler W. Amount of subarachnoid blood and vasospasm: current aspects. *Acta Neurochir (Wien)* 1995;136:67-71.
- Laumer R, Steinmeier R, Gönner R, Vogtmann T, Priem R, Fahlbush R. Cerebral hemodynamics in subarachnoid hemorrhage evaluated by transcranial Doppler sonography, part I: reliability of flow velocities in clinical management. *Neurosurgery* 1993;33:1-9.
- Babikian VL, Feldmann E, Wechsler LR, Newell DW, Gomez CR, Bogdahn U, et al. Transcranial Doppler ultrasonography: Year 2000 update. *J Neuroimaging* 2000;April 10(2):101-15.
- Lindegård KF, Nornes H, Bakke SJ, Sorteberg W, Nakstad P. Cerebral vasospasm diagnosis by means of angiography and blood velocity measurements. *Acta Neurochir (Wien)* 1989;100:12-24.
- Romner B, Bellner J, Kongstad P, Sjöholm H. Elevated transcranial Doppler flow velocities after severe head injury: cerebral vasospasm or hyperemia? *J Neurosurg* 1996;85:90-7.
- Vora Y, Suarez-Almazor M, Steinke DE, Martin ML, Findlay JM. Role of transcranial Doppler monitoring in the diagnosis of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 1999;44:1237-47.
- Lindegård KF. The role of transcranial Doppler in the management of patients with subarachnoid hemorrhage – a review. *Acta Neurochir Suppl* 1999;72:59-71.
- Greissard P, Proust F, Langlois O. Vasospasm diagnosis: Theoretical and real transcranial Doppler sensitivity. *Acta Neurochir (Wien)* 1995;136:181-5.
- Okada Y, Shima T, Nishida M, Yamane K, Hatayama T, Yamakawa C, et al. Comparison of transcranial Doppler investigation of

Annons

Annons

- aneurysmal vasospasm with digital subtraction Angiography and clinical findings. *Neurosurgery* 1999;45:443-50.
26. Clyde BL, Resnick DK, Yonas H, Smith H, Kaufmann AM. The relationship of blood velocity as measured by transcranial Doppler ultrasonography to cerebral blood flow as determined by stable xenon computed tomographic studies after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 1996;38:896-905.
27. Mursch K, Bransi A, Vatter H, Herrendorf G, Behnke-Mursch J, Kollenda H. Blood flow velocities in middle cerebral artery branches after subarachnoid hemorrhage. *J Neuroimaging* 2000;10:157-61.

I Läkartidningens elektroniska arkiv
<http://lartarkiv.lakartidningen.se>
är artikeln kompletterad med fullständig referenslista.

SUMMARY

Transcranial Doppler in neurosurgery – a non-invasive method in the diagnosis of cerebral vasospasm and subarachnoid hemorrhage

Costas Constantoyannis, Harry Kourtopoulos
Läkartidningen 2002;99:1686-90

Transcranial Doppler (TCD) sonography, a non-invasive method to record cerebral blood flow velocity, is increasingly being used to predict the development of a delayed ischemic deficit after subarachnoid hemorrhage. Advantages and limitations of the TCD technique in neurosurgical practice are discussed.

Correspondence: Harry Kourtopoulos, Neurocentrum, Norrlands Universitetssjukhus, Umeå
(harry.kourtopoulos@vll.se)

Särtryck

Läkartidningen

När Försäkringsmedicinska Sällskapet bildades för att främja försäkringsmedicinens utveckling samlades 14 artiklar publicerade i Läkartidningen 1996 till ett särtryck. Detta belyser hur försäkringsläkare arbetar inom allmän och privat försäkring och tar upp försäkringsmedicinska problem från patientens synvinkel.

Riskbedömning vid barnförsäkringar, etiska problem i samband med gentestning och försäkring, samt de kniviga ärenden som gäller nack-skulderbesvär, inklusive pisksnärtskador, behandlas bland annat i artiklarna.

Priset är 40 kronor

Försäkringsmedicin



Beställer härmed.....ex
av "Försäkringsmedicin"

.....
namn

.....
adress

.....
postnummer

.....
postadress

Insändes till Läkartidningen
Box 5603
114 86 Stockholm

Faxnummer: 08-20 74 35

www.lakartidningen.se
under särtryck, böcker