

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

2025-05-16

Rekommendation för Ultraljudsundersökning av karotisartärerna

Rekommendationen har tagits fram av Equalis expertgrupp för fysiologisk kärldiagnostik som består av: Susanne Lundgren (ordförande), Niclas Bjarnegård, Agnes Modin, Ann-Sofie Tillman, Roosmarijn Westland Wurbach och Helene Zachrisson

Rekommendationen ges efter samråd med tidigare expertgruppsmedlem Stefan Rosfors.

Huvudförfattare är Helene Zachrisson, Niclas Bjarnegård och tidigare expertgruppsmedlem Stefan Rosfors.

Denna reviderade version (2.0) ersätter tidigare version (1.0) daterad mars 2011.

Equalis rekommendationer tas fram i syfte att harmonisera undersökningsresultat inom medicinsk diagnostik i Sverige. De riktar sig till hälso- och sjukvårdspersonal.

Frågor angående rekommendationen ställs till info@equalis.se.

Sammanfattning

European Society for Vascular Surgery (ESVS) förordar i senaste rekommendationerna stenosgradering enligt North American Syptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET)-metoden. Föregående Equalis rekommendation avseende duplexbaserad stenosgradering i arteria carotis interna (ICA) publicerades 2011 och baserades på en nationell metodstudie där stenosgrad skattades enligt European Carotid Surgery Trial (ECST)-metoden vid digital subtraktionsangiografi (DSA). Såväl i Sverige som i övriga Europa har det de senaste åren blivit allt vanligare med stenosgradering enligt (NASCET)-metoden, varför expertgruppen i aktuella rekommendationen föreslår att NASCET-metoden används nationellt.

Då det är en nackdel att omräkna ECST-stenos till NASCET-stenosgrad med konverteringsformel, tar vi i denna rekommendation hänsyn till data från en senare amerikansk metodstudie där flödes hastigheter direkt har jämförts med DSA stenosgradering enligt NASCET-metoden. Tabellen som omarbetats använder ETT hastighetsintervall per stenoskategori för alla Dopplervinklar mellan 45° och 60°. Som signifikant ICA-stenos räknas minst 50 % lumendiameterreduktion. Minst 70 %-ig signifikant stenosis kan också definieras som höggradiga stenoser.

Vi lyfter fram betydelsen av att ta hänsyn till sekundära bedömningskriterier som komplement till maximal systolisk ICA flödes hastighet vid gradering av ICA-stenos. Alltså är det fördelaktigt att väga in både anatomisk och hemodynamisk information i den slutliga bedömningen för att minska risken för missklassificering av stenosgrad. Det är värt att notera att subokklusion (carotid near occlusion) utgör en egen kategori där senaste guidelines från ESVS rekommenderar olika behandlingsregimer för signifikant konventionell stenosis och subokklusion. Utifrån påtagliga svårigheter att diagnostisera subokklusion med ultraljud är det fördelaktigt att bekräfta ultraljudsfynd med annan radiologisk modalitet inför ett definitivt ställningstagande till karotiskirurgi.

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

Bakgrund

I Equalis kvalitetssäkringsprogram Kärllundersökningar (art.nr.120) har expertgruppen noterat att det nationellt blir allt vanligare att gradera stenoser i arteria carotis interna (ICA) enligt North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET)-metoden [1]. Samtidigt föredrar the European Society for Vascular Surgery (ESVS) i sina senaste uppdaterade riktlinjer Management of atherosclerotic carotid and vertebral artery disease [1] att gradera stenoser i ICA enligt NASCET-metoden. Användning av maximal flödes hastighet som ensam variabel för att skatta stenosgraden (% lumendiameterreduktion) kan i många fall ge diskrepans mellan angiografi och duplex, delvis beroende på att den anatomiska radiologiska avbildningen inte tar hänsyn till olika hemodynamiska konsekvenser. Det är därför föga förvånande att metodjämförande studier rapporterar olika hastighetsintervall vid gradering av ICA-stenos. Det är viktigt att känna till att vid högre stenosgrad kan låg flödes hastighet förekomma beroende på t.ex. högt kollateralt backtryck, tandemstenoser eller uttalat sänkt vänsterkammarfunktion som sänker Dopplerhastigheterna. Därtill kan mycket låg flödes hastighet ses vid subokklusion (carotid near occlusion). Förhöjda Dopplerhastigheter kan ses vid ökat volymflöde beroende på kollateralt flöde t.ex. vid bilaterala carotisstenoser. Internationellt ses olika flödes hastighetsintervall vid gradering av ICA-stenos, vilket kan bero på att vissa jämförande metodstudier prioriterar hög sensitivitet framför specificitet, medan andra gör det motsatta när hastighetsgränsen för specifik angiografisk stenosgrad presenteras. Den nedre hastighetsgränsen för t.ex. 50 % ICA-stenos i brittiska och amerikanska riktlinjer [2, 3] prioriterar en hög sensitivitet.

De svenska studierna [4–6] uppvisar relativt god samstämmighet i sin ICA-stenosgradering. I den nationella multicenterstudien [6] balanserades sensitivitet och specificitet, vilket bidragit till de högre flödes hastighetsgränser som Equalis föreslår [7].

De svenska studierna använder sig dock av angiografisk stenosbestämning enligt European Carotid Surgery Trial (ECST) alternativt communis-metoden (CC-metoden) som kräver en konverteringsformel för att översätta % stenosis från ECST- till NASCET-standard, vilket ses som en nackdel.

Under de senaste 20 åren har få nya internationella metodjämförande studier genomförts med digital subtraktionsangiografi som jämförelsemetod, undantaget är Gornik et al. [8] som presenterar data som kan användas som grund vid implementering av NASCET-kriterier.

Eftersom olikheter i tolkningskriterier får kliniska konsekvenser och NASCET-metoden vinner allt mera mark, känns det angeläget att uppdatera och utvidga expertgruppens rekommendationer.

Utförande

Equalis rekommendation har tagits fram genom litteraturstudier och konsensusdiskussioner inom expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik, både i dess nuvarande sammansättning och tillsammans med tidigare aktiva medlemmar.

Revision är utförd efter inhämtade synpunkter från verksamheter inom Klinisk Fysiologi, Kärllkirurgi, Neurologi samt Radiologi.

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

Rekommendation

Stenosgradering vid ultraljudsundersökning av karotisartärerna

Generella riktlinjer

- 1) Dopplervinkelkorrektur $\leq 60^\circ$ skall användas.
- 2) Vid maximal flödeshastighetsbestämning med spektraldoppler bör vald vinkelkorrektur liksom osäkerhet i bestämning av flödesriktning beaktas vid stenogradering. Detta p.g.a. att spektraldopplersignalen sprids mer när vinkelskillnaden mot blodflödet ökar samtidigt som felaktig vinkelkorrigering får större konsekvens med ökande vinkelskillnad.
- 3) En gemensam stenograderingsstandard skall användas på det egna sjukhuset/i den egna regionen för alla angiografiska metoder. Vi rekommenderar att NASCET-metoden används nationellt.

Vidare bör verifiering av duplexstenogradering utföras på det egna sjukhuset/i regionen genom jämförelser med utförda CT-angiografier.

Ett observandum är den snabba utvecklingen av såväl duplex som röntgenteknologier. Med ny CT-teknik, s.k. fotonräknande CT, erhålls mycket hög detaljupplösning [9] samt möjlighet att undvika felkällan väggkalk, som vid sedvanlig CT-angiografi riskerar att ge upphov till överskattning av stenosgrad.

Byte av stenograderingsmetod kan kräva en inledande implementering med utbildningsfas lokalt, inklusive justering av lokala PM.

Alla flödeshastigheter i denna rekommendation refererar till skattad ICA-stenosgrad enligt NASCET-metoden (se även stycket nedan avseende subokklusion). Det är angeläget att förtydliga att Dopplerkriterier nedan enbart innefattar stenoser där minsta lumendiameter ses inom proximala ICA, d.v.s. internas bulbformade segment. För alla andra områden inom arteria carotis appliceras andra hastighetskriterier som inte berörs i denna rekommendation.

Tabell med stenoskategorier samt förklaring ses sist i dokumentet.

Kommentar till stenogradering

ESVS fastslår i sina rekommendationer att kirurgisk intervention mot symtomatisk ICA-stenos bör övervägas vid minst 50 % stenos och kirurgi rekommenderas vid minst 70 % konventionell stenos, men bör i regel avstås vid subokklusion [1]. Detta baseras på randomiserade studier som bevisade att nyttan av kirurgi ökar med stigande konventionell stenosgrad men saknas vid subokklusion, varför det är angeläget att korrekt klassificera stenoser.

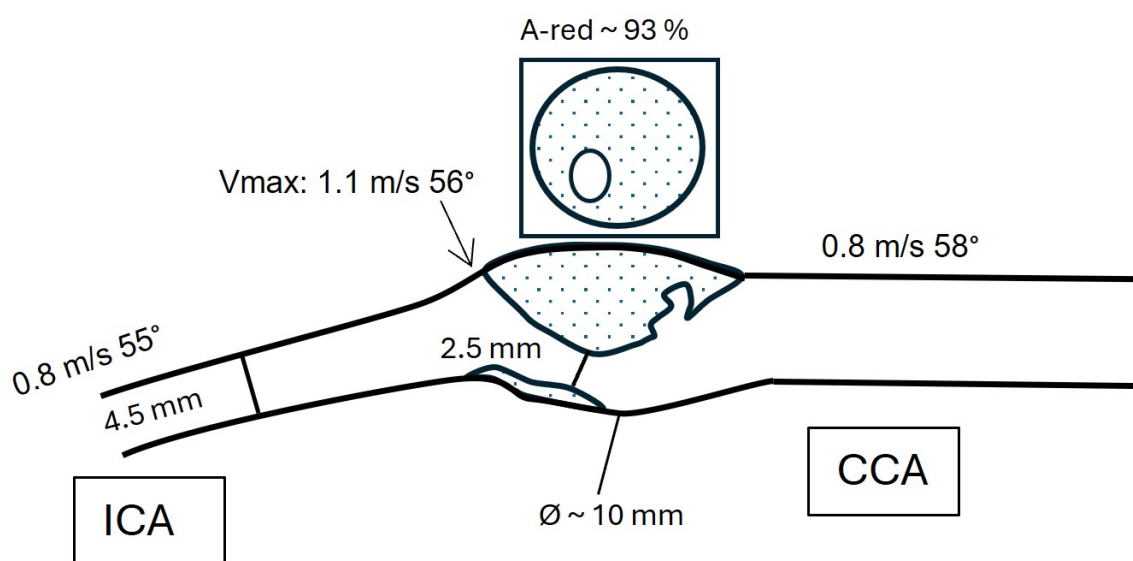
Benämningen signifikant stenos likställs i aktuell rekommendation med *kirurgiskt signifikant* och därför alla stenoser $>50\%$.

Ökande vinkelskillnad mellan Dopplerriktning och flödesriktning resulterar i stigande maximal flödeshastighet. Tester med låsta vinklar, 60° jämfört med 45° i vinkelskillnad, indikerar 10 – 15 % högre hastighet i flödesfantom, och minst 20 % högre flödeshastigheter hos patienter, varför vald vinkelkorrektur bör beaktas när Dopplerhastighet värderas [10, 11]. Användning av olika vinklar vid Dopplerregistrering kan vara en delförklaring till de skillnader som förekommer i flödeshastighet mellan olika duplexstudier för samma angiografiska stenosgrad. Framtida studier kan förhoppningsvis ge oss mer detaljerade besked avseende hur stor betydelse vinkelskillnad, val av inställningsparametrar och transducer sammantaget har på maximala Dopplerhastigheten.

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

Lumendiameterreduktion ICA <40 % förväntas INTE ge förhöjd absolut maximal systolisk flödes hastighet vid normal kärlegeometri och hemodynamik. Hos en medelålders och äldre normalpopulation förväntas maximal systolisk flödes hastighet i intervallet 0,5 till 1,1 m/s [12]. Om kvantifiering av aterosklerosgrad är aktuell görs mätningar på 2-D-bilder. För objektiv jämförelse mellan olika undersökningstillfällen bör också 2-D-mätning komplettera den visuella bedömningen [13].

Lumendiameterreduktion ICA 50 – 69 % (= lätt/måttlig stenosis) förväntas ge stigande systolisk flödes hastighet och mer turbulent flödes bild med ökande stenosis grad. Dopplermetodens förmåga att närmare fastställa angiografisk stenosis grad på individnivå är mindre god. När maximal systolisk flödes hastighet når 1,8 – 2,3 m/s harmoniserar det i normalfallet med minst 50 % ICA-stenosis. Ses generellt hög alternativt låg flödes hastighet i arteria carotis är det speciellt indicerat att även ta hänsyn till relativa flödes hastighets förändringar. Sekundärt kriterium som hastighetskvot ICAs/CCAs ≥ 2 kan användas för >50 % ICA-stenosis. Inom denna stenosis kategori kan större plackvolym fylla en ovanligt bred karotisbulb och ge blygsam flödes hastighet, resulterande i <50 % stenosis enligt NASCET men >70 % stenosis mätt enligt ECST, vilket kan verifieras med 2-D-mätning från flera projektioner. En vid bulb med betydande plack kan således komplicera stenosis grads bedömning med NASCET-metoden. Det kan vara nödvändigt i enskilda fall att komplettera med annan stenosis grads standard såsom ECST samt distans och areamätning på 2-D-bild (se figur 1). Diametermätningar utgör generellt ett stöd i bedömningen av stenosis grad och erfarna bedömare kan genomföra upprepade diametermätningar på bilder från kliniska patienter med ICA-stenosis med acceptabel variabilitet [14].



Figur 1: Scenario med 10 mm bred bulb där lokal lumendiameter reduceras med ca 75 % i aktuellt längdsnitt. Vid linjering av bulbarea respektive minsta lumenarea i kortaxelsnitt blir beräknad lokal areareduktion ca. 93 %. Absolut maximal flödes hastighet inom övre referensområdet, 2-D-mätning enligt NASCET-standard visar <50 % lumendiameterreduktion. Stenosis gradsmätning enligt ECST talar för lumendiameterreduktion >70 %, vilket gör att ställningstagande till om kirurgisk vidareutredning är aktuell när patient uppvisar relevanta kliniska symtom. Plackets ekosvaga struktur och gropighet i ytan bör också lyftas fram.

Fotnot: 91 % areareduktion = 70 % genomsnittlig diameterreduktion.

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

Lumendiameterreduktion ICA ≥ 70 % (= höggradig stenosis) förväntas ge fortsatt exponentiellt stigande flödeshastighet med minskande flödeslumen tills volymflödet minskar så mycket att flödeshastigheten börjar sjunka. Systolisk flödeshastighet runt 2,6 – 3,2 m/s (45 – 60° Dopplervinkel) korrelerar grovt till 70 % stenosis. Om insynen är god kan optimal 2-D diametermätning från flera projektioner adderas i stenosisbedömningen. Ett annat kriterium som stöder graderingen är hastighetskvot ICAs/CCAs ≥ 4 .

Subockklusion (carotid near occlusion)

Det är värt att notera att subockklusion (carotid near occlusion) utgör en egen kategori, där senaste guidelines från ESVS rekommenderar olika behandlingsregimer för signifikant konventionell stenosis och subockklusion [1]. Subockklusion definieras i North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) som en tät stenosis som orsakar en ICA-diameterreduktion distalt om stenosen [15–16]. Därmed underskattas stenosgraden, vilket motiverade införandet av begreppet subockklusion. Subockklusion kan klassificeras som antingen med eller utan fullständig kollaps, där diameterreduktionen i distala ICA är uttalad i det förstnämnda fallet och mer måttlig i det sistnämnda, men ingen av dessa fall ska procentgraderas. Enligt guidelines är radiologisk teknik nödvändig för att identifiera subockklusioner. Ett typiskt duplexfynd som kan sammanfalla med angiografisk kategori "subockklusion med full kollaps" är tät ICA-stenosis kombinerat med låg eller normal flödeshastighet genom stenosen [17]. Dock är merparten av alla subockklusioner av den andra typen, d.v.s. utan full kollaps, och dessa karaktäriseras av en hög flödeshastighet i stenosen precis som konventionella stenoser [17–18]. Viss evidens finns att subockklusioner får lika god skyddande effekt av bästa farmakologisk behandling som av karotiskirurgi, men vidare prospektiva studier behövs innan detta kan fastslås [1]. Utifrån påtagliga svårigheter att diagnostisera subockklusion med ultraljud är det fördelaktigt att bekräfta ultraljudsfynd med annan radiologisk modalitet inför ett definitivt ställningstagande till karotiskirurgi. Det är dock värt att nämna att i en del fall kan subockklusion identifieras med ultraljud (trådsomt öppetstående lumen) när CTA inte påvisar flöde, varför teknikerna kan komplettera varandra.

Plack

Definition:

Lokal väggförtjockning med en intima-media-tjocklek (IMT)-ökning på minst 50 % + minst 0,5 mm absolut ökning jämfört med IMT i närliggande plackfria väggsegment är en vanligt förekommande definition [19]. Även långsträckta, svåravgränsade väggförtjockningar med maximal IMT på minst 1,5 mm kan benämnas som plack om annan orsak till väggförtjockningen kan avfärdas.

Plackekogenecitet:

I den kliniska vardagen finns fortfarande inga enkla, reproducerbara och objektiva analysinstrument som kvantifierar enskilda placks genomsnittliga ekogenecitet och varians. Mindre ultraljudsstudier pekar mot att signifikanta stenoser med övervägande lågekogen plackekogenecitet är mer vulnerabla än högekogena [20]. Förekomst av stenosis med lågekogent plackutseende kan ibland stärka indikationen att kirurgiskt åtgärda en asymtomatisk karotisstenosis. Det är värt att notera att olika konklusioner har dragits i studier som undersökt koppling mellan plackekogenecitet och emboliseringsrisk, därför är prediktion av emboliseringsrisk hos signifikant stenosis baserat på enbart plackekogenecitet svår eller högst osäker. I internationella guidelines anses inte plackekogenecitet vara en faktor som operationsbeslut av symtomgivande stenoser ska grunda sig på [1].

Plackkaraktär/yta:

Förekomst av uppenbar grop/krater i plackytan eller rörliga fladdrande ekon bör alltid kommenteras oavsett stenosgrad och förekomst av kliniska symtom eller ej. Det finns ingen konsensus avseende krav på kraterns minsta djup eller bredd. Modern ultraljudsteknik med flödesavbildande tekniker som t.ex. B-Flow eller MicroFlow Imaging (MFI) förbättrar möjligheten att identifiera ulcerationer med djup och bredd < 2 mm [21]. En tydlig plackulceration alternativt trombpålagring ska betraktas som en tydlig embolikälla.

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

Transkraniell Doppler med bedömning av ev. mikroembolier till arteria cerebri media kan ibland där metoden finns utgöra ett komplement till ultraljudsundersökningen för riskbedömning och har speciellt tilläggsvärde vid asymptomatisk karotisstenos [22].

Equalis rekommenderar att:

Plackutseende beskrivs rent generellt när lumendiameterreduktion överstiger 50 %. Särskilt viktigt oavsett stenosgrad är att beskriva förekomst av plackulceration, vilket kännetecknas av brusten fibrös kappa och kraterliknande gropighet i plackets yta med långsammare blodflöde. Andra kännetecken på plackvulnerabilitet kan vara lägre ekogenecitet (blödning/trombos) i gränsområdet mellan artärvägg och ulceration.

Därtill kan *plackets ekogenecitet* kommenteras och benämnas som t.ex. låg/medium/hög med referens till omgivande mjukdelsvävnad. Analysprogram som kvantifierar gråskalemedianer är att föredra framför subjektiv beskrivning av plackekogenecitet som avsevärt påverkas av apparatinställningar vid scanning. Tecken på mer diskreta ojämnheter längs plackytan kan kommenteras, vidare kan plack med varierande ekotäthet benämnas som heterogent och motsatsen för homogent.

Samstämmighet avseende plackbedömning bör utvärderas på den egna kliniken, som led i intern metodvalidering.

Metodologiska aspekter

Nästan alla multicenterstudier som validerar duplexmetodens förmåga att gradera karotisstenoser i jämförelse med digital subtraktionsangiografi hämtar data från 1980- och 1990-talet. Den bristfälliga detaljupplösningen i 2-D-ultraljudsbilden gjorde att huvudsakligen flödes hastigheter mot angiografiskt skattad stenosgrad validerats. Tekniska framsteg gör att ultraljudssystemen idag ger oss betydligt bättre möjligheter att visualisera både plack och flödeslumen med hög detaljupplösning. Att kombinera information och ta hänsyn till flera parametrar än enbart absoluta flödes hastigheter är därför av största vikt för att minska risken för felaktig klassificering av stenosgrad. Som kvalitetssäkring inför definitivt ställningstagande till karotiskirurgi förordar ESVS och Equalis att:

1) Ny duplexundersökning utförs av annan undersökare när primär undersökning genomförts på diagnostisk enhet med begränsad undersökningsvolym, för mera detaljerad kartläggning. om inte punkt 2 har utförts.

2) CTA/MRA har utförts och konfirmerar duplexfyndet.

Dokumentation och genomförande av karotisduplexundersökning

Val av transducer och ultraljudsfrekvens bör anpassas individuellt efter rådande akustiska förhållanden hos den individuella patienten. Scanning med högre ultraljudsfrekvenser (≥ 12 MHz) ger högre detaljupplösning och är fördelaktigt vid 2-D-distans-och-areamätningar. I kombination med färgdoppler och andra flödesavbildande tekniker ger scanning med högre frekvenser ökade möjligheter att upptäcka ojämnheter i plackytan och rörliga väggstrukturer. För ICA-stenoser bör kraniell plackutbredning dokumenteras genom att mäta distansen från kärlavgången vid bifurkationen. Dokumentation bör förutom flödes hastighetsdata innefatta detaljerade morfologiska B-modebilder av befintlig patologi i flera projektioner, för att möjliggöra jämförelse av kärlstatusen vid konsekutiva undersökningar. Ny teknologi är under utveckling för plackbedömning, exempel på detta är superb microvascular imaging [23] som möjliggör bedömning av neovaskularisering.

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

Referenser

1. 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: 7-111.
2. Oates CP, Naylor AR, Hartshorne T et al. Joint recommendations for reporting carotid ultrasound investigations in the United Kingdom. *Eur J Vasc Surg* 2009;37: 251-261.
3. Grant EG, Benson CB, Moneta GL et al. Carotid artery stenosis: grayscale and Doppler ultrasound diagnosis – society of radiologists in ultrasound consensus conference. *Radiology* 2003; 229: 340-346.
4. Zbornikova V, Lassvik C, Johansson I. Prospective evaluation of the accuracy of duplex scanning with spectral analysis in carotid artery disease. *Clin Physiol*. 1985;5: 257-69.
5. Hansen F, Bergqvist D, Lindblad B, et al. Accuracy of duplex sonography before carotid endarterectomy – a comparison with angiography. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 1996;12: 331-336.
6. Jogestrand T, Lindqvist M, Nowak J; Swedish Quality Board for Carotid Surgery. Diagnostic performance of duplex ultrasonography in the detection of high grade internal carotid artery stenosis. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2002;23: 510-518.
7. Jogestrand T, Fredén-Lindqvist J, Lindqvist M et al. Discrepancies in recommended criteria for grading of carotid stenosis with ultrasound. *Clin Physiol Funct Imaging* 2016 Jul;36(4): 326-329.
8. Gornik H, Rundek T, Gardener H et al. Optimization of duplex velocity criteria for diagnosis of internal carotid artery (ICA) stenosis: A report of the Intersociety Accreditation Commission (IAC) Vascular Testing Division Carotid Diagnostic Criteria Committee. *Vasc Med* 2021;26: 515-525.
9. Willemink MJ, Persson M, Pourmorteza A et al. Photon-counting CT: Technical Principles and Clinical Prospects. *Radiology*. 2018;289(2): 293-312.
10. Tola M, Yurdakul M. Effect of Doppler angle in diagnosis of internal carotid artery stenosis. *J Ultrasound Med* 2006; 25:1187-1192.
11. Russ M, Lafata N, Robertson S et al. Pulsed wave Doppler ultrasound: Accuracy, variability, and impact of acquisition parameters on flow measurements. *Med Phys* 2023;50: 6704-6713.
12. Zócalo Y, Bia D. Age-related physiological profiles for brachial, vertebral, carotid and femoral arteries blood flow velocity parameters during growth and aging (4-76 y): Comparison with clinical cut-off levels. *Front Physiol* 2021;12: 729309.
13. Johri A, Nambi V, Naqvi T et al. Recommendations for the assessment of carotid arterial plaque by ultrasound for the characterization of atherosclerosis and evaluation of cardiovascular risk: From the American Society of Echocardiography. *Am Soc Echocardiogr* 2020;33: 917-933.
14. Larsson AC, Rosfors S. Diameter-based measurements of the degree of carotid artery stenosis using ultrasonography. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2021;41: 217–220.
15. Fox AJ, Eliasziw M, Rothwell PM et al. Identification, prognosis, and management of patients with carotid artery near occlusion. *AJNR American journal of neuroradiology*. 2005;26(8): 2086-2094.
16. Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA et al. Analysis of pooled data from the randomised controlled trials of endarterectomy for symptomatic carotid stenosis. *Lancet (London, England)*. 2003;361(9352): 107-116.
17. Johansson E, Vanoli D, Bråten-Johansson I et al. Near-occlusion is difficult to diagnose with common carotid ultrasound methods. *Neuroradiology*. 2021;63(5): 721-30.
18. Khangure SR, Benhabib H, Machnowska M et al. Carotid near-occlusion frequently has high peak systolic velocity on Doppler ultrasound. *Neuroradiology*. 2018;60(1): 17-25.
19. Touboul P-J, Hennerici, Meairs M G S et al. Mannheim Carotid Intima-Media Thickness and Plaque Consensus (2004–2006–2011). *Cerebrovasc Dis* 2012; 34:290–296.
20. Muraki M, Mikami T, Yoshimoto T et al. New criteria for sonographic diagnosis of plaque ulcer in the extracranial carotid artery. *AJR* 2012;198: 1161-1166.
21. Aziz M U, Eisenbrey J, Deganello A et al. Microvascular Flow Imaging: A State-of-the-Art Review of Clinical Use and Promise. *Radiology* 2022; 305:250–264.
22. Kim H, Regenhardt R, D'Amato S et al. Asymptomatic carotid artery stenosis: a summary of current state of evidence for revascularization and emerging high-risk features. *J NeuroIntervent Surg* 2023;15: 717–722.
23. Sato W, Suto Y, Yamanaka T et al. An advanced ultrasound application used to assess peripheral vascular diseases: superb microvascular imaging. *J Echocardiogr*. 2021 Sep; 19 (3): 150-157.

Expertgruppen för fysiologisk kärldiagnostik

Lumendiameterreduktion % ICA-stenos NASCET-metod	Doppler ICA Vmax(s) m/s ^A Vinkelkorrektur 45 – 60°	Doppler Vmax kvot ^B ICA(s)/CCA(s)	2-D/färgdoppler ^C
50 – 69	1.8 – 2.5	≥2.0	LD-reduktion med lokal flödesturbulens
≥70	≥2.6	≥4.0	Minsta LD i stenosis ≤1.5 mm

LD; lumendiameter, CCA; common carotid artery, ICA; internal carotid artery.

Vid tolkning av tabellen: Ta höjd för att hastighetsgränserna för respektive stenosklass inte är strikta, applicera en något högre nedre Dopplerhastighetsgräns än tabellen anger vid vinkelkorrektur nära 60°, minst 2,0 m/s för 50 % stenosis respektive minst 3,0 m/s för 70 % stenosis. Vid <45° Dopplervinkel kan nedre hastighetsgränser istället justeras nedåt: ICA-stenosis minst 50 % ≥1,7 m/s, ICA-stenosis minst 70 % ≥2,1 m/s.

^A Primär bedömning av stenosgrad utgår från absolut systolisk flödeshastighet.

Sekundära kriterier kan öka specificiteten, d.v.s. verifiera att absolut flödeshastighet motsvarar stenosklass eller utgöra stöd för att ändra val av stenosklass:

^B Systolisk flödeshastighetskvot (förutsätter att liknande Dopplervinkel appliceras i ICA och CCA). Kvoten är speciellt användbar vid avvikande hemodynamik som ger generellt lägre eller högre flödeshastigheter än normalt i karotisartärerna.

^C Fynd vid 2-D-mätning med/utan flödesdoppler bör harmonisera med registrerad flödeshastighet/hastighetsökning. 2-D-mätningar som talar för signifikant stenosis kan när maximala flödeshastigheten genom stenosen är svåråtgång motivera vidareutredning med annan bildgivande modalitet.

Tilläggs-kriterier som undersökare/bedömare kan använda för att verifiera förekomst av mera proximal höggradig signifikant stenosis:

- Låg flödeshastighet kranieellt inom ICA (syst ≤0,4 m/s, diast ≤0,2 m/s) med fördröjd tidig systolisk acceleration.
- Kompensatorisk utveckling av kollaterala flödesvägar, via ECA-systemet med förändrad flödesbild i arteria ophthalmica (med periorbital Doppler) och/eller i circulus Willisii främre kommunikat samt bakre kommunikat (med transkranieell Doppler).

Tilläggs-kriterier bidrar till att säkrare identifiera höggradigt signifikanta ICA-stenosis. Avsaknad av låg flödeshastighet i distala ICA och/eller upparbetad kollateralcirkulation utesluter dock inte höggradig ICA-stenosis, eftersom kärlanatom och kollaterala flödesreservkapaciteten kan variera intra-kranieellt.

Förslag på nomenklatur i utlåtande:

Signifikant stenosis avser ≥50 % stenosis, icke-signifikant stenosis avser <50 % stenosis. Stenosis >70 % benämns också med fördel som höggradiga stenosis. Ordet "signifikant stenosis" signalerar i detta sammanhanget att operationsindikation kan föreligga, inte att stenosen är hemodynamiskt signifikant.

Observera att subokklusion (Carotid Near Occlusion) utgör en ytterligare kategori som grundar sig på angiografiska kriterier och inte säkert kan särskiljas från höggradig traditionell ICAstenosis vid duplexundersökning. Det är därmed fördelaktigt att verifiera ultraljudsfynd med radiologisk modalitet inför definitivt ställningstagande till karotiskirurgi.