

METODBESKRIVNING

1. ULTRALJUD AV HALSENS ARTÄRER

2. MEDICINSK BAKGRUND OCH MÄTPRINCIP

2.1 Medicinsk bakgrund

Arterioskleros som drabbar halsens artärer kan ge upphov till stenosis/okklusion av kärlet och embolisering till hjärnan med allvarliga neurologiska följdtilstånd. Undersökning med hjälp av ultraljud är non-invasiv och utgör förstahandsmetod vid utredning av halskärlssjukdom. Indikationerna är:

- Misstanke om embolisering från halsartärerna till hjärnan.
- Preoperativt inför carotiskirurgi och postoperativ uppföljning
- Uppföljning av känd carotis-stenosis.
- Före hjärtkärl-kirurgi när blåsljud finns på halsen eller misstanke om tidigare embolisering till hjärnan.
- Utredning av blåsljud på halsen.

Kontraindikationer finns ej.

2.2 Mätprincip

En 2-dimensionell bild (2-D-bild) av kärlet erhålls med hjälp av ultraljud som reflekteras från vävnader med olika akustisk impedans.

Blodflödes hastigheten mäts med hjälp av dopplereffekten. När ultraljudet reflekteras av röda blodkroppar i rörelse ändras dess frekvens, det s.k. dopplerskiftet, som beror av hastigheten och riktningen hos de röda blodkropparna. Om vinkeln mellan ultraljudsstrålen och flödesriktningen är känd kan flödes hastigheten beräknas med hjälp av dopplerekvationen. Observera att vinkel ≤ 60 grader alltid ska användas, då högre vinkel ger stort mätfel.

Dopplerekvationen:

$$F = f_1 - f_0 = v \cdot 2f_0 \cdot \cos \alpha \cdot c^{-1}$$

F dopplerfrekvensen

f_0 utsänd frekvens

f_1 mottagen frekvens

v blodets hastighet

α vinkel mellan blodflöde och ultraljudsstråle (ska vara högst 60°)

c ljudhastigheten i vävnaden

För mätning av flödes hastigheten i kärl används pulsad doppler. Med denna kan det exakta mätområdet definieras. Som en hjälp för att studera blodflödet färgkodas även

dopplerinformationen och visas i 2-D bilden (så kallad färgdoppler; visar medelflödes hastigheterna och blodflödets riktning i färgboxen).

3. METOD/KVANTIFIERING

3.1 Kvantifieringsprincip

A. Stenosgradering

Stenosgradering i a. carotis interna baseras på bestämning av maximal systolisk flödes hastighet (se bilaga 1) i kombination med bedömning av den morfologiska bilden. Pulsad doppler används med vägledning av 2-D-bild och färgdoppler.

B. Morfologisk bedömning

Förekomst av väggförändringar och plack bedöms från 2-D-bilden. Plack bedöms morfologiskt med avseende på om det är heterogent/homogent, förkalkat och om det finns ulceration. Vidare bedöms hur stor del av placket som är lågekogent (> eller < 25 % lågekogent) i tabellen. I utlåtandet beskrivs plackutseendet i fria ord, tex som övervägande lågekogent eller kalkigt. En beskrivning av ev. väggförändringar och plack avseende utseende och utbredning ritas in i figur när det anses bidra med ytterligare information.

C. A. ophthalmica

Flödesriktningen i a. ophthalmica bestäms med hjälp av pulsad doppler med vägledning av 2-D-bild och färgdoppler. Detta är av värde vid tät stenosis och ocklusion i a. carotis interna.

3.2 Implementering på egen avdelning

Siemens Acuson S3000 HELX, Siemens Acuson S2000 HELX, Philips iU22 och Philips EPIQ 7G med tillhörande transducers enligt Utrustning/Apparatur 5.3 (uppgifter om programvara finns på Bild- och funktionsteknik Lund och IT/MT Malmö).

3.3 Validering

Vid svårigheter med undersökning/bedömning bör kollega tillkallas för second opinion. Då nya kolleger utbildas kontrolleras undersökningen av en erfaren biomedicinsk analytiker.

Kvalitetskontroll av utförandet sker kontinuerligt då det ibland är två BMA närvarande vid undersökningen, och då det är rutin att vid svårigheter vid undersökningen tillkalla kollega/läkare för second opinion och kontrollmätning av t.ex. maximal flödes hastighet. Frågor, problem och patientfall diskuteras fortlöpande, men även i samband med regelbundna träffar på Klinisk Fysiologi i Malmö.

Verksamheten är ansluten till EQUALIS externa kvalitetssäkringsprogram för kärlundersökningar.

Se även F. Hansen et. al. 1996 (referens 4), senare utökat med ytterligare 80 patienter (opublicerad data), bilaga 1.

4. FUNKTIONSKONTROLL/KALIBRERING

4.1 Principer

Ultraljudsutrustningen utför automatisk funktionskontroll vid nätanslutning.

Årlig service utförs av leverantörerna, se separat protokoll. Dessa finns i Lund hos Bild- och funktionsteknik och i Malmö hos IT/MT, sparas i Medusa. Utförd service förs in i avsedd loggbok.

4.2 Utförande

Se 4.1.

4.3. Mätosäkerhet

För att upprätthålla god kvalitet krävs att den biomedicinska analytikern har kontinuitet i metodiken, dvs. utför undersökningar med viss regelbundenhet. Den biomedicinska analytikern ska självständigt kunna utföra och bedöma en ultraljudsundersökning av halsartärerna och vid behov diskutera med läkare.

1. Samstämmigheten mellan äldre ultraljudapparatur Siemens Acuson S3000 och nyare Siemens Acuson S3000 HELX evolution är utvärderad genom mätning med båda ultraljudsapparaterna på samma patient. Mätningar utfördes på 6 patienter i a. carotis interna och a. carotis communis på höger och vänster sida. Mätningarna är utförda av samma undersökare.

Den genomsnittliga skillnaden i peak systolic velocity var $0,04 \pm 0,08$ m/s och i end-diastolic velocity $0,01 \pm 0,04$ m/s.

2. Före införande av Philips EPIQ 7G ultraljudsapparatur utvärderades samstämmigheten mellan denna och Siemens S2000. Mätningar utfördes på 6 patienter i a carotis communis, a carotis interna och a carotis externa, både på höger och vänster sida. Maximala systoliska flödes hastigheten registrerades på samma punkt i kärlet och med samma vinkelkorrektur. Samma biomedicinska analytiker undersökte med båda apparaterna.

Det föreligger ingen signifikant skillnad i uppmätta flödes hastigheter mellan apparaterna. Bildkvaliteten på den nya apparaten är mycket god.

3. Före införandet av Siemens Acuson S2000 HELX utvärderades samstämmigheten mellan denna och Siemens Acuson S2000. Mätningar utfördes på 8 patienter i a carotis communis, a carotis interna och a carotis externa, både på höger och vänster sida, samt på 2 patienter endast på ena sidan. Maximala systoliska flödes hastigheten registrerades på samma punkt i kärlet och med samma vinkelkorrektur. Samma biomedicinska analytiker undersökte med båda apparaterna.

Det föreligger ingen signifikant skillnad i uppmätta flödes hastigheter mellan apparaterna. Bildkvaliteten på den nya apparaten är mycket god.

Dessa verifieringsrapporter finns under ”Validering, Verifiering, Mätosäkerhet”.

5. FÖRBEREDELSE PÅ AVDELNINGEN; MATERIEL OCH APPARATUR

5.1. Speciella förberedelser

Starta utrustning. Ta fram worklist.

Kontrollera att rätt transducer sitter i transducerportarna.

5.2. Specifikt läkemedel

Inga.

5.3. Utrustning/Apparatur

Siemens Acuson S3000 HELX med tillhörande transducers: 9L4, 14L5, och 8C3, Lund.

Siemens Acuson S2000 HELX med tillhörande transducers: 9L4, 6C2 och 8C3 Malmö.

Philips iU22 med tillhörande transducers: L9-3, C5-1, L12-5, L8-5, L17-5, Malmö.

Philips EPIQ 7G med tillhörande transducers: L12-3, C5-1, Malmö.

Ytterligare information om utrustningen finns på Bild- och funktionsteknik.

6. PATIENTFÖRBEREDELSE

6.1. Kallelseinstruktioner

Genereras i RIS

6.2. Patientförberedelser på avdelningen

Inga speciella förberedelser.

7. UNDERSÖKNINGSPROCEDUR

7.1. Inställningar av apparatur

Siemens S3000 HELX, se bilaga 2.

Siemens Acuson S2000 HELX, se bilaga 3.

Philips iU22, se bilaga 4.

Philips EPIQ 7G, se bilaga 5.

7.2. Undersökning

- Ta fram patientdata i RIS och ta eventuellt fram uppgifter från tidigare undersökningar.

- Kontrollera patientdata med patienten och ta fram namn och personnummer från worklist. Skriv undersökarens signatur på skärmen. Välj carotisprogram. Välj transducer, skifta vid behov under undersökningen.
- Undersök alltid höger sida först. Patienten undersöks liggande/sittande med huvudet lätt vridet åt höger respektive vänster sida.
- Spara relevanta bilder och mätningar från samtliga kärl under hela undersökningen.
- Optimera bild och färgdoppler kontinuerligt.

Tvärsnitt

Börja med att ”scanna” i tvärsnitt (skåran mediallyt) både med och utan färgdoppler för att identifiera kärlen. Börja så proximalt i a carotis communis som möjligt, och följ kärlet till bifurkationen och vidare så distalt det går mot käkvinkeln.

A carotis communis

Övergå till längdsnitt och orientera dig om anatomin. Undersök med proben från olika håll och prova vid behov med patientens huvud i olika lägen. Registrera en representativ spektraldopplerbild och mät systolisk och slutdiastolisk flödes hastighet. Vid normala flödes hastigheter registreras flödes hastigheten cirka 1 cm proximalt om bulben.

A carotis externa

Undersök a carotis externa på samma sätt. För att identifiera a carotis externa, knacka lätt på a temporalis vid tinningen, det ska då synas vibrationer på spektraldopplerkurvan. Dessutom har a carotis externa grenar, vilka ofta kan påvisas. Registrera en representativ spektraldopplerbild och mät maximala systoliska flödes hastigheten.

A carotis interna

Följ a carotis interna från bifurkationen och så långt distalt den visualiseras, både med och utan färgdoppler. Mät maximal systolisk och slutdiastolisk flödes hastighet både proximalt och så distalt det går att mäta i kärlet samt där färgdopplern visar att flödes hastigheten är högst. Vid normala flödes hastigheter registreras flödes hastigheten proximalt i kärlet. Var noga med att vinkelkorrigeringen blir rätt och att vinkeln mot flödet inte överstiger 60°. Eftersträva att mäta i 45-60° graders vinkel, men helst 50-60° grader.

Vid bedömning av morfologin, optimera bilden och titta från olika projektioner.

Vid misstanke om ocklusion - optimera färgdopplern och använd energidopplern, försäkra dig att inte ett smalt flöde med låga flödes hastigheter sipprar igenom, s.k. subtotal ocklusion. Spara både gråtonsbild och färgdopplerbild.

Dissektion mer distalt kan misstänkas vid flöde med låg flödes hastighet och avvikande flödesprofil, s.k. ”spikar” samtidigt med avsaknad av stort plack. Tänk på att stenosis högre upp kan ge liknande signal. Vid dubbellumen och misstanke på dissektion så spara gråtonsbilder och färgdopplerbilder i både längd- och tvärsnitt samt registrera flödes signal i båda lumen.

A vertebralis

Utgå från a carotis communis och vinkla proben bakåt mot nackutskotten för att visualisera a vertebralis. Kotorna ses som skuggor. Följ kärlet ner till avgången och mät flödes hastigheter. Bedöm flödes riktning och notera även flödes profil och flödes hastighet.

Omvänd flödesriktning talar för subclavian steal syndrom. Undersök då även flödet i a subclavia samt mät blodtryck i båda armarna. Vid varierande flödesriktning, pendelflöde, lägg på stas – 60 mm Hg över det systoliska blodtrycket i armen under 3 min. Vid subclavian steal syndrom erhålls omvänd flödesriktning då stasen släpps.

A subclavia.

Undersöks vid behov, se ovan. Flödeshastighet och flödesprofil registreras främst proximalt i a. subclavia, eventuellt görs mätning även distalt.

A ophthalmica

Vid stenosis i a carotis interna på 70 % och högre undersöks alltid flödesriktningen i a ophthalmica. Välj ophthalmica-programmet. Placera transducern horisontellt, strax under ögonbrynet, med skåran på transducern medialt.

Observera att vid undersökning av a ophthalmica bör energin i ultraljudssignalen beaktas i syfte att inte skada ögat. I ophthalmica-programmet har hänsyn tagits till detta.

Riktad undersökning

Avvikelse från undersökningsgången ovan kan förekomma i speciella fall, tex på nyopererad patient på post op avd. där frågeställningen ibland kan vara mycket riktad.

Allmänt vid svårigheter att undersöka/svårbedömdafynd/tät stenosis.

- Vid svårigheter i undersökningen bör en kollega tillkallas för second opinion.
- Om du är osäker på frågeställning, fynd, bedömning eller begränsningar vid undersökningen, kalla på ansvarig läkare innan patienten går därifrån.
- Vid täta stenosis, rådgör med läkare som eventuellt bör ringa kärldjour medan patienten är kvar.

7.3. Grundschemata för lagring av bilder i Intellispace Cardiovascular/PACS

1. CCA- bifurkationen	Tvärsnitt	Färgdoppler	
2. CCA	Längdsnitt	Färgdoppler	
3. CCA	-"-	2-D	
4. CCA	-"-	Spectraldoppler	
5. ECA	Längdsnitt	Färgdoppler	
6. ECA	-"-	2-D	
7. ECA	-"-	Spectraldoppler	
8. ICA	Längdsnitt	Färgdoppler	
9. ICA	-"-	2-D	
10. ICA	-"-	Spectraldoppler	
11. A vertebralis	Längdsnitt	Spectraldoppler	
12. A vertebralis	-"-	Färgdoppler	vid behov, se ovan.
13. A ophthalmica	Längdsnitt	Spectraldoppler	vid behov, se ovan

14. A subclavia	Längdsnitt	Spectraldoppler	vid behov, se ovan
15. A subclavia	-"-	Färgdoppler	vid behov, se ovan

Vid specifika fynd kan ytterligare, relevanta, bilder och registreringar lagras.

8. SAMMANSTÄLLNING OCH ANALYS AV BILDER/MÄTDATA/PROVER

Lund: För över bilder och clip som ska sparas från hårddisken till Intellispace Cardiovascular (Philips)/PACS.

Malmö: För över bilder och clip som ska sparas från hårddisken till Intellispace Cardiovascular (Philips).

Lägg undersökningen under "Kärl (Skane Kärl)" i rullmenyn i Intellispace Cardiovascular.

9. UTFORMNING AV UTLÅTANDE

Uppmätta värden från de olika kärlen samt bedömning av ev. plackmorfologi förs in i undersökningsformulär i RIS, bilaga 6.

I undersökningsformuläret kan även plack och väggförändringar ritas in i bild, bilaga 6.

Tolkning skrivs och utlåtandet lagras i RIS, se "RIS-rutiner".

Förekomst av plack och förhöjda flödes hastigheter anges liksom stenograd.

Flödesriktning och ev. flödesprofil i a vertebralis anges. Gör ev. reservation för att "bedömning är svår att göra" då det föreligger stora plack med kalkskugga.

Då undersökning av a ophthalmica är utförd anges flödesriktning.

Skriv sammanfattning under BEDÖMNING sist i utlåtandet.

Efter läkares granskning och signering skickas utlåtandet till remitterande avdelning/remittent. Remiss, undersökningsprotokoll och undersökningsjournal lagras i RIS.

10. REFERENSINTERVALL OCH BEDÖMNING

Maximal flödes hastighet i a carotis interna på < 1 m/s ses normalt både i normala kärl och i kärl med < 40 % stenosis. Vid förekomst av plack och maximal flödes hastighet >1m/s i a carotis interna graderas stenosis enligt bilaga 1. Referensvärden för stenograd i a carotis interna baseras på referens 4, kompletterad med ytterligare 80 patienter. Även riktlinjer enligt referens 6 bör beaktas i de fall då mycket låga dopplervinklar används.

Först vid mycket täta stenoser, när volymflödet börjar minska, sjunker även den maximala systoliska flödes hastigheten. Vid stora plack och trådsml lumen med låga flödes hastigheter och avvikande flödesprofil i a carotis interna görs bedömningen subtotal ocklusion.

Kännetecknande för ocklusion av a carotis interna är frånvaro av flöde, ekofyllt lumen och frånvaro av kärlpulsativa rörelser, samtidigt som det ses flödesprofil med högresistensmönster i a carotis communis, samt ev. omvänd flödesriktning i a ophthalmica.

Vid misstanke om ocklusion eller subtotal ocklusion är det av stor vikt att optimera färgdopplern och energidopplern för att påvisa flöde eller avsaknad av flöde.

Stenosgrad anges inte i procent i annat kärl än a. carotis interna, då referensmaterial saknas.

Om stora plack samt höga flödes hastigheter erhålls i t.ex. a. carotis communis skrivs flödes hastigheten in i protokollet och en sammantagen bedömning görs. I utlåtandet anges stenosen som t.ex. sannolikt lätt/måttlig/tät.

Plackmorfologi i a. carotis interna kan bedömas med avseende på ulceration, förkalkning, ekotäthet (> eller < 25 % lågekogent) samt om placket är hetero- eller homogent.

11. FELKÄLLOR

Större apparatfel är ovanliga.

Felaktigt vald korrektionsvinkel mellan flödesriktning och dopplersignal medför fel vid beräkning av flödes hastigheter. Felets betydelse ökar med ökande vinkel, varför vinklar över 60 grader ej används. Använd vinkel dokumenteras. Kalkskugga kan dölja max systolisk flödes hastighet.

Förväxling av höger och vänster sida är svår eller omöjlig att upptäcka i efterhand och måste noga undvikas. Genom att alltid börja undersökningen på höger sida minskas risken betydligt. På skärmen skrivs in vilken sida som registreringen avser.

Risken för förväxling av a. carotis interna och externa är liten då kärlets flödesprofil oftast är olika på ett karakteristiskt sätt. Dessutom kan man ofta se förgreningar från externa. Dock göres alltid s.k. knack-test på a. temporalis för att identifiera a. carotis externa och minimera risken för förväxling.

Misstänkt ocklusion kan vara svår att säkerställa, och bedömningskriterier enligt punkt 10 ovan bör därför följas noga.

Alla felkällor kan ej alltid undvikas men vi har minimerat risken genom fortlöpande kvalitetsarbete. Rutiner finns för att upptäcka brister genom hela undersökningskedjan.

12. OLYCKSFALLSRISKER OCH ARBETSMILJÖPROBLEM

Inga olycksfallsrisker.

Arbetsmiljöproblemen sammanhänger med obekvämt arbetsställning och statisk belastning på armar/nacke. Särskilda hjälpmedel och speciellt arbetssätt används för att undvika belastningsskador: skena och kudde för avlastning av undersökarens arm, höj och sänkbar stol samt att transducern hålls i höger hand vid undersökning av höger sida och i vänster hand vid undersökning av vänster sida. Vidare förekommer buller och klimatproblem, orsakade av bl a fläktljud och värmeavgivning från apparaten.

13. MEDICINSKA KOMPLIKATIONER

Inga medicinska komplikationer finns rapporterade avseende duplex av halskärnen.

Möjliga komplikationer sammanhänger med kavitation och värmebildning. Båda dessa är beroende av den utsända energin. De energinivåer som genereras av den använda utrustningen anses riskfria vid undersökning av perifera kärl, enligt AIUM (American Institute of Ultrasound in Medicine) (se ref. 2). Observera att det enligt ovan är speciellt viktigt att använda rätt preset/inställningar vid undersökning av a ophtalmica.

14. REFERENSER

1. Jogestrand T., Rosfors S. Klinisk fysiologisk kärldiagnostik s 47-60, 196-211, Studentlitteratur 2002.
2. Pellerito, Polak; *Introduction to vascular Ultrasonography*, 6th ed. Elsevier Saunders, Philadelphia, USA, 2012, s 128-201 samt sid 3-73.
3. Stroke och cerebrovasikulär sjukdom, Thomas Mätzsch, Anders Gottsäter, Studentlitteratur 2007.
4. Hansen F, Bergqvist D, Lindblad B, Lindh M, Mätzsch T, Länne T. Accuracy of duplex sonografi before carotid endarterectomy - a comparison with angiography. *Eur J Endovasc Surg* 12:331-336, 1996.
5. Strandness DE Jr: *Duplex scanning in vascular disorders*, 5th ed. Editor: Eugene Zierler. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia 2016; s 91-107.
6. Jogestrand et al. Equalis kriterier för karotisdiagnostik - under kontinuerlig uppgradering. *Läkartidningen* nr 13, 2012.
7. Oates CP, Naylor AR, Hartshorne T et al. Joint recommendations for reporting carotid ultrasound investigations in the United Kingdom. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2009 mar; 37(3):251-61.
8. Grant EG, Benson CB, Moneta GL, Alexandrov AV, Baker JD, Bluth EI, Carroll BA, Eliasziw M, Gocke J, Hertzberg BS, Katanick S, Needleman L, Pellerito J, Polak JF, Rholl KS, Wooster DL, Zierler RE. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis--Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. *Radiology*. 2003 nov; 229(2):340-6.
9. Nicolaides AN, Shifrin EG, Bradbury A, Dhanzil S, Griffin M, Belcaro G, Williams M. Angiographic and duplex grading of internal carotid stenosis. *Endovasc Surg* 3:158-165, 1996.
10. Ackerstaff RGA, Grosveld WJHM, Eickelboom BC, Ludwig JW. Ultrasonic duplex scanning of the prevertebral segment of the vertebral artery in patients with cerebral arteriosclerosis. *Eur J Vasc Surg* 2:387-393, 1988.

15. BILAGOR

1. Stenosgrad i a carotis interna

2. Inställningar av apparatur: Siemens Acuson S3000 HELX, Lund
3. Inställningar av apparatur: Siemens Acuson S2000 HELX, Malmö
4. Inställningar av apparatur: Philips iU22, Malmö
5. Inställningar av apparatur Philips EPIQ 7G, Malmö
6. Undersökningsformulär