

Gäller för: Verksamhet Klinisk fysiologi
Innehållsansvar: Johan Skoog, (johsk26), Underläkare, ST
Granskad av: Sergej Golubovic, (sergo2), Sektionsledare
Godkänd av: Per Nivedahl, (perda7), Verksamhetschef

Giltig från: 2025-12-03

Giltig till: 2027-11-26

Transkraniell Doppler, metodbeskrivning

Förändringar sedan föregående version

Inga innehållsmässiga ändringar.

Kommentar från tidigare revision: Tillägg i Hö-/vä shuntdelen i rutinen, se underavsnittet ”Bedömning”.

Innehållsförteckning

Allmän bakgrund.....	2
Generella tips om utförandet.....	2
Registrering.....	2
Mätning.....	4
Subarachnoidalblödning.....	5
Medicinsk bakgrund.....	5
Nomenklatur.....	6
Utförande.....	8
Normalvärden.....	9
Bedömning.....	11
Sicklecellsjukdom.....	12
Medicinsk bakgrund.....	12
Utförande.....	13
Bedömning.....	13
Höger till vänster shunt.....	15
Medicinsk bakgrund.....	15
Utförande.....	16
Bedömning.....	18

Referenser..... 20

Allmän bakgrund

Transkraniell Doppler (TCD) är en metod där man med hjälp av lågfrekvent ultraljud undersöker blodflödes hastigheter, riktningar och flödesprofiler i basala intrakraniella kärl. Vid frågeställning om höger-vänster shunt som t ex öppetstående foramen ovale (PFO) bedöms förekomst av mikroemboliska signaler (MES) efter tillförsel av bubbelkontrast.

Eftersom ben kraftigt attenuerar ultraljudsvågorna får man använda sig av ”fönster” där benet är extra tunt transtemporalt, alternativt ett naturligt hål i benet för placeringen av sin probe, t ex transforaminalt eller transorbitalt (sistnämnda använder vi inte).

Ursprungligen användes blind TCD utan guidning via 2D bild där man enbart med hjälp av Doppler får leta sig fram tills man hittar en signal. Signalen visualiseras dels som färgkodad M-mode (rött vid flöde riktat mot och blått ifrån proben), dels som en spektralkurva över blodflödets hastighet. Efter hand utvecklades även TCD med en 2D bild (TCDI) av blodkärlen vilket underlättar anatomisk orientering.

TCD kan utföras på flera indikationer med olika grad av vetenskapligt stöd.^{1,2} Vi använder metoden vid tre frågeställningar:

1. Förekomst av förhöjda flödes hastigheter som kan tyda på vasospasm hos patienter med subarachnoidalblödning (SAB) (Klass IIB rekommendation)
2. Bedömning av blodflödes hastigheter hos barn med sickle cell sjukdom (sickle cell disease, SCD) (Klass IA rekommendation)
3. Påvisa kontrastövergång från höger till vänster som tecken på höger-vänster shunt (Persisterande foramen ovale eller intrapulmonell shunt) (Klass IIB rekommendation)

Generella tips om utförandet

Registrering

Markera med hjälp av text vilken sida (right/left) som undersöks så det sparas tillsammans med bilderna.

Transtemporal approach:

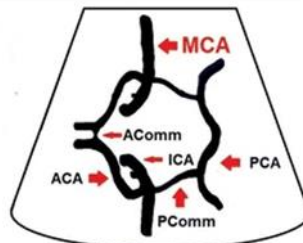
Undersökta kärl via denna approach är a cerebri media (MCA), distala delen av intrakraniella a carotis interna (ICA), a cerebri anterior (ACA) och a cerebri posterior (PCA).

Proben placeras i tinningen ovan arcus zygomaticus med skåran riktad snett uppåt/framåt (Figur 1). Området ca 1-5 cm framför örat söks av för att hitta MCA på ett djup ca 50-60 mm.

Om fönstret är svårt att lokalisera, kan man känna med ett finger var skelettet är tunt. Öka färggain några steg och börja leta där. Efter man hittat ett ”fönster” behövs oftast bara små justeringar.

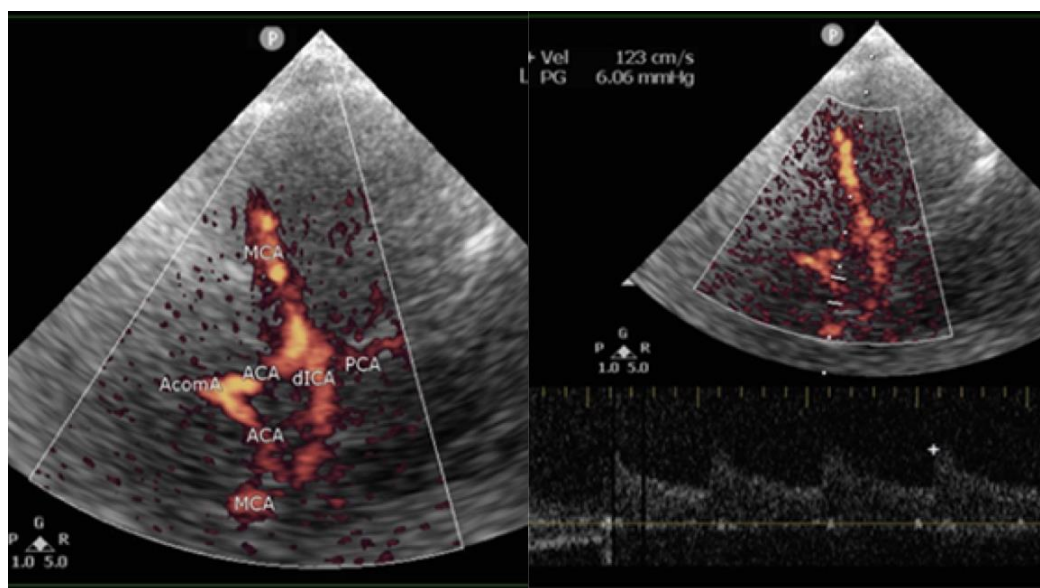


Figur 1. Probplacering³



Figur 2. Schematisk skiss över Circulus Willisii³

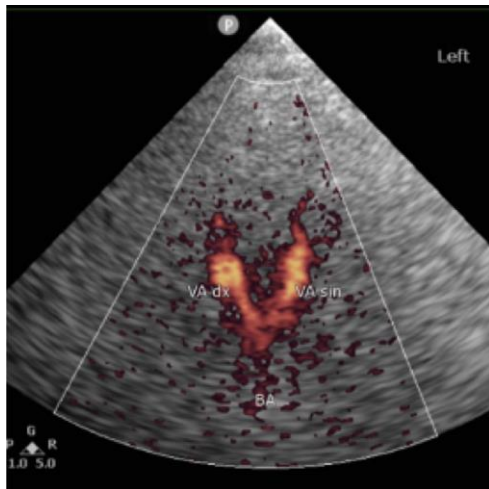
Använd antingen powerdoppler (alla kärl orange oavsett riktning) eller vanlig color doppler som färgkodar kärl med flöde mot proben röda och flöde från proben blå. Lyssna också efter flödesbiljud och sträva blåsljud som indikerar trånga kärlsegment. Eftersträva så lite vinkelfel (så nära 0 grader) som möjligt för att inte underskatta flödeshastigheter. Om kärlet ligger långt lateralt i bild, försök glida med proben fram och tillbaka i probens längsriktning för att centrera kärlet. Följ *MCA* längs hela sin längd och doppla från så ytligt som den går att se med täta intervall (ca 5 mm). För att få de djupaste (mest proximala delarna) av *MCA*/distala *ICA* (karotistoppen) får proben ofta riktas/vinklas något mer kaudalt. För *ACA* vinklas proben något mer anteriort och för *PCA* posterioert. Öka färggain om patienten är svårundersökt och signaler är svaga. Vid svårigheter att få bild från ena sidan kan ibland det kontralaterala fönstret användas (Figur 3). Då ligger kärnen på den svårundersökta sidan oftast på > 80 mm djup med motsatta flödesriktningar (*MCA* ifrån, *ACA* emot proben).



Figur 3. Circulus Willisii (vänster) och undersöka den kontralaterala sidans ACA (höger).

Transforaminal approach:

Undersökta kärl via denna approach är a vertebralis (VA) samt a basilaris (BA, Figur 4).



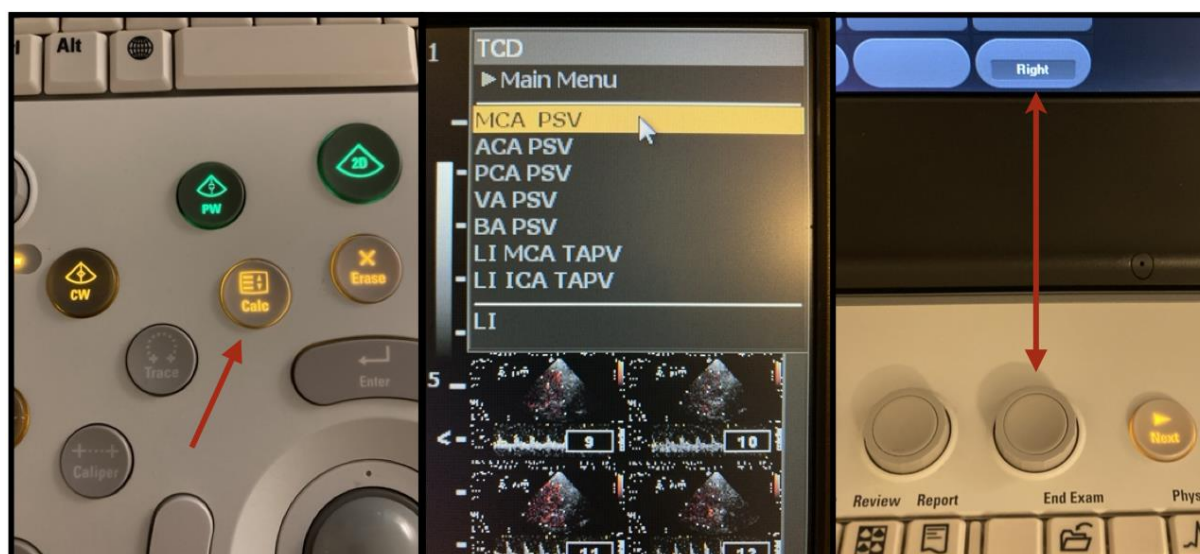
Figur 4. Bakre cirkulationen från transforaminal approach

Lägg patienten på sidan och böj om möjligt huvudet lätt med hakan mot bröstet. Proben placeras i nacken under os occipitalis. Proben hålls på tvären med skåran riktad åt patientens högra sida och vinklas lätt (ej för mycket) uppåt mot patientens näsa. Öka djupet. Leta på djupet ca (80-)100 mm för BA och ca 50-80 mm för VA. Sök genom med små rörelser fram till bilden av ett upp-och-nervänt Y, där VA är armarna på Y:et som sammanstrålar i BA. Eventuellt kan man behöva flytta proben något lateralt för att se respektive sidans VA. Ibland ses endast ett kärl åt gången i samma bildplan. Bakre cirkulationen undersöks bara när remittenten särskilt önskar detta.

Vid mycket höga flödes hastigheter (> 3 m/s eller fusion av MCA och ACA signaler), gå till Preset till vänster om Review knappen och välj inställning "NIVA3+".

Mätning

Använd Calc meny och välj kärl ifrån menyn vid mätning (Figur 5). Då sparas maximalt 5 mätningar per kärl. Om man sparar fler försvinner de första mätningarna i turordning. Man kan gå in via Rapport/Measurement och aktivt deleta icke-önskevärda mätningar. För att deleta ett mätvärde, gå till rapport, edit, measurement och högerklicka på värdet (mätvärde 1-5) i tabellen du vill deleta. Fördelen med Calc (jämfört med enbart caliper) är att den högsta mätningen för varje kärl väljs ut automatiskt till tabellen i rapporten. När man byter sida, vrid på sidoangivelse knappen så att de efterföljande mätningarna läggs till rätt sida (Figur 5 höger). Om man råkar glömma att byta sida så hamnar alla mätvärden under den sidan man började med. Då kan man välja report / template / "TCD NIVA" istället för "TCD ny" och därefter i fri text beskriva mätvärden och LI som tidigare. Skriv dock gärna in sidoangivelse manuellt med textknappen (som tidigare) första mätningen på varje sida som en extra säkerhet. Därmed minimeras risken för missförstånd om man granskar bilderna i efterhand.



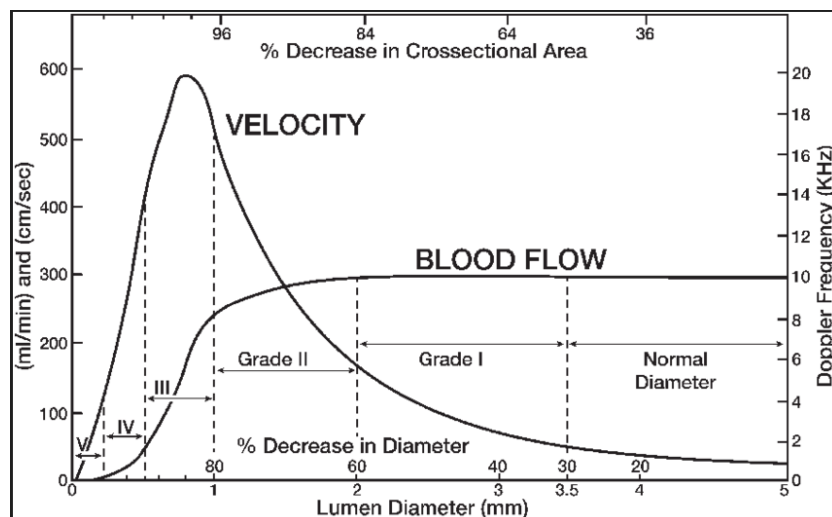
Figur 5. Calc meny (vänster), rullista (mitten) och sidoangivelse till tabell i rapporten (höger).

Subarachnoidalblödning

Medicinsk bakgrund

Patienter som drabbas av en spontan SAB på grund av ruptur av ett aneurysm eller blödning från en arteriovenös missbildning (AVM) löper risk att utveckla vasospasm. Av ofullständigt kartlagda orsaker drar kärlen sig samman, vilket i värsta fall medför en minskning av blodflödet till den del av hjärnan som kärlet försörjer med ischemisk skada som följd (DCI - Delayed Cerebral Ischemia). Detta behöver inte ske i samma område där blödningen är lokaliserad, men startar oftast på samma sida som blödningen.⁴ Det vanligaste förloppet är att vasospasm utvecklas runt dag 2–17, är som kraftigast runt dag 7–12, för att sedan avklinga efter dag 14–20.⁵ Tillståndet behandlas med kärlvidgande läkemedel, nimodipin (Nimotop), en kalciumantagonist, som kan ges såväl lokalt, intravenöst som i tablettform. Referensmetod för att påvisa vasospasm är angiografi, men eftersom detta är en invasiv undersökning med vissa risker begränsas användningen. TCD är non-invasivt och lätt tillgängligt för intensivvårdspatienter och kan därmed användas dagligen för att följa sjukdomsförloppet.⁶

Vid vasospasm skall samma mängd blod passera genom ett trängre kärl vilket medför ökade flödes hastigheter tills volymflöde avtar och därmed även flödes hastigheterna. Sambandet mellan kärllumens diameter, flöde och flödes hastigheter illustreras i Spencerkurvan (Figur 6).



Figur 6. Spencerkurvan med teoretiska sambandet mellan blodflöde och stenosgrad ⁷

Det finns ett flertal studier som har försökt kartlägga sambandet mellan flödeshastigheter i ovanstående kärl och angiografisk vasospasm. Korrelation mellan angiografisk vasospasm och blodflödeshastigheter är starkast i en ändartär som MCA ($r = -0.905$, $p < 0.01$),⁸ medan korrelationen är svagare för PCA ($r = -0.671$, $p < 0.01$),⁸ VA ($r = -0.334$, $P < 0.01$) och BA (-0.581 , $p < 0.001$),⁹ och i synnerhet svagast i ACA ($r = -0.247$, $p = \text{NS}$)⁸ på grund av kollateral cirkulation.^{10, 11} Generellt är TCD bättre på att bekräfta/rule in (hög specificitet) och mer osäker på att utesluta/rule out (lägre sensitivitet) vasospasm. Vid normala flödeshastigheter kan vi således inte utesluta att vasospasm ändå föreligger.¹¹ TCD används för att påvisa de ökade hastigheterna som tecken på vasospasmutveckling och därmed tillsammans med klinisk bild avgöra terapi och tidpunkt för en angiografi. Man bör ha i åtanke att det inte alltid finns ett starkt samband mellan grad av hastighetsökning uppmätt med TCD eller ens angiografisk grad av vasospasm och kliniska symptom och perfusionsnedsättning i vävnaden.⁴ Utveckling av ischemiska hjärnskador är högst individuell och oftast svår att förutse. Flera faktorer som endotelfunktion, anatomisk variation av circulus Willisii, kollateral situation, förekomst av extra- och intrakraniella stenoser samt hemodynamisk anpassning är av betydelse.¹²

Nomenklatur

I litteraturen förekommer flera hastighetsbenämningar som kan skapa förvirring. Följande hastigheter som kan mätas (namnen som används i vår maskin i fetstil).

1. **PSV** står för peak systolic velocity, och är samma som maxhastighet, V_{max} . Den högsta hastigheten som kan uppmätas.
2. **TAPV** står för time average of peak velocities och är samma som TAMAX eller TAMMV (time average mean of max velocity) / **TAMX** (time average of mean maximum). TAMMV används vid icke-imaging TCD och TAMX vid TCD med imaging.⁶ Dessa benämningar syftar till ett medelvärde på alla maxhastigheter genom ett

helt RR intervall, alltså medelvärdet på tracekurvan överst på spektralsignalen när man använder trace funktionen (Figur 10).

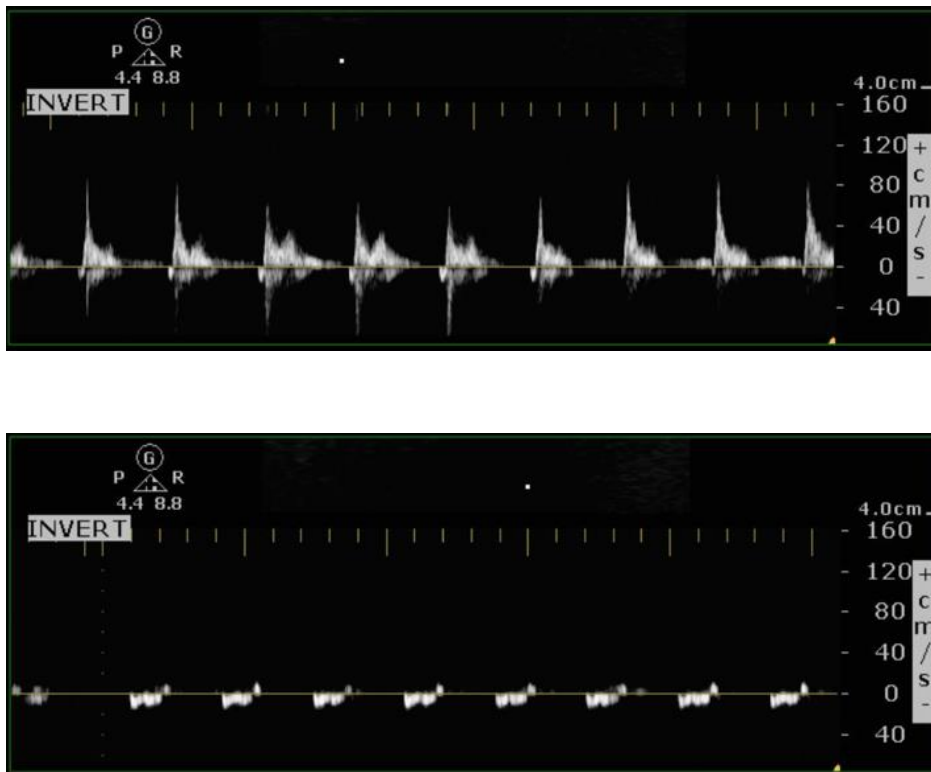
3. TAMV står för time averaged mean velocity och är samma som medelhastighet, V_{mean} . Medelvärde på äkta medelhastigheter (som vid volymflödesberäkning på dialysfistel) används *inte* i bedömningen av vasospasm med TCD.

Korrelationen mellan blodflödes hastighet och angiografisk vasospasm är densamma oavsett om max- eller medelhastighet används,¹³ men den mesta litteraturen inom området använder medelhastighet (TAPV).

Ibland ses höga hastigheter utan att det råder vasospasm. Vid höga blodflöden genom kärlet ökar flödes hastigheten även utan att kärlet är smalare. Detta ses t ex vid vissa tillstånd med hyperemi, hypervolemi och hypertension.¹⁴ För att lättare avgöra om så är fallet kan man som tillägg till undersökning av de intrakraniella kärlen undersöka extrakraniella arteria carotis interna (ICA) på ipsilaterala sidan så distalt som möjligt och jämföra hastigheten i MCA med hastigheten i ICA. Man får då en kvot mellan TAPV MCA / TAPV ICA som kallas Lindegaard index (LI). Låg kvot (proportionellt ökad flödes hastighet intrakraniellt och extrakraniellt) talar emot vasospasm medan hög kvot (oproportionellt höga flödes hastigheter intrakraniellt i relation till extrakraniellt) talar för vasospasm i varierande grad. Observera dock att LI kan variera betydligt mer än TAPV eftersom en liten minskning i ICA hastighet som t ex vid ökat vinkelfel kan ge falskt förhöjda LI och därmed överskatta graden av vasospasm.

Hydrocephalus är en känd komplikation efter SAB och kan ge ett ökat intrakraniellt tryck (ICP). Utifrån uppmätta hastigheter kan pulsilitetsindex (PI) beräknas enligt formeln $(PSV - EDV)/V_{mean}$. PI visas på skärmen när tracefunktionen används. Normalt är PI 0.8 -1.2.³ Höga värden kan ses bland annat men inte enbart vid högt ICP eller distalt hinder. PI anges ej rutinmässigt men är viktigt att påpeka i svaret vid mycket avvikande värden ($PI > 2.1$) och vid trendändringar under vårdförloppet.

Vid enstaka tillfällen har det förekommit frågeställning om det finns intrakraniella flöden hos t ex patienter med stor blödning och förhöjt intrakraniellt tryck. Cerebralt cirkulatorisk arrest / hjärndöd diagnostik ska dock inte bara baseras på TCD fynd. I Figur 7 visas exempel på flödesprofiler, i detta exempel extrakraniella ICA hos patient med SAB och kraftig blödning med kraftigt stegrat intrakraniellt tryck, ICP 70 mmHg. Likande mönster ses också i intrakraniella kärl.



Figur 7. Överst typiskt prestenotiskt högresistent flödesmönster med korta branta spikar (staccato) efterföljda av flödesignal med låg amplitud och obefintlig diastolisk komponent. Nederst ses pendelflöde med mycket låga amplituder på båda sidor baslinjen, och detta kan ses vid upphävd intrakraniell cirkulation.

Utförande

Rutinmässigt undersöks alltid MCA, ACA och PCA via de transtemporala fönstren. Vid blödningskälla lokaliserad i bakre cirkulationen bör även BA och VA undersökas via det transforaminala fönstret. Extrakraniell ICA undersöks bilateralt vid första undersökningstillfället och därefter seriellt på ipsilaterala sidan när PSV i MCA ≥ 2.0 m/s. Markera med text vilken sida som undersöks och denna sidomarkering följer de sparade bilderna. Börja med höger sida, sedan vänster och till sist eventuellt occipitalt. Högsta hittade hastighet dokumenteras alltid med sparad bild.

- MCA är viktigast och undersöks i hela sin längd från så ytligt man kan se den och ner till bifurkationen där ACA avgår och flöde ses både ovan och nedom baslinjen. Fortsätt så långt det går djupare än bifurkationen (i distala ICA). Spara minst 3-4 bilder (ytligt, mid och proximalt) i MCA/distala ICA,
- ACA undersöks från sin avgång där den högsta hastigheten oftast finns och så långt det går. Spara 1-2 bilder i ACA.
- PCA undersöks antingen i P1 segmentet (flöde riktat mot proben) eller i P2 segmentet (flöde riktat från proben) beroende på var vinkeln blir bäst. Spara minst 1 bild i PCA.

- Extrakraniell ICA bilateralt vid första undersökningstillfälle och därefter ipsilateralt när PSV i MCA ≥ 2.0 m/s (se nedan).
- I förekommande fall textmarkera vardera VA och BA. Vid basilaristopps aneurysm doppla så djupt som möjligt, på ca 100 mm. Spara minst 1 bild per kärl.
- Använd inte automatisk trace med high Q vid svaga instabila signaler, vilket kan göra det tekniskt svårt och dessutom ge felaktiga mätvärden.
- För *svårundersökta* patienter, öka gain under sökande efter signaler, spara gärna en rörlig bild ifrån det bästa fönstret för att underlätta orientering för efterföljande undersökare, använd manuell trace funktion. Testa att undersöka från den kontralaterala sidan (Figur 3).

Normalvärden

Normalvärden sammanfattas i Tabell 1. Generellt ses något högre normalhastigheter för yngre personer, och kvinnor har ofta något högre hastigheter än män.¹⁵

Tabell 1.

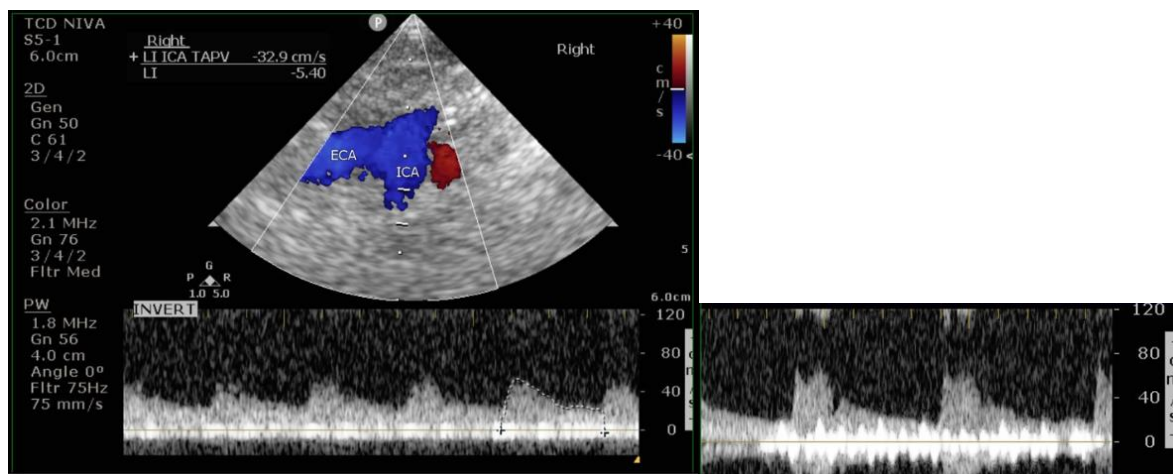
	DJUP (mm)	RIKTNING	PSV (m/s)	TAPV (m/s)
MCA (M1)	40-65	mot givare	<1.20	<0.83
MCA (M2)	30-40	bidirektionell	<1.20	<0.83
MCA/ACA bifurkation	55-65	bidirektionell		
ICA extrakraniell	40-50	från givare		< 0.67*
ACA	60-75	från givare	<1.03	<0.71
PCA	55-75	mot givare (P1) från givare (P2)	<0.85	<0.57
VA	40-75	från givare	<0.73	<0.51
BA	80-110	från givare	<0.81	<0.58

Modifierad från Martin et al, 1994¹⁶ and Alexandrov et al, 2007¹⁷,

*Modifierad från Krejza et al, 2005

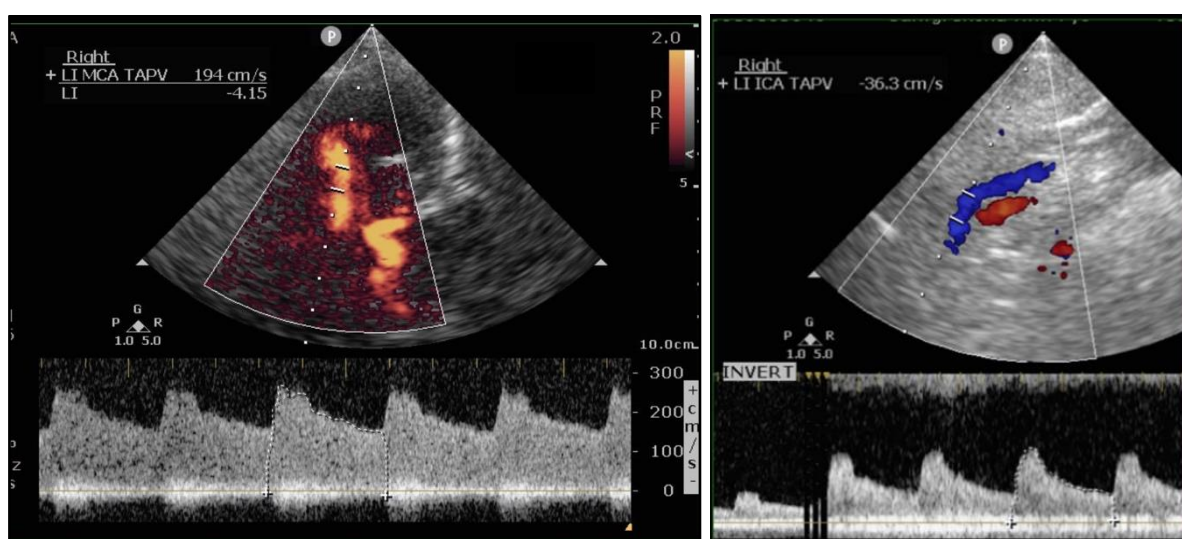


Figur 8. Undersökning av extrakraniell ICA.



Figur 9. Dopplerprofil i ICA (vänster) och ECA (höger) med artefakter från knackningar av a temporalis superficialis.

Vid $PSV \geq 2.0$ m/s utförs beräkning av LI. Ipsilateral extrakraniell ICA undersöks så distalt som möjligt (nära skallbasen) med samma probe som placeras submandibulärt anteromedialt om musculus sternocleidomastoideus med skåran uppåt och riktad kranialt. Ibland underlättar det att ta bort kudden. Ingen vinkelkorrektion ska användas men eftersträva så litet vinkelfel som möjligt. Testa att flytta och/eller vrida på proben något för att minska vinkelfel. Vid stort vinkelfel ska LI inte beräknas. Doppla på **40–50 mm** djup.¹⁷ Man bör alltid försäkra sig om att man är i rätt kärl genom att också doppla i ECA vars flödesprofil skiljer sig från ICA. Ta hjälp av temporala knackningar vid behov (Figur 9). TAPV används för beräkning av kvoten. Tracea i anpassad skala och svephastighet (gärna 50–75 cm/s) och för att minska mätvariabilitet. Använd Calc meny för att räkna ut LI. Välj LI MCA TAPV respektive LI ICA TAPV för att tracea flödesprofilen på högsta PSV i MCA och ipsilaterala ICA (Figur 10). LI beräknas då automatiskt i tabellen.



Figur 10. Manuell tracing i MCA (vänster ovan) respektive ICA (höger ovan) för beräkning av LI.

Länk till [lathund TCD Vasospasm](#) (stödande dokument)

Bedömning

I rapporten ”TCD ny” finns en tabell med den högsta PSV för respektive kärl samt LI. Vasospasm är en sannolikhetsbedömning där flödeshastigheter, tidsförloppet och klinisk presentation ska stämma överens. Se tabellen nedan för tolkning av flödeshastigheter. Vi har valt att inte längre gradera vasospasm i lindrig, måttlig eller uttalad i bedömningen eftersom det saknas tillräckligt stöd i litteraturen för hur en eventuell gradering skall ske. I stället anges PSV i tabellen och dess bedömning i svaret. För klinikern är trenden från dag till dag också viktig. Hastigheten i intrakraniella kärl kan variera fysiologiskt 10–15% inom minuter och timmar. En ökning av PSV från dag till dag ≤ 0.3 m/s bedöms som väsentligen oförändrat, medan en dag till dag ökning med ≥ 0.5 m/s anses vara ett tecken på ökad risk för utveckling av vasospasm.¹⁴ Av erfarenhet om PSV minskar > 0.7 m/s mellan 2 konsekutiva dagar kan det bero på att motsvarande kärlsegment inte har hittats. Titta gärna på föregående undersökning och doppla på samma djup.

LI bedöms enligt Tabell 2. För patienter med distalt-belägen ICA stenosis kan cut-off gränser för LI inte användas, men patienten är fortfarande sin egen referens vid ändringar.

Tabell 2. Bedömning av flödeshastigheter och LI i intrakraniella kärl

	TAPV (m/s)	PSV (m/s)	LI ^{18,14}	Sannolikhet*
MCA ^{19,5}	$<1.2^+$	<2.0	<3	Ingen/obetydlig vasospasm
	1.2–1.7	2.0–2.9	3–5.9	Möjlig vasospasm
	$\geq 1.8^{++}$	≥ 3.0	≥ 6	Signifikant/uttalad vasospasm
BA ^{2,20}	≥ 0.85 m/s	≥ 1.4		Signifikant vasospasm
VA ²	≥ 0.8 m/s	≥ 1.3		Signifikant vasospasm

*Observera att låga hastigheter kan ses vid vasospasm. Bedömning av sannolikhet för vasospasm baseras på flödeshastigheter, tidsförloppet, patientens status/symptom och behandlingsåtgärder. *Negera inte* vasospasm enbart baserad på mätvärden. Gör en sammantagen bedömning av mätvärden, symptom och kliniskt förlopp. Patienten är sin egen kontroll avseende ACA hastighet, men ingen sannolikhetsbedömning görs. Diagnostisk säkerhet modifierad från Samagh et al²¹ och Hoh et al.⁶ + Negative likelihood ratio = 0.14, ++ Positive likelihood ratio > 10 .

I utlåtandet skall det ingå:

1. Tabell (presenteras automatiskt om Calc har använts för mätningarna)
2. Dag XX efter SAB (dag 0 = blödningsdagen)

3. Bedömning av PSV:

1.3 – 1.9 m/s lätt förhöjda; 2.0 -2.9 m/s måttligt förhöjda; ≥ 3.0 m/s uttalat förhöjda

4. Notera gärna djupet (mm) från proben vid mycket lokaliserade eller svårhittade vasospastiska segment. Notera också om något/några kärl inte kunde hittas
5. Påpeka i svaret om $PI > 2.1$ om patienten inte har intrakraniell tryckmätning
6. Bedömning där 1) osäkerhet och svårigheter som kan påverka undersökningsresultat ska beskrivas, t ex svårundersökt eller orolig patient, uttalad svullnad postoperativt, stort vinkelfel där hastigheter kan underskattas; 2) tips till efterföljande undersökare anges, t ex hö sidan undersökt från vänster.

Exempel:

- Normala flödes hastigheter i MCA och ACA bilateralt. Jmf dag XX väsentligen oförändrat.
- Måttligt förhöjda flödes hastigheter och LI talande för möjlig vasospasm i vä MCA. Jmf dag XX något högre flödes hastigheter i MCA bilateralt.
- Patient med stor blödning från hö MCA. Uttalat förhöjda flödes hastigheter och LI talande för signifikant vasospasm i hö MCA. Vä sidan undersökt från hö. Högt $PI > 2.1$, högt intrakraniellt tryck?
Jmf dag XX ses idag klart högre flödes hastigheter i hö MCA och ACA bilateralt.

Sicklecellsjukdom

Medicinsk bakgrund

Sickle cell disease (SCD) är en ärftlig sjukdom som leder till en förändring i hemoglobinet. Förändringen gör att de röda blodkropparna blir deformerade vid vissa typer av påfrestning och får en annorlunda form samt kortare livslängd. Formen liknar en månskära, därav namnet sickle. Sicklande blodkroppar aggregeras lättare, mikrocirkulation försämras och det finns risk för vasoocklusion med hypoxi och cellnekros som följd, så kallad vasooklusiv sjukdom.

Stroke som komplikation till SCD inträffar hos ca 10% av patienterna under 20 års ålder. Imaging TCD används för att påvisa höga flödes hastigheter i intrakraniella kärl som tecken på minskad kärldiameter och därmed identifiera patienter med ökad risk för stroke.^{22,23} Detta används för att styra primärpreventiv behandling med blodtransfusion som ges för att späda ut andelen erythrocyter med sickelcellmutation samt för att minska pådrag från patientens benmärg och därmed produktion av muterat hemoglobin så detta hålls på en nivå $< 30\%$.²⁴ Barn med SCD i åldern 2-16 år genomgår årlig screening med hjälp av TCD.²⁴ ”The stroke prevention trial in sicke cell anemia” (STOP studien) var en stor randomiserad multicenterstudie som undersökte om man kunde minska förstagsångsinsjuknandet i stroke genom förebyggande blodtransfusioner. TCD användes som metod för att identifiera individer med högre risk för stroke.²² Resultatet från denna studie ligger till grund för dagens screening- och behandlingsriktlinjer.

Utförande

Tabell 3. Förväntade djup (mm) utifrån barnets huvuddiameter¹⁷

Huvuddiameter	Prox MCA	Dist MCA	Bifurkation	ACA	PCA
12 cm	30–54	30–36	50–54	50–58	40–60
13 cm	30–58	30–36	52–58	52–62	42–66
14 cm	34–62	34–40	56–64	56–68	46–70

1. Identifiera kärlen i relation till patientens huvudstorlek.
2. Sample volym inställd på ca 4 mm.
3. TAPV (TAMX) är den hastighet som anges²⁴, och mäts utan vinkelkorrektur²⁵ i följande segment²²
 - MCA: doppla distala segment med start på < 40 mm djup, fortsätta till mellersta och proximala MCA. Eftersträva att skanna med ökning av djupet 2 mm i taget.
 - Carotisbifurkationen
 - Distala ICA (dICA): dvs flöde med riktning mot proben bortom (på ett större djup än) bifurkationen, skanna ca 4 mm nedom bifurkationen.
 - ACA, skanna med ökning av djupet 4 mm i taget.
 - PCA
 - BA

Den högsta hastigheten ska alltid dokumenteras med sparad bild.

Manuell tracefunktion bör användas vid otydlig signal eller orolig patient. Om trace inte kan göras på grund av svag signal, mäts endast PSV.

Bedömning

Gradering av strokerisk

Det är förväntat att en patient med SCD har medelflödes hastigheter omkring 130–140 cm/s och systoliska flödes hastigheter på knappt 200 cm/s i MCA/dICA.²³ Undvik att skriva att undersökningen är ”normal”. Notera hastigheterna i MCA/dICA och bedöm strokerisk enligt Tabell 4. I litteraturen anges hastighetskriterier oftast som TAPV utfört med blind, dvs ”non-imaging” teknik. Flera studier har visat att uppmätta hastigheter blir något lägre när imaging (TCDI) används.^{23, 26, 24} Följande hastighetskriterier gäller i MCA/dICA för barn 2-16 år med SCD som aldrig tidigare haft stroke och som vid undersökningen har stabilt sjukdomsläge.²⁴ Både TCD (non-imaging) och TCDI finns angivna, men för oss gäller TCDI kriterier (gråa kolumner).

Tabell 4. Gradering av strokerisk baserad på TAPV i MCA/dICA.^{24,27}

TAPV med TCD (TAMMV), cm/s	TAPV med TCDI (TAMX), cm/s	Riskkategori	Omkontroll
<170	<155	Låg risk	-
170-200	155-184	Intermediär risk	2-4 månader
201-220	185-205	Hög risk	1-(2) veckor
>220	>205	Hög risk	-

Eftersom hastigheterna kan variera med 10-15% inom minuter till timmar,²⁶ krävs bekräftande omkontroll av patienterna med hastigheter i det lägre intervallet av hög risk gruppen och intermediär risk gruppen.

När signalen är för dålig för manuell tracefunktion och TAPV inte kan fås, anges högsta systoliska hastighet (PSV) istället. PSV ≥ 200 cm/s i MCA²⁶ anses onormalt höga, men strokerisk kan inte bedömas på enbart PSV värden.²⁴

Anmärkningsvärt låga hastigheter kan också vara uttryck för stenoser och ökad stroke-risk. Notera om den högsta TAPV < 70 cm/s eller om hastighet i ett kärl (gäller alla) är < 50% av den kontralaterala sidans hastighet som är inom normalgränsen.^{23,25,26}

Utlåtande

(Utlåtande enligt makro i Agfa. Välj det som passar för patienten och deletea allt annat.)

Rutinkontroll med imaging TCD hos patient med Sickle Cell Disease.

Den högsta medelflödes hastigheten i XXX [höger / vänster] MCA/distala ICA är XXX cm/s.

Den högsta medelflödes hastigheten i XXX [höger / vänster] XXX [ACA / PCA / BA] är XXX cm/s (anges enbart om det är högre än den högsta TAPV i MCA/distala ICA).

Den högsta medelflödes hastigheten i XXX [höger / vänster] är < 50% än den kontralaterala sidans XXX [MCA / ACA / PCA].

Den högsta medelhastigheten är <70 cm/s, vilket kan innebära ökad risk för stroke.

Bedömning:

Således föreligger det XXX [låg / intermediär / hög] risk för stroke.

Omkontroll om XXX [1 vecka, bokning ombesörjes av Klinfys SU / 2-4 månader, tacksam ny remiss för detta].

Jmf föregående undersökning

Principer för gradering av risk för stroke enligt tabell 4 ovan.

TAPV med TCDI (TAMX), cm/s	Riskkategori	Omkontroll
<155	Låg risk	-
155-184	Intermediär risk	2-4 månader
185-205	Hög risk	1-(2) veckor
>205	Hög risk	-

Höger till vänster shunt

Medicinsk bakgrund

Under fosterstadiet finns en förbindelse mellan höger och vänster förmak (foramen ovale) för att blodet inte skall passera lungorna eftersom det syresätts av mammans blod. Detta sluts vanligtvis strax efter födelsen. Hos 20–25% av befolkningen sker aldrig denna slutning. Man har ett persisterande foramen ovale (PFO) vilket ger förutsättning för paradoxal embolisering. Andra orsaker kan vara arteriovenösa missbildningar med shunt i lungkretsloppet. Små embolier som i vanliga fall skulle filtrerats och fastna i lungorna nu i stället kan passera från höger till vänster via intra- eller extra-kardiella shuntar och vidare ut i systemkretsloppet där de kan fastna och ge symptom. Risken för detta ökar förstås om trycket i t ex höger förmak är större än vänster och därmed ”öppnar upp” kanalen, t ex när patienten krystar eller vid statiska ansträngningsmoment som att bära tungt.

Hos unga patienter (under 60 - 65 års ålder) med stroke där annan orsak uteslutits, sk kryptogen stroke ses en överrepresentation av PFO. Dessa patienter kan bli aktuella för kateterburen PFO slutning. För att bedöma sannolikheten att en kryptogen stroke är kopplad till ett PFO bedöms patienterna bedöms med hjälp av ett index “Risk of Paradoxical Embolisation” (ROPE) där högre score innebär större sannolikhet att en kryptogen stroke är PFO-relaterad. Nya forskningsstudier visar att slutning av PFO tillsammans med behandling med antiaggregantia minskar risken för ny stroke jämfört med enbart medicinsk behandling.²⁸ Resultaten gör att slutning nu rekommenderas inom 6 månader hos unga patienter med kryptogen stroke.

Tabell 5. ROPE score

KLINISKA DATA:	POÄNG
Frånvaro av högt blodtryck	1
Frånvaro av diabetes	1
Icke-rökare	1
Ytlig infarkt på röntgen	1
Ingen tidigare stroke eller TIA	1
Ålder:	
18–29 år	5
30–39 år	4
40–49 år	3
50–59 år	2
60–69 år	1
>70 år	0
SUMMA	0-10

Vid denna us används blind TCD. Fördelen med denna maskin är att båda sidors kärl kan insoneras samtidigt vilket ökar den diagnostiska säkerheten. TCD är jämförbart eller i vissa studier bättre än TTE/TEE med kontrast avseende förmågan att påvisa höger-vänster shunt på grund av PFO.²

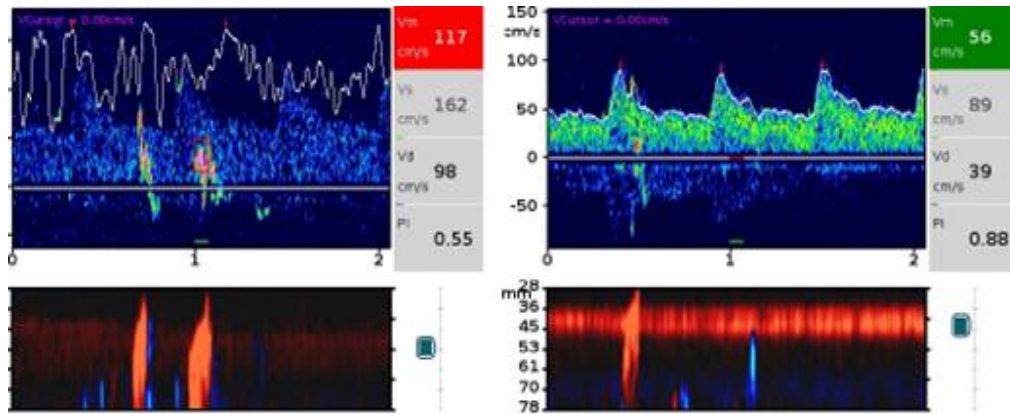
Utförande

Registrera från båda sidors MCA och ACA (om möjligt). Om det är svårt att få registreringar från båda sidor, kan ändå undersökningen utföras från en sida. Skriv i så fall detta i svaret. Vi använder ultraljudskontrast Gelofusin iv.²⁹ En ml dras upp i en spruta som kopplas till en 3-vägskran. Ytterligare en tom spruta kopplas till 3-vägskranen. Kontrasten emulgeras precis före injektion.

Undersökningen utförs sedan i 3-5 steg, både med och utan Valsalva manöver (VM).

Det är viktigt att öva VM med patienten före inspelningen startas. Vid VM ökar det intrathorakala trycket och venösa återflödet till hjärtat minskar. Det ger minskad volym i vänsterhjärtat och därmed minskande tryck där. När man släpper buktrycket flödar det uppdämda blodet på och trycket i höger förmak ökar, och ett eventuellt PFO ”öppnas upp”. En bra manöver bekräftas av att flödes hastigheten går ner under VM för att sedan öka efter buktrycket har släppts.

Vid varje steg letar man efter så kallade mikroemboliska signaler, MES (Figur 10).



Figur 10. Till vänster två st MES, till höger ett MES. Notera att "strecken" har en liten lutning.

Dessa är små "störningar" i signalen som kommer av att ultraljudsvågen påträffar emboliskt material eller bubblor från bubbelkontrasten. Uppträder dessa inom 25 sek efter given kontrast är de signifikanta, men tidsgränsen är inte absolut på grund av att timing av injektion och VM kan variera några sekunder i relation till klockningen.

Hela undersökningen från start till slut spelas in i maskinen och används för rapportbladet som skrivs ut till AGFA efter avslutad undersökning. (se länk för detaljerad beskrivning av "knappologin" på maskinen).

[Länk bruksanvisning](#)

Undersökningsstegen är:

1. Valsalva (hålls 5 sek) utan kontrast
2. Vila (Utan Valsalva) med kontrast
- 3-5. Valsalva med kontrast. Detta steg upprepas upp till 3 gånger om inga/tveksamma MES. Se tidslinjen nedan för detta steg. Observera att tidsgränserna inte är absoluta till sekunden. Patientsamverkan är oerhört viktig. Om patienten rör mycket på huvudet kan falska MES uppkomma.

Mellan undersökningar med kontrast skall 2 min passeras innan nästa kontrastdos för att undvika störningar från recirkulerande kontrastbubblor.



0 s	Injektion
5-10 s	Valsalva
10-25 s	Signifikant MES
25-120 s	Ursköljning
upprepas	

Figur 11. Tidslinje för kontrastundersökning höger-vänster shunt.²⁹

Bedömning

Om någon MES syns inom 25 sek efter kontrastinjektion är testet patologiskt. Observera att gränserna inte är så strikta på grund av variabilitet i samband med VM och kontrastinjektion. MES efter 25 sek är normalt. Efter tre normala provokationer med kontrast avslutas undersökningen.

I litteraturen förekommer graderingssystem efter antalet MES, men vi bedömer endast MES förekomst (ja eller nej) väl medvetna om att falskt positiva resultat förekommer.

Bedöm och kommentera kvalitet på undersökningen / patientmedverkan. (Ligger patienten still? Bra Valsalvamanöver? Huvudrörelser kan ge falskt positiva MES och dåligt utförd Valsalva falskt negativ us).

Utlåtande exempel:

TCD undersökning med god kvalitet.

Ingen patologisk passage av ultraljudskontrast kan påvisas vare sig med eller utan Valsalva. Inga hållpunkter för patologisk hö-vä shunt.

Tidig passage av ultraljudskontrast påvisas i samband med Valsalvamanöver. Fyndet ger misstanke om patologisk hö-vä shunt. Närmare utredning med transesofageal ekokardiografi bör övervägas.

Arbetsgrupp/metodansvariga

Johanna Amundsen, specialistläkare

Sinsia Gao, överläkare

Ansvar

Medarbetare ansvarar för att sätta sig in i och efterleva rutinen. Linjechef ansvarar för att tillkännage rutinen och följa upp efterlevnad. Verksamhetschef ansvarar för ledningssystemet.

Uppföljning, utvärdering och revision

Avsteg från rutinen av betydelse för journalföring dokumenteras i Agfa. Felhändelser eller risk för fel rapporteras i MedControl PRO.

Dokumentation

Styrande dokument arkiveras i SOFIA STY. Redovisande dokument ska hanteras enligt sjukhusets gällande rutiner för arkivering av allmänna handlingar.

Referenser

1. D'Andrea A, Conte M, Cavallaro M, Scarafile R, Riegler L, Cocchia R, et al. Transcranial doppler ultrasonography: From methodology to major clinical applications. *World J Cardiol.* 2016;8:383-400
2. Alexandrov AV, Sloan MA, Tegeler CH, Newell DN, Lumsden A, Garami Z, et al. Practice standards for transcranial doppler (tcd) ultrasound. Part ii. Clinical indications and expected outcomes. *J Neuroimaging.* 2012;22:215-24
3. Lau VI, Arntfield RT. Point-of-care transcranial doppler by intensivists. *Crit Ultrasound J.* 2017;9:21
4. Davis SM, Andrews JT, Lichtenstein M, Rossiter SC, Kaye AH, Hopper J. Correlations between cerebral arterial velocities, blood flow, and delayed ischemia after subarachnoid hemorrhage. *Stroke.* 1992;23:492-7
5. Vora YY, 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; discussion 47-8
6. Hoh BL, Ko NU, Amin-Hanjani S, Hsiang-Yi Chou S, Cruz-Flores S, Dangayach NS, et al. 2023 guideline for the management of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A guideline from the american heart association/american stroke association. *Stroke.* 2023;54:e314-e70
7. Alexandrov AV. The spencer's curve: Clinical implications of a classic hemodynamic model. *J Neuroimaging.* 2007;17:6-10
8. Lindegaard KF, Nornes H, Bakke SJ, Sorteberg W, Nakstad P. Cerebral vasospasm after subarachnoid haemorrhage investigated by means of transcranial doppler ultrasound. *Acta Neurochir Suppl (Wien).* 1988;42:81-4
9. Sloan MA, Burch CM, Wozniak MA, Rothman MI, Rigamonti D, Permutt T, et al. Transcranial doppler detection of vertebrobasilar vasospasm following subarachnoid hemorrhage. *Stroke.* 1994;25:2187-97
10. Babikian VL, Feldmann E, Wechsler LR, Newell DW, Gomez CR, Bogdahn U, et al. Transcranial doppler ultrasonography: Year 2000 update. *J Neuroimaging.* 2000;10:101-15
11. Lysakowski C, Walder B, Costanza MC, Tramer MR. Transcranial doppler versus angiography in patients with vasospasm due to a ruptured cerebral aneurysm: A systematic review. *Stroke.* 2001;32:2292-8
12. Koliass AG, Sen J, Belli A. Pathogenesis of cerebral vasospasm following aneurysmal subarachnoid hemorrhage: Putative mechanisms and novel approaches. *J Neurosci Res.* 2009;87:1-11
13. Krejza J, Mariak Z, Lewko J. Standardization of flow velocities with respect to age and sex improves the accuracy of transcranial color doppler sonography of middle cerebral artery spasm. *AJR Am J Roentgenol.* 2003;181:245-52
14. Aaslid R. Transcranial doppler assessment of cerebral vasospasm. *Eur J Ultrasound.* 2002;16:3-10

15. Tegeler CH, Crutchfield K, Katsnelson M, Kim J, Tang R, Passmore Griffin L, et al. Transcranial doppler velocities in a large, healthy population. *J Neuroimaging*. 2013;23:466-72
16. Martin PJ, Evans DH, Naylor AR. Transcranial color-coded sonography of the basal cerebral circulation. Reference data from 115 volunteers. *Stroke*. 1994;25:390-6
17. Alexandrov AV, Sloan MA, Wong LK, Douville C, Razumovsky AY, Koroshetz WJ, et al. Practice standards for transcranial doppler ultrasound: Part i--test performance. *J Neuroimaging*. 2007;17:11-8
18. Lindegaard KF. The role of transcranial doppler in the management of patients with subarachnoid haemorrhage--a review. *Acta Neurochir Suppl*. 1999;72:59-71
19. Sharma AK, Bathala L, Batra A, Mehndiratta MM, Sharma VK. Transcranial doppler: Techniques and advanced applications: Part 2. *Ann Indian Acad Neurol*. 2016;19:102-7
20. Svirgi GE, Ghodke B, Britz GW, Douville CM, Haynor DR, Mesiwala AH, et al. Transcranial doppler grading criteria for basilar artery vasospasm. *Neurosurgery*. 2006;59:360-6; discussion -6
21. Samagh N, Bhagat H, Jangra K. Monitoring cerebral vasospasm: How much can we rely on transcranial doppler. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2019;35:12-8
22. Adams RJ, McKie VC, Hsu L, Files B, Vichinsky E, Pegelow C, et al. Prevention of a first stroke by transfusions in children with sickle cell anemia and abnormal results on transcranial doppler ultrasonography. *N Engl J Med*. 1998;339:5-11
23. Hoppe C, Klitz W, Cheng S, Apple R, Steiner L, Robles L, et al. Gene interactions and stroke risk in children with sickle cell anemia. *Blood*. 2004;103:2391-6
24. DeBaun MR, Jordan LC, King AA, Schatz J, Vichinsky E, Fox CK, et al. American society of hematology 2020 guidelines for sickle cell disease: Prevention, diagnosis, and treatment of cerebrovascular disease in children and adults. *Blood Adv*. 2020;4:1554-88
25. Bulas D. Screening children for sickle cell vasculopathy: Guidelines for transcranial doppler evaluation. *Pediatr Radiol*. 2005;35:235-41
26. Adams RJ. Tcd in sickle cell disease: An important and useful test. *Pediatr Radiol*. 2005;35:229-34
27. Dick MRD. Sickle cell disease in childhood: Standards and recommendations for clinical care. *Sickle Cell Society* 2019;3rd edition
28. Kent DM, Dahabreh IJ, Ruthazer R, Furlan AJ, Reisman M, Carroll JD, et al. Device closure of patent foramen ovale after stroke: Pooled analysis of completed randomized trials. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67:907-17
29. Droste DW, Kriete JU, Stypmann J, Castrucci M, Wichter T, Tietje R, et al. Contrast transcranial doppler ultrasound in the detection of right-to-left shunts: Comparison of different procedures and different contrast agents. *Stroke*. 1999;30:1827-32

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet Klinisk fysiologi

Innehållsansvar: Johan Skoog, (johsk26), Underläkare, ST

Granskad av: Sergej Golubovic, (sergo2), Sektionsledare

Godkänd av: Per Nivedahl, (perda7), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9800-1516193980-588

Version: 4.0

Giltig från: 2025-12-03

Giltig till: 2027-11-26