



Neuroradiologisk A-B

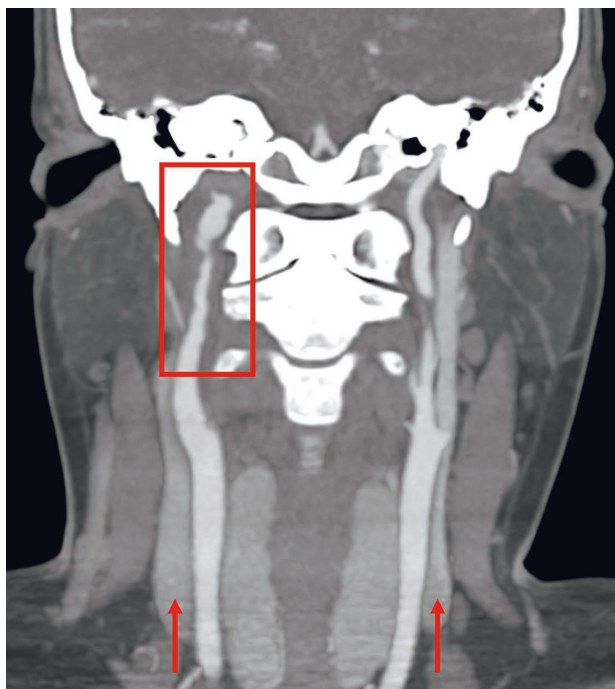


I denna nya artikelserie av neuroradiolog **David Fällmar** kommer du att presenteras för fyra neuroradiologiska begrepp i varje nummer. Det huvudsakliga syftet är att underlätta för dig som skriver neuroradiologiska remisser och läser utlåtanden, men även för att främja kommunikationen över telefon och under röntgenronderna.

Varje läkarspecialitet håller sig med favoritformuleringar, egna termer och förkortningar. Begrepp som hanteras dagligen känns självklara och hemtama, och vi glömer ofta bort att förklara oss. Den stressade – eller borde jag skriva tidspressade – mottagaren kanske inte alltid kostar på sig kontrollfrågor, utan nöjer sig med en kvalificerad gissning om vad som egentligen menas. Någon enstaka gång kanske stoltheten kommer emellan. Den medicinska terminologin har ett imponerande och ständigt växande omfång, och även om vi randar oss under vår ST har vi i ärlighetens namn inte några rimliga möjligheter att upprätthålla en komplett förståelse inom alla sektorer.

Detta är den första av en rad artiklar som har för avsikt att skildra det neuroradiologiska alfabetet på ett sedelärande och matnyttigt sätt. Greppet är lånat från Albert Engström, som tillsammans med några fryntliga vänner (bland andra Verner von Heidenstam och Gustaf Fröding) skrev en skämtsam läsebok tillägnad Birger Mörnars dotter Marianne, som kallades Pyttan. Resultatet var en blandning av högt och lågt, både i litterär och humanistisk bemärkelse, men på lekfullt rim och berikade med Engströms härliga gubbar. Teckningar och rim kommer du tyvärr inte bjudas på i denna blygsamma exposé, men förhoppningsvis kan bild och prosa få ett eller annat begrepp att klarna en smula!

och C-D-lära



A – Angiografi. DT-angiografi av hals och hjärna (beskuren) visar högersidig carotidisdissektion med pseudoaneurysm under skallbasen (rektangel). Undersökningen är utförd i artärfas men relativt god fyllnad ses även i vener (pil).

A. ANGIOGRAFI

Angiografi betyder inget annat än avbildning av kärl, och många olika tekniker ryms i detta breda koncept. I neuroradiologiska sammanhang skiljer vi på konventionell angiografi, DT-angiografi och MR-angiografi. Vi behöver även hålla isär venografier från arteriografier, så det i folkmun slarviga ”angio” har massor av tänkbara betydelser och är ett påtagligt kontextkrävande ord med stor potential för att orsaka missförstånd. Låt oss börja med konventionell angiografi, där det konventionella står för sättet vi applicerar röntgenstrålning, det vill säga att vi erhåller en tvådimensionell bild eller bildserie av en genomlyst patient. Dessa undersökningar sker efter arteriell kateterisering, oftast av en interventionist. Innan de tomografiska metoderna kom att dominera specialiteten var angiografier en vanlig arbetsuppgift för en neuroradiolog. Många av oss som på senare tid utbildats inom diagnostisk neuroradiologi har liten eller ingen praktisk erfarenhet av detta. Kontrastmedlen som används är jodbaserade, precis som vid datortomografi. Angiografen kan göras mer selektiv genom att katetern förs till en mer perifer artär inför injektionen. Konventionell angiografi har en mycket hög spatiell upplösning vilket tillåter analys även av mycket små kärl (så-

som hypoplastiska kommunikanter), och misstänkta aneurysm kan bedömas med hög säkerhet. Diskreta kaliberväxlingar kan påvisas, exempelvis vid vasospasm och vaskulit. Tidsförloppet för kontrastmedlets omsättning låter sig fångas i genomlysning eller i en bildserie, från stora artärer till



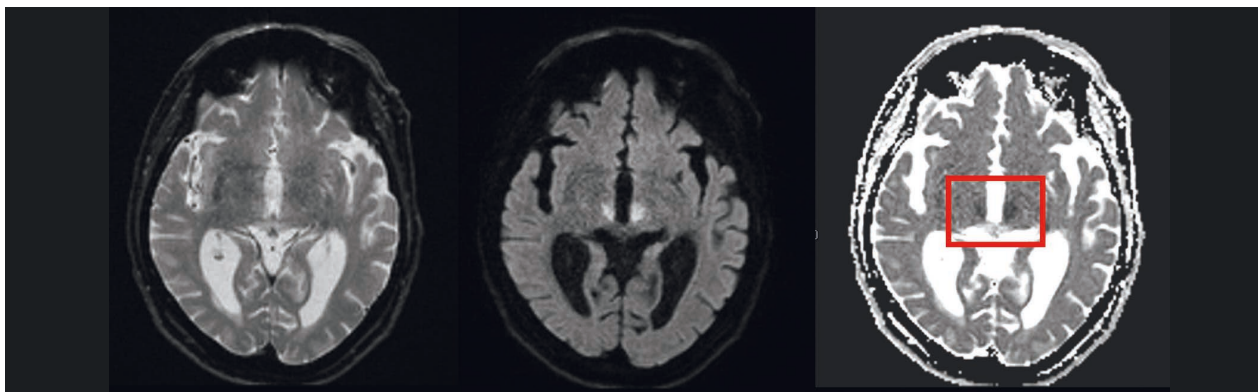
Innan de tomografiska metoderna

kom att dominera specialiteten var angiografier en vanlig arbetsuppgift för en neuroradiolog.

arterioler, kapillärer och över till det venösa systemet. Detta innebär att fistlar och arteriovenösa missbildningar kan identifieras, och dess uppbyggnad med tillförande och avförande kärl kan kartläggas. Digital subtraktionsangiografi (DSA) innebär att en vanlig röntgenbild tas innan kontrastmedlet injiceras, varpå skelettet kan subtraheras från bilden och blodkärlen framhävas. Med modern teknik kan tredimensionella rekonstruktioner erhållas även vid konventionell angiografi.

Vid datortomografi kan angiografi åstadkommas med intravenös injektion av jodhaltigt kontrastmedel. Om artärerna ska avbildas är det viktigt att medlet injiceras snabbt, oftast krävs en grön nål eller grövre. En PICC-line eller PVK på handryggen leder oftast till att undersökningen blir inkonklusiv eftersom tidsförloppet blir för utdraget. En venografi (oftast med frågeställningen sinustrombos) är inte lika känslig för detta. En remiss för datortomografi ska i första hand ha en bra frågeställning så att bedömande radiolog kan ta ställning till metodval, och om en angiografi uttryckligen önskas måste det framgå om det är en arteriell eller venös som eftersträvas – och varför. Det är också skillnad på att bara avbilda hjärnans artärer (aneurysm, fistel, kärlmissbildning), jämfört med att avbilda halsens + hjärnans artärer (stroke, dissektion, stenoser). Om undersökningen begränsas till bara hjärnan blir stråldosen förstås lägre, och bildkvaliteten kan ibland bli något högre. Det som skiljer en arteriell från en venös undersökning är inget annat än väntetiden från det att kontrastmedlet injiceras tills bilderna tas. Det finns en individuell variation i hur snabbt patienterna omsätter kontrastmedlet och väntetiden fastslås oftast genom mätningar efter en separat testbolus. Vissa protokoll eftersträvar en blandbild, där fyllnad kan ses i både artärer och vener. På en

Neuroradiologisk A-B



B – B-värde. Bilderna visar en diffusionsviktad undersökning. De två första bilderna visar b-värde 0 respektive b-värde 1000. Bilden till höger visar ADC-kartan som bekräftar nedsatt diffusion (lågt värde, mörkt) i mediala thalamus bilateralt (rektangel). Finndet är typiskt för färsk infarkt i territoriet för Percherons artär.

del undersökningar går det därför att med relativt stor säkerhet utesluta sinustromboser och samtidigt bedöma artärerna, men detta är delvis avhängigt individuella faktorer. Inte så sällan kan en undersökning sparas in genom att eftergranska befintliga bilder med en ny frågeställning. Om separata dedikerade angiografier av både artärer och vener ska utföras innebär detta dubbel dos av strålning (kanske också av kontrastmedel), men detta kan oftast undvikas. Under de senaste tio åren har det skett en påtaglig ökning av antalet DT-angiografier (se tidigare artikel i Neurologi i Sverige, 1/2018). Allt för ofta innehåller dessa remisser ingen konkret frågeställning som motiverar angiografi, och ibland skiner remittentens osäkerhet igenom. Där behöver vi alla hjälpas åt med att upprätthålla en god nivå av medicinskt berättigande. Ett specifikt missförstånd som vi ofta ser är att vissa remitter vill ha en DT-angiografi på grund av en vag eller svag misstanke om infarkt i bakre cirkulationen. Metoden är förvisso bra på att påvisa och utesluta basilaristromboser, men ofta handlar dessa remisser om isolerad yrsel eller andra tecken som kan tyda på en liten infarkt i cerebellum eller hjärnstam. I sådana lägen är MR med protokoll för strokescreening (diffusionssekvens) betydligt bättre lämpat. Det ska också sägas att en modern DT är ganska bra på att visa infarkter i lillhjärnan.

Både arteriella och venösa angiografier kan utföras i en magnetkamera. Det finns åtskilliga tekniker och sekvenser, både med och utan injektion av gadolinium, som kan användas med olika för- och nackdelar. Dessa ryms inte i denna artikel, men gemensamt för alla MR-angiografier är att upplösningen är sämre än för de andra modaliteterna, och att det finns risk för falskt positiva fynd samt osäkerheter på grund av artefakter. När MR av hjärnan utförs kan angiografi en-

kelt läggas till. De vanligaste exemplen utan kontrastmedel är arteriell angiografi med inflödesteknik (TOF, Time of Flight), och venografi med faskontrastteknik (PC). Normal signal från kärlen talar starkt emot ocklusion, medan avsaknad av signal antingen kan ha tekniska orsaker eller tala för faktisk ocklusion. Således kan MR-angiografi ofta utföras utan kontrastmedelsinjektion, med förbehållet att det ibland blir svårtolkade bilder och nödvändigt att komplettera undersökningen. I synnerhet vid diagnostik av sinustrombos finns olika åsikter även bland neuroradiologer om vilken strategi som är smartast. Förhållandet vid dissektion är också lite komplicerat – vid MR-angiografi kan den klassiska lumeninskränkningen vara mer svårbedömd än med röntgenbaserade tekniker, men å andra sidan kan både hematomet i kärlväggen och emboliska infarkter påvisas med MR. Ibland kan det behövas både DT-angiografi och MR för att erhålla en helt konklusiv bedömning.

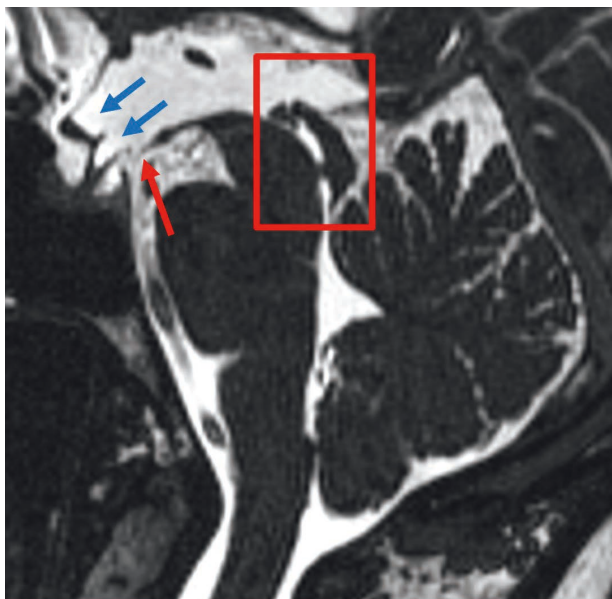
Det finns även andra tänkbara fördelar med MR-angiografiska metoder (såsom selektiv framställning av specifika kärl eller territorier med ASL-teknik), men i nuläget främst som forskningsredskap.

B. B-VÄRDE

På relativt kort tid har den diffusionsviktade MR-sekvensen (DWI) blivit en av de viktigaste i klinisk rutin. Nedsatt diffusion kan påvisas i form av en signalförändring i vissa patologiska tillstånd (ofta används begreppet inskränkt diffusion, vilket ur strikt och renlärigt fysikaliskt perspektiv kan anses som missvisande). Det klassiska exemplet på sjukdom med nedsatt diffusion är en färsk eller subakut infarkt, som går med ett joniskt ödem på grund av upphävd funktion i jonkanaler. Diffusionen blir nedsatt i det skadade området bara

och C-D-lära

minuter efter infarkten, vilket sedan håller i sig i en till två veckor. Separat nedsatt diffusion i kortex kan exempelvis ses vid Creutzfeldt-Jakobs sjukdom och ibland vid autoimmun encefalit. Celltäta tumörer såsom lymfom och medulloblastom har också nedsatt diffusion. Om det finns blod eller luft i eller i direkt anslutning till en vävnad blir diffusionen svår eller omöjlig att bedöma. En diffusionsviktad MR-sekvens kan producera två, tre eller ännu fler bildserier och det är där b-värdet kommer in. Sekvensen mäter med minst två olika b-värden, vilket representerar olika nivåer av diffusionsviktning. Ett vanligt exempel är b-värdena 0 och 1000, vilket betyder ingen respektive ganska hård viktning för diffusion. En bild med b-värde 0 kommer se ut ungefär som en vanlig T2-viktad bild men med sämre upplösning. En bild med högt b-värde kommer avslöja områden med nedsatt diffusion, som blir högsignalerande. Förenklat representerar den höga signalen vattenmolekyler som inte diffunderar fritt, och därmed inte tappar signal. Det krävs ingen större skicklighet att se ljusa partier på en diffusionsbild (b=1000), och minimala punktformiga infarkter kan synas med stor tydlighet. Däremot krävs lite vana för att känna igen de typiska artefakter som brukar finnas på diffusionsviktade bilder, och det finns en mycket viktig fallgrop. Vävnad som har hög T2-signal kan nämligen vara signalstarka även på diffusionsvikt-



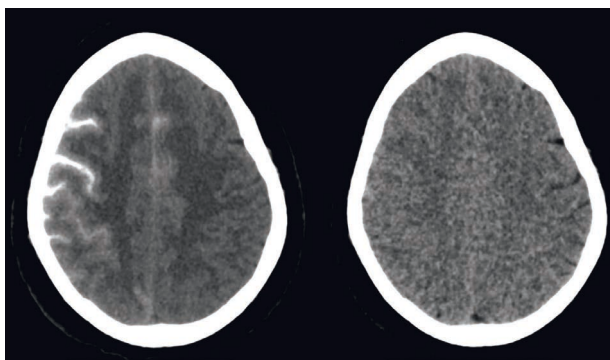
C – CISS. Sagittal bild över hjärnstammen med CISS-sekvens på patient med hydrocefalus. Akveduktstenos påvisas i form av förträngning (rektangel). Patienten har redan erhållit behandling i form av ett stoma genom golvet av tredje ventrikeln (röd pil). Tredje ventrikelns recesser är tydliga (blå pilar).

tade bilder eftersom det finns inslag av T2 i bilden ("T2 shine through"). Därför granskas alltid en till sekvens som heter ADC (Apparent diffusion coefficient). Det är en framräknad bild som använder informationen från två bildserier med olika b-värden och ger ett kvantitativt resultat. Det som vissa uppfattar som förvirrande är att pixelvärdena skiljer sig – ett område med nedsatt diffusion kommer att vara ljus på b=1000 men mörk på ADC. Om detta inte är sant kan fyndet representera något annat än nedsatt diffusion.

Vissa artiklar har påvisat att väldigt höga b-värden kan vara känsligare i vissa lägen. Det ska dock nämnas att andra tekniska förutsättningar spelar stor roll. Vid 3T är artefakter (till exempel runt shuntklockor och i närheten av luftförande hålrum) större än vid 1,5T vilket kan vara en nackdel. Olika tillverkare av MR-kameror har också olika teknik och skillnaden kan vara påtaglig, i synnerhet när kortex ska bedömas. Diffusion kan också användas för speciella sekvenser såsom kurtosis, IVIM och DTI – vilket kan användas till traktografer. Mer om det sistnämnda kommer i ett senare nummer!

C. CISS (CONSTRUCTIVE INTERFERENCE IN STEADY STATE)

En av de största skillnaderna mellan modern radiologi och den som fanns i början av 2000-talet är att vi nu ofta eller nästan alltid har tillgång till tunna snitt. Vid en snittjocklek på 3 mm eller mer måste många oklara fynd antas vara partiella volymeffekter (vilket förklaras i ett senare nummer). En viktig MR-sekvens med tunna snitt är CISS, som egentligen är ett produktnamn från Siemens, men i det här alfabetet får representera en typ av sekvens. Liknande sekvenser kan exempelvis heta Balanced eller Fiesta, med vissa skillnader sinsemellan. Det som avses är en sekvens som lyfter fram cerebrospinalvätskan i relation till alla former av parenkym. På bilderna blir likvor ljus medan all annan vävnad blir mörkgrå eller svart. Kombinationen av tunna snitt, hög upplösning och bra åtskillnad mellan likvor och vävnad gör att CISS och dess systersekvenser lämpar sig utmärkt för en rad specifika uppdrag. Ett klassiskt exempel är att se om aqueductus cerebri är öppetstående eller ej – vilket är nästan omöjligt på andra sekvenser. Sekvensen är också enastående på att avgränsa kranialnervernas förlopp kring hjärnstammen, inklusive de sjunde och åttonde nervernas väg genom den inre hörselgången. Neurovaskulär konflikt är en typisk frågeställning där CISS är en viktig sekvens. Både kärl och nerver avtecknas tydligt i den prepontina cerebrospinalvätskan. Att dessa möts och har kontakt skall inte övertolkas, det är ett vanligt bifynd. Symtomgivande konflikt uppstår främst om kärlet ligger an mot nervens allra första del, precis efter utträdet från hjärnstammen, eftersom myeliniseringen är betydligt svagare där.



D – Dubbelenergi. Ett användningsområde för datortomografiska bilder med dubbelenergi är framställandet av virtuella nativbilder. Bilden till vänster visar en vanlig DT-bild på en patient som genomgått endovaskulär behandling för aneurysm i bakre kommunikanten på höger sida. Fyndet kan misstolkas som kraftig subaraknoidal blödning. Virtuella nativserie (till höger), framtaget från samma rådata, bekräftar att den högattenuerande utfyllnaden i subaraknoidalrummet nästan helt utgjordes av kontrastmedel.

Dessa sekvenser tar lång tid och i nuläget är det inte praktiskt att avbilda hela hjärnan. Därför kommer radiologen som prioriterar remissen att ange till sköterskorna vilken del som ska avbildas med CISS och i vilket plan. Om vestibularrisschwannom är frågeställningen kommer meatus acusticus interna att avbildas transversellt, men om akvedukten är målorganet kommer bilderna istället tas över medellinjen och sagittellt. Taget över orbita kan sekvensen ofta påvisa protrusion av synnerven, vilket ofta motsvarar det kliniska statusfyndet papillödem. Återigen blir budskapet att remittenten ansvarar för att framställa tydliga och motiverade frågeställningar, och att radiologen ansvarar för att anpassa undersökningen efter det. På senare år har det uppmärksamats att venplexat i sinus cavernosus blir något ljusare om undersökningen görs efter gadoliniuminjektion (trots att bilderna främst är T2-viktade). På så vis kan kranialnerverna som passerar genom cavernosus identifieras, vilket kan vara till hjälp vid utredning av vissa specifika kranialnervssymtom.

D. DUBBELENERGI

Många datortomografer på marknaden har nu möjlighet till undersökning med dubbelenergi. Rent tekniskt finns olika sätt att åstadkomma detta, men förenklat kan det beskrivas som att två bildsekvenser tas med olika kilovolt, det vill säga olika stor energinivå på fotonerna. Röntgenstrålar med låga energinivåer har större tendens att bromsas (attenueras) i kroppen, vilket bland annat möjliggör kontrastundersökning med lägre dos kontrastmedel. Strålar med högre energinivå har bättre penetrans vilket bland annat ger färre artefakter. De olika energinivåerna ger alltså olika fördelar. Ofta kom-

bineras dessa till en "optimal" bild i samband med själva datorrekonstruktionen. Ibland skickas alla de enskilda bildserierna till PACS-systemet vilket kan orsaka risken att en ovan radiolog tittar på fel sekvens och bara ser en ovanligt brusig bild (exempelvis bilderna med låg kilovolt). Hur den optimala bildserien benämns är olika på olika röntgenkliniker (exempelvis det föga intuitiva "F 0,7").

Stråldosen vid dubbelenergi är inte, som vissa kanske tror, avsevärt högre utan ungefär samma som vid monoenergetisk DT (eller ibland lägre, när en hel undersökningsfas kan undvikas).

Om två bildserier med olika energinivå kombineras finns dock även potential att utläsa nya parametrar. Det här är delvis ett område för pågående forskning men några applikationer används redan kliniskt. Den utan tvekan mest användbara ur ett neuroradiologiskt perspektiv är den virtuella nativserien (VNC; virtual non-contrast). På grund av jodmolekylens fysikaliska egenskaper vid röntgenbestrålning kan datapunkter som innehåller jod identifieras. Detta kan antingen användas för att ta fram en jodkarta ("var nånstans i bilden finns det kontrastmedel?"), eller tvärtom – att räkna bort kontrastmedlet. Det sistnämnda blir således en virtuellt framtagen nativ bild – alltså hur bilden hade sett ut om kontrastmedel inte hade givits. Detta kan användas för att hålla nere stråldosen, istället för att undersöka patienten före och efter injektion av kontrastmedel räcker det med efter. Ett annat värdefullt sätt att använda tekniken är på patienter som nyligen genomgått neurointervention, såsom trombektomi. Ganska ofta har dessa patienter läckage av kontrastmedel till subaraknoidalrummet, eller stagnation av kontrastmedel i skadat parenkym. Detta kan misstolkas som subaraknoidalblödning eller göra infarkter svårbedömda (misstolkas ibland som blödningar). Eftersom det retinerade kontrastmedlet innehåller jod kan den virtuella nativserien bringa klarhet.

Utöver jod är även kalk och urinsyra (gikt, urinstenar) lämpliga för att urskiljas med dubbelenergi. Det förstnämnda kan bland annat användas till att räkna bort skelettet på angiografibilder för att framhäva kärlen, som vid DSA. Det kan tilläggas att alla manipulationer av bilden ökar risken för att det som ses på bilderna inte är helt "sant". Ett exempel på det är att VNC-bilder har falskt låg differentiering mellan grå och vit substans vilket ökar risken att missa en infarkt.



DAVID FÄLLMAR

Neuroradiolog, Akademiska sjukhuset i Uppsala
david.fallmar@radiol.uu.se

Faktagranskat av professor Johan Wikström

och C-D-lära