

I denna artikelserie av neuroradiolog **David Fällmar** kommer du att presenteras för fyra neuroradiologiska begrepp i varje nummer. Serien inleddes i förra numret, och turen har nu kommit till bokstäverna E, F, G och H. Det huvudsakliga syftet är att bidra till en neuroradiologisk allmänbildning – för att underlätta för dig som skriver neuroradiologiska remisser och läser utlåtanden, men även för att främja kommunikationen över telefon och under röntgenronderna.

E. EFFEKTIV DOS

Ett vanligt scenario i röntgenvärlden är att någon frågar hur stor en stråldos är för en viss undersökning. Frågeställaren har då oftast en spänd och sprittande förhoppning om att svaret ska vara begripligt, helst som en jämförelse med något annat, något som kan användas som en konkret måttstock. Innerst inne vet dock de flesta att svaret kommer bestå av en hypotetisk siffra följt av en enhet som man kan ta gift på att man ald-



Strålning och stråldos kan mätas och uttryckas på en rad olika sätt, så det kan hända att samma fråga renderar olika svar.

Neuroradiologisk A-B



Del 2. E-H

och C-D-lära

rig någonsin hört talats om i hela sitt liv. Därmed finns en mental beredskap för att – oavsett hur svaret lyder – nicka eftertänksamt och därefter kvickt byta samtalsämne. Strålning och stråldos kan mätas och uttryckas på en rad olika sätt, så det kan hända att samma fråga renderar olika svar.

Radioaktivitet kommer av att instabila grundämnesisotoper spontant sönderfaller till ett mer stabilt tillstånd, till exempel när fluor-18 sönderfaller till syre-18. Detta sker med en viss halveringstid (110 minuter för ^{18}F), vilket kan mätas som Becquerel (Bq) eller Curie (Ci). Vad som avges vid sönderfallet kan vara av olika slag, och en specifik variant är när positroner avges, vilket i ett andra steg kan utnyttjas för att mäta fotonstrålning i en PET-kamera. När det handlar om nuklearmedicin och strålning från sönderfall är det värt att komma ihåg att det är patienten som strålar och inte kameran! Marie Curie, som dagligen hanterade radium och polonium utan skyddsutrustning, ligger begravd i en blykista av samma anledning. *Röntgenstrålning* – vilket ingår i en datortomografi – skiljer sig däremot från den strålning som radioaktiva ämnen genererar. Röntgen handlar istället om väldigt energirika fotoner som skapas på elektrisk väg med en kraftig rörspänning och skjuts genom patienten. Röntgenfotoner innehåller 100.000 gånger mer energi än synligt ljus, och har därmed mycket kor-



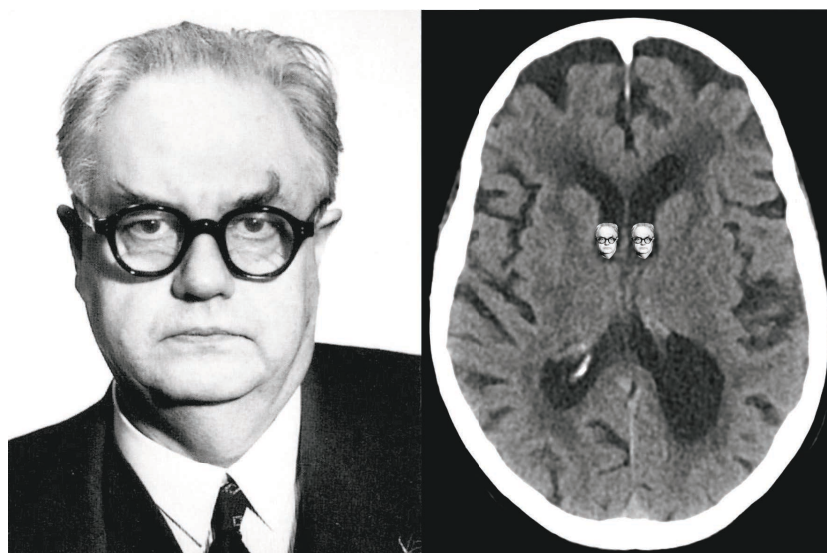
tare våglängd – vilket är synonymt med högre frekvens. Energinivån kan uttryckas med enheten elektronvolt (eV, oftast med prefixen kilo). Dos som absorberas i kroppen, och därmed har möjlighet att skada oss, alternativt bekämpa tumörceller, mäts i Gray (Gy). När det handlar om datortomografi (DT) får man en viss mängd strålning per "snitt". Multiplicerat med längden på den avbildade kroppsdelens får man det logiska måttet doslängdsprodukt (DLP), som uttrycks i enheten Graycentimeter (Gycm, oftast med prefixen milli). Om två olika DT-apparater eller protokoll ska jämföras är detta ett användbart mått. Den absorberade dosen kommer vara individuell för olika patienter men kan hållas jämn om jämförelsen görs på en plastdocka (ett fantom).

Både röntgenstrålning och strålning från radioaktivt sönderfall är *joniserande* strålning, vilket innebär att de – vilket namnet antyder – kan göra atomer till joner, och därmed skada molekyler. I synnerhet DNA-molekylen är känslig för sådan skada. Det är orsaken till att vi behöver bekymra oss för stråldoser. Vi strävar efter ett mått som har bäring på hur skadligt det är för oss som människor. Det första sättet att mäta stråldosens verkan var genom HED, HusErytemDosen, det vill säga hur röd huden blev efter strålningstillfället. Inte ett helt optimalt sätt kan vi retrospektivt konstatera. In kommer Rolf Sievert [Figur E], en svensk fysiker som studerade i Uppsala på 1910-talet och disputerade 1932 vid Uppsala universitet. Därefter arbetade han bland annat på Radiumhemmet. Han lärde oss bland annat att de olika strålslagen (fotoner, elektroner, alfapartiklar) påverkar vävnad olika. En alfapartikel är 20 gånger så farlig för vävnad jämfört med en foton vid samma absorberade dos. Sedan 1979 har dosekvivalenten för joniserande strålning, vilket gör olika strålningstyper jämförbara, burit hans namn.

Till saken, vilket i detta fall är bokstaven E och begreppet effektiv stråldos. Det är alltså ett mått som vill visa oss hur stor *riskökning* vi tillför patienten. Olika organ i kroppen är olika strålkänsliga. Blodbildningen och vävnader som delar sig ofta är mycket mer känsliga än neuron och osteocyter. På det neuroradiologiska planet kan joniserande strålning orsaka eller påskynda katarakt medan risken att utveckla hjärntumörer är ganska liten, jämfört med malignitetsrisk i andra organ som utsatts för samma stråldos. Varje organ har en viktningssfaktor (en siffra mellan 0,01 och 0,12) som stråldosen multipliceras med för att räkna ut den effektiva dosen, eller "risken". Lite förvirrande är det dock att både "ekvivalent dos" och "effektiv dos" mäts i Sievert, och alla som suckar högt nu har mina fulla sympatier.

I praktiken är stråldoser olika höga på olika sjukhus, eftersom det alltid görs delvis subjektiva avvägningar för hur låg bildkvalitet man är beredd att acceptera för att hålla doserna nere. Olika kameror, eventuella filter och andra tekniska skillnader spelar naturligtvis

också roll. Nu kommer det lite siffror: Ett exempel på effektiv dos för en DT hjärna* är 2 mSv (med en DLP på 850 mGycm), medan en DT buk kan ge 7 mSv (med en DLP på 400 mGycm). Som jämförelser kan nämnas att en FDG-PET kan ge 4,5 mSv, en tandröntgen kan ge 0,01 mSv och en flygning till New York kan ge 0,05 mSv. Ibland används begreppet "medel-svenskens årsdos" och då avses en kombination av naturlig bakgrundsstrålning, bland annat kosmisk strålning och andra faktorer som vi i vardagen utsätts för (inklusive en genomsnittlig mängd medicinsk radiologi). Denna medeldos uppgår till 3 mSv per år. Som kurios kan nämnas att en dos på 3 Sv (utan milli!) sannolikt leder till döden inom några dagar och att saneringsarbetarna på Tjernobyl utsattes för 50 Sv av tio minuters saneringsarbete. Genom att äta en banan utsätts du för 0,1 mikroSievert eftersom den innehåller mycket kalium, vilket i viss utsträckning består av den aningen instabila isotopen kalium-40. Begreppet "bananekvivalent dos" kan därför användas (med försik-



Figur E – effektiv dos. Bilden till vänster visar Rolf Sievert (bildkälla: Riksarkivet). Bilden till höger visar en vanlig DT hjärna med 2 milliSievert stråldos. Patienten som avbildats har lätt/måttlig generell atrofi och periventrikulära vitsubstansförändringar.

*Exemplet ovan gäller dubbelenergi protokollet på Akademiska sjukhuset i Uppsala. Vissa andra sjukhus ligger lite lägre i sin dosering av DT hjärna, men har också lägre bildkvalitet.

Neuroradiologisk A-B

tighet) för att på ett raljant sätt påpeka litenheten hos en strålkälla.

Den vetgiriga läsaren vill nu veta *exakt* hur mycket risken för cancer ökar av en undersökning. Grovt brukar siffran 5 procent per Sievert nämnas, vilket ger 0,005 procent per milliSievert, vilket i sin tur ger 0,01 procent för en DT hjärna. Det ska tydligt framhåvas att risken dels är ett hypotetiskt estimat, och dels är påtagligt åldersberoende. För medelålders och äldre patienter som har en medicinsk indikation för undersökning är strålning från datortomografier i praktiken inte ett problem.

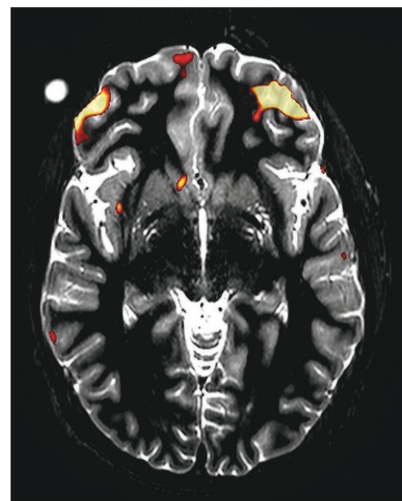
F. fMRI

Funktionell magnetresonanstomografi (fMRI) har inneburit en revolution för psykologisk grundforskning och har blivit ett flitigt använt verktyg. En sökning efter artiklar i Embase på termen ger över etthundratvåusen träffar (skulle du läsa tre fMRI-artiklar om dagen skulle det alltså ta hundra år att läsa det som redan nu finns publicerat). Medan tidigare psykologiska paradigmer har rört sig på en abstrakt nivå genom att tala i termer av betingning, arketyper, symbolik, samt de ökända "jaget" och "detet", så har fMRI hjälpt till med att sätta psykologiska fenomen på plats – i hjärnan. Kring millennieskiftet var fokus mycket på ren lokalisering, och många frestades med viss rätta att kalla hela verksamheten för högteknologisk frenologi. Nyare teknik som analyserar konnektivitet tar istället hänsyn till olika funktionella eller kognitiva nätverk, som interagerar med varandra och som ligger närmare modern kognitiv psykologi. Men vi tar det från början:

Ordet "funktionell" i fMRI är ospecifikt och kan egentligen ses som en bredare term för alla magnetkameratekniker som studerar funktioner. I praktiken avses en mätning av skillnader i blodflöde, som ett indirekt tecken på att en viss del av hjärnan ökat eller minskat sin aktivitet på grund av ett stimulus el-

ler någon annan skillnad i tillstånd. Undersökningen kan genomföras i en helt vanlig MR-kamera med ekoplanarsekvenser. Det går bra i 1,5T men blir bättre signal i 3T. Extra utrustning är inte strikt nödvändigt men kan behövas för vissa moment, till exempel att visa bilder för försökspersonen eller erbjuda en tryckknapp för interaktion. Även luktämnen eller smärta kan åsamkas försökspersonen via icke-magnetisk apparatur. Klassisk fMRI med blockdesign går ut på att man (i block om cirka 30 sekunder) varvar två olika stimuli som har en väl utvald skillnad, under ett antal minuter. Ett exempel på ett paradigm kan vara bilder av arga ansikten jämfört med neutrala ansikten. En subtraktionsbild (sammanställt av hundratala mätningar) visar sedan vilken del i hjärnan som aktiveras av själva "argheten" i bilden (jämfört med neutrala ansikten). Otaliga varianter av detta har publicerats. Det som mäts är den ökning av blodflöde som sker autoregulatoriskt i ett område av hjärnan efter en tillfälligt ökad neural aktivitet. Figur F1 visar vilka områden i min (författarens) hjärna som aktiveras, när jag ser bilder av min hustru Helena, jämfört med bilder av andra och för mig okända kvinnor i samma ålder. Undersökningen utfördes samma år som vi gifte oss och kan väl i ärlighetens namn representera den ganska torra form av romantik som bättre hälften till neuroradiologer får nöja sig med.

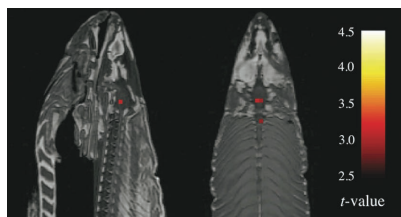
Den klassiska blockdesignen har en kusin som kallas eventbaserad design. Under tiden som försökspersonen (eller, i undantagsfall, patienten) ligger i kameran och undersöks noteras vissa tillfällen, eller "events". Detta kan till exempel vara att en försöksperson får se upprepade bokstavskombinationer, och ska trycka på en knapp när försökspersonen varseblir att någon kombination upprepas eller är betydelsebärande. Då kan områden för igenkännande eller språkförståelse lokaliseras. Ett kliniskt



Figur F1 – fMRI. Bilden visar en transversell inversion recovery av författarens hjärna, med en färgkodad fMRI-sekvens överlagrad. Protokollet var en blockdesign där bilder av den nygifta författarens fru utgjorde testblocket, och bilder av andra (ungefär lika snygga) tjejer utgjorde kontrollblocket. Hustruspecifika områden förelåg främst prefrontalt och orbitofrontalt. Den vita sfären på tinningen är en vitaminkapsel tejpad på huden, som används för att säkerställa vilken sida som är höger när di-combilderna exporteras till ett separat program (och risk för spegelvändning föreligger).

exempel är att en patient med epilepsi samtidigt (inne i kameran) har MR-kompatibel EEG-avläsning. Då kan exakta tidpunkter för epileptiforma händelser på EEG märkas ut och adderas ihop, varpå fMRI-bilden kommer visa vilken del av hjärnan som är aktiv vid dessa tidpunkter.

Mycket av den omfattande fMRI-forskning som kom i början av 2000-talet har kritiserats metodologiskt. Dels så innehöll flera av de vanligaste mjukvarorna som räknar ut statistiska skillnader felaktigheter som ledde till en överrisk för falskt positiva fynd (vilket bland annat påpekades 2016 av Anders Eklund i Linköping), men ur ett större perspektiv omfattades fMRI-studier även av den replikationskris som kom att dominera den offentliga diskursen inom psykologisk forskning under stora



Figur F2 – fMRI. Bilden visar en adult *Salmo salar* som i en MR-kamera visades emotionellt laddade bilder av människor och där en BOLD-signal med t-värde 3,15 kunde uppmätas med ett p-värde $<0,001$ (ej korrigerat för upprepade jämförelser), trots att fisken var död. Bild från Bennett et al, 2009.

delar av 2010-talet. Många av studierna var ganska små och vid försök till upprepning erhöles inte samma resultat. Utöver individuella och kontextuella faktorer kunde små detaljer i upplägg, statistisk procedur eller teknik påverka resultatet. En publikation som satte fingret på flera av de nämnda problemen är den berömda laxen. Craig Bennett et al, visade emotionellt laddade bilder för en fullvuxen atlantlax och kunde uppmäta en statistiskt signifikant BOLD-differens i stora delar av laxens hjärna. Den starkaste poängen med denna studie var att laxen var död* vid undersökningstillfället, och att den uppmätta aktiviteten var en kombination av signalbrus och en låg tröskel för differens – utan korrektion för multipla jämförelser. Figur F2 visar den "aktivitet" som på detta sätt kunde frammanas. Författarna belönades med IgNobel-priset för sin upptäckt.

En bidragande anledning till att fMRI kunde bli en så stark drivkraft för såväl akademisk som populärvetenskaplig förankring av psykologisk forskning är den starka visuella effekten som en bild av en hjärna med färglagda regioner bidrar med. De amerikanska forskarna McCabe och Castel visade bland annat i en uppmärksammat artikel 2008 att en vetenskaplig studie bedömdes vara mer trovärdig om resultaten

presenterades i form av en bild av en hjärna med färgkodade regioner, jämfört med om samma resultat presenterades som ett stapeldiagram. Sannolikt spelar det an på våra förutfattade meningar om vad som är pålitlig och sanningssökande vetenskap. Med andra ord passar det väl in i det rådande upplevda paradigmet för modern vetenskap (eller, för att tala med Jung, med vårt "kollektiva undermedvetna").



Om två relevanta områden i hjärnan har fått stärkt eller försvagad konnektivitet kan detta kopplas till förändringar i symtombilden och leda till ökad förståelse för de underliggande processerna.

Modern fMRI-forskning har till viss del lämnat ovan nämnda problem bakom sig. Fokus ligger nu istället på att studera nätverk och konnektivitet. Redan tidigt i utvecklingen av kognitiv psykologi beskrevs nätverk av nervceller med komplexa nivåer av inbördes konnektivitet, och hierarkiska nivåer av olika skallösa nätverk, som tillsammans genomför kognitiva processer. Funktionell konnektivitet kan nu mätas kvantitativt med hjälp av "resting state fMRI" (begreppen förkortas ibland fc respektive rs). En försöksperson ligger i kameran utan några särskilda instruktioner, och ett stort antal mätningar av blodflödesförändringar samlas in under ett antal minuter (till exempel 7 minuter). Områden i hjärnan som samvarierar, det vill säga får ökat blodflöde samtidigt, bedöms vara fysiologiskt ihopkopplade, och vice versa. Det kan tyckas kontraintuitivt att man kan uttyda hjärnans dolda arkitektur utan alla fiffiga upplägg som vi vant oss vid från de tidigare fMRI-försöken. Faktum är dock att rs-fMRI, där objekten bara ligger

still i kameran, kan urskilja en handfull separata nätverk på ett ganska robust och reproducerbart sätt. Detta är fascinerande och förtjänar en helt egen artikel, men det mest uppmärksammade av dessa allmänmänniskliga nätverk är utan tvekan "default mode network". Det handlar om en uppsättning ej angränsande regioner i hjärnan som stiger i aktivitet när vi inte gör något särskilt utan bara är passiva (eller ligger och "tänker

på annat", eller hur man nu vill uttrycka det). Detta nätverk styrs från precuneus och är starkt kopplat till Alzheimers sjukdom. Två generella fördelar med resting state är att det tar bort en del metodologisk bias och att det går att genomföra utan medverkan – till och med på medvetslösa patienter. Funktionell konnektivitet kan användas före och efter en intervention för att kvantitativt mäta vad som har hänt i hjärnan, till exempel efter en behandling med kognitiv beteendeterapi eller transkraniell magnetstimulering. Om två relevanta områden i hjärnan har fått stärkt eller försvagad konnektivitet kan detta kopplas till förändringar i symtombilden och leda till ökad förståelse för de underliggande processerna. Personligen ser jag fram emot att denna teknik kan leda till att vi i framtiden kommer kunna förstå sjukdomar som schizofreni och autism, och kanske till och med hjälpa till med differentialdiagnostik och subgruppning. En annan applikation som skulle kunna användas kliniskt är att undersöka kognitiva processer hos en med-

*Författaren till laxartikeln avslöjade senare i en intervju att han å ena sidan köpte laxen för egna pengar, men å andra sidan åt upp den efter att studien var genomförd.

vetslös person för att avgöra om högre funktioner är intakta.

I klinisk rutin finns ett visst utrymme för klassisk uppgiftsbaserad fMRI, främst vid preoperativ utredning av patienter med epilepsi eller vid tumörer som ligger nära "elokventa" områden. Viktiga funktioner som språkexekution, samt handens och ansiktets motorik, har högt värde i ett avgörande mellan nytta och risk med en operation. Det finns många olika varianter av språkparadigm, men ett av de mest robusta går ut på att patienten visas en bokstav i taget och har i uppgift att, tyst för sig själv under tiden kameran skannar, hitta på ord som börjar på den bokstaven. Resultatet kan i första hand användas för att påvisa språkproduktionens lateralitet. Det är nästan alltid på vänster sida, även hos vänsterhäntha. Dessutom ses starkast BOLD-signal oftast i Brocas area. Handens motorik testas med fingeroppositionsrörelser och munnens motorik genom att (exempelvis) pressa tungan mot gommen eller kinden. Paradigmen begränsas delvis av att huvudrörelser måste undvikas till varje pris eftersom metoden är mycket känslig för rörelseartefakter.

platsen i vidare bemärkelse (Holmium, Scandium, Tulium). Den svensk-finske kemisten Johan Gadolin, utbildad vid Uppsala Universitet, blev också förevigad med ett eget grundämne, vilket är få förunnat. Många år senare kom någon på den häpnadsväckande idén att injicera denna sällsynta jordartsmetall i blodet på patienter, för att störa det lokala magnetfältet i patologisk vävnad (men det är en helt annan historia). Gadolinium är så pass skadligt för oss att vi måste gömma det från kroppen i ett stort skyddande hölje som kallas kelat. De skyddande kelatmolekylerna kan vara linjära eller cykliska till formen, vilket vi får anledning att återkomma till.

Konceptet med jodhaltiga och bariumhaltiga kontrastmedel, som används vid DT och röntgengenomlysning, är enkelt; stora atomer bromsar röntgenstrålning och syns som högattenuerande på bilden (vit). De kontrastmedel som används till MR fungerar annorlunda. När gadoliniumatomen passerar genom kroppen kommer närliggande protoner (som framför allt ingår i vattenmolekyler) att påverkas magnetiskt. Mer specifikt förkortas deras relaxationstid, vilket är det vi mäter med T1-viktade MR-bil-

let injicerades. En kontrastmedelsuppladdning i hjärnan speglar således i stor utsträckning områden där plasma läckt ut till det extracellulära rummet utan att omedelbart återgå till kretsloppet. Detta kan ses vid blodhjärnbarriärskador, som kan utgöras av inflammatoriska lesioner eller av tumörer med patologiska (läckande) blodkärl.

Alla läkare vet att jodhaltiga kontrastmedel bör användas med försiktighet hos patienter med nedsatt njurfunktion. Situationen är lite liknande för gadolinium, men av delvis andra orsaker. Gadoliniumhaltiga kontrastmedel kan vara nefrotoxiska på ett liknande sätt som jodhaltiga, men eftersom doserna (räknat i mol) är så mycket lägre är problemet avsevärt mindre. Om patienterna redan fått en dos jodkontrast ska man inte glömma att dosen och risken blir kumulativ, om man går vidare med kontrastförstärkt MR. Parallellt finns en komplikation som heter nefrogen systemisk fibros (NSF). Detta uppmärksammades mycket i början av 2000-talet och kopplades till gadoliniumhaltiga kontrastmedel vid samtidig låg njurfunktion. Det finns alltså två orsaker till att vara försiktig vid låg GFR, men trots detta kan gadolinium ges med större frikostighet än jod. I synnerhet i spannet mellan 30 och 45. Om den förväntade nyttan av undersökningen bedöms som stor kan kontrastmedel naturligtvis ordinerats trots relativa kontraindikationer, men då efter en individuell läkarbedömning. De senaste åren har väldigt få fall av NSF noterats, vilket kan bero på en kombination av en större försiktighet och modernare (icke-linjära) preparat.

En tredje orsak till försiktighet med att administrera gadolinium diskuteras livligt under andra halvan av 2010-talet och handlar om inlagring. Det har länge varit känt via biopsier och obduktioner att gadolinium till viss del lagras, men det som fick fart på debatten var en serie artiklar som visade att inlagringen syntes på MR-bilder av hjär-



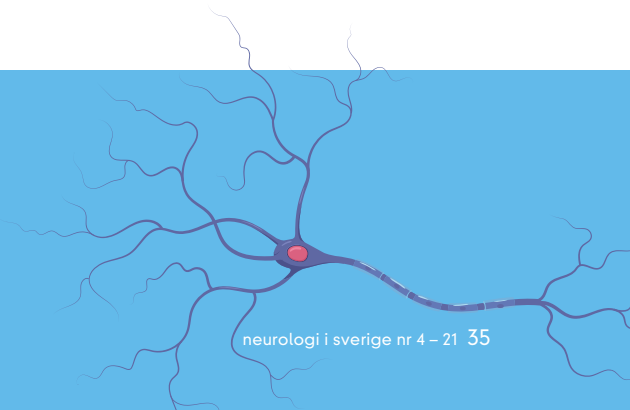
Kontentan blir att vi kan fortsätta använda kontrastmedel när det behövs, men att en allmän försiktighet råder och att det är bättre att avstå när det inte behövs.

G: GADOLINIUM

Inte mindre än nio av våra naturligt förekommande grundämnen har upptäckts i den oansenliga Ytterby gruva, belägen i Stockholms skärgård. Flera av dessa har fått sina namn efter själva fyndplatsen (Yttrium, Ytterbium, Terbium, Erbium), eller av den geografiska

der. Den skillnad som ses mellan T1-viktade bilder utan och med kontrastmedel beror alltså på hur mycket gadolinium som hamnat där, men det är inte kontrastmedlet i sig som syns utan dess påverkan på andra protoner. När hjärnan avbildas "med kontrast" görs det oftast flera minuter efter att kontrastmed-

och C-D-lära





Figur G – gadolinium. Nio av våra naturligt förekommande grundämnen har upptäckts i Ytterby gruva, Resarö, Stockholms skärgård. Ett av dessa är gadolinium som fått sitt namn efter den svensk-finske kemisten Johan Gadolin. Foto: Lennart Halling/Tekniska Museet Stockholm.

nan, bland annat i nucleus dentatus. Sådant väcker nämligen radiologers intresse, och på kongresserna stod företrädarna för industrin på kö för att lugna bekymrade åhörare. Kontrastmedeltillverkaren Guerbet annars så klatschiga slogan "Contrast for life" kändes inte längre lika fräsch. För att göra en lång historia kort så är det främst kontrastmedel som har sitt gadolinium i ett linjärt kelat som orsakar bekymmer, och inom neuroradiologin har det länge varit rutin att använda makrocycliska kontrastmedel. Kontentan blir att vi kan fortsätta använda kontrastmedel när det

behövs, men att en allmän försiktighet råder och att det är bättre att avstå när det inte behövs.

Gravida patienter däremot får inte gadolinium. Detta passerar nämligen till fostervattnet, men inte tillbaka, utan återcirkulerar till fostret om och om igen. Som alltid går det att göra undantag i yttersta nödfall, men det är svårt att tänka ut ett scenario där gadolinium är helt nödvändigt på en gravid patient. Såväl perfusionsbilder (arterial spin labeling, ASL) som arteriella och venösa angiografier kan göras utan kontrastmedel. Nya tekniker såsom IVIM (intra-

voxel incoherent motion) och APT (amide proton transfer) och många andra är också på väg in i radiologens verktyglåda, exempelvis för att kartlägga tumörer. Men ammande kvinnor då? Det finns vagt formulerade råd om att pumpa ut mjölk inför undersökningen som sedan kan ges på flaska första dygnet efter. Orsaken till rådet är svagt förankrade och anses som en försiktighetsåtgärd. Slår vi upp kontrastmedlet Gadovist i FASS läser vi: "Vid kliniska doser förväntas inga effekter på spädbarn på grund av de små mängder som utsöndras i mjölken och låg absorption från tar-

Neuroradiologisk A-B

men”. Det finns däremot en tanke om att mjölken kan smaka annorlunda vilket (teoretiskt) kan påverka barnets vilja att amma. Det uppenbara kontraargumentet är att plötslig flaskmatning under stökiga omständigheter på sjukhus kan störa amningsrutinerna ännu mer, vilket kan ge negativa konsekvenser. En review-artikel om neuroradiologi vid graviditet och amning som nyligen publicerades i *Neuroradiology* (Proenca et al, 2021) lyfter fram att det är kvinnans beslut men att flera olika internationella riktlinjer nu rekommenderar att amningen fortsätter som vanligt.

oxin var. En viktig skillnad är att de radiologiska fynden utvecklas enligt ett långsammare förlopp. I praktiken görs nästan alltid en akut DT hjärna mycket tidigt i förloppet för att inte missa en blödning, och då förväntar vi oss inga särskilda fynd. Även om vi ibland kan se diffusionsnedsättningar på MR redan efter några timmar är bilden inte fulminant förrän senare i förloppet. Utifrån befintliga studier brukar ett fönster mellan tredje och femte dagen anges som optimalt för prognostisering. Då avses att den radiologiska bilden blommat ut fullt och att risken för att under-

tinkt radiologisk bild. De patienter som överlever kan i efterförloppet få kortikala atrofier inom samma områden. Omfattande kortikalt engagemang är naturligtvis förenligt med sämre prognos, men inga gränsvärden finns som är lämpliga för klinisk rutin. En bred och informativ artikel i *Läkartidningen* från juni 2017 finns tillgänglig för den som vill veta mer.



Utifrån befintliga studier brukar ett fönster mellan tredje och femte dagen anges som optimalt för prognostisering.

H: HJÄRTSTOPP

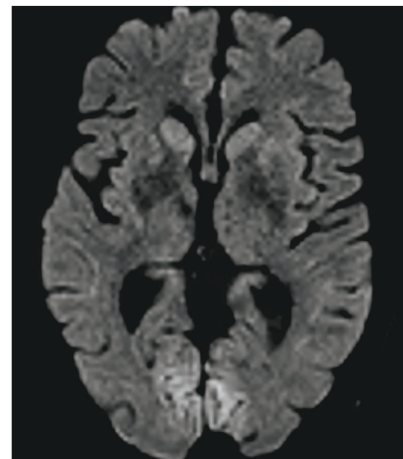
Efter en klassisk hjärninfarkt uppstår en serie förändringar som på olika sätt kan påvisas radiologiskt. Redan efter några minuter uppstår nedsatt diffusion på grund av ett cytotoxiskt ödem i den skadade vävnaden, vilket kan påvisas med MR. Under de första timmarna kan vävnaden se normal ut på nativ DT, men perfusionsundersökning kan i samma tidsfönster avslöja en informativ kombination av sänkt blodvolym och förlängd genomblödningstid, och en DT-angiografi kan ofta påvisa en ockluderad artär. Efter några timmar blir den infarcerade vävnaden lågattenuerande på DT (på grund av ett joniskt ödem) och om patienten avbildas igen efter några dagar kan vi ibland se laminär nekros eller hemorragiska inslag.

Efter en generell hypoxi, som efter ett tillfälligt hjärtstopp eller hängningsförsök, är händelseförloppet annorlunda. Den radiologiska bilden kommer bero på hur grav och hur långvarig hyp-

skatta skadornas omfattning är som lägst. Om MR av praktiska skäl inte kan genomföras kan en DT ge en liknande bild, men med betydligt lägre sensitivitet och ett högre inslag av osäkerhet. Ibland kan generell hjärnsvullnad och lågt attenuerande basala ganglier avslöja en (omfattande) skada.

Infarkter och hypoxier som inte avbildas förrän efter cirka två veckor kan underskattas. På MR kan då den utmärkande diffusionsnedsättningen ha gått tillbaka, och på DT finns ibland en ”pseudonormalisering” som innebär att död vävnad i ett visst skede av nedbrytning har samma attenuering som frisk hjärnvävnad.

En generell hypoxi kan ge utslag i olika delar av hjärnan, men det typiska är ett symmetriskt mönster. En del patienter får generellt nedsatt diffusion i basala ganglierna, medan andra har fläckvis kortikal påverkan. En del får omfattande skador i arcorna för syn, motorik och sensorik vilket ger en dis-



Figur H – Hjärtstopp. Figur H visar en patient som genomgått två hjärtstopp under samma dygn. Hjärt-lung-räddning pågick i 20 respektive 5 minuter. Detta är en diffusionsviktnad MR-bild med b-värde 1000 som togs på tredje dygnet efter ictus. Occipitalt och i nucleus caudatus ses förhöjd signal som tecken till nedsatt diffusion. Det ses dock ingen uttalad hjärnsvullnad. Vid kliniskt uppvakningstest gjorde patienten ett försök att öppna ögonen.



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

Faktagranskat av Per-Erik Åslund,
sjukhusfysiker, och Johan Wikström,
professor i neuroradiologi.

och C-D-lära