

3.8 Magnetisk resonanstomografi

Håkan Ahlström, Ulf Nyman

Senare tids tekniska utveckling har gjort det möjligt att bedöma lungorna, både morfologiskt och funktionellt, med magnetisk resonans- (MR)-tomografi. Detta organ har betraktats som mycket svårt att bedöma med MR pga rörelseartefakter från andning och hjärtkontraktioner samt brist på signal från lungorna. Fyra olika MR-metoder har använts för att bedöma venös tromboembolism, nämligen MR-angiografi, -venografi, -perfusion samt -ventilation. Här följer en kort sammanfattning av MR-metodens möjligheter vid diagnostik av venös tromboembolism. För den specialintresserade finns en utmärkt översiktsartikel med ett stort antal referenser nyligen publicerad [6].

MR-angiografi vid lungembolism

Under början av 1990-talet användes icke kontrastförstärkta tekniker för att detektera lungembolier [18]. Dessa är relativt tidskrävande vilket ger de många rörelseartefakter från andning och hjärtkontraktioner. Utvecklingen av kontrastförstärkt MR-angiografi från mitten av 1990-talet gjorde att många av svårigheterna övervanns.

MR-angiografiteknik

För MR-angiografi av lungorna krävs en modern utrustning med ett magnetfält på minst 1 Tesla (T). Den viktigaste detaljen i hårdvaran, för att få bra bilder, är de magnetiska gradienterna, som ska vara snabbast och starkast tänkbara. Viktigt är också att använda en spole som ger bästa möjliga radiosignal, helst av så kallad phased-array typ. Båda lungorna i frontalplanet eller en lunga i sagittalplanet kan avbildas under det att patienten håller andan. Injektion av gadoliniumbaserade (Gd) kontrastmedel (KM) sker intravenöst i ena armen. Bilderna, som framställs med 2–3 mm tjocka snitt, rekonstrueras på en bildarbetsstation till olika tredimensionella (3D) bilder för vidare analys.

Diagnostiska kriterier

De rekonstruerade 3D-bilderna tillsammans med ursprungssnitten bedöms på förekomst av lungembolier. Kriterierna för diagnostik av akut lungembolism är desamma som vid konventionell angiografi och datortomografi (se Kapitel 3.5 och 3.7).

Diagnostisk säkerhet

Kliniska data rörande den diagnostiska säkerheten av lungembolism med kontrastförstärkt MR-angiografi är begränsad. Två prospektiva studier inkluderande 30 respektive 36 patienter med konventionell angiografi som referensmetod har visat 68–100 procent sensitivitet och 95–100 procent specificitet [7,14].

MR-perfusion vid lungembolism

Två huvudsakliga tekniker har använts för MR-perfusion av lungorna vid lungembolism. Bäst studerad är perfusion efter en intravenös bolusinjektion av Gd-KM [9]. Även tekniker där man kombinerar MR-angiografi med MR-perfusion vid ett undersökningstillfälle har beskrivits [8]. Ett par studier har presenterats där man jämför MR-perfusion med ventilations-/perfusionsskintigrafi hos patienter med lungembolism [1,2]. Några tillförlitliga prospektiva oselekterade studier med konventionell lungangiografi som facit föreligger dock inte.

Mindre studerad är en icke kontrastmedelsförstärkt MR-perfusionsteknik där man använder exciterade naturligt förekommande väteprotoner i artärblodet för att studera lungperfusion [13].

MR-ventilation

MR-bilder som visar lungventilation har åstadkommit med hyperpolariserade gaser (xenon-129, helium-3), syrgas och flera andra inhälerbara substanser. Någon validerad klinisk studie vid lungembolism där man använt MR-ventilation finns för närvarande inte [4,21].

Kombinerad ventilations-/perfusions-MR

Kombinationen av MR-ventilation och perfusion vid samma undersökningstillfälle har visat sig möjligt på djur [3] och i en pilotstudie med sex lungembolipatienter [16].

MR-venografi

En fördel med MR-metoden är att man kan undersöka både lungartärerna och det djupa vensystemet i nedre kroppshalvan vid samma undersökningstillfälle.

MR-venografiteknik

Den mest beskrivna tekniken för diagnostik av djup ventrombos är tvådimensionell inflödesangiografi där man inte använder Gd-KM [5,12]. Nyligen har det presenterats en teknik som liknar konventionell flebografi där man injicerar Gd-KM i en perifer ven och tar bilder på benet under kontrastinjektion [17]. En annan teknik är den där man utnyttjar methemoglobinet och deoxyhemoglobinet paramagnetiska effekt för att direkt avbilda tromboser [15]. De båda senare teknikerna har inte validerats kliniskt. Slutligen finns ytterligare en nyutvecklad teknik för direkt kärlavbildning utan kontrastmedel [20].

Diagnostisk säkerhet av djup ventrombos med MR-venografi

Inflödestekniker utan kontrastmedel har använts och jämförts med ultraljud i flera kliniska studier. Man har då funnit att MR visat högre sensitivitet och specificitet jämfört med ultraljud vad gäller såväl proximala som distala tromboser [5,12].

Fördelar med MR-venografi

En potentiell fördel med MR-venografi jämfört med konventionell flebografi är diagnostik på gravida då man, liksom med ultraljud, inte

behöver använda kontrastmedel eller joniserande strålning. En specifik nisch för MR-venografi på gravida torde vara diagnostik av bäckenvenstromboser, vilket kan vara svårt med ultraljud och inte lämpligt med flebografi, då fostret drabbas både av kontrastmedel och direkt bestrålning (se Appendix III–IV) [19].

MR och graviditet

Vid MR används starka konstanta och varierande magnetfält samt radiovågor. Det anses allmänt att MR inte är skadligt för foster. Endast ett fåtal studier har emellertid utförts för att evaluera dess teratogena effekter [10]. I enstaka djurexperiment har man kunnat påvisa vissa negativa effekter av MR på fosterutvecklingen; ögonmissbildningar i en genetiskt benägen musstam i en studie och reducerad längdtillväxt hos möss i en annan [10]. Dessa resultat är dock inte allmänt accepterade eller reproducerbara. Klinisk användning av MR har ännu inte kunnat påvisa några deletära effekter på foster men å andra sidan har man inte heller kunnat fastställa dess säkerhet. Följande rekommendationer vid diagnostik av venös trombembolism under graviditet grundar sig bl a på de från University of Pittsburgh publicerade [11]:

- 1) Alla de riktvärden som finns för MR måste beaktas även vid undersökning av gravida patienter, exempelvis SAR-värden (specific absorption rate).
- 2) Gravida patienter kan undersökas med MR om:
 - a) önskad information inte kan erhållas med metoder som inte använder joniserande strålning (t ex ultraljud) och skulle i annat fall kräva direktbestrålning av fostret med joniserande strålning,
 - b) erhållen information påverkar omhändertagandet av modern och/eller fostret under graviditeten,
 - c) det är inte möjligt att vänta för att få denna diagnostiska information tills efter förlossningen,
 - d) MR utförs med teknik som inte utnyttjar kontrastmedel annat än om det anses absolut nödvändigt.

Sammanfattande synpunkter

Fördelar

Det finns en potential att undersöka lungfunktion, både ventilation och perfusion, samt lungkärl morfologiskt med MR vid samma undersökningstillfälle. Samtidigt kan också det djupa vensystemet i nedre kroppshalvan undersökas avseende trombos.

Andra fördelar är att man kan undersöka patienter, som pga överkänslighet eller nedsatt njurfunktion där jod-KM bör undvikas, eftersom Gd-KM har visat sig ge betydligt färre överkänslighetsreaktioner och inte vara nefrotoxiskt i de doser som används kliniskt. Ytterligare en fördel med MR är att man inte använder sig av joniserande strålning.

Nackdelar

Diagnostiska svårigheter är nästan uteslutande kopplade till begränsningar i tekniken. Patienter med lungembolism har svårt att hålla andan vilket tillsammans med hjärtkontraktioner ger rörelseartefakter. Dessa patienter har också ofta kringutrustning som inte är kompatibel med magnetfältet eller radiovågorna.

Kontraindikationer

Det finns inga dokumenterade varaktiga biverkningar från kliniskt utnyttjande av MR. Vid mycket höga magnetfält kan energin från radiovågorna orsaka lokal temperaturökning. På patienter med elektroniskt, magnetiskt eller mekaniskt aktiverade implantat bör MR inte användas.

Referenser

1. Amundsen T, Kvaerness J, Jones RA, et al. Pulmonary embolism: detection with MR perfusion imaging of lung – a feasibility study. *Radiology* 1997;203:181-5.
2. Berthezene Y, Croisille P, Wiart M, et al. Prospective comparison of MR lung perfusion and lung scintigraphy. *J Magn Reson Imaging* 1999;9:61-8.
3. Chen Q, Levin DL, Kim D, et al. Pulmonary disorders: ventilation-perfusion MR imaging with animal models. *Radiology* 1999;213:871-9.
4. Edelman RR, Hatabu H, Tadamura E, et al. Noninvasive assessment of regional ventilation in the human lung using oxygen-enhanced magnetic resonance imaging. *Nat Med* 1996;2:1236-9.
5. Evans AJ, Sostman HD, Witty LA, et al. Detection of deep venous thrombosis: prospective comparison of MR imaging and sonography. *J Magn Reson Imaging* 1996; 6:44-51.
6. Gefter WB, Ohno Y, Hatabu H. The current status of MR imaging in the evaluation of pulmonary embolism. In: Müller N, Grist TM, editors. *Thoracic imaging: Chest and Cardiac*. 2001 Syllbus Categorical Course in Diagnostic Radiology presented at the 87th Scientific Assembly and Annual Meeting of the Radiological Society of North America, Chicago, November 25-30; 2001. p. 91-101.
7. Gupta A, Frazer CK, Ferguson JM, et al. Acute pulmonary embolism: diagnosis with MR angiography. *Radiology* 1999; 210:353-9.
8. Hatabu H, Gaa J, Kim D, et al. Pulmonary perfusion and angiography: evaluation with breath-hold enhanced three-dimensional fast imaging steady-state precession MR imaging with short TR and TE. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:653-5.
9. Hatabu H, Tadamura E, Levin DL, et al. Quantitative assessment of pulmonary perfusion with dynamic contrast-enhanced MRI. *Magn Reson Med* 1999;42:1033-8.
10. Kanal E. An overview of past, present and future safety considerations in MR imaging. In: Kanal E, editor. *Special cross-speciality categorical course in diagnostic radiology: practical MR safety considerations for physicians, physicists and technologists*. 2001 Syllbus Categorical Course in Diagnostic Radiology presented at the 87th Scientific Assembly and Annual Meeting of the Radiological Society of North America, Chicago, November 25-30; 2001. p. 20-1.
11. Kanal E. MR safety overview, 2001: Magnetic resonance safe practice guidelines of the University of Pittsburgh Medical Center. In: Kanal E, editor. *Special cross-speciality categorical course in diagnostic radiology: practical MR safety considerations for physicians, physicists and technologists*. 2001 Syllbus Categorical Course in Diagnostic Radiology presented at the 87th Scientific Assembly and Annual Meeting of the Radiological Society of North America, Chicago, November 25-30; 2001. p. 160.
12. Laissy JP, Cinqualbre A, Loshkajian A, et al. Assessment of deep venous thrombosis in the lower limbs and pelvis: MR venography versus duplex Doppler sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:971-5.

13. Mai VM, Hagspiel KD, Altes T, et al. Detection of regional pulmonary perfusion deficit of the occluded lung using arterial spin labeling in magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging* 2000;11:97-102.
14. Meaney JF, Weg JG, Chenevert TL, et al. Diagnosis of pulmonary embolism with magnetic resonance angiography. *N Engl J Med* 1997;336:1422-7.
15. Moody AR, Pollock JG, O'Connor AR, Bagnall M. Lower-limb deep venous thrombosis: direct MR imaging of the thrombus. *Radiology* 1998;209:349-55.
16. Nakagawa T, Sakuma H, Murashima S, et al. Pulmonary ventilation-perfusion MR imaging in clinical patients. *J Magn Reson Imaging* 2001;14:419-24.
17. Ruehm SG, Wiesner W, Debatin JF. Pelvic and lower extremity veins: contrast-enhanced three-dimensional MR venography with a dedicated vascular coil-initial experience. *Radiology* 2000;215:421-7.
18. Sostman HD, Layish DT, Tapson VF, et al. Prospective comparison of helical CT and MR imaging in clinically suspected acute pulmonary embolism. *J Magn Reson Imaging* 1996;6:275-81.
19. Spritzer CE, Evans AC, Kay HH. Magnetic resonance imaging of deep venous thrombosis in pregnant women with lower extremity edema. *Obstet Gynecol* 1995;85:603-7.
20. Spuentrup E, Buecker A, Stuber M, Gunther RW. MR-venography using high resolution True-FISP. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 2001;173:686-90.
21. Viallon M, Berthezene Y, Decors M, et al. Laser-polarized (3)He as a probe for dynamic regional measurements of lung perfusion and ventilation using magnetic resonance imaging. *Magn Reson Med* 2000;44:1-4.