

Anvendelse af MR-skanning

Elizaveta Chabanova, Lone Larsen, Vibeke Berg Løggager, Jakob M. Møller & Henrik S. Thomsen



STATUSARTIKEL

Radiologisk Afdeling,
Herlev Hospital

Ugeskr Læger
2014;176:V12120736

Magnetisk resonans (MR)-skanning har været brugt til klinisk diagnostik i Danmark siden 1984. I 2009 blev der foretaget ca. 250.000 skanninger, og tallet er fortsat stigende. Billeddannelsen sker ud fra patientens brintkerner [1], som primært findes i vand og fedt. Fordelen ved MR-skanning er, at der sker bløddelbilleddannelse uden brug af ioniserende stråling. Ulempen er tidsforbruget. En komplet undersøgelse består af flere forskellige billedserier (sekvenser) og tager 20-60 min.

Ved MR-skanning skal man på forhånd bestemme sig for detaljeringsgraden og hvilket volumen, der ønskes belyst, og om der skal fokuseres på fedt eller væsker. Ønskes graden af vævsvaskularisering belyst, gøres dette som ved computertomografi (CT) med intravenøst indgivet kontrastvæske. Direkte kontraindikation for MR er »kun« indopereret elektronik som f.eks. visse pacemakere eller ferromagnetisk metal; således ikke titaniumimplantater som f.eks. hofteproteser. Klaustrofobi kan i nogle tilfælde umuliggøre gennemførelse af en MR-undersøgelse [1]. Nedsat nyrefunktion er ikke nogen hindring for kontrastforstærket skanning, så længe man benytter et af de mest stabile stoffer i godkendte mængder [2].

MAGNETISK RESONANS-BILLEDET

Der er to fysiske processer, der er unikke for de enkelte væv, som er afgørende for, hvordan MR-billedet

ser ud. De tidskonstanter, der bestemmer relaxsationen af den påtrykte radiobølge, kaldes T1 og T2. Vævenes forskellige værdier af T1 og T2 bestemmer kontrasten i MR-billedet. Ved hensigtsmæssige valg af, hvor hyppigt der sendes radiobølger ind (repetitions-tid), og hvornår der lyttes efter signalet (ekkotid), kan billederne blive T1- eller T2-vægtede [1].

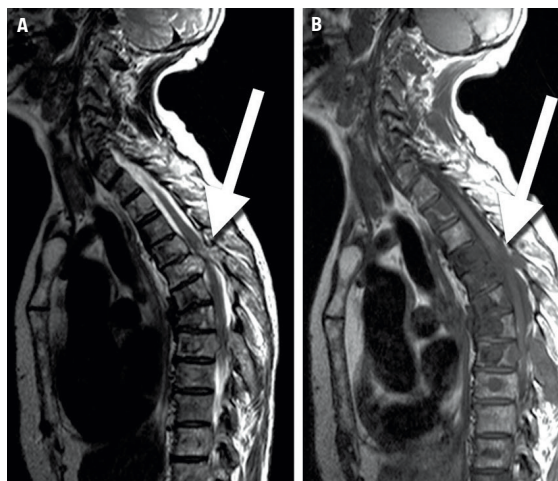
Eftersom billeddannelsen er baseret på kroppens brintkerner, vil meget brintfattige områder som f.eks. områder med luft eller kalk altid give meget svage eller ingen signaler og fremtræde mørke på MR. Vand eller andre væsker, som har et meget højt brintindhold, kan derimod fremstilles som både mørke og lyse på billederne, afhængigt af om billederne er T1- eller T2-vægtede. Det er også muligt at supprimere fedt, så de lyse områder på en T2-vægtet optagelse kun repræsenterer vand [1, 3]. Sekvenserne kan laves i alle tænkelige vinkler. Normalt holder man sig til transverselle og koronale og/eller sagittale optagelser, men forhold kan gøre, at skråoptagelser også udføres f.eks. parallelt med korsbåndene. Herudover er der særlige sekvenser, der anvendes helt afhængigt af indikationen [1, 3].

HVORNÅR SKAL DER FORETAGES MAGNETISK RESONANS-SKANNING?

MR-skanning er en integreret del af udredningen af neurologiske lidelser. Cerebrum og medulla er ideelle objekter for MR-skanning. Her er nemlig et lille volumen uden bevægelse og med en lille afstand fra parakymet til den antenne (spole), som måler signalet fra brintkernerne. Det samme gælder led og ekstremitetslidelser. MR-skanning er da også i dag en primær undersøgelse ved elektiv udredning af lidelser i centralnervesystemet (f.eks. dissemineret sklerose, infarkter, tumorer, infektion og vaskulære malformationer) og bevægeapparatet ved sygdomme i bløddele (f.eks. menisklæsioner, betændelser, diskusprolaps, muskel- og senelæsioner og leddegigt), og hvor der klinisk er mistanke om knoglebrud trods normalt røntgenbillede (f.eks. scaphoideumfrakturer og hoftefrakturer). Også til påvisning af knogle- og bløddelstumorer og -metastaser anvendes MR-skanning. En henvisning til MR-skanning af ryggen hos en patient med kendt kræft må sendes på vag mistanke om spredning, så man sikrer sig, at der ikke foreligger tværsnit eller truende tværsnit (Figur 1). Ved hjælp

FIGUR 1

A. T2-vægtet sagittalt billede af columna thoracalis. På niveau Th6 (pil) ses en tværsnitlæsion forårsaget af metastase fra cancer mammae. B. På T1-vægtet billede ses talrige hypointense områder i corpora som udtryk for knoglemetastaser.



af helkrops-MR-skanning er det muligt at få et hurtigt overblik over både bløddels- og knoglemetastaser. Metoden bruges rutinemæssigt ved monitorering af behandlingen af nogle patienter med kræft. MR-skanning har erstattet CT i væsentlig grad, når det gælder elektive undersøgelser af centralnervesystemet og det muskuloskeletale system (**Tabel 1**), mens CT er klart dominerende, når det gælder akutte undersøgelser, bortset fra når man har mistanke om metastasebase-ret tværsnit i ryggen.

Når det gælder hjertet, er CT den mest anvendte undersøgelse; bl.a. får man ved CT en bedre oplysning om kalken i hjertets kranspulsårer end ved MR-skanning. For så vidt angår lungerne, er CT fortsat dominerende; brinttæthed i de luftfyldte lunger er for ringe til MR-diagnostik [5].

Efterhånden som de computere, der omsætter målingerne til billeder, er blevet hurtigere, er det blevet muligt også at få brugbare billeder af abdomen f. eks. ved lever- og galdevejslidelser (**Figur 2**) samt tarm- og nyreundersøgelser [6]. Dette har medført, at invasive undersøgelser er blevet fortrængt af MR som for eksempel magnetisk resonans-kolangiopankreatikografi (MRCP) [7] i stedet for diagnostisk endoskopisk retrograd kolangiopankreatikografi (ERCP). Der findes leverspecifikke kontraststoffer, der optages af hepatocytterne og udskilles med galden, og som øger specificiteten ved MR-diagnostik. Ved lidelser i det lille bækken bruges MR-skanning til detaljeret udredning af forholdene på grund af den gode bløddelskontrast (bl.a. ved gynækologiske sygdomme [8], rectumlidelser (f.eks. tumorer [9], fistler [10]) og blærecancer). MR-skanning er ved eksempelvis gynækologiske cancere og rectumcancer en integreret del af cancer-staging. For så vidt angår prostata, kan man ved MR-skanning påvise langt de fleste tumorer, hvilket giver mulighed for fokuseret vævsprøvetagning og vurdering af stadiet [11]. Når det gælder nyrer og øvre urinveje, kommer MR-skanning til kort, da kalk, dvs. sten, ikke ses, hvorfor CT er den foretrukne undersøgelsesmåde ved primær udredning af patienter med urologiske lidelser (eksklusive lidelser i prostata). MR-skanning bruges kun, når CT ikke har givet et klart svar. Dog kan man ved MR-hydrografi, der svarer til MRCP, få et hurtigt overblik over urinvejene (dilatation, nyrestørrelse, beliggenhed). Disse to undersøgelser danner billeder, som udelukkende er fokuseret på forekomsten af vand.

MR-skanning af mammae har vundet udbredelse i nogle lande, idet man kan se læsioner, der ikke ses med røntgenundersøgelse og ultralydskanning. Metoden anbefales hos kvinder med genetisk disposition for brystkræft, hos kvinder med brystprotese og i situationer, hvor de traditionelle metoder ikke er til-



TABEL 1

Områder, hvor magnetisk resonans-skanning har erstattet CT ifølge Dawson & Punwani [4] – lettere modificeret. Listen er ikke komplet.

Hovedet

Subakut/kronisk hæmatom
Akut *stroke*
Subakut *stroke*
Demyelinerende sygdom
Evaluering af aids-patienter
Progressiv multifokal leukoencefalopati
Multiinfarkt demens
Meningeal sygdom
Bevægelsesproblemer
Mikroadenom i hypofysen
Krampeanfald
Acusticusneurinom
Araknoid cyste
Arnold-Chiari malformation
Kavernøs sinuslæsion
Foramen magnum-læsioner

Columna cervicalis

Knoglemarvssygdom
Spinale metastaser
Discussygdom
Syringitis
Osteomyelitis

Columna lumbalis

Knoglemarvssygdom
Spinale metastaser
Osteomyelitis
Discussygdom
Postoperativ fibrose
Conustumor

Kroppen

Sygdomme i kvindens interne kønsorganer (gynækologiske sygdomme)
Prostatacancer
Levermetastaser
Fettlever
Galdevejslidelser
Inflammatoriske tarmsygdomme

Muskuloskeletale

Knogletumorer
Bløddelstumorer
Menisklidelser
Brusklidelser
Ledbåndslæsioner
Senelæsioner
Røntgennegative frakturer

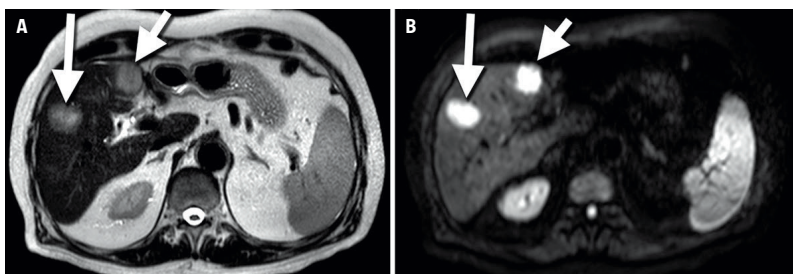
strækkelige. Perfusionsundersøgelser med kontraststof er sædvanligvis en integreret del af undersøgelsen. Det findes MR-skannere, der er dedikerede til undersøgelse af mammae [12].

MAGNETISK RESONANS-ANGIOGRAFI

Med MR-skanning kan man foretage en undersøgelse

FIGUR 2

Aksiale billeder af en partiel lever, hvor den ene halvdel er fjernet et år tidligere på grund af et hepatocellulært karcinom. **A.** T2-vægtet billede viser to hyperintense læsioner (pile). **B.** De samme områder ses også på en diffusionsvægtet sekvens.

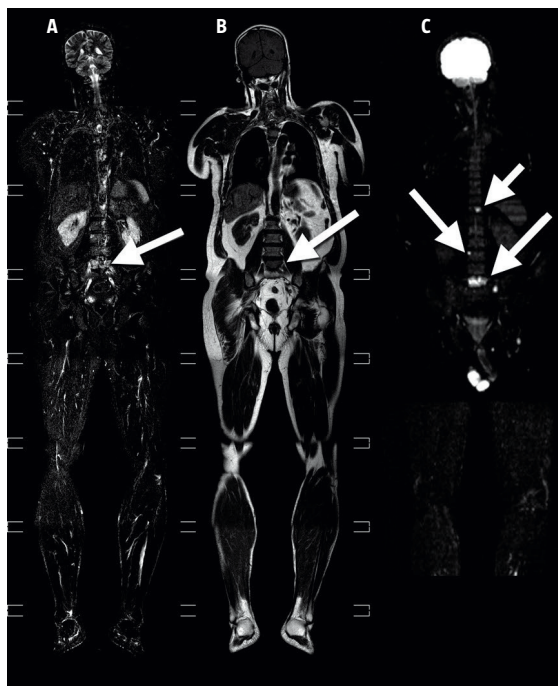


FIGUR 3

Koronale helkropsbilleder af en patient med myelomatose.

A. Fedtundertrykt væskefølsomt billede. **B.** T1-vægtet billede.

C. Maksimum intensitets-projektion af diffusionsvægtet sekvens. Myelom (kort pil) ses hyperintens på væskefølsomme billeder og diffusion samt hypointens på T1-vægtede sekvenser. Yderligere ses på de diffusionsvægtede optagelser små myelomer (lange pile).



af karrene, en såkaldt MR-angiografi. Her ses angiofilignende billeder af blodkarrene med baggrunden mere eller mindre fjernet. Den tredimensionale karanatomi kan fremstilles med valgfrie projektioner og derved betragtes fra flere vinkler. Man kan bruge det cirkulerende blod, der indeholder jern, som kontrastgivende stof. Man kan også anvende de traditionelle MR-kontraststoffer med gadolinium. Det er muligt at lave en enkelt undersøgelse, der omfatter alle større kar, en såkaldt helkropsangiografi. CT-angiografi og MR-angiografi anses som ligeværdige rent diagnostisk [13].

FUNKTIONEL MAGNETISK RESONANS-SKANNING OG MAGNETISK RESONANS-PERFUSION

Funktionsundersøgelser dækker over en forskelligartet gruppe af specialundersøgelser. Det kan være en kinematisk optagelse af en simpel bevægelse af et led. Med skannere med en feltstyrke på eller over 1,5 tesla kan man lave funktionel magnetisk resonans-skanning (fMRI), hvor man kan se på ændringer i blodgennemstrømningen i forbindelse med aktivering af motor cortex. fMRI bruges før hjernekirurgi med henblik på lokalisering af essentielle hjernecentre. F.eks. leverperfusion og nyreperfusion/-funktion kan også vurderes semikvantitativt med MR-skanning. Det er muligt at udføre MR-renografi og bestemmelse af funktionsfordelingen mellem de to nyrer efter indgift af kontraststof. Man kan også foretage perfusionsundersøgelser af tumorer både med henblik på karakterisering af processen og med henblik på effekt af behandling [14]. Teknikken er principielt den samme, som anvendes ved CT [15]. Udførelse af fMRI kræver en vis indsigt i MR-teknologien og er således ikke en standardprocedure, der kan udføres hvor som helst.

T2*-VÆGTETE MÅLINGER

Brugen af MR til vurdering af jernophobning hos patienter med f.eks. talassæmi og andre arvelige og erhvervede lidelser i blodet er nu rutine. De mest moderne MR-enheder har som en standardkonfiguration de sekvenser, der giver mulighed for T2*-vægtede målinger af jernindholdet i lever og i hjerte [16].

MAGNETISK RESONANS-SPEKTROSKOPI

MR-spektroskopi (MRS) er en noninvasiv biokemisk analyse af et væv, hvor man er i stand til at måle koncentrationen af forskellige metabolitter. Man kan for eksempel angive de relative koncentrationer af adenosintrifosfat, adenosindifosfat og organisk fosfat, ligesom man kan måle kolin, citrat, kreatin m.m. i vævet.

MRS anvendes på nuværende tidspunkt til undersøgelse af en række sygdomme såsom cancer (i hjerne, bryst og prostata), epilepsi, Alzheimers sygdom, Parkinsons sygdom og Huntingtons chorea. MRS har længe været og er fortsat en lovende metode. Metoden er teknisk vanskelig og tidkrævende og udføres kun på afdelinger, hvor man har opnået den fornødne erfaring [17].

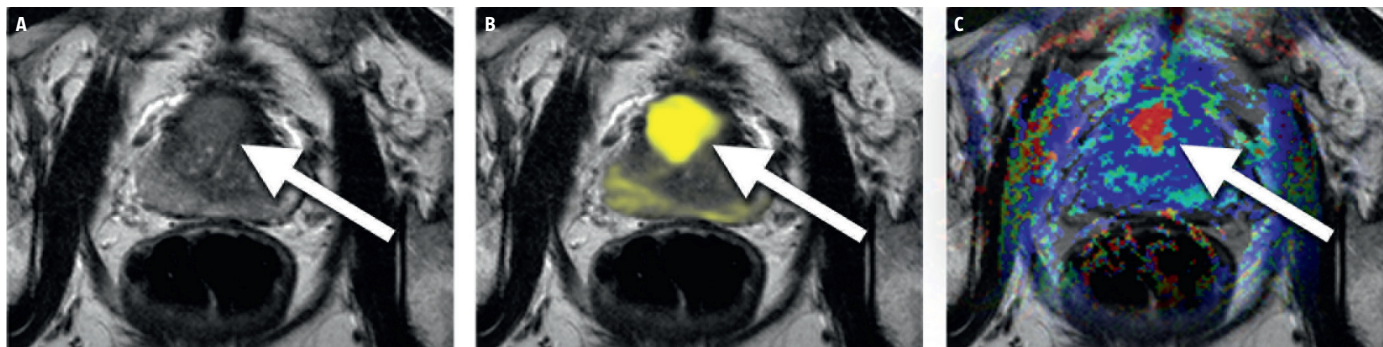
DIFFUSIONSVÆGTET MAGNETISK RESONANS-SKANNING

Med diffusionsvægtet MR (DW-MRI) kan vævsegenskaber ud fra diffusion af vand i det intercellulære rum karakteriseres. Der kan opnås information om



FIGUR 4

Prostatacancer (pil), aksiale billeder. A. T2-vægtet billede: canceren er svær at uddifferentiere fra det normale væv. B. Diffusionsvægtet optagelse fusioneret med T2-vægtet optagelse: Det meget celletætte område, som repræsenterer canceren, er det gule område. C. Resultatet af en dynamisk kontrastoptagelse fusioneret med den T2-vægtede sekvens: Området med størst perfusion er farvet rødt og er identisk med tumoren.



vævets cellularitet/celletæthed og integriteten af cellemembraner. Et tætpakket væv som svulmende infarktceller i hjernevæv eller f.eks. malignt væv vil begrænse vandmolekylernes bevægelser, hvilket vises signalrigt på billedet. Billedannelsen foregår uden anvendelse af kontraststoffer [18]. Diffusion anvendes rutinemæssigt i apopleksiudredningen, men er samtidig nok den mest lovende metode inden for kræftområdet. Man kan vurdere tumorernes aggressivitet, påvise spredning og monitorere behandling [19]. Nogle kalder teknikken fattigmænds-positron-emissionstomografi (PET) eller ikke-radioaktiv-PET (Figur 3). Det er ikke tvivl om, at det er en meget lovende teknik, der formentlig snart bliver en integre-

ret del af onkoradiologisk billediagnostik. Kombinationen af god fremstilling af anatomi inklusive bløddele samt forekomst af fokalt tætstillede celler, hvor det normalt ikke forekommer, synes at være meget lovende.

MULTIPARAMETRISK MAGNETISK RESONANS-SKANNING

Multiparametrisk MRI (mpMRI) er betegnelsen for kombinationen af flere forskellige MR-teknikker i løbet af en undersøgelse. MR-skanning af prostata er et godt eksempel herpå (Figur 4). For at øge sensitivitet og specielt specificitet laver man en undersøgelse med minimum tre teknikker, nemlig en klassisk T2-vægtet optagelse af blærehalskirtlen i flere planer efterfulgt af en diffusionsvægtet optagelse og sluttelig en perfusionsundersøgelse (DCE-MRI) efter indgift af kontrast [20, 21].

KONKLUSION

MR-teknikken har givet os store diagnostiske fremskridt i de seneste 20 år, og det ser ikke ud, som om udviklingen stopper i den nærmeste fremtid. MR-teknikkens potentiale er endnu ikke fuldt udnyttet. For at kunne foretage den korrekte undersøgelse er det vigtigt, at kliniske oplysninger foreligger, og formålet med undersøgelsen er klart.

Sommetider er en stor og kompliceret undersøgelse det rigtige førstevalg i patientudredninger, mens det andre gange kan være en konkret problemstilling, der skal belyses.

KORRESPONDANCE: Henrik S. Thomsen, Radiologisk Afdeling, Herlev Hospital, Herlev Ringvej 75, 2730 Herlev. E-mail: henrik.thomsen@regionh.dk

ANTAGET: 26. februar 2013

FØRST PÅ NETTET: 27. maj 2013

INTERESSEKONFLIKTER: Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk



FAKTABOKS

Magnetisk resonans (MR)-skannings diagnostiske rolle er i fortsat udvikling.

Klinisk MR-skanning kan foretages af alle dele af kroppen (indtil videre bortset fra lungerne).

Elektiv MR-skanning er en integreret del af udredningen af lidelser i centralnervesystemet og det muskuloskeletale system. Akutte skanninger kan bl.a. være indicerede ved mistanke om røntgennegative frakturer og metastatisk indvækst i spinalkanalene.

MR-skanning bruges i stigende grad ved udredning af lidelser i kønsorganerne f.eks. mammae og specielt prostata, men også i tarm og lever samt forandringer i det lille bækken.

Inden for kræftområdet skønnes MR at kunne give værdifuld information ved brug af perfusions- og diffusionsteknikker.

Der er ingen kendte bivirkninger ved MR-skanning.

Der findes mange teknikker, der kan appliceres, alt efter hvad der skal undersøges.

LITTERATUR

1. Plewes DB, Kucharczyk W. Physics of MRI: a primer. *J Magn Reson Imaging* 2012;35:1038-54.
2. Thomsen HS, Morcos SK, Almén T et al. Nephrogenic systemic fibrosis and gadolinium based contrast media: updated ESUR Contrast Medium Safety Committee Guidelines. *Eur Radiol* 2013;23:307-18.
3. Thomsen HS, Højgaard L, Frøkiær J et al. Billeddiagnostik. I: Thomsen HS, red. Basisbog i diagnostiske fag. København: Munksgaard, 2012:13-82.
4. Dawson P, Punwani S. Nephrogenic systemic fibrosis: non gadolinium options for the imaging of CKD/ESRD patients. *Semin Dial* 2008;21:160-5.
5. Puderbach M, Kauczor HU. Can lung MR replace lung CT? *Pediatr Radiol* 2008;38(suppl 3):S439-451.
6. Neto JA, Elazzazi M, Altun E et al. When should abdominal magnetic resonance imaging be used? *Clin Gastroenterol Hepatol* 2008;6:610-5.
7. Griffin N, Charles-Edwards G, Grant LA. Magnetic resonance cholangiopancreatography: the ABC of MRCP insights imaging 2012;3:11-21.
8. Kinkel K, Forstner R, Danza FM et al. Staging of endometrial cancer with MRI: guidelines of the European Society of Urogenital Imaging. *Eur Radiol* 2010;20:25-35.
9. Beets-Tan RG, Beets GL. Local staging of rectal cancer: a review of imaging. *J Magn Reson Imaging* 2011;33:1012-9.
10. Morris J, Spencer JA, Ambrose NS. MR imaging classification of perianal fistulas and its implications for patient management. *Radiographics* 2000;20:623-35.
11. Boesen LP, Thomsen HS. Magnetisk resonans-skanning af patienter med prostatacancer. *Ugeskr Læger* 2013;175:1630-3.
12. Millet I, Pages E, Hoa D et al. Pearls and pitfalls in breast MRI. *Br J Radiol* 2012;85:197-207.
13. Laible M, Schoenberg SO, Weckbach S et al. Whole-body MRI and MRA for evaluation of the prevalence of atherosclerosis in a cohort of subjectively healthy individuals. *Insight Imaging* 2012;3:485-93.
14. Li SP, Padhani AR. Tumor response assessments with diffusion and perfusion MRI. *J Magn Reson Imaging* 2012;35:745-63.
15. Bammer R, red. MR & CT perfusion imaging: clinical applications and theoretical principles. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.
16. Fernandes JL, Sampaio EF, Verissimo M et al. Heart and liver T2* assessment for iron overload using different software programs. *Eur Radiol* 2011;21:2503-10.
17. Barker PB, Bizzi A, de Stefano N et al, red. Clinical MR spectroscopy: techniques and applications. New York: Cambridge University Press, 2010:1-274.
18. Thoeny HC, de Keyser F, King AD. Diffusion-weighted MR-imaging in the head and neck. *Radiology* 2012;263:326-42.
19. Koh D-M, Blackledge M, Padhani AR et al. Whole body diffusion-weighted MRI: tips, tricks, and pitfalls. *AJR Amer J Roentgenol* 2012;199:252-62.
20. Barentsz JO, Richenberg J, Clements R et al. ESUR prostate MR guidelines 2012. *Eur Radiol* 2012;22:746-57.
21. Sciarra A, Barentsz J, Bjartell A et al. Advances in magnetic resonance imaging: how they are changing the management of prostate cancer. *Eur Urol* 2011;59:962-77.

Genetisk screening for mutation muliggør tidlig diagnostik af hypofyseadenomer

Jakob Dal¹, Mette Gaustadnes², Kurt Kristensen³, Claus H. Gravholt^{1,2}, Jens Otto L. Jørgensen¹

STATUSARTIKEL

1) Medicinsk Endokrinologisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital
 2) Molekylær Medicinsk Afdeling, Aarhus Universitetshospital
 3) Børneafdeling A, Aarhus Universitetshospital

Ugeskr Læger
 2014;176:V09120529

Hypofyseadenomer udgør ca. 15% af de intrakraniale tumorer. De underopdeles i hormonproducerende (prolaktin, væksthormon (GH), adrenokortikotrop hormon (ACTH) og thyroideastimulerende hormon) og ikkehormonproducerende. De er histologisk og klinisk benigne, men ikke desto mindre forbundet med øget morbiditet og mortalitet, som især er relateret til hormonel hypersekretion, hypofyseinsufficiens og synspåvirkning [1].

Langvarig hypersekretion af GH resulterer i sygdommen akromegali hos voksne og gigantismus hos børn; den årlige incidens er 3-4/mio., og prævalensen er ca. 60/mio. hos voksne [2]. Hos børn er sygdommen yderst sjælden. Diagnosen stilles typisk 7-10 år efter symptomdebut. Karakteristiske fund er knoglevækst af hænder, fødder og ansigt, væskeretention, organomegali samt insulinresistens, hvilket er medvirkende til udviklingen af diabetes mellitus og øget væksthastighed hos børn. Diagnosen stilles biokemisk ved påvisning af forhøjede S-insulignlignende vækstfaktor (IGF)-1-værdier (alders- og kønskorrigerede) og et forhøjet og »stift« S-GH-niveau med mangelfuld suppression under oral glukosebelastning. Derudover

skal der udføres magnetisk resonans (MR)-skanning af hypofysen til vurdering af adenomets størrelse og operabilitet.

Hvis adenomet afficerer chiasma opticum, suppleres med en oftalmologisk undersøgelse inklusive synsfeltsbestemmelse [3].

Utilstrækkelig behandling af akromegali er forbundet med invaliditet og en dødelighed, der er det dobbelte af baggrundsbefolkningens. Den øgede dødelighed skyldes især kardiovaskulær sygdom [4]. Den primære behandling er kirurgisk transsfenoidal resektion, der helbreder ca. 60% af patienterne. Medikamentel behandling omfatter somatostatinreceptorligander og dopamin-D2-agonister, som hæmmer tumorproduktionen af GH og i et vist omfang medfører tumorskrumpning, samt GH-receptorantagonisten pegvisomant. I behandlingsresistente tilfælde kan der suppleres med strålebehandling. Med disse behandlingsmodaliteter kan adækvat sygdomskontrol opnås i næsten alle tilfælde [5].

Familiære syndromer, som er associeret med hypofyseadenomer, udgør ca. 5% af alle hypofyseadenomer [6]. De klassiske syndromer er Carneys kom-