

Magnetstyrt ablasjonsbehandling av hjerterytmeforstyrrelser

Sammendrag

Bakgrunn. De første rapportene om radiofrekvensablasjon av supraventrikulær takykardi med magnetisk navigasjon ble publisert i 2004. Senere har metoden vært anvendt ved de fleste takyarytmier. I denne artikkelen gir vi en oversikt over den, med spesiell vekt på anvendeligheten av et nytt fjernstyrt magnetisk navigasjonssystem.

Materiale og metode. Artikkelen er basert på litteratur funnet ved et ikke-systematisk søk i PubMed og egne vitenskapelige studier.

Resultater. Det magnetiske navigasjonssystemet består av to ytre elektromagneter plassert på hver side av pasienten. Disse styrer et ablasjonskateret med en liten magnet i enden til målområdet i hjertet med bedre presisjon enn det som kan oppnås ved manuelt styrte katetre. Det tar ikke lang tid å lære å bruke utstyret, men prosedyretiden er fortsatt lang, særlig gjelder det hos pasienter med atrieflimmer. Den største fordel er en betydelig reduksjon i strålebelastningen på pasient og operatør, i enkelte tilfeller på mer enn 50 %, og tilsvarende mindre fysisk belastning for operatøren. Forekomsten av prosedyre-relaterte komplikasjoner synes å være lavere enn ved bruk av manuelt styrte katetre. Det foregår en kontinuerlig utvikling av ablasjonskatetre og av metoder som kan forenkle kartleggingsprosedyrene og øke behandlingseffektiviteten. Basiskostnadene ved etablering av et magnetlaboratorium er tre ganger så høye som kostnadene ved et konvensjonelt elektrofysiologisk laboratorium.

Fortolkning. Det nye magnetiske navigasjonssystemet har vist seg anvendelig ved ablasjon av et bredt spekter av arytmier, men er fortsatt en metode under utvikling.

Jian Chen

jian.chen@med.uib.no

Per Ivar Hoff

Hjerteavdelingen
Haukeland universitetssykehus
5021 Bergen

Eivind Solheim

Institutt for indremedisin
Universitetet i Bergen

Peter Schuster

Morten Kristian Off

Hjerteavdelingen
Haukeland universitetssykehus

Ole-Jørgen Ohm

Institutt for indremedisin
Universitetet i Bergen

Helt siden 1987 har det hos mange pasienter vært mulig å behandle takykardier med kateterablasjon der elektrisk energi leveres via katetre til hjertet. Den teknologiske utviklingen av katetre og tredimensjonale elektroanatomiske registreringssystemer har gitt økt forståelse for mekanismene ved hjerterytmier og dermed muligheter for kurativ behandling av mer kompliserte – i enkelte tilfeller livstruende – arytmier med radiofrekvensablasjon.

Ablasjonsteknikk krever nøyaktig kateterlokalisering og stabil vevskontakt. Hittil har kateterplasseringen vært foretatt manuelt under veiledning av røntgengjennomlysning. Hensikten med denne presentasjonen er å omtale en ny metode der man anvender et fjernstyrt navigasjonssystem i behandlingen av forskjellige takyarytmier. Oversikten er basert på tilgjengelig litteratur og egne erfaringer.

Materiale og metode

Grunnlaget for artikkelen er et ikke-systematisk litteratursøk i PubMed om kateterablasjonsbehandling av hjerterytmier og egen forskning innen fagfeltet over de siste 20 år.

Navigasjonssystemet, kateterføring og ablasjonsmetode

Det eneste tilgjengelige magnetiske navigasjonssystem (NIOBE Stereotaxis Inc., St. Louis, MO) for styring av intrakardiale katetre består av to permanente magneter som plasseres på hver side av et gjennomlysningsbord med tilhørende røntgenutstyr. Magnetene danner et lavintensitets magnetfelt på 0,08 tesla inne i pasientens bryst (fig 1a). I dag finnes det kun ett fleksibelt magnetkateter som er fullt integrert med na-

vigasjonssystemet (NaviStar RMT, Biosense Webster, USA) til elektrisk kartlegging og ablasjon. Det har en 4 mm eller 8 mm stor elektrode med en liten permanent magnet i enden. I tillegg er det festet to elektroder som registrerer elektriske hjertesignaler til kateteret samt tre innebygde magneter.

Magnetkateteret plasseres i hjertet via en femoralvene ved hjelp av et føringssystem (fig 1b). Nøyaktig navigering av kateteret oppnås ved å endre retning på magnetfeltet. Kateteret kan dermed orienteres trinnvis med en nøyaktighet på inntil 1°, forflytning av kateterspissen så presist som ned til 1 mm. Magnetfeltet fjernstyres av datateknologi fra et kontrollrom (fig 1c). Ved å benytte samme vektor på magnetfeltet kan kateteret navigeres tilbake til identisk posisjon i hjertet (1). Navigasjonssystemet er kun fullt integrert med ett tredimensjonalt elektroanatomisk kartleggingssystem (CARTO-RMT, Biosense Webster, USA) (fig 1d, fig 2).

Prosedyrene starter med en standard elektrofysiologisk undersøkelse, der man ved hjelp av flere midlertidige katetre i hjertet får en fremstilling av dets elektriske aktivitet ved normal rytme og den aktuelle takyarytmi. Deretter føres det magnetstyrte kateteret inn til målområdet for ablasjonen (2). Hos pasienter med atrieflimmer utføres lungeveenisolasjon. Ablasjonen medfører at arytmitriggende elektriske impulser fra lungevenene ikke kan nå venstre forkammer (3). Hos noen pasienter utføres i tillegg ablasjon av komplekse fraksjonerte atrieelektrogrammer. Disse elektrogrammene representerer områder i forkammeret med uheldig endret ledningsevne (4). Ablasjonsenergien leveres fra en standard generator.

Klinisk bruk av magnetisk navigasjon

Etter at anvendeligheten av magnetisk kateternavigasjon hos mennesker med hjerterytmeforstyrrelser er blitt etablert, er det nå mulig å utføre ablasjon av et bredt spekter av arytmier.

Hovedbudskap

- Magnetstyrt kateternavigasjon kan anvendes ved radiofrekvensablasjon av hjerterytmier
- Teknikken gir muligheter for mer målrettet plassering av fleksible og myke katetre
- Fjernstyring av katetere gir mindre strålebelastning

meforstyrrelser var demonstrert i 2003 (1), ble de første kliniske studier med pasienter med supraventrikulære takykardier publisert (2, 5, 6). Metoden er også innført i behandlingen av atrieflimmer (7), ventrikkeltakykardi (8–11), atrieflutter (12), atrietykardi (13) samt medfødte hjertefeil (14) og kar-anomalier (15, 16), der standard manuelle metoder ikke gjør det mulig å føre katetrene til arytmi substratet.

De fleste publiserte arbeider omfatter et begrenset antall pasienter, er gjort for å vurdere metodens anvendelighet og er gjerne basert på kasuistiske meddelelser og observasjonsstudier. Hovedårsaken til dette er at metoden har vært under rask utvikling, særlig gjelder det forbedring av katetertechnologien. I en randomisert studie oppnådde man ikke måltallet for pasienter pga. manglende rekruttering (17).

Atrieflimmer

Atrieflimmer er blitt den tallmessig dominerende indikasjon for kateterablasjon. De

fleste med medikamentresistent atrieflimmer har mye plager og redusert livskvalitet. Ablasjonsprosedyren for atrieflimmer er kompleks, teknisk utfordrende og tidkrevende (fig 2). Internasjonale retningslinjer angir at ablasjonsbehandling kan være effektivt ved både paroksysisk og persisterende atrieflimmer (18). Det foregår en kontinuerlig metodeutvikling. Nye og mer omfattende ablasjonsprosedyrer med isolasjon av større områder i venstre atrium har redusert residivfrekvensen ved paroksysisk og persisterende atrieflimmer (18–21). Det er også oppnådd noen gode resultater hos pasienter med permanent atrieflimmer, hjertesvikt og organisk hjertesykdom (22, 23).

Den første studien om magnetstyrt ablasjon ble publisert i 2006 (7). Den viste at prosedyren var gjennomførbar og trygg – det var ikke noen prosedyrerelaterte komplikasjoner. En studie har vist at atrieflimmerablasjon med magnetisk navigasjon halverte gjennomlysningstiden (fra 17,5 minutter til

8,9 minutter) og reduserte prosedyretiden, selv om en del av lungeveenisolasjonen måtte utføres med hjelp av konvensjonelt kateter (24). I en nyere studie ble det påvist liknende resultater – gjennomlysningstiden gikk ned fra 58,6 minutter til 19,5 minutter og prosedyretiden fra 279 minutter til 209 minutter (25). Kliniske resultater ved langtidsoppfølging etter ett år viste at 16 av 20 pasienter behandlet med magnetisk navigasjon var i sinusrytme, mot 15 av 20 behandlet med manuell metode. Magnetisk navigasjon gir også en mulighet til å utføre ablasjon av atrieflimmer ved retrograd tilgang via aorta hos pasienter der det er kontraindikasjoner mot transseptal punksjon (26).

Ventrikkeltakykardi

Kateterablasjon av ventrikkeltakykardi fra høyre eller venstre ventrikel hos pasienter med strukturelt normalt hjerte er en klasse I-indikasjon i retningslinjene fra American College of Cardiology, American Heart



Figur 1 a) To store magneter (Stereotaxis) danner et felt gjennom pasientens brystkasse. Røntgengjennomlysning (C-bue) er plassert mellom magnetene. b) Nærbilde av høyre lyskeregion. Magnetkateteret plasseres i hjertet via en femoralvene ved hjelp av et føringssystem. c) Når kateteret er inne i hjertet, utføres hele prosedyren fra kontrollrommet. Kateteret kan beveges i alle retninger ved hjelp av styrespak og datamus. Kateterplasseringen kontrolleres via gjennomlysningsskjerm og et tredimensjonalt elektroanatomisk kartleggingsystem. d) Rekonstruksjon av venstre ventrikel med et tredimensjonalt elektroanatomisk kartleggingsystem. Pilene er virtuelle vektorer. Med grønn pil angis den ønskede retning på magnetfeltet. Gul pil vil følge etter grønn pil og angi den reelle retning på magnetfeltet til enhver tid (se også figur 2). Etter denne prosessen vil magnetkateteret (grønt punkt mellom de to pilene) plassere seg i det ønskede området

Association og European Society of Cardiology (27).

Takykardi som har utgangspunkt i høyre eller venstre ventrikkels utløp er den vanligste form for ventrikkeltakykardi hos individer uten kjent organisk hjertesykdom. Enkelte kan ha uttalte plager, med palpitasjoner og synkoper. Medikamenter har ofte liten effekt og kan gi betydelige bivirkninger. Kate-terablasjon anbefales derfor ved symptom-givende takykardi. Det angis primærsuksess under prosedyren hos over 90 % av pasien-terne (27). I spesielle områder, som nær koro-nararterienes ostier og epikard, er det vans-keligere og farligere å gjøre ablasjon. I rap-porter som omhandler bruk av magnetisk navigasjon ved kateterablasjon av ventrik-keltakykardi angis at teknikken er gjennom-førbar, med mulig bedre effekt enn manuelt styrt ablasjon (8, 9, 28–30). Flere studier har vist at ablasjon av takykardi som oppstår ved koronararterienes ostier og epikardialt med magnetisk navigasjon var trygt og ikke spe-sielt komplisert (10, 11). Særlig hos yngre individer med ellers normalt hjerte vil kura-tiv ablasjonsbehandling være å foretrekke fremfor medikamentell antiarytmisk be-handling og implantasjon av kardioverter-defibrillator – begge er etter vår mening å betrakte som symptomatiske og usikre be-handlingsalternativer.

Magnetisk ablasjon har vært utført i be-grenset omfang hos pasienter med arrbetin-get ventrikkeltakykardi etter hjerteinfarkt og ved myokardsykdom der pasienten i dag stort sett tilbys behandling med implanter-bar kardioverterdefibrillator. Dette er en pa-sientgruppe med kompleks hjertesykdom, ofte med flere takykardimorfologier der det trengs omfattende ablasjonsprosedyrer. I en observasjonsstudie av magnetstyrt naviga-sjon hos 24 pasienter, hvorav 19 hadde im-plantert kardioverterdefibrillator, fant man at presisjonen i å påvise arrvev og identifisere arytmisubstratet var høyere enn ved manuell metode. Etter behandlingen var 20 av 24 pasienter residivfrie i en observasjons-periode på inntil 12 måneder (10).

Det er nylig publisert en studie med fire pasienter som selv under optimal behandling med antiarytmika og kardioverterdefibrilla-tor hadde hyppige takykardianfall (elektrisk storm). Disse ble vellykket ablasjonsbehand-let via magnetisk navigasjon med et nytt kjø-lekateter (31). For dem med organisk hjerte-sykdom viser en studie effekt på ventrikkel-takykardi hos ti av 17 pasienter der det ble brukt en kateterelektrode på 8 mm, mot ef-fekt hos seks av 27 ved bruk av en katetere-lektrode på 4 mm ($p = 0,014$) (30).

Kurativ ablasjonsbehandling av pasienter med ventrikkeltakykardi er en stor utford-ring. Behandlingen utføres i dag sjelden hos disse, og antall pasienter på landsbasis er uavklart. Magnetstyrt ablasjonsbehandling kan være et alternativ til symptomatisk medikamentell behandling, som ofte har be-grenset effekt.

Andre arytmier

I et materiale som omfattet 42 pasienter med supraventrikulær takykardi, ble alle vellyk-ket behandlet med magnetstyrt ablasjonstek-nikk – uten residiv og uten komplikasjoner i oppfølgingsperioden på fire måneder (2). I en multisenterstudie med en liknende pa-sientgruppe var det en umiddelbar suksess-rate på 91 % ved magnetisk navigasjon, mot 87 % ved manuell ($p > 0,05$), og det var kor-tere gjennomlysningstid ved magnetisk na-vigasjon (17). Komplikasjonsraten i denne studien var 5,4 % ved magnetisk styrt abla-sjon, mot 6,7 % ved manuelt styrt ($p > 0,05$). I andre studier har det vært liknende obser-vasjoner når det gjelder pasienter med atrie-takykardi (13, 29).

Resultatene ved behandling av atrieflutter er varierende. I ett materiale var det en suksessrate på 96 % (24 av 25 pasienter), mens det i en annen gruppe bare var suksess hos 12 av 22 pasienter (55 %) – med for øvrig sammenliknbare teknikker (12, 29). Ved bruk av manuelt styrte kjølekatetre økte suksessraten (29).

Medfødte hjertefeil og karmalformasjoner

Hos pasienter med kompliserte medfødte hjertefeil og spesielle karmalformasjoner (14–16) kan magnetstyrt kateterføring være eneste mulighet for å nå målområdet. Det er fordi manuelt styrte katetre er mindre flek-sible. De som er operert for transposisjon, risikerer alvorlige takykardier og plutselig død og representerer en særlig utfordring når det oppstår arytmip problemer.

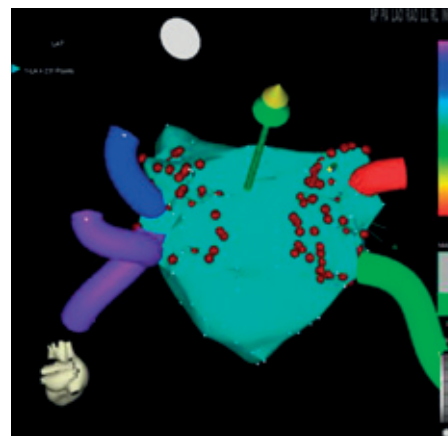
Komplikasjoner

Vurdering av alle aspekter ved behandlingen og sikkerheten står sentralt ved innføring av nye terapeutiske prosedyrer. Ut fra samle-data fra tidligere undersøkelser hvor man har benyttet manuelle metoder, er det ved behandling av atrieflimmer prosedyrerelater-te komplikasjoner hos inntil 6 % av pa-sientpopulasjonen (18). Komplikasjonene inkluderer lungevenestese, tromboembolisme og fistel mellom venstre forkammer og spiserør. I et tidligere publisert arbeid fant vi at det med konvensjonelle metoder var komplikasjoner i tre av 86 prosedyrer (3,5 %), hvorav ett tilfelle av lungevene-stenose, ett av tamponade som krevde peri-kardtapping og ett av oksipital embolisme med synsfeltsutfall (3).

I de fleste arbeider rapporteres det at mag-netisk navigasjon blir utført uten kompli-kasjoner (2, 5, 7, 8, 12, 29, 32). I en sammen-liknende undersøkelse oppsto det tamponade hos to pasienter (2,2 %) som ble behandlet med manuell kateternavigasjon, mens det ikke var noen komplikasjoner for-bundet med magnetisk navigasjon (33).

Metodens utvikling

Hensikten med innføring av ny teknologi er å videreutvikle eksisterende behandlings-metoder. Når det gjelder de aktuelle pasient-



Figur 2 Tredimensjonalt rekonstruert bilde av venstre atrium med lungeveener. De hvite punktene angir mekanisk kontakt med atrieveggenes innside, som danner basis for rekonstruksjonen. De røde punktene angir ablasjonsområdene rundt lunge-venene. Grønn og gul pil (her sammenfallende) viser ønsket og reell retning på magnetfeltet på det tidspunkt bildet er tatt opp (se også figur 1)

grupper, ønsker man å oppnå sikrere og mer skånsom manøvrering av katetrene, samti-dig som man vil korte ned prosedyretiden og minske strålebelastningen. I et materiale hvor samtlige prosedyrer ble utført av én person, fant man at prosedyretiden holdt seg stabil etter at de første 12 pasientene var be-handlet (7).

Siden vi foreløpig har begrenset erfaring med metoden, har vi ikke kunnet gjøre den totale prosedyretiden kortere enn tiden ved manuell ablasjon. Dette er også vist i andre studier. Det skyldes først og fremst en noe mer tidkrevende prosess ved oppstart av sy-stemene, innføringen av magnetkateteret og den elektroanatomiske kartleggingen. Men for erfarne operatører kreves det ikke lang opplæring for å beherske utstyr og prosedy-rer. I egne upubliserte data har vi funnet at ablasjons- og prosedyretider og gjennomlys-ningstider for pasienter med atrieflimmer er sammenliknbare med det man finner i tilsva-rende pasientmaterialer (2, 7–9, 19). Vi har hittil ikke kunnet applisere kjølevæske un-der ablasjon, noe som er vanlig ved manue-le prosedyrer. Katetrene er under utvikling. Slike vil redusere muligheten for koageldan-ning på elektroden og dermed føre til økt pa-sientsikkerhet ved ablasjon i det systemiske kretsløp.

Fordeler og begrensninger

Fordelen ved magnetstyrt navigasjon er at kateteret er mykere og mer fleksibelt enn manuelt styrte katetre. Dette gjør at det er li-ten risiko for intravaskulære komplikasjo-ner, det blir mindre trykk mot endokard og dermed mindre fare for hjerteperforasjon og mekanisk fremkalte hjerterytmeforstyrrelser som vanskeliggjør den elektroanatomiske kartleggingen (28, 30). Samtidig kan et lavt katetertrykk mot endokard medføre behov for lengre applikasjonstid. Siden kateteret er

i et statisk magnetisk felt, får det en mer stabil posisjon under hjertekontraksjonen enn et manuelt styrt kateter og holder en mer konstant temperatur under ablasjonen (34).

Kontinuerlig utvikling av magnetkatetre har ført til forenkling av ablasjonsprosedyren (5). Ved at manøvreringen foregår via en styrestikke i et kontrollrom, er strålebelastningen og den fysiske belastningen langt mindre for operatøren. Publiserte arbeider viser at strålebelastningen er redusert med inntil to tredeler sammenliknet med tidligere metoder (31). Dette er av særlig betydning ved en prosedyrevarighet på 6–8 timer, som ikke er uvanlig ved ablasjon av atrieflimmer og ventrikkeltakykardi. En begrensning ved utstyret har vært manglende mulighet til å applisere kjølevæske gjennom magnetkateteret. Slike katetre er nylig tatt i bruk. Kjølevæske vil sannsynligvis gi dypere vevslesjoner, mulig kortere prosedyretid og høyere behandlingssuksess (31).

Siden manuell kateterablasjon av supraventrikulær takykardi er relativt enklere, vil anvendelse av magnetisk navigasjon være mindre aktuelt ved rutineprosedyrer. For langvarige og kompliserte tilstander som atrieflimmer og ventrikkeltakykardi og hos pasienter med strukturelle anomalier kan metoden innebære store fordeler.

Radiofrekvensablasjon av hjerterytme-forstyrrelser er nå etablert ved alle fem regionsykehus i Norge. Det magnetiske navigasjonsutstyret er foreløpig bare i drift ved Haukeland universitetssykehus. Kostnadene ved å bygge et komplett magnetstyrt laboratorium for ablasjonsbehandling av hjertearytmi er i størrelsesorden 30 millioner kroner. Når grunnlagsinvesteringen er gjort, vil utgiftene til forbruksmateriell være på samme nivå som ved dagens konvensjonelle metoder. Det er av vesentlig betydning at også norske miljøer gis muligheten til å teste ut ny teknologi i et ekspanderende fagområde – og helst i kontrollerte studier.

Økonomisk støtte: Våre erfaringer skriver seg fra bruk av et etablert magnetlaboratorium, som er støttet med gavemidler fra Trond Mohn og Norges forskningsråd (gaveforsterkningsordningen).

Oppgitte interessekonflikter: Peter Schuster fikk Biosense Websters Nordic invasive electrophysiology-stipend i 2007. De andre forfatterne har ingen oppgitte interessekonflikter.

Litteratur

- Faddis MN, Chen J, Osborn J et al. Magnetic guidance system for cardiac electrophysiology: a prospective trial of safety and efficacy in humans. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 1952–8.
- Ernst S, Ouyang F, Linder C et al. Initial experience with remote catheter ablation using a novel magnetic navigation system. *Magnetic remote catheter ablation*. *Circulation* 2004; 109: 1472–5.
- Hoff PI, Chen J, Erga KS et al. Kurativ behandling av paroksysmal atrieflimmer med radiofrekvensablasjon. *Tidsskr Nor Lægeforen* 2004; 124: 625–8.
- Nademanee K, McKenzie J, Kosar E et al. A new approach for catheter ablation of atrial fibrillation:

mapping of the electrophysiologic substrate. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 2044–53.

- Chun JK, Ernst S, Matthews S et al. Remote-controlled catheter ablation of accessory pathways: results from the magnetic laboratory. *Eur Heart J* 2007; 28: 190–5.
- Thornton AS, Rivero-Ayerza M, Knops P et al. Magnetic navigation in left-sided AV reentrant tachycardias: preliminary results of a retrograde approach. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2007; 18: 467–72.
- Pappone C, Vicedomini G, Manguso F et al. Robotic magnetic navigation for atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1390–400.
- Thornton AS, Jordaens LJ. Remote magnetic navigation for mapping and ablating right ventricular outflow tract tachycardia. *Heart Rhythm* 2006; 3: 691–6.
- Thornton AS, Res J, Mekel JM et al. Use of advanced mapping and remote magnetic navigation to ablate left ventricular fascicular tachycardia. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006; 29: 685–8.
- Aryana A, d'Avila A, Heist K et al. Remote magnetic navigation to guide endocardial and epicardial catheter mapping of scar-related ventricular tachycardia. *Circulation* 2007; 115: 1191–200.
- Burkhardt JD, Saliba WJ, Schweikert RA et al. Remote magnetic navigation to map and ablate left coronary cusp ventricular tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006; 17: 1142–4.
- Arya A, Kottkamp H, Piorkowski C et al. Initial clinical experience with a remote magnetic catheter navigation system for ablation of cavotricuspid isthmus-dependent right atrial flutter. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008; 31: 597–603.
- Mehta R, Hart DT, Nagra BS et al. Successful ablation of focal left atrial tachycardia using Stereotaxis Niobe remote magnetic navigation system. *Europace* 2008; 10: 280–3.
- Wu J, Pflaumer A, Deisenhofer I et al. Mapping of intraatrial reentrant tachycardias by remote magnetic navigation in patients with d-transposition of the great arteries after mustard or senning procedure. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2008; 19: 1153–9.
- Ernst S, Chun JK, Koektuerc B et al. Magnetic navigation and catheter ablation of right atrial ectopic tachycardia in the presence of a hemizygous continuation: a magnetic navigation case using 3D electroanatomical mapping. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20: 99–102.
- Kim AM, Badhwar N, Lee RJ. Remote navigation guided ablation of incessant atrial tachycardia in a patient with restricted venous access. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20: 1061–4.
- Wood MA, Orlov M, Ramaswamy K et al. Remote magnetic versus manual catheter navigation for ablation of supraventricular tachycardias: a randomized, multicenter trial. *Stereotaxis Heart Study Investigators*. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008; 31: 1313–21.
- Fuster V, Rydén LE, Cannom DS et al. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation: full text: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 2001 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation). *Europace* 2006; 8: 651–745.
- Oral H, Chugh A, Good E et al. A tailored approach to catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation* 2006; 113: 1824–31.
- Solheim E, Hoff PI, Off M et al. Significance of late recurrence of atrial fibrillation during long-term follow-up after pulmonary vein isolation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2007; 3: S108–11.
- Chen J, Off M, Hoff PI et al. Treatment of atrial fibrillation by silencing electrical activity in the posterior inter-pulmonary vein atrium. *Europace* 2008; 10: 265–72.
- Hsu LF, Jaïs P, Sanders P et al. Catheter ablation for atrial fibrillation in congestive heart failure. *N Engl J Med* 2004; 351: 2373–83.
- Khan MN, Jaïs P, Cummings J et al. Pulmonary vein isolation for atrial fibrillation in patients with heart failure. *N Engl J Med* 2008; 359: 1778–85.
- Di Biase L, Fahmy TS, Patel D et al. Remote magnetic navigation: human experience in pulmonary vein ablation. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 868–74.
- Katsiyannis WT, Melby DP, Matelski JL, et al. Feasibility and safety of remote-controlled magnetic navigation for ablation of atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 2008; 102: 1674–6.
- Miyazaki S, Nault I, Haissaguerre M et al. Atrial fibrillation ablation by aortic retrograde approach using a magnetic navigation system. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2010; 21: 455–7.
- Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M et al. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death). *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: e247–346.
- Konstantinidou M, Wissner E, Koektuerc B et al. Remote magnetic navigation and catheter ablation in the right ventricular outflow tract – a simplified approach. *Europace* 2009; 11 (suppl 6): Abstrakt 349.
- Latcu DG, Richard P, Zargane N et al. Robotic magnetic navigation for ablation of human arrhythmias. *Arch Cardiovasc Dis* 2009; 102: 419–25.
- Di Biase L, Burkhardt JD, Lakkireddy D et al. Mapping and ablation of ventricular arrhythmias with magnetic navigation: comparison between 4- and 8-mm catheter tips. *J Interv Card Electrophysiol* 2009; 26: 133–7.
- Haghjoo M, Hindricks G, Bode K et al. Initial clinical experience with the new irrigated tip magnetic catheter for ablation of scar-related sustained ventricular tachycardia: a small case series. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20: 935–9.
- Pflaumer A, Hessling G, Luik A et al. Remote magnetic catheter mapping and ablation of permanent junctional reciprocating tachycardia in a seven-year-old child. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2007; 18: 882–5.
- Kim AM, Turakhia M, Lu J et al. Impact of remote magnetic catheter navigation on ablation fluoroscopy and procedure time. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008; 31: 1399–404.
- Davis DR, Tang AS, Gollob MH et al. Remote magnetic navigation-assisted catheter ablation enhances catheter stability and ablation success with lower catheter temperatures. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008; 31: 893–8.

Manuskriptet ble mottatt 17.2. 2009 og godkjent 29.4. 2010. Medisinsk redaktør Trine B. Haugen.