Dit branchemagasin fra TechMedia A/S

# Medicoteknik

Magasin for Dansk Medicoteknisk Selskab - DMTS




## Tema:
# Billeddiagnostik

Nr. 3 - Maj 2024 - 11. årgang




**KURSER INDENFOR MEDICOTEKNIK**

**NETTEKNIK** **SERVERE OG FEJLFINDING**

**For mere information kontakt:**
Chefkonsulent Michael Fast, Tlf.: 89 50 34 40

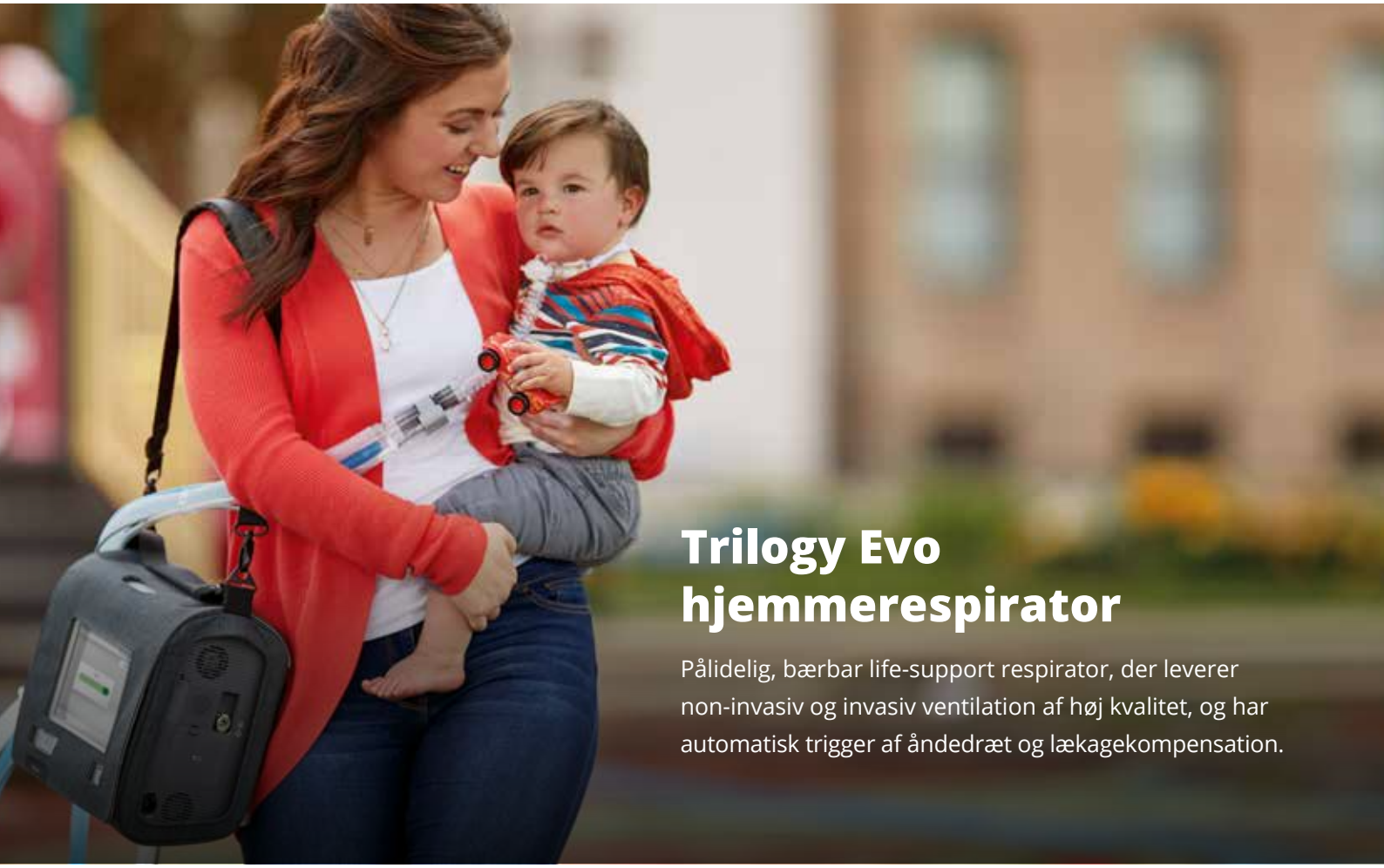
Mercantec

www.kursus.mercantec.dk




# Dreamstation 2 Advanced auto CPAP-maskine

Automatisk CPAP-maskine til behandling af søvnapnø.
Støjsvag, lille, let og tilpasser behandlingen til den enkelte patient.



# Trilogy Evo hjemmerespirator

Pålidelig, bærbar life-support respirator, der leverer non-invasiv og invasiv ventilation af høj kvalitet, og har automatisk trigger af åndedræt og lækagekompensation.

Medidyne MAKING A DIFFERENCE

Medidyne A/S | Tel. 35 25 12 48 | www.medidyne.dk

Scan mig



(Foto: Haslefoto.dk).

# AI og billeddiagnostik – sammen og hver for sig

Af Stine Groth-Pedersen.
Vicekontorchef/chefrådgiver,
Billeddiagnostik,
Indkøb & Medicoteknik
- Region Midtjylland

Kunstig intelligens (AI) er på dagsordenen alle vegne - også inden for de billeddiagnostiske specialer. Lige præcis inden for billeddiagnostik er det en naturlig udvikling, som er sket gradvist over mange år. Her er løbende kommet flere avancerede algoritmer til, som er bygget på stadig større datamængder. Det tæller både algoritmer, som er dybt integreret i apparaturet til billedprocessering, og produkter til beslutningsstøtte og andre analyser som indtegning af organer i forbindelse med stråleterapi.

Nu kalder vi bare det hele AI!

Kombineret med en omliggende »hype«, og en tro på at AI vil revolutionere vores sundhedsvæsen, bliver der testet - og efterhånden implementeret - diverse løsninger rundt omkring.
Men som med anden ny teknologi er det vigtigt at have for øje, hvilken effekt man vil opnå - mest af alt til gavn for patienterne!

Det er også værd at få styr på, hvordan vi bruger tværfaglige kompetencer til at sikre fornuftige processer for anskaffelse, validering og implementering. Det bør gøres med ordentlighed og med tid til læring undervejs - både hvad angår teknik, jura og kultur.
Succesfuld implementering af AI kræver, at de implicerede aktører kender hinandens »brikker« i puslespillet - og måske også tør sætte dem sammen på ny.

I denne udgave af Medicoteknik har vi også fokus på billeddiagnostisk udstyr uden AI (hvis det overhovedet er muligt). Her præsenteres modaliteter, der ikke er så mange af, hverken i Danmark eller på verdensplan, nemlig PET/MR, helkrops-PET/CT og en lavdosis-slotscanner.
Hvad man kan opnå med disse apparater, og hvilken rolle de vil spille på den længere bane, bliver spændende at følge.

Rigtig god læselyst!

Stine Groth-Pede

# Medicoteknik

Magasin for Dansk Medicoteknisk Selskab - DMTS

**Udgiver:**
TechMedia A/S
Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28
www.techmedia.dk
info@techmedia.dk

**Ledelse:**
Adm. dir. Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde

**Redaktionel målsætning:**
Gennem tekniske artikler og relevante nyheder inden for sundhedsteknologi leverer Medicoteknik vigtig og nyttig viden, der kan styrke faget, både nationalt og internationalt.

Medicoteknik udgives i samarbejde med Dansk Medicoteknisk Selskab og er medlemsblad for foreningens godt 700 medlemmer og andre relevante abonnenter i branchen.

**Medicoteknik** udkommer 6 gange årligt.

**Fagredaktør:**
Stine Groth-Pedersen.
Vicekontorchef/chefrådgiver,
Billeddiagnostik,
Indkøb & Medicoteknik
- Region Midtjylland

**Forsidefoto:**
Tonny Foghmar

**Redaktør:**
Journalist Søren Bang Hansen
E-mail: bang@bangmedia.dk. Telefon: 61 65 22 22

**Ansvarshavende:**
Adm. dir. Peter Christensen, TechMedia A/S

**Produktion:**
TechMedia A/S

**Tryk:**
PE Offset A/S

**Abonnement:**
Bestilling og ændring/opsigelse skal sendes til:
abonnement@techmedia.dk

**Oplag:**
Trykt oplag: 2.490 stk.
Online læsere: 1.168 stk.

**Bladsekretær:**
Pia Nielsen
E-mail: pn@techmedia.dk
Telefon: 43 24 26 72

**Layout:**
Helle Hansen
E-mail: hh@techmedia.dk

**Annoncer:**
Tanja Wulff Dühring
E-mail: twd@techmedia.dk
Telefon: 43 24 26 06

**Annoncekoordinering:**
Marianne Dieckmann
E-mail: md@techmedia.dk
Telefon: 43 24 26 82

**Kontakt DMTS:**
Sekretær & kasserer Per Overgaard Rasmussen
Vester Søgade 68 st. th., 1601 København V
E-mail: por@dmts.dk. Telefon: +45 21 39 02 32

Formand Kim Dremstrup
Aalborg Universitet,
Institut for Medicin og Sundhedsteknologi

Næstformand Peter Sommer
Medicoteknisk Leder
- Region Sjælland
Holbæk, Roskilde og Køge

**Tilmelding til DMTS:**
www.dmts.dk/om-dmts/bliv-medlem-af-dmts/



*Citater fra artikler i Medicoteknik skal ske med tydelig kildeangivelse. Enhver form for gengivelse af artikler, herunder illustrationer, forudsætter udgiverens skriftlige tilladelse. Redaktionen kan ikke påtage sig ansvaret for materiale, der indsendes uopfordret.*



**ISSN 2246-2848 (tryk) - ISSN 2246-2856 (online)**

**Læs - og del - bladet på: medicotek.dk**

NORDISK MILJØMÆRKNING 5041 0309 TRYKSAG



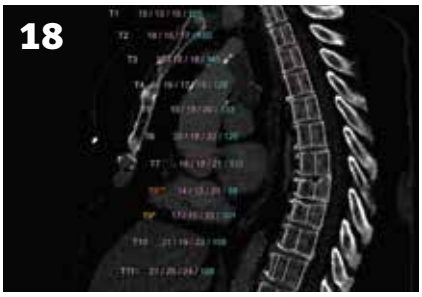
**Scan og hent Medicotekniks medieinformation 2024 hér!**

Scan med kameraet på din smartphone.












## 3 Leder

## TEMA: Billeddiagnostik

**6** Kvantespring i visualisering af fysiologiske processer

**10** Fem år med PET/MR i Aarhus

**16** Optimal implementering af AI-løsninger

**18** AI og billeddiagnostik

**20** AI er skræddersyet til kræftbehandling i stråleterapi

**23** Kan LDSS slå konventionelle røntgensystemer?

**28** Fra røntgenfilm til avanceret billeddiagnostisk udstyr

OLYMPUS



# Advancing the Dimensions of Endosonography

## Twice the Expertise, Twice the Confidence for You and Your Patients.




Gennem vores nylige partnerskab med Canon Medical, bringer Olympus endoskopisk ultralyd (EUS) ind i en ny tid af klarhed med Aplio i800 EUS-processor.

For klinikere, der søger et nyt niveau af tillid, er Aplio i800 EUS-processoren en komplet, tilpasselig løsning med kraftfuld billedbehandling, der forbedrer penetration og opløsning og tilbyder en overflod af avancerede, klinisk validerede værktøjer til at hjælpe med at forbedre produktiviteten og de kliniske kapabiliteter.

**For mere information, kontakt din lokale Olympus repræsentant**

**OLYMPUS DANMARK A/S**
Knud Højgaards Vej 2, 2860 Søborg. Danmark | Telefon: +45 44 73 47 00 | www.olympus.dk

# Kvantespring i visualisering af fysiologiske processer

Nybrud i teknologien genopliver urgamle spørgsmål om kapacitetsudnyttelse i hospitalssektoren - men fordrer også en mere holistisk tilgang til visualisering af patologier.



Af Anders Frodo Stegmann Mikkelsen.
Hospitalsfysiker, MSc.,
Nuklearmedicin og PET
- Aarhus Universitetshospital



*Det tungest vejende argument bag investeringen i Quadra-scanneren er forskning - men også klinisk anvendelse til undersøgelser af især børn og unge, gravide og patienter med klaustrofobi. (Foto: Siemens Healthineers).*

Ny og forbedret teknologi vil i vid udstrækning altid være kærkommen ved de kliniske afdelinger i det danske hospitalsvæsen. Nybrud i billeddiagnostikken ses oftest som en mulighed for enten at øge kvaliteten af billedmaterialet (for eksempel bedre diskrimination mellem anatomiske strukturer som lever og patologi, visualisering af mindre strukturer, mere præcise målinger af fysiologiske processer) eller forkorte undersøgelsestiden på hospitalsafdelingerne.
Der anvendes i sundhedsvæsenet en bred vifte af billedmodaliteter, som hver især har fordele og ulemper. Under visitationsprocessen for patienten overvejes de forskellige modaliteter i vurderingen af, hvad der kan danne grundlag for en tilstrækkelig diagnostisk beskrivelse af patientens tilstand. Det være sig stadiebeskrivelse af kræftforløb eller diagnosticering af symptomer ved hjertekarlidelser, inflammationstilstande eller neurologiske lidelser som Alzheimers eller Parkinsons sygdom.

## Strålebeskyttelse

Af hensyn til strålebeskyttelse skal man også holde sig for øje, om optagemetodikken indebærer risici for at ionisere celler eller dna-materiale som ved brug af røntgenstråler ved CT-billeddannelse eller radioaktive sporstoffer ved PET- og SPECT-billeddannelse. Dette modsat ikke-ioniserende optageteknikker som ultralyd og MR-billeddannelse.
Konkret for ioniserende undersøgelsesmodaliteter er der et modsætningsforhold mellem på den ene side billedkvalitet op imod undersøgelsestiden samt den radioaktive dosis på den anden side. Som princip forsøges det at holde dosis til patienten så lav som muligt for samtidig at opnå billedmateriale af tilstrækkelig kvalitet. Således er der et slags »vippe-forhold« mellem tid, dosis og billedkvalitet.
For en hospitalsafdeling vil nybrud inden for teknologien være en del af en granskningsproces op til investeringen i udstyr. I overvejelsen af, hvordan dette nye og forbedrede potentiale bedst udnyttes, går man fra »gik udstyrsprioriteringen igennem? Fantastisk!« til »hvordan vil vi her prioritere at få mest gevinst af dette massive teknologiske kvantespring?«.
Teknologien ledsages også af farvestrålende superlativer som »Superscanner, Frontier-teknologi« på diverse spisesedler og pressemeddelelser, og der vil være et naturligt pres for til fulde at udnytte den nye spændende værktøjskasse.

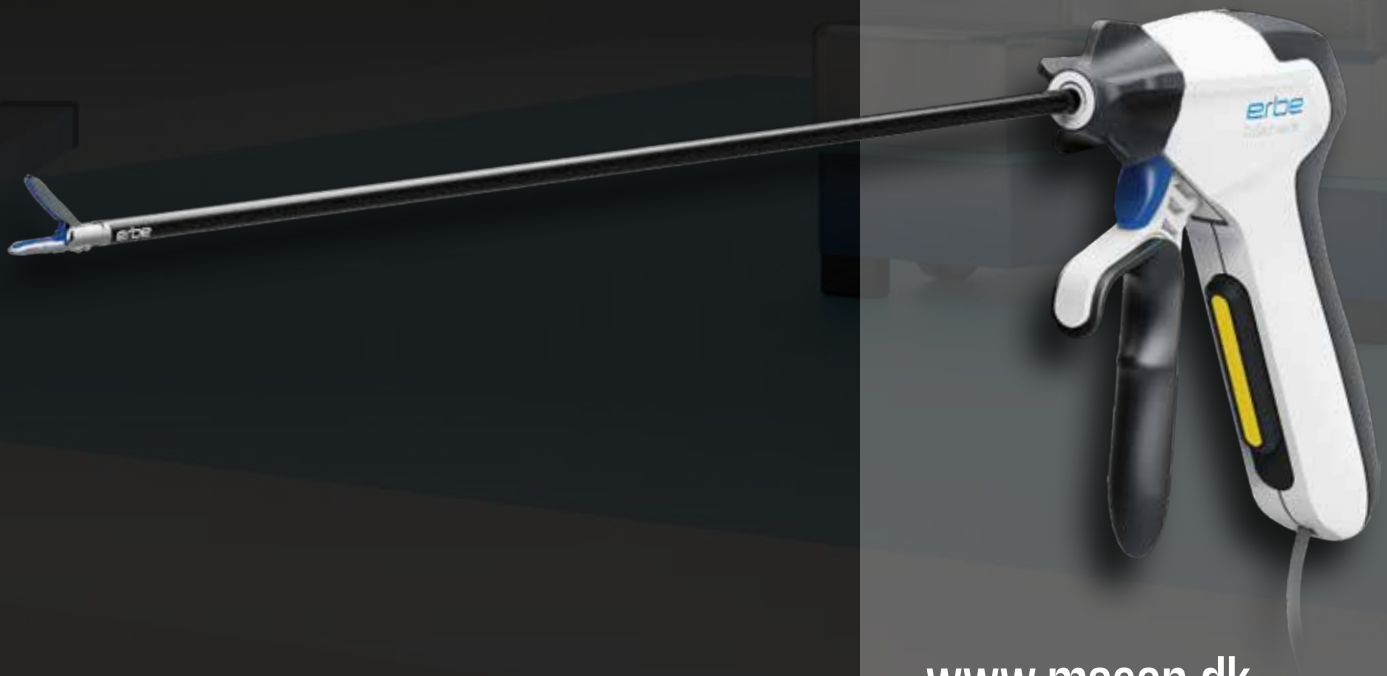
## Stort indkøb

Her ved Nuklearmedicin og PET på Aarhus Universitetshospital har vi for nylig været igennem dette ved indkøbet af en PET/CT-scanner med det mundrette navn Biograph Vision Quadra (i daglig tale »Quadra'en«), produceret af tyske Siemens Healthineers. Det er en lang-akse-fuldfelts-PET-scanner, som nogle gange (lidt misvisende) beskrives som en »helkropsscanner«. ▶

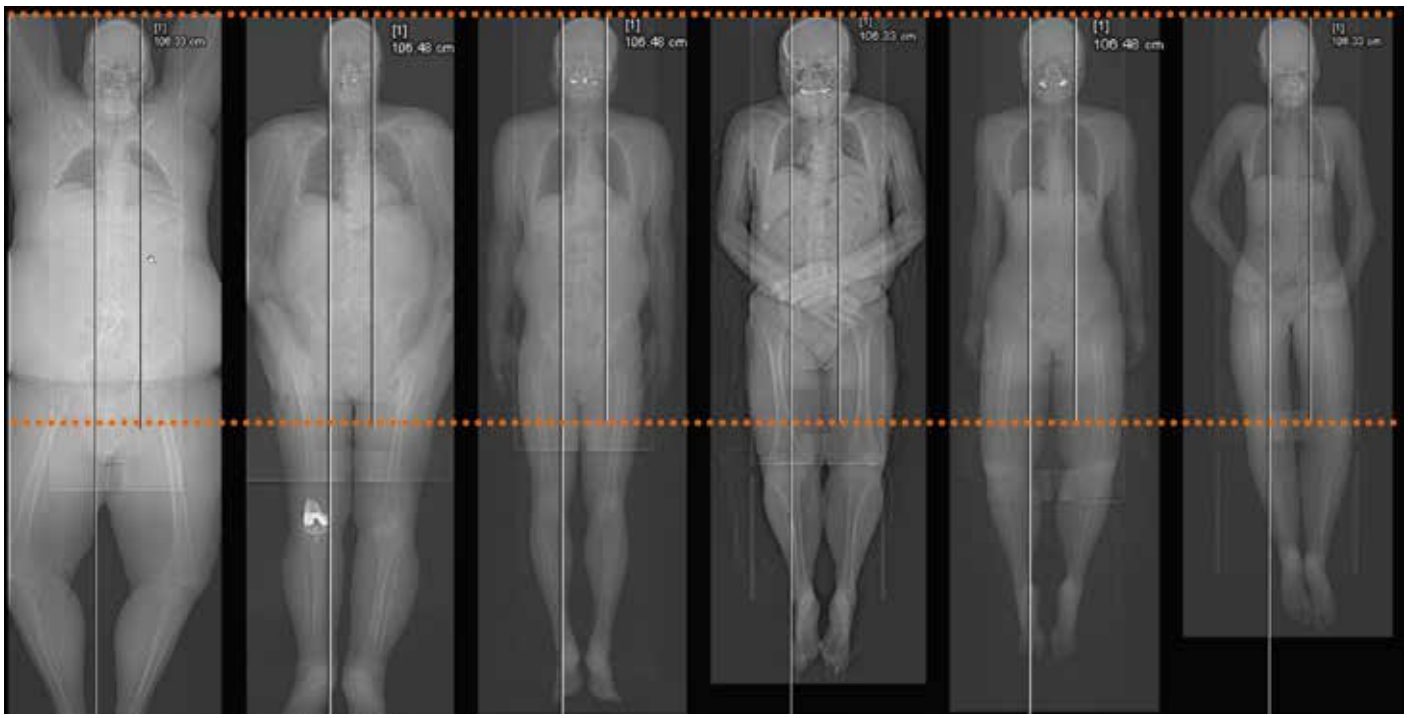
# MEDICAL SCANDINAVIA




erbe diatermi




www.mscan.dk



*Quadra har så stort scanningsfelt, at man ofte kan dække helt »fra pandebrask til baldebund«, selvfølgelig afhængig af patientens størrelse. (Foto: Siemens Healthineers).*

Finansieringen er kommet i stand, dels via private fondsdonationer - og dels investeringspuljer ved Aarhus Universitet, Aarhus Universitetshospital og Region Midtjyllands apparaturpulje. Bevæggrunden, og det tungest vejende argument ved investeringen i Quadra'en, er først og fremmest forskningen - og dernæst klinisk anvendelse til specielt undersøgelser af børn og unge, gravide samt patienter, der lider af klaustrofobi. PET-scannere står ofte over for udfordringer med at balancere dækning og opløsning. Det er denne balancegang, der har stimuleret udviklingen af scannere med dækning på godt det firedobbelte - samt i tillæg en øget sensitivitet for de anvendte radioaktive sporstoffer. For at knytte an til indledningen vil disse scannere både arbejde hurtigere, takket være det langt større synsfelt, og man vil opnå den samme billedkvalitet med lavere indgivet dosis fra sporstofferne.

## Flere fordele

Gængse PET-systemer har en dækning på godt 26 cm. Det betyder, at man blandt andet kan dække hjertet eller hjernen under én lejringsposition. Peger den kliniske indikation i retning af større anatomiske områder (for eksempel lungehulen eller hele hofte- og maveregionen), er en enkelt lejringsposition ikke længere tilstrækkelig. I det tilfælde må patienten flyttes 26 cm til næste område, og optagetiden forlænges tilsvarende med det dobbelte. De anvendte radioaktive sporstoffer henfalder til mere stabile tilstande, hvilket der også skal tages højde for under visiteringen af undersøgelserne.
Vores Quadra er bygget op af groft sagt fire detektorringe af hver 26 cm, så scanningsfeltet er tilsvarende udvidet firefoldigt. Med god vilje kan de fysiologiske undersøgelser dække patienterne fra pandebrask til baldebund, og herved fås simultan information fra alle centrale organer under én lejringsposition. Der er ikke længere behov for yderligere optagelser, og undersøgelsestiden kan afkortes betydeligt. I tillæg arbejder detektorringene sammen, så man får foræret en langt bedre sensitivitet i forhold til det anvendte radioaktive indikatorsporstof.
Begge disse gevinster gør scanneren særligt anvendelig for kliniske optagelser af børn og unge. Gængse PET-undersøgelser kræver, at patienterne holder sig i ro, så et diagnostisk tilfredsstillende resultat kræver ofte bedøvelse - og herved involvering af personalegrupper ved anæstesien til at forestå overvågningen mv. Med kortere undersøgelsestid er der langt større sandsynlighed for et tilfredsstillende diagnostisk resultat.
Det samme gør sig gældende for klaustrofobiske eller nervøse patienter, der er utrygge ved at ligge i scanneren. Her vil det oftest være langt mere overskueligt at ligge stille i scanneren i fem minutter - fremfor i 20 minutter.
Systemet har været i drift ved Nuklearmedicin og PET AUH i godt seks måneder, og de kliniske optagelser af børn og unge, gravide og klaustrofobiske patienter er gået langt over forventning. Der har endnu ikke været behov for at anvende bedøvelse til patienter i Quadra'en, hvilket har været til stor gavn for både personale, patienter og pårørende.

## Gammastråling

Lys uden for det synlige spektrum kan ionisere væv. Sporstoffer, der anvendes ved nuklearmedicinske undersøgelser, udsender gammastråler, som detekteres. Dette kan visualisere, hvor sporstofferne sidder i kroppen, og give indblik i fysiologi og/eller patologi.

- *Henfaldstider:* Halveringstid er den tid, det tager mængden af et stof at falde til det halve af sin oprindelige værdi. Inden for radioaktivitet angiver det den tid, det tager for halvdelen af de radioaktive isotoper i et stof at omdanne sig til andre atomer gennem henfaldsprocesser.
- *Isotoper:* Ustabile varianter af grundstof, der gerne vil henfalde til en mere stabil variant. Under henfaldet udsender isotoperne stråling, hvilket kan detekteres med eksterne målere - for eksempel en PET-scanner. Man kan udnytte strålingen til billeddannelse, som beskriver fysiologiske processer i kroppen.

## Udvidet dækning

Den udvidede dækning, som lang-akse-fuldfelts-scanneren giver, åbner nye muligheder inden for et væld af kliniske anvendelser og forbedrer vores evne til at studere og forstå komplekse sygdomme. Det er noget, der kommer fokus på, med afdelingens mange forskellige forskningsaktiviteter. Afdelingen har mange samarbejder med nærliggende, henvisende afdelinger ved AUH om blandt andet onkologiske, kardiologiske, neurologiske samt systemiske og endokrine problemstillinger.

Inden for onkologi er den omfattende dækning særligt lovende. Detektering af tumorer, stadiebestemmelse og overvågning af behandlingsrespons forbedres markant, da teknologien muliggør simultan billeddannelse af primære og metastatiske læsioner i hele kroppen. Den forbedrede rumlige opløsning letter adskillelsen mellem maligne og godartede læsioner og hjælper med behandlingsplanlægning og vurdering af terapeutisk effektivitet.

Den forhøjede sensitivitet gør også, at man kan få samme diagnostiske kvalitet ved en meget lavere dosisbyrde fra de injicerede sporstoffer.

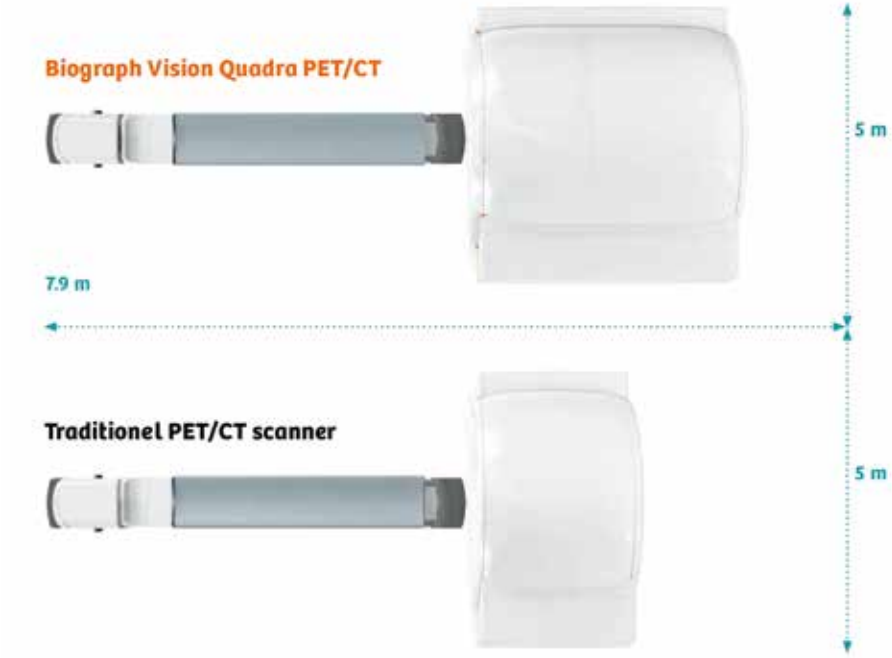
Samtidig bliver planlægningen mere robust, da dosis fra det hyppigt anvendte sukker-analog med isotopen F-18 kan spores, længe efter at patienten er blevet injiceret. Det har sine fordele, da forskellige maligne kræftceller akkumulerer sukkerstoffet i forskellige tempi, og grundet henfald af sporstoffet forsvinder signalet over tid. Takket være den forøgede sensitivitet kan scanneren optage billeder efter 6-7 henfaldstider, efter administrationen af sukkersporstoffet og celler med en lavere aktivitet kan visualiseres.

## Nye og pudsede briller

Hjertet kan som nævnt dækkes i konventionelle PET-scannere, men lang-akse-scanneren giver bedre muligheder for at visualisere den dynamiske fordeling af sporstofferne i krop og hoved via hjerte-kar-systemet. Man udnytter langt bedre de anvendte radioaktive sporstoffer til forskning inden for totalkrops-hæmodynamik med blandt andet vand som sporstof. Herved fås en samtidig beskrivelse af metabolismen af hjertet og netværket af de samarbejdende organer: lever, nyrer mv. Således kan systemet give en mere holistisk beskrivelse af de involverede fysiologiske processer og de sammenspil, der ikke var synlige i samme omfang tidligere.

Man har så at sige både fået justeret styrken og pudset brillerne i samme ombæring. Og selv om teknikken på papiret ikke i sig selv er ny, er måden, vi kan anvende apparaturet på, kraftigt ændret. Det afføder jo flere gode og spændende kliniske spørgsmål - og deraf forskningsprojekter og ny indsigt, der kan gavne terapeutiske behandlinger og diagnostiske problemstillinger.

Som ved andre teknologiske nybrud har lang-akse-PET-scanneren også en umiddelbar ulempe: Nemlig drifts- og anskaffelsesprisen, som nok ikke falder lige med det første. Detektormaterialet er kostbart, og da der skal fire gange så meget i en scanner af denne type, ja så stiger prisen jo nogenlunde tilsvarende. Så bred klinisk anvendelse hen over landet er nok ikke lige rundt om hjørnet. Men viser cost-benefit på den lange bane sig favorabel, vil denne superscanner nok vinde bredere indpas på de danske sygehuse.




*Biograph Vision Quadra er ifølge producenten den første »helkrops-PET/CT-scanner«, der er konstrueret til at optage samme plads som en traditionel PET/CT-scanner. (Foto: Siemens Healthineers).*

## Ordforklaring

- *PET:* Billeddannelse ved brug af radioaktive sporstoffer (tracere/radiomarkører), der genererer to modsatrettede gammastråler. Stofferne er kemisk mærkede og indført i kroppen via indtagelse, indånding eller injektion. De områder af kroppen, hvor radiotraceren har samlet sig, kan give vigtig information om fysiologiske processer som metabolisme, blodgennemstrømning og koncentrationen af bestemte stoffer i vævet.
- *SPECT:* Billeddannelse ved brug af radioaktive sporstoffer (tracere/radiomarkører), der udsender gammastråler. SPECT-kameraet opsamler data om fotonernes oprindelige position og deres bevægelse gennem kroppen.
- *CT:* Et eksternt røntgenrør gennemlyser patienten 360 grader og skaber detaljerede tværgående billeder af kroppens indre strukturer. Ved nuklearmedicinske afdelinger ofte parret med PET- eller SPECT-scannere, da CT-scanneren bidrager med tydelig anatomisk information, som kan supplere de andre systemer.
- *MR:* Billeddannelse ved visualisering af kroppens mange hydrogen-atomer. Målingen foregår med patienten i en stor magnet. Det stærke magnetfelt får hydrogenatomer i kroppens væv til midlertidigt at ændre deres magnetiske orientering. Skiftet i den rumlige orientering kan måles med radiofrekvente spoler, og information om patientens anatomi (især bløddele) visualiseres. Målemetoden er ikke ioniserende.
- *Ultralyd:* Forskelle mellem væv visualiseres ved at sende lydbølger fra en probe ind i kroppen. Bølgerne reflekteres fra forskellig dybde. Dette giver mulighed for at visualisere indre organer, væv, blodkar, sener og andre strukturer. Målemetoden er ikke ioniserende.

# Fem år med PET/MR i Aarhus

Teknologien er et nyt redskab i den billeddiagnostiske værktøjskasse, og dens fulde potentiale er endnu ikke afdækket.





Af Christian Østergaard Mariager.
MR-fysiker, ph.d.
Søren Baarsgaard Hansen.
Hospitalsfysiker, lektor, ph.d.
Allan Hansen.
Afdelingslæge, klinisk lektor, ph.d.
Alle fra - Nuklearmedicin og PET,
Aarhus Universitetshospital



*PET/MR-scanneren ligner meget en konventionel MR-scanner, men den har en lidt mindre åbning for at gøre plads til PET-detektorerne rundt om patienten. (Foto: Tonny Foghmar).*

Kombineret Positron Emissions Tomografi og Magnetisk Resonans billeddannelse, bedre kendt som PET/MR, har været kommercielt tilgængelig siden 2010, og er fra 2011 og frem blevet installeret på universitetshospitalerne i København, Odense og Aarhus. Udviklingen af PET/MR-teknologien er en naturlig fortsættelse af den betydelige kliniske succes med den kombinerede PET/CT-scanner, som over de seneste to årtier er blevet udbredt til næsten alle hospitaler i Danmark. I dag spiller PET/CT en afgørende rolle ved for eksempel udredning af patienter med kræft. Rationalet for såvel PET/MR som PET/CT er at forbedre den diagnostiske værdi ved kombination af funktionel information fra PET med primært anatomisk information fra CT eller MR.
I forhold til CT tilbyder MR en række fordele, eksempelvis langt bedre kontrast mellem forskellige typer blødt væv, samt muligheden for at visualisere forskellige dynamiske processer. Der arbejdes for tiden målrettet på at afdække det fulde kliniske potentiale for hybrid PET/MR.

## Udvikling og udfordringer

PET/MR-teknologien er baseret på to allerede velkendte modaliteter: PET udnytter radioaktive henfald til at kortlægge fordelingen af et indgivet radioaktivt sporstof i kroppen. MR anvender radiobølger, i kombination med et kraftigt magnetfelt, til at generere et målbart signal fra kroppens eget vandindhold. Udviklingen af hybrid PET/MR tog sin begyndelse allerede tilbage i 1990'erne, og billeder fra de første prototyper til scanning af små forsøgsdyr blev publiceret i 1997. De tidligste kommercielle kliniske PET/MR-systemer bestod af to separate scannere placeret i samme rum med behørig afstand imellem sig, hvor patienten via et fælles leje kunne flyttes imellem MR- og PET-scanneren. Årsagen til dette arrangement var, at den klassiske PET-detektortype baseret på fotomultiplikatorrør ikke kan fungere, når den udsættes for MR-scannerens kraftige magnetfelt.
Udviklingen af en helt ny generation af fotosensorer, baseret på halvlederteknologi, muliggjorde komplet integrering af PET- og MR-modaliteterne i én scanner, da disse detektortyper ikke er følsomme over for magnetfeltet. Synsfeltet for begge modaliteter, på et givent tidspunkt under en PET/MR-scanning, vil således være det samme. Dette muliggør PET- og MR-billeddannelse på samme tid, kendt som simultan PET/MR, hvilket er en af modalitetens helt unikke egenskaber.
En anden udfordring for PET/MR-teknologien er, at man typisk anvender et CT-billede til at dæmpningskorrigere PET-optagelsen. Denne korrektion tager højde for, at den udsendte stråling dæmpes på vej ud igennem kroppen, på vejen til PET-detektoren. På et PET/MR-system optager man ikke et CT-billede. I stedet bruger man et såkaldt pseudo-CT-billede, et beregnet CT-billede, der i dag typisk er baseret på MR-scanninger, til at foretage dæmpningskorrektionen med.

PET/MR er nu godkendt til brug i patientbehandlingen, men man er stadig ikke helt i mål med en robust metode, som giver pseudo-CT-billeder, der er lige så præcise som et egentligt CT-billede. Selv om forskellen mellem CT og pseudo-CT er relativt lille, er der derfor fortsat megen forskningsaktivitet på dette område.

## En ny modalitet

PET/MR har som modalitet et stort potentiale for udvikling af nye måder til at udføre billeddannende patientundersøgelser såvel som klinisk forskning. Dette kommer sig af, at de adskillige former for blødvævskontrast, der er mulige med MR-billeddannelse, i meget høj grad komplementerer PET-modalitetens evne til at lave funktionelle billeder af specifikke fysiologiske og metaboliske processer. Dertil kommer MR-modalitetens mere avancerede muligheder for funktionel billeddannelse. Simultan billeddannelse med PET/MR giver på den måde mulighed for enten at lave samtidige billeder af anatomi og funktion eller samtidige funktionsundersøgelser med både PET og MR.



*PET/MR-scanneren betjenes fra kontrolrummet. (Foto: Tonny Foghmar).*

Den simultane billeddannelse giver også muligheden for at lave disse undersøgelser på en sådan måde, at patienten ligger ensartet, når billederne fra de to modaliteter bliver optaget. For patienter, som har behov for både PET- og MR-scanninger som en del af udredningen, kan PET/MR også give konkrete fordele, ved at disse kan udføres i samme scannings-session.
PET/MR-modaliteten udmærker sig også ved at give patienten en relativt lav stråledosis, idet kun PET-delen af undersøgelsen anvender ioniserende stråling. ▶





B|BRAUN
SHARING EXPERTISE

*EinsteinVision*® 3.0 FI
3D Fluorescence Imaging
in real-time

Med EinsteinVision får du én platform - ét optik - uanset 2D eller 3D.

Kontrolleret tipheating modvirker dug på optikken.

Innovativt engangscover minimerer behovet for flere optikker, fjerner genbehandlingsslid og sikrer optimal billedkvalitet til hver operation.

SEE BETTER. SEE BEYOND.

B. Braun Medical A/S | Dirch Passers Allé 27,3 | 2000 Frederiksberg | tlf.: 3331 3141 | www.bbraun.dk



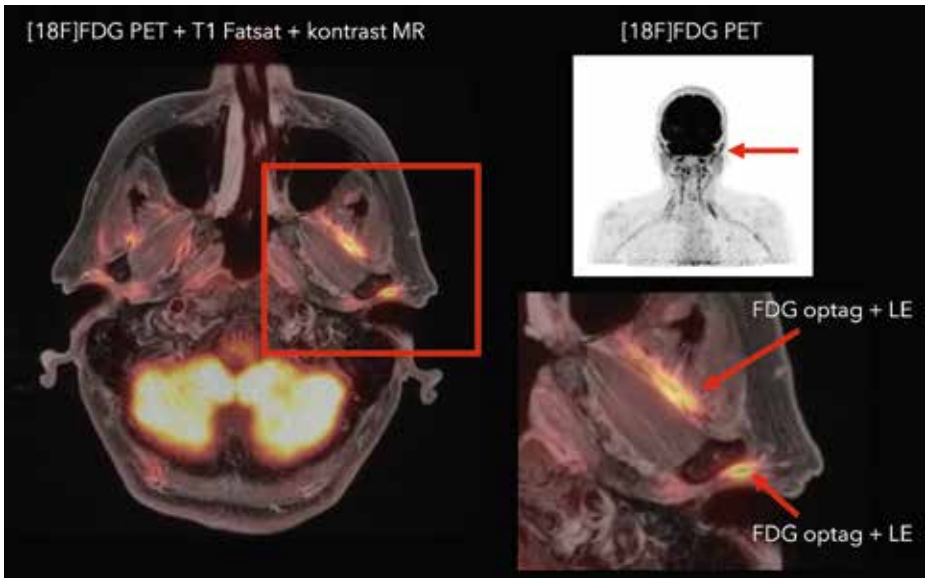
*Moderne MR-spoler til scanning af hoved (venstre) og krop (midt) - samt et individuelt spoleelement (højre). (Foto: GE Healthcare).*

Dette giver mulighed for at reducere strålebelastningen på patienten ved eksempelvis kontrolforløb, hvor patienten scannes gentagne gange - set i forhold til et tilsvarende forløb, hvor man anvender PET/CT.

## PET/MR i Aarhus

Afdeling for Nuklearmedicin og PET på Aarhus Universitetshospital fik i 2018 en bevilling fra A.P. Møller Fonden, som gav mulighed for at udvide afdelingen med et klinisk PET/MR-system. Scanneren blev taget i brug efter afsluttet installation i slutningen af 2019 og er en fuldt integreret PET/MR-scanner produceret af General Electric Healthcare. Denne scanner har en magnetfeltstyrke på 3 tesla og er udstyret med den mest moderne PET-detektorteknologi med time-of-flight-registrering.

Foruden selve scanneren inkluderede installationen også en dedikeret vandgenerator til produktion af radioaktivt vand, som bruges ved PET-undersøgelser af organers blodgennemstrømning, samt måleudstyr til måling af PET-sporstoffer i blodbanen.
I Aarhus bruges PET/MR primært som et klinisk forskningsinstrument, fordi modaliteten stadigvæk er meget ny i den kliniske sammenhæng. Der forskes derfor i potentielle anvendelsesområder, for at afklare hvor teknologien vil give den største kliniske værdi. Forskningen, både i Aarhus og internationalt, er overordnet fokuseret på områder som inflammatoriske sygdomme, hjertekarsygdomme, neuroradiologi og onkologisk billeddannelse.
Både PET og MR var allerede etablerede standardmodaliteter inden for disse områder, inden PET/MR blev kommercielt tilgængelig, så dette er ikke overraskende.




*PET/MR-scanning af patient med kæmpecelle-arteritis. Fra PET ses øget optagelse af den radioaktivt mærkede glukoseanalog, [18F]-fluorodeoxyglucose (FDG). Den øgede optagelse ses svarende til få millimeter store blodkar beliggende foran øregangen og et dybereliggende kar bag bihulen (røde pile). Fra MR ses optagelse af kontrastmiddel i karvæggen samme steder (late enhancement, LE). (Foto: Nuklearmedicin og PET - AUH).*

## Hjernesygdomme

Hjernen er omgivet af flydende vand, centralt primært fedt omkring nervebanerne og ude i hjernebarken mere fikseret vand i og omkring cellelegemerne. Disse væv dæmper røntgenstråler forholdsvis ensartet, og kortlægning af denne dæmpning er netop princippet bag CT-scanningen. De fleste lidelser i hjernen karakteriseres derfor anatomisk bedst ved MR, som er en god scanningsmetode til væv med varierende vandindhold. MR kan sågar skelne fikseret vand fra frit flydende vand.
Har man behov for supplerende viden udover en MR-undersøgelse, anvendes ofte PET. Fordi hjernen ligger i en rigid kraniekasse, er det matematisk simpelt at placere PET- og MR-billederne præcist oven på hinanden, også selv om de er optaget forskudt i tid på to forskellige scannere. For patienten er det dog bekvemt kun at skulle i én scanner i det, der ofte kaldes en »one-stop-shop«. Dette anvendes blandt andet rutinemæssigt ved demensudredning i Odense og på Rigshospitalet.
For fuldt at udnytte potentialet ved simultan optagelse af PET og MR kan man i stedet anvende MR til at optage funktionelle billeder, som kan være forskellige over tid. Det kunne for eksempel være MR-optagelse af ændringer i hjernens blodforsyning. Simultant med MR-optagelsen laves en PET-optagelse af ledige receptorer for en bestemt neurotransmitter før og efter ekstern indgift af neurotransmitteren i blodbanen. I sådan et tilfælde vil det være værdifuldt at måle responsen på indgift af neurotransmitteren simultant, da responsen kan være et andet ved gentagelse. ▶

CONDA Research



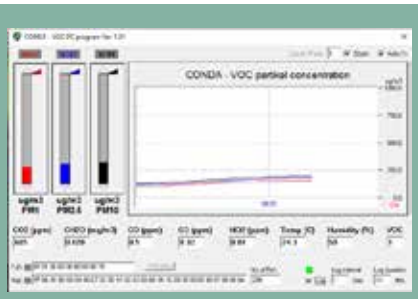
# Operationsstuer

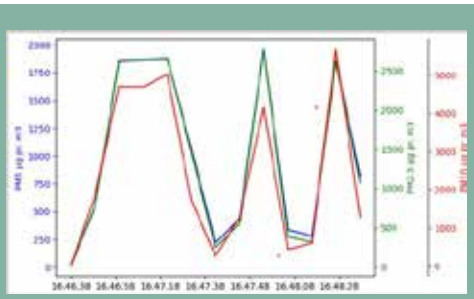
**Monitorering af indeklima, for partikler og VOC gasser.**



AQR udreder de mest væsentlige VOC parametre i indeklimaet på operations-stuer, hvor der anvendes højtemperatur el-kirurgi / diatermi / laser. Sundhedsper-sonalet og patienter kan blive ekspone-ret for kirurgisk gas, når vævet påvirkes med intens varme som frigør vanddamp og forkullede vævspartikler.

Kirurgisk røg indeholder foruden partikler også VOC gasser, og til tider levende bakterier og viruspartikler; HPV / HIV / Covid -19. AQR udreder sundhedstilstanden i indeklimaet, og genererer en rapport i henhold til VOC bekendtgørelsen og miljølovgivningen.



**www.conda.dk**

Dokumentation er velegnet til de miljøansvarlige på sygehuse og arbejdstilsyn.

**CONDA Research · Tlf. 21623460**

### MR-spektroskopi

Et alternativ til at anvende MR til anatomisk billeddannelse, altså for eksempel at udtrække rumlig information om hjernen, er at anvende MR til at udføre spektroskopi. Ved spektroskopi udlæser man en slags magnetisk fingeraftryk fra et afgrænset område af hjernen. Derved udlæses nogle magnetiske egenskaber fra stofferne i området, hvor signalet også afspejler de enkelte stoffers koncentration.

## Ordforklaring

- *Funktionel billeddannelse*

Ved funktionelle undersøgelser måler man funktionen af et eller flere organer i kroppen. Begrebet funktion spænder bredt og inkluderer ting som måling af blodgennemstrømningen i organer og blodkar, målinger af kroppens stofskifte, undersøgelser af mikrostrukturen i organers væv samt meget mere. Eksempelvis anvender den hyppigste PET-undersøgelse radioaktivt mærket sukker, som særligt optages i kræftceller og aktiverede immunforsvarsceller.

- *Neurotransmitter*

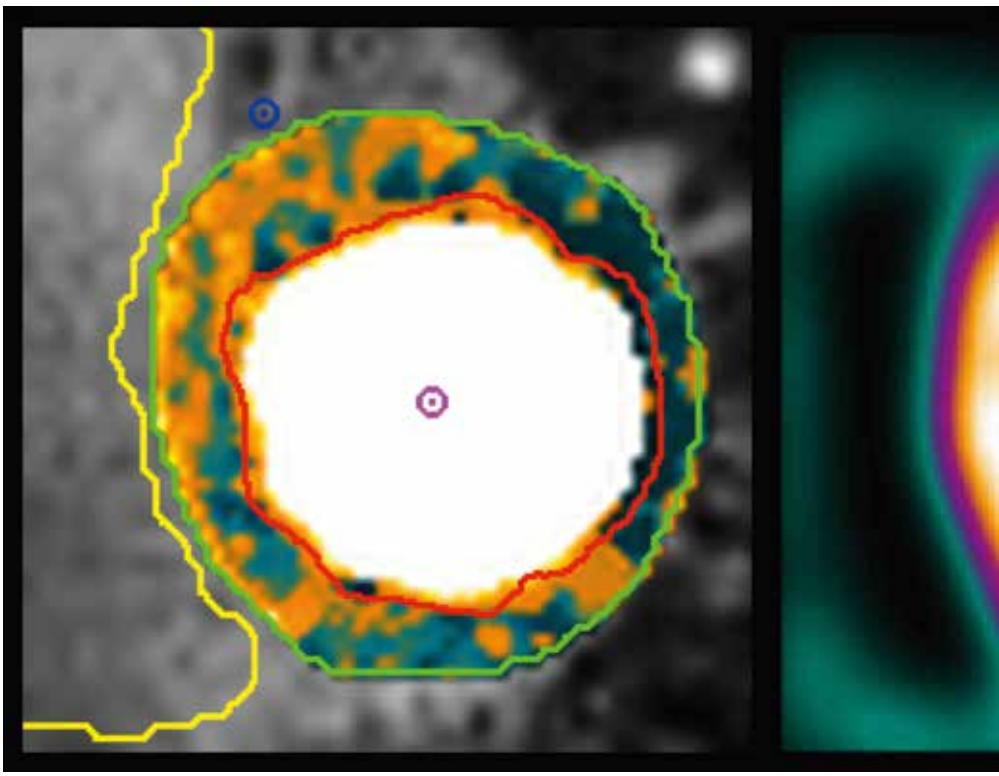
En neurotransmitter er et molekyle, kroppen bruger til at overføre signaler mellem hjernens nerveceller, neuronerne. Neurotransmittere omtales ofte som kroppens kemiske budbringere, da de tillader, at hjernen kan kommunikere med resten af kroppen. Velkendte stoffer som adrenalin og dopamin er eksempler på neurotransmittere.

- *Deep learning*

Denne gren af kunstig intelligens bruger såkaldte neurale netværk til at lære komplekse underliggende mønstre i data. Læring ved hjælp af neurale netværk er inspireret af den menneskelige hjernes eget netværk af neuroner. Metoden kan trænes til for eksempel at genkende underliggende støjmønstre i rå MR-data, som derefter kan filtreres væk, inden de endelige billeder rekonstrueres.

- *MR-spoler*

Når en patient skal MR-scannes, placeres én eller flere såkaldte MR-spoler på den del af kroppen, der skal laves billeder af. En MR-spole består typisk af flere individuelle antenner, også kaldet spoleelementer, som kan opfange de radiobølger, der afgives fra kroppen under MR-scanningen. Antallet af kanaler angiver, hvor mange individuelle antenner en MR-spole består af.



*Simultan undersøgelse af hjertets blodgennemstrømning med MR (venstre) og PET (højre) - vist i et tværsnit gennem hjertemusklen. På begge billeder ses lavere værdier i højre side end i resten af hjertet. Højre side af billederne svarer til venstre side af patienten. Billeder som disse er klassiske for forsnævring eller aflukning af den kranspulsåre, som forsyner ydersiden af venstre hjertehalvdel. (Foto: Nuklearmedicin og PET - AUH).*

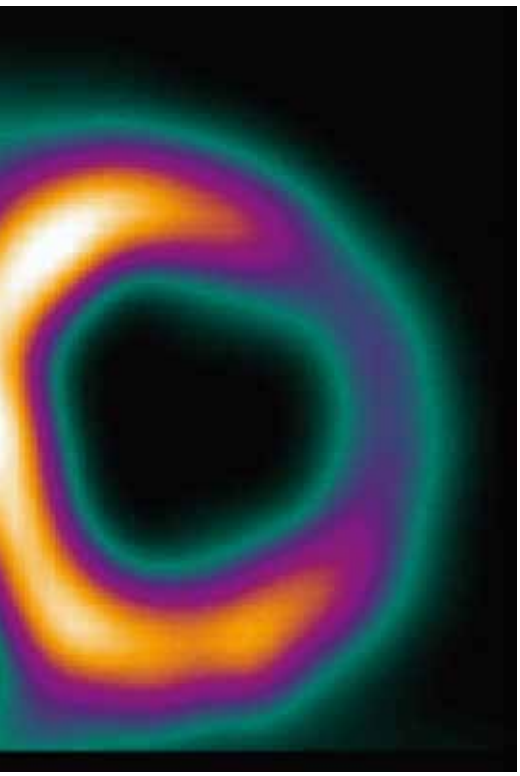
Dette kan blandt andet bruges til at måle koncentrationen af visse neurotransmittere. Så kan man for eksempel anvende samtidig PET til at måle hjernens blodgennemstrømning og relatere det til neurotransmitteren, eller måle hvor mange af neurotransmitterens receptorer, som er tilgængelige ved en given mængde neurotransmitter.
Normalt vil PET være den mest oplagte metode til denne type målinger, da modaliteten har en langt højere molekylær sensitivitet end MR. Dog har man kun mulighed for at anvende ét PET-sporstof ad gangen, så hvis det er nødvendigt at udføre flere samtidige molekylære målinger, har et PET/MR-system altså muligheden for også at bruge MR til dette.
Anvendelser på individuelt patientniveau, med klart overlegen værdi ved simultan PET/MR frem for separat MR og efterfølgende PET/CT, er dog endnu ikke fundet.

### Gigtsygdomme

Muskel- og leddegigt medfører steril betændelse i muskler og lednære bløddele, og dette kan ses på PET-scanninger med radioaktivt mærket sukker.
For at stille den præcise diagnose er det fordelagtigt præcist at kunne placere, om sporstoffet optages svarende til ledkapslen, ledbrusken, en nærliggende slimsæk eller en nærliggende muskelvedhæftning til knoglen. Disse bløde væv kan man bedre skelne imellem på MR end CT.
På samme vis er der ved betændelse i karvæggen fordele ved at karakterisere de små kar anatomisk ved MR frem for CT, idet der ved CT er behov for at anvende kontrastmiddel og ret høj stråledosis for at fremstille små karstrukturer. Da led og muskler, på grund af deres funktion og i modsætning til hjernen, er bevægelige, er der en lille fordel ved samtidig optagelse af PET og MR for at sikre den samme lejring af patienten.

### Hjerte- og nyresygdomme

Et forskningsområde, hvor PET/MR er meget anvendt i Aarhus, er metoder til at bestemme blodgennemstrømningen i organer som hjertet og nyrerne.
Specielt i hjertet bruges PET-modaliteten ofte til at lave kliniske undersøgelser med radioaktivt vand. En sådan undersøgelse kan bruges til at evaluere hjertemusklens blodgennemstrømning ved mistanke om sygdom i hjertet. Der findes også MR-teknikker til bestemmelse af blodgennemstrømningen, men disse har stadig relativt begrænset



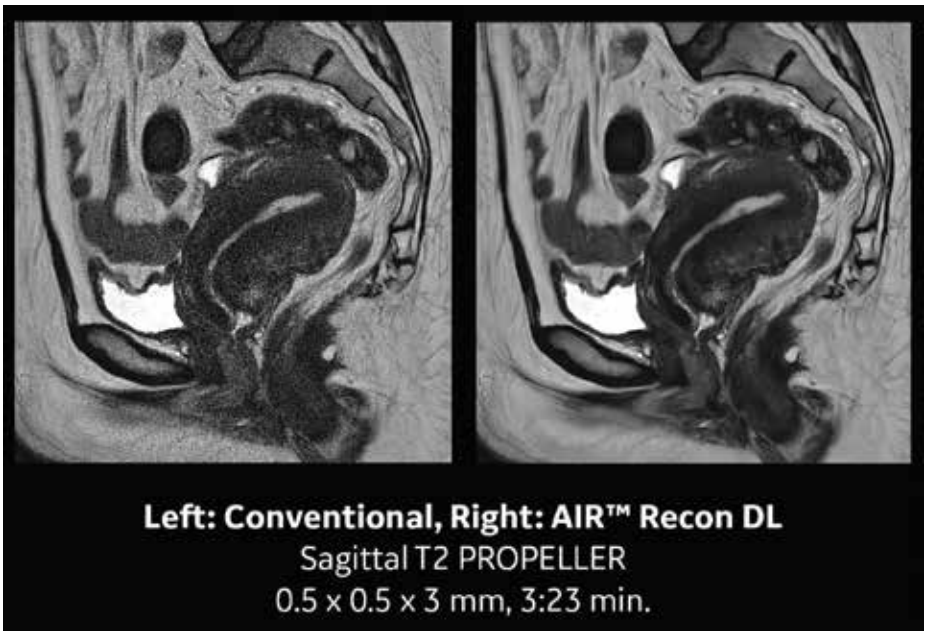
klinisk anvendelse. Ved at lave sammenligningsscanninger på PET/MR-modaliteten kan man eksempelvis måle blodgennemstrømningen i hjertet med både PET og MR-metoderne, enten simultant eller inden for meget kort tid af hinanden og med patienten i samme position. Dette gør det muligt at lave en én-til-én sammenligning af de to anvendte metoder.

Ved undersøgelserne anvendes indgift af et stof, som øger blodgennemstrømningen, så hjertet kan studeres svarende til forskellige belastninger. Stoffet har nogle ubehagelige bivirkninger, og virkningen er påvirkelig af noget så simpelt som, hvornår patienten senest har drukket kaffe. Det er derfor fordelagtigt ikke at skulle gentage indgift af stoffet. Ultimativt har denne forskning til formål at validere de MR-baserede metoder op imod den klinisk anvendte standardundersøgelse. Ved på denne måde at evaluere, om kvaliteten af MR-undersøgelsen er tilstrækkelig, kan det vurderes, om den kan udføres selvstændigt og derved benyttes til klinisk udredning i et sygdomsforløb.

## Fremtidsperspektiver

En typisk MR-undersøgelse varer mellem 30 og 60 minutter og består af mange forskellige individuelle MR-scanninger. Da PET-undersøgelsen i sig selv typisk også er ret tidskrævende, bør man optimere tidsforbruget ved PET/MR-undersøgelser ved at udføre simultane PET- og MR-scanninger. Af praktiske årsager er det dog ikke altid muligt at lave alle scanningerne i en undersøgelse simultant, for eksempel hvis MR-scanningen af en del af kroppen tager længere tid end PET-scanningen i samme område. Nye metoder til at nedbringe MR-scanningers tidsforbrug er i konstant udvikling og er meget centrale for videreudviklingen af PET/MR-modaliteten. Afdeling for Nuklearmedicin og PET i Aarhus har i 2024 fået adgang til en nyudviklet MR-rekonstruktionsmetode, som ved hjælp af deep learning formår at fjerne en bestemt type støj i MR-billederne. Dette fører til en markant øget billedkvalitet, uden at øge scanningens varighed. Har man ikke brug for den bedre billedkvalitet, kan man i stedet vælge at udnytte dette til at scanne i kortere tid og samtidig bevare den nødvendige billedkvalitet. Dette øger mulighederne for, at en MR-scanning kan laves simultant, samtidig med at de MR-scanninger, der ikke scannes simultant vil have et nedsat tidsforbrug. En anden teknologisk udvikling, der hjælper med at nedsætte scanningernes tidsforbrug, er moderne MR-spoler med et højt antal kanaler, som kan placeres så tæt på patienten som muligt. Dette maksimerer det MR-signal, der kan opfanges under scanningen, hvilket nedsætter tidsforbruget. Samtidig giver MR spoler, som er udviklet specifikt med PET/MR for øje, også fordele for PET-optagelsen. Fordi MR-spolerne ligger imellem patienten og PET-detektorerne, vil de nemlig både dæmpe og sprede den stråling, der udsendes på grund af det indgivne PET-sporstof. Disse effekter skal reduceres mest muligt, fordi de påvirker kvaliteten af PET-scanningen negativt.

Der er ingen tvivl om, at PET/MR-modaliteten har noget unikt at tilbyde patientbehandlingen. Dog er modaliteten omkostningstung, tidskrævende og forudsætter højspecialiseret personale til udførelse af undersøgelser. Derfor vil teknologien også foreløbigt være begrænset til de største billeddiagnostiske centre, som har de tilstrækkelige ressourcer til at understøtte modalitetens videre udvikling. I Aarhus er PET/MR hovedsageligt et klinisk forskningsinstrument, men vil indgå mere og mere i klinisk sammenhæng, i takt med at potentialet i PET/MR afdækkes yderligere. Modaliteten har dog lang vej igen, før den når sit fulde kliniske potentiale og kan indgå som en standardmodalitet i billeddiagnostikken.




*Standard rekonstruktion (venstre) og rekonstruktion, der anvender deep learning (højre), af det samme MR-billede i abdomen. (Foto: GE Healthcare).*

# Optimal implementering af AI-løsninger

Hvordan implementerer sundhedssektoren nye AI-baserede løsninger i en tid, hvor alle råber på transformation, innovation og disruption? Måske er svaret blot: Som vi plejer?


Af Stine Groth-Pedersen.
Vicekontorchef/chefrådgiver, Billeddiagnostik
- Indkøb & Medicoteknik, Region Midtjylland


Peter Sander.
Specialkonsulent
- Indkøb & Medicoteknik, Region Midtjylland

I den medikotekniske funktion i Region Midtjylland har vi, som i øvrige regioner, stort fokus på udviklingen inden for sundheds-AI. Vi er overbeviste om, at med den hæsblæsende udvikling inden for kunstig intelligens vil der blive udviklet nye løsninger og produkter, som kan forbedre diagnosticering og behandling på vores sygehuse. I nogle tilfælde måske endda løsninger, som kan løfte nogle af de opgaver, vi i dag bruger mange »hænder og hoveder« til, så de hårdt pressede medarbejdere kan frigøres til andet arbejde.

Der er både et politisk og et administrativt pres for at få flere AI-løsninger i klinisk drift. Nogle efterlyser ligefrem et særligt »fast track« for AI, og alle ser et kæmpe potentiale. Det gør vi også, og for at hjælpe til at forløse dette potentiale vil vi gerne promovere væsentligheden af ordentlighed, (tvær)faglighed og erfaring, når man skal anskaffe og implementere apparatur tilknyttet AI.

I Region Midtjylland er det os fra den medikotekniske sektion, der står for anskaffelser og implementering af medikoteknisk udstyr på tværs af regionen. Det gør vi naturligvis ikke alene, men i meget tæt samarbejde med klinikken, vores tekniske afdelinger, IT, Juridisk afdeling og mange flere.

Vi er projektledere, både hvad angår anskaffelse og implementering. Sammen har vi oparbejdet en meget stor erfaring med dette. En erfaring, som gør, at vi ikke »kun« køber udstyr og sætter stikket i, men at vi driver og følger processen nøje fra definition af klinikkens behov, afdækning af markedet, rådgivning, indkøb/udbud, implementering og klinisk anvendelse, drift og vedligehold - og helt frem til afvikling og bæredygtig bortskaffelse af udstyret.

## Velafprøvet proces

Den grundighed, som præger et sådant forløb, er utroligt væsentlig for at få det fulde udbytte af udstyret. Kun ved at fastholde et meget tæt forhold til klinikken, og følge implementeringen af udstyret tæt, vil de medikotekniske rådgivere og teknikere kunne hjælpe til at sikre, at udstyret lever op til det, vi er blevet lovet, at oppetider optimeres, og udstyret overholder de faglige standarder.

Tilpasning af procedurer og uddannelse af personalet er ligeledes væsentlige parametre i en succesfuld implementering. I nogle tilfælde sker disse tiltag i et »forstadie« til et egentligt køb af produktet, hvis der for eksempel er tale om test og validering af et endnu ikke CE-mærket produkt. Vi kan i nogle tilfælde indgå aftale med en virksomhed om en klinisk vurdering af deres produkt, hvor resultaterne kan indgå i materialet til den endelige CE-godkendelse. Det giver os samtidig en sikkerhed for, at produktet lever op til vores krav og standarder, og om det er noget, vi ønsker at investere i. Sådan har vi drevet forretningen i snart mange år med god succes. Det er en




*Regionerne bør være præcis lige så grundige og ordentlige i deres anskaffelse og idriftsættelse af AI-løsninger som med alle øvrige medikotekniske løsninger. Rammerne er på plads, lyder budskabet fra Region Midtjylland.*

velafprøvet proces, som vi vil mene, at implementeringen af AI med fordel kan tænkes ind i.

## AI-rejsen

Mens fremgangsmåden og driften af det medikotekniske område på ingen måde er ny, er området for AI-løsninger på mange måder meget nyt. Vores fokus er på »apparaturtilknyttede« AI-løsninger i form af for eksempel algoritmer inden for billeddiagnostik mv. Selv om der har været AI-løsninger på markedet i mange år, er der sket en nærmest eksponentiel stigning i tilgængelig AI - og ikke mindst i omtalen af AI. Det lægger naturligvis et pres på organisationen for at få bragt sådanne løsninger i drift. Hvornår sker der noget? Hvad afholder os fra at få AI ind og løse vores udfordringer hurtigst muligt?

I Region Midtjylland kiggede vi for nylig på mængden af AI-projekter, der stod og bankede på for at komme med på toget, der tager dig på hele den lange rejse fra forskning og idé til implementering og drift. Der står rigtig mange projekter på den første perron, der hvor det er idéer og forskningsprojekter, der står på toget.

Lidt længere henne ad sporet stod en del projekter og ventede på at komme med. Disse projekter er kommet længere i udviklingsfasen, men de har stadig en ret lang rejse foran sig for at nå til den perron, hvor færdigudviklede, CE-mærkede løsninger står klar til den sidste etape. Nemlig den etape, hvor produktet bliver efterspurgt, anskaffet, implementeret og indgår i daglig drift.

Denne sidste etape lyder umiddelbart som en kort og nem del af turen. Men vi vil argumentere for, at der ligger, og bør ligge, et meget stort arbejde i at følge produkterne helt til dørs i denne sidste del af rejsen. Det er så ressourcekrævende en indsats, at vi er nødt til at prioritere en stor del af vores indsats for at få disse »færdigudviklede« AI-produkter og -projekter til at lykkes.

## Brug for et »fast track«?

Som tidligere nævnt er der røster, der ønsker et særligt »fast track« for at anskaffe AI-løsninger og få dem sat i drift hurtigst muligt. Der har også offentligt været udtrykt frustration over, at en AI-løsning, som tilsyneladende er en succes i én region, ikke »automatisk« bliver implementeret i øvrige regioner. Denne frustration går igen i megen snak om innovative løsninger.

Vi vil argumentere for, at regionerne bør være præcis lige så grundige og ordentlige i deres anskaffelse og idriftsættelse af AI-løsninger, som man er med alle øvrige medikotekniske løsninger. Der er behov for præcis samme grundighed, når du køber en algoritme, som forventes at kunne forbedre billedkvaliteten, reducere stråledosis eller forkorte scanningstiden, som når man anskaffer »almindeligt« medikoteknisk udstyr, hvor software i øvrigt ofte udgør en væsentlig del af løsningen.

De fleste AI-løsninger ligger i den dyre ende, og vi er som region forpligtet til at sikre, at vi får mest sundhed for pengene. Anskaffelse af udstyret kræver, at man gør sig klart, hvad formålet med udstyret er. Hvad ønsker vi at opnå? Når formålet står klart, skal vi opsætte udstyret i driften, så det er muligt at evaluere, om vi opnår dette formål.

Det lyder måske nemt, men formål og metode til evaluering kan være vidt forskellig fra udstyr til udstyr og fra sted til sted. Det risikerer man nemt at overse, hvis man ser sig blind på løfterne om, at AI vil gøre alting bedre, hurtigere og mandskabsbesparende. Regionen er nødt til at investere i at sikre, at vi får valuta for vores investering.

Vores rådgivere og teknikere bruger en stor del af deres arbejde på at følge implementeringen af AI-løsninger nøje, foretage kliniske test, lave opfølgende kvalitetssikring og evaluering samt kvalificere anvendelsen. Alt sammen naturligvis i tæt samarbejde med klinikken og øvrige aktører. Først hvis vi ser, at resultaterne af den nye teknologi er tilfredsstillende og skaber værdi, går vi videre med anskaffelse af algoritmen og eventuelt udbredelse til andre områder i regionen.

Vi har set eksempler på udstyr, hvor det, der umiddelbart lignede en forbedring, i virkeligheden var en forringelse. Hvor AI overser sygdomstegn, og hvor AI sygeliggør personer, der i virkeligheden er raske. Værdiskabelse dækker dog ikke blot over, om AI-algoritmen virker teknisk og giver rette svar. Den har mange facetter med evalueringskriterier, som kalder på tværfaglige kompetencer for at få en tilstrækkelig vurdering.

## Kendte kompetencer

Vores pointe er, at de kompetencer, som skal til for at understøtte indførelsen af AI-løsninger i relation til medikoteknisk apparatur i sundhedsvæsenet, i høj grad er til stede i vores eksisterende setup.



De beslutningsfora, hvor prioriteringer af anskaffelser af udstyr i dag finder sted, vil også langt hen ad vejen kunne rumme AI-baserede løsninger.

Den tværfaglighed, som er helt grundlæggende nødvendig for at sikre en succesfuld implementering af medikoteknisk udstyr, er også nødvendig ved implementering af AI-baserede løsninger. At gøre anskaffelse af AI til en særlig disciplin, eller til et rent it-projekt, vil være både forkert og skadeligt for chancerne for, at AI kan komme ind og gøre en væsentlig, positiv forskel i vores sundhedsvæsen.

I vores medikotekniske afdeling udvikler og dygtiggør vi os til stadighed, og vi følger godt med udviklingen. Derfor er fremkomsten af nye løsninger, herunder AI, ikke noget, der, set fra vores vinkel, kræver, at regionen »disrupter« hele setuppet for implementering af ny teknologi.

Skiller man AI ud for sig selv og skaber et separat »fast track« for indførelse af nye løsninger, eventuelt isoleret i en ny afdeling, eller overlader man beslutningerne om anskaffelse af AI til de enkelte hospitalsafdelinger, risikerer man at investere i løsninger, der ikke spiller sammen med øvrige medikotekniske løsninger. Eller som ikke reelt skaber værdi, fordi man ikke tager sig tid til, eller har kompetencerne til, at validere behovet og resultaterne. Man risikerer også at gå galt i byen med teknologi, som viser sig at være uholdbar i længden.

Ved at holde fast i de grundige procedurer, vi har for indførelse og implementering af medicoteknisk udstyr her i regionen, vil man i al væsentlighed kunne rumme og sikre værdiskabelse ved indførelse af apparaturtilknyttede AI-løsninger. Vi behøver ikke opfinde nye, parallelle processer.

# AI og billeddiagnostik

## Hvorfor skal vi bruge kunstig intelligens i forbindelse med billeddiagnostik?

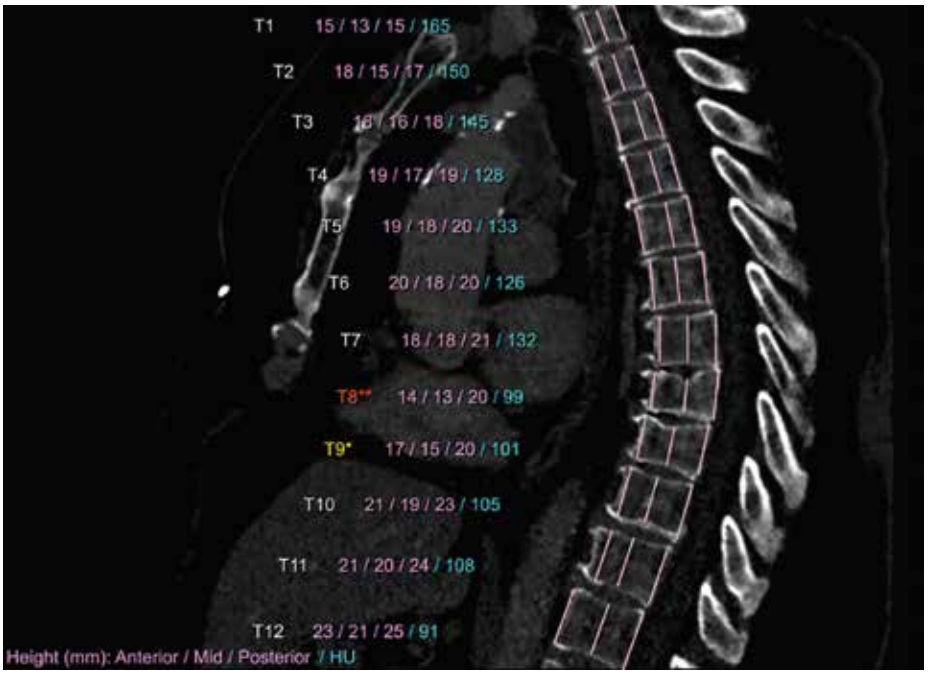


Af Heather Thomason.
Innovation Management
& Digital Business Manager
- Siemens Healthineers

Vi bliver stadig flere ældre, og hermed vokser behovet for billeddiagnostiske undersøgelser. Når antallet af radiologer ikke stiger tilsvarende, er der brug for assistance. AI i billeddiagnostik fungerer som et værktøj, der støtter sundhedspersonale i deres beslutningstagning og diagnostiske processer.
Med det støt stigende antal scanninger - og dermed billeder - er der opstået et behov for at udvælge og lave en prioriteret liste til radiologen med de kritiske billeder, han/hun skal fokusere på. Her kan AI hjælpe med at frigøre tid, så radiologen kan koncentrere sig om de mere komplekse opgaver.
På flere områder kan AI-teknologien gavne: præcis og hurtig diagnose, tidlig påvisning af kronisk sygdom, forskningsapplikationer til yderligere AI-udvikling samt standardisering af målinger, konturering og rapportering.

### Forudsætninger

Data af høj kvalitet er en vigtig ingrediens for løbende at forbedre resultaterne. De sidste par år har Siemens Healthineers investeret i et dedikeret struktureret team, der fokuserer på at bygge en database, der potentielt kan få adgang til mere end 1,2 milliarder kliniske billeder, rapporter og kliniske og genomiske data med annoteringer fra hele verden. Denne datapulje inkluderer forskellige etniciteter, aldersgrupper og demografiske oplysninger, der reducerer bias. Alle disse oplysninger er nødvendige for at træne algoritmer.
Det kræver desuden en kraftig infrastruktur at håndtere AI og dens algoritmer, og her kommer vores regionale datacentre i spil. I Siemens Healthineers har vi desuden vores supercomputer »Sherlock« på 100 petaflops, der svarer til 100 billiarder (!) beregninger pr. sekund. Sherlock kører over 1200 deep learning-eksperimenter dagligt.




*AI-softwaren »AI-Rad Companion« er udviklet til at analysere scanningsbilleder for at opdage risikofaktorer og yde assisteret assistance til radiologer. Løsningen er cloud-baseret eller »on-premise« og kan bruges til flere forskellige modaliteter og scanningsprotokoller. (Fotos: Siemens Healthineers).*

### Hvordan lærer AI?

AI-teknologien efterligner kognitive funktioner, der typisk forbindes med den menneskelige hjerne. Nogle eksempler er mønstergenkendelse, talegenkendelse og vidensbaseret beslutningstagning i bredere forstand. Her skelnes mellem klassiske algoritmer, der følger mønstre, som er permanent fastsat af programmøren, og anvendelser af maskinindlæring, der identificerer løsninger uafhængigt, baseret på leverede data.
En særlig rolle er »deep learning«, som går ud over, hvad traditionelle maskinlæringsalgoritmer kan. Disse algoritmer trænes og forbedres ved løbende at tilføje store datamængder.
Traditionel machine learning bruger algoritmer, der er håndlavede, hardkodede og designet til at lede efter bestemte funktioner. Disse er »specialiserede« og kan ikke let genbruges til forskellige opgaver. Deep (machine) learning bruger neurale netværk i flere lag. Disse algoritmer kan identificere relationer, der muligvis ikke er blevet genkendt ved hjælp af traditionelle teknikker.



### Fremtiden

Ved at integrere AI i laboratorie-data-arbejdsgangen kan rutinemæssige resultater kombineres med andre relevante patientoplysninger såsom alder og køn til brug inden for sygdomsspecifikke prædiktive modeller.
Ved at kombinere disse oplysninger har laboratorier mulighed for at generere sygdomsspecifikke patient-sandsynlighedsscorer for at hjælpe med at notificere læger om en potentiel risiko eller diagnose.
Udover AI-software nævnes ChatGPT som en mulighed og et forslag til beslutningsstøtte, men selv om fremtiden bliver mere digital, er det heldigvis altid en sundhedsperson, der drager den endelige konklusion i forhold til diagnostik og behandling.

MEDRAD® Centargo
CT Injection System

# Do less › Care more

**Opdage InnoVatE-undersøgelsen resultater!**



**InnoVatE-undersøgelsen så på den kombinerede ydeevne af CT-injektionssystemer og kontrastmidler.**

**Resultaterne viste, at;**

- Stempelbaserede injektorer giver mulighed for at opnå højere IDR end peristaltiske pumper.[1]
- Kontrast mediets viskositet er vigtigere end koncentration.[1]

Lær mere ved at bruge QR-koden nedenfor



## Individualiseret arbejdsgang tilpasset den enkelte patient

Lær mere om, hvordan du øger din workflow-effektivitet ved at bruge MEDRAD® Centargo CT Workflow Solutions/Smart Protocols-software. Strømlining af personaliseringsprocessen i nogle få klare trin. Gør den individualiserede arbejdsgang enkel, med nogle få trin.

Læs mere download brochuren

## Mød vores lokale serviceteam!


**Kenneth Larsen**
*Service Specialist, Sjælland*
Mobile: +45 28 93 85 30
E-mail: kenneth.larsen@bayer.com

**Ulrik Bundgaard**
*Service Specialist, Jylland*
Mobile: +45 40 22 65 04
E-mail: ulrik.bundgaard@bayer.com

**Brian Karoli**
*Nordisk Service Chef*
Mobile: +45 40 19 99 89
E-mail: brian.karoli@bayer.com


**Lær mere om Centargo!**
Se vores nye opdaterede hjemmeside med fokus på vores forskellige injektor-løsninger og uddannelsesmuligheder.

**Vil du vide mere?**
Tag del i InnoVatE-studeren her.


**Referens:** 1. McDermott et al. Impact of CT Injector Technology and Contrast Media Viscosity on Vascular Enhancement: Evaluation in a Circulation Phantom. Br J Radiol 2020;93: 20190868



©2023 Bayer. Bayer AS, Arne Jacobsens Allé 13, 2300 København, Danmark • Tlf. +45 45 23 50 00 • www.bayer.dk



PP-M-CEN-DK-0119-1 April 2024

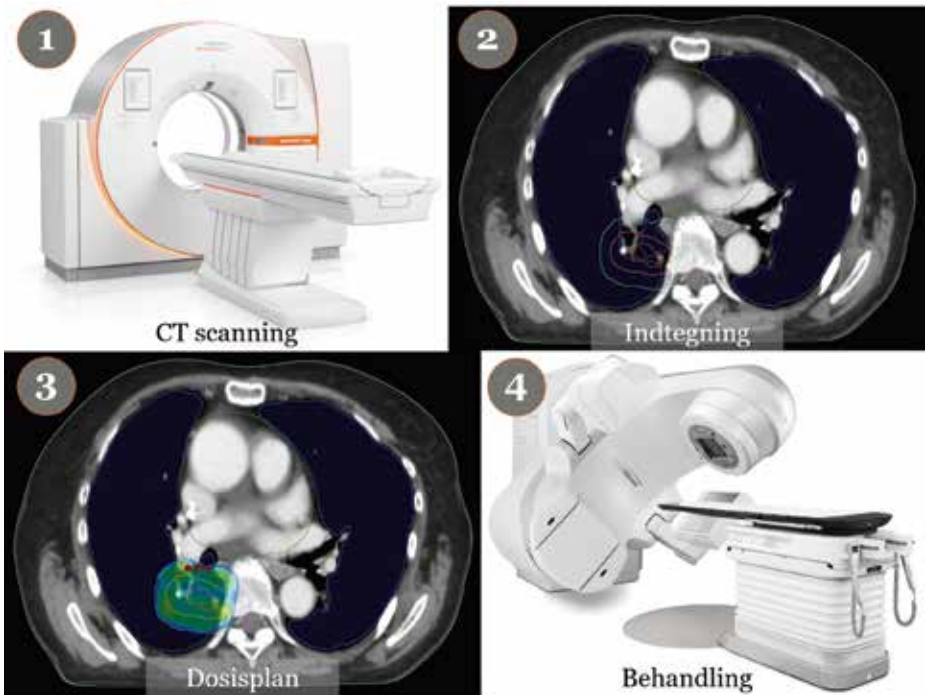
# AI er skræddersyet til kræftbehandling i stråleterapi

Kunstig intelligens (AI) baner vejen for mere effektive og individualiserede strålebehandlingsforløb for patienter med kræft.



Af Thomas Hinz-Berg Johansen. Hospitalsfysiker - Stråleterapien, Sjællands Universitetshospital

Strålebehandling af kræft har altid været tilpasset den enkelte patient. Med hjælp fra kunstig intelligens kan patienternes strålebehandling tage udgangspunkt i automatisk genkendelse af organer, og dagligt kan behandlingen tilpasses patientens anatomi.
Et typisk patientforløb i stråleterapi begynder med en CT-scanning. Her indtegnes kræftområdet og nærtliggende organer, de såkaldte risikoorganer. CT-scanningen med indtegnet kræftområde og risikoorganer bliver derefter brugt til at lave en dosisplan.
Dosisplaner er avancerede computerberegninger, der forudser en fordeling af stråledosis, baseret på strålefysik og den individuelle patients CT-scanningsdata. Formålet med dosisplanerne er at opnå en jævn fordeling af den lægeordinerede stråledosis i kræftområdet og en acceptabel mængde af stråledosis til risikoorganer.
Stråleacceleratorerne, der producerer og leverer stråling, henter informationer fra dosisplanen, hvilket gør det muligt at behandle med stor præcision. Strålebehandlingsforløb er individuelle og tilpasset den enkelte patients sygdom og almene tilstand, men de gives typisk dagligt over flere uger.



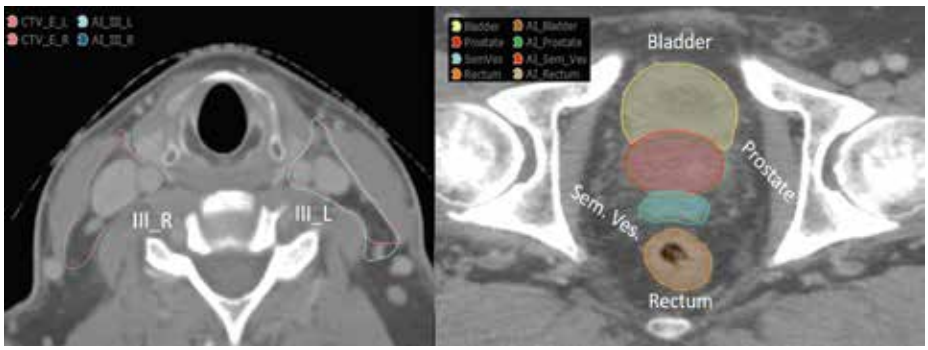

*Som patient starter forløbet i stråleterapi med en CT-scanning. Herefter indtegnes det kræftramte område og nærtliggende organer. Her ses et eksempel på lungekræft, hvor kræftområde og rygmarven, lungerne, hjerte og spise- og luftrør som risikoorganer er indtegnet. Fordelingen af stråledosis beregnes for at maksimere dosis til det kræftramte område og minimere til organer. Til sidst behandles patienten.*

## Tværfaglig disciplin

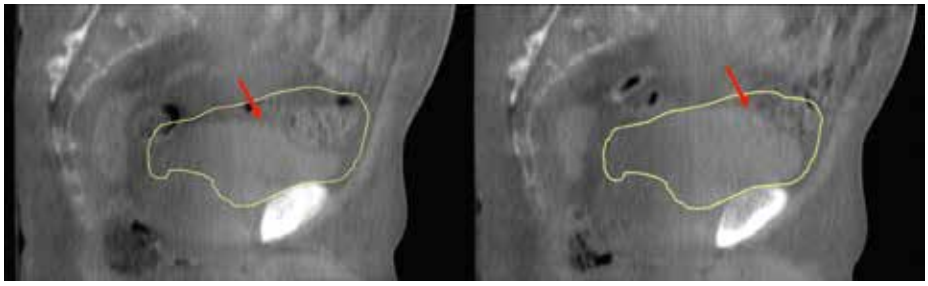
Når patienten møder ind til daglig behandling, tager man nye røntgenbilleder, der sammenlignes med den oprindelige CT-scanning. Det giver et indblik i patientens anatomi den pågældende dag. Stemmer den daglige anatomi overens med den oprindelige CT-scanning, afgives den planlagte stråledosis. Hvis der er uoverensstemmelse, må man enten få patientens daglige anatomi til at passe til det planlagte eller ændre dosisplanen, hvilket betyder, at hele processen med CT-scanning, indtegning og dosisberegning starter forfra.
Stråleterapi er en tværfaglig disciplin, og i forløbet indgår både radiografer, læger/onkologer, stråleterapeuter (videreuddannede sygeplejersker), sekretærer, dosisplanlæggere og fysikere.
Kunstig intelligens kan forbedre strålebehandlingen, og endda spare tid, fordi den kunstige intelligens har potentialet til at assistere ved både indtegning, dosisplanlægning og behandling.

## Lynhurtig indtegning

Kunstig intelligens kan udføre repetitive opgaver hurtigere og mere ensartet, end hvad der er menneskeligt muligt.
Selv om patientanatomien på CT-scanninger er individuel, er den menneskelige anatomi overordnet ens for os alle sammen. Organer, muskler, kar osv.




*Venstre CT-snit viser indtegning af lymfeknuder i hoved-hals-regionen på både højre og venstre side udført manuelt og ved kunstig intelligens. Højre CT-snit viser indtegning af blære, prostata, sædblærer og endetarm udført manuelt og ved kunstig intelligens. Forskellen på manuelle og AI-indtegninger betragtes som minimal og kræver kun mindre rettelser.*



*Eksempel på ændring i blærestørrelse ved to forskellige behandlingsdage. Det gule omrids indikerer blærestørrelse ved den oprindelige planlægnings CT-scanning. CT-billedkvaliteten er meget lav, da man dagligt tager røntgenbilleder med meget lavt dosisbidrag.*

ligger tilnærmelsesvis samme sted og vil fremstå på samme måde.
Kunstig intelligens kan automatisk genkende og indtegne organer på CT-scanninger. Det er en proces, der kan udføres på alt fra sekunder til få minutter. Afhængigt af hvilket område i kroppen der er tale om, tager den tilsvarende indtegning en radiograf eller læge/onkolog fra 20 minutter til to timer.
Så ved at bruge kunstig intelligens til indtegning af risikoorganer kan der frigives betydelige mængder tid til andre opgaver - såsom tid med patienter.
Sparer man tid, sparer man penge.
Betyder det så, at vi har erstattet læge- eller radiograf-indtegninger med kunstig intelligens?
Både og. Det altafgørende er kvaliteten af indtegningerne. I sundhedsvæsenet må man ikke glemme, at vi har at gøre med levende mennesker, ikke kun CT-billeder på en skærm. Resultaterne fra den kunstige intelligens skal kunne leve op til de høje kliniske standarder, vi har i dagligdagen.

### Er min tegning flot nok?

I Danmark arbejder man ud fra danske retningslinjer for de forskellige diagnosegrupper af kræft, som den kunstige intelligens skal være tilpasset og leve op til. Indtegningsmodeller, bygget på kunstig intelligens, er derfor trænet på danske patient-CT-data og grundigt vurderede ekspertindtegninger. De anvendte modeller er færdige og gennemtestede, så patienter ikke skal frygte, at deres persondata bliver manipuleret eller brugt uden tilladelse. Modellerne evalueres løbende, og eventuelle fejl og mangler korrigeres i nye, forbedrede modeller.
Automatisk indtegning af organer på CT-scanninger ved kunstig intelligens bruges allerede i stort omfang i Danmark. Dansk forskning tyder endda på, at automatiske indtegningsmodeller med kunstig intelligens i visse tilfælde indtegner mere konsekvent end onkologer selv. Flere stråleterapicentre har udviklet deres egne modeller, men der findes også kommercielle løsninger, som er tilpasset danske standarder.
I øjeblikket arbejder man på at organisere en fælles national løsning, så alle stråleterapicentre i landet kan få gavn af de danske indtegningsmodeller. Det ▶

## Styr på begreberne

- *Dosisplan*

Computerberegnet fordeling af ordineret stråledosis baseret på patientens CT-scanning. Dosisplaner laves af en uddannet dosisplanlægger eller hospitalsfysiker.

- *Indtegning af organer og kræftområde*

For bedst muligt at bedømme fordelingen af stråledosis til både det kræftramte område og risikoorganer, indtegner man et omrids omkring disse på CT-scanningen. Opgaven udføres af en læge eller radiograf. Det er altid en læge/onkolog, der indtegner kræftområdet og i sidste ende godkender indtegningerne.

- *Adaptiv stråleterapi*

Menneskers anatomi ændrer sig fra dag til dag (blærestørrelse, luft/afføring i tarme osv.). Adaptiv stråleterapi går ud på at tilpasse patientens daglige anatomi til den planlagte dosisplan - eller tilpasse den planlagte dosisplan til patienten. Det sidstnævnte er hele grundlaget for implementering af kunstig intelligens, så tilpasningen (adaptionen) kan finde sted, mens patienten er til behandling.



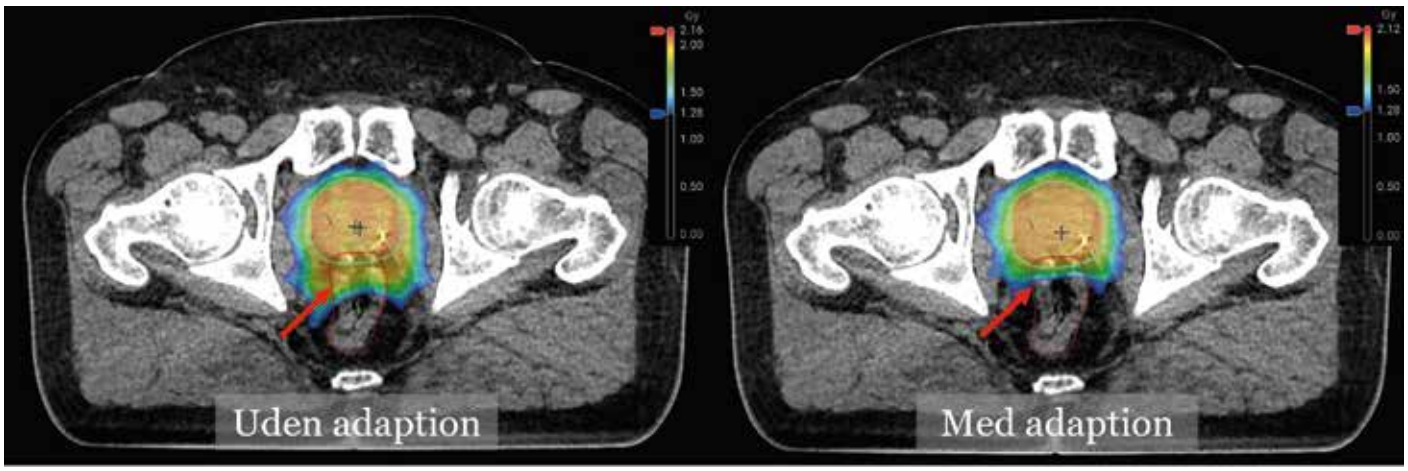

HUSK

Medicoteknik kan også læses online

Få besked hver gang en ny udgave er tilgængelig.

Tilmeld dig på TechMedia.dk

Nyttig viden fra TechMedia




*Beregnet dosisfordeling på CT-scanning. Farverne repræsenterer forskel i dosis: Højere dosis hvis mere rød, lavere dosis hvis mere blå. Tilpasser (adapterer) man ikke dosisplanen til patientens daglige anatomi, vil man se forskel i fordelingen af stråledosis. I dette eksempel ville endetarmen få en større dosis, hvis man ikke tilpassede dosisplanen til daglig anatomi.*

essentielle er at erfaringsudvikle og forbedre kvaliteten af stråleterapi på landsplan.

## Kan AI finde kræften?

Arbejdsgangen af de AI-genererede indtegninger af organer er som følger: Patienten CT-scannes, og CT-scanningen sendes til indtegningsmodellen. Indtegningsmodellen indtegner risikoorganer på CT-scanningen og returnerer denne til stråleterapicentret. Her kan onkologer godkende og eventuelt justere indtegningerne og herefter indtegne det kræftramte område.

Brugen af kunstig intelligens til at genkende og indtegne selve det kræftramte område vil være fantastisk, for hermed vil hele indtegningsprocessen i princippet kunne automatiseres. Det er selvfølgelig afgørende at have i mente, at hvis man indtegner det kræftramte område forkert, både i størrelse og placering, kan man risikere at afgive en høj stråledosis til et sted på kroppen, hvor det slet ikke bør gives. Derfor er automatisk indtegning af kræftramte områder stadig i forskningsstadiet.

Desuden er det svært at træne modeller til automatisk genkendelse. Ganske vist har vi de samme organer, som sidder omtrent samme sted i kroppen. Men den bekvemmelighed har man ikke, når man skal træne en AI-model til genkendelse af kræftramte områder. For vi har heldigvis ikke alle kræft - og slet ikke det samme sted og i samme størrelsesomfang.

I blandt andet Aarhus arbejder flere forskergrupper med at udvikle AI-modeller til netop at genkende de kræftramte områder. De hidtidige resultater tegner meget lovende, selv for ret komplekse situationer. Yderligere brug af kunstig intelligens, endda til genkendelse af selve det kræftramte område, er ikke særlig langt ude i fremtiden.

## Hjælp over hele linjen

Brugen af kunstig intelligens er ikke kun begrænset til organ- og kræftområde-indtegningsprocessen. Bag kulisserne skifter patientens CT-scanning og informationer nemlig hænder en del gange. Efter indtegning går patientscanningen videre til dosisplanlægning og efterfølgende behandling.

Dosisplanlægningen er en proces, hvor man ved computerberegninger kan bestemme, hvordan stråledosis placeres bedst muligt ud fra den information, CT-scanningen giver. En CT-scanning viser elektrondensiteten, altså tætheden af elektroner i kroppen. Det kan bruges til at udregne, hvordan strålingen vil fordele sig i kroppen. Hele denne proces kan tage lang tid og kræver en del erfaring og baggrundsviden.

Kunstig intelligens til automatisk dosisplanlægning er selvfølgelig også noget, der arbejdes på, men indtil videre bruges det primært til at forudsige, hvordan det reelt er muligt at fordele stråledosis, og hvor meget stråling risikoorganer forventes at modtage.

Det kan man bruge som pejlemærke, men udsigterne til automatisk dosisplanlægning med kunstig intelligens er et stykke ude i fremtiden. Der, hvor kunstig intelligens for alvor kan assistere, og allerede gør det, er under selve behandlingen.

## Vi tilpasser os patienten

De to ældste strålebehandlingsapparater i Region Sjælland er blevet skiftet ud med to nye, der er i stand til at udføre såkaldt adaptiv stråleterapi ved hjælp af kunstig intelligens.

Apparaterne går under navnet Ethos (produceret af det amerikanske selskab Varian). Med disse apparater kan indtegninger og planer tilpasses (adapteres) til patientens anatomi på den pågældende behandlingsdag.

I Danmark er det almindelig praksis at tage daglige røntgenbilleder af patienterne, når de ligger på behandlingslejet inde ved apparatet. Hermed kan man sammenligne dagens anatomi med den, man oprindeligt har planlagt efter. Opdager man forandringer i forhold til det planlagte, skal man handle, så det sikres, at både kræftområde og risikoorganer modtager den planlagte stråledosis.

En typisk udfordring (hyppigt forekommende anatomisk forandring) er blærefyldning, som kan variere meget fra dag til dag og endda i løbet af dagen. I sådan et tilfælde ville man bede patienten om enten at tisse af eller drikke lidt mere. Det er et eksempel på, at patienten tilpasser sin egen anatomi til vores forudsætninger.

Med adaptiv stråleterapi, i den mere moderne forstand, kan vi nu bare ændre på størrelsen af blæreindtegningen, og dosisplanen bliver herefter på ny genereret ud fra de ændrede indtegninger, så man ikke ender med at give høj stråledosis til et område, vi før ikke havde tænkt, skulle modtage denne dosis.

Håbet er, at vi på den måde systematisk kan reducere stråledosis til risikoorganer og dermed reducere senbivirkninger ved strålebehandlingen. Denne type adaptiv strålebehandling er i særdeleshed fordelagtig for patienter, der skal behandles i bækkenet. Derfor har vi nu i Region Sjælland besluttet at flytte alle bækkenstrålebehandlinger til vores to Ethos-apparater med denne nye teknologi.

# Kan LDSS slå konventionelle røntgensystemer?

Har lavdosis-slotscanner-billeddannelsessystemer (LDSS) potentialet til at overgå - og potentielt erstatte - de konventionelle digitale røntgensystemer?



Af Ahmed Jibril Abdi.
Medicinsk fysisk-ekspert, ph.d. - Medikoteknik,
Region Syddanmark

Udviklingen inden for medicinsk billeddannelse har transformeret diagnostik og behandling af flere sygdomme. Traditionelle digitale røntgenundersøgelser har i mange år udgjort fundamentet i diagnostikkens verden, men der har været en bemærkelsesværdig udvikling med indførelsen af den såkaldte lavdosis-slotscannerteknologi (LDSS). Spørgsmålet er, om slotscannere har potentialet til at erstatte de konventionelle røntgensystemer?
Røntgenteknologien anvender ioniserende stråling, som kan skade vitale biologiske celler og i ekstreme tilfælde føre til udvikling af kræft. Derfor er det af allerstørste vigtighed at holde stråledosis til patienterne så lav som muligt.

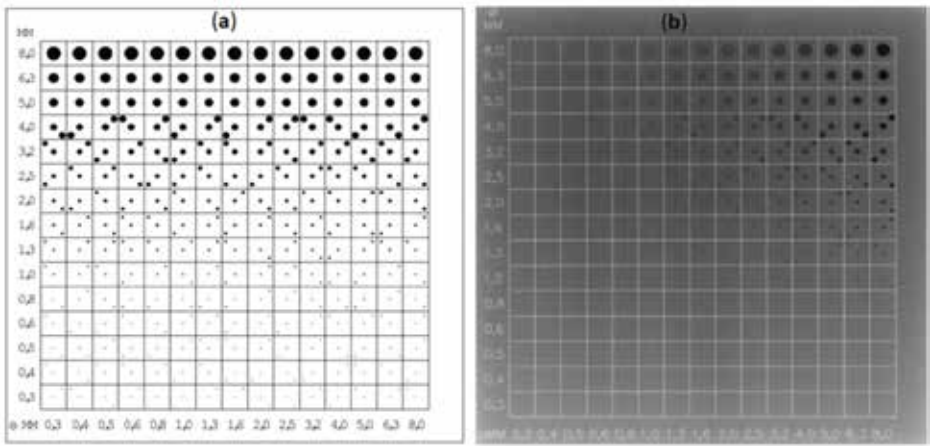
## ALARA-princippet

For at sikre optimal balance mellem stråledosis og kvaliteten af røntgenbillederne, må man foretage en grundig optimering af begge dele. Optimeringsprocessen er baseret på det veldefinerede princip ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Det indebærer, at stråledosis holdes på det lavest mulige niveau, samtidig med at billedkvaliteten opretholdes.
For nogle år siden blev et lavdosis slotscanner-røntgensystem lanceret med det formål at generere oversigtsbilleder til patienter med skoliose (skæv ryg) og til måling af benlængde. Da




*Figur 1. Et LDSS-system fra EOS imaging. (Foto: EOS Imaging).*

billedkvaliteten herfra har vist sig at være sammenlignelig med konventionel røntgen, er der foretaget en nærmere evaluering af systemets billedkvalitet. I et ph.d.-projekt med tre omfattende optimeringsstudier blev LDSS-systemet sammenlignet med to forskellige konventionelle røntgensystemer med hensyn til stråledosis til patienterne og billedkvaliteten i to kliniske protokoller: thorax- og knæprotokoller. Evalueringen af stråle-dosisbesparelsen og ▶




*Figur 2. Skematisk repræsentation af CDRAD-fantomet (a) og røntgenbillede af samme (b).*

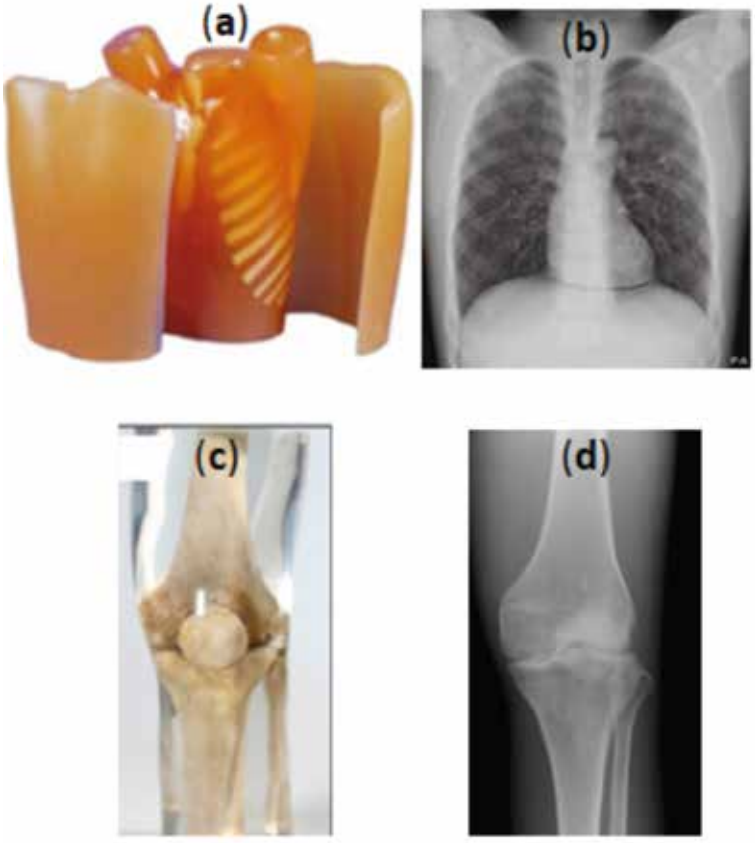
billedkvaliteten med LDSS baseres både på tekniske og kliniske (menneskelignende) fantomer.
LDSS er oprindeligt udviklet til oversigtsbilleder af patienter med skoliose samt måling af benlængde. Formålet med ph.d.-projektstudierne var at undersøge, om det kliniske anvendelsesområde for LDSS kan udvides til andre kliniske undersøgelser, som i øjeblikket udføres med konventionelle røntgensystemer.

## Langt mindre stråling

LDSS er en innovativ teknologi, som giver mulighed for at skabe 2D-radiografibilleder af hele kroppen. Siden den kommercielle lancering i 2007 har teknologien oplevet betydelige fremskridt i billedkvalitet - og samtidig formået at reducere stråledosis til patienterne.
Systemet er kendetegnet ved to par røntgenrør og detektorer, der synkront bevæger sig i både laterale og frontale projektioner. Røntgenrør og billeddetektorer er præcist kalibrerede og placeret i en 90 graders vinkel i forhold til hinanden. Hver detektors feltstørrelse på 180 x 45 cm muliggør optagelse af hele patientens krop i én enkelt undersøgelse, hvilket er en unik styrke ved systemet. Transformationen af 2D-billeder til 3D-billeder realiseres ved hjælp af en ekstern arbejdsstation med en 3D-softwarealgoritme.
LDSS-teknologien har en geometrisk konstruktion, der adskiller sig moderat fra konventionelle digitale radiografisystemer (DR-systemer). Ikke desto mindre har LDSS i tidligere sammenligninger vist sig at reducere patientens stråledosis med helt op til 95 procent sammenlignet med computertomografi (CT), 85 procent sammenlignet med computed radiografi (CR) og 50 procent sammenlignet med traditionelle DR-systemer. Det er ligeledes påvist, at patienterne udsættes for 6-9 gange mindre strålingsdoser end med konventionelle digitale røntgensystemer.
LDSS repræsenterer ikke kun et teknologisk fremskridt, men også en diagnostisk landvinding. Med evnen til at levere tilstrækkelig billedkvalitet af hele kroppen i én enkelt optagelse, og samtidig minimere stråledosis, åbner denne teknologi døren for mere præcis og brugbar diagnostik inden for radiologisk billeddannelse.

## Innovativ teknologi

LDSS-teknologien er baseret på det innovative arbejde af professor Georges Charpak. Han udviklede en gasformig partikeldetektor med et flertråds-proportionalkammer, som består af et gaskammer med mikrostrips fremstillet med fotolitografiske metoder. Den registrerer stråler gennem patienten, udløser en bølge af røntgenfotoner og modtager en fan-beam-formet stråling via et tyndt aluminiumsvindue (0,5 mm). Dette reducerer spredt stråling, forbedrer billedkvaliteten og minimerer stråledosis sammenlignet med konventionelle systemer.
Konventionelle digitale røntgensystemer bruger også en strålingskilde, der udsender røntgenstråler, hvor en digital detektor opsamler røntgenbillederne, efter de har passeret gennem patientens krop og resulterer i et 2D-røntgenbillede. I konventionelle DR-systemer kræver undersøgelsen ofte, at patienten indtager forskellige positioner for at få de nødvendige vinkler og projekterede billeder. Til sammenligning har LDSS flere fordele, herunder muligheden for at generere både 2D- og 3D-billeder og undersøge patienter i mere naturlige stillinger. Derfor er LDSS særligt velegnet til evaluering af skeletsystemet og problemer som skoliose og artrose. LDSS afdækker store dynamiske områder i høj




*Figur 3. Øverst et fotografisk billede af det kliniske thorax-fantom »lungMan« (a) og røntgenbillede til højre (b). Nederst et fotografisk billede af knæfantomet (c) og røntgenbillede til højre (d).*

| LDSS protokol | DR system 1 (%) | DR system 2 (%) | Dosis | Protokol |
|---|---|---|---|---|
| LDSS | 41,7 | 42,6 | ED | Thorax |
| LDSS | 29,5 | 35,0 | ED | Knæ |

*Tabel 1. Effektivdosisbesparelse i procent i LDSS-system sammenlignet med DR-systemer til thorax- og knæprotokoller.*

| Systemer | Organer | Dosis | LDSS dosisbesparelse (%) | Protokoller |
|---|---|---|---|---|
| DR system 1 | Thyroidea | 58 | 39,7 | Thorax |
| | Lunger | 284 | 34,2 | |
| | UBK | | 24,0 | Knæ |
| DR system 2 | Thyroidea | 56 | 37,5 | Thorax |
| | Lunger | 256 | 27,0 | |
| | UBK | | 24,0 | Knæ |

*Tabel 2. Organdosisbesparelsen for både thorax- og knæprotokoller på LDSS-systemet sammenlignet med de to DR-systemer (UBK = underbensknogler).*

billedkvalitet med væsentlig diagnostisk information.
Dog medfører LDSS også visse udfordringer sammenlignet med konventionelle DR-systemer. Herunder længere scanningstider, som kan medføre bevægelsesartefakter, ligesom systemet ikke er velegnet til patienter i liggende position.

## Materialer og metode

I ph.d.-projektet blev der gennemført tre studier, hvor billedkvalitet og stråledosis til patienterne på slotscannersystemet blev evalueret og sammenlignet med to konventionelle digitale radiografisystemer ved hjælp af forskellige metoder.
Der blev brugt to kliniske protokoller, som er thorax og knæ, for at kunne evaluere billedkvaliteten af de forskellige anatomiske strukturer.
Billedkvaliteten af LDSS blev vurderet subjektivt af tre erfarne radiologer for thorax-protokollen og af tre erfarne beskrivende radiografer for knæprotokollerne. Derudover blev den kvantitative billedkvalitet af LDSS-systemet evalueret og sammenlignet med to konventionelle digitale røntgensystemer.
Ud over vurderingen af billedkvaliteten i LDSS-systemet blev stråledosis til patienten nøje evalueret for både thorax- og knæprotokoller. Stråledosis til patienterne blev vurderet både som organspecifik dosis (relateret til thorax og omkringliggende organer) og som effektiv dosis (helkropsdosis). Effektiv dosis er en kvantitativ måling af den samlede strålingsbelastning på kroppen, der tager hensyn til de varierende følsomheder af forskellige væv og organer over for stråling. Udtrykt i enheden millisievert (mSv) reflekterer effektiv dosis den teoretiske risiko for skade på organismen som helhed.
Derudover blev der foretaget en sammenligning mellem LDSS-systemet og de to DR-systemer med henblik på billedkvaliteten og stråledosis for både thorax- og knæprotokoller.

## Fantomoptagelser

Både den visuelle og den tekniske billedkvalitet er baseret på fantomoptagelser. Til evaluering af den kvantitative billedkvalitet for systemerne inden for både knæ- og thorax-protokoller blev et teknisk fantom ved navn CDRAD anvendt. Under CDRAD-optagelsen blev der desuden anvendt 20 cm tykt plexiglas til at simulere en patient med gennemsnitsstørrelse i forbindelse med thorax-protokoller og 12 cm tykt plexiglas til at simulere knæprotokoller.
CDRAD-fantomet er et teknisk referencemateriale, der bruges til kvantitativ billedkvalitetsvurdering inden for medicinsk billeddannelse, især røntgen. Det indeholder cylindriske strukturer med varierende størrelser og kontraster og fungerer som standardiseret testmateriale til evaluering af systemets præstation, kontrastopløsning og detaljegengivelse.
CDRAD-røntgenbilleder blev analyseret ved hjælp af CDRAD-analysesoftware til at estimere billedkvalitetsparameteren kaldet IQFinv. Denne parameter repræsenterer den inverse værdi af IQF og angiver systemets evne til at bevare detaljer og kontrast i det genererede billede.
Kontrastdetaljeoplysning henviser til systemets præcision i at skelne mellem små kontrastforskelle, især i forhold til finere strukturer i billedet. IQFinv spiller således en afgørende rolle ved at indikere, i hvor høj grad systemet bevarer kontrast og detaljer. En høj IQFinv antyder typisk en overlegen bevarelse af kontrast og fine strukturer, mens lavere værdier kan indikere en potentiel reduktion i systemets evne til at skelne disse detaljer.
Ved en holistisk vurdering af både IQFinv og kontrastdetaljeoplysning opnås en omfattende forståelse af systemets samlede billedkvalitet og præstation inden for røntgenbilleddannelse.

## Kvantitative parametre

Der blev også udført en evaluering af de kvantitative billedkvalitetsparametre, kendt som *effective detective Quantum efficiency* (eDQE) og *effective noise equivalent quantum* (eNEQ), for at vurdere den kvantitative billedkvalitet af LDSS-systemet samt de to DR-systemer. Disse parametre måler systemets evne til at detektere og kvantificere signaler i forhold til den pålagte strålingsdosis. De tager højde for både detektorens effektivitet og billedkvaliteten, hvilket gør dem nyttige til at evaluere detektionsevnen og den samlede billedkvalitet.
For at estimere eDQE kræves beregning af flere kvantitative parametre, herunder *modulation transfer function* (MTF), *noise power spectrum* (NPS) og *scatter fraction* (SF). Disse parametre nødvendiggør anvendelse af fantomer til deres beregning, herunder MTF-kantfantomet med dimensioner på 10x10 cm og 2 mm tykkelse samt scatter fraction-fantomet (også kendt som *beam stop device*).
MTF måler et billedsystems evne til at bevare kontrast og skelne detaljer. En ▶

| Systemer | IQFinv | Protokoller | Forskel (%) |
|---|---|---|---|
| DR system 1 | 2,50 | Thorax | -0,8 |
| DR system 2 | 2,51 | | -1,2 |
| LDSS | 2,48 | | |
| DR system 1 | 3,37 | Knæ | -5,3 |
| DR system 2 | 2,96 | | 7,5 |
| LDSS | 3,20 | | |

*Tabel 3. Sammenligning af kvantitativ billedkvalitet (IQFinv) mellem LDSS- og DR-systemer for både thorax- og knæprotokoller.*

høj MTF indikerer bedre billedskarphed og kontrastgengivelse.
NPS kvantificerer støjfordelingen på røntgenbilleder. En høj NPS kan påvirke billedkvaliteten negativt.
SF måler forholdet mellem spredt og primær røntgenstråling i systemet. En lav SF betyder høj primærstråling og bedre billedkvalitet.
Der blev også anvendt menneskelignende kliniske fantomer (lungMan) til thorax-protokollen og et knæfantom med ægte knogler til knæprotokollen til klinisk subjektiv evaluering af billedkvaliteten for begge protokoller.

## Resultater

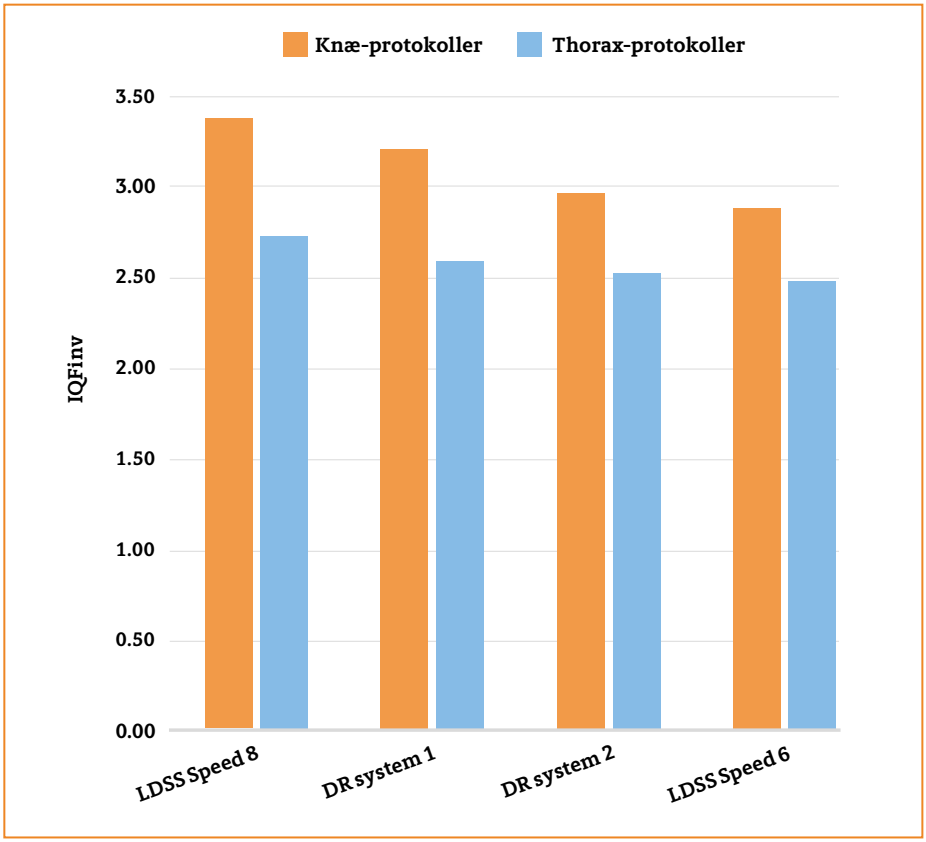
For at undersøge stråledosisbesparelsen ved anvendelse af LDSS er der sammenlignet effektivdosis og organdosis for både thorax- og knæprotokoller samt to konventionelle DR-systemer, sådan som det fremgår af artiklens *tabeller*. Organdosis angiver den målte stråledosis til et specifikt organ, mens effektivdosis (ED) er en estimeret helkropsdosis, beregnet/simuleret ved hjælp af Monte Carlo-software ud fra eksponeringsparametrene fra de kliniske protokoller og det bestrålede felt af patienten.
I LDSS-systemet blev der opnået en besparelse i effektivdosis på op til 42,6 procent for thorax-protokollen og 35,0 procent for knæprotokollen sammenlignet med de to DR-systemer. Den tilsvarende besparelse i organdosis i LDSS-systemet for både thorax- og knæprotokoller sammenlignet med de to DR-systemer fremgår i *tabel 2 på side 25*.
Der blev også opnået organdosisbesparelse i LDSS-systemet på op til 40,0 procent for thyroidea, op til 34,2 procent for lungerne og op til 24,0 procent i underbensknoglerne sammenlignet med de to DR-systemer.
Den objektive og subjektive evaluering af billedkvaliteten ved brug af LDSS-systemer i forhold til de to DR-systemer er opdelt i henhold til de tre studier i projektet.

## Studie 1

Den kvantitative vurdering af billedkvaliteten ved brug af CDRAD er baseret på parameteren *inverse image quality figure* (IQFinv), der angiver den samlede billedkvalitet af systemerne, som præsenteres i *tabel 3*. Der ses ingen markante forskelle i billedkvaliteten mellem LDSS- og DR-systemer i thorax-protokollen. Dog observeres der små forskelle i billedkvaliteten i knæprotokollen, hvor LDSS scorer en smule højere end DR-system 2 og en smule lavere end DR-system 1.
En grafisk sammenligning af IQFinv mellem LDSS-systemet og DR-systemerne for både thorax- og knæprotokoller er præsenteret i *figur 4*.

## Studie 2

I studie 2 er der også opnået kvantitative resultater inden for billedkvalitet på to vigtige parametre: *effective detective quantum efficency* (eDQE) og *effective noise equivalent quantum* (eNEQ). En højere værdi af disse parametre afspejler en øget billedkontrast.
LDSS-systemet har vist sig at opnå bedre eDQE-værdier end konventionelle DR-systemer, både ved lavere ($p < 0,001$) og højere ($p < 0,001$) rumlige frekvenser for thorax-protokollen. Til knæoptagelser har LDSS-systemerne også vist sig at have bedre eDQE ved både lavere ($p < 0,001$) og højere ($p \leq 0,03$) rumlige frekvenser. Der blev dog ikke fundet signifikante forskelle i eDQE mellem DR-systemerne, hverken ved lavere eller højere frekvenser, hverken for thorax-protokollen ($0,10 \leq p \leq 0,85$) eller for knæprotokollen ($0,44 \leq p \leq 0,99$).
LDSS-systemet opnåede højere eNEQ-værdier end DR-systemerne ved både lavere og højere rumlige frekvenser, både for thorax-optagelsen ($p < 0,001$ og $p \leq 0,034$) og knæoptagelsen ($p < 0,001$ og $p \leq 0,022$). Der blev ikke fundet nogen forskel i eNEQ-værdier mellem DR-systemerne ved hverken lavere eller højere rumlige frekvenser, hverken for thorax-optagelsen ($0,76 \leq$




*Figur 4. Illustrationen sammenligner IQFinv for LDSS og DR-systemer i både thorax- og knæprotokoller.*

p ≤ 0,80) eller knæoptagelsen (0,59 ≤ p ≤ 0,89).

## Studie 3

*Figur 7* viser en sammenligning af billedkvalitets-scoringen *visual grading analysis* (VGA) ved brug af syv billedkvalitetskriterier for både knæ- og thorax-protokoller mellem slotscannersystemet og de to konventionelle DR-røntgensystemer.

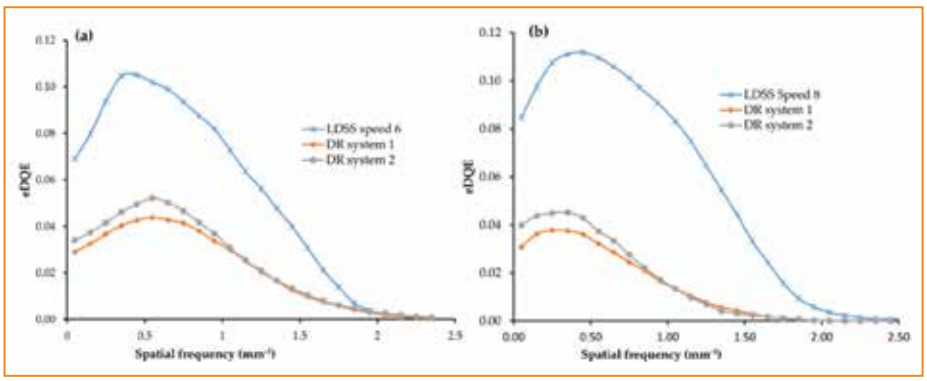
LDSS-systemet scorede betydeligt højere end DR-systemerne på thorax-protokollen for både posteroanterior (PA) og lateral (LAT) projekter (p < 0,001). Forskellen mellem LDSS og DR-systemerne var markant i begge projekter. DR-system 1 scorede højere end DR-system 2 i thorax-protokol PA og LAT-projektioner (p = 0,006). DR-system 2 opnåede den laveste score i thorax-protokollen. Se *figur 7* for detaljer.

Ved evalueringen af knæprotokol har sammenligninger af VGA-gennemsnitsscores på tværs af billedkvalitetskriterier og systemer vist interessante resultater. Disse sammenligninger for både PA- og LAT-projektioner er visualiseret i *figur 8*.

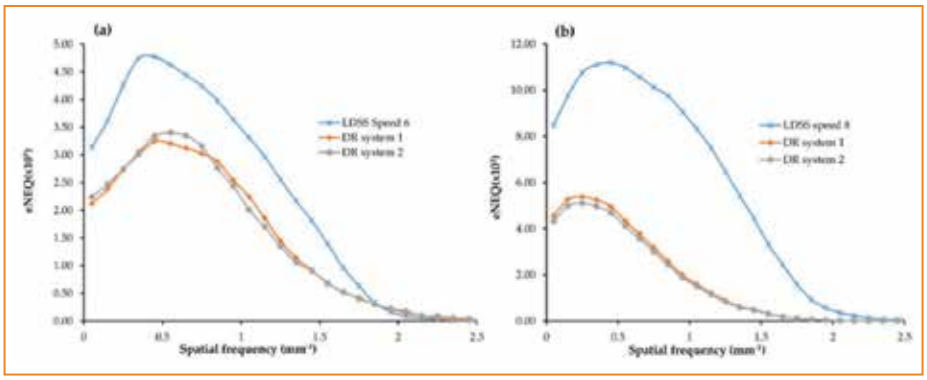
Observatører vurderede lavere VGA på billedkvalitetskriterium 5 for alle knæ-PA-billeder. Ved knæ-LAT-projektion var VGA-middelværdier lavere på kriterier 2 og 4 sammenlignet med de andre. LDSS-systemet havde højere VGA på kriterier 2 og 4 for knæ-PA og på kriterier 2, 4 og 5 for knæ-LAT sammenlignet med DR-systemet. For knæ-PA vurderede observatører kriterium 5 med lavere VGA end andre kriterier på tværs af alle systemer.

## Konklusion

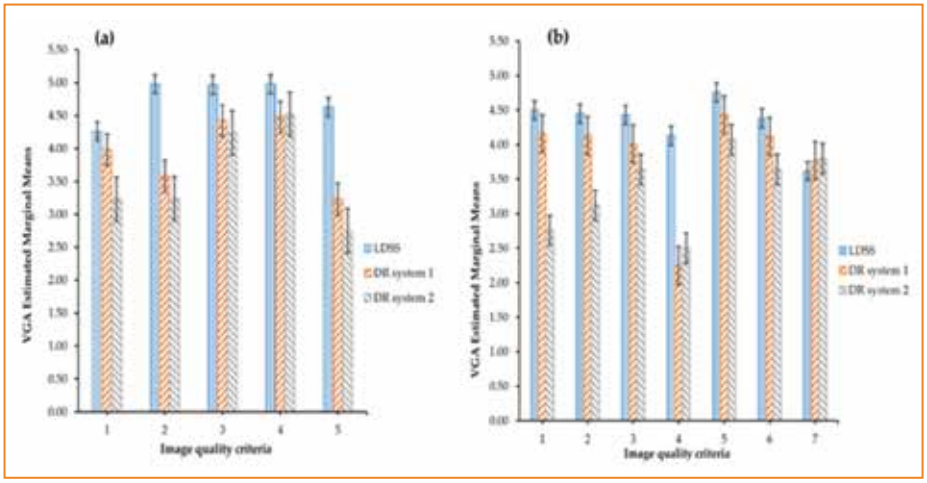
LDSS har vist sig at være et lovende alternativ til diagnostik af forskellige kliniske områder - ud over skoliose og benlængdemålinger. Denne forskning tyder på, at teknologien kan revolutionere medicinsk billeddannelse ved at give lægerne mulighed for at diagnosticere og overvåge sygdomme med minimal strålingspåvirkning på patienterne. Dette åbner op for en spændende fremtid, hvor avanceret billedteknologi kan transformere sundhedssektoren og forbedre patienternes oplevelse og sikkerhed. Lavdosis slotscannersystemet udsætter patienterne for væsentligt lavere stråledosis end konventionelle røntgensystemer og er derfor velegnet til stråleføls omme patientgrupper som eksempelvis børn og unge.



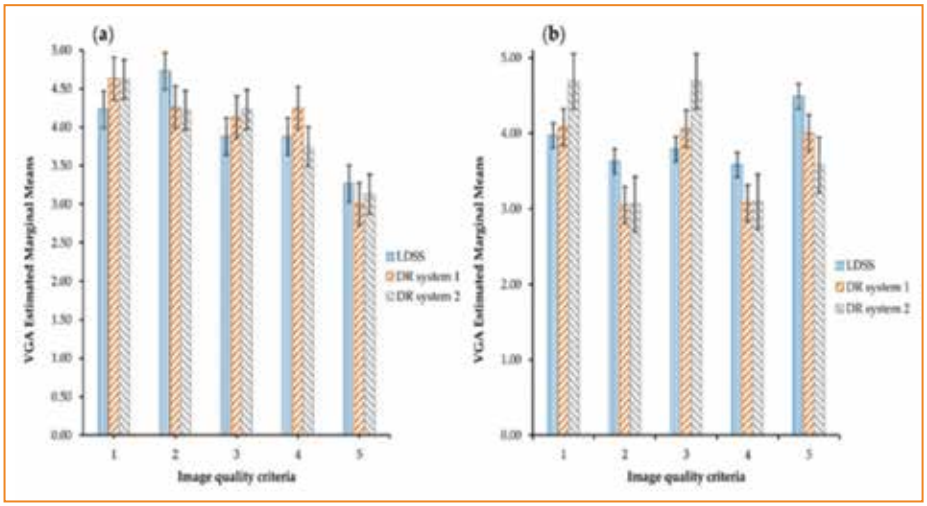

*Figur 5. Sammenligning af eDQE i thorax-protokol (a) og knæprotokol (b) for alle systemer.*




*Figur 6. Sammenligning af eNEQ i thorax-protokol (a) og knæprotokol (b) for alle systemer.*




*Figur 7. VGA, estimeret marginal gennemsnitssammenligning på tværs af billeddannelsessystemer og billedkvalitetskriterier for (a) thorax-PA-projektion og (b) thorax-LAT-projektion.*




*Figur 8. VGA, estimeret marginal gennemsnitssammenligning på tværs af billeddannelsessystemer og billedkvalitetskriterier for (a) knæ-PA-projektion og (b) knæ-LAT-projektion.*

# Fra røntgenfilm til avanceret billeddiagnostisk udstyr

For 70 år siden startede Santax Medico som en lille familievirksomhed i Aarhus, der solgte røntgenfilm til hospitalerne. I dag forhandler virksomheden udstyr til både røntgen, endoskopi og ultralyd - og den har bredt sig til Sverige, Norge og Finland.



Af Anne Westh.
Freelancejournalist
- Santax Medico
Fotos: Santax Medico og privat

Det begyndte i 1954 på Dalgas Avenue i Aarhus, da Niels Christoffersen var 10 år gammel og blev smidt ud af sit børneværelse. Hans far, Ole Rohr Christoffersen, havde arvet nogle penge og ville lave kontor i børneværelserne, da han skulle starte sin egen virksomhed.
Faren var en foretagsom mand med mange gode idéer, men han startede i det små: Han havde fundet ud af, at man kunne sælge røntgenfilm til hospitalerne. Så sønnen Niels blev sat i gang med at pakke kasser med røntgenfilm ud og sætte mærkater på dem. Det blev til virksomheden Sanitas.



*Det var i denne villa på Dalgas Avenue i Aarhus, de første spæde skridt til Santax Medico blev taget. Grundlæggeren Ole Rohr Christoffersen startede med at drive forretning fra sit eget hjem. (Foto: Santax Medico).*

- Min far fandt også ud af, at man kunne sælge rammer til hospitalerne, som røntgenafdelingerne kunne sætte deres røntgenfilm i, når de skulle sænkes ned i fremkaldervæske. Så i en kælder i vores nabogade satte han en svejser i gang med at lave disse røntgenrammer, og senere solgte vi også andre mindre forbrugsartikler som blyindlæg til vægge, blyglas, blygummiforklæder og blygummihandsker, fortæller Niels Christoffersen, der senere blev administrerende direktør og anden generation i virksomheden.

## Større ordrer

Hurtigt blev kælderen dog for lille, og faren besluttede sig for at få bygget et værksted i sin egen baghave. Allerede efter et års tid fik Sanitas en større ordre fra det nyopførte hospital i Dronninglund og et par år efter fra det nyopførte hospital i Glostrup.
- Det betød meget for os, for nu var vi ligesom accepteret i branchen og begyndte at få større og større ordrer. Vi var også på Sjælland, og det må have været en stor overraskelse for vores konkurrenter. Min fars hemmelighed var, at han havde lovet at oprette en serviceafdeling med ultrakort tilkaldetid. Det løste han ved at lave en aftale med hospitalets nyudnævnte maskinmester, som fik kontor under trappen til røntgenafdelingen siger Niels Christoffersen.
I 1956 skiftede Sanitas navn til Santax Røntgen- og Elektromedicin. Virksomheden udviklede sig efterhånden fra at



*Installation af nyt udstyr er en kerneopgave hos Santax Medico. Her er røntgentekniker Henrik D. Poulsen i gang med en installation på røntgenafdelingen på Regionshospitalet Gødstrup, før det nye hospital blev taget i brug i 2021. (Foto: Santax Medico).*

være en lille produktionsvirksomhed til også at være en handelsvirksomhed, som fik ordrer fra andre virksomheder, der gerne ville have dem til at installere og servicere røntgenudstyr på hospitaler i Danmark. Og da grundlæggeren Ole Rohr Christoffersen gik på pension som administrerende direktør i 1982, overgik Santax til kun at være en handelsvirksomhed, der køber hos leverandører og leverer til kunderne. Ole Rohr Christoffersen fortsatte dog som formand for bestyrelsen frem til 1998. Først i 2001 blev navnet ændret til Santax Medico.

## Forretningen udvides

I dag er det tredje generation i familien, Ole F. Christoffersen, der er administrerende direktør. Han er vokset op med at

høre sin far og farfar snakke om forretning i hjemmet. Så hurtigt vidste han også, at han selv skulle samme vej. I 1995 blev han ansat i virksomheden, og siden 2006 har han været administrerende direktør.
- Vores forretningsgang har ændret sig meget, siden jeg begyndte. Dengang skulle vi bestille dele hjem fra 15 underleverandører, hvis vi skulle levere et røntgenrum, og logistikken betød meget, for det hele skulle helst komme på samme tid ud på hospitalerne. I dag får vi det hele fra én leverandør, og det er installation og service, der er vigtig for os, siger Ole F. Christoffersen.



Siden hans start har firmaet udvidet sit forretningsområde til både at omfatte udstyr til røntgen, endoskopi og ultralyd, som Santax Medico både installerer, servicerer og uddanner sygehuspersonale og teknisk personale i at bruge. I dag er 90 procent af kunderne offentlige sygehuse, og de resterende 10 procent privatklinikker som privatpraktiserende speciallægeklinikker og dyrlæger. Samtidig har Santax Medico også bevæget sig ind på nye markeder i Norge, Sverige og Finland.
- Røntgenområdet er stadig meget vigtigt for os, da røntgenudstyr er serviceintensivt, og halvdelen af vores medarbejdere er serviceteknikere. Det er en stor fordel for os, også inden for salg af endoskopi og ultralyd, siger Ole F. Christoffersen.
- Forklaringen på vores succes er nok, at vi kommer fra et lille sprogområde som det danske, svenske, norske og finske. For mange virksomheder uden for Europa - specielt fra Japan og USA - er enormt glade og lettede over, at der findes et firma som Santax Medico. De vil gerne sælge på det skandinaviske marked, men det er kompliceret for dem, hvis de for eksempel kun skal sælge ét anlæg til Norge om året. Her er det vores fordel, at vi har været på markedet i mange år.

## Fedt at være eksperten

I dag har Santax Medico 65 ansatte fordelt på de fire lande. Halvdelen af de ansatte er teknikere, og den andel halvdel er folk ansat i salg og administration. En af teknikerne er medikotekniker Martin Nørgaard, som arbejder på virksomhedens kontor i Aarhus. Han kører ud til kunder i hele Jylland for at installere udstyr, lave service på det samt undervise brugerne og de lokale medikoteknikere i selv at holde udstyret kørende.
- En typisk opgave for mig kan bestå i, at jeg bliver kaldt ud til akut service på et hospital, hvor endoskop-vaskemaskinen ikke fungerer. En afdeling har ofte kun én endoskop-vaskemaskine, så når de har brugt deres skoper og ikke kan få dem vasket, har de et kæmpe problem i forhold til patienterne. Når jeg kommer, sørger jeg for at skifte for eksempel en pumpe eller ordne en utæthed, og 99 procent af gangene virker det igen, når jeg kører derfra, siger Martin Nørgaard.
Han har tidligere været ansat på den medikotekniske afdeling på Aarhus Universitetshospital, før han kom til Santax Medico for syv år siden.
- På Aarhus Universitetshospital var jeg ikke eksperten, der løste de tunge problemer. Der blev jeg hurtigt en slags koordinator, som var bindeled mellem afdelingerne og leverandørerne. Her hos Santax synes jeg, at det er sindssygt fedt at være den, der bliver ringet til, når der er problemer - og som skal få udstyret til at fungere igen, siger han.
Selv om Martin Nørgaards arbejde ikke umiddelbart har noget med salg at gøre, så udfylder han og de andre teknikere alligevel en vigtig funktion i forhold til salget.
- Jeg er vant til at komme på mange afdelinger for at lave service, og så snakker jeg selvfølgelig med folk. Jeg ser, hvis for eksempel en endoskop-vaskemaskine er ved at være nedslidt, og jeg kan anbefale en udskiftning. Andre gange opdager jeg, at konkurrentens udstyr er ved at blive afprøvet ude på en afdeling, og så kan jeg fortælle det videre til sælgerne. Så vores salgsarbejde er ofte et samarbejde mellem folk i teknik og salg.

## Bæredygtighed fylder mere

I salgsafdelingen er bæredygtighed de seneste år blevet et af de vigtige parametre, som kunderne efterspørger - og leverandørerne bliver målt på. Samtidig er Santax Medico selv blevet miljøcertificeret efter ISO 14001, hvilket forpligter virksomheden til at arbejde bæredygtigt. Det fortæller markedsdirektør Jesper Rask Simonsen, der er kommercielt ▶



*Undervisning af slutbrugerne er med årene blevet en væsentlig opgave for Santax Medico. Salgschef og applikationsspecialist Hilmar Halldorsson underviser her radiograferne på Radiologisk Klinik på Rigshospitalet, hvor Santax Medico har leveret et stereorøntgenrum til kontrol af ortopædiske implantater i for eksempel knæ eller skulder. (Foto: Santax Medico).*



*Anden generation i virksomheden Niels Christoffersen (th.) sammen med tredje generation Ole F. Christoffersen, der i dag er administrerende direktør. (Foto: Santax Medico).*



*- Det er sindssygt fedt at være den, der bliver ringet til, når der er problemer - og som skal få udstyret til at fungere igen, siger Martin Nørgaard, der er medikotekniker hos Santax Medico og kører rundt til hospitaler i hele Jylland for at installere, reparere og undervise i brugen af udstyr. (Foto: Santax Medico).*

ansvarlig for firmaets aktiviteter inden for endoskopi og ultralyd i Norden.
- I dag er der krav om at tage stilling til miljømæssige aspekter, når en ordre kommer i udbud. I øjeblikket arbejder vi for eksempel med at indgive tilbud på et udbud om engangsskoper. Her skal vi angive, hvor mange gram genbrugspap, der er i emballagen, og hvor mange gram af 5-6 forskellige plasttyper, der er i produktet. Til sidst får man en samlet score. Bæredygtighed vægter måske 20 procent i et samlet udbud nu, hvor det før var fem procent, siger Jesper Rask Simonsen.
Han mangler dog at se, at der også bliver bevilget penge til at betale mere for miljøvenlige produkter. Nogle kunder har forventeligt samtidig fokus på at holde de økonomiske omkostninger nede, og det matcher ikke altid, at det er dyrere at producere miljøvenligt. Herudover oplever Jesper Rask Simonsen, at der er kommet flere nye produkter inden for Santax Medicos område, som er bæredygtige.
- For eksempel sælger vi i øjeblikket produktet UV-smart, der kan desinficere skoper med ultraviolet lys på 45-60 sekunder og derved spare vand og kemi. Og på samme måde er der flere andre produkter på vej.

## Globalisering skal fastholdes

I april kunne Santax Medico fejre 70-års jubilæum med en solid position på det danske marked. Men det betyder ikke, at administrerende direktør Ole F. Christoffersen er færdig med at have ambitioner på virksomhedens vegne. Han tror på, at Santax Medico fortsat skal vokse ud over Danmarks grænser, hvis virksomheden skal fastholde sin position i fremtiden.
- Vi har i mange år haft danske hospitaler som vores primære kunder. Men i dag er de organiseret under fem regioner, som ikke selv kan udskrive skat. Det vil sige, at vi i praksis har én kunde: staten. Derfor har vi ønsket at gå i retning mod Sverige, Norge og Finland, så vi kan sprede os og få flere kunder. Det er vi lykkedes nogenlunde med, og jeg tror, at vi skal blive ved med at brede os over et større geografisk felt med det, som vi er gode til, siger Ole F. Christoffersen.

## Historien om Santax Medico

1954: Virksomheden grundlægges i Aarhus under navnet Sanitas, som i 1956 ændres til Santax Røntgen og Elektromedicin. Dengang blev der kun arbejdet med røntgen- og serviceområdet.
1974: Virksomheden åbner kontor på Sjælland.
1980: Forretningsområdet udvides til ultralydsprodukter.
1996: Datterselskab åbner i Norge (under navnet Decotron AS).
2001: Virksomheden skifter navn til Santax Medico.
2003: Forretningsområdet udvides til endoskopiprodukter.
2008: Datterselskab åbner i Sverige (under navnet Santax Medico AB).
2015: Datterselskab åbner i Finland (under navnet Santax Medico OY).
2024: Der er 23 ansatte på kontoret i Glostrup og 16 på Aarhus-kontoret. Ancienniteten er gennemsnitligt på 14 år. I alt er der 65 ansatte i hele Norden. Omkring halvdelen er teknikere, mens den anden halvdel er ansat i salg og administration.



*Bæredygtighed er i de seneste år blevet et af de vigtige parametre, som kunderne efterspørger, og leverandørerne bliver målt på, fortæller markedsdirektør Jesper Rask Simonsen. (Foto: Santax Medico).*




# Maquet Corin mobilt operationsbord

## Intuitivt, sikkert, intelligent og online

Maquet Corin er et intelligent, mobilt styret operationsbord, der kan hjælpe med at strømline processerne i den daglige rutine på dine operationsafdelinger. Hold fuldt fokus på patienterne, idet du ved, at dit operationsbord giver intuitiv visuel feedback, der bidrager til at håndtere risici.

**For mere information, scan QR-koden**

GETINGE
PASSION FOR LIFE

**Afsender:** TechMedia A/S, Naverland 35, DK-2600 Glostrup, tlf. 43 24 26 28 | **Abonnementshenvendelser:** abonnement@techmedia.dk

VINGMED



# Mindre støj på operationsstuen?

Interessen for vores nye flergangsvarmetæpper og varmemadrasser har været overvældende. Årsagen er især at kontrolenheden er lydløs. Patienterne har også rost tæpperne grundet komforten. Ring eller skriv til os angående sortiment og afprøvning.

- **Lydløs** kontrolenhed og dermed ingen baggrundsstøj
- **Kulfiberteknologi** sikre optimal opvarmning
- **Indbygget temperaturfølere** for maksimal sikkerhed
- **Hurtig opvarmning** på 5 minutter til 37°
- **Bæredygtig – Økonomisk – Energibesparende**

Dorte Pilgaard · Peter Thorsen
dp@vingmed.dk · pt@vingmed.dk
40 44 99 08 · 40 44 39 75