

Originalartikel

Fra diagnose til delikatesse: anvendelse af MR- og DXA-skannere til stegning af juleand

Carina Kirstine Klarskov, Mikkel Laustsen Jensen, Linus Daniel Leonhard Duchstein & Bo Zerahn

Afdeling for Nuklearmedicin, Københavns Universitetshospital – Herlev og Gentofte Hospital

Ugeskr Læger 2024;186:V20246. doi: 10.61409/V20246

Julen er en travl tid, måske især for hospitalsansatte med skiftende vagter, der travlheden til trods skal fremtrylle et festligt og perfekt tilberedt julemåltid til den sultne familie. Har du i denne forbindelse spekuleret på, om der kunne være et alternativt brug af de stillestående MR-, CT- og UL-maskiner på hospitalerne – især om natten? I dette julestudie dykker vi ned i muligheden for at udnytte hospitalsskannere til et utraditionelt formål: at stege andebryst til jul. Forestil dig bekvemmeligheden ved, at dit julekød bliver perfekt tilberedt, alt imens du varetager din vagtfunktion.

De fleste skanninger er forbundet med en risiko for uønsket vævsopvarmning såsom ved CT, MR- og UL-skanning. Her fokuserer vi på MR-skanning, idet der tages hensyn til, at CT ofte bruges om natten til akutte patienter, og at UL kræver meget hands-on-tid. Meget høj kropstemperatur er en relativ kontraindikation for MR-skanning grundet risiko for yderligere opvarmning, hvor vævsopvarmning altså ses som en negativ effekt. Til gengæld udnyttes vævsopvarmning aktivt under termisk terapibehandling med f.eks. radiofrekvens-, laser- og UL-terapi til at inducere vævsnekrose. Og således måske også til andesteg?

METODER

MR-billeddannelse

MR-skannere genererer kraftige magnetfelter og benytter radiobølger til at skabe detaljerede billeder af kroppens indre strukturer. MR-skannere kan opvarme væv grundet radiofrekvens (RF)-pulserne, der bruges til at excitere hydrogenkernerne i vævet, og derved afsætte en lille mængde energi, der giver en temperaturstigning på samme måde som en mikrobølgeovn [1]. Fabrikanten angiver ofte den specifikke absorptions-hastighed (SAR) i enheder af watt pr. kilogram (W/kg) som mål for mængden af RF-energi, der deponeres i kroppen under en MR-skanning. SAR-værdier varierer afhængigt af faktorer såsom sekvensparametre, spoletype og billedprotokol, der under skanning af mennesker er meget kontrollerede og begrænses yderligere af den naturlige cirkulation af blodet og varmeudstråling til omgivelserne. Der er derfor også meget klare retningslinjer for, hvor meget varme der må afsættes i væv under en MR-skanning, hvilket er dækket under International Electrotechnical Commission (IEC)'s guidelines (IEC 60601-2-33) [2].

Helkropsgennemsnits SAR: 2 W/kg over 15 minutter. Hoved SAR: 3,2 W/kg over 10 minutter. Lokaliseret SAR: (thorax/abdomen eller ekstremiteter): 8 W/kg over 5 minutter. Andebryst: ingen data tilgængelige.

Ved at overholde disse retningslinjer holdes vævsopvarmningen oftest langt under 1 °C. Der er dog mulighed for at skrue op for disse variable, så SAR øges til værdier, der kan benyttes til det aktuelle formål: opvarmning af fødevarer. Vidste du i øvrigt, at man på Herlev Hospital har lavet kunstværker ved at MR-skane grøntsager? Du

har måske bemærket en stor gulerod foran Herlev Hospitals hovedindgang og en kæmpe broccoli i parkeringsparken. (Find den selv! Den korresponderende forfatter kan måske overtales til at fortælle, på hvilken parkeringsplads den kan ses).

Højteknologisk stegetermometer

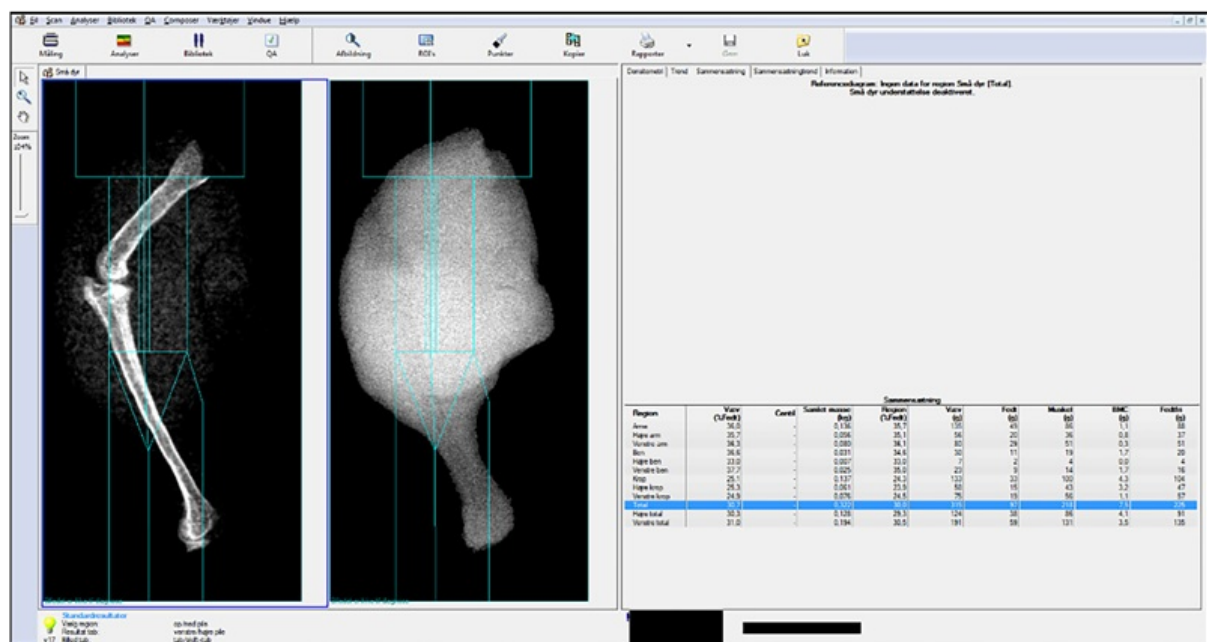
MR-skannere kan også bruges til at måle vævstemperatur med, en såkaldt MR-temperature imaging (MRI), hvilket kan benyttes til at sikre, at der opnås den optimale temperatur i andebrystet i forbindelse med tilberedningen – og at det samtidig kan dokumenteres, så eventuelle madforgiftninger under julemåltidet ikke kan føre til retslige efterspil for hospitalet.

RESULTATER

DXA-skanning af andebryst

Man har tidligere forsøgt at MR-skane Tollundmanden, men da MR-skanning udnytter hydrogen i vandmolekyler til billedannelse, var det uproduktivt. For at undgå samme futile anstrengelser DXA-skannede vi andebryst og lår (Figur 1) af racen *Anas platyrhynchos* (Linnaeus, 1758), dels for at verificere et tilstrækkeligt højt vandindhold før MR-skanning, dels at bestemme vævssammensætningen med henblik på at optimere præcisionen af opvarmningen ud fra kendskab til især mængden af muskelvæv. Derudover kan der samtidig screenes for potentielt magnetiserbare metalgenstande (hagl). Et andebryst består som bekendt af hud, muskelvæv, fedtvæv og bindevæv. Fordelingen af disse vævstyper kan variere afhængigt af andens alder, race, kost og in vivo-aktivitetsniveau. Til bestemmelse af vævssammensætning ud fra en trekompartimentmodel DXA-skannede vi tre andebryster og et lår af racen *Berberi* på mellem 292,6 g og 302,9 g og fandt vævsfordelinger som angivet i Tabel 1.

FIGUR 1 DXA-skanning af hhv. andelår og andebryst.



TABEL 1 Resultater af DXA-skanning^a af andebryst og -lår. Bestemmelse af vævssammensætning af andebryst og -lår ved trekompartmentmodel. De respektive udskæringer afvejedes og blev herefter DXA-skannet på »small animal«-software af seks omgange ved forskellige kombinationer^b. Det blev tilstræbt at opnå en samlet vægt tættest muligt på den faktisk målte vægt^c.

Ande-udskæring	Fedt, g	Muskel, g	BMC, g	Vægt pr. DXA-undersøgelse, g	Faktisk udmålt vægt, g	%-afvigelse fra faktisk vægt
Bryst #1	169	124	4,1	297,1	302,9	-1,9
Bryst #2	165	129	4,2	298,2	303,6	-1,8
Bryst #3	197	77	6,3	280,3	292,6	-4,2
Lår	97	218	7,5	322,5	324,5	-0,6

BMC = knoglemineralindhold.

a) Skanningskombinationer: udskæring for sig selv, udskæring tillagt os calcaneus (Homo sapiens), udskæring tillagt blybaserede haglskud, udskæring tillagt stålaserede haglskud samt udskæring tillagt os calcaneus og hhv. bly- eller stålaserede haglskud.

b) De anførte målinger for vævssammensætning og vægt er baseret på DXA-målinger af udskæringerne for sig selv, hvilke afveg fra den faktiske vægt med -0,6% til -4%, mens målinger med tillagt calcaneus og/eller haglskud afveg herfra med -5,7% til 25,8%, hvorfor disse frasorteredes.

c) Tabeloversigt over øvrige målinger kan rekvireres mod betaling i sovs.



Som det kan udledes af Tabel 1, tilrådes DXA-skanning af andevævet udført uden brug af nekroknogler samt uden indlejrede haglskud, hvorfor sidstnævnte – foruden grundet risikoen for ujævn tilberedning og utilsigtede hændelser i MR-rummene – anbefales fjernet forud for vævssammensætningsbestemmelse og endelig tilberedning (ved svært tilgængelige haglskud kan der – hvis tid haves i vagten – evt. rekvireres kirurgisk tilsyn).

Hydreringsgrad af andevævet som følge af slagtning og efterfølgende lagring og modning er efterfølgende testet ved hjælp af data fra Frida fooddata.dk, der sandsynliggjorde et vandindhold i fedt og muskeltvæv på hhv. 20,0% og 77,5% givet et mineralindhold på 2,5% [3].

SAR-værdier har tendens til at være højere i væv med højere vandindhold på grund af den øgede absorption af RF-energi. Som det fremgår af Tabel 1, har andebryst et relativt højt fedtindhold, som vi ved, har et relativt lavt vandindhold (10-30%) og derfor mindre absorption af RF-energi og heraf lavere SAR-værdier. Størstedelen af andebrystets fedtvæv er dog lokaliseret subkutant (jf. Fridadata for andekød hhv. med og uden skind) og vil forventeligt have en tendens til at dryppe af som andefedt i forbindelse med opvarmning og efterlade en større andel af relativt fedtfattigt, men bedre hydreret muskeltvæv tilbage, medførende relativt højere SAR-værdi end ved udgangspunktet (ved vandindhold på ca. 80% i både menneske- og andemuskelvæv).

Mængden af skanningsegnet andebrystvæv er i sagens natur mindre end et helt menneskes volumen i en MR-skanner, hvorfor SAR-værdierne for andebrystet i teorien vil være lavere. Samlet set vurderes det dog, at vi til dette kulinariske formål kan anvende SAR-værdier fra menneske- til andebrystvæv.

DISKUSSION

Potentielt magnetiserbare fremmedlegemer i and

Screening for metalliske fremmedlegemer i menneskekroppen (f.eks. vulnus sclopetarium sequelae) forud for MR-skanning er en veletableret klinisk forholdsregel, hvilket har sit primære ophav i risikoen for skadelige

konsekvenser ved ferromagnetiske materials kontakt med kraftige magnetfelter, som kan medføre uhensigtsmæssig og vanskeligt forudsigelig placering af metallisk materiale, ikke mindst hvis disse er i tæt proksimitet til vitale strukturer (ved translationel og rotationel effekt). Dertil udgør metallers varmedannende potentiale, når de overleder elektriske strømninger genereret i MR-skannerens magnetiske felt en teoretisk risiko for forbrændinger [4]. I forbindelse med tilberedning af andebryst ved MR-skanning er det i sagens natur også vigtigt at afkræfte tilstedeværelsen af metalfremmedlegemer, så man ikke ender med sprængt and. Historisk set har hagl til jagtbrug typisk været blybaseret, hvortil betænkeligheder om eventuelle translationelle og rotationelle effekter under MR-skanning for praktiske formål forventes insignifikante på grund af blys relativt diamagnetiske natur. Ændringer i Miljøstyrelsens bekendtgørelser vedr. jagt pr. 1. april 2024 forbyder dog brug af blybaserede haglpatroner af miljøhensyn, hvorfor brugen af f.eks. stålbaserede haglpatroner til andejagt vil ventes relativt stigende. Stål til forskel fra bly er ferromagnetisk og vil foruden metallens induktive varmekapacitet også kunne tilskrives en teoretisk højere grad af risiko for uønsket motilitet i MR-skannerens magnetiske felt [5-7].

Kan man nå at stege et andebryst på en vagt? (resultater)

Af praktiske årsager følger her en teoretisk beregning af, om det er muligt at opvarme et andebryst i en MR-skanner. For at estimere stegetiden for et andebryst i en MR-skanner under forudsætning af, at brystet skal opnå en ønsket kerntemperatur på 62 °C, kan vi opstille følgende overvejelser og beregninger:

Først skal vi identificere, hvorledes de relevante variable, herunder RF-amplituden, magnetfeltstyrken og skanningsvarigheden skal tilpasses for at opnå den ønskede effekt. Det kræver selvsagt omhyggelig justering af disse faktorer for at kunne optimere vævopvarmningen og samtidig minimere risikoen for skader på udstyret.

Ved at anvende principperne for varmeoverførsel og termodynamik kan den tid estimeres, der kræves for at opnå den ønskede interne temperatur på 62 °C. Dette indebærer en detaljeret beregning baseret på brystets masse, densiteten af andekødet og dets varmekapacitet og starttemperatur. Vi ved, at varmeenergien er defineret som:

$$E = m \times c_p \times \Delta T$$

E er varmeenergien, m er massen af andekødet, c_p er den specifikke varmekapacitet af andekødet, og ΔT er temperaturdifferencen, kødet bliver varmet op til. Vi estimerer fra IEC-guidelines, at MR-skanneren er i stand til at producere 8 W/kg effekt for at beregne tidsforbruget. *Carillo et al* har fundet den specifikke varmekapacitet af andefedt til at være mellem 1,46 og 1,98 kJ/ (kg × K), afhængig af om anden er i frossen tilstand eller ej. Med en værdi på 1,98 kJ/ (kg × K) og en vægt på ca. 0,3 kg samt opvarmning fra 23 °C stuetemperatur til 62 °C, vil det kræve 23.166 J energi og dermed 9.652,5 s, dvs. 2,68 t at tilberede et andebryst i en MR-skanner (**Figur 2** af andebryst i MR-skanner).

FIGUR 2 Simulation af and i MR-skanner før og efter stegning. Genereret med AI og Paint.



Konklusion

Vi kan hermed konkludere, at det er muligt at tilberede et andebryst i en MR-skanner inden for en normal vagt på otte timer. Selv om idéen om at anvende ubenyttede MR-skannere til kulinariske formål derfor virker tiltalende, er det indlysende at prioritere skanning af patienter, hvilket potentielt vil medføre, at kapaciteten for julestegning bliver for lav, og at nogle medarbejdere må gå på juleferie uden tilberedt juleand. Dette kan der kompenseres for ved et særligt juleulempetillæg eller ved at tilbyde særligt reserverede parkeringspladser til de uheldige ikkeselvalgte julevegetarer. Derudover vil det være en god idé også at beregne stegetid for flæskesteg og gåsesteg, så medarbejdere, der ikke spiser and til jul, ikke føler sig ekskluderet.

Korrespondance Carina Kirstine Klarskov. E-mail: carina.kirstine.klarskov@regionh.dk

Publiceret på ugeskriftet.dk 9. december 2024

Interessekonflikter Der er anført potentielle interessekonflikter. Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på ugeskriftet.dk

Bemærk Denne artikel er kun til underholdningsformål. Ethvert forsøg på at bruge hospitalsskannere til ikkemedicinske formål frarådes kraftigt og kan have svære juridiske og etiske konsekvenser og endnu værre føre til, at du kommer på julemandens liste over uartig sundhedspersonale

Referencer findes i artiklen og publiceret på ugeskriftet.dk

Artikelreference Ugeskr Læger 2024;186:V20246

doi 10.61409/V20246

Open Access under Creative Commons License [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

SUMMARY

Christmas article: From diagnosis to delicacy: using MR and DXA scanners to roast Christmas duck

Introduction: The holiday season poses a unique challenge for hospital staff, especially on night shifts, who must juggle their duties with preparing a festive Christmas meal. This study investigates the novel idea of using

hospital MRI scanners to cook duck breasts during shifts. MRI scanners, which use magnetic fields and radiofrequency (RF) pulses for imaging, also generate heat, potentially suitable for cooking.

Method: To explore this hypothesis, we performed DXA scans on duck breasts to determine tissue composition and identify any metallic objects, such as shotgun pellets, that could pose risks in the MRI environment. We examined the Specific Absorption Rate (SAR), which measures RF energy absorbed by tissue. Given the similar water content between duck muscle and human tissue, we used human SAR values for our calculations.

Results: Our findings suggest that with careful adjustment of RF amplitude, magnetic field strength, and scan duration, it is theoretically possible to cook a duck breast to an internal temperature of 62°C within a standard 8-hour hospital shift.

Conclusion: While the idea of using MRI scanners for cooking is intriguing, patient care must remain the priority. The limited availability of MRI scanners for culinary use may limit its practical application. Further research could explore cooking other holiday dishes and address logistical challenges for broader implementation.

Funding: None.

Trial registration: None.

REFERENCER

1. Shah Y. Thermal energy: sources, recovery, and applications, chapter 10 part 4, 2018
2. International Electrotechnical Commission. 2010. IEC 60601-2-33:2010 – Medical electrical equipment – Part 2-33: Particular requirements for the basic safety and essential performance of magnetic resonance equipment for medical diagnosis.
3. Frida.fooddata.dk <https://frida.fooddata.dk/food> (8. august 2024)
4. Shellock F, Spinazzi A. MRI safety update 2008: part 2, screening patients for MRI. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191(4):1140-9. <https://doi.org/10.2214/AJR.08.1038.2>
5. Lawrence PP, Madore B. The physics of MRI safety. *J Magn Reson Imaging.* 2018;47(1):28-43. <https://doi.org/10.1002/jmri.25761>
6. Dedini RD, Karacozoff AM, Shellock FG et al. MRI issues for ballistic objects: information obtained at 1.5-, 3- and 7-Tesla. *Spine J.* 2013;13(7):815-22. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.02.068>
7. Diallo I, Auffret M, Attar L et al. Magnetic field interactions of military and law enforcement bullets at 1.5 and 3 Tesla. *Mil Med.* 2016;181(7):710-3. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-15-00246>
8. Carrillo FS, Saucier L, Ratti C. Thermal properties of duck fatty liver (foie gras) products. 2016;573-584. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1171776>