

# Klinisk bruk av 3D-ultralyd

Linn Helljesen<sup>1,2</sup>, Spiros Kotopoulos<sup>1,4</sup>,  
Kim Nylund<sup>1,3</sup>, Ivan Viola<sup>2</sup>, Trygve Hausken<sup>1,3</sup>,  
Odd Helge Gilja<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Nasjonalt Senter for Gastroenterologisk  
Ultrasonografi, Haukeland Universitetssjukehus

<sup>2</sup> Institutt for informatikk, Universitetet i Bergen

<sup>3</sup> Institutt for Indremedisin, Universitetet i Bergen

<sup>4</sup> Institutt for fysikk og teknologi,  
Universitetet i Bergen

## Introduksjon

Ultralydbilder lages ved å sende høyfrekvente lydølger inn i kroppen for så å registrere ekkoene av disse. Basert på ekkoene kan man ved hjelp av matematiske beregninger gjenskape snittbilder av kroppen. Med tredimensjonal (3D) ultralydteknologi klarer man ved hjelp av en enkeltmåling å gjenskape en serie av snittbilder som til sammen utgjør et 3D-volum. Slike

målinger kan med moderne ultralydprober gjøres raskt, opptil flere ganger i sekundet. Dette kalles 4D-ultralyd. For diagnostisk ultralyd brukes frekvenser i området 1-50 MHz avhengig av hva man ønsker å avbilde. Ved undersøkelse av bukorganer brukes vanligvis frekvensområdet 3-15 MHz, mens intravaskulært brukes frekvensområdet 20-40 MHz. Ultralydscannere brukes av radiologer, men apparatene mobilitet gjør dem praktiske i bruk også for klinikere i mange spesialiteter og allmennleger. Ultralyd er kostnadseffektivt, og har blitt et nyttig verktøy i moderne klinisk diagnostikk.

## Opptak av 3D-ultralydsdata

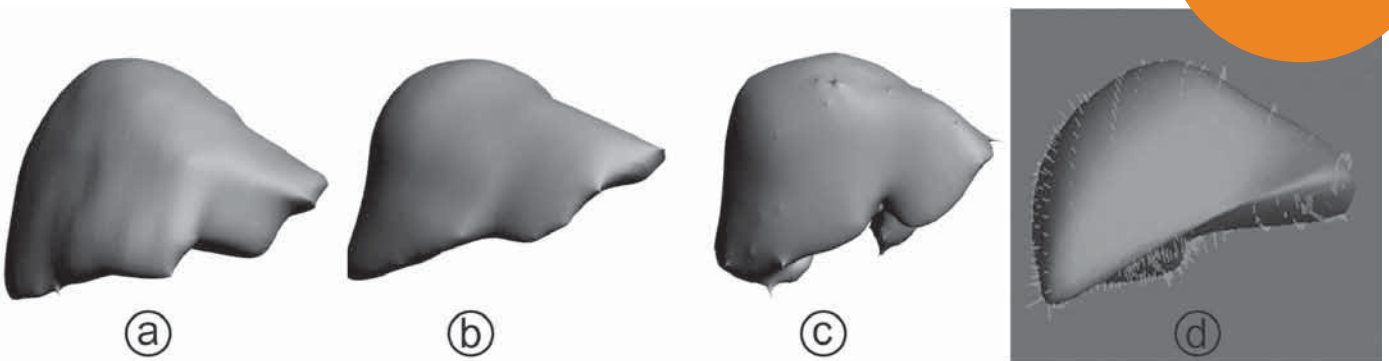
Et av de første arbeidene med 3D-ultralyd ble publisert i 1967. Flere framgangsmåter blir brukt for å generere 3D-bilder fra ultralyd. Ved hjelp av en todimensjonal (2D) ultralydsprobe kan 3D-volum måles ved

bruk av magnetisk sporing eller en mekanisk styrt bevegelse av proben. Sporingen brukes for å finne den romlige posisjonen til hvert 2D-bilde, og en serie av 2D-bilder fra ulike vinkler kan da bli satt sammen til et 3D-volum. Mekanisk bevegelse generer en samling 2D-bilder med kjente posisjoner som så blir satt sammen til et 3D-volum. Nyere metoder benytter seg av 3D-ultralydsprober som direkte generer 3D-data i sanntid. Tidligere eksisterte 3D-prober kun som prototypebaserte forskningsverktøy. Forskning har ført til fremskritt i produksjonsteknologi og videre også reduksjon i pris. Dette har medført at 3D-prober nå er blitt så gode at de kan anvendes i klinisk praksis. 4D-fremstilling av hjertet og abdominale organer er allerede tilgjengelig på flere kommersielle ultralydscannere. Flere selskaper som for eksempel Philips, Hitachi, Toshiba og GE tilbyr nå 3D prober.

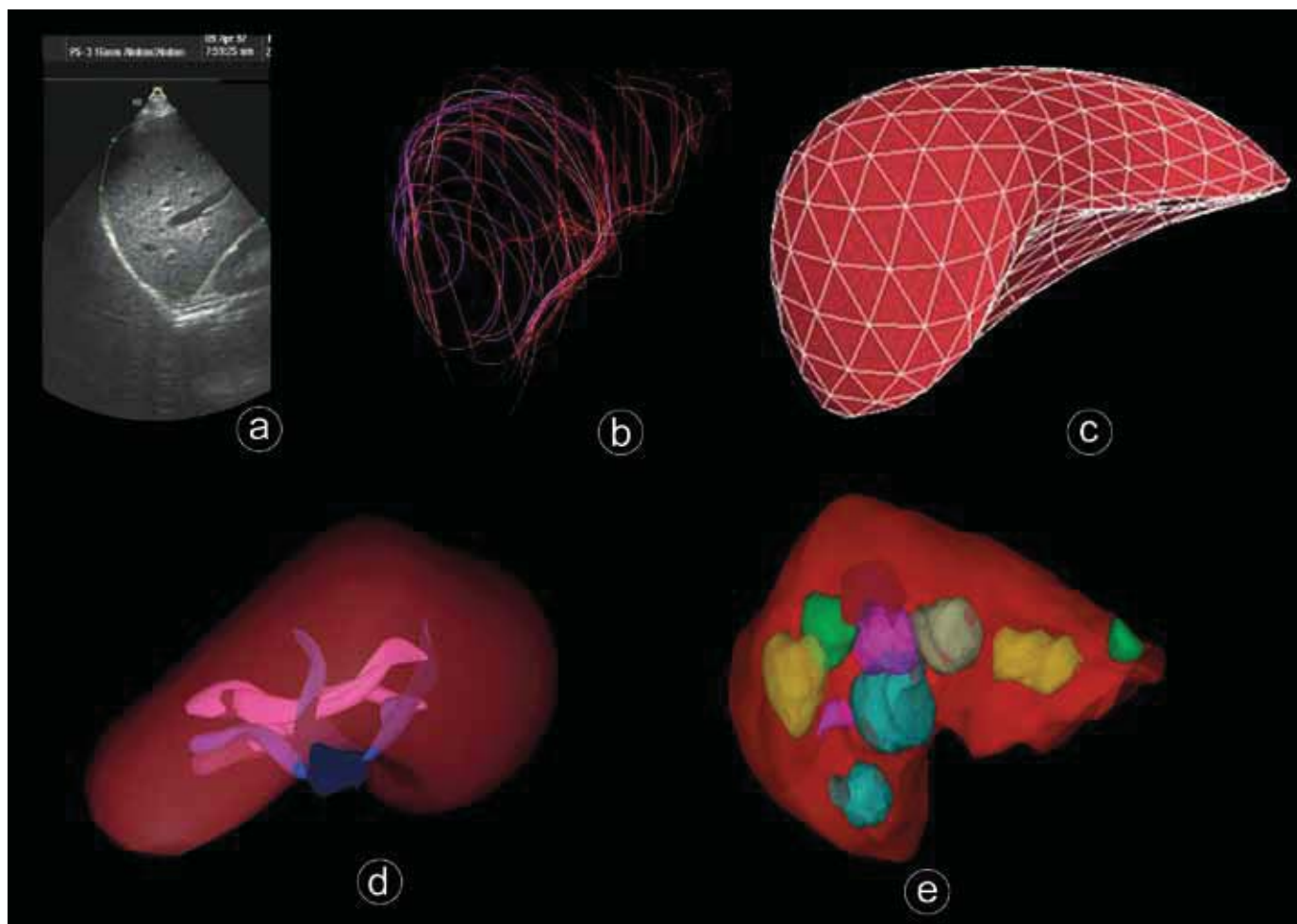


Figur 1: bildet viser 3D-ultralydprobe med 4D-opptaksmuligheter fra GE Healthcare.

Se nettgaven av  
artikkelen på  
[www.kirurggen.no](http://www.kirurggen.no)  
for demonstrasjon  
av 3D-bildet.



Figur 2: 3D-flatemodeller av lever laget ved hjelp av bildesegmentering av 3D-data. a) viser CT-data segmentert i programmet ITK-SNAP. b) viser MRI-data segmentert i programmet ITK-SNAP. c) viser samme MRI-data segmentert i programmet JVISION. Bilde d) viser ultralydsdata registrert ved tre-punkts sammensatt skanning. a), b) og c) er fra samme pasient og overflaten har blitt glattet i MeshLab.



**Figur 3:** Ultralydbilder av leveren. a) viser tradisjonelt 2D(B-møde)-scan hvor leverkanten har blitt skissert. Denne type skissering kan brukes for å danne en 3D-rekonstruksjon (segmentering) av leveren som vist i b). c) viser overflatemodell til en lever i 3D. d) viser en 3D-visning av blodkar i lever hilum/hilus. e) viser svulster i leveren i 3D.

I **figur 1** kan du se en 3D-probe fra GE Healthcare.

### Presentasjon av 3D-ultralydsdata

Det målte ultralydvolumet kan presenteres direkte ved hjelp av såkalt "Direct Volume Rendering" (DVR). Med en slik visning kan det være vanskelig å skille enkelte strukturer fra hverandre. Ved dataassistert preoperativ planlegging er det viktig med en pasientspesifikk presentasjon av relevante anatomiske strukturer som organer og vev, samt patologi som for eksempel svulster. Denne informasjonen kan segmenteres fra medisinske bildedata som CT eller MR. I økende grad brukes også ultrasonografi for 3D-segmentering. 3D-segmentering krever at medisinske data er tatt opp med bevart 3D-informasjon. Nye 3D-ultralydsapparater kan nå produsere slike 3D-data direkte. Når 3D-data av ønsket anatomi er innhentet, kan anatomiske strukturer bli ekstrahert fra omgivelsene ved hjelp av medisinsk bildesegmentering. Denne prosessen kan gjøres manuelt ved for eksempel å lage silhuetter rundt relevante strukturer i utvalgte tverrsnitt av 3D-data. Eksempler på segmenteringsprogrammer som brukes er ITK-SNAP og JVISION (**figur 2**). Noen slike

programmer inneholder også metoder som hjelper til med segmenteringen. Resultatet er en modell av hver relevant struktur. Etter segmentering kan strukturene om ønskelig behandles med "glatte-algoritmer" for å lage en jevn overflate. Slike 3D-modeller av anatomiske strukturer åpner for at kirurgene kan utføre bedre preoperativ planlegging (tørrtrening) i virtuelle datasett.

Innenfor det kirurgiske fagfelt foreligger det økende krav om kvalitetssikring. Dette kan blant annet løses ved hjelp av bedre planlegging før elektive inngrep. 3D-bilde fremstilling gjør at kirurgene kan utføre pre- og peroperative ultralydopptak som øker presisjonen og dermed sikkerheten ved operative inngrep.

3D-ultralyd kan også brukes for identifisering av kreft i vev med konsistent ekkogenisitet. Dette gjøres ved å visualisere 3D-ultralyd ved hjelp av metoden Maximum Intensity Projection (MIP). MIP viser et bilde med kun de punktene som har høyest refleksjonsintensitet i 3D-volumet. Visningsmetoden krever i praksis ingen ekspertise av operatøren. En begrensning med metoden er at i kompliserte vevsstrukturer

er det vanskelig å skille ulike svulster fra hverandre, og i verste fall ulike organer.

### 3D-ultralyd i praktisk bruk

3D-ultralyd har høy nøyaktighet og presisjon ved volumberegninger av organer og patologisk vev. Dette er av stor betydning innen diagnostikk og oppfølging av ulike sykdommer. Ved Nasjonalt Senter for Gastroenterologisk Ultrasonografi i Bergen har vi i en årrekke brukt 3D-ultralyd til å estimere ventrikkel-tømming, vurdere akkommodasjon av magesekken og tømming av galleblæren. Vi har også vist i flere studier at 3D-ultralyd har lav intra- og interobservatørfeil og god overenstemmelse med MR i volumberegninger av indre organer. CT- og MR-skanninger er andre metoder for måling av 3D-strukturer. Disse måleapparatene har fordeler i forhold til ultralyd, men også store ulemper, blant annet med hensyn til kostnader, mobilitet og stråling. I **tabell 1** viser vi en sammenlikning av de ulike modalitetene.

### Diskusjon

Sammenliknet med langt dyrere og mer plasskrevende diagnostisk apparatur som CT og MR, er potensialet for utbredelse og anvendelse av ultralyd stort. 2D-ultralyd har

Tabell 1. Fordeler og ulemper med ultralyd i forhold til MR og CT

	2D- og 3D-ultralyd	MR	CT
<b>Pris</b>	Rimelig	Dyrt	Svært dyrt
<b>Kompetansekrav for data/billedtolkning</b>	Relativ høy, men har potensial for forbedring grunnet utvikling i teknologi	Lav, men sensitiv på protokollvalg ved dataoptak	Lav, men sensitiv på protokollvalg ved dataoptak
<b>Stråledose</b>	Ingen stråling	Ingen stråling	Høy stråledose
<b>Dynamiske målinger</b>	Mulig	Mulig, men gjøres sjeldent ettersom tidskrevende	Mulig, men gjøres sjeldent på grunn av strålebelastning
<b>Apparatfaktor</b>	Høy portabilitet, kan brukes på ulykkesstedet, i sykebil, luftambulans og ved sykeseng	Lav/ingen portabilitet. Tidkrevende undersøkelse. Klaustrofobi. Begrenset plass (fedme)	Lav/ingen portabilitet. Klaustrofobi. Begrenset plass (fedme)
<b>Artefakter</b>	Demping i fett, luft og bein	Fra implantater	Fra implantater
<b>Skarphet</b>	Moderat og variabel	Høy	Høy
<b>Tidsoppløsning</b>	Meget høy	Lav	Moderat lav
<b>Bruk av kontrast</b>	Detaljert fortløpende visualisering av perfusjon. Svært gode temporale egenskaper. Kan ikke brukes ved alvorlig hjertesvikt.	Mange organspesifikke midler	Kan ikke brukes ved nyresvikt
<b>Kontraindikasjoner</b>	Ingen	Pacemaker, aneurismeclips, metall implantat etc.	Nyresvikt

allerede vist sitt potensiale, men har noen begrensninger som vil kunne reduseres noe ved innføring av 3D-ultralyd. Sammenliknet med CT og MR, tar det ofte lengre tid for å tilegne seg nødvendig erfaring for fullt ut å kunne utnytte informasjonen som hvert bilde inneholder, ved en ultralydundersøkelse. Selve CT og MR undersøkelsene utføres av radiografer. På forhånd er det radiologen som bestemmer hvilken protokoll som skal brukes for undersøkelsen. Etter undersøkelsen analyserer radiologen bildene. Valg av protokoll er avgjørende for å optimalisere undersøkelsen. Selv en erfaren ultralydoperatør kan ha vansker med å tolke bildekopiene som andre operatører har produsert. 3D-ultralyd vil kunne lette forståelsen av bilde-informasjonen og øke brukervennligheten. Dette vil kunne gjøre metoden mindre operatørvhengig, og dermed øke anvendelse og utbredelse.

Vevsprøvetaking for histologisk og cytologisk analyse er viktige rutineundersøkelser innen flere medisinske fagfelt. Slike inngrep, som for eksempel biopsi, gjøres nå til dags ofte blindt eller veiledet med 2D-ultralyd. Innføring av 3D-ultralydteknologi vil gjøre treffsikkerheten av denne prosedyren større, komplikasjonene færre og kan redusere ubehaget for pasienten.

## Konklusjon

3D- eller 4D-fremstilling av anatomi og indre organer kan potensielt hjelpe leger til

bedre å diagnostisere og behandle pasienter. Særlig gjelder dette der hvor nøyaktig volumberegning er viktig og ved visualisering av komplekse strukturer. 3D-ultralyd kan forenkle lege-til-lege-, og lege-til-pasient-kommunikasjonen fordi det gir mer forståelige bilder. Økt bruk av ultralyd kan

redusere strålingsutsettelse for pasienter og redusere stress ved at undersøkelsen i flere tilfeller kan utføres ved sykehussengen. Med innføring av sanntids 3D-ultralyd med ekte 4V-prober vil trolig de kliniske anvendelsene av 3D-ultralyd øke ved våre sykehus ■

### Referanser

- Ødegaard S, Gilja OH, Gregersen H. Editors of book: Basic and New Aspects of Gastrointestinal Ultrasonography (502 pages). Publisher: World Scientific. Singapore. 2005. ISBN 981-238-845-1.
- Gilja OH, Thune N, Matre K, Hausken T, Ødegaard S, Berstad A. In vitro evaluation of three dimensional ultrasonography in volume estimation of organs. *Ultrasound Med Biol* 1994;20(2):157-165.
- Hausken T, Thune N, Matre K, Gilja OH, Ødegaard S, Berstad A. Volume estimation of the gastric antrum and the gallbladder in patients with non-ulcer dyspepsia and erosive prepyloric changes, using three-dimensional ultrasonography. *Neurogastroenterol. Mot.* 1994;6:263-270.
- Gilja OH, Smievoll AI, Thune N, Matre K, Hausken T, Ødegaard S, A Berstad. In vivo comparison of 3D ultrasonography and Magnetic Resonance Imaging in volume estimation of human kidneys. *Ultrasound Med Biol* 1995;21:25-32.
- Gilja OH, Hausken T, Ødegaard S, Berstad A. Three-dimensional ultrasonography of the gastric antrum in patients with functional dyspepsia. *Scand J Gastroenterol* 1996;31:847-855.
- Gilja OH, Detmer PR, Jong JM, Leotta DF, Li X-N, Beach KW, Martin RW, Strandness Jr, DE. Intra-gastric distribution and gastric emptying assessed by three-dimensional ultrasonography. *Gastroenterology* 1997;113:38-49.
- Araki, T., et al., Visualization of coronary plaque in arterial remodeling using a new 40-MHz intravascular ultrasound imaging system. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012.
- Postema, M., Fundamentals of medical ultrasonics 2011, Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York: Spon Press. 248 p.
- Tiu, C.-M., et al., Ultrasound diagnosis of acute appendicitis: impact on cost and outcome in pediatric patients. *J. Med. Ultrasonod*, 2004. 12(3): p. 69-74.
- Vachhani, M., F. Hamer, and F. Clarke, Cost effectiveness of ultrasound scan by middle grade doctors in Gynae Assessment Unit (GAU). *Int. J. Gynecol. Obstet.*, 2009. 107(2): p. S470.
- Fishlock, D., Sound in 3D. *Ultrasonics*, 1967. 5(2): p. 130.
- Pavone, P., G. Luccichenti, and F. Cademartiri, From maximum intensity projection to volume rendering. *Semin Ultrasound CT MR*, 2001. 22(5): p. 413-9.
- Gerards, F.A., et al., Fetal lung volume: three-dimensional ultrasonography compared with magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2007. 29(5): p. 533-6.
- Lee, A., et al., Fetal lung volume determination by three-dimensional ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol*, 1996. 175(3 Pt 1): p. 588-92.
- Bernhard Preim, Dirk Bartz: Visualization in Medicine: Theory, Algorithms, and Applications, Morgan Kaufmann Publishers, 2007
- Asmund Birkeland Veronika Solteszova, Dieter Hoeningmann, Odd Helge Gilja, Svein Brekke, Timo Ropinski and Ivan Viola: The Ultrasound Visualization Pipeline – A Survey, Dagstuhl Book on Scientific Visualization, 2012
- Sarah F. F. Gibson: Constrained Elastic Surface Nets: Generating smooth surfaces from binary segmented data, MICCAI, Springer, 1999
- L.R. Hermann: Laplacian-Isoparametric Grid Generation Scheme. *Journal of the Engineering Mechanics Division of the American Society of Civil Engineers*, 102:749-756, 1976.
- Gilja OH, Hausken T, Berstad A, Ødegaard S. Invited review: Volume measurements of organs by ultrasonography. *Proc Inst Mech Eng* 1999, 213; 247-59.
- Tefera S, Gilja OH, Olafsdottir E, Hausken T, Hatlebakk JG, Berstad A. Intra-gastric maldistribution of a meal in patients with gastro-esophageal reflux disease assessed by three-dimensional ultrasonography. *Gut* 2002;50:153-158.