



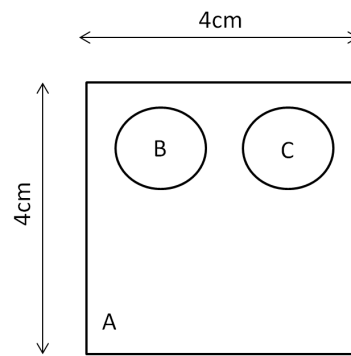
HL1202 Övningsmaterial – Ultraljud

Lärandemål 1: Förklara och tillämpa de fysikaliska processerna som ligger till grund för avbildning

E) Beskriva fysikaliska processer samt uppskatta eller beräkna avbildningsprocesser med givna parametrar

- 1.1 Vad är ultraljud och hur propagerar ultraljud i ett medium? (amplitud, våglängd, frekvens, ljudhastighet)
- 1.2 Beskriv principerna för hur ultraljud genereras och detekteras.
- 1.3 Beskriv olika sätt ultraljud interagerar med vävnad (transmission, refraktion, reflektion – spegling/diffus reflektion, konstruktiv/destruktiv interferens, spridning, diffraktion, absorption). Se appendix 1 för översikt.
- 1.4 Förklara hur pulsekotekniken fungerar.
- 1.5 Beskriv vad som ger upphov till kontrast i en ultraljudsbild med utgångspunkt från ultraljudets interaktion med vävnad. Vad bestämmer pixelintensitet i en ultraljudsbild?
- 1.6 Varför används gel vid avbildning med ultraljud?
- 1.7 Vad är ett speckle och hur uppkommer det?
- 1.8 Definiera akustisk impedans och beskriv vilken roll den har i ultraljudsavbildning.
- 1.9 Ultraljud attenueras när det propagerar i vävnad. Beskriv den processen.
- 1.10 Beskriv den fysikaliska processen som möjliggör Doppleravbildning.
- 1.11 Förklara varför man använder olika frekvenser på det utsända ultraljudet när man avbildar människokroppen.
- 1.12 En ultraljudspuls propagerar i medium A och träffar en rak yta B med infallsvinkel 30° . Beräkna och beskriv vad som händer med ultraljudspulsen efter att den träffat yta B. Den akustiska impedansen är $1\,600\,000\text{ kg/m}^2\text{s}$ i A och $1\,300\,000\text{ kg/m}^2\text{s}$ i B.
- 1.13 Objektet i figuren avbildas med en linjär ultraljudstransducer rakt uppifrån. Tabellen anger de akustiska egenskaperna för objektets olika material A-C. Material B och C är homogena medan A är icke-homogent med många reflektorer som är i storleksordningen en våglängd. Dessa reflektorer har samma akustiska impedans som material B. Rita och förklara hur avbildningen av objektet kommer att se ut samt beskriv hur eventuella artefakter uppkommer samt namnge dessa. Ange även hur du har time-gain-compensation (TGC) är inställd.

	Akustisk impedans (kg/m ² s)	Attenueringskoefficient (dB/cm)	Ljudhastighet (m/s)
A	$1,38 \times 10^6$	2	1540
B	$1,64 \times 10^6$	8	1538
C	$7,80 \times 10^6$	2	1541



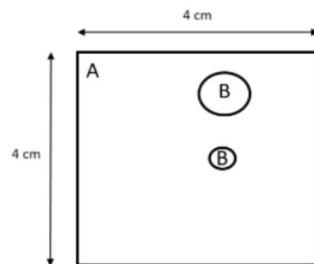
- 1.14 För att mäta blodflödet över mitralisklaffen i hjärtat används pulsad Doppler-teknik med en centerfrekvens på 3MHz. Mätningen utförs på 7 cm djup i bilden med en vinkel mellan ultraljudet och blodet på 60° och ger ett Dopplerskift på 4 kHz.
- Beräkna blodets hastighet.
 - Vilken är den högsta samplingsfrekvensen (PRF) som är möjlig?
 - Vilken är den lägsta samplingsfrekvensen (PRF) som kan användas för att undvika vikningsdistortion (aliasing)?
 - Dopplertekniken är vinkelberoende. Vad innebär det?
- 1.15 Beräkna reflektion och transmissionskoefficienten för intensitet och tryck för följande gränssytor då ultraljudet infaller vinkelrätt eller med vinkeln 30° mot gränssytan:
- blod/njure
 - luft/muskel
 - muskel/ben.

	Akustisk impedans $Z \times 10^5 \text{ (g cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{)}$
Blod	1,59
Muskel	1,7
Njure	1,62
Ben	7,8
Luft	0,00043

Vad betyder koefficienternas värden för avbildningens genomförbarhet?

- 1.16 Varför kan inte ultraljud användas för att avbilda bakom luft/ben?
- 1.17 Objektet i figuren avbildas med en linjär ultraljudstransducer rakt uppifrån. Material A är icke-homogent med många reflektorer som är i storleksordningen en våglängd medan B är homogent. Reflektorerna i A har samma akustiska impedans som material B. Rita och förklara hur avbildningen av objektet kommer att se ut samt beskriv hur eventuella artefakter uppkommer samt namnge dessa. Akustiska egenskaper för material A och B anges i tabellen.

	Akustisk impedans (kg/m ² s)	Attenueringskoefficient (dB/cm)	Ljudhastighet (m/s)
A	$1,4 \cdot 10^6$	2.0	1500
B	$20 \cdot 10^6$	2.2	1500



1.18 Beskriv hur följande antaganden kan påverka korrektheten i ultraljudsbilden. Namnge och beskriv artefakter som kan uppstå som ett resultat av varje nödvändigt antagande.

- 1) Ljudvågor färdas i raka linjer
- 2) Ekon kommer från ekokällor utmed ljudvågens utbredningslinje
- 3) Amplituden på ekon är direkt relaterad till ekokällans reflektionsegenskaper
- 4) Ljudhastigheten är 1540 m/s
- 5) Återvändande ekon kommer från senaste utsänd ultraljudspuls

1.19 Förklara för följande artefakttyper a) vad de kallas, b) hur de uppkommer samt c) i vilka kliniska situationer de är vanligt förekommande:

- 1) Multiplenekoartefakt (ex. comet tail, ring down artifact)
- 2) Hastighetsartefakt
- 3) Speglingsartefakt
- 4) Skuggningsartefakt
- 5) Förstärkningsartefakt
- 6) Upplösningsartefakt
- 7) Vikningsartefakt (aliasing)
- 8) Sidlobsartefakt
- 9) Refraktionsartefakt

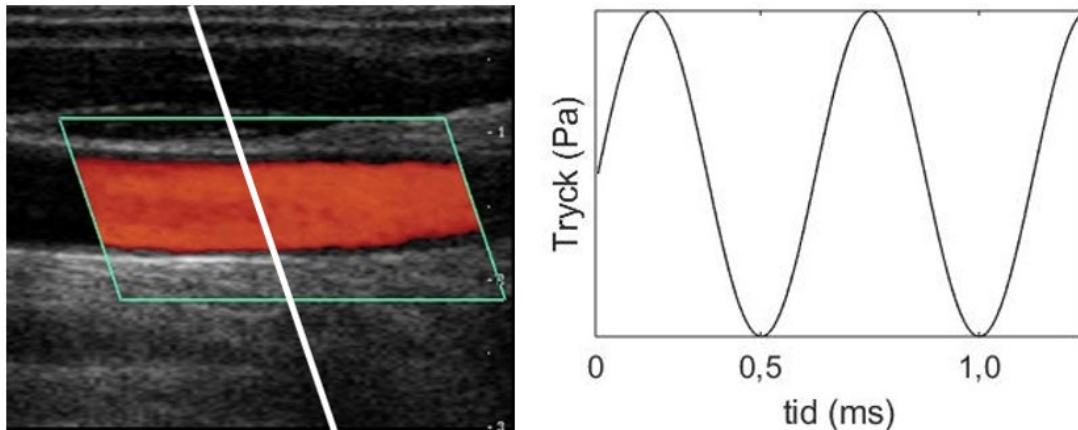
1.20 Förklara vad som gör ultraljud lämpligt att använda för avbildning:

- a) av blodflöde
- b) med hög temporal upplösning
- c) av foster

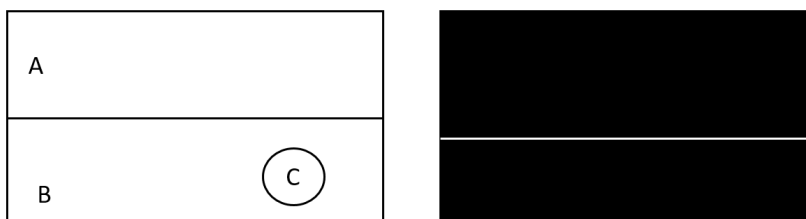
1.21 Vad är de möjliga riskerna med en ultraljudsundersökning och hur hanteras de?

C/A) Förklara fysikaliska processer samt uppskatta eller beräkna avbildningsprocesser med implicita parametrar/Beräkna eller uppskatta avbildningsprocesser genom egna antaganden

- 1.22 Blodflöde i halsartären avbildas med pulsad doppler längs den vita linjen i mitten av kärlet i den vänstra figuren. Det transmitterade ultraljudet har en centerfrekvens på 3MHz. Det största dopplerskiftet som mäts upp visas i den högra figuren.



- a) Beräkna blodets uppmätta maxhastighet i kärlet genom att göra rimliga antaganden.
- b) Vilken är den lägsta samplingsfrekvensen (PRF) som kan användas för att undvika vinkningsdistortion (aliasing)?
- 1.23 Bilden till vänster visar ett objekt som består av tre olika material, A, B och C. Objektets avbildning med ultraljud visas i bilden till höger. Vad avslöjar avbildningen om de akustiska egenskaperna hos material A, B och C?

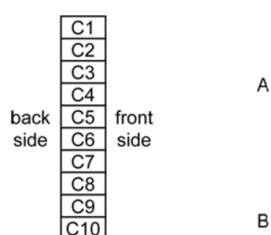


Lärandemål 2: Redogöra för uppbyggnaden och principen av bildgivande tekniker och apparatur

E) Beskriva tekniken och systemets ingående delar samt dess funktion

- 2.1 Beskriv de ingående delarna i ett ultraljudssystem samt dess funktioner.
- 2.2 Beskriv de ingående delarna i ett element i en ultraljudstransducer och dess funktioner.
- 2.3 Beskriv ultraljudsmaskinens beamforming-funktion (i transmit och receive). Beskriv hur en B-modebild skapas med utgångspunkt från beamforming.
- 2.4 Förklara olika sätt att fokusera ultraljudspulsen. Vad menas med dynamisk/elektronisk fokusering?
- 2.5 Beskriv ultraljudsmaskinens beamsteering-funktion
- 2.6 I vilken punkt kommer ultraljudspulsen att fokuseras om kristallerna exciteras enligt mönstret nedan då $t = 5 \text{ ms}$?

$$[C10] - t - [C9] - t/2 - [C8] - t/4 - [C7] - t/8 - [C1] - t/16 - [C6] - t/32 - [C2] - t/64 - [C5] - t/128 - [C3] - t/256 - [C4]$$

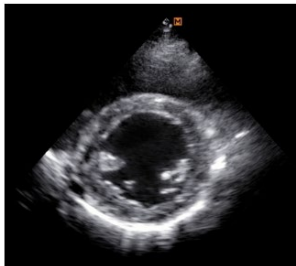


- 2.7 Vid avbildning med ultraljud måste en ljudhastighet antas samt antagandet att ljudvågor endast färdas i raka linjer. Förklara varför dessa antaganden måste göras?
- 2.8 Beskriv hur rörelse- och deformationsanalys fungerar inom ultraljudsavbildning samt olika teknikers för- och nackdelar
- 2.9 Beskriv hur A-mode, M-mode och B-mode genereras och presenteras.
- 2.10 Hur skapas gråskalebilden från den detekterade RF-signalen? Rita och Förklara.
- 2.11 Bilden nedan visar tre olika typer av ultraljudstransducera.
 - a) Ange dess namn, rita upp en schematisk ultraljudsbild från var och en av transducerna samt förklara hur bilden byggs upp med de olika transducerna.
 - b) Nämn ett vanligt användningsområde för varje transducertyp och motivera utifrån transducerns egenskaper och funktion varför de används till just detta.



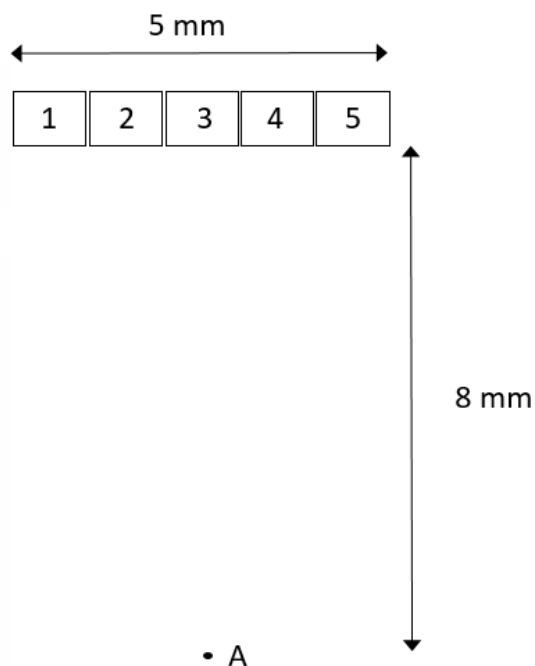
- 2.12 Förklara ultraljudsmaskinens funktion för time-gain-compensation och beskriv varför den används.
- 2.13 Beskriv principen för tekniken speckle tracking.
- 2.14 Beskriv skillnaderna mellan pulsad och kontinuerlig Doppler. Vilka är för- och nackdelarna med respektive teknik? När används de?
- 2.15 Hur fungerar "harmonic imaging" och varför man använder det? Hur påverkas bildkvaliteten av "harmonic imaging"?

- 2.16 Beskriv olika tekniker för att avbilda med ultraljud i tre dimensioner (endast översiktligt).
- 2.17 Rita och förklara hur M-mode och A-mode skulle kunna genereras från gråskalebilden nedan som visar en kortaxelbild på hjärtats vänstra kammare (myokardium = ljust cirkulärt segment, blod = svart cirkel). Ange enheter på axlar.



C/A) Redogöra för hur givna förändringar i tekniken och systemets ingående delar påverkar avbildningen/Redogöra för hur tekniken och systemets ingående delar kan optimeras genom egna antaganden

- 2.18 I figuren visas en schematisk bild av en ultraljudstransducer med 5 element (1- 5). Transducerns bredd är 5 mm. Uppskatta genom att göra rimliga antaganden vilka tidsfördröjningar som bör användas för element 1-5 för att skapa en fokuserad ultraljudsstråle i punkt A, 8 mm från transducern i dess laterala mittpunkt.

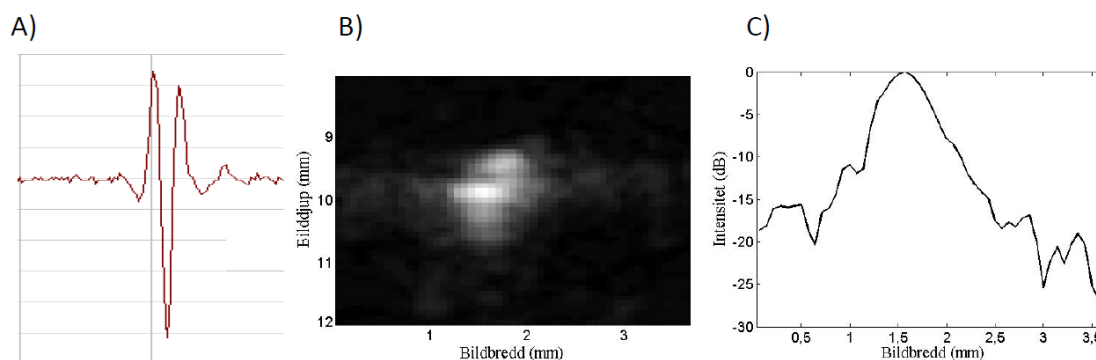


- 2.19 Beräkna hur elementen i en transducer med fem element ska aktiveras för att få till både beam-steering och dynamisk fokusering i a) transmit och b) receive.

Lärandemål 3: Redogöra för modaliteternas bildkvalitet

E) Med givna parametrar beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet samt förklara hur de begränsas utifrån fysikaliska processer

- 3.1 Beskriv vad som bestämmer temporal upplösning i en ultraljudsbild och hur den kan förbättras.
- 3.2 Beskriv vad som bestämmer spatiell upplösning i en ultraljudsbild och hur den kan förbättras. Beskriv detta för axiell, lateral och elevations-upplösning.
- 3.3 Beskriv vad som bestämmer kontrastupplösning i en ultraljudsbild och hur den kan förbättras.
- 3.4 Beskriv hur man kan mäta spatiell upplösning i en experimentell uppställning.
- 3.5 Ett ultraljudssystem med en linjär transducer (centerfrekvens: 12MHz) skickar ut pulser enligt bilden A. Bilden B är en point-spread-function (PSF) från detta ultraljudssystem. Bilden C visar bildintensiteten längs djupet 9,9 mm i bilden B med maximal intensitet = 0 dB. Antagande: ljudhastighet i kroppen = 1500 m/s.
 - a) Uppskatta/beräkna systemets axiella och laterala upplösning?
 - b) Hur blir den axiella upplösningen om pulsen hade bestått av 5 cykler.
 - c) Hur skulle systemets PSF påverkas om transducerns "backing material" togs bort?
 - d) Beskriv olika sätt att förbättra ett ultraljudssystems laterala upplösning.
 - e) Beskriv olika sätt att förbättra ett ultraljudssystems temporala upplösning.



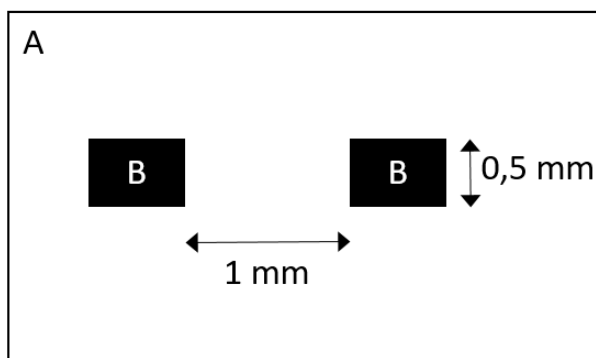
- 3.6 Bildkvaliteten kan förbättras genom att använda ultraljudsmaskinens funktion för Tissue harmonic imaging. Beskriv dess princip och på vilket sätt detta kan förbättra bildkvaliteten.
- 3.7 Beskriv vad dynamisk range är och hur det påverkar bildkvaliteten.
- 3.8 Är följande påståenden sanna eller falska? Motivera kort dina svar.
 - a) En centerfrekvens på 7 MHz ger bättre axial upplösning än en centerfrekvens på 8 MHz då övriga inställningar hålls konstanta.
 - b) Time-gain compensation används för att förändra bildens temporala upplösning.
 - c) Logkompression används för att förändra kontrasten i ultraljudsbilden.
- 3.9 Två ultraljudsbilder tas på samma objekt med olika inställningar. De inställningar som inte anges antas vara samma för de två bilderna. Vilken bild, A eller B, har bäst:
 - a) axiell upplösning?

- b) lateral upplösning?
c) temporal upplösning?

Bild A	Bild B
Transducer: linjär	Transducer: linjär
Centerfrekvens: 8 MHz	Centerfrekvens: 4 MHz
Antal cykler i pulsen (n): 7	Antal cykler i pulsen (n): 3
Bilddjup: 4 cm	Bilddjup: 8 cm
Bildbredd: 4 cm	Bildbredd: 2 cm
Antal strålar i bilden: 200	Antal strålar i bilden: 100
Antal fokusdjup: 3	Antal fokusdjup: 1

C/A) Beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet med implicita parametrar/Beräkna eller uppskatta olika mått på bildkvalitet genom egna antaganden

- 3.10 En barnmorska undersöker ett foster i vecka 38 med ultraljud. En kurvlinjär transducer med centerfrekvens 2 MHz används för att samla in bilder i B-mode.
- a) Uppskatta den axiella upplösningen i ultraljudsbilden genom att göra rimliga antaganden om nödvändig information.
- b) Uppskatta den temporala upplösningen genom att göra rimliga antaganden om nödvändig information.
- 3.11 Objektet i figuren avbildas med en linjär ultraljudstransducer uppifrån. Den akustiska impedansen är $1\,600\,000\text{ kg/m}^2\text{s}$ i A och $1\,300\,000\text{ kg/m}^2\text{s}$ i B. Ange en avbildningssetup (dvs. en specifikation av nödvändiga parametrar som frekvens etc.) som kan användas för att upplösa de två objekten B både lateralt och axiellt genom att göra rimlig antaganden. Motivera ditt svar!



- 3.12 En lever avbildas med ultraljud. En kurvlinjär transducer används för att samla in bilder i B-mode.
- a) Uppskatta den axiella upplösningen i ultraljudsbilden genom att göra rimliga antaganden om nödvändig information.
- b) Uppskatta den temporala upplösningen genom att göra rimliga antaganden om nödvändig information.

Vävnadsinteraktion - vilka hör ihop?

1. Transmission

2. Refraktion

3. Reflektion (spegling)

4. Diffus reflektion

5. Destruktiv interferens

6. Spridning - scattering

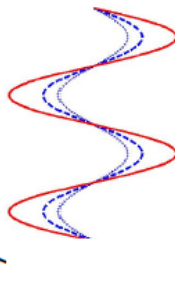
7. Konstruktiv interferens

8. Diffraction

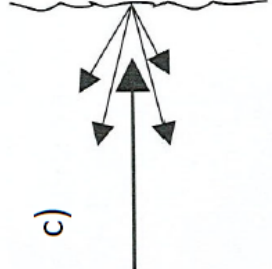
9. Absorption



a)



b)



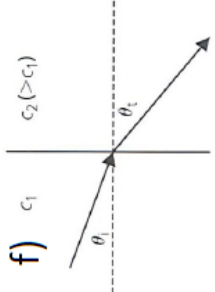
c)



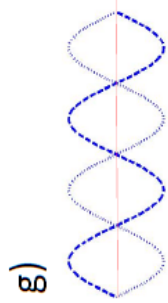
d)



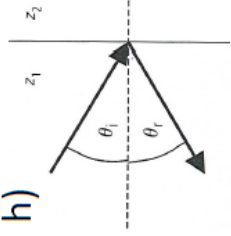
e)



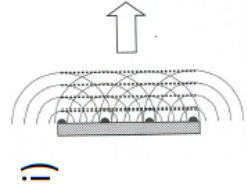
f)



g)



h)



i)

A. Ljudet studsar mot en yta och ändrar riktning

B. Energin i en ljudvåg minskar då vågen propagerar i ett medium på grund av värmeförluster

C. Ljudvågen sprids när den propagerar från en källa

D. Överlagring av två eller flera vågor där resultatet blir utsläckning

E. Ljudvågen byter riktning vid övergången mellan två medier

F. Ljudet studsar mot en yta och börjar propagera i flera olika riktningar

G. Ljudet sprids mer eller mindre lika mycket i alla riktningar

H. Ljudet fortplantar sig i ett medium

I. Överlagring av två eller flera vågor där resultatet blir förstärkning