

Tentamen i Introduktion till medicinteknik
EEN071/EEN225 2025-06-02 kl. 14.00-18.00

Tillåtna hjälpmedel: Inga
Förfrågningar: Hana Dobsicek Trefna ankn 5052, alt. 073-3232386.
Lösningar: anslås på Canvas
Resultatet: anslås i Ladok
Granskning: av tentarättning: 3/7 kl. 12:00 i rum E2 Mötesrum 7322, EDIT-huset

Har du några förfrågningar över uppgifterna, ring telefonnummer ovan.

För varje uppgift skall du med dina egna ord visa att du förstår frågan och dess sammanhang och att du med dina egna ord presenterar ett svar som få plats på 1-2 handskrivna A4-sidor. Använd gärna illustrationer.

Max 75 poäng. Poängintervallet 33-46 ger betyget 3 (godkänt), 47-60 ger betyget 4 och 61-75 ger betyget 5.

Fråga 1. Etik, moral / Anatomi och fysiologi (15p)

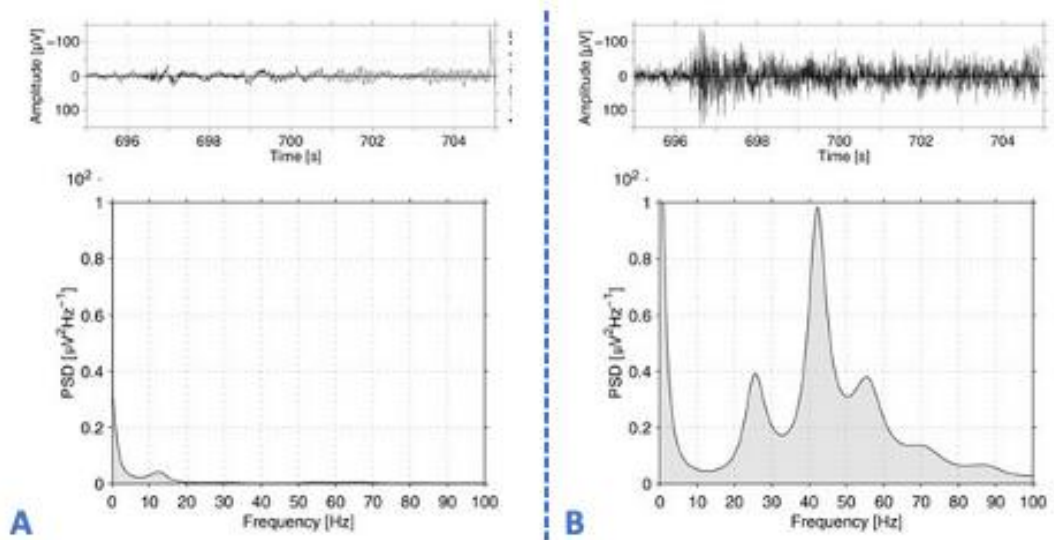
- Beskriv skillnad mellan moral och etik. Vad är det som avgör vad som är moraliskt riktigt när man befinner sig i ett moraliskt dilemma inom vården. (3p)
- Vad är cancer? Förklara olika stadier av cancer och koppla de med mortalitet. Vilka är de framstående cancerbehandlingsmetoderna? (3p)
- Hur skulle du definiera motorisk kontroll? (1p) Vilka individuella system (på övergripande nivå) skapar motorisk kontroll? (1p) Du vill sträcka ut din hand och hämta en penna, beskriv hur denna rörelse utförs. (3p)
- Vad är membranpotential, och hur uppstår den? (2p)
- Beskriv principen för laparoskopi (2p)

Fråga 2. Grunder om bioinstrumentering och sensorer (15p)

- När vi får elektrisk ström genom kroppen, vad händer då? Tänk scenariot att en person greppar koppartrådar med händerna. När strömmen ökar från 0 till 10 Ampere, vad händer vid olika nivåer. (6p)
- Förklara varför differentialförstärkare används i biopotentialförstärkare och hur dessa kan vara uppbyggda. Hur kan man veta att differentialförstärkaren blev bra? (4p)
- Förklara hur EKG är uppbyggt genom att inkludera orden hjärtvektor, avledning och plan. Hur många avledningar kan man skapa och hur bildas de utökade avledningarna? (5p)

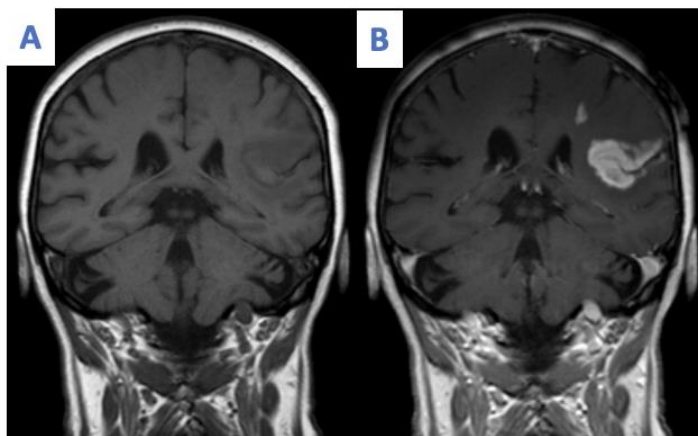
Fråga 3. Medicinsk Signalbehandling (15p)

- a) Förklara principen bakom Pan-Tompkins-algoritmen. Vad är dess syfte och vilka steg består den av? (3p)
- b) Förklara princip av EEG mätningar.
 - i. Hur uppstår den elektriska aktiviteten i hjärnan, och hur kan vi praktiskt mäta den för att få rumslig information? Beskriv 10-20 system. (2p)
 - ii. Vilken är den främsta användningen av EEG? (1p)
 - iii. En av mest använda signalbehandlingsmetod för EEG analys är så kallade Independent component analysis (ICA) algorithm. Vi pratar om tre matriser: x = kanaler; u = ICA komponenter och W = 'unmixing' matrix. Vad beskriver dessa matriser och vilken är (matematisk) koppling mellan dem. (4p)
 - iv. Hur kan man använda ICA algoritmen för artefaktreducering. (2p)
 - v. Bilden nedan visar en inspelat (ren) EEG signal och dess frekvensspektrum (A) samt en epok där samma signal är förorenad av en typisk artefakt. Vilken artefakt handlar det (förmodligen) om? Beskriv dess ursprung, karakteristiska egenskaper samt signalbehandling metoder som reducerar dem. (3p)



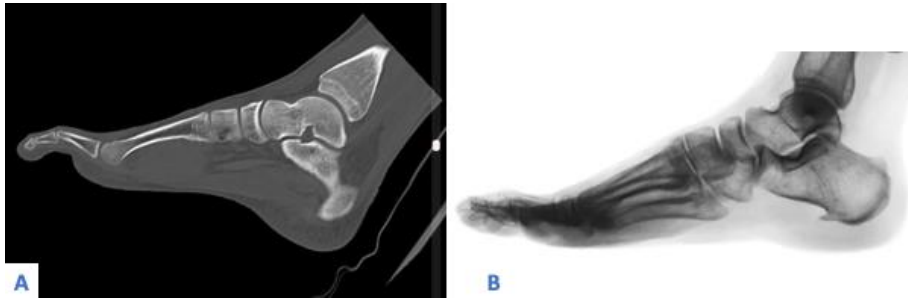
Fråga 4. Medicinska bildgivningsmetoder (15p)

- a) MRI:

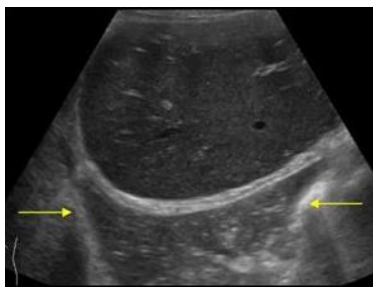


- i. Förklara i detalj hur en MR-bild skapas (Rita gärna en skiss). (4p)
- ii. Vad är Larmorfrekvensen och hur kopplas den till MR-hårdvaran? (1p)
- iii. För en del undersökningar med MRI används Gadoliniuminnehållande kontrastmedel, som på bilden B bredvid. Vad är syfte och hur går det till? (2p)

- b) En fot var avbildat med två avbildningstekniker. Vilka? Beskriv principen och skillnad mellan dem? För full poäng ska svaret motiveras. (3p)

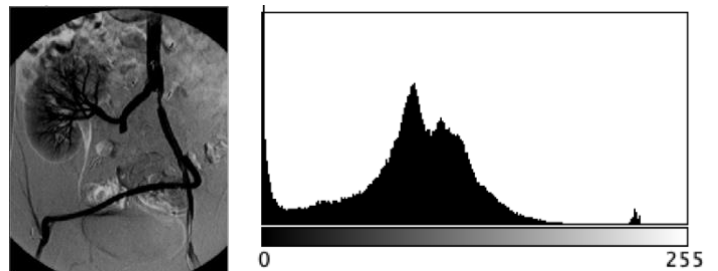


- c) Vad är en Hounsfield skala och varför används den? (2p)
d) Nedanstående bild visar en Lunginflammation i höger nedre lob. Vilken avbildningsteknik användes för att generera bilden? Vilken fysik bygger metoden på? Beskriv principen. (3p)

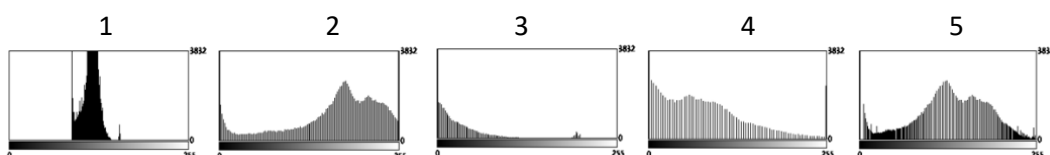
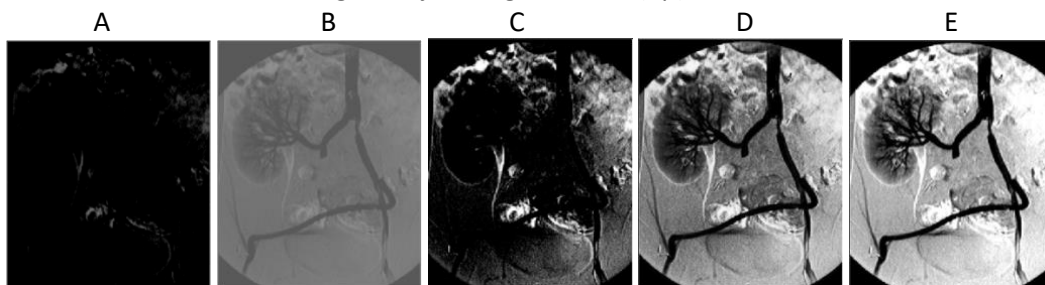


Fråga 5. Bildbehandling (15p)

- a) Till höger om denna text visas en bild med tillhörande histogram. Denna bild har sedan genomgått olika histogramtransformeringar. Detta har i sin tur gett som resultat ett antal transformerade bilder (A-E) och tillhörande histogram (1-5) som visas nedan. Uppgiften är att para ihop rätt bild med rätt histogram. Svaren skall motiveras.



I vilken av bilderna har histogramutjämning använts? (5p)



- b)** Ge ett exempel på hur en faltningsmatris ser ut som kan användas för att hitta kanter i en bild. Motivera och förklara ditt exempel. Finns det några fördelar respektive nackdelar med att använda en stor eller liten matris? (5p)

- c) En 5 x 5 pixlar stor bild definieras av matrisen.

$$a = \begin{bmatrix} 5 & 1 & 8 & 2 & 9 \\ 3 & 4 & 2 & 6 & 1 \\ 1 & 1 & 5 & 2 & 4 \\ 7 & 2 & 3 & 2 & 5 \\ 5 & 4 & 1 & 3 & 2 \end{bmatrix}$$

Använd ett icke normaliserat och 3 x 3 pixlar stort medelvärdesbildande filter för att filtrera bilden i matrisen. Beräkna värdet i centumpixeln av den filtrerade bilden. Vad blir centumpunktens värde om man använder en normaliserad medelvärdesbildande matris istället. (5p)

Lösningsförslag:

1:

- a) Beskriv skillnad mellan moral och etik. Vad är det som avgör vad som är moraliskt riktigt när man befinner sig i ett moraliskt dilemma inom vården. (3p)

Moral handlar om våra handlingar och värderingar och är kopplat till våra personliga uppfattningar om vad som är rätt och fel. Etiken är normativ vetenskap som står för den systematiska reflektionen över mänskliga värderingar och handlingar och motiven för dessa. Etik handlar om att reflektera över moralen, göra en teoretisk och systematisk analys av vad som är rätt och fel.

När man står inför ett moraliskt dilemma inom vården, dvs. en situation där olika etiska principer krockar och inget alternativ är helt "rätt" eller "fel", finns det flera faktorer som vägleder vad som anses vara moraliskt riktigt. Det som avgör vad som är moraliskt riktigt och etiskt försvarbart i ett vård dilemma är en sammanvägning av etiska principer, lagar, yrkesetiska riktlinjer, patientens värderingar, konsekvenser och professionellt omdöme. Det mest centrala för att avgöra vad som är moraliskt riktigt, är de fyra etiska principerna inom vården: autonomi (Respekt för patientens självbestämmande.), göra gott (Att handla i patientens bästa intresse.), inte skada (dvs. undvika att orsaka fysisk eller psykisk skada.) och rättvisa (alla patienter ska behandlas lika och ges rättvist tillträde till vårdresurser.). Ett moraliskt val innebär ofta att balansera dessa principer mot varandra för att ta ett etiskt försvarbart beslut.

- b) Vad är cancer? Förklara olika stadier av cancer och koppla de med mortalitet. Vilka är de framstående cancerbehandlingsmetoderna? (3p)

Cancer är ett samlingsnamn för en grupp sjukdomar som kännetecknas av okontrollerad celledelning och spridning av onormala celler i kroppen. Dessa celler kan bilda tumörer (klumpar av cancerceller) och i vissa fall sprida sig till andra delar av kroppen – vilket kallas metastasering.

Cancer delas ofta in i stadier (stage I–IV) för att beskriva hur långt sjukdomen har spridit sig. Ju högre stadium, desto mer avancerad är sjukdomen – och därmed oftast sämre prognos. Mortaliteten ökar ju högre stadium det är.

Stadium 0: Cancerceller finns endast i det lager där de uppstod (ej invasiv), ingen spridning.

Prognosen är väldigt god och cancer ofta botbar.

Stadium I: Liten tumör, begränsad till det organ där den startade, ingen spridning till lymfkörtlar eller andra delar av kroppen. Ofta god prognos om behandling sätts in i tid.

Stadium II: Större tumör och/eller viss spridning till närliggande vävnad eller lymfkörtlar, ingen fjärrmetastasering. Ökad mortalitet, men cancer ofta fortfarande behandlingsbar.

Stadium III: Stor tumör, ofta med spridning till flera närliggande lymfkörtlar eller vävnader, fortfarande ingen fjärrmetastasering. Kräver ofta mer aggressiv behandling (kirurgi + strålning + cytostatika).

Stadium IV: Metastaserad cancer. Cancer har spridit sig till andra delar av kroppen (t.ex. lungor, lever, skelett). Mortalitet är hög, oftast inte botbar, men behandling kan förlänga liv och lindra symtom.

De framstående cancerbehandlingsmetoder är: kirurgi, strålbehandling och systemisk behandling.

- c) Hur skulle du definiera motorisk kontroll? (1p) Vilka individuella system (på övergripande nivå) skapar motorisk kontroll? (1p) Du vill sträcka ut din hand och hämta en penna, beskriv hur denna rörelse utförs. (3p)

Motorisk kontroll definieras som förmågan att styra och samordna kroppens rörelser genom ett komplext samspel mellan hjärnan, nervsystemet, musklerna och sinnesorganen. De individuella system som tillsammans skapar motorisk kontroll är nervsystemet (både centrala och perifera

nervsystemet), sensoriska system (sinnesorgan och proprioception), muskuloskeletala systemet (muskler, leder, skelett och bindväv), kognitiva system och emotionella system.

För att sträcka ut handen och hämta en penna behöver pennan först lokaliseras visuellt och identifieras kognitivt som en penna som ska hämtas. Därefter sker motorisk planering där hjärnan (främst premotorcortex och motorcortex) planerar rörelsen, dvs. vilka muskler som behöver aktiveras, i vilken ordning, med vilken kraft och vilken väg handen ska ta. Motorcortex skickar sedan signaler via ryggmärgen och perifera nerver till de muskler som ska användas, samtidigt som hjärnan hämmar oönskade rörelser. Rörelsen finjusteras av cerebellum för att uppnå god koordination och balans. Via proprioception och syn får hjärnan kontinuerlig feedback om handens position och rörelsens riktning, medan somatosensorisk information (t.ex. när fingrarna rör vid pennan) hjälper till att avgöra när handen ska gripa om pennan. Efter handen har gripit tag om pennan avslutas rörelsen och armen återgår till viloposition eller fortsätter med en annan rörelse.

d) Vad är membranpotential, och hur uppstår den? (2p)

Membranpotential är den elektriska spänningsskillnaden mellan insidan och utsidan av en levande cells membran. Den uppstår eftersom det finns en ojämn fördelning av elektriskt laddade joner (kalium K^+ , natrium Na^+ och klor Cl^-) på vardera sida av cellmembranet, och membranet fungerar som en selektiv barriär som styr vilka joner som får passera. Jonkanaler och pumpar reglerar flödet av joner genom cellmembranet.

2:

a) När vi får elektrisk ström genom kroppen, vad händer då? Tänk scenariot att en person greppar koppartrådar med händerna. När strömmen ökar från 0 till 10 Ampere, vad händer vid olika nivåer. (6p)

Nivåerna nedan i följande ordning:

- (1) Perceptionströskel
- (1) Släppström
- (1) Andningsförlamning, smärta, trötthet
- (1) Ventrikelflimmer
- (1) Sustained myocardial contraction (Ihållande hjärtmuskelsammandragning)
- (1) Brännskador och fysisk skada.

b) Förklara varför differentialförstärkare används i biopotentialförstärkare och hur dessa kan vara uppbyggda. Hur kan man veta att differentialförstärkaren blev bra? (4p)

- (1) Förstärka skillnadssignaler och dämpa likasignaler
- (0.5) Nämn CMRR
- (0.5) CMRR = common mode rejection ratio
- (1) Högt värde på CMRR
- (0.5) CMRR = kvoten mellan DM-förstärkning och CM-förstärkning
- (0.5) Varifrån kommer störningarna: t.ex. från elektriska ledningar.

c) Förklara hur EKG är uppbyggt genom att inkludera orden hjärtvektor, avledning och plan. Hur många avledningar kan man skapa och hur bildas de utökade avledningarna? (5p)

- (1) Avledning = vektor i en bestämd riktning, skapas av ett par elektroder eller ett ekvivalent par av elektroder.
- (1) Hjärtvektorn visualiseras med hjälp av flera avledningar, eftersom en vektor kan beskrivas med hjälp av andra vektorer.
- (1) Man skapar avledningar i frontalplanet och transversalplanet, och får automatiskt avledningar i sagittalplanet.
- (1) Man kan använda upp till 12 avledningar: 6 i frontalplanet och 6 i transversalplanet.
- (1) De utökade avledningarna är i frontalplanet. Det bildas först tre avledningar direkt mellan tre elektroder (RA, LA, LL), I, II och III, medan de utökade bildas mellan medelpotentialen mellan två elektroder och den tredje elektroden.

3)

a) Pan-Tompkins-algoritmen används för att detektera QRS-komplex i EKG-signaler i realtid. Den bygger på signalbehandling i flera steg: först filtreras signalen för att ta bort brus, därefter deriveras den för att förstärka branta övergångar. Sedan kvadreras signalen för att förstärka amplituden, följt av en glidande medelvärdesberäkning. Slutligen används tröskelvärden för att identifiera QRS-komplex. Syftet är att pålitligt hitta hjärtslag i EKG-data.

b)

- i. Hur uppstår den elektriska aktiviteten i hjärnan, och hur kan vi praktiskt mäta den för att få rumslig information? Beskriv 10-20 system. (2p)

Den elektriska aktiviteten i hjärnan uppstår genom nervcellers (neuroners) kommunikation via elektriska impulser – så kallade aktionspotentialer – samt genom synaptisk aktivitet där joner flödar över nervcellernas membran. Denna aktivitet kan mätas för att ge både tidsmässig och rumslig information om hjärnans funktion.

EEG mäter hjärnans elektrisk aktivitet på hjärnans yta via elektroder fästa på hårbotten och ger en god tidsupplösning (millisekunder), men låg rumslig upplösning. För högre rumslig upplösning kan man istället använda tex. magnetoencefalografi (MEG) som mäter de magnetfält som skapas av elektrisk hjärnaktivitet och komplettera mätningen med MRI.

10–20-systemet är ett standardiserat sätt att placera elektroder på huvudet, baserat på avståndet mellan anatomiska referenspunkter på skallen (nasion, inion och preaurikulära punkter). Namnet kommer från att elektroderna placeras med avstånd motsvarande 10 % eller 20 % av total huvudlängd eller bredd.

- ii. Vilken är den främsta användningen av EEG? (1p)

Den främsta användningen av EEG är för att upptäcka och utvärdera epilepsi, men det används också vid tex. sömnstudier och intensivvård.

- iii. En av mest använda signalbehandlingsmetoder för EEG analys är så kallade Independent component analysis (ICA) algorithm. Vi pratar om tre matriser: x = kanaler; u = ICA komponenter och W = 'unmixing' matrix. Vad beskriver dessa matriser och vilken är (matematisk) koppling mellan dem. (4p)

Matrisen x beskriver de ursprungliga, uppmätta signalerna dvs. vid mätning av EEG motsvarar x de olika elektroderna som mäter hjärnaktiviteten. Samma elektrod kan fånga upp signaler från flera ursprungliga källor, de uppmätta signalerna är alltså ofta en blandning av flera olika källsignaler.

Matrisen u motsvarar de underliggande källorna till signalerna, de oberoende komponenterna efter att ICA algoritmen har applicerats på uppmätta signaler.

Matrisen W är den matris som relaterar de oberoende komponenterna u från ICA algoritmen, till de uppmätta, blandade signalerna från elektroderna.

De tre matriserna beskriver förhållandet mellan den uppmätta EEG-signalen och de underliggande källsignalerna (dvs. de oberoende komponenterna). Matematiskt kan kopplingen mellan dessa tre matriser beskrivas som $x=Wu$.

- iv. Hur kan man använda ICA algoritmen för artefaktreducering. (2p)

Efter att en EEG-signal har uppmätts, kan ICA algoritmen användas för att bryta ner EEG-signalen i flera oberoende komponenter (ICs), där varje komponent motsvarar en möjlig källa till signal; både faktiska hjärnsignaler och artefakter. Genom att inspektera varje komponent visuellt (kurvor, toppografi, frekvensinnehåll) kan man hitta de komponenter som är tydliga artefakter. De identifierade artefaktkomponenterna subtraheras från övriga signaler och tas bort (dvs. deras bidrag sätts till noll). Den "renade" signalen rekonstrueras från de kvarvarande komponenterna → hjärnsignalen blir tydligare och lättare att analysera.

- v. Bilden nedan visar en inspelat (ren) EEG signal och dess frekvensspektrum (A) samt en epok där samma signal är förorenad av en typisk artefakt. Vilken artefakt handlar det (förmodligen) om? Beskriv dess ursprung, karakteristiska egenskaper samt signalbehandling metoder som reducerar dem. (3p)

Muskelaktivitet. Muskelaktivitet kommer från elektriska signaler i skelettmuskler. Vid mätning av EEG härstammar de framförallt från muskler som finns nära huvudet: ansiktsmuskler (t.ex. käkar, panna), tinningmuskler (temporalområdet) och nack- och skalpmuskler. Karakteristiskt för muskelartefakter är ett oregelbundet och snabbt fluktuerande brus och breda frekvensband av ofta höga frekvenser (20–300 Hz). För att reducera muskelartefakter kan man förutom att använda sig av ICA, tex. använda sig av filter som bandpassfilter för att filtrera bort höga frekvenser från EMG-signalerna.

4)

a)

- i) Magnetresonanstomografi (MR) bygger på kärnmagnetisk resonans, där väteprotoner i kroppen exciteras av en radiofrekvent (RF) puls vid deras Larmorfrekvens i ett homogent statiskt magnetfält (B_0). RF-pulsen (B_1) tappar magnetiseringen från longitudinell till transversal riktning. När RF-pulsen stängs av, sker relaxation (T_1 och T_2), varvid protonerna återgår till jämviktsläge och emitterar inducerade signaler (FID – Free Induction Decay). Spatial information erhålls genom tillfälligt applicerade gradientfält (G_x , G_y , G_z), och signalerna transformeras till bilddata via Fouriertransform. Resultatet är högupplösta anatomiska bilder i valfritt plan.
- ii) Larmorfrekvensen är den frekvens vid vilken kärnspinn (t.ex. väteprotoner) precesserar kring det externa magnetfältet i en MR-skanner. Den ges av formeln: $f = \gamma \cdot B_0$
- RF-spolarerna i MR-maskinen är konstruerade för att sända och ta emot signaler exakt vid Larmorfrekvensen och är valda enligt B_0 . RF-spolarerna används för **excitation av kärnspinn** och **detektion av MR-signal**
- iii) Patienterna får en injektion av kontrastmedlet precis före eller under undersökningen. Kontrastmedel har förmåga att vid en given koncentration minska relaxationstiderna T_1 och T_2 och på så sätt ger upphov till större signalskillnader genom växelverkan mellan vävnadens protoner och kontrastmedlet.

b) A-CT, B-röntgen.

CT (datortomografi) och konventionell röntgen använder båda röntgenstrålning för medicinsk avbildning, men på olika sätt. Röntgen ger en tvådimensionell bild genom att strålningen passerar kroppen i en riktning. Strukturer kan överlappa och detaljer kan förloras.

CT tar däremot många bilder i olika vinklar och skapar tvärsnittsbilder (3D-rekonstruktioner), vilket ger högre detaljrikedom och möjlighet att urskilja mjukvävnader bättre. CT innebär dock högre stråldos och längre undersökningstid.

- c) en numerisk skala som används i datortomografi (CT) för att kvantifiera vävnaders täthet baserat på deras röntgenattenuering. Hounsfield-enheter (HU) anger hur mycket en viss vävnad dämpar röntgenstrålning jämfört med vatten. Används huvudsakligen för kalibrering av bildkontrast och val av fönsternivå/fönsterbredd
- d) Ultraljud; Ultraljudsvågor sänds in i kroppen och reflekteras tillbaka när de träffar gränser mellan vävnader med olika akustisk impedans. Denna reflektion används för att skapa en bild av kroppens inre strukturer.

5)

- a) A-3 (mest svart i bilden), B-1 (mest mellangrå nyanser), C-4 (mycket svart men mer vita nyanser än i bild A), D-5 (hela bilden en aning mörkare än E, mer mellangrå nyanser), E-2 (mer av de allra ljusaste nyanserna än i D)

Histogramutjämning har använts i bild D. Det ser man på att hela gråskalan nyttjas och att nyanserna är mer jämnt fördelade i histogram 5. Där staplarna är som högst syns mellanrum som inte finns vid lägre staplar. Det är ett tecken på att histogramutjämning gjorts.

- b) Följande matris kan användas för kantdetektering och baseras på beräkningar av andraderivator i bilden

$$b = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Andra matriser såsom Sobel och Prewitt matriser kan också användas

En liten matris gör beräkningen bruskänslig. En större matris ger bättre robusthet mot brus, däremot blir detaljupplösningen istället lite sämre.

- c)

27, 3