

Elektrokardiografi (EKG)

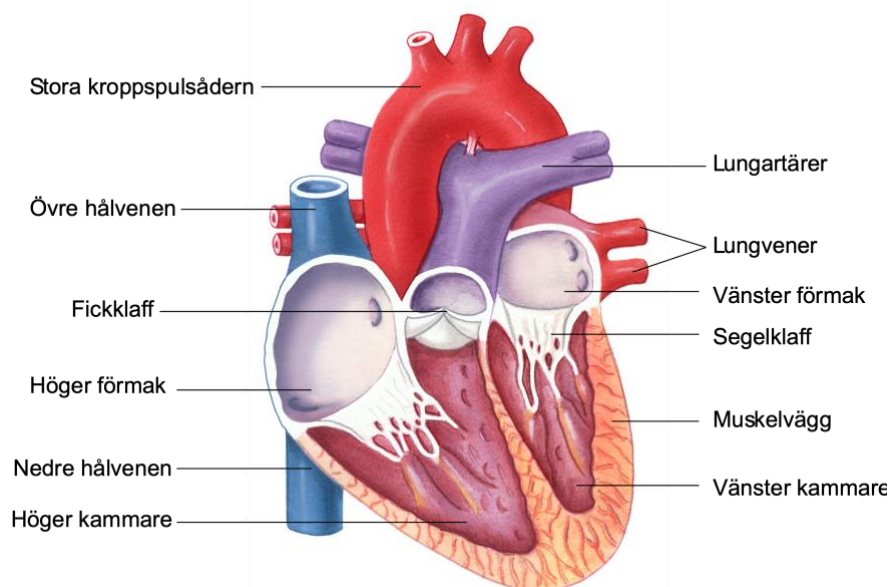
TILL DETTA DELMOMENT REKOMMENDERAS SIDORNA 143-152 OCH 161-164
I KURSBOKEN.

Den viktigaste metod vi idag har för att ställa diagnosen hjärtsjukdom är elektrokardiogrammet (EKG). Hjärtats mekaniska arbete kan studeras genom att avleda elektriska potentialer på kroppsytan. Elektrokardiografi används främst för att kontrollera hjärtats arbetsgång genom att analysera den kurva som bildas av potentialskillnaderna som uppstår i hjärtat, ett så kallat EKG. Denna kurva har ett karakteristiskt utseende och ett tränat öga kan ställa noggranna diagnoser genom att studera avvikelser. Kontinuerlig EKG-övervakning används vid operationer och intensivvårdsavdelningar.

1. Hjärtats arbete

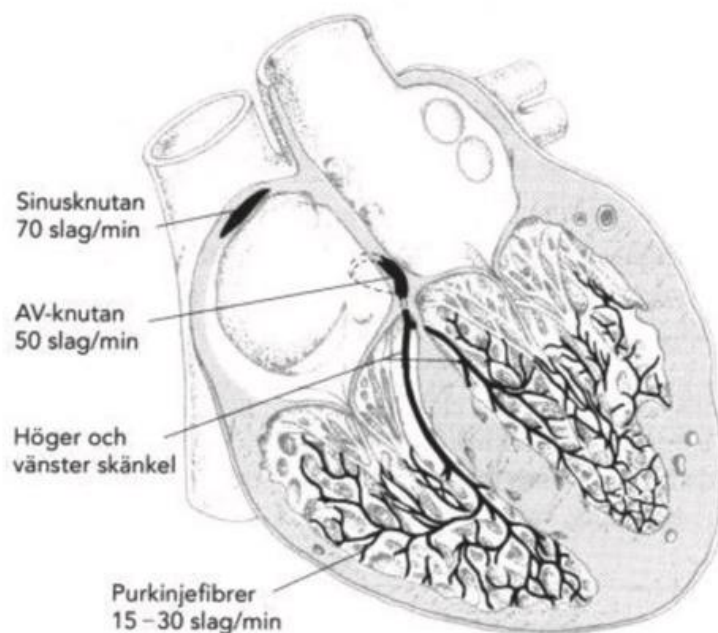
För att underlätta beskrivningen hjärtats arbete finns en översiktsskild av hjärtats olika delar i Figur 1. Hjärtats arbetsgång delas in i en arbetsfas och en vilofas som hela tiden upprepas, detta är den så kallade hjärtcykeln. Hjärtcykeln består av:

- *Diastole (vilofas)*
Hjärtmuskeln är i vila, det är större tryck i lungartären och aorta än i kamrarna, vilket håller fickklaffarna stängda (inget blod lämnar hjärtat). Förmaken fylls med blod från hålvenerna och lungvenerna. Trycket i förmaken öppnar segelklaffarna och blodet strömmar in i kamrarna.
- *Förmakssystole*
Förmaken sammanpressas och resterande blod pressas in i kamrarna.
- *Systole (arbetsfas)*
Alla klaffar är stängda inledningsvis, trycket i kamrarna ökar och fickklaffarna öppnas, kamrarna pressar ut allt blod via aorta och lungartären.



Figur 1: Översikt av hjärtats olika delar. Not: Stora kroppspulsådern kallas också aorta. Bild från 1177.se

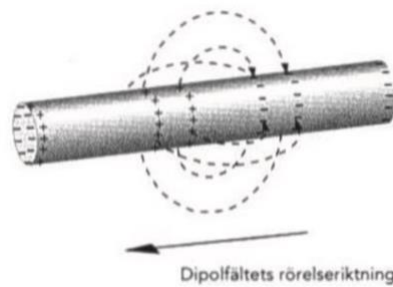
Hjärtat är ett av kroppens organ som fungerar "automatiskt", det vill säga att det kan slå av sig själv. Detta beror på att hjärtat innehåller celler som har förmågan att spontant urladda sig. Dessa urladdningar retar muskelfibrerna, som i sin tur urladdas och kontraheras. Dessa celler utgör hjärtats retledningssystem. Förmågan till spontan urladdning kallas ibland automacitet. I höger förmaksvägg finns sinusknutan, som rytmiskt alstrar ca 70 slag/min. Denna frekvens kan påverkas av båda delarna av det autonoma nervsystemet, dvs det nervsystem som agerar utanför viljans kontroll, den sympatiska delen ökar hjärtfrekvensen medan den parasympatiska delen minskar hjärtfrekvensen. Sinusknutans impuls leder till att förmaken kontraheras och impulsen sprids sedan till AV-knutan. AV-knutan sprider i sin tur retningen vidare via Hiska bunt (eller His bunt) och två skänklar på var sin sida av kammarskiljeväggen, ned till de båda hjärtkamrarna via fina trådar, purkinjefibrerna, som förgrenar sig i kammarmuskulaturen och får kamrarna att kontraheras. Figur 2 visar en översikt av retledningssystemet (Hiska bunt finns ej markerad men sitter strax innan delningen till de två skänklarna). Även AV-knutan och purkinjefibrerna har automacitet; frekvensen för deras spontana urladdningar kan du se i figuren. Lägg märke till att ju längre ut (mer distalt) i retledningssystemet man kommer desto långsammare är rytmen, det innebär att om det kommer regelbundna impulser från sinus-knutan så kommer inte de senare delarna i systemet att inte "hinna" generera egna impulser, som i så fall skulle störa hjärtats verksamhet. Om det däremot blir en skada i någon del av retledningssystemet så kan den del av systemet som ligger distalt om skadan ta över och se till att retningar ändå skickas och att hjärtat fortsätter kontrahera, men med en lägre puls. Om till exempel sinusknutans signaler inte skickas eller inte når fram till AV-knutan, så tar AV-knutans spontana urladdningar över och hjärtat kommer då att kontraheras med en frekvens på ca 50 slag/minut.



Figur 3:38. Hjärtats retledningssystem.

Figur 2: Översikt av hjärtats retledningssystem. Not: Hiska bunt är inte markerad i bilden, men är placerad strax ovanför förgreningen av höger och vänster skänkel. Bild från *Medicin och Teknik*, Bertil Jacobsson, 1995.

2. Hjärtats Dipolfält

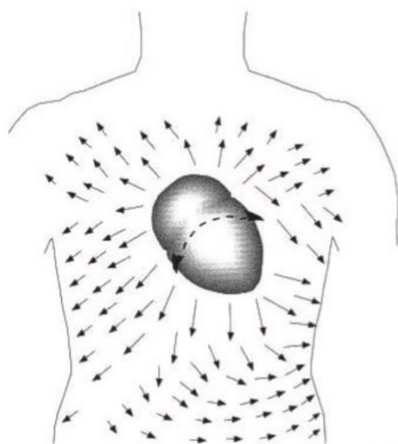


Figur 3:31. Depolarisationen av en muskeltråd åtföljs av ett dipolfält, som förflyttar sig längs muskeltråden i takt med kontraktionen.

Figur 3: Illustration av dipolfältet som bildas i en muskeltråd. Bild från *Medicin och Teknik*, Bertil Jacobsson, 1995.

Hjärtat är en muskel som består av ett stort antal muskeltrådar. Varje sådan muskeltråd ger upphov till ett dipolfält vid kontraktion, i princip kan man säga att ett dipolfält är ett elektriskt fält med en positiv och en negativ pol (se Figur 3). Summan av alla dessa enskilda dipolfält adderas till hjärtats totala dipolfält, som kan studeras genom avledning av potentialer på kroppsytan med hjälp av elektroder (se "Mätning av biopotentialer"). EKG-kurvan som avleds har ett mycket karakteristiskt utseende som i stort sett ser likadant ut hos alla friska människor, förutsatt att man gör mätningen på korrekt sätt. Det är därför fördelaktigt att studera EKG när man misstänker något fel på hjärtat.

3. Avledningssystem



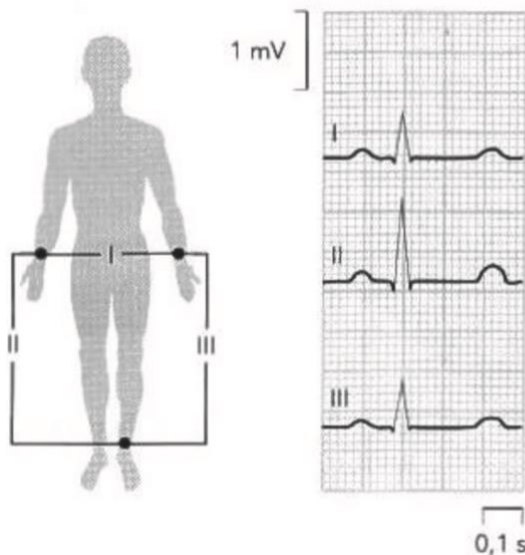
Figur 3:33. De elektriska vektorernas riktning och ungefärliga storlek upptagna under början av systole. Aktionspotentialerna utbreder sig längs muskeltrådarna (streckade pilar). Vektorerna växlar ständigt med fasen i hjärtcykeln.

Figur 4: Illustration av elektriska vektorer, som beskriver det elektriska fält som dipolfälten i hjärtat ger upphov till i de närliggande delarna av kroppen; illustrationen visar vektorerna under början av systole. Bild från *Medicin och Teknik*, Bertil Jacobsson, 1995.

De av hjärtat genererade potentialerna fortplantas ut till kroppens alla delar. Figur 4 illustrerar det elektriska fält som detta ger upphov till, med hjälp av "elektriska vektorer" som visar vilken riktning och storlek fältet har vid en viss position. Potentialerna varierar under hela hjärtcykeln och eftersom fördelningen är förhållandevis komplicerad är det viktigt att välja rätt avledningsställen vid registreringen. Potentialerna leds ut till armar och ben, och när man vill mäta största möjliga potentialskillnad för att få fina EKG-kurvor blir extremiteterna en utmärkt plats att fästa elektroderna. Det är alltid en potentialskillnad mellan två elektroder som mäts, ett sådant "par" av elektroder eller mätpunkter kallas en avledning. Olika avledningar kan bidra med information om olika typer av problem med hjärtat och bra diagnostisk information kan fås genom att jämföra olika avledningar. Av denna anledning mäter man generellt flera avledningar samtidigt. De vanligaste avledningssystemen förklaras nedan.

Bipolära extremitetsavledningar – standardavledningar I, II och III

Denna enkla avledningsteknik är den mest praktiskt använda, men försvårar för analys av hjärtarbetet eftersom de kurvor man får ut beror på två punkter vars potential samtidigt varierar. Figur 5 illustrerar elektrodernas placering och de EKG-kurvor som resulterar från dessa bipolära avledningar, dvs potentialskillnaden mellan par av elektroder.

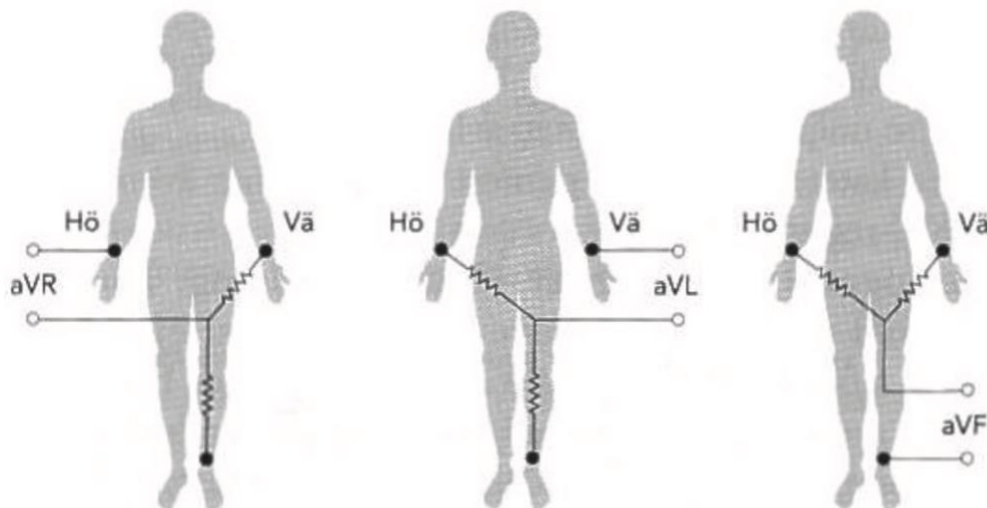


Figur 3:34. Standardavledningar för registrering av EKG.

Figur 5: Illustration av bipolära standardavledningar. Bild från *Medicin och Teknik*, Bertil Jacobsson, 1995.

Unipolära extremitetsavledningar – aVR, aVL, aVF

För att underlätta analysen av EKG-kurvan kan man mäta potentialskillnaden mellan en mätpunkt som inte varierar under hjärtcykeln, en referenspunkt, och någon av extremiteterna. Detta kallas för en unipolär extremitetsavledning. Rent praktiskt åstadkoms den stabila mätpunkten genom att koppla ihop de två övriga extremiteterna via två lika stora resistanser. Figur 6 visar de tre olika unipolära extremitetsavledningarna.

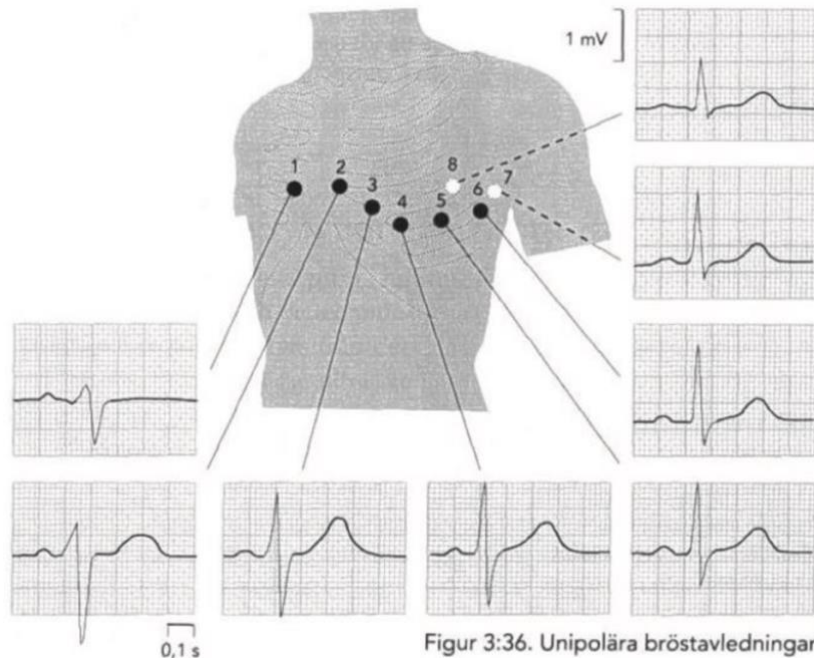


Figur 3:35. Unipolära extremitetsavledningar.

Figur 6: Illustration av unipolära extremitetsavledningar. Bild från *Medicin och Teknik*, Bertil Jacobsson, 1995.

Unipolära bröstavledningar – V1...Vn

När man vill studera hjärtat mer noggrant vad gäller potentialvariationen i olika delar av hjärtat, placeras elektroder runt bröstkorgen på väldefinierade punkter. Som stabil referens kan den så kallade Wilson-elektroden användas, som är en sammankoppling av de unipolära extremitetsavledningarna (aVR, aVL och aVF). Figur 7 illustrerar placering av unipolära bröstavledningarna och exempel på resulterande EKG-kurvor.



Figur 3:36. Unipolära bröstavledningar.

Figur 7: Illustration av unipolära bröstavledningar. Not: elektrodposition 7 och 8 i figuren (vita punkter) sitter på ryggen; dessa ingår inte i standardsystemet med 12 avledningar, men kan ge bra diagnostisk information vid en hjärtinfarkt som påverkar hjärtats bakre vägg. Bild från *Medicin och Teknik*, Bertil Jacobsson, 1995.

Inom klinisk fysiologi brukar man använda ett standardsystem med 12 avledningar. Dessa 12 avledningar består av 3 bipolära extremitetsavledningar, 3 unipolära extremitetsavledningar samt 6 bröstavledningar (1-6). Ofta kopplas också en elektrod på höger ben (RL) trots att den inte ingår i någon avledning, den används istället för att reducera störningar i EKG (hur det fungerar ingår ej i denna kurs). Det finns olika aspekter att tänka på när man ska koppla upp ett 12-ledar EKG. En mycket viktig aspekt är korrekt placering av elektroderna på bröstet, eftersom en felaktig placering kommer att påverka kurvans utseende och därmed potentiellt också tolkningen av EKG-mätningen. En relaterad nyckelaspekt är att använda korrekt färgkodning för kablarna som kopplas till de olika elektroderna, detta motverkar att man blandar ihop sladdarna och därmed kopplar elektroderna i fel ordning till EKG-apparaten. Även detta skulle göra att signalerna såg annorlunda ut, och kan potentiellt leda till ett felaktigt tolkat EKG.

Alla de olika aspekterna man bör tänka på när man gör ett 12-ledar EKG finns bra beskrivna i följande artiklar i Vårdhandboken (som är en öppet tillgänglig tjänst från Sveriges regioner och kommuner):

<https://www.vardhandboken.se/undersokning-och-provtagning/ekg/tillvagagangssatt/>

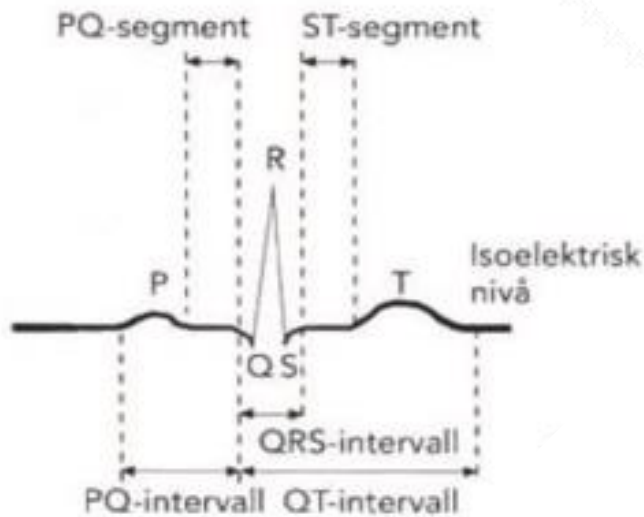
<https://www.vardhandboken.se/undersokning-och-provtagning/ekg/olika-ekg-avledningar/>

Det finns också en kort film som förklarar vad man ska tänka på och hur det går till:

<https://www.vardhandboken.se/undersokning-och-provtagning/ekg/film-om-elektrodplacering-vid-ekg-registrering/>

4. Tolkning av EKG

För att tolka EKG har man delat in EKG-kurvan i perioder med bokstavs-beteckningar som identifierar olika vågor under en hjärtcykel, PQRST. Genom att mäta tidsskillnader och amplituder för olika delar av EKG-kurvan kan man diagnosticera olika hjärtsjukdomar genom att titta på avvikelser från ett normalt EKG.



Figur 8: Illustration av de olika segmenten som motsvarar en hjärtcykel i ett EKG. Bild från *Medicin och Teknik*, Bertil Jacobsson, 1995.

Olika vågor och tidsperioder i EKG-kurvan illustreras i Figur 8. De olika delarna av hjärtcykeln i ett EKG kan beskrivas enligt följande:

- **P-vågen**
Representerar förmakens depolarisation; detta leder till kontraktion av förmaken.
- **PQ-segmentet**
Representerar depolarisation av AV-noden och Hiska bunten.
- **QRS-komplexet**
Representerar depolarisation av kamrarna; detta leder till kontraktion av kamrarna. Detta kallas för "komplex" då det egentligen handlar om 3 olika vågor (Q, R, S), men alla tre vågorna är inte alltid distinkta i kurvan och därför behandlar man dem ofta som en "sammansatt" del av kurvan.
- **ST-segmentet**
Representerar perioden mellan depolarisation och repolarisation av kamrarna.
- **T-vågen**
Representerar repolarisationen av kamrarna.

Ovan nämns "segment" och "vågor" som de delar som ingår i EKG-kurvan, men man brukar också tala om vissa "intervall". Skillnaden mellan ett segment och ett intervall kan kanske verka otydlig, men principen är att ett segment är en period mellan två olika vågor, medan ett intervall omfattar både ett segment och en våg (jämför t.ex. PQ-segment och PQ-intervall i Figur 8). Tiden för ett visst intervall i EKG-kurvan kan ge viktig information om den elektriska ledningen genom retledningssystemet, till exempel så motsvarar PQ-intervall den tid det tar för en impuls att ledas från sinusknutan till kamrarna.