



Extremitetelektrodernas inverkan på QRS-amplituden och den elektriska axeln i ett elektrokardiogram

The limb electrodes and their impact on QRS amplitudes and the electrical axis in an electrocardiogram

Författare: **Rebecca Dobos**

Vårterminen 2018

Examensarbete: Grundnivå (G2), 15 högskolepoäng

Huvudområde: Biomedicinsk laboratorievetenskap

Biomedicinsk analytikerprogrammet, inriktning klinisk fysiologi

BMLV, Examensarbete, 15 högskolepoäng

Intuitionen för hälsovetenskaper, Örebro universitet

Handledare: Anita Hurtig-Wennlöf, biträdande professor,
Örebro universitet

Examinator: Malin Prenkert, lektor, Örebro universitet

SAMMANFATTNING

Hjärtat är ett muskulärt organ och en avgörande del i cirkulationssystemet. Det som ger upphov till hjärtats muskelkontraktion är myokardcellernas förmåga till elektrisk aktivering och återgång till vila. Depolarisationsvågen som är riktad ut mot epikardiet registreras av elektroder på huden och ger upphov till ett positivt EKG-utslag. De prekordiala elektroderna avspeglar hjärtats elektriska aktivitet i horisontalplan och dess registrering ger upphov till avledning V1-V6. Extremitetelektroderna avspeglar hjärtats elektriska aktivitet i frontalplan. Frontalplanet indelas i ett sex-axlat koordinatsystem där vinkeln mellan varje extremitetavledning är 30° . Syftet med examensarbetet var att undersöka om, och i så fall hur mycket, en omplacering av extremitetelektroderna i ett 12-avlednings-EKG vid tre olika placeringar påverkar QRS-amplituden och el-axeln. Dessutom undersöktes ifall de möjliga skillnaderna kunde leda till byte av bedömningskategori, exempelvis att någon går från att ha normalställd till att få högerställd/vänsterställd el-axel vid omplacering av extremitetelektroderna. Under studien registrerades tre 12-avlednings-EKG hos varje försöksperson. Vid registrering behöll de prekordiala elektroderna grundplaceringen, medan extremitetelektroderna kopplades om till redan förutbestämda, mer centrala placeringar. Resultatet visade en signifikant skillnad både hos QRS-amplituden samt el-axeln vid omplacering av extremitetelektroderna. Vid 2% av observationerna ändrades bedömningskategorin från normalställd till vänsterställd el-axel. Det är därför lika viktigt att notera en avvikande placering, som det är att notera ett kopplingsfel. Då båda har gemensamt att dom kan förändra utseendet hos EKG:et och leda till missbedömning och feldiagnosticering.

Nyckelord: EKG, QRS-amplituden, el-axeln, extremitet/prekordiala avledningar.

ABSTRACT

The heart is a muscular organ and a critical part of the circulatory system. The origin of the heart muscle contraction is the ability of the myocardial cells for electrical activation and return to rest. The depolarization wave directed towards the epicardium is detected by electrodes on the skin surface, and gives rise to a positive ECG signal. The precordial electrodes reflect the electrical activity of the heart in the horizontal plane and it is registered in leads V1-V6. The limb electrodes reflect the heart's electrical activity in the frontal plane. The frontal plane is delimited by a six axis coordinate system where the angle between each limb is 30 °. The purpose of the thesis was to investigate whether and, if so, how much a relocation of the limb electrodes in a 12-lead ECG at three different positions affects the QRS amplitude and the electrical axis. In addition, it is investigated whether the possible differences could lead to a change of assessment category, for example, if changing från a normal position to a right/left axis when relocating the limb electrodes. During the study, three 12-lead ECGs were recorded in each subject. Upon registration, the precordial electrodes retained the standard position while the limb electrodes were switched to already predetermined, more central, locations. The result showed that there was significant difference both in the QRS amplitude and in the electrical axis when relocating the limb electrodes. In 2% of the observations, the rating categories for the electric axis was changed from normal to left-handed electric axis. It is therefore equally important to note a different location, such as noting a connection error. Then both have common sense that they can change the appearance of the ECG and lead to misjudgment and error diagnosis.

Keywords: ECG, QRS-amplitude, el-axis, extremities/precordial leads.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INTRODUKTION.....	1
1.1	Hjärtats elektrofysiologi	1
1.2	Hjärtats impulsspridning	2
1.3	Elektrokardiografi.....	3
1.4	Allmänt tolkningsschema	5
1.5	Syfte	6
1.6	Frågeställningar	6
2	MATERIAL OCH METOD.....	7
2.1	Datainsamling.....	7
2.2	Etiska överväganden.....	7
2.3	Metod	7
2.4	Databearbetning QRS-amplituden.....	9
2.5	Databearbetning el-axeln.....	10
2.6	Statistisk metod	14
3	RESULTAT.....	15
3.1	Resultat	15
3.2	QRS-amplituden	15
3.3	El-axeln	17
4	DISKUSSION	19
4.1	Resultatdiskussion	19
4.2	Metoddiskussion.....	20
4.3	Jämförelse med andra studier	20
4.4	Tänkbar utveckling av problemområdet.....	25
4.5	Slutsats.....	26
	REFERENSER	27
	BILAGOR	29

1 INTRODUKTION

1.1 Hjärtats elektrofysiologi

Hjärtat är ett muskulärt organ och en avgörande del i cirkulationssystemet. Det som ger upphov till hjärtats muskelkontraktion är myokardcellernas förmåga till elektrisk aktivering och återgång till vila (1). Myokardcellerna som styr detta ingår i retledningssystemet tillsammans med sinusknutan, atrioventrikular-knutan (AV-noden), His-bunten, höger och vänster skänkel samt purkinjefibrerna (2).

Alla celler som ingår i retledningssystemet har en förmåga till spontan elektrisk aktivering. Denna depolariseringsförmåga kallas för automaticitet och leder till att cellerna i retledningssystemet kan ge upphov till aktionspotentialer. Cellerna som finns i sinusknutan är i normala fall de celler som depolariseras först. Detta beror på att cellerna i sinusknutan har en liten membranpotentialskillnad jämfört med andra myocardceller, samt ett stort utflöde av natriumjoner (3).

Det finns tre typer av jonkanaler som alla spelar en viktig roll vid bildandet av aktionspotentialer. Dessa är de snabba natriumkanalerna, de långsamma natrium-kalciumkanalerna samt kaliumkanalerna. På grund av den höga natriumkoncentrationen utanför cellerna och de redan öppna natriumkanalerna i membranet så tenderar positiva natriumjoner att diffundera in i cellen. De positiva natriumjonerna påverkar insidan av cellen och vilopotentialen blir därmed mer positiv. När potentialen har ökat från en spänning på -70 millivolt (mV) till en spänning på -40 mV, så kommer natrium och kalciumkanalerna att aktiveras och orsaka en aktionspotential. Sinusknutans självexciterande förmåga beror på cellernas inneboende egenskap att kunna diffundera natrium- och kalciumjoner (1).

Natrium- och kalciumkanalerna kommer efter ungefär 100 till 150 millisekunder (ms) från deras öppnade att bli inaktiva. I samband med att natrium och kalciumkanalerna blir inaktiva så kommer även en stor mängd kaliumkanaler att öppnas. När både kalium-, natrium- och kalciumkanalerna har upphört att vara aktiva så kommer den intracellulära potentialen att återgå till vilopotentialen. Kalciumkanalerna kommer

därefter att stå öppna i några ms till, för att hinna föra ut överskottet av positiva jonerna ur cellen (1).

Efter att överskottet av positiva jonerna har lämnat cellen, kommer cellens intracellulära miljö genom hyperpolarisation återgå till att vara negativ. En hyperpolarisation hjälper den intracellulära miljön att i slutet av en aktionspotential nå en potential på omkring -50 till -60 mV. Därefter kommer den intracellulära miljön att sjunka något ytterligare i skillnad mellan in- och utsidan. När spänningen mellan in- och utsidan hos cellen är tillräckligt låg, så kommer natrium utanför cellen att diffundera in i membranet för att utjämna koncentrationsskillnaden. En ny aktionspotentialscykel har då börjat (1).

1.2 Hjärtats impulsspridning

Depolarisationsförloppet som normalt startar i sinusknutan kommer att sprida sig till förmaksmyokardiet. Depolarisationen aktiverar successivt höger och vänster förmak. I förmaken finns tre stycken ledningsvägar varav den ena, Bachmanns bunt, förbinder de båda förmaken med varandra (2).

Därefter sprider sig depolarisationsvågen vidare till AV-noden som är belägen i nedre delen av det högra förmaket. I AV-noden kommer impulsen att fördröjas. Impulsens fördröjning beror på en långsammare ledningshastighet gentemot den som finns i förmaket. Impulsen fortleds därefter vidare ned genom His-buntens mot skänklarna (1).

Skänklarna är uppdelade i höger och vänster skänklar, varav vänster skänkel är uppdelad i två fasciklar. När impulsen når skänklarna fortleds den ut genom myokardiet och aktiverar skänklarnas retledningsfibrer. Denna aktivering leder till en depolarisation av kammarseptum som fortleds vidare till endokardiet i de apikala delarna av kamrarna. Depolarisationen hos kamrarna kommer därefter att sprida sig vidare via purkinjefibrerna ut mot endokardiet och därifrån till epikardiet. Depolarisationsvågen som är riktad ut mot epikardiet registreras av elektroderna på hudytan och ger därmed upphov till en elektrokardiografi (EKG) bild (2).

1.3 Elektrokardiografi

EKG är den vanligaste undersökningsmetoden som används för att undersöka hjärtats elektriska aktivitet. Den första EKG-registreringen registrerades av Dr. Waller år 1887. Undersökningsmetoden var då ännu inte färdigutvecklad, utan kunde endast registrera hjärtslag med hjälp av kvicksilver, elektrometrar och elektroder (4).

Undersökningsmetoden utvecklades vidare och i slutet av 1800-talet introducerade Einthoven grunden till det 12-avlednings-EKG. Extremitetelektrodernas placering vid registrering av vilo-EKG har varit densamma sedan Einthovens tid. Den svarta elektroden placerad på höger fotled, röd elektrod på höger handled, grön elektrod på vänster fotled och gul elektrod på vänster handled (5).

År 1966 introducerade Mason och Linkar en alternativ extremitetelektrodsplacering vid arbets-EKG. Den svarta elektroden flyttas då upp till de nedersta revbenen på höger sida, den röda elektroden flyttas upp till överarmen, den gröna elektroden flyttas upp till de nedersta revbenen på vänster sida och den gula elektroden flyttas upp till vänster överarm. Denna placering används än idag vid arbets-EKG (5).

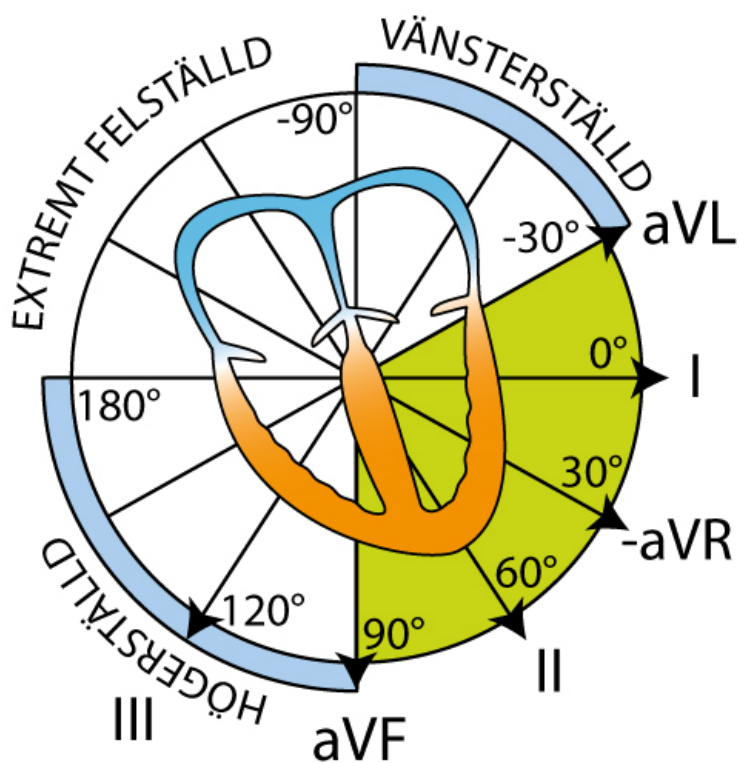
De prekordiala elektroderna avspeglar hjärtats elektriska aktivitet i horisontalplan och dess registrering ger upphov till avledning V1-V6 (5).

De bipolära extremitetelektroderna ger vid registrering upphov till avledningarna I, II samt III. Avledning I visar den potentiella skillnaden mellan vänster och höger arm, avledning II visar den potentiella skillnaden mellan höger arm och vänster ben, medan avledning III visar den potentiella skillnaden mellan vänster arm och vänster ben. Den summerade potentialen av avledning I och III är densamma som potentialen i avledning II. Denna kunskap är känd som Einthovens lag (2).

De unipolära extremitetelektroderna är aVL, -aVR samt aVF. De unipolära extremitetelektrodernas registrering sker vid en utforsknings elektrod i relation till två referenselektroder. I avledning aVL är den utforsknings elektroden placerad på vänster arm och referenselektroderna på höger arm och vänster ben. Avledning -aVR har

samma exploderade elektrod som aVL men dess referenselektroder utgörs av elektroderna på vänster arm och ben. I avledning aVF sitter den explorerande elektroden på vänster ben och referenselektroden på höger och vänster armar (2).

Extremitetavledningarnas avspeglning av hjärtats elektriska aktivitet görs i frontalplan. Avgränsningen görs genom ett sex-axlat koordinatsystem där vinkeln mellan varje extremitetavledning är 30°. Koordinatsystemets ordningsföljd är aVL (-30°), I (0°), -aVR (30°), II (60°), aVF (90°) och III (120°) (figur 1) (6).



Figur 1. Extremitetavledningarnas avspeglning i ett koordinatsystem. Grönmarkerat område betecknar normal el-axel för vuxna (7).

1.4 Allmänt tolkningsschema

Vid EKG-tolkning är det viktigt att följa ett tolkningsschema så att man inte missar några patologiska avvikelser. Exemplet på tolkningsschema nedan hänvisas till Lind (3). Rytmen vid diagnostik bedöms som regelbunden eller oregelbunden. Normal vilofrekvens är 50–100 slag/minut (min). En frekvens under 50 slag/min (bradykardi) anses vara för lågt och en frekvens över 100 slag/min (takykardi) anses vara för högt (3).

P-vågen som representerar förmakens depolarisation observeras bäst i avledning II, V1-V2 och bör normalt vara positiv i avledning I, II, aVF och V3-V6. P-vågens duration skall normalt vara $\leq 0,12$ sekunder (s). I ett normalt EKG skall sinusknutan vara ursprunget för depolarisationsvågen, med en p-våg före varje QRS-komplex (3).

PQ-tiden innefattar perioden från det att förmakarna har depolariserats tills det att aktionspotentialen har nått fram till kamrarna. PQ-tiden mäts i den avledning där den är som längst och skall normalt ligga inom intervallet 0,12 – 0,20 s. För personer över 60 år är det normalt med en PQ-tid upp till 0,22 s (3).

QRS-komplexet representerar kamrarnas depolarisationsförlopp. Durationen ska normalt ligga inom intervallet 0,06 – 0,11 s. Amplituden mäts som summan av den högsta S-vågen (antingen i V1 eller V2) och R-vågen i V5. Vid tolkning av QRS-komplexet så undersöks även R-vågsprogressionen. R-vågsprogressionen skall gå från stigande till sjunkande i prekordialavledningarna V1-V6. Q-vågen skall ha en duration $\leq 0,04$ s för att anses vara normal (3).

ST-sträckan bör ligga i nivå med junction och vara förhöjd max ≤ 2 mm i V2-V3 och ≤ 1 mm i övriga avledningar. ST-sträckan bör heller inte vara sänkt. T-vågen som representerar kamrarnas repolarisationsförlopp bör vara positiv i avledning I, II samt V3-V6. QT-tiden skall normalt ligga inom intervallet 0,30 – 0,44 s hos män och inom intervallet 0,30 – 0,45 s hos kvinnor. En U-våg skall normalt inte förekomma hos yngre, vältränade personer (3).

Den elektriska axeln (el-axeln) anger den riktning som depolarisationen har i hjärtmuskulaturen och utläses som tidigare nämnt i extremitetavledningarna. För att beräkna el-axeln finns det flera modeller (se metod för ett av modellförslagen). El-axeln mäts i grader och skall normalt befinna sig inom intervallet -30° till 90° (3).

1.5 Syfte

Syftet med examensarbetet var att undersöka om, och i så fall, hur mycket en omplacering av extremitetelektrodena i ett 12-avlednings-EKG vid tre olika placeringar påverkar QRS-amplituden och el-axeln.

1.6 Frågeställningar

1. Föreligger någon skillnad i QRS-amplitud beroende på extremitetelektrodenas placering? Om skillnader föreligger, hur stora är de?
2. Föreligger någon skillnad i el-axel beroende på extremitetelektrodenas placering? Om skillnader föreligger, hur stora är de?
3. Kan de möjliga skillnaderna leda till byte av bedömningskategori för el-axeln (normal/högerställd/vänsterställd)?

2 MATERIAL OCH METOD

2.1 Datainsamling

Den data som presenteras i denna studie är insamlad under perioden mars-april år 2018 vid Örebro universitet. Studien skulle innefatta 50 försökspersoner vars ålder skulle vara över 18 år. Det material som har använts i studien är en EKG-apparat (Cardiolex, Baaske Medical GmbH & Co, Lübeck, Tyskland) och engångselektroder (White Sensor ECG electrodes, Ambu, Köpenhamn, Danmark). Pappershastigheten på EKG:et var inställt på 50 mm/s. Förstärkning 1 mV = 10 mm.

2.2 Etiska överväganden

Inför undersökningstillfället fick försökspersonerna ta del av ett informationsblad som informerade om samtycke, undersökningens tillvägagångssätt samt hanteringen av aidentifierade persondata (bilaga 1).

2.3 Metod

Försökspersonerna informerades om hur undersökningen skulle gå till och fick därefter läsa igenom det utgivna informationsbladet samt tillfälle att ställa frågor. Väl på platsen utmättes de exakta elektrodplaceringarna, hudytan sandpapprades och alla elektroder placerades ut. När alla elektroder var utplacerade kopplades kablarna för första registreringen dit, för att sedan vid nästa registrering kopplas om.

Under studien registrerades tre 12-avlednings-EKG hos varje försöksperson. Vid registrering fick de prekordiala elektroderna behålla grundplaceringen medan extremitetelektroderna kopplades om till redan förutbestämda placeringar. I samband med EKG-registreringen skrevs försökspersonernas förnamn, efternamn, födelsedata, längd och vikt in i datasystemet.

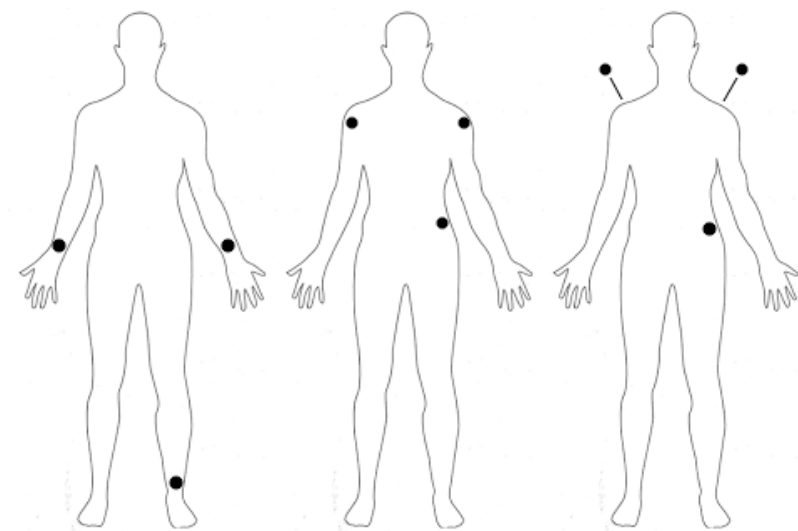
De prekordiala elektroderna placerades enligt standard: V1 vid fjärde revbensmellanrummet vid högra bröstbenskanten. V2 vid fjärde revbensmellanrummet vid vänstra bröstbenskanten. V3 placerades diagonalt mellan V2 och V4. V4 vid fjärde

revbensmellanrummet i media-clavikularlinjen. V5 i höjd med V4, i främre axillarlinjen. V6 placerades i höjd med V4 och V5, i mellersta axillarlinjen.

Vid placering 1 placerades extremitetelektroden så att svart elektrod befann sig på höger fotled, grön elektrod på vänster fotled, röd elektrod på höger handled och gul elektrod på vänster handled (figur 2a).

Vid placering 2 placerades extremitetelektroden så att svart elektrod befann sig vid höger nedre revben, grön elektrod på vänster nedre revben, röd elektrod på höger axel och gul elektrod på vänster axel (figur 2b).

Vid placering 3 placerades extremitetelektroden så att svart befanns sig vid höger nedre revben, grön elektrod på vänster nedre revben, röd elektrod på höger skulderblad och gul elektrod på vänster skulderblad (figur 2c).



a) Placering 1

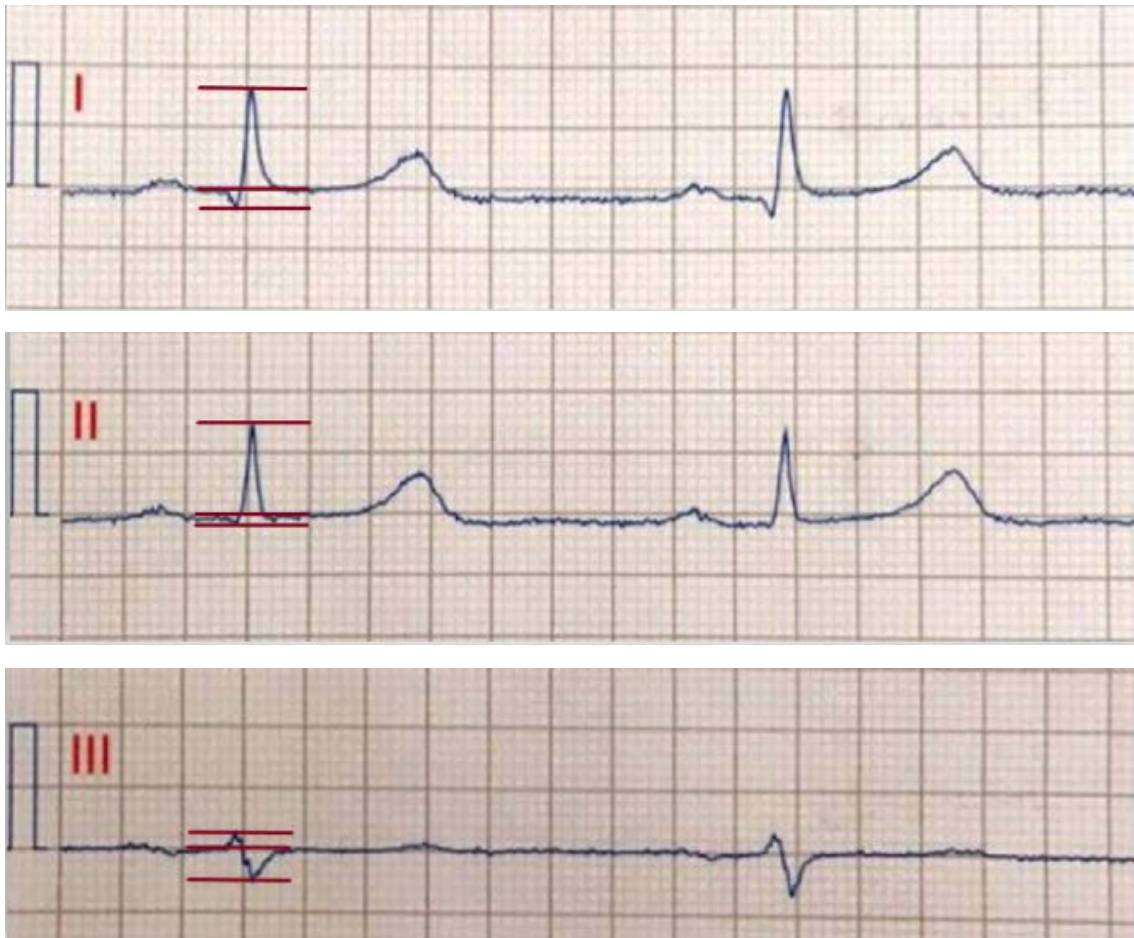
b) Placering 2

c) Placering 3

Figur 2: Extremitetelektrodsplacering 1–3 sett från försökspersonen. Placering 1 med extremitetelektroden placerade på höger/vänster handled och höger fotled. Placering 2 med extremitetelektroden placerade på höger/vänster axel och vänster nedre revben. Placering 3 med extremitetelektroden placerade på höger/vänster skulderblad och vänster nedre revben.

2.4 Databearbetning QRS-amplituden

QRS-amplituden beräknades genom att addera Q-vågens djup, R-taggens höjd och S-vågens djup i avledning I-III (figur 3) vid extremitetelektrodsplacering 1–3, hos varje försöksperson, som därav gav upphov till nio siffervärden (mätt i mm). Efter kontroll av normalfördelning genom histogram, undersöktes QRS-amplituden med parat t-test, där avledning I-III jämfördes i respektive extremitetelektrodsplacering 1–3. Figur 3–10 (8).



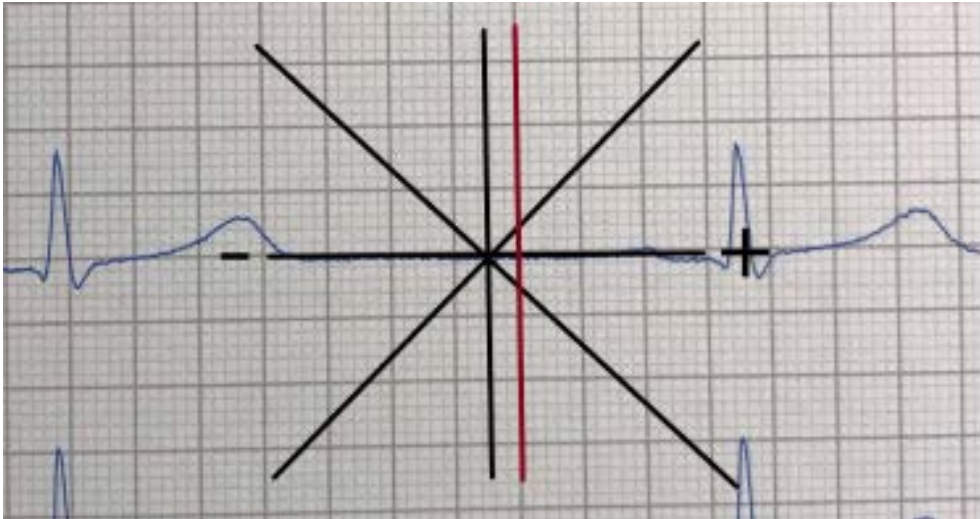
Figur 3. QRS-amplituden beräknades genom att addera Q-vågens djup, R-taggens höjd och S-vågens djup. Ovanstående bilder är registrerade från placering 1.

2.5 Databearbetning el-axeln

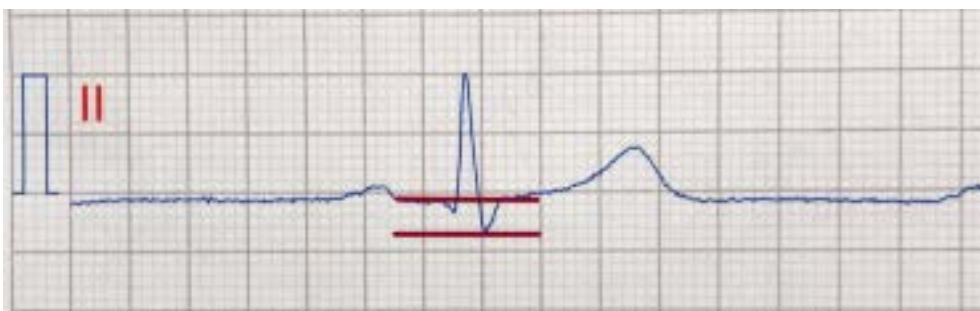
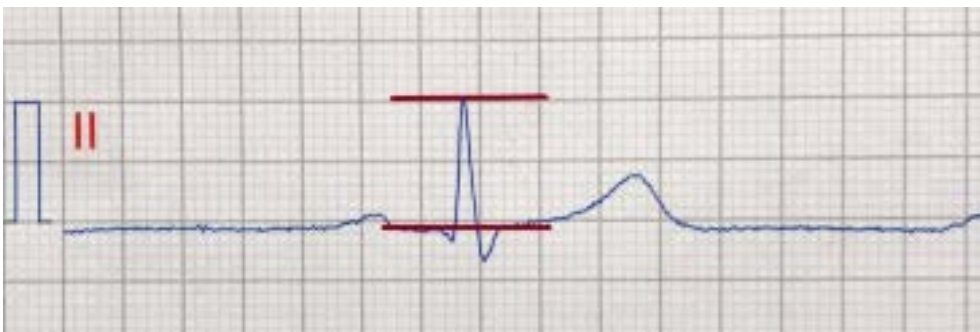
El-axeln beräknades både manuellt (MAN) och datoriserat (DAT) av EKG-apparatens mjukvara (figur 4–8). De manuella värdena beräknades först med formeln: Högsta R-taggen – högsta Q-vågen – högsta S-vågen i avledning I och II för att få fram värdena till koordinatsystemet i figur 9. Med grader utplacerade (enligt Einthovens triangel) i koordinatsystemet tillsammans med formeln: $\text{vinkeln} = \cos^{-1}(a/h)$ kunde det manuella värdet beräknas (figur 10). Det datoriserade värdet framkom på EKG utskrifterna (8).



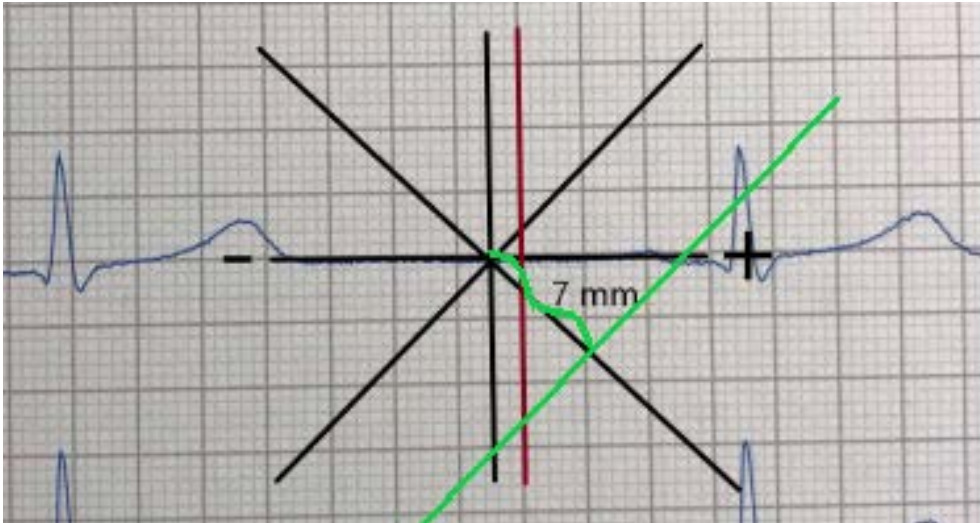
Figur 4. Bilderna ovan visar en mätning gjord av R-taggen (6 mm), Q-vågen (1.5 mm) samt S-vågen (2 mm) i avledning I. Formeln som användes vid beräkning: Högsta R-taggen (6 mm) – högsta Q-vågen (1.5 mm) – högsta S-vågen (2 mm) = 2.5 mm.



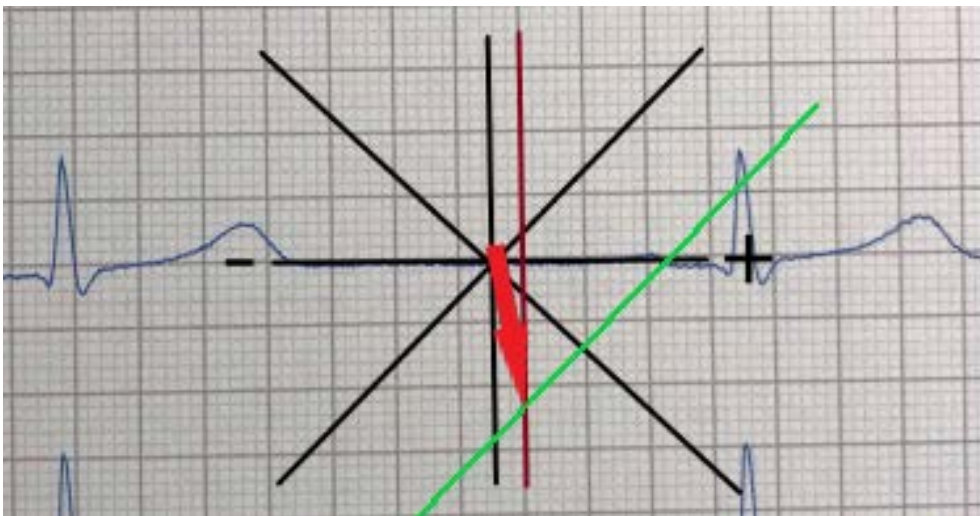
Figur 5. Bilden ovan visar ett koordinatsystem med ett kryss i mitten (svart) där en horisontallinje är utritad 2.5 mm i x-led (rött). Värdet 2.5 mm (figur 4) representerar avledning I.



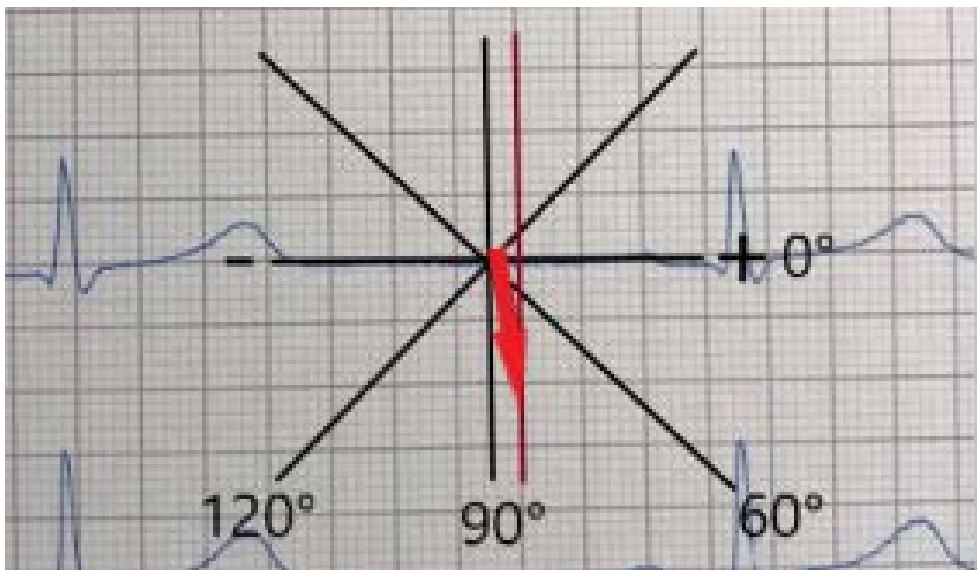
Figur 6. Bilden ovan visar en mätning gjord av R-taggen (11 mm), Q-vågen (1 mm) samt S-vågen (3 mm) i avledning II. Formeln som användes vid beräkning var densamma som tidigare (figur 4): $11 \text{ mm} - 1 \text{ mm} - 3 \text{ mm} = 7 \text{ mm}$.



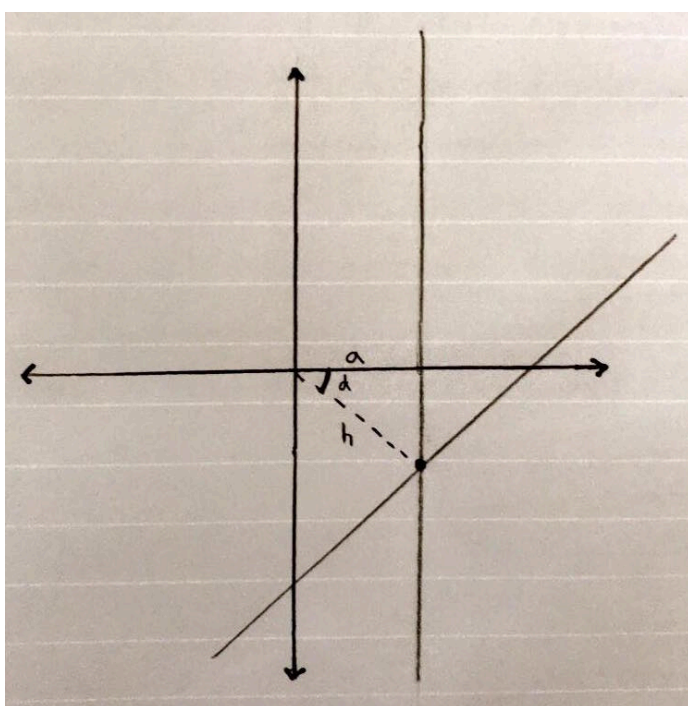
Figur 7. Bilden ovan visar samma koordinatsystem som i figur 5. Från origo räknat och 7 mm längs kryssets högra linje, sett framifrån, drogs en linje (grön). Värdet 7 mm (figur 6) representerar avledning II.



Figur 8. Bilden ovan visar vart avledning I och avledning II korsar varandra i x-led (röd).



Figur 9. Bilden ovan visar koordinatsystemet med grader utplacerat (utifrån Einthovens triangel). Pilen visar vart avledning I och II har skärat varandra i x-led utifrån tidigare beräkningar (figur 4–8). Den skärande punkten i x-led motsvarar el-axeln, och beräknades med de utplacerade graderna tillsammans med formeln: $\text{vinkeln} = \cos^{-1}(a/h)$.



Figur 10. Bilden ovan beskriver den matematiska formeln: $\text{vinkeln} = \cos^{-1}(a/h)$ som användes för att beräkna el-axeln manuellt tillsammans med värdena från figur 4–8.

2.6 Statistisk metod

Jämförelserna av medelvärdesdifferensen hos QRS-amplituden genomfördes med ett parat t-test för avledning I-III där värdena hos placering 1 jämfördes med placering 2, placering 1 jämfördes med placering 3 och placering 2 jämfördes med placering 3. Signifikant nivå sattes till $\alpha = 0,05$. Medelvärdesdifferensen hos el-axeln jämfördes procentuellt mellan MAN och DAT i extremitetelektrodsplacering 1–3. Statistiken bearbetades i Excel (Microsoft Excel 2016, Kista, Sverige). Innan QRS-amplituden undersöktes i parat t-test, kontrollerades normalfördelningen med ett histogram.

3 RESULTAT

3.1 Resultat

I studien rekryterades 50 försökspersoner som tillsammans utgjorde en medelålder på 33,5 år. Försökspersonerna bestod av 25 kvinnor med en medelålder på 34 år (range 21–63 år) och 25 män med en medelålder på 33 år (range 21–72 år). Försöksperson nummer 33 (bilaga 1 och 2) exkluderades på grund av kopplingsfel.

3.2 QRS-amplituden

I avledning I vid omplacering av extremitetelektroden från placering 1 till 2 minskade medelvärdet hos QRS-amplituden från 5,38 mm till 4,34 mm (-19%). Vid omplacering av extremitetelektroden från placering 2 till 3 minskade medelvärdet från 4,34 mm till 2,94 mm (-32%). I avledning II ökade medelvärdet hos QRS-amplituden från 9,27 mm vid placering 1 till 14,77 mm vid placering 2 (+59%) och minskade från 14,77 mm vid placering 2 till 13,91 mm vid placering 3 (-6%). I avledning III ökade medelvärdet hos QRS-amplituden från 4,01 mm vid placering 1 till 9,84 mm vid placering 2 (+145%) och ökade från 9,84 mm vid placering 2 till 10,82 mm vid placering 3 (+10%) (tabell 1).

Tabell 1. Medelvärdet av QRS-amplituden (mätt i mm) i avledning I-III vid extremitetelektrodsplacering 1–3.

Placering	I 1	I 2	I 3	II 1	II 2	II 3	III 1	III 2	III 3
Amplitud (mm)	5,38	4,38	2,94	9,27	14,77	13,91	4,01	9,84	10,82

I 1 = avledning I, placering 1. I 2 = avledning I, placering 2. I 3 = avledning I, placering 3. II 1 = avledning II, placering 1. II 2 = avledning II, placering 2. II 3 = avledning II, placering 3. III 1 = avledning III, placering 1. III 2 = avledning III, placering 2. III 3 = avledning III, placering 3.

Sammanfattningsvis vid jämförelse av medelvärdet hos QRS-amplituden i avledning I-III vid extremitetelektrodsplacering 1–3, framkom det att amplituden mellan de olika placeringarna skiljde sig. Den största procentuella ökningen var +145% och beräknades

med värdena från avledning III placering 1 jämfört med värdena från samma avledning i placering 2. Den största procentuella minskningen var -32% och beräknades med värdena från avledning I placering 2 jämfört med värdena från samma avledning i placering 3 (tabell 1).

Värdena hos QRS-amplituden (bilaga 2) undersöktes även med ett parat t-test där $p < 0,05$ (tabell 2 för alla värden). Det beräknade värdena i avledning I för placering 1 jämfört med 2, placering 1 jämfört med 3 och placering 2 jämfört med 3 visade alla att det förelåg en statistisk signifikant skillnad ($p < 0,05$). Detsamma gällde de beräknade värdena i avledning II för både placering 1 jämfört med 2, placering 1 jämfört med 3 och placering 2 jämfört med 3 visade att det förelåg en statistisk signifikant skillnad ($p < 0,05$). Även de beräknade värdena i avledning III för både placering 1 jämfört med 2, placering 1 jämfört med 3 och placering 2 jämfört med 3 visade att det förelåg en statistisk signifikant skillnad ($p < 0,05$).

Tabell 2. P-värdet för parat t-test hos QRS-amplituden i avledning I-III vid extremitetelektrodsplacering 1–3.

Jämförelse placering	1 & 2 I	1 & 3 I	2 & 3 I	1 & 2 II	1 & 3 II	2 & 3 II	1 & 2 III	1 & 3 III	2 & 3 III
P-värde	1,75E-07	1,41E-09	8,26E-09	1,49E-09	1,8E-08	0,015983	9,82E-09	2,27E-09	0,016422

1 & 2 I = placering 1 & 2, avledning I. 1 & 3 I = placering 1 & 3, avledning I. 2 & 3 I = placering 2 & 3, avledning I. 1 & 2 II = placering 1 & 2, avledning II. 1 & 3 II = placering 1 & 3, avledning II. 2 & 3 II = placering 2 & 3, avledning II. 1 & 2 III = placering 1 & 2, avledning III. 1 & 3 III = placering 1 & 3, avledning III. 2 & 3 III = placering 2 & 3, avledning III.

Sammanfattningsvis vid de parade t-testen som utfördes på medelvärdesdifferensen hos QRS-amplituden, så visade alla jämförelser en statistisk signifikant skillnad där $p < 0,05$. De beräknade värdena i avledning III för placering 1 jämfört med placering 3 visade den största skillnaden, medan värdena i avledning III för placering 2 jämfört med placering 3 visade den minsta skillnaden, men var ändå signifikant $p < 0,05$ (tabell 2).

3.3 El-axeln

I placering 1 var medelvärdesdifferensen 10° mellan MAN (62°) och DAT (52°), i placering 2 var medelvärdesdifferensen 6° mellan MAN (73°) och (DAT 67°) och i placering 3 var medelvärdesdifferensen 5° mellan MAN (77°) och DAT (72°) (tabell 3). De negativa värdena gick inte att beräkna med hjälp av formeln (figur 9).

Tabell 3. Medelvärdet av el-axeln (mätt i grader) hos både MAN och DAT vid extremitetelektrodsplacering 1–3.

El-axel	MAN 1	DAT 1	MAN 2	DAT 2	MAN 3	DAT 3
Vinkel (grader)	62	52	73	67	77	72

MAN 1 = Manuellt placering 1. DAT 1 = Datoriserat placering 1. MAN 2 = Manuellt placerat 2. DAT 2 = Datoriserat placering 2. MAN 3 = Manuellt placering 3. DAT 3 = Datoriserat placering 3.

Sammanfattningsvis vid beräkning av medelvärdet hos den manuellt uträknade el-axeln och den datoriserade uträknade el-axeln vid placering 1–3 visade det sig finnas en signifikant skillnad. Den största medelvärdesdifferensen var 10° och beräknades genom att jämföra det manuella värdet med det datoriserade värdet från placering 1. Den minsta medelvärdesdifferensen var 5° och beräknades genom att jämföra det manuella värdet med det datoriserade värdet från placering 3 (tabell 3). Inget t-test utfördes på värdena hos el-axeln, på grund av negativa värden (se formel i Metod, sid 10).

I tabell 4 redovisas resultatet från en av studiens försökspersoner. Vid placering 1 uppmättes det datoriserade värdet hos el-axeln till -24° . Värdet ligger inom intervallet -30° till 90° och anses därför vara normalställd. Vid placering 2 uppmättes det datoriserade värdet hos el-axeln till -66° och vid placering 2 uppmättes det datoriserade värdet till -65° . Värdena vid placering 2 och placering 3 ligger inte inom intervallet för vad som är normalt utan uppfyller istället kriterierna för vänsterställd el-axel. Omplaceringen av extremitetelektroderas placering har därför lett till ett byte av bedömningskategori hos en av försökspersonerna.

Tabell 4. En försöksperson vars värden vid omplacering av extremitetelektrodernas placering ledde till byte av bedömningskategori från normal- till vänsterställd el-axel.

Individ	MAN el-axel 1	DAT el-axel 1	MAN el-axel 2	DAT el-axel 2	MAN el-axel 3	DAT el-axel 3
24	.	-24	.	-66	.	-65

MAN el-axel 1 = Manuell el-axel placering 1. DAT 1 = Datoriserad el-axel placering 1.

MAN el-axel 2 = Manuell el-axel placering 2. DAT 2 = Datoriserad el-axel placering 2.

MAN el-axel 3 = Manuell el-axel placering 3. DAT 4 = Datoriserad el-axel placering 5.

Sammanfattningsvis ledde en omplacering av extremitetelektrodena till ett byte av bedömningskategori från normalställd till vänsterställd el-axel hos 2% av deltagarna (en av försökspersonerna). Då det datoriserade värdet i placering 1 uppmättes till -24° , för att sedan i placering 2 och placering 3 minska till -66° respektive -65° (tabell 4).

4 DISKUSSION

4.1 Resultatdiskussion

Då 12-avledning-EKG är en standardiserad undersökningsmetod och har en central roll inom diagnostiken, är det viktigt att undersökningen utförs korrekt, och att undersökaren är väl medveten om de mätfel som kan uppkomma vid avvikelser från metodens anvisningar. I studien kartlades skillnaderna hos QRS-amplituden och el-axeln vid tre olika extremitetelektrodsplaceringar. Uppkomsten av valet av de tre extremitetelektrodsplaceringarna som jämfördes i denna studie, grundar sig på att de alla används i praktiken. Placering 1 är standardplacering vid 12-avledning-EKG, placering 2 används vid arbets-EKG och placering 3 används vid arbets-EKG då artefakter uppkommer vid placering 2.

Hos samtliga försökspersoner förändrades QRS-amplituden i avledning I-III vid de tre olika extremitetelektrodsplaceringarna på något sätt. När medelvärdet hos samtliga framtagna värden hos QRS-amplituden jämfördes med de olika placeringarna, observerades en medelvärdesdifferens mellan -32 % till +145 %. Detta är en statistisk signifikant skillnad ($p < 0,05$) och påvisar vikten av placeringens inverkan på resultatet.

Hos samtliga försökspersoner i studien jämfördes medelvärdet hos den manuellt uträknade el-axeln med den datoriserade uträknade el-axeln. En normalställd el-axel är ett av kriterierna som ingår i tolkningsschemat för ett normalt EKG. En el-axel som avviker från normalområdet, är tecken på ett avvikande depolarisationsförloppet i hjärtmuskulaturen. Ett avvikande depolarisationsförlopp kan vara tecken på bakomliggande patologi, exempelvis högerkammarhypertrofi, vänstergrenblock, preexcitation (7) och bör därför vägas ihop med övriga bedömningsresultat.

Resultatet visade att medelvärdet hos den manuellt uträknade och den datoriserade uträknade el-axeln hade en medelvärdesdifferens som skiljde sig 5° till 10°.

Anledningen till att el-axeln valde att undersökas både manuellt och datoriserat, var för att se om någon av försökspersonerna skulle byta bedömningskategori med hänsyn till uträkningarna. Vid jämförelse av MAN och DAT så bytte ingen av försökspersonerna

bedömningskategori. Däremot bytte en av försökspersonerna bedömningskategori från normal- till vänsterställd el-axel vid jämförelse av extremitetelektrodsplacering 1–3.

Bytet av bedömningskategori skedde vid datoriserad uträkning och gick i det fallet inte att beräkna manuellt, då den manuella formeln inte kunde beräkna med negativa tal. Då negativa värden inte gick att beräkna manuellt, är min slutsats att den datoriserade uträkningen är den mest pålitliga källan vid beräkning av el-axeln. I de manuella uträkningarna är sannolikheten också högre för förekomst av mätning- och uträkningsfel i jämförelse med de datoriserade uträkningarna. Mätning- och uträkningsfel är en felkälla som kan ha förekommit även vid studiens övriga beräkningar. En annan felkälla som kan ha uppkommit i denna studie är kopplingsfel.

4.2 Metoddiskussion

Av det totala antalet försökspersoner som ingick i studien sågs en skillnad i både QRS-amplitud och el-axel, hos både individen samt gruppen, jämfört i de tre olika extremitetelektrodsplaceringarna. Då skillnaderna var statistiskt signifikanta, i avseende på jämförelse av QRS-amplitudens värde skulle studien även kunna representera en större population. Vid en registrering gjordes ett kopplingsfel, vilket belyser den mänskliga faktorn och betonar vikten av noggrannhet vid undersökningen.

4.3 Jämförelser med andra studier

Jayaraman et al, undersökte extremitetelektrodernas inverkas på amplituderna i ett 12-avlednings-EKG. I studien ingick 60 manliga försökspersoner, med sinusrytm och en ålder inom intervallet 25 till 58 år. Studiens försökspersoner hade ingen historik av tidigare hjärtsjukdomar som hade kunnat komma att påverka EKG-morfologin (9).

I studien registrerades och jämfördes ett standard-EKG med ett EKG vars extremitetelektroder omplacerades. Extremitetelektroderna placerades så att den vänstra handleds-elektroden befann sig i det femte högra interkostalrummet, något till höger om den midklavikulära linjen, den vänstra fotleds-elektroden placerades i det femte högra interkostalutrymmet på den midklavikulära linjen och den högra fotleds-elektroden

placerades på höger fotled. De prekordiala elektroderna behöll under båda registreringarna sin standardplacering (9).

Resultatet visade att det förelåg signifikanta skillnader i EKG-amplitud i jämförelse mellan extremitetelektrodsplaceringarna. Skillnader förelåg både vid ST-sträckan, T-vågen, R-taggen och QRS-amplituden "I denna studie ändrar omplaceringen av extremitetelektroderna det normala EKG:ets specifika egenskaper hos QRS-vågen och R-taggsamplituden, som därav ger falskt positiva EKG-förändringar hos försökspersonerna". Artikeln beskriver hur "många kvarstår inom den kliniska gränsen" men att det också fanns undantag, som kom att hamna utanför den kliniska gränsen. Det skedde även signifikanta förändringar hos QRS el-axel, där den genomsnittliga skillnaden mellan standardplaceringen och omplaceringen rapporterades till -61° (9).

Som artikeln skriver är det uppenbart att det föreligger signifikanta skillnader mellan de olika extremitetelektrodsplaceringar som kan komma att ha en klinisk betydelse "det är uppenbart när man ser på resultatet att omplaceringen av extremitetelektroderna ledde till förändringar som kan komma att ha en klinisk betydelse" (9).

Jowett et al, undersökte som tidigare nämnd studie, extremitetelektrodernas inverkas på EKG-amplituderna i ett 12-avlednings-EKG. I studien ingick 100 försökspersoner, där 63 var män och 37 var kvinnor. Studiens försökspersoner hade en ålder inom intervallet 21 till 89 år (10).

I studien registrerades och jämfördes ett standard-EKG med ett EKG vars extremitetelektroder omplacerades. Extremitetelektroderna på höger och vänster handled placerades på deltoidens mediala kant, två centimeter under den nedre gränsen av nyckelbenet på vardera sida. Vänster fotleds-elektrod placerades vid den främre axillarlinjen mellan iliaca crest och costal magrin. De prekordiala elektroderna behöll under båda registreringarna sin standardplacering (10).

Resultatet av studien visade att det förelåg signifikanta skillnader i jämförelse mellan extremitetelektrodsplaceringarna. I jämförelse mellan standard-EKG:et och det

omplacerande EKG:et skedde ett genomsnittligt frontalplansskifte hos QRS el-axel på 26,94°. Omfattningen av den individuella variationen var bred, och främst uttalad hos de individerna med ett sedan tidigare känt patologiskt EKG. Liknande variation hos P-vågen och T-vågens el-axel kunde också uttalas (10).

I studien skedde signifikanta förändringar som påverkade de redan patologiska Q-vågor, att bli mindre framträdande och ibland obetydliga. S-vågens amplitud ökade främst i avledning II och aVF, och minskade i III. P-våg, T-våg och R-vågs amplituden förändrades också. T-vågorna blev platta och bi-fasiska i aVL. Den största förändringen enligt artikeln skedde under ST-sträckan, där förändringen vid omplacering av extremitetelektroden hos en av försökspersonerna hamnade inom tolkningsramen för akut inferior hjärtinfarkt (10).

I artikeln beskrivs vikten av att notera en extremitetelektrodenplacering som avviker från anvisningarna, då patologiska förändringar annars kan misstolkas och leda till felbedömning ”Extremitetelektroden bör alltid placeras nedanför axlarna. Om extremitetelektrodenplaceringen av någon anledning avviker från det normala, bör det alltid noteras, för att undvika felaktig diagnosticering” (10).

Pahlm et al, jämförde i sin studie skillnaderna mellan resultatet hos standard-EKG med två EKG-registreringar där extremitetelektroden omplacerades. I studien ingick 75 försökspersoner som rekryterades vid ett rutinbesök för arbets-EKG (11).

I studien registrerades och jämfördes standard-EKG först med ett EKG (Masor-Likar systemet) vars handleds-elektroder placerades två cm lateralt nedanför nyckelbenet, både på höger och vänster sida. Fotleds-elektroden placerades mellan costal margin och anterior iliaca spine, i den anteriora axiella linjen. Sedan jämfördes standard-EKG med ett EKG (Lund systemet) vars handleds-elektroder placerades på armarnas laterala del i nivå med axeln. Fotleds-elektroden placerades på major trochanter på det femorala benet. De prekordiala elektroden behöll under alla registreringarna sin standardplacering (11).

Resultatet av studien visade att det förelåg signifikanta skillnader mellan standard-EKG:et och de två jämförda placeringarna. Extremitetelektroden enligt Lund systemet visade förändringar på Q-vågen och QRS el-axeln. Värdena låg enligt författaren dock inom en acceptabel ram för förändring. Extremitetelektroden enligt Masor-Likar systemet visade också förändringar på Q-vågen och QRS el-axel (11).

I artikeln skriver författaren att det förelåg skillnader mellan extremitetelektrodsplaceringarna, men att det krävs större studier med fler försökspersoner inkluderade, för att kunna uttala sig om ett säkrare resultat (11).

Shepard et al, undersökte i sin studie om en omplacering av extremitetelektroden i jämförelse med standard-EKG kunde komma att ha någon klinisk betydelse. I studien ingick 18 friska försökspersoner, utan indikationer på kardiovaskulära sjukdomar. Studiens försökspersoner bestod av 13 män och 5 kvinnor, där alla hade en ålder inom intervallet 20–30 år (12).

I studien registrerades och jämfördes ett standard-EKG med ett EKG vars extremitetelektroder omplacerades. I det omplacerade EKG:et placerades höger och vänster handleds-elektroder på höger och vänster i anteriora acromiala regionen. Höger och vänster fotleds-elektroder placerades på anterior superior iliaca spine på höger och vänster sida. De prekordiala elektroden behöll under båda registreringarna sin standardplacering (12).

Resultatet av studien visar att Q, R, och T-vågens amplituder var mindre i det EKG där extremitetelektroden hade blivit omplacerade. El-axeln hos QRS visade en icke statistiskt signifikant förändring (12). I konklusionen skriver författaren ”Vi förser med allt bättre och robusta bevis över att en omplacering av extremitetelektroden endast i liten utsträckning påverkar EKG-utslagen. Det finns inga kliniskt signifikanta bevis över att en omplacering av extremitetelektroden har en klinisk betydelse i ett 12-avledning-EKG” (12).

Författarens konklusion skiljer sig mot övriga studier, inklusive föreliggande studie, i det avseendet att extremitetelektroden vid omplacering inte skulle ha någon betydlig inverkan i ett EKG. Det som också skiljer denna studie från övriga, är spannet hos försökspersonerna, både gällande ålder och anamnes. I denna studie har författaren bara undersökt 18 kardiovaskulärt friska individer med ett åldersspann inom intervallet 20–30 år. Hade författaren undersökt fler försökspersoner, i ett högre åldersspann, som övriga studier gjort så hade resultatet och konklusionen troligtvis sett annorlunda ut.

Två andra författare som diskuterar extremitetelektrodenas inverkan vid omplacering i ett 12-avledning-EKG är författarna Pandiyan (13) och Pautaharju et al (14). De båda författarna har i sina studier jämfört ett standard-EKG med ett arbets-EKG, där alla EKG:en är registrerade under vila.

I resultatet i sin artikel skriver Pandiyan att el-axeln hos QRS- och T-vågen förändrades signifikant mellan placeringarna. I författarens konklusion skriver han ”Sammanfattningsvis så kommer resultatet i denna studie, där arbets-EKG jämfört med vilo-EKG att komma till nytta, i hänsyn till de förändrade EKG-amplituderna och el-axlarna. Detta hjälper kliniker att förstå att ett arbets-EKG inte kan tolkas utifrån samma tolkningsschema som ett standard-EKG” (13).

Rautaharju et al, skriver i sitt resultat att den största förändringen mellan de två jämförda EKG registreringarna sågs hos QRS el-axel. Medelvärden hos QRS el-axel jämfört mellan de två EKG registreringarna skiljde sig 16° hos försökspersonerna. En signifikant skillnad som skulle kunna komma att ha betydelse inom diagnostiken (14).

I föreliggande studie skedde ett kopplingsfel hos en av försökspersonerna, som resulterade i avvikande värden på EKG-utdraget. Denna försöksperson exkluderades från studien. Ett kopplingsfel tillhör den mänskliga faktorn, men är inom vården något som kan få stora konsekvenser. Garcia-Nieble et al, skriver i sin artikel om misstag som kan uppkomma vid en EKG-undersökning och hur man kan försöka undvika det. Författaren skriver i sin konklusion ”Många faktorer och tekniska problem kan komma

att påverka en EKG-registrering. Faktorer som kan inducera en felaktig diagnos, onödiga terapeutiska ingrepp, sätta patienter i fara och skada den medicinska professionens trovärdighet”. Författaren rekommenderar att speciella träningsprogram sätts in för att träna upp klinikerna att kunna identifiera och särskilja mellan yttre påverkningsfaktorer, i hänsyn till ett normalt och ett patologiskt EKG (15).

När författaren skriver ”faktorer som kan inducera en felaktig diagnos” så stärker det argumenten att göra en notering, så att tolkaren vid bedömning är informerad om att registreringen utförts med en avvikande placering, och kan ha det i åtanke för att undvika en felaktig diagnosticering. En felaktig diagnosticering baserad på en avvikande placering kan leda till att patienten över/underdiagnostiseras, sätts in på fel läkemedel, att fokus tas från en möjlig dold patologibild, samt att det vid framtida EKG-registreringar med korrekt registrering, vid jämförelse av den felaktiga EKG-registreringen från tidigare, uppstår frågetecken kring den förändrade hjärtbilden.

Ett missvisande resultat, leder också till en ökad belastning och kostnad för sjukvården. Ett missvisande resultat kan leda till att en patient får genomföra flera undersökningar för en säkrare bedömning, som sedan inte visar någon patologi. Detta påverkar vårdköerna och förlänger väntetiderna för de patienter som faktiskt är i behov utav vård, samtidigt som det innebär en extra kostnad för sjukvården som istället hade kunnat prioriterat andra utgifter och istället förstärkt den vården som redan finns.

4.4 Tänkbar utveckling av problemområdet

Då ingen anamnes togs och det enda kriteriet för att få delta i studien var en ålder över 18 år, går det inte att uttala sig om hur resultatet hade sett ut i en specifik grupp. Vidare för att påvisa hur äldre gentemot yngre, tidigare sjuka gentemot friska eller män gentemot kvinnor, påverkas av extremitetelektrodernas placering kräver ytterligare och mer omfattande studier för ett representativ resultat. Eventuellt kan andra beräkningsmodeller användas för att beräkna el-axeln manuellt.

4.5 Slutsats

Slutsatsen av föreliggande studie är att extremitetelektrodernas placering har en signifikant inverkan på QRS-amplituden och el-axeln. Resultat stämmer väl överens med alla utom en, av nämnda studier, vars resultat också resulterat i en signifikant skillnad på QRS-amplituden och el-axeln vid omplacering av extremitetelektroderna. Det är lika viktigt att notera en avvikande placering av extremitetelektroderna, som det är att notera ett kopplingsfel. Då båda har gemensamt att dom kan förändra utseendet hos EKG:et och leda till missbedömning och feldiagnosticering, som i sin tur leder till en ökad belastning och kostnad för sjukvården.

REFERENSER

1. Guyton AC, Hall E. Textbook of medical physiology. Tolfte upplagan. United States of America. Philadelphia: Phenomena, 2011.
2. Jern SJ. EKG-diagnostik 2.0. Första upplagan. Stockholm: Sverker Jern utbildning AB, 2012.
3. Lind YL, Lind LL. EKG-boken. Första upplagan. Stockholm: Liber AB, 2012.
4. Welinder AW. Alternative lead systems for diagnostic electrocardiography: validation and clinical applicability. Department of Clinical Physiology. Lund Universitet: 2009-01-01.
5. Farell RMF, Syed AS, Syed AMS, Gutterman DDG. Effects of limb electrode placement on the 12- and 16-lead electrocardiogram. Journal of Electrocardiology 41; (2008): 536-545.
6. Pahlm OP, Sörnmo LS. Elektrokardiografi klinik och teknik. Stockholm: Studentlitteratur, 2006.
7. Klinisk EKG-tolkning. Riktlinjer utfärdade av American Heart Assosociation, American College of Cardiology, The European Society for Cardiology. Tillgänglig den 28/4-2018 från hemsidan: <https://ekg.nu>
8. Diane R, Karius PhD. ECG Primer: The mean electrical axis. Kansas City University of medicine and biosciences. Tillgänglig den 24/4-2018 från hemsidan: <https://courses.kcumb.edu/physio/ecg%20primer/ecgaxis.htm>
9. Jayaraman S, Sangareddi V, Periyasamy R, Joseph J, Sanmugam RM. Modified limb lead ECG system effects on electrocardiographic wave amplitudes and

- frontal plane axis in sinus rhythm subjects. *Anatol J Cardiol* 2017 Jan; 17(1): 46–54.
10. Jowett Ni, Turner AM, Cole A, Jones PA. Modified electrode placement must be recorded when performing 12-lead electrocardiograms. *Postgrad Med J* 2005 Feb; 81(952): 122-5
 11. Pahlm OP, Wagner GSW. Proximal placement of limb electrodes: a potential solution for acquiring standard electrocardiogram waveforms from monitoring electrode positions. *Journal of Electrocardiology* 41; (2008): 454-457.
 12. Shepard JPS. Barker TAB. Ranasinghe AMR. Clutton-Brock THCB. Frenneaux MPF. Parkes MJP. Does modifying electrodes placement of the 12 lead ECG matter in healthy subjects? *International Journal of Cardiology* 152; (2011): 184-191.
 13. Pandiyan Prabhu PPV. Modified limb lead system: Its effects on wave amplitudes and axis in surface ECG. *Turkish Society of Cardiology* 2017 Jan; 17(1): 55.
 14. Rautaharju PMR, Prineas RJP, Crow RS, Seale D, Furberg C. The effect of modified limb electrode positions on electrographic wave amplitudes. *Electrocardiol* 1980 Apr ;13(2): 109-13.
 15. Garcia-Nieble JGN, Llontop-Garcia PLG, Valle-Racero JVR, Serra-Autonell GSA. Technical Mistakes during the Acquisition of the Electrocardiogram. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2009; 14(4): 389-403.

BILAGOR

Bilaga 1:

INFORMATION TILL STUDIEDELTAGARE

Information om studien ”Kartläggning av extremitetelektrodernas inverkan på QRS-amplituden och den elektriska axeln i samband med omplacering i ett 12-avlednings-elektrokardiografi”.

Bakgrund och syfte

Denna undersökning är en del av mitt examensarbete vars syfte är att kartlägga om och hur mycket en omplacering av extremitetelektroderna i ett 12-avlednings-EKG vid tre olika placeringar påverkar QRS-amplituden och den elektriska axeln. Därefter vill jag undersöka om de möjliga förändringarna kan ha någon klinisk betydelse. Kan en förändrad QRS-amplitud medföra att någon klassificeras med vänsterkammerhypertrofi vid någon av placeringarna? Kan en förändrad el-axel medföra att någon klassas som normalställd vid någon av placeringarna för att sedan klassas som vänsterställd vid någon av de andra placeringarna?

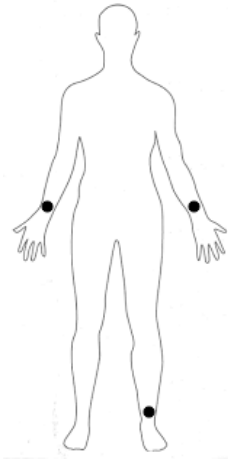
Övrig information

Värdena från de insamlade EKG-registreringarna kommer att behandlas anonymt och utan någon som helst koppling till försökspersonen. Efter att du läst igenom denna information kommer du även att få en muntlig genomgång och tillfälle att ställa frågor. Samtycket inför denna undersökning sker muntligt och din medverkan som försöksperson är frivillig.

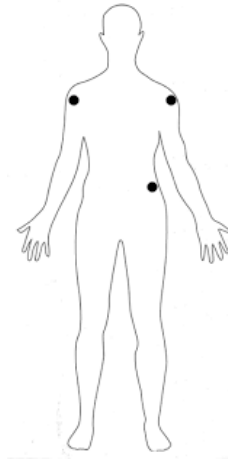
Genomförande

Tre stycken elektrokardiografi (EKG) kommer att registreras och skrivas ut. Bröstelektroderna kommer att ha samma placering under alla tre registreringarna medan extremitetelektroderna kommer att flyttas om under samtliga registreringar

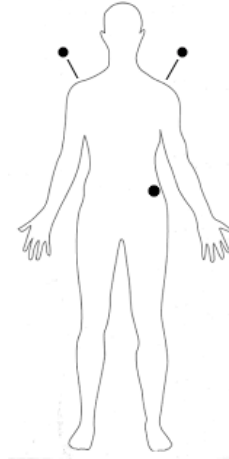
(nedanstående bilder). Undersökningen kommer att ta ungefär 20 minuter och innebär inga risker för dig som försökspersonen.



(Bild/placering ett)



(Bild/placering två)



(Bild/placering tre)

Ansvarig för studien är:

Rebecca Dobos, Biomedicinsk analytiker student med inr klinisk fysiologi, termin 6

Örebro universitet, institution för hälsovetenskaper

E-post rebeccadobos@hotmail.com

Tel: 0707596777

Handledare för studien är:

Anita Hurtig-Wennlöf, biträdande professor

Örebro universitet, institution för hälsovetenskaper

E-post anita-hurtig-wennlof@oru.se

Tel: 019303816

Bilaga 2. Tabell över QRS-amplituden (mätt i mm) i avledning I-III.

Individ	I 1	I 2	I 3	II 1	II 2	II 3	III 1	III 2	III 3
1	1,5	1,5	1	9	8	9,5	6	5	8
2	1,5	1	1	13	12,5	15	12,5	11	12,5
3	3,5	3,5	1	9,5	9,5	7,5	7	7	7
4	2	1	1	7	10	10	7	11	8
5	1	2	2,5	11	19	19	10	16	17
6	8	6	5	6	11,5	11	-2	-1	-2
7	9	6	4	13	20	19	5	15	15
8	11	12	10	8	17	5	-6	5	-4
9	10	8	5	10	18	18	-3	11	13
10	5	3,5	2	0	4	4,5	2	-1	1
11	2	2,5	1,5	9,5	19	17,5	6	17	15
12	4	2	2	8	13	12	4	9	9
13	3	2	1	11	17	18	9	13	14
14	5	3	3	9	17	15,5	4	13	18
15	1,5	0,5	0,5	5	6	6	3	7,5	6
16	2	3,5	2	8	10,5	11,5	3,5	6	8
17	5,5	2,5	2	16	36	33	10	30,5	31
18	2	2	1,5	12,5	20	19	8	18	17,5
19	9	8	4	7	14	15	-2	5,5	11
20	11,5	11	4	-1	3	2	-7	-5	-1
21	8,5	7	3,5	12	18	17	3	10	13
22	6,5	6	4,5	8	14	12,5	-1	4,5	7
23	9	7	6	5	8	7	-4	-1	2
24	2,5	2,5	4,5	1,5	-5	-6	-5	-10	-10
25	8	7,5	4	15	23	22	8	16	18
26	9	6	7	8	12,5	13	-4	7	7
27	7	6	4	8	13,5	14	2,5	8,5	11
28	0,5	-1	-1	4	2	2	1,5	4	3
29	-4	-1,5	-1,5	12	13	15	15	17	14
30	12	10	6	8,5	12	12	-6	-3	2,5
31	2	2	2	9	14,5	15	7	12	13
32	2	2	2	6,5	7	5	3	3	4
33	x	x	x	x	x	x	x	x	x
34	13	11	7	27	45	46	14	32	40
35	4	3	3	15	24	23	11	23,5	21
36	10	7	5	9,5	27	22	-3	16	15
37	3	2	2	8	11	9	7	7,5	7
38	4	3	2	7	11	12	2	6	10
39	2	2	1	16	23	22	14	22	23
40	3	1	0,5	3	8	8	1	5	8
41	10	8	5	16	22	22	4	11	16
42	10	8	4	13	24	18	10	18	17
43	3	2	1	12	15	9	7	13	12
44	9	7,5	4	13	27	24	4,5	19	20,5
45	1,5	0	0	3,5	3,5	4	3	3	4
46	9	8	4	20	34	32	10	27	28
47	1	0,5	1,5	4	9	10	0,5	6,5	9
48	4	3	2	7	9,5	9,5	7	8	7
49	6	4,5	3	1	5	5,5	3	0	2
50	10	7	4	10	8	9	4	3	2

Bilaga 3. Tabell över el-axeln (mätt i grader) manuellt och datoriskt uträknat.

Individ	MAN el-axel 1	DAT el-axel 1	MAN el-axel 2	DAT el-axel 2	MAN el-axel 3	DAT el-axel 3
1	80	71	79	76	84	80
2	83	84	85	84	86	85
3	68	76	68	75	66	83
4	73	80	84	85	84	82
5	85	76	84	83	82	84
6	.	16	59	58	63	65
7	46	54	73	71	78	78
8	.	8	45	50	.	8
9	0	21	63	64	74	73
10	69	57	29	37	64	53
11	75	72	84	83	85	81
12	60	62	81	74	80	79
13	74	75	83	78	87	84
14	56	56	80	75	79	81
15	73	69	85	85	85	83
16	76	47	71	70	80	77
17	70	70	86	83	87	85
18	81	71	84	82	85	84
19	.	20	55	59	75	75
20	.	-26	.	0	.	30
21	45	45	67	61	78	76
22	31	21	64	48	71	71
23	.	2	29	31	31	47
24	.	-24	.	-66	.	-65
25	58	56	71	70	80	79
26	.	21	61	56	57	64
27	29	42	67	65	73	73
28	83	71	.	90	.	85
29	.	99	.	98	.	98
30	.	5	.	33	.	48
31	77	66	82	79	82	81
32	66	63	73	72	66	77
33	x	x	x	x	x	x
34	61	63	76	76	81	80
35	75	77	83	83	83	82
36	.	22	75	70	77	74
37	68	70	80	77	77	76
38	55	53	74	72	80	80
39	83	82	85	85	87	86
40	41	57	83	75	86	81
41	51	44	69	62	77	74
42	40	59	71	72	77	80
43	76	71	82	81	84	81
44	41	44	74	74	80	80
45	64	80	90	80	90	86
46	63	64	76	77	83	81
47	76	63	87	81	81	84
48	55	69	72	72	78	76
49	59	57	63	59	67	63
50	69	68	71	69	74	72