

Kvalitetssikring av EKG i allmennpraksis

Rolf K. Tornøe

kull H-05

*Prosjektoppgave ved Medisinsk fakultet
Universitetet i Oslo*

2010

Veileder: Atle Klovning, Førstemanuensis ved Seksjon for allmennmedisin, Inst. for helse og samfunn, UiO.

ECG and quality control in general practice (English abstract).

Just about every general practice surgery has an ECG machine. Procedural mistakes produce flawed recordings, and can cause diagnostic errors. A search in PubMed revealed that most of the studies done pertain to hospital medicine. The most common mistakes were:

- Incorrect placement of the precordial leads, mainly a vertical displacement of V1, V2 and that V4-V6 are placed to low and too far to the left.
- Electrode placement interchanges, by mainly switching left and right electrodes and the wrong leads of the precordial electrodes.

A simple survey was done of 12 general practices with 27 doctors and 30 ancillary staff workers. The ancillary staff workers were asked to do an ECG on me, and fill in a short questionnaire regarding electrode placement. This revealed that the same procedural mistakes are common in general practice, and that a lot of the ancillary staff do not know the correct electrode placement. The ECG results were compared to 20 ECGs taken of me at the National Hospital (Rikshospitalet) over a period of 3 weeks. Only 4 of the 30 ECGs had all values within 2 standard deviations of the measurements done at Rikshospitalet.

The doctors were asked to evaluate six ECGs. Three were normal and three demonstrated the most common procedural mistakes. Only five of the 27 doctors suggested that the abnormal ECGs were caused by procedural mistakes.

This survey indicates that ECG procedural errors are common in general practice, that they influence ECG measurements and that doctors need to be more aware of the problem.

Innledning

I dag har så godt som alle allmennlegekontorer EKG-maskiner. EKG er en rimelig og enkel undersøkelse å utføre. I allmennpraksis brukes EKG:

- Som et ledd i alminnelig helsesjekk ("10.000km service").
- Til å diagnostisere hjerteproblemer og som henvisningsgrunnlag til spesialisthelsetjenesten.
- Til å overvåke pasienter med kjent hjerteproblem, eller risiko for å utvikle hjerteproblemer.
- Til å skrive ut helseattester som krever EKG (for eksempel sportsdykkerattest).

EKG-målinger i allmennpraksis blir som regel utført av kontorpersonell med ulik formell kompetanse (helsesekretær, legesekretær, bioingeniører, m.m.). De fleste leger i allmennpraksis har ingen annen formell EKG-kompetanse enn medisinstudiet og turnustjenesten. Min personlige erfaring er at det er lite drilling på EKG-taking og tolkning på medisinstudiet. Etter hva jeg har erfart, kan det reelle innholdet i turnustjeneste variere mye. Det er grunn til å anta at kunnskaper og ferdigheter spriker en del på de ulike legekantor, og at dette kan føre til vesentlige variasjoner i EKG-kvaliteten.

Lignende undersøkelser utført på termometre, blodtrykksapparater, INR-apparater, med mer, har påvist måleavvik som kan få vesentlig betydning for pasientsikkerhet.^{18,19} Avvikene skyldes både apparatursvikt og menneskelig feil. Det er rimelig å anta at tilsvarende gjelder også for EKG-målinger.

I den senere tid har det vært økt fokus på kvalitetssikring av målinger og analyser utført i allmennpraksis. NOKLUS (**N**orsk **K**valitetsforbedring av **L**aboratorievirksomhet **U**tenfor **S**ykehus) har utarbeidet et opplegg for kvalitetssikring av lab analyser i allmennpraksis som er blitt godt mottatt (Jeg har ringt NOKLUS om dette). I 2008 gjennomførte NOKLUS en spørreundersøkelse med 1556 allmennpraksiser (83 % svarte). Det ble spurt om legen hadde behov for et tilsvarende opplegg på EKG-måling. Det store flertallet legene ønsket et slikt tilbud (det er skrevet en artikkel som venter på publisering).

Det er dokumentert i flere artikler funnet i PubMed at feil på EKG-taking har ført til feil diagnoser og feilbehandling på sykehus.^{12,13,14} Det er rimelig å anta at dette også skjer i allmennpraksis. Korrekt EKG-taking er viktig for korrekt diagnostisering. I denne oppgaven fokuserer jeg på problemstillinger vedrørende EKG-taking. Jeg inkluderer i dette bedømming av målekvalitet og identifisering av de vanligste feilene. Diagnostisering av hjertelidelser er utenfor problemstillingen til prosjektoppgaven min.

Metoder

Denne oppgaven er tredelt. Første del er en litteraturstudie på temaet kvalitetssikring av EKG. Den andre delen er et intervju med firmaer som selger EKG-apparater. Det ble brukt et standardisert spørreskjema rundt temaet kvalitetssikring og EKG i allmennpraksis. Den tredje delen er en enkel undersøkelse av EKG-rutiner og kvalitetssikring i allmennpraksis. **Undersøkelsen er ment som en sondering av situasjonen. Materialet er for lite til å trekke bastante konklusjoner.**

Litteraturstudie

Det ble søkt i PubMed, med ulike kombinasjoner av følgende termer: electrocardiography, ecg, guidelines, accreditation, calibration, quality control, machine, apparatus, electrode, placement, type, artifacts, electromagnetic interference, tremor, errors, general practice, family medicine.

Søkelistene ble sett igjennom, og relevante artikler skrevet ut. Det var forbausende lite som handlet om kvalitetssikring av EKG. Søket "(electrocardiography OR ECG) AND quality control", ga ingen resultater. Det ble heller ikke funnet noe på tema kalibrering av EKG-maskiner. Søk kombinert med "general practice" and/or "family medicine" fant ingen relevante artikler. Alt som ble funnet er gjort på sykehus, og handler hovedsakelig om menneskelig svikt. Det som går igjen er, feil elektrodeplassering, forbytting av kabler, dårlig EKG-leselighet p.g.a. støy og feiltolkning av artefakter.

Elektrode plassering - Hvor viktig er korrekt plassering og hvor store avvik kan tolereres?

I en studie gjort i USA ble det tatt to EKG av hver pasient. Den første med korrekt plassering, den andre med vertikal forskyving. Målingene ble bedømt av erfarne kardiologer. Det ble påvist at en vertikal forskyving på 20mm førte til klinisk alvorlig feildiagnose hos 60 % av kardiologene, særlig vedrørende ventrikelhypertrofi og anteroseptalt infarkt.¹

Maskintolkning har liten toleranse for feilplassering av elektroder. Et forsøk i Nederland studerte effekten på forskyving av prekordialelektroder på pc-basert EKG-tolkning. En forskyvning på 50mm i vertikalplanet og 30mm horisontalplanet ga 17 % falske hjerteinfarkt diagnoser. I en annen studie forskyvde de elektrodene enten ett interkostalrom opp eller 15mm horisontalt. Dette førte til 6 grove feildiagnoser (perikarditt, og infarkt) og bom på 1 infarkt.⁸

I en studie gjort med 276 pasienter med essensiell hypertensjon undersøkte man diagnosereproduserbarheten på 2 EKG tatt med 24 timers mellomrom. Pasienten ble randomisert til to grupper. I den første gruppen ble elektrodeplasseringen avmerket på hud med penn, mens den andre gruppen fikk ingen merking. I gruppen uten merking, fikk 11% av pasienten avvikende diagnoser (1 med hypertrofi og 1 uten hypertrofi) på de to EKG-ene.

Bruk av merkepel reduserte dette til 4% av pasientene. Dette viser hvor viktig korrekt og konsekvent (lik) elektrodeplassing er for overvåking av hjertepasienter og for vurdering av behandlingsregimer.⁷

Merking på hud med pen er upraktisk ved langtidsoppfølging av pasienter. For å sørge for at EKG tatt over tid av den samme pasienten blir sammenlignbare, foreslår Soliman at det innføres et nytt "NV" mål på alle pasienter. NV er avstanden fra suprasternalhakk (jugulum) til nivået av elektrodene V1 og V2, målt til nærmeste 0,5 cm. Dette landemerket er lett å lokalisere, selv på pasienter med alvorlig fedme. "NV" målet anbefales notert på EKG og i pasientjournalen.³ Korrekt og konsekvent standardisert plassering er viktig for tolkning og sammenligning av EKG.

Hvor utbredt er problemet?

En studie fra Australia så på nøyaktighet av elektrodeplassing i et akutt mottak. Konklusjonen var, at selv om alle var enige om de teoretiske kriteriene for elektrodeplassing, var det stor variasjon blant erfarne klinikere hvor elektrodene ble faktisk plassert på den samme pasient. Klinikerne ble sammenlignet parvis. Hos 20 % av pasientene var forskjellen av elektrodeplassing mer enn 25mm. Gjennomsnittsavvik var 16,5mm (0-120mm) i horisontalplanet og 13,5 i vertikalplanet (0-105mm). Det var vesentlig større variasjon ved plassering av elektroder på kvinnelige pasienter. Jo større bryster, desto større variasjon i elektrodeplassing. Fedme var et problem hos begge kjønn. Jo høyere BMI, jo større variasjon i elektrodeplassing.⁴ I en studie gjort på plassering av prekordialelektroder ved rutinekontroll på sykehus viste at i 50 % av EKG var V1 og V2 plassert for høyt.⁵ Jeg har ikke funnet noen tilsvarende undersøkelse gjort i allmennpraksis.

Feil plassering av elektroder på armer og ben.²

Konsekvenser av feil plassering – Plassering av ekstremitetselektroder på toraks (upward displacement)

- Høyredreier QRS-aksen og senker R toppen i I og aVL og øker den i II, III og aVF.
- Dersom armelektroder plasseres på kravebeinet og /eller beinelektroder på hoftekammen, er dette ikke lenger et standard-EKG. Plasseringen av elektrodene skal noteres på EKG'et ved avvik, og må tas hensyn til ved tolkning.

Feil plassering - Forbytting av elektroder.

Automatisk analyse av 11.000 EKG påviste elektrodeforbytting i 2 % av målingene.

Enkel sjekk regel: Forbytting mellom arm og bein elektroder gir isoelektrisk linje i avledning I, II eller III.

1. Forbytting mellom høyre og venstre armelektrode medfører speilvendning. I avledning I er P, QRS og T negativ. Avledning II er avledning III og aVR er aVL og visa versa. aVF

er uendret. Normal R-progresjon. Mulig feiltolkning = ekopisk arytmi, - P negativ i I og positiv i aVR, og Dextrocardia- ikke R bølge progresjon.)

2. Forbytting mellom høyre og venstre beinelektrode. (ingen effekt)
3. Forbytting mellom høyre arm og høyre beinelektrode. Isoelektrisk linje i II (NB! hoftekamplassering). I er lik invertert III. aVR = aVF.)
4. Forbytting mellom venstre arm- og venstre beinelektrode. Vanskelig å oppdage. Som regel er P-bølgen større i avledning I enn II og bifasisk i III. Mulige feildiagnoser: ved korrekt EKG vil pasienter med akutt hjerteinfarkt forårsaket av høyresidig grenblokk ha ST-elevasjon i inferior avledninger, - II, III og aVF. Ved forbytting vil ST-elevasjonen være i avledning I og aVL og depresjon i avledning III og aVF. I den kroniske fasen vil forbytting forårsake feillokalisering av infarkt.
5. Forbytting mellom høyre arm og venstre ben. Gir generalistinversjon av avledningene I, II, III, aVR og aVL, men ikke aVF. Kan forveksles med gammelt nedreveggsinfarkt.
6. Forbytting mellom venstre arm og høyre ben. Gir isoelektrisk linje i avledning III.
7. Forbytting av begge armelektroder med begge benelektroder. Gir isoelektrisk linje i avledning I.

Feil plassering av prekordialelektroder.

Sannsynligvis er dette den hyppigste feilen ved EKG-taking. Det er tre typer feil, vertikal forskyvning, horisontal forskyvning og forbytting av elektroder.

Den vanligste feil er å forveksle første interkostalrom med kostoclaviculær rommet og plassere V1 og V2 for høyt.^{2,6}

- Dersom V1 er plassert i 2. interkostalrom kan man få en klassisk rSr' mønster og en negativ P bølge. Denne feilen fant man i 17 % av alle friske EKG i en undersøkelse.⁶
- Dersom P bølgen i V1 er isodifasisk eller hovedsakelig negativ tyder det på plassering i tredje intercostalrom.⁴
- En negativ komponent i P bølgen i V2 tyder på plassering i 3. intercostalrom.⁶
- Vertikal forskyvning av V1 og V2 kan gi diagnostiske feil ved tolkning av venstre ventrikel hypertrofi,² falske høyresidig greinblokkdiagnoser,⁶ falske infarktdiagnoser, m.m.
- Ved slike funn i V1 og V2 bør ny EKG tas snarest.

V3-V6 elektrodene er feilplassert som regel forskjøvet til venstre. Korrekt plassering av V4 er 5. interkostalrom i midtclavikulærlinjen. Brystvorten ligger av og til venstre for denne linjen. Feilen kan oppstå hvis man trekker konsekvent linjen igjennom brystvorten. Feilen forplanter seg videre til V3, V5 som plasseres i forhold til V4. Store bryster hos kvinner kan forårsake den samme feilen. V6 skal plasseres i 5. interkostalrom i midtaksillarlinje. V6 kan forskyves til venstre fordi man ubevisst tilstreber en jevn horisontal fordeling av prekordialelektrodene. Forskyvning kan føre til feildiagnoser, særlig ved infarkter. Det er ingen typisk endringer i EKG-mønsteret som kan gi mistanke om horisontal forskyvning. Midtclavikulærlinjen bør

alltid finnes ved å palpere sternocostoclavikulær leddet og acromioclavikulærleddet, trekke linjen mellom dem og finne midtpunktet.²

Artefakter på EKG-målinger.

Artefakter er utslag på en EKG-måling som skyldes andre signalkilder enn pasientens hjerte. Artefakter inndeles i to hovedtyper, fysiologiske og ikke-fysiologiske.

Ikke-fysiologiske artefakter.

Disse skyldes kilder utenom pasientens kropp. Artefaktene kan skyldes elektromagnetisk støy fra elektriske apparatur, lysarmatur, strømuttak m.m. Statisk elektrisitet kan også gi artefakter. Andre kilder er kabel- og elektrodesvikt. Ikke-fysiologiske artefakter avviker som regel kraftig fra ekte EKG-signaler, og er lette å oppdage. Hovedproblemet er at de vanskeliggjør tolkning av EKG. I sjeldne tilfeller kan de forveksles med hjertepatologi som for eksempel atriflutter.¹³

Elektromagnetisk støy (mobiltelefoner, medisinsk utstyr, m.m.).

Medisinske apparater og annet elektrisk utstyr som går på vekselstrøm kan gi elektromagnetiske forstyrrelser på EKG. Det skyldes som regel dårlig jording av vekselstrømsanlegg eller apparatur.¹³ I forbindelse med denne prosjektoppgaven ble det tatt en serie med EKG'er (20 stykker) av meg på hjerteavdelingen på Rikshospitalet. To ganger kasserte sykepleierne EKG på grunn av artefakter som de sa skyldes forstyrrelser fra elektriske maskiner i bygget. Nøyaktig hvor forstyrrelsene kom fra visste de ikke, men sa det var noe som skjedde av og til. EKG ble tatt straks på nytt igjen og forstyrrelsene var borte. Så godt som alle EKG-maskiner har et innebygdt filter som skal fjerne denne støyen, men den ser ikke ut til å fungere 100 %.¹³

Det har vært spekulert mye på om mobiltelefon, personsøkere og trådløse pc-nettverk, og lignende kan slå ut på EKG-målinger. I en case-studie fra England ble det fastslått at artefaktene skyldtes en påslått mobiltelefon som pasienten hadde i lommen. Forfatteren hevder at mobiltelefoner er sannsynligvis en vanlig årsak til dårlig kvalitet på EKG-målinger.¹¹ I 2009 ble det utført forsøk ved Kingston general hospital i Canada, hvor de prøvde å fremkalle artefakter med mobiltelefoner, personsøkere og trådløst pc-nettverk. Hvis apparatet ble plassert i direkte fysisk kontakt med EKG-maskinen oppsto forstyrrelser. Når de samme apparatene ble plassert 25 cm fra EKG-maskin, oppsto det ikke forstyrrelser¹⁰. Det er uklart hvor stort problemet med mobiltelefoner, personsøkere, med mer egentlig er. Det virker som en rimelig forhåndsregel, å slå dem av når man tar EKG.

Kabel og elektrode svikt^{9,13}.

Den vanligste kabelfeil er brist/brudd eller kabelbevegelse under målingen. Brist/brudd skyldes mekanisk slitasje. Unngå knekk på kablene eller at de ligger i vaser og floker. Sjekk at

kablene ikke dingler over benken eller sengekanten. De vanligst elektrodefeil er dårlig hudkontakt. Barber bort hår der elektrodene plasseres. Dersom elektrodegel brukes, sjekk at det er nok for god forbindelse. Hvis huden er svett, klam eller fet (solkrem, bodylotion, osv), tørk den av med sprit. Løse kontakter mellom elektroder og kabler kan gi artefakter. Sjekk dem og skift enten kabler eller elektroder.

Maskinfeil og defekte elektroder.

Det står lite om dette i litteraturen. Dårlig/for gamle batterier nevnes som et mulig problem i mobile EKG-apparater. Likeledes nevnes problemer med trådløs overføring av EKG fra ambulanser til sykehus. Det virker som om det er sjelden feil på selve EKG-maskinen. Moderne engangselektroder ser ut til å fungere tilfredsstillende når de brukes etter produsentens anvisninger. Det vanligst feilen er for gamle elektroder. Mange er ikke klar over at en pose med elektroder tørker ut når den er åpnet og har begrenset holdbarhet.

Feil bruk av filter.

Alle EKG-maskiner har minst to filtre. Et 50 hertz filter, som fjerner støy fra vekselstrømsledning i rommet og det meste av støyen fra elektriske apparater. Dette filter skal alltid være på slått. Det andre filtret er en stillbar høyfrekvens filter. Dersom det er mye støy på målingen, kan denne brukes etter en grundig feilsøking i rommet. Filteret fjerner det mest av støyen, men kan også fjerne mange spor som trengs for å stille diagnosen. Dersom den brukes, skal den stilles lavest mulig. Det er lett å falle for fristelsen og stille den høyt for å få pene kurver.^{21,22}

Fysiologiske artefakter¹³

Artefaktene skyldes muskelkontraksjoner eller hudsignaler hos pasientene. Voluntære muskelbevegelser gir som regel store utslag med hurtige spisse topper som er lett å identifisere og blir filtrert vekk av EKG-maskinen. Derfor kan man ta arbeids-EKG.

Mindre strekk av huden gir endringer i hudens elektropotensial som av tekniske årsaker ikke kan filtreres bort av EKG-maskinen. Derfor slår hosting, hikke, tremor og andre mindre bevegelser ut på EKG. Pasienten må ligge i ro når vanlig EKG tas. Sykdommer som gir tremor, som for eksempel nevrologiske lidelser kan gi artefakter som kan forveksles med alvorlige hjertediagnoser. I en artikkel¹³ publisert i "American journal of emergency medicine" beskrives fire slike kasuistikker. Et tilfelle av parkinsonisme ble feilbedømt som ventrikkeltachycardi. Et tilfelle av epilepsi ble forvekslet med "narrow-QRS complex tachycardia". Et tilfelle av bakteriell pneumoni fikk tilleggsdiagnose tachycardia, som viste seg å skyldes feber. Det siste tilfelle var en alkoholiker som fikk abstinens-tremor som førte til sinustachycardi og ST-elevasjon i V1-V3. Det ble satt i gang akutt infarktbehandling og abstinensbehandling samtidig. EKG ble normalisert når pasient fikk lorazepam.

Hvordan kvalitetssikre EKG-taking?

EKG-maskin, - servicerutiner og kalibreringsrutiner?

Jeg har snakket med teknisk drift avdeling på Rikshospitalet. I følge dem finnes det ingen slike rutiner for EKG-maskiner på sykehuset. De oppgir det er svært sjelden feil på selve måleenheten. Hvis noe svikter, er det som regel kablene eller printeren i maskinen. Kabler byttes ved behov. Ved andre feil sendes maskinen til forhandleren. Hovedproblemet de opplever er at papiret legges feil vei i maskinen. Disse opplysningene bekreftes av sykepleiere på Rikshospitalets hjerteavdeling. Hovedproblemet er menneskelig svikt.

EKG i allmennpraksis blir som regel utført av kontorpersonele (legesekretær, bioingeniører, med mer). Det er viktig å forsikre seg at disse har de nødvendige kunnskaper og ferdigheter for korrekt EKG-taking. Det vil si at de er opplært i bruk av den aktuelle maskin, korrekte prosedyre for elektrodeplassering, vurdering av kvaliteten på EKG, vanlige feilkilder og håndteringen av disse.

Pasient behandling/forarbeid.

EKG bør tas i et skjermet rom hvor pasienten ikke blir utsatt for sjenanse. Ved rutinekontroller bør pasienten sitte/ligge stille i 20 minutter før prøvetaking for å sikre hvilepuls. Kle av pasienten det som er nødvendig for å plassere elektrodene. Romtemperaturen må være så høy at pasienten ikke fryser. For å sikre god hud/elektrodekontakt må hår barberes bort. Dersom pasienten er svett eller klam anbefales det å tørke huden av med sprit. Under opptak av vanlig EKG skal pasienten ligge stille. Bevegelse gir opphav til artefakter⁹.

Velg korrekte elektroder.

Det finnes mange ulike typer elektroder til forskjellige formål, for eksempel arbeids-EKG, langtids overvåkning og så videre. Til vanlig EKG i allmennpraksis skal det brukes elektroder godkjent til taking av hvile-EKG.

Korrekt plassering av elektroder²

Lem elektroder; venstre håndledd, høyre håndledd, venstre ben, høyre ben. Lokalisering av lemelektrodene ser ikke ut til å være kritisk, bare de plasseres distalt og ikke på beinets utspring som for eksempel malleolene.

Prekordialelektrodene; V1.- 4. interkostalrom til høyre for sternum, V2.- 4. interkostalrom til venstre for sternum, V3- diagonalt midt i mellom V2 og V4, V4- 5. interkostalrom i midtclavikulærlinjen, V5- diagonalt midt i mellom V4 og V6, V6-5. interkostalrom i

midtaksillærlinjen. Prekordialelektrodene er de som oftest blir feilplassert. Korrekt plassering krever korrekt lokalisering av 4. interkostalrom og midtclavikulærlinjen.

Lokalisering av 4.interkostalrom og midtclavikulærlinjen.

4. interkostalrom kan finnes ved å telle ned fra enten første eller andre interkostalrom. Palpér ut jugulum (incisura jugularis). Dette er toppen på manubrium sterni. Både kragebeinet og første ribbein er festet lateralt på øverst på manubrium. Kragebeinet er festet ovenfor første ribbein. Søkket mellom kragebeinet og første ribbein blir ofte forvekslet med 1. interkostalrom. Første interkostalrom ligger nedenfor søkket mellom kragebeinet og første ribbein.

På mange pasienter vil det være lettere å ikke lete etter første interkostalrom, men lokalisere andre ribbein i stedet. Før fingeren nedover brystbeinet fra incisura jugularis. Ca 5-7 cm nedenfor vil man kunne kjenne tversgående søm. Dette er sammenvoksingen av manubrium og corpus sterni. Andre ribbein er rett lateralt for dette landemerke. 2. interkostalrom er rett nedenfor den, mellom andre og tredje ribbein.

Midtclavikulærlinjen finnes ved å palpere sternokostoclavikulærleddet med den ene hånden og acromioclavikulærleddet med den andre. Trekk linjen mellom disse to punkter og finn midtpunktet på kragebeinet. Trekk der etter en linje herfra parallelt med saggitalplanet.

Dersom man må avvike standardplassering, må dette noteres på EKG'et. På pasienter med muskeltremor(eks. parkinsonisme) kan det være nødvendig å flytte lem elektrodene til toraks. På kvinner med store bryster kan det være nødvendig å plassere elektroder på mammae. Jeg har ikke funnet noe godt system beskrevet for konsekvent/likt plassering av prekordialelektrodene hos disse pasientene.

Korrekt oppkobling av kabler til elektroder⁹.

Kablene for de forskjellige elektrodene er farge kodet. Forskjellige produsenter bruker ulike koder. Medarbeideren må kunne kodene til de kabelsett vedkommende skal bruke. Eventuelle floker og vaser på kablene må løses opp. Kablene skal ligge i ro og ikke dingle over sengekanten eller bordkanten.

Vurdering av kvaliteten på EKG⁹.

Kvaliteten på EKG bør sjekkes før elektrodene fjernes fra pasienten. Fjerning forhindrer feilsøking og kan i verste fall føre til feildiagnoser.

Feil kalibrering

Finn kalibreringsmerket på EKG og sjekk at apparatet er korrekt innstilt. Papirhastigheten skal være 50mm/s og høyden 10mm/mV.

Forstyrrelser og artefakter

Fortykket sagtakket basallinje tyder på elektromagnetiske forstyrrelser. Forstyrrelsene skyldes ofte mangelfull jording av elektriske apparatur i rommet. Prøv og finne feilen ved å slå av apparatur. Unormale, rotete utslag kan tolkes som muskelbevegelse (muskeltremor, hikke og voluntær bevegelse). Basallinje som vandrer kan skyldes at kablene rører på seg (for eksempel dingler over sengekanten) eller at det er dårlig kontakt mellom hud/elektroder. Kabelbrudd kan gi rare artefakter.⁹

Feil elektrodeplassering, forbyttning av kabler.

Isoelektriske linjer i avledningene I, II eller III er et sikkert tegn på forbyttning av lemelektroder.² Positiv defleksjon av P bølgen i aVR kan være hjertefeil, men kan også skyldes forbyttning av lemelektroder. Abnormaliteter i R-bølge progresjon kan skyldes hjerteproblemer eller feilplassering/oppkobling av prekordial elektroder.⁹ Dersom et EKG ser mistenkelig ut, bør feilsøking foretas umiddelbart og nytt EKG tas. Persisterer avviket, kan det skyldes hjerteproblem og EKG må leveres snarest til tolkning av legen.

Intervju med medisinsk utstyrs firma om EKG i allmennpraksis og kvalitetssikring.

Rekruttering av medisinsk utstyrsfirma.

Et søk på gulesider på medisinsk- teknisk utstyr fant 90 firma på landsbasis. 76 av disse har egen hjemmeside. Jeg gikk inn på samtlige hjemmesider og sjekket produktlisten. Kun 8 av disse firma selger EKG-apparater:

VingMed
Gymo
ScanMed
GE Healthcare
Nortema
MediNor
DiaCor
AkuMed

Jeg ringte til samtlige firma og om å få snakke med en person som drev med EKG for allmennpraksis. Jeg forklarte at jeg holdt på med en prosjektoppgave, og ba om et telefonintervju. Jeg fikk tilslag hos 7 av firmaene. Det ble brukt et standardisert spørreskjema og jeg vil gi et kort sammendrag av svarene.

Hva er de vanligste årsakene til feil på EKG?

Den hyppigste nevnte årsak var gamle uttørkede elektroder som generer støy. Dette var nevnt av 5 firma. Alle elektrodeposer er stemplet med holdbarhets dato. Datoen er kun gyldig så lenge posen er uåpnet. Holdbarheten er sterkt forkortet etter posen er åpnet.

Ingen av firmaene var villige til å anslå holdbarhetstiden på en åpen pose. De sa det var avhengig av for mange variable som for eksempel oppbevaringstemperatur og hvor lenge det var igjen på posens opprinnelig holdbarhetstid.

På delt andre plass kom "feilplassering av elektroder" og "dårlig vask og barbering av hud", nevnt av fire firma.

Kabelbrudd kommer på tredje plass, nevnt av tre firma. Kabelbrudd skjer hyppigst ved røff, hardhendt behandling av kablene. Enten ved at de ligger i en vase eller oppbevart for stramt oppkveilet. En annen årsak er at enkelte tørker kablene av med sprit. Dette tåler ikke isolasjonen, den stivner og sprekker. I følge firmaene er det enkelte legekontorer som bort i mot "spiser" kabler. Men, de fleste behandler kablene pent og har dem i flere år uten problemer. Flere av firmaene anbefaler at kabler skiftes rutinemessig- på sykehus annet hvert år. Det finnes ingen tilsvarende anbefaling for allmennpraksis.

Andre nevnte feil kilder:

- Eksterne artefakter (støy fra elektriske apparater).
- Kabelforbytting
- Feil filter bruk. (Kun 50 hertz filter skal brukes til hvile-EKG).
- Feil papir i printer.
- For svak pc til å kjøre EKG-programmet.
- Dårlig batterier i gamle EKG-apparater.

Alle disse feil skyldes enten slurv eller mangelfull opplæring. Et tankekors er at kun et av firmaene tilbyr organiserte kurs på temaet "EKG-taking", beregnet for medarbeidere. I følge firmaene er det svært sjelden feil på selve måleapparatet.

Hva er de tre viktigste egenskapene for en EKG-maskin i allmennpraksis?

På førsteplass kommer "enkel i bruk/godt brukergrensesnitt" nevnt av seks firma. Med det menes det er enten enkel tastatur på apparatet med lettfattelige funksjoner, eller PC-programvare som er selvforklarende og leder deg igjennom EKG-opptaket med så få vinduer og tastetrykk som mulig.

På andre plass kom "solid programvare", nevnt av fem firma. Ting man bør se etter er:

- god diagnose program
- kan integrere EKG i pasientjournalen
- kan oversende EKG til spesialist via Web

På tredje plass kom god printerfunksjon med tydelige utskrifter, nevnt av to firma.

Andre ting som ble nevnt var:

- Mulighet for lange målinger – ”rytme-EKG” eller skopfunksjon. De fleste apparater måler kun i 10 sekunder. For en del hjerteproblemer bør det måles over lengre tid, helst 10 minutter for å registrere problemet. 10 sekunder kan bli et skudd i blinde.
- God kvalitet på selve måleenheten. Det vil si tilstrekkelig stor ”sampling rate”, god forsterker og gode filtre. En EKG-kurve består av en mengde punkt målinger tatt over tid. Jo flere målinger pr. tidsenhet, jo bedre oppløsning og nøyaktighet på Eget. Minuset er at kurvene kan bli noe rotete og vanskelig å tyde. Dette kan bøtes på med gode filtre. Dessverre er slike maskiner dyre å produsere. Det ble hevdet at en del firma spekulerer i lavest mulig ”sampling rate”. Det gir rimeligere maskiner og penere kurver, men på bekostningen av nøyaktigheten og diagnosesikkerhet. Lav sampling flater ut kurven ved å redusere toppen og bunnen på bølgene.
- Et av firmaene mente det er liten forskjell på apparatene på markedet og at prisen er derfor det viktigste moment.
- Gode, rimelige elektroder.

Kan firmaene tilby drifts- og serviceavtaler for legekontorer?

Kun to av firmaene hadde et tilbud for legekontorer. Tilbudet besto hovedsakelig av programvare support. To av firmaene hadde tilbud kun til sykehus. Tre firma hadde ingen tilbud. Det dårlige tilbudet til legekontorer ble begrunnet med at det var ikke marked for det. Legene i allmennpraksis så på det som en unødvendig utgift.

Kunne firmaene anbefale noe skriftlig material om temaet, kvalitetssikring av EKG?

Ingen hadde kjennskap til noe litteratur på temaet.

Hva er gjennomsnittelig investering for EKG-utstyr på en allmennlege kontor?

Firmaene anslår mellom 20 000 – 25 000 kr, for et manuelt system. Et PC-basert system vil ligge på 25 000 – 40 000 kr avhengig type programvare. Integrering av EKG i pasient journal systemer er det som koster mest, fordi det ikke er felles standarder for pasientjournal programmer. PC er ikke inkludert i prisen

Undersøkelse av EKG-rutiner og kvalitetssikring i allmennpraksis.

Jeg reiste ut til de legekontorer jeg greide å få avtale med og foretok en standardisert undersøkelse. Denne undersøkelsen besto av fire deler

1. Innsamling av informasjon om maskinvare, driftsrutiner og erfaringer.
2. Strukturert intervju av leger.
3. Strukturert intervju av personell som tar EKG.
4. Enkel vurdering av praktisk EKG-kvalitetssikring.

Rekruttering av leger og medarbeidere til undersøkelsen.

35 Legekontorer i Buskerud, Akershus og Oslo fylke, med til sammen 107 leger ble plukket ut fra gulesider og kontaktet ved personlig oppmøte. Kontorer som ikke svarte på tredje henvendelse, ble strøket av listen. Ca. 1/3 av kontorene takket nei til å delta. Ca. 1/3 av

kontorene svarte aldri. 12 legekontorer takket til å være med. I alt ble 27 leger og 30 medarbeidere intervjuet. Dette gir en svarandel på $\frac{1}{3}$ av kontorene men kun $\frac{1}{4}$ av legene totalt. Det ble kun inkludert medarbeidere fra kontorer hvor legene også deltok i undersøkelsen. På grunn av arbeidspresset på kontorene var det kun mulig å få avtaler i forbindelse med lunsjen eller på slutten av dagen. Det var sjelden mulig å få gjennomført mer enn 1 lege intervju og 2 medarbeider intervjuer på samme dag.

Det var vanskelig å få booket møter med legekontorer i byer og sentrale tettsteder. I denne undersøkelsen er det kun med én i Oslo, og én i Sandvika. Alle 7 legekantorene i Drammen ble forespurt og ingen ble med. Jeg antar det er fordi kontorer med sentral beliggenhet opplever stor pågang fra studenter, legemiddelkonsulenter, forskere med mer, som ønsker avtaler. Mange av kontorene som takket nei er tilknyttet det medisinske fakultet, UiO og driver med studentundervisningen. Mesteparten av avtalene i denne undersøkelsen er booket på mindre steder som Lier, Spikkestad, Røyken og Slependsen. Man kan argumentere at undersøkelsen er geografisk skjevfordelt, men jeg kan ikke se noen gode grunner til dette skulle ha noen vesentlig innflytelse på resultatene. Resultatene ville kanskje ha blitt bedre dersom flere av kontorene tilknyttet det medisinske fakultet hadde blitt med.

Oppslutningen på det enkelte kontor varierte mye. Fra 1 til 5 leger og fra 1 til 4 medarbeidere. Det var derfor vanskelig å sammenligne legekantorer basert på intervjudata. Data fra intervjuene ble derfor behandlet i to bolker, et for legene og et for medarbeiderne.

Statistikk for Legekantorene som deltok i undersøkelsen.

Legebemannning

Av de 27 legene som deltok, var 22 spesialister i allmennmedisin. De fem resterende hadde ingen spesialisering. 9 av spesialistene hadde tilleggskurset i EKG arrangert av Den norske legeforening. En av legene uten spesialisering hadde også tatt kurset. Vedkommende holder på med spesialisering i allmennmedisin. En av legene var spesialist i samfunnsmedisin i tillegg til allmennmedisin. I gjennomsnitt hadde legekantorene 3,8 legestilling og 1,8 av disse er spesialister i allmennmedisin. Ca halvparten av alle spesialistene har kurset i EKG.

Bruk av EKG

Legene ble bedt om å anslå hvor mange EKG de tok pr år og hvordan det fordelte seg på rutine helsesjekk, oppfølging av kjent hjerte sykdom og henvisning til sykehus/spesialist. Det viste seg vanskelig for legene å svare sikkert på dette og tallene må betraktes som grove estimater. Det var svært stor variasjon i det som ble oppgitt. I gjennomsnitt tok legene 91 EKG, 25 var rutine/helsesjekk, 43 var oppfølging av kjent hjertesykdom. 13 ble henvist til sykehus/spesialist. Summen blir 81, som er 10 mindre enn total antall EKG. Avviket skyldes at tre av legene sa de tok aldri EKG ved rutine/helsesjekk.

| | | | | |
|-------------|--------|-------------------|-------------------------|---------------|
| EKG pr lege | totalt | Rutine helsesjekk | Oppfølging hjertesykdom | Henvising til |
|-------------|--------|-------------------|-------------------------|---------------|

| | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|--------------------|
| | | | | sykehus/spesialist |
| Maks | 300 | 100 | 100 | 80 |
| Min | 15 | 0 | 0 | 2 |
| Gjennomsnitt | 90 | 25 | 42 | 13 |

Det er vanskelig å si noe fornuftig om bruken av EKG i allmennpraksis ut i fra disse tall, men det ser ut som om oppfølging av kjent hjertesykdom er hovedbolken og ut gjør ca $\frac{2}{3}$ av alle EKG. Rutine/helsesjekk utgjør ca $\frac{1}{3}$. Ca $\frac{1}{3}$ av alle EKG tatt i allmennpraksis fører til henvisning til sykehus/spesialist.

EKG-takerne

Av de 30 medarbeiderne som deltok i undersøkelsen var 27 utdannet helsesekretær, 2 medisinske sekretærer og 1 sykepleier. Av helsesekretærene var det 7 som i tillegg hadde tatt hjelpepleierutdannelse. Kun 1 av medarbeiderne hadde tatt et eget kurs i EKG. Resten hadde kun opplæring i EKG fra grunnutdannelsen. I snitt hadde kontorene 3,8 legesekretærer. Det vil si 1 sekretær pr lege. Sekretærene ble bedt om å anslå hvor mange EKG det ble tatt på hvert kontor i løpet av et år. Det var store variasjoner kontorene i mellom, men i gjennomsnitt ble det 430 pr år. Det vil si ca. 103 pr legesekretær. Det er noe mer enn hva legene estimerer, men tatt i betraktning tallenes usikkerhet er det rimelig samsvar.

| | Pr lege kontor | Pr legesekretær |
|--------------|----------------|-----------------|
| Max | 1800 | 360 |
| Min | 40 | 20 |
| Gjennomsnitt | 430 | 103 |

Kontoret som oppga 1800 pr år, fant tallet ved å slå opp i regnskapsprogrammet hvor mange EKG-takster var bokført i 2009. Så tallet 360 EKG pr sekretær er nok reelt, selv om mengden avviker vesentlig fra de andre kontorene. 360 EKG pr sekretær blir ca 1,5 EKG pr sekretær pr dag. Kontoret på andre plass tar 700 EKG i året, det si 100 pr sekretær som passer bra med snittet og blir ca 2 EKG i uka pr sekretær. I andre enden av skalaene har vi 20 EKG pr sekretær som gir ca 1 EKG annenhver uke.

Maskinvare.

Samtlige legekantor jeg oppsøkte hadde EKG-apparat. Apparatet ser ut til å ha blitt en del av standardutstyret på et legekantor, i lik linje med blodtrykksapparater. Ingen av kontorene hadde mer enn 1 apparat. Kun to av de 12 kontorene i undersøkelsen hadde maskin uten pc basert tolkeprogram. Fire av maskinene var eldre enn 10 år. Syv av dem er yngre enn 5 år. Et er av ukjent alder. Et av kontorene leier maskin, resten eier dem. Fire av maskinene var Welch Allyn cardio perfect, 3 var Schiller, 2 var Spirare, 2 var E-lite Meditech og 1 var ukjent merke. Kun 4 kontorer oppga prisen på maskinen. Prisen varierte mellom 20000 – 30000kr. Gjennomsnittet var 24250kr.

Åtte av kontorene sa de hadde ingen støyproblemer. Fire kontorer opplevde støyproblemer et par ganger i måneden, men at det var ikke noe stort problem. Kun fem av kontorene

brukte den anbefalte papir hastighet 50m/s. De syv andre brukte 25m/s. Et kontor hadde stilt høyden på grafen til 20mm/mV, resten brukte 10mm/mv. Dette understreker hvor viktig det er å sjekke opptaksparametere på et EKG før man bedømmer et EKG, mottatt fra et legekontor.

Legene og medarbeiderne ble bedt om å oppgi hvor fornøyd de var med utstyret. Det ble brukt en VAS skala hvor null var ikke fornøyd og 10 var svært fornøyd. Ingen skåret utstyret lavere enn fem. 19 av 28 leger skåret utstyret 8 eller bedre. Gjennomsnittskåring var 6,7. Det samme gjelder medarbeiderne. Kun to skåret lavere enn 5. Disse jobbet på samme kontor, og bedømte utstyret til 0 og 1. Legene på samme kontor bedømte utstyret til 7 og 8. Dette kontoret hadde det eldste apparatet i undersøkelsen og det var ingen planer om å skaffe nytt. Ellers så det ut som medarbeiderne var stort sett enige med legene. 18 av 30 medarbeidere vurderte utstyret 8 eller bedre. Gjennomsnittet var 7,7. De fleste leger og medarbeidere er godt tilfredse med EKG-utstyret.

Legene ble bedt om hva de ville vektlegge hvis de skulle investere i et nytt EKG-apparat. Det ble svært mye forskjellig, med det som gikk igjen var:

- Bedre programvare. Med det menes kobling av EKG-program til pasient journalprogrammet, bedre tolkeprogrammer, enklere brukergrensesnitt og mulig til å sende EKG elektronisk til spesialist/sykehus for vurdering.
- Mulighet til flere typer EKG-målinger, som for eksempel lengre rytmestimler, arbeids-EKG osv.

Diagnoseprogram

Kun ett kontor brukte ikke diagnoseprogram. Legene på de andre kontorene ble spurt om hvor god samsvar det var mellom maskinens tolkning og deres tolkning. Det ble brukt en VAS skala hvor 0 var aldri samsvar og 10 var alltid samsvar. 19 av 27 leger skåret tolkeprogrammet bedre enn 5. 10 av disse skåret programmet 8 eller bedre. Kun 2 leger skåret programmet dårligere enn 5. Gjennomsnittet var 8. Det virker som om legene er stort sett godt fornøyd med tolkeprogrammene og stoler på dem.

Kabler

Et av kontorene oppga de hadde problemer med kabelbrudd et par ganger i året. De var også de eneste som rutinemessige spriter av kablene. Medisinske utstyrsfirmaer fraråder avspriting av kabler, da sprit gjør isolasjonen sprø. Et av kontorene oppga de skiftet kabler fast annethvert år. Dette er rutinen firmaene anbefaler sykehus. Det finnes ingen tilsvarende anbefalinger for legekontorer. Et av kontorene hadde svært gamle kabler som var tilbøyelig til å falle av elektrodene. Helsesekretærene løste problemet ved å teipe kablene fast til elektrodene. Dette så pussig nok ut til å fungere, men sekretærene var misfornøyd og ba meg nevne det i denne prosjektoppgaven. De håpet det ville motivere legene til å skaffe nye kabler. De andre kontorene hadde brukt de samme kablene i flere år uten å ha problemer.

Elektroder

Alle kontorene som deltok i undersøkelsen bruker moderne engangselektroder. Ingen kontor hadde mer enn en type/merke elektroder. Samtlige var hvileelektroder. Det er derfor ingen mulighet bruk av feil type elektroder på disse kontorene. Fem kontorer brukte M00A Bluesensor, 4 kontorer brukte SkinTact 4mm, 1 brukte Nessler og 1 brukte UnoMedical. Alle kontorene sa de var fornøyde med elektrodene.

Driftsrutiner

Av hensyn til kvalitetssikring av måleresultater bør alle måleinstrumenter som INR-målere, spirometre, EKG-apparater, med mer ha oppnevnt en fast driftsansvarlig. Denne personen har ansvaret for kalibreringsrutiner, servicrutiner og feilsøkningsrutiner. I henhold til **Norsk Akkreditering**, skal driftsansvarlig loggføre denne virksomhet i en perm for hvert instrument. 6 av kontorene hadde fast driftsansvarlig for maskinen. Samtlige driftsansvarlige var leger. 6 av kontorene hadde ingen oppnevnt driftsansvarlig. Fire av kontorene hadde serviceavtale for pc programvaren. Tre av kontorene hadde serviceavtale for selve apparatet. Ingen hadde serviceavtale for begge deler. Kun et av legekantorene hadde driftsperm for EKG-apparatet. Samme kontor var det eneste som hadde faste kalibreringsrutiner for selve maskinen. Maskinen ble kalibrert av et eksternt firma annet hvert år. Konklusjonen må bli at det er potensiale for forbedring av driftsrutiner på de fleste legekantorer.

Vurdering av praktisk EKG-kvalitetssikring

Til denne undersøkelsen har jeg brukt meg selv som standard prøve. Legene ble vurdert på to punkter:

1. Kan de skille mellom normal/unormal EKG?
2. Kan legene oppdage feil ved EKG-takingen?

Medarbeideren ble vurdert på to punkter:

1. Praktisk utførelse av EKG-taking.
2. Teoretisk kunnskaper. Vet de hvor elektrodene skal plasseres og hvilke anatomiske landemerker skal brukes?

Testing av leger

Legene fikk en bunke med 6 EKG å vurdere. Alle er tatt på meg på Rikshospitalet, fortløpende på samme dag. Bunken inneholdt tre EKG med feil og tre normale EKG. Feil EKG-ene inneholdt de vanligste tabber ved gjort EKG-taking. EKGene var utlevert uten maskintolkning, dato og klokkeslett. Legene fikk beskjed at EKGene var tatt av pasienter som føler seg friske og at de skulle vurderes som tatt ved vanlig rutine/helsesjekk ("10.000km service"). Jeg presiserte at det ikke dreide seg om "findiagnostikk" og at jeg ville vite om EKGene var normal eller unormal. Hvis unormal, ba jeg legen foreslå hvorfor.

Test A: Korrekt tatt EKG, med fullstendig normale kurver og verdier.

Test B: Her ble høyre og venstre arm elektrode forbyttet. Den kan mistolkes som dextrocardia, men normal R-progresjon avslører forbytingen.

Test C: Korrekt tatt EKG, med fullstendig normale kurver og verdier.

Test D: Korrekt tatt EKG, med fullstendig normale kurver og verdier.

Test E: Her ble V1 og V2 forskjøvet oppover til 2. interkostalrom. Dette er nok den vanskeligste feilen å oppdage. Maskintolkningen er "Normal EKG". Feil burde avsløres ved at QRS-kompleksene i V1 og V2 er svært lave i forhold til de i de andre prekordialene.

Test F: Her ble prekordialelektrode plassert i omvendt rekkefølge. Maskintolkningen var "mulig høyre ventrikel hypertrofi." Den fullstendige reverseringen av R-bølgen i prekordialavledningene burde gi mistanke om elektrode forbyting.

Legene ble skåret på følgende måte:

Test A. Diagnose: Normalt EKG. 1 poeng

Test B. Diagnose: Unormalt EKG. 1 poeng. Nevnt EKG-feil som mulighet, 1 poeng.

Test C. Diagnose: Normalt EKG. 1 poeng

Test D. Diagnose: Normalt EKG. 1 poeng

Test E. Diagnose: Unormalt EKG, 1 poeng. Nevnt EKG-feil som mulighet, 1 poeng.

Test F. Diagnose: Unormalt EKG, 1 poeng. Nevnt EKG-feil som mulighet, 1 poeng.

Fullt skår på spørsmålet normal/unormal er 6 poeng.

Fullt skår på årsak til unormal EKG er 3 poeng.

Legenes resultater på spørsmålet "Er EKG' et normalt eller unormalt?"

Av totalt 27 leger var det ingen som greide å svare riktig på alle seks EKG. 8 leger hadde 5 riktige svar. 8 leger hadde 4 riktig svar. 4 leger hadde 3 riktig svar. 6 leger hadde 2 riktige svar. 1 lege hadde kun 1 riktig svar. I gjennomsnitt hadde legene 3,6 riktige svar.

Dersom vi hadde gjentatt forsøket, men denne gang stilt diagnosen ved å slå kron og mynt, ville gjennomsnittet blitt 3 riktig svar. Legenes samlede vurdering er litt bedre enn å slå krone og mynt. 11 av legene kunne like gjerne ha slått kron og mynt. Mitt inntrykk er at kun 1/3 av legene i undersøkelsen er trygge på EKG-vurdering og 1/3 av legene er svært usikre.

11 av legene var spesialister i allmennmedisin og hadde legeforeningens EKG-kurs. Disse legene skåret i snitt 3,5 riktige svar. 9 av legene var spesialister i allmennmedisin uten EKG-kurset. Disse skåret i snitt 3,4 riktige svar. 7 av legene hadde ingen spesialisering og ikke EKG-kurset. Disse skåret i snitt 3,9 riktige svar. Det ser ikke ut som om forskjeller i legenes utdannelse har hatt noen innflytelse på resultatene.

13 av de 27 legene tok mindre enn 100 EKG i året. Disse skåret i snitt 3,1 riktige svar. 14 av legene tok 100 eller flere EKG i året. Disse skåret i snitt 4,1. Det ser ut som erfaring og øvelse har større innflytelse på resultatene enn formell kompetanse. Mye av EKG-tolkning går ut på mønstergjenkjenning (pattern recognition). Dette er en klinisk ferdighet som må oppøves og holdes ved like, på lik linje med auskultasjon, palpasjon med mer. Få EKG gir lite øvelse og kan forklare noe av forskjellen.

Legenes resultater på spørsmålet "Oppdager legene feil ved EKG-takingen?"

EKG B, E og F viste de tre vanligste feilene som blir begått ved EKG-taking. Legene fikk poeng dersom de foreslo EKGGet kunne skyldes feil taking. Det ble ikke krevd at de kunne svare hvilke feil som var begått. Ingen lege hadde 3 riktige svar. 2 hadde 2 riktige. 3 hadde 1 riktig. Kun 5 av 27 leger foreslo prosedyrefeil. Det virker som om de fleste leger ikke tenker på problemstillingen i det hele tatt.

Hvor hadde legene problemer?

EKG A var et helt normalt EKG. 25 av 27 leger svarte riktig. De to som svarte unormal, foreslo diagnosene, atriehypertrofi og forlenget QT-tid.

EKG B, her var armelektrodene forbyttet. Det medførte at avledning 1 er opp-ned, noe som vil gi negativ P-bølge, negative QRS og negativ T-bølge. Avledningene II og III er forbyttet, likeledes AVR og AVL. AVF var den eneste normale av lem - avledningene. Prekordial avledningene er normale. 12 leger sa EKG B var normal. Dette er feil, og ble skåret 0 poeng. 15 leger så at EKGGet var unormal. Dette er riktig, 1 poeng. Av disse 15, mente 5 det var en gammelt infarktsskade, 1 mente høyre ventrikkel hypertrofi, 1 ville henvist til lunge klinikk, men skrev ikke hvorfor. 3 skrev unormalt uten begrunnelse. Kun 5 leger foreslo det kan blitt gjort feil ved opptak. Av disse 5, foreslo 1 avspritingen av elektrodene. Dette ville ikke ha hjulpet noe. 1 mente at elektrodene var satt på feil. Elektrodene var satt på riktig. Det var arm kablene som var forbyttet. 1 sa det var det feil, uten nærmere forklaring. 2 foreslo feil kobling, som er riktig årsak.

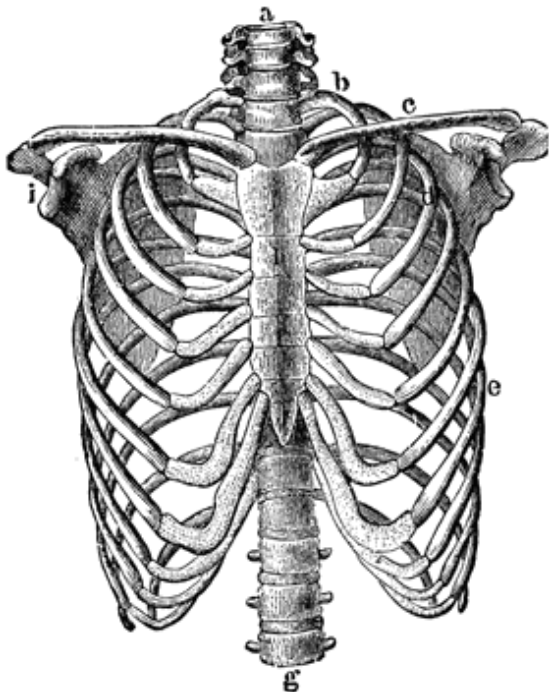
EKG C og D er to normale EKG. 22 leger vurderte C normal, men kun 14 vurderte D normal. Fem leger mente C var unormal. 3 av disse legene skrev ingen begrunnelse. 1 foreslo ledningsforstyrrelse og 1 foreslo unormalt QRS-kompleks. 13 leger vurderte D unormal. Her var det en del spennstige diagnoser. 3 leger foreslo venstre ventrikkel hypertrofi. 1 lege foreslo venstre forkammerhypertrofi. 1 lege foreslo atrieflimmer. 1 lege foreslo AV-blokk grad 1. En annen foreslo "Sick sinus syndrom". En lege foreslo hjerteklaff-feil. En skrev "forhøyet avgang i V2" og ikke noe mer. En foreslo ektopisk rytmesenter. 3 skrev unormalt og ikke noe mer. Hvis vi ser på bedømmelsen av C og D samlet, mente 11 av legene at et av dem var unormalt og den andre unormalt.

EKG E, er unormal. Her er V1 og V2 plassert for høyt og medfører at R-bølgene i disse avledningene er alt for lavt. 15 leger vurderte feil og sa den var normal. 12 leger bedømte riktig (unormal). 6 av disse legene mente det var et gammelt infarkt skade. 1 mente det var pågående hjerteinfarkt. 1 mente det var for lang QT-tid. 1 foreslo AV blokk grad 1. En lege skrev arytmi og foreslo "vurder elektrokonvertering". 3 leger skrev unormal og ingen begrunnelse. En skrev "Dårlig R progresjon i V1+V2" og foreslo feil elektrodeplassing. Dette er helt riktig svar. Vedkommende var den eneste som tenkte på prosedyrefeil.

EKG F er unormal. Her er prekordial elektrodene koblet opp i omvendt rekkefølge. Dette gir en fullstendig reversering av R-bølge progresjonen. 17 av 27 leger mente dette var et normalt EKG og kan umulig ha vurdert R-bølge progresjonen. 10 leger sa korrekt at EKG F var unormalt, tre leger mente det var et gammelt infarkt skade. En lege mente det var høyre grenblokk, mens en sa det var høyre ventrikel hypertrofi. En sa det var et bredt QRS-kompleks og ville ha henvist til kardiolog. 1 sa det var svak puls. 1 skrev unormal uten begrunnelse. To leger mente det skyldes feilkobling av elektroder og svarte dermed riktig.

Testing av medarbeidere

Medarbeiderne ble bedt om å ta et EKG av meg og følge den prosedyren de rutinemessig gjør. Det er vanskelig for meg å vurdere elektrodeplassing av prekordial elektrodene på meg selv, med mindre det gjøres grove feilplasseringer. Derfor ble medarbeiderne bedt om å merke av elektrodeplassingene på denne figuren.



De ble også bedt om å svare hvordan de fant plasseringen av V1 og V4. Av 30 medarbeidere var det 27 som fylte ut skjemaet.

Vet medarbeiderne hvordan elektrodene skal plasseres?

13 av 27 medarbeidere svarte riktig på plasseringen av V1 (4. interkostalrom, til høyre for brystbeinet). 14 svarte feil. Av disse svarte to femte interkostalrom. To svarte tredje interkostalrom. To svarte "vet ikke".

Her er resten av svarene: På femte ribbein.

Teller 4 mellomrom fra kragebeinet.

Mellom andre og tredje ribbein(2.interkostalrom)

På høyre side av brystbeinet.

Nedenfor spissen på brystbeinet, på høyre side.

På høyde med brystvorten.

Rett ved brystvorten.

Tar det på "følelsen"(vedkommende mente ikke palpering).

Kun tre av 27 medarbeidere svarte riktig på plasseringen av V4 (5. interkostalrom i midtclavikulærlinjen). Sju svarte at de ville fordele V3 til V6 i en jevn bue under V2. Fem ville plassere V4 under brystvorten, mens fire ville plassere V4 under brystet. En ville plassere V4 nedrest på buen på brystmuskelen, en ville plassere V4 over brystvorten, en ville plassere V4 på 3. ribbein, en ville plassere V4 over hjertet, og en ville plassere det på midtlinjen til kragebeinet, passe langt ned. Tre svarte "vet ikke". Kun tre av 27 medarbeidere svarte riktig på plasseringen av både V1 og V4. 14 av 27 medarbeidere svarte feil på plasseringen av både V1 og V4.

Bare to av 27 greide å plassere alle elektrodene riktig på figuren. En av disse hadde også svart riktig på plasseringen av V1 og V4. 17 hadde tegnet V1 og V2 minst et interkostalrom for høyt, mens 3 hadde tegnet V1 og V2 minst 1 interkostalrom for lavt. En hadde tegnet V1 og V2 på høyre side. V1 var på fjerde ribbein V2 på femte ribbein. Tre hadde plassert V1 og V2 riktig. Tre hadde ikke tegnet V1 og V2. Femten hadde tegnet V3-V6 minst 1 interkostalrom for høyt, tre hadde tegnet V3-V6 minst 1 interkostalrom for lavt, mens 2 hadde plassert V3-V6 riktig. 7 hadde ikke tegnet V3-V6. Det ser ut som om de fleste medarbeidere har for dårlige kunnskaper om plasseringen av prekordialelektrodene. I de fleste tilfeller blir elektrodene tegnet for høyt.

Vurdering av medarbeidernes utføring av EKG-taking.

På grunn av alle EKG tatt av meg ble jeg nokså tidlig snaubarbert på brystkassen.

Bedømmelse av hud preparering var derfor ikke mulig å vurdere konsekvent og ble sløyfet.

30 medarbeidere tok EKG av meg. 29 av dem plasserte lemelektrodene korrekt, distalt på armer og bein. 1 plasserte elektrodene på skulder og hofter. Denne plassering frarådes i flere oversiktsartikler.^{2,15} Denne plassering vil gi en høyre dreining av QRS-aksen, samt redusere R-bølgen i avledning I og AVL, samt øke den i II, II og AVF.² Tre av medarbeiderne løste ikke opp floker på kablene, og koblet dem opp i en vase. På to av disse EKGene kan vi se støy. Kun 1 av medarbeiderne koblet kabler til feil elektroder.

13 av 30 medarbeidere plasserte prekordialelektroden uten å palpere. Nøyaktig plassering krever at man teller interkostalrom. 27 EKG har maskintolkning. 22 av disse har tolkningen "Normalt EKG". 5 foreslår ulike hjerteproblemer. Disse EKG er tatt på 4 forskjellige legekontorer. På hvert av disse kontorene ble det tatt 3-4 EKG av meg fortløpende av ulike medarbeidere. Minst 2 av EKGene fra hvert kontor har tolkningen "Normalt EKG". Det er rimelig å anta at feiltolkningen skyldes prosedyrefeil, som regelfeilplasserte elektroder og ikke maskin feil. Minst 1/3 av kontorene har gjort grove feil ved EKG-takingen. Hvis man velger å betrakte medarbeiderne samlet kan man si at minst 15 % av dem har gjort feil. Det ble tatt 6 EKG som jeg ønsker å beskrive nærmere.

Maskintolkning: Irregular rythm, no P-wave found. Prekordialelektroden ble plassert uten palpasjon. V1 og V2 ble plassert svært høyt oppe på brystkassen. Medarbeideren tegnet plassering en av V1 og V2 på høyde med toppen av brystbeinet. Dette kan forklare manglende P-bølge. I tillegg hadde de problemer med at kablene falt av elektrodene. Det kan kanskje forklare rytmeforstyrrelsen.

Maskintolkning: Sannsynlig høyre ventrikel hypertrofi. Kablene på V4 og V6 ble forbyttet og er sannsynligvis årsaken til diagnosen. I tillegg ble prekordial elektrodene ble plassert uten palpasjon.

Maskintolkning: Lang QT-interval, vurder hypokalsemi eller GR1 antiarytmikum. Denne diagnosen fikk jeg på to EKG. I begge tilfeller tegnet medarbeiderne V4 i 6. interkostalrom, samt V5 og V6 i 7. interkostalrom. Den ene medarbeideren palperte plasseringen av V1 og V2. Resten av elektrodene ble plassert uten palpering. Den andre medarbeider palperte ikke i det hele tatt. Mitt inntrykk var at V4 – V6 ble plassert svært lavt og langt lateralt.

Maskintolkning: lett intrakventrikulær ledningsforstrrelse. Det var ingenting jeg umiddelbart reagerte på ved elektroplasseringen på meg, bortsett fra at de ble plassert uten palpering. Vedkommende tegnet V1 og V2 i andre interkostalrom og fordelt de andre elektrodene i en jevn bue med V6 på 7.ribbein. Jeg vet ikke om dette forklarer resultatene.

Ingen maskintolkning, dessverre. Her ble både V1 og V2 plassert på høyre side av brystbeinet, anslagsvis 3-4 interkostalrom. Resten ble plassert i en bue under venstre brystmuskel. EKGen så forbausende normal ut. Det hadde hvert artig å ha visst hva et tolkningsprogram hadde svart. Medarbeideren har jobbet på det samme legekantor i over 10 år og tar EKG regelmessig.

Vurdering av målte EKG-verdier.

Kalibrering av meg som standard prøve.

Jeg valgte å bruke Hjereteavdelingen på Rikshospitalet som gullstandard på EKG-taking. Jeg fikk sykepleiere der til å ta en serie EKGer av meg. I 10 dager ble det tatt 2 EKG av meg daglig. Det første ble tatt med en gang, etter vanlig spasergang fra parkeringsplassen til avdelingen. Den andre ble tatt etter 20 minutters hvile på benken med de samme elektrodene. EKGene ble tatt av sykepleieren som for øyeblikket var ledig. Ideelt sett, burde målingene blitt utført av den samme sykepleieren, men dette var ikke praktisk gjennomførbart. I alt var det fire forskjellige sykepleiere som foretok målingene. Alle målingene ble foretatt på den samme maskin (RH28320). Maskinen er i daglig bruk i mottaket. Hensikten var å dokumentere at målinger av meg er stabile og hvilke normal verdier er rimelig å forvente.

Samtlige EKG fikk maskintolkningen "Normal ECG". Verdiene for hjertefrekvens, QRS, PQ, P og Sokolow ble plottet inn på et Excel ark og gjennomsnitt, maks, min, standard avvik og konfidensintervall for $p=0,05$ beregnet. Beregningene viser at det er ingen reell forskjell på målingene før og etter pause. Dette har betydning for gjennomføringen av undersøkelsen. På legekantorene må EKG-målingen av meg bli gjort når de har anledning til det. Det er vanskelig å få til en standardisert hvilepause. Det er heldigvis ikke nødvendig.

| Uten pause | HF | QRS | PQ | P | Sokolow | NK |
|------------------------------|------|------|-------|-------|---------|------|
| Gjennomsnitt | 73,3 | 98,8 | 142,6 | 105,8 | 1,77 | 10,1 |
| Maks | 79 | 100 | 150 | 112 | 1,9 | 11 |
| Min | 67 | 96 | 136 | 100 | 1,5 | 8 |
| Standard avvik | 3,56 | 1,69 | 4,62 | 4,37 | 0,13 | 0,99 |
| konfidensintervall | 2,21 | 1,05 | 2,87 | 2,71 | 0,08 | 0,62 |
| Etter pause | HF | QRS | PQ | P | Sokolow | NK |
| Gjennomsnitt | 69,1 | 100 | 147 | 108 | 1,76 | 9,3 |
| Maks | 76 | 102 | 154 | 116 | 1,9 | 11 |
| Min | 65 | 98 | 140 | 100 | 1,6 | 8 |
| Standardavvik | 3,93 | 1,14 | 4,35 | 4,0 | 0,08 | 0,82 |
| Konfidensintervall | 2,43 | 0,70 | 2,69 | 2,48 | 0,05 | 0,51 |
| Forskjell før og etter hvile | HF | QRS | PQ | P | Sokolow | NK |
| Gjennomsnitt | 4,2 | -1,4 | -4,4 | -2,2 | 0,01 | 0,8 |
| Maks | 3 | -2 | -4 | -4 | 0 | 0 |
| Min | 2 | -2 | -4 | 0 | -0,1 | 0 |
| Standard avvik | 0,37 | 0,55 | 0,28 | 0,37 | 0,04 | 0,17 |
| konfidensintervall | 0,23 | 0,34 | 0,17 | 0,23 | 0,03 | 0,11 |
| Alle EKG slått sammen. | HF | QRS | PQ | P | Sokolow | NK |
| Gjennomsnitt | 71,2 | 99,5 | 144,8 | 106,9 | 1,77 | 9,7 |
| Maks | 79 | 102 | 154 | 116 | 1,90 | 11,0 |
| Min | 65 | 96 | 136 | 100 | 1,50 | 8,0 |
| Standard avvik | 4,24 | 1,57 | 4,92 | 4,23 | 0,10 | 0,98 |

| | | | | | | |
|--------------------|------|------|-------|-------|------|------|
| konfidensintervall | 1,86 | 0,69 | 2,155 | 0,046 | 0,05 | 0,43 |
|--------------------|------|------|-------|-------|------|------|

Bedømnings kriterier for EKG-målte verdier.

Kontorene har ulike printere som gir varierende kvalitet på utskriftene. Det er derfor vanskelig å være sikker på om jeg målte likt på de ulike grafene. Derfor valgte jeg kun å bruke tallverdiene som maskinene skrev ut. Det var stor variasjon på hvilke verdier som ble skrevet. Åtte av maskinene skrev ut PQ. Alle maskinene skrev ut HR, QRS og P. Derfor ble disse fire verdier valgt som kriterier. Som fasit valgt jeg å bruke gjennomsnittsverdiene for de 20 EKG \pm 2 standard avvik. EKGene bedømmes enten "godkjent" eller "ikke godkjent". For godkjente EKG skal alle verdiene ligge innenfor fasiten. I tillegg skal maskintolkningen være "Normal ECG".

| Fasit | HF | QRS | PQ | P |
|--------------|------|------|-------|-------|
| Gjennomsnitt | 71,2 | 99,5 | 144,8 | 106,9 |
| 2STD | 8,48 | 3,15 | 9,83 | 8,46 |
| min | 62,7 | 96,4 | 135 | 98,44 |
| maks | 79,7 | 103 | 154,6 | 115,4 |

Resultatene fra EKG-målingene på legekantorene.

Hos et hjertefrisk menneske i hvile er variasjoner QRS, PQ og P tid, forårsaket av hjertefrekvens og respirasjonsfrekvens.²² Jeg er hjertefrisk og det er ingen grunn til å anta at EKG-takingen på legekantorene var mer belastende enn målingene på Rikshospitalet. Forskjeller i QRS, PQ og P burde hovedsakelig skyldes selve apparatene eller utførelsen av prosedyren. Dersom hjertefrekvensen på Rikshospitalets målinger tilsvarer de gjort hos legekantorene, burde det samme gjelde QRS, PQ og P.

I gjennomsnitt hadde jeg 3 slag mer i minuttet på legekantorene enn på Rikshospitalet. Ut ifra standardavvik og 95 % konfidensintervall, hadde jeg litt mindre variasjon i HR på legekantorene enn på Rikshospitalet. Forskjellene er minimale og burde ikke påvirke de andre parameterne i nevneverdig grad.

| | Hjertefrekvens(30 EKG) | | |
|-------------------------|------------------------|------------|---------------------------|
| | Rikshospitalet | Legekantor | Legekantor/Rikshospitalet |
| Gjennomsnitt | 71,2 | 74 | 1,04 |
| Standardavvik | 4,2 | 3,01 | 0,72 |
| 95 % konfidensintervall | \pm 1,86 | \pm 1,08 | 0,58 |

Resultatene var overraskende. Kun 4 av 30 EKG hadde alle verdiene innenfor 2 standard avvik av Rikshospitalets målinger. Disse var tatt på fire forskjellige legekantorer med tre forskjellige maskinmerker. En av maskinene var eldre enn 10 år. En var helt ny og to var yngre enn 5 år. Brorparten av alle EKG på alle legekantor har minst en av verdiene utenfor 2 standardavvik av Rikshospitalets resultater. Det er ikke mulig å finne noe sammenheng med alder på maskin eller maskinmerke ut fra denne undersøkelsen.

L/R er forholdstallet mellom målingen gjort på legekantorene og målingene på Rikshospitalet. Forholdstallet for gjennomsnittsverdier er på QRS, PQ og P er 1. Det vil si ingen relevant forskjell. For PQ standardavvik er L/R til nærmet 1. Det betyr spredningen er omtrent likt og at legekantorenes målinger av PQ er like nøyaktige som rikshospitalets. L/R Standardavviket for QRS på legekantorene er det femdobbelte av målingene på Rikshospitalet og konfidens intervallet er det firedobbelte. Det betyr det er mye mer spredning på verdiene fra legekantorene. Det samme gjelder P målingene. Standardavviket for P målingene på legekantorene er det tredobbelte av målingene på Rikshospitalet. Konfidens intervallet for legekantorene er 84 ganger større enn Rikshospitalet. Ut ifra dette virker det som om at målingene foretatt på legekantorene er mye mindre presise enn de tatt på Rikshospitalet.

| | QRS(30 EKG) | | | PQ (23EKG) | | | P (30 EKG) | | |
|------------------------|-------------|------|------|------------|-------|------|------------|-------|------|
| | Riks | Lege | L/R | Riks | Lege | L/R | Riks | Lege | L/R |
| Gjennomsnitt | 99,5 | 99 | 0,99 | 144,8 | 152 | 1,05 | 106,9 | 103 | 0,96 |
| Standard avvik | 1,57 | 8,1 | 5,16 | 4,9 | 4,12 | 0,84 | 4,23 | 11,6 | 2,74 |
| 95% konfidensintervall | ±0,69 | ±2,9 | 4,20 | ±2,15 | ±1,68 | 0,78 | ±0,05 | ±4,22 | 84,4 |

Resultatene for PQ var så si likt på Rikshospitalet og legekantorene. Det betyr at maskinene var "enige" om når p-bølgen starter og når QRS-komplekset begynner. QRS og P resultatene viser at maskinene på legekantorene var "uenige" om når disse bølgeene slutter. Algoritmene maskinene bruker, gjør vurderingene ut i fra amplitude målinger(signal styrke). Elektrode plassering påvirker amplitude måling. Det var mye avvikende plassering av prekordial elektrodene. Dette kan forklare legekantorenes resultater.

Konklusjon:

De fleste legekantorer har relativt nytt EKG-utstyr med pc basert tolknings programmer. Medarbeidere og leger virker godt fornøyd med utstyret.

Det meste av undersøkelser på EKG- taking er gjort på sykehus. Den viktigste feilkilde nevnt i litteraturen er feil plassering av elektroder. Dette gjelder særlig prekordialelektrodene. V1 og V2 blir oftest plassert for høyt og de andre for lavt og langt lateralt. Det er rimelig å anta at dette også gjelder allmennpraksis. Intervjurunden med EKG-utstyrsleverandører styrker denne antagelsen.

Nesten alle legekantorene i denne undersøkelsen deltar i NOKLUS og har gode drifts/dokumentasjonsrutiner på INR-målere også videre, men mangler det på EKG-apparatene. Det er potensial for forbedring av driftsrutiner på de flest legekantorer.

De fleste som tar EKG i denne undersøkelsen har kun helsesekretær utdanning og ingen formell tilleggsopplæring i EKG-taking. De fleste medarbeidere har for dårlige kunnskaper om plasseringen av prekordialelektrodene og dette fører til mye feilplasseringer som

påvirker måleresultatene. Dette burde kunne bedres betraktelig med bedre opplæring på legekantorene.

De fleste leger i denne undersøkelsen vurderte ikke hvorvidt det var begått feil ved EKG-takingen, da dette er noe det er lite fokus på. Det er vanskelig å si om dette skyldes manglende kunnskaper, eller manglende bevissthet rundt problemstillingen. Det er påvist at de vanligste feil gjort ved EKG-taking kan føre til feil diagnoser. Den vanligste innvendingen legene kom med, var at de ville aldri stilt en diagnose bare på grunnlag av EKG, men ville vektlegge pasientens symptomer og allmenntilstand. På den annen side ble de opplyst om at alle EKGene var tatt av menn i 50 årene som følte seg friske uten kjente hjerteproblemer. Pasientene kom for en vanlig rutinesjekk og ville bare vite om alt var i orden.

Det kan se ut som erfaring og øvelse har større innflytelse på legenes resultater enn formell kompetanse, men studien har ikke tilstrekkelig statistisk styrke til å kunne hevde dette. Mye av EKG-tolkningen går ut på mønstergjenkjenning (pattern recognition). Dette er en klinisk ferdighet som må oppøves og holdes ved like, på lik linje med auskultasjon, palpasjon m.m. Tar man noe særlig mindre enn 100 EKG i året, bør man kanskje overlate dette til en kollega med større erfaring. EKG-undervisningen i medisinstudiet kunne kanskje med fordel styrkes med mer konkret drilling i EKG-ferdigheter.

Jeg vil presisere at temaet for denne oppgaven er kvalitetssikring av EKG-taking og tolking i allmennpraksis. Problemstillingene i undersøkelsen er valgt for å belyse dette, og ikke brukes til å trekke konklusjoner om legenes generelle EKG-ferdigheter. Mange av de vanlige problemstillinger som for eksempel diagnostisering av arytmier er ikke tatt med.

Det er dokumentert i flere artikler funnet på PubMed at blir gjort feil på sykehus og det har fått konsekvenser for diagnosestilling og pasientbehandling. Jeg vil presisere at denne undersøkelsen dokumenterer **ikke** at det er blitt gjort feil i allmennpraksis som har fått konsekvenser for pasienter. Undersøkelsen viser at det er rimelig å anta at det **kan** ha skjedd. Jeg vil understreke at undersøkelsesmaterialet er lite og at man må være varsom med å bruke resultatene til å trekke generelle konklusjoner om kvaliteten av EKG-taking i norsk allmennpraksis.

Referanser

1. Herman MV, Ingram DA, Levy JA, Cook JR, Athans RJ. **Variability of electrocardiographic precordial lead placement: a method to improve accuracy and reliability.** *clin.cardiol.*1991;14:469-76)
2. Javier Garcia-Niebla, RN, Et al. **Review. Technical Mistakes during the Acquisition of the Electrocardiogram.** *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2009;14(4):389-403
3. Elsayed Z. Soliman, MD, MSc, MS. **A simple measure to control for variations in chest electrodes placement in serial electrocardiogram recordings.** *Journal of Electrocardiology* 41 (2008) 378-379
4. Kelly McCann, Anna Holdgate, Rima Mahammad and Adam Waddington. **Accuracy of ECG electrode placement by emergency department clinicians.** *Emergency Medicine Australasia* (2007) 19, 442-448.
5. Wenger W, Kligfield P. **Variability of precordial electrode placement during routine electrocardiography.** *J Electrocardiol.* 1996;29(3):179-184
6. Javier Garcia-Niebla, RN. **Comparison of P-Wave Patterns Derived From Correct and Incorrect Placement of V1-V2 Electrodes.** *Journal of Cardiovascular Nursing, Vol24, No2, 156-161.*
7. Fabio Angeli, Paolo Verdecchia, Et al. **Day to day variability of electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in hypertensive patients. Influence of electrode placement.** *Journal of Cardiovascular Medicine* 2006, Vol7, No11, 812-816.
8. Bob J.A. Schijvenaars, MSc, Jan A. Kors, PhD, Gerard van Herpen, MD, PhD, Fred Kornreich, MD, PhD and Jan H. van Bommel, PhD. **Effect of Electrode Positioning on ECG Interpretation by Computer.** *Journal of Electrocardiology Vol 30, No3, 1997, 247-256*
9. Alan Davies, nursing student. **Recognizing and reducing interference on 12-lead electrocardiograms.** *British journal of Nursing, 2007, Vol 16, No13*
10. Adrian Baranchuk, MD, FACC, Jaskaran Kang, Bsc, Cathy Shaw, RCT, Debra Campbell, RN, Sebastian Ribas, MD, Wilma M. Hopman, MA, Haitham Alanazi, MD, Damian P. Redfearn, MB, ChB, Christopher S. Simpson, MD, FACC. **Electromagnetic Interference of Communication Devices on ECG Machines.** *Clin. Cardiol.* 32, 10, 588-592 (2009)
11. Brodrie M, Robertson D, Wyllie J. **Interference of electrocardiographic recordings by a mobile telephone.** *Cardiology in the young.* 2007;17:328-329
12. Davidenko JM, Snyder LS. **Causes of errors in the electrocardiographic diagnosis of atrial fibrillation by physicians.** *J Electrocardiol.* 2007;40:450-456.
13. Christoffer Chase, MD and William J Brady, MD. **Artifactual Electrocardiographic Change Mimicking Clinical Abnormality on the ECG.** *American journal of Emergency Medicine* Vol18, NO3, 2000, (312-316)
14. Lokpal Bhatia, Delphine R. Turner. **Parkinson's tremor mimicking ventricular tachycardia.** *Age and Ageing* 2005;34: 410-411 (The British Geriatrics Society)
15. Adrian baranchuk, Et al. **Electrocardiography Pitfalls and Artifacts: The 10 Commandments.** *Crit care Nurse.* 2009; 29: 67-73

16. Velislav N. Batchvarov, Marek Malik, and A. John Camm. **Review. Incorrect electrode cable connection during electrocardiographic recording. Europace (2007) 9, 1081-1090**
17. Knight BP, Pelosi F, et al. **Physician interpretation of electrocardiographic artifact that mimics ventricular tachycardia. Am J MED 2001; 110: 335-8.**
18. Turid Nordås, Silje Leiren, Kari Hansen. **Kan øretemperaturmåling brukes på sykehus? Tidsskr Nor Lægeforen nr.20, 2005; 125: 2763-5**
19. T Knigh, et al. **Sphygmomanometers in use in general practice: an overlooked aspect of quality in patient care. Journal of human hypertension (2001)15,681-684**
20. Barbara J. Drew, RN, PhD. **Pitfalls and artifacts in electrocardiography. Cardiol Clin 24(2006) 309-315**
21. Richard E. Gregg, et al. **What is inside the electrocardiograph? Journal of electrocardiology 41(2008), 8-14**
22. Bob J.A Schijvenaars, et al. **Intraindividual variability in electrocardiograms. Journal of Electrocardiology 41(2008)190-96**