

11 Hjerteovervåkning

Rune Fanebust

11.0 Innledning

Mulighetene for å overvåke syke mennesker med tekniske hjelpemidler som kontinuerlig kan registrere fysiologiske parametre, er i dag svært gode. Den tekniske utviklingen hvor elektronisk utstyr kombineres med avansert datautstyr, har gitt oss stadig bedre verktøy til diagnostikk og styring av behandling.

Dette kapittelet vil gi en kort oversikt over emnet. Rent tekniske forhold om hvordan utstyr er bygget opp og virker, vil i liten grad bli berørt da dette vil føre for langt og det er for mange ulike typer utstyr på markedet til at dette er hensiktsmessig.

11.1 Definisjoner

En hjerteovervåkningsenhet har som oppgave å overvåke kontinuerlig pasienter med alvorlig hjertesykdom eller hvor man mistenker dette. Det er en glidende overgang fra begrepet *overvåkningspasient* til begrepet *intensivpasient*. Det har vært vanskelig å lage helt presise definisjoner på hva som skiller en overvåkningspasient fra en intensivpasient, men følgende er vanlig å bruke:

En *intensivpasient* har svikt i flere organsystemer, mens en *overvåkningspasient* har svikt i et organsystem, f. eks. hjertet (sirkulasjon). I tillegg vil enkelte hjertepasienter som ikke har noen kontinuerlig organsvikt, likevel ha behov for nøye, kontinuerlig overvåkning på grunn av episodisk, alvorlig organdysfunksjon (f.eks pasienter med episodiske, alvorlige hjerterytmeforstyrrelser).

11.2 Organisering

Som følge av at det er glidende overgang mellom overvåknings- og intensivmedisin, er organiseringen av slike enheter ulik i sykehusene. Mindre sykehus har oftest en felles overvåkningsenhet/intensivenhet, mens større sykehus oftere har skilt disse enhetene. Det har vært en økende tendens til at anestesivdelingene overtar ansvaret for å drive de felles

overvåknings/intensivavdelingene. Ved både overvåkningsenhetene og intensivenhetene vil pasientgrunnlaget være blandet. Akutt hjerteinfarkt, obstruktive lungesykdommer, gastrointestinale blødninger, forgiftninger, ketoacidose er eksempler på pasientkategorier som kan kreve overvåkning eller intensivmedisinsk behandling.

En *overvåkningsenhet* består av et visst antall *overvåkningssenger* hvor det er montert fast overvåkingsutstyr (skop) ved hver seng. Disse dataene videreføres via kabler (vanligvis i tak) til en *overvåkningsentral* hvor dataene lagres og kan bearbeides (arbeidsstasjoner). Om ønskelig kan overvåkningsentralen koples til sykehusets nettverk og det er da mulig å se pasientmonitoren på sin egen PC på kontoret.

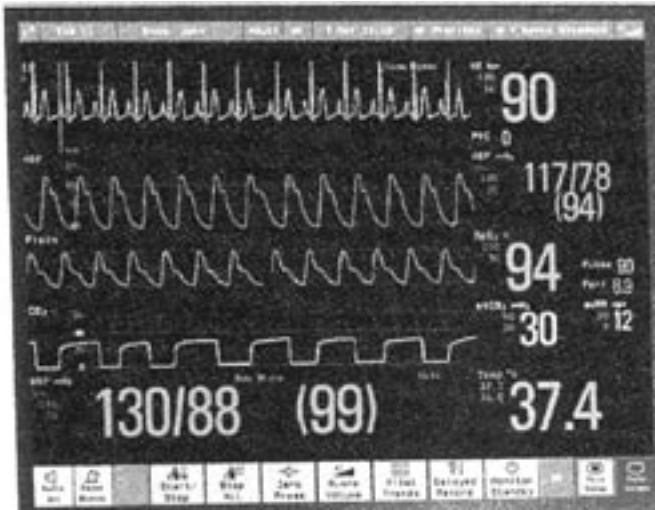
11.3 Pasientmonitoren

Dette er en dataskjerm (flatskjerm) som er vegg- eller takmontert. Moderne skjermer er høyoppløselige og betjenes ved å berøre symboler på skjermen eller via et eget panel i kanten av skjermen. Skjermen viser kontinuerlig pasientinformasjon som registreres fra pasienten via hver sin modul. En monitor kan ha plass til et ulikt antall moduler, dvs. at vi på forhånd kan kjøpe skop som har plass til det antall invasive og non-invasive moduler som vi trenger. Ut fra mengde informasjon som det er plass til, snakker vi om *tunge*, *middels* og *lette* monitører. Selve overføringen av data fra pasient til skop skjer via ledninger. En *tung monitor* kan ta 8-10 ulike målinger (parametre).

Vanlige *non-invasive parametre* er: Hjerterefrekvens, respirasjonsfrekvens, temperatur, kontinuerlig hjerterytme, blodtrykk og oksygenmetning.

Vanlige *invasive parametre* er: kontinuerlig intraarterielt blodtrykk, sentralt venøst trykk og kiletrykk i lungearterien.

Målingene registreres kontinuerlig på monitoren hvor de ulike parametrene kan gis forskjellig farge, noe som letter oversikten og gjør dataene tydeligere.



Figur 1. Bilde av en typisk pasientmonitor.

Noen målinger som vises på pasientmonitor skal kort omtales:

11.3.1 EKG signaler

Disse registreres digitalt og vises kontinuerlig på skjermen, oftest en eller to avledninger samtidig. Nyere overvåkningsutstyr har mulighet til å beregne et 12-kanals EKG ut i fra de registreringene som gjøres (i dag oftest 5 – 8 elektroder tilkopleet pasienten) og dette kan ved et tastetrykk tas fram på skjermen, se ellers seinere.

Programmer for EKG analyser, alarmfunksjoner, trendanalyser osv. finnes i arbeidsstasjonene. Hvor lenge dataene lagres der avhenger av minnekapasitet som minimum er et døgn, men kan utvides (koster penger). Hjerterefrekvens registreres kontinuerlig og viser et gjennomsnittstall, vanligvis basert på 5-10 RR-intervaller.

Alarmfunksjonene er avanserte, men dette kan stundom by på problemer fordi de kan bli for følsomme. Dette er imidlertid som regel et spørsmål om å lære seg å stille disse korrekt. Det anbefales å sette seg godt inn i bruksanvisningen for det utstyret man har, da vil man som regel få mer ut av utstyret.

11.3.2 Trykkregistreringer

Vanligvis brukes to-tre trykkforsterkere for registrering av invasive trykk, disse er igjen tilkopleet hver sin modul. Det mest brukte er *intraarterielt blodtrykk*, men *sentralt venøst trykk*

og *kiletrykk i a. pulmonalis* er også vanlig å måle. Modulen har tastatur for justering av 0-linje, elektronisk kalibrering osv.

Intraarterielt blodtrykk avleses kontinuerlig og trykkvariasjoner fanges øyeblikkelig opp, noe som er svært nyttig ved mange tilstander.

Ved behov for å kjenne mer eksakt hemodynamiske data, legges inn et kateter i a. pulmonalis (PA-kateter). Vi kan da måle lungearterietrykket, ved termodilusjon beregne hjerterminuttvolum (CO), hjereteindeks (CI), lunge- og systemvaskulær motstand, se eget

kapittel.

En ny og enklere metode for å skaffe seg invasive data baserer seg på en kombinasjon av *transpulmonal termodilusjonsteknikk og arteriell pulskontur-analyse*. Til dette trengs en sentralvenøs tilgang og et spesialkateter i en stor arterie, f.eks a. femoralis.

Ved termodilusjon kan da hjertets minuttvolum måles og kontinuerlig hjerterminuttvolum beregnes ved pulskonturanalyse. Intrathorakalt blodvolum (ITBV) kan beregnes, dette sier noe om preload. I tillegg kan flere andre størrelser estimeres, bl.a. systemvaskulær motstand, og hvor raskt arterietrykket stiger under systole (som igjen reflekterer venstre ventrikkels kontraksjonsevne). For nærmere beskrivelse av prinsipp, feilkilder etc. vises til spesiallitteratur.

11.3.3 Non-invasiv arteriell oksygenmetning (O₂ %)

Her brukes oksymetri målt sknutant. Målingen må gjøres på kroppsdel der det subkutane blodet er arterielt, dvs. der det –normalt- foregår en rask kapillærpassasje. Det vil i praksis si i fingertuppene, tær og øreflipp.

Transducer festes vanligvis på en fingertupp og apparatet viser da kontinuerlig vevets oksygenmetning i prosent. Ved adekvat lokal sirkulasjon tilsvarer denne arterielt blod. Fordi blodforsyningen kommer støtvis, registrerer måleren også hjerterefrekvensen. Dersom hjerterefrekvensen ikke angis likt med skopet, tyder

dette på at den lokale sirkulasjonen kan være nedsatt og da vil også O₂ målingene være upålitelige. Det er ikke uvanlig at O₂ metningen kan være feil, for eksempel ved sjokktilstander.

11.3.4 Respirasjonsfrekvens

Måles ved hjelp av impedansmåling via EKG elektrodene.

11.3.5 Temperatur

Temperatur følges kontinuerlig fra en termistor (elektrisk temperaturmåler). Det finnes en rekke slike prober. Rektummålinger er korrekte, men noe uhygieniske. Et godt alternativ er et blærekateter med temperatursensor (100 % silikon). Temperaturkabel er flergangsstyr. Dette gir pålitelige målinger og er et godt valg hos pasienter som likevel trenger urinkateter for blæredrenasje eller timediuresser.

11.3.6 Non-invasivt blodtrykk

Automatisk blodtrykkregistrering med mansjett hvor ønsket frekvens av målinger kan stilles inn.

11.4.

Overvåkingsentralen:

Fra dette stedet har man oversikt over samtlige pasienter på overvåkingsavdelingen, men ikke nødvendigvis fysisk sett. Monitorene er teknisk sett like sengemonitorene, men kan være noe større. Hver monitor kan ha plass til et visst antall pasienter, ofte i en fleksibel fordeling, 8-16 er vanlig. Hver pasient har da et utsnitt av skjermen. I tillegg har man da en "arbeidsskjerm" i samme størrelse hvor man kan ta over data fra den enkelte pasient og foreta nøyere målinger og analyser. På moderne utstyr er dette blitt svært bekvemt der man kan måle en rekke parametre direkte på skjermen.

I overvåkingsentralen fins også skrivere og evt. andre lagringsmedier hvor data kan sikres.

Eksempler på nyttige funksjoner som finnes i overvåkingsentralen:

11.4.1 Trendkurver (kan gå fra timer til flere døgn)

Disse er ofte svært nyttige fordi de forteller noe om en gitt parameter over tid. De mest vanlig brukte er hjertefrekvens, blodtrykk og oksygenmetning

11.4.2 Alarmfunksjoner

Disse er i dag blitt svært omfattende og det skilles mellom alvorlige og mindre alvorlige alarmer. Det anbefales å sette seg godt inn i det utstyret man har.

En moderne overvåkingsentral er et unikt verktøy til å analysere arytmier. De fleste utstyr kan estimere et 12-kanals EKG og det betyr at en arytmi kan kartlegges svært godt, dette gjelder også de beste telemetrisystemene, se seinere.

11.4.3 Ischemioovervåkning

Moderne overvåkingsutstyr tilbyr i dag ulike løsninger på ischemioovervåkning. Til nå har det vektorbaserte MIDA konseptet vært det beste (se egen omtale seinere), men flere utstyrsprodusenter har eller vil få utstyr som kan tilby ischemioovervåkning med færre elektroder enn de 8 som benyttes ved MIDA. Foreløpige sammenlignende tester tyder på at bruk av færre elektroder kan la seg forene med høy kvalitet.

Noen sykehus er begynt å ta i bruk fullstendig digitaliserte løsninger hvor alle data fra de store kurvene som overvåkingsavdelingene daglig fører for hånd, erstattes med PC baserte løsninger. Det er da en datamaskin pr rom hvor pleiepersonale plotter inn alle opplysninger etter hver, for eksempel medikamenter, væsker etc. Også nettverk hvor man kan ta inn EKG, ekkokardiografiske undersøkelser, laboratorieanalyser, røntgenbilder etc tas i økende grad i bruk på norske sykehus, men dette omtales ikke videre her.

11.5 Telemetri

Telemetri er en trådløs overføring av fysiologiske data som kontinuerlig registreres hos pasienten. Slikt utstyr er underlagt nasjonale regelverk, i Norge kreves det konsesjon fra Teletilsynet som kan gi tillatelse til å bruke et visst antall telemetrier pr. sykehus.

Telemetrisenderen er bærbar, ligner en walkman og veier ca. 100-200 g. Den inneholder en høyfrekvent radiosender som kan bruke en frekvens på f.eks 440 mHz, en EKG forsterker og batterier som varer 1-2 døgn. De har svært kort rekkevidde, ca. 30 til få hundre meter avhengig av modell. Rekkevidden reduseres betydelig av betong og stålkonstruksjoner. Senderne tåler defibrillering, men dårligere å falle i gulvet.

11.5.1 Antennesystem

Særlig innendørs har telemetrisendere svært dårlig rekkevidde og det må derfor monteres tallrike antenner, ofte med 6-8 m mellomrom for å sikre at signalene er tydelige og pålitelige. Fra antenne sendes signalet videre til telemetri-mottakeren. Denne har en modul for hver sender og signalene forsterkes og sendes videre til overvåkningssentralen.

Telemetrioverføringer kan ofta være plaget med støy som kan skyldes en lang rekke årsaker. De vanligste er dårlig elektrodeplassing, løse elektroder, mye bevegelser som fører til drag på ledninger og mer. En annen årsak som stundom har gitt betydelige problemer, er påvirkning fra annet radioutstyr som sender på lignende frekvens. Dette kan for eksempel være utstyr som portørsentralene bruker og systemene kan da gjensidig påvirke hverandre. Når nytt telemetriutstyr skal anskaffes er det viktig å tenke på dette. Hvis pasientene beveger seg for langt unna antennene, kan signalene bli dårlige eller falle ut.

Telemetri brukes særlig hos pasienter som er oppegående hvor man ønsker å følge hjerterytmen. Det kan være mistanke om hjerterytmier, uavklarte synkoper o.a.

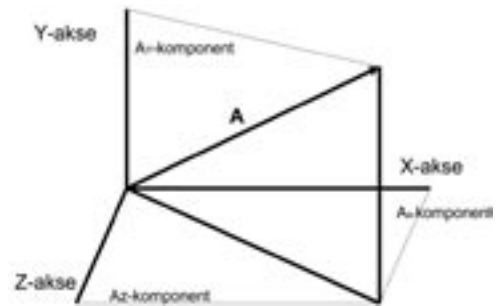
Også andre parametre kan følges på mange telemetrier i dag som for eksempel saturasjon (oksygenmetning). I stigende grad brukes også slikt utstyr til å måle endringer i ST segmentet (se seinere).

Mange telemetrienheter kan i dag plugges inn i en liten bærbar monitor. Man får da straks en sengemonitor som kan brukes til av avlese EKG/hjerterytme, saturasjon og non-invasivt blodtrykk.

11.6 Kontinuerlig ischemioovervåkning.

På 1980 og 90 tallet har det kommet en rekke data som viser nytten av vektorbaserte overvåkningssystemer. Det mest kjente av disse og som har hatt størst utbredning på norske sykehus, har vært **MIDA** (myocardial Ischemia Dynamic Analysis).

Dette systemet baserer seg på en plassering av 8 ulike elektroder foreslått av *Frank*. Av disse plasseres 4 på brystet, 2 på magen, 1 i nakken og 1 på ryggen. På den måten registreres elektrisk aktivitet i alle områder av hjertet kontinuerlig og på bakgrunn av dette kan det gjøres analyser i tre plan, x, y og z.



Figur 2

Lengden av vektor A kan beregnes ut fra lengden av komponentene av A i de ulike aksene X, Y og Z ved å bruke formelen:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

Frank avledningene skaffer et tre-dimensjonalt bilde av QRS signalet og definerer en vektor.

På samme måte kan også ST segment heving eller senkning løses opp i tre komponenter langs en vinkelrett akse.

Differansen mellom de aktuelle QRS komponentene langs de tre aksene og referanse registreringen kan også betraktes som en vektorstørrelse. Derfor, hvis vi erstatter vektor-komponentene A_x , A_y og A_z i ovenstående formel med

- differanse i areal mellom aktuelle QRS kompleksene og referansekompleksene
- ST_x, ST_y og ST_z komponentene i ST segmentet

får vi MIDA formlene som brukes til å beregne dynamiske, tredimensjonale endringer i både

QRS vektor og ST verdier. Dette avspeiler i sin tur bl.a. annet iskemiske endringer i myokard.

MIDA bruker to konsept:

11.6.1 QRS vektor differanse (QRS-VD)

Dette er et parameter som affiseres av alle forandringer i QRS komplekset. Det aktuelle QRS komplekset (oppdateres hele tiden) sammenlignes med det opprinnelige QRS komplekset (da pasienten ble koplet på) og arealdifferansen blir beregnet i X, Y og Z avledningene. Disse verdiene blir så lagt inn i nedenfor stående formel og resultatet er QRS-VD som blir plottet inn som en trendgraf. QRS-VD avspeiler forandringer i QRS komplekset som kan forårsakes både av nekrose og forbigående ischemi.

$$\text{QRS-VD} = \sqrt{Ax^2 + Ay^2 + Az^2}$$



Figur 3

11.6.2 Vector magnitudo (ST-VM)

ST segmentet måles i hvert midlet hjerteslag 60 ms etter J-punktet (slutten av QRS komplekset). Verdiene fra X, Y og Z går inn i formelen, dette resulterer i en ST-VM verdi som plottes inn i et trend graf.

ST-VM avspeiler ischemi ved et hjerteinfarkt og forbigående ischemi.

$$\text{ST-VM} = \sqrt{\text{ST}_x^2 + \text{ST}_y^2 + \text{ST}_z^2}$$

Slik formelen er konstruert, vil ST heving i en avledning ikke nøytralisere en ST senkning i en annen avledning. Både ST heving og ST senkning vil bli påvist samtidig og siden ST segmentet blir målt både i X, Y og Z aksene, vil ischemi kunne oppdages i hele hjertet (tredimensjonalt).



Figur 4

I tillegg til disse trendkurvene, vil MIDA også kunne vise en kontinuerlig oppdatering av et beregnet 12 kanals EKG som ikke er identisk med et ordinært 12 kanal EKG, men oftest er likt eller svært likt dette.

På denne måten vil endringer i ST-VM og QRS-VD kontinuerlig avspeile endringer i ST nivået og QRS komplekset som fører til karakteristiske mønstre ved ulike kliniske situasjoner som ustabil angina pectoris, akutte hjerteinfarkt etc. Studier har vist at ved ST- hevningsinfarkter kan reperfusjon påvises med ca. 80 % sannsynlighet. Manglende reperfusjon ved trombolysen kan være en indikasjon for å la en pasient gå videre til forsøksvis PCI. Ved symptomer som ikke skyldes kardiale forhold, vil linjene ligge i ro, og metoden er også god til å dokumentere manglende ischemi som bl.a. har prognostisk betydning. Som i andre sammenhenger kan støy også her være et visst problem, men kan vanligvis håndteres greit.

Nylig har det også blitt utviklet utstyr med langt flere elektroder, bl.a. har en produsent i alt 80 elektroder som limes på bryst og rygg i striper på 8-10. Disse er så tilkoplede datamaskin som bearbejder signalene og på den måten får man et fargekodet bilde av hjertet hvor iskemiske områder har egen farge.



Figur 5. Eksempel på pasient som har gjennomgått vellykket reperfusjon slik det framgår av en kontinuerlig MIDA registrering. For nærmere beskrivelse av systemet vises til spesiallitteratur.