

Arbeids-EKG

Sammendrag

Arbeids-EKG er den mest anvendte metode for påvisning av koronar iskemi, men testen brukes også i en rekke andre sammenhenger. Undersøkelsen krever nøyaktig teknisk utførelse og at man bruker fysiologisk egnede testprotokoller. Den krever også at sikkerhetsregler følges nøye. Testresultatene må bedømmes ut fra indikasjonsstillingen, og det er viktig å kjenne til faktorer som kan forstyrre fortolkningen. Arbeids-EKG har større eller mindre diagnostisk og prognostisk verdi avhengig av den populasjonen som undersøkes. Som diagnostisk hjelpemiddel i forhold til koronarsykdom er den best egnet når pretest-sannsynligheten for sykdom er høyest.

I Tidsskriftet nr. 3–8/2004 publiseres en serie artikler om hjertesykdommer

Engelsk sammendrag finnes i artikkelen på www.tidsskriftet.no

Oppgitte interessekonflikter: Ingen

> Se også side 308

Gunnar Erikssen

k-eriks@online.no
Hjertemedisinsk avdeling
Rikshospitalet
0027 Oslo

Johan Bodegard

Jan Erikssen
Institutt for klinisk epidemiologi
Akershus universitetssykehus

Arbeids-EKG er en test der en person utsettes for økende fysisk belastning under EKG-overvåking. Vi har valgt å bruke denne metodebetegnelsen, selv om navnet misvisende antyder at det kun er EKG-funnene som er viktige. Arbeids-EKG har vært i bruk i kardiologisk diagnostikk i mange tiår, og er fortsatt den mest anvendte metode for påvisning av koronar iskemi. Av denne grunn, og fordi resultatene av testen kan få betydelige konsekvenser for videre håndtering av den enkelte pasient, er det viktig at leger kjenner til metodens anvendelsesområder, kontrain-

dikasjoner, hvordan man tolker resultatene, feilkilder og begrensninger, samt forutsetningene for å oppnå pålitelige resultater. De fleste aktuelle anvendelsesområdene fremgår av tabell 1. Arbeids-EKG brukes dessuten i begrenset omfang også ved koronar screening. I denne artikkelen omtales arbeids-EKG først og fremst som del av utredning av personer med mistenkt eller kjent koronarsykdom. Prinsippene for gjennomføring av selve testingen er de samme uansett indikasjon.

Betingelser for å oppnå pålitelige målinger

Optimal testing krever at det kardiorespiratoriske systemet belastes opp mot det maksimale, samtidig som hjertets elektriske respons følges kontinuerlig. Dette forutsetter at man har egnet utstyr til selve belastningen, egnede testprotokoller og tilfredsstillende EKG-teknikk, samt at sikkerheten er ivarettatt.

Apparatur

For å belaste hjertet slik at resultatet har tilstrekkelig utsagnskraft, kreves det at belastningen omfatter store muskelmasser. Maksimal belastning oppnås sikrest hvis testpersonen går/løper på tredemølle. Dersom oksygenopptaket oppnådd ved tredemølletesting settes til 100% (maksimalt oksygenopptak), oppnås 93–95% av maksimalt oksygenopptak ved ergometersykling, ca. 85% ved svømming og ca. 65% ved arm-sykling. I praksis brukes bare ergometersykel (særlig i Europa) eller tredemølle (særlig i USA) (1). Tredemølle er best egnet til å teste barn. Ergometersykel gir mindre risiko (fall), og egner seg bedre til testing av personer med nevrologiske eller ortopediske lidelser, tar mindre plass og er vesentlig billigere både i anskaffelse og vedlikehold. Ikke minst gir testing på ergometersykel mer pålitelige registreringer av f.eks. EKG, og blodtrykk, og kan også benyttes når testpersonen ligger. Begge apparatene er teknisk enkle å bruke.

Belastningsteknikk

Det finnes mange protokoller for både tredemølle og ergometersykel, og det er vanskelig å påstå at én teknikk er bedre enn en annen. I en nylig publisert oversiktsartikkel har Ashley og medarbeidere (2) beskrevet flere tredemølleteknikker som bedømmes som likeverdige ut fra et teoretisk synspunkt. Teknikken utarbeidet av Bruce og medarbeidere

anbefales fordi erfaringene er størst. Protokollen starter med en så lav belastning at selv personer med dårlig fysisk form (eller sykdom) vil kunne klare laveste belastnings-trinn. Deretter økes både hastighet og stigningskoeffisient på tredemøllen hvert tredje minutt etter definerte retningslinjer. Prinsipielt fortsetter testen under EKG-monitring enten til utmattelse, til man observerer spesielle kliniske funn eller til testpersonen ikke ønsker å fortsette. Det finnes også tallrike protokoller for ergometersykel. Felles for alle er at de starter med lav belastning som så øker gradvis. Variasjonene i trinnlengde og stigning i belastning per trinn er store, ikke sjelden finner det enkelte sykehus frem til sine egne varianter.

Dessverre synes det som om mange ønsker å få «gjort unna» testen fortest mulig. Dette er enkelt å oppnå ved å benytte en testprotokoll som raskt fører til maksimal puls og utmattelse. Da blir imidlertid testresultatene mindre pålitelige. Hemodynamisk stabilitet på et gitt belastningsstrinn oppnås først etter 4–6 minutter (3), og slik stabilitet er nødvendig for å få reproducerbare målinger av f.eks. puls og blodtrykk. Følgelig bør en gitt belastning vare i minst fire minutter på hvert trinn. En hyppig brukt, men fysiologisk dårlig egnet protokoll benytter en økning på 10W hvert minutt, og da når man aldri en hemodynamisk stabil situasjon. En økning på 50W hvert 4.-6. minutt gir omtrent samme økning av belastningen per tidsenhet, og samtidig mulighet for pålitelige hemodynamiske målinger. Varigheten på hvert trinn bør heller ikke være for lang, da

! Hovedbudskap

- Arbeids-EKG er den mest anvendte metode for påvisning av koronar iskemi
- Vektlegging av tekniske detaljer og valg av testprotokoller kan ofte være avgjørende for testresultatet
- Ikke bare EKG, men også arbeidskapasitet, puls- og blodtrykksresponsen samt kliniske observasjoner under testen er avgjørende for tolkingen av resultatet
- Testens diagnostiske og prognostiske verdi er sterkt avhengig av pretest-sannsynlighet for sykdom

Tabell 1 Anvendelsesområder for arbeids-EKG

Bedømme videre utrednings- og behandlingsbehov for koronarpatienter (i stabil fase)
Utredning av brystmerter av uklar etiologi
Vurdering av behandlingseffekter hos koronarpatienter (medikamenter og/eller revaskulariseringstiltak)
Bedømmelse av pasienter med forskjellige primært ikke-koronare hjertesykdommer (aktuell behandling og effekten av behandling)
Utredning av årsaker til anstrengelsesutløste synkoper
Måling av aerob kapasitet
Forskning

Tabell 2 Kontraindikasjoner og forsiktighetsregler ved arbeids-EKG

Kontraindikasjoner
Maksimal belastning 2–3 måneder etter akutt infarkt
Ukompensert hjertesvikt
Akutt koronarsyndrom i ustabil fase
Uttalt bronkospasme
Uttalte aorta- eller mitralstenose
Uttalt hypertensjon ¹
Uttalt pulmonal hypertensjon
Forsiktighetsregler
Submaksimal belastning etter akutt koronarsyndrom
Moderat stenoserende klaffefeil
Moderat bronkospasme i hvile
Atrieflimmer-/flutter, takyarytmier
AV-blokk grad II-III
Markerte ST-depresjoner i hvile (selv hos asymptomatiske personer)
Akutt, febril infeksjonssykdom siste 2 uker (obs. subklinisk myokarditt)
Hypertrofisk kardiomyopati
Moderat pulmonal hypertensjon
¹ AHA/ACC Guidelines anbefaler systolisk trykk < 200 mm Hg og diastolisk trykk < 110 mm Hg (5)

dette kan føre til at testen må avbrytes pga. muskeltretthet og ikke av kardiopulmonale årsaker, testens optimale endepunkt.

EKG-registrering

Fordi endringer av EKG er viktige å fange opp, bør registreringen være optimal. Det brukes sjelden mindre enn seks elektroder (i sykehus), men noen benytter 12 avledninger. V5-avledningen alene synes å inneholde 85–90 % av all ST-avsnittsinformasjon som finnes i samtlige konvensjonelle avledninger. Bare å benytte V5-avledningen kan derfor være et akseptabelt alternativ.

Hudmotstanden er normalt 20 000–40 000 ohm uten forpreparering, vesentlig pga. elektrisk motstand fra hudtalg og hornlaget i epidermis. I hvile betyr dette lite for kvaliteten på EKG-registreringen. Ved fysiske anstrengel-

ser øker imidlertid den elektriske støyen med kvadratet av hudmotstanden, og forholdet mellom signalenes størrelse og støy kan bli uakseptabel dersom ikke hudmotstanden er tilstrekkelig redusert i utgangspunktet. Helst bør motstanden reduseres til < 5 000 ohm, noe som er relativt lett å oppnå ved vasking med sprit eller aceton. Computerteknikk brukt for å fjerne elektriske forstyrrelser vil kunne føre til at kortvarige, viktige EKG-funn overses både fordi computer-EKG oftest representerer gjennomsnittet av et stort antall slag, og fordi korrigeringsalgoritmene i EKG-apparatet ofte er uberegnlige (4). Man risikerer da særlig å få flere falskt negative resultater ved arbeids-EKG (2). Vekselsstrømsforstyrrelser taler for dårlig jording av EKG-apparatet, og må ikke forsøkes fjernet ved å dempe EKG-signalene.

EKG-apparatet må ha en tilfredsstillende frekvensrespons (0,05–100 Hz). Dette er sjelden noe problem i dag, men man må sikre seg dette i kravspesifikasjonen, og etter års bruk av et EKG-apparat bør frekvensresponsen sjekkes da for treg respons kan føre til faskt positive tester. EKG-kabelen må henge fritt, dvs. uten strekk eller vridning, og har optimal ytelse i kun noen få år ved daglig bruk. EKG-utskriftene på termiske skrivere blir ofte uleselige etter noen år, og laser- eller blekkskrivere bør derfor foretrekkes.

Sikkerhet

Maksimal eller nær maksimal belastning medfører en viss risiko som imidlertid er meget liten når kontraindikasjoner mot testing og indikasjoner for avslutning av testen respekteres. Hvile-EKG skal alltid bedømmes før man går i gang (4). De viktigste kontraindikasjoner og forsiktighetsregler fremgår av tabell 2. Hos pasienter med ferskt infarkt eller annen akutt koronarsykdom kan det være viktig å utføre arbeids-EKG f.eks. med tanke på om det er trygt å skrive ut pasienten eller om det er indikasjon for mer utredning. Belastningsnivået bør da velges skjønnsmessig. Å ta sikte på maksimal belastning er kontraindisert. Hos unge, friske personer kan teknikere utføre all testing, men selv hos antatt friske > 40–45 år og hos alle pasienter skal lege være til stede, og resusciteringsutstyr må være for hånden. Lege skal uansett alltid være i umiddelbar nærhet.

Belastning skal avbrytes hvis det oppstår arytmier som ventrikkeltakykardi, repeterte R-på-T-ekstrasystoler og paroksysiske forkamertakykardier. Ved ST-depresjon > 2 mm har det ingen hensikt å fortsette testen, fordi det ikke har diagnostisk verdi og fordi det medfører økt risiko. Ved blodtrykksfall > 10 % av forrige målte verdi må det vises forsiktighet, samt hvis ikke blodtrykket stiger fra ett belastningstrinn til det neste. Det rår usikkerhet om hvilken maksimalverdi som kan tillates. I USA settes 250 mm Hg som øvre tillatte verdi under tredemølltesting. Trolig kan høyere verdi tillates hos tilsynelatende friske testpersoner, og

for øvrig synes ikke blodtrykksverdier registrert på tredemølle og sykkel å være direkte sammenliknbare.

Følgende kliniske tegn indikerer at man bør avslutte testen: cyanose, økende blekhet (kan indikere manglende kapillarfylling grunnet ikke-tilfredsstillende minuttvolumøkning), særlig uttalt dyspné, hyperventilering (ofte plutselig), ataktisk sykling (obs. hodenikking og kasting på overkroppen), hjertefrekvens > 15 % over aldersforventet maksimalverdi. Testen skal også avsluttes hvis testpersonen «ikke vil mer» (betydelig overdødelighet hos personer som tilsynelatende ikke samarbeider), eller klager over så uttalt tretthet i beina, angina pectoris eller claudicatio at vedkommende ville ha stoppet om slike symptomer oppstod i dagliglivet.

Diagnostisk bedømmelse av arbeids-EKG

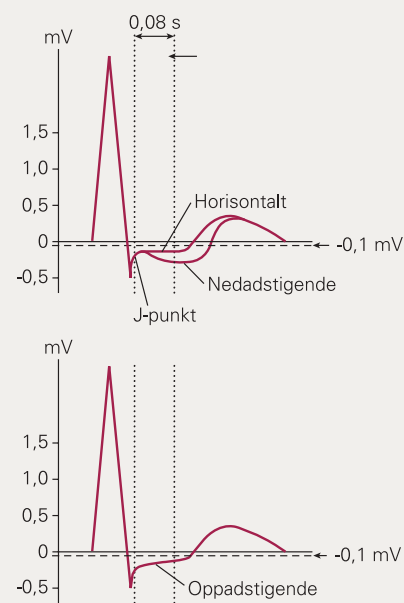
Selv om alle avsnitt i EKG endrer seg under belastning, skal man i klinisk sammenheng nesten utelukkende konsentrere seg om endringer i ST-avsnittet under/etter belastning (korrigert for basisforandringer i EKG). Det er viktig å huske på at EKG bare inneholder en del av informasjonen fra det samlede testresultatet. Ved bedømmelse av EKG under belastning er det, som ved bruk av enhver diagnostisk test, viktig å vurdere funnene ut fra sannsynlighet forut for testen, og kjennskap til testens sensitivitet og spesifisitet (Bayes teorem). Uten kjennskap til testpersonens alder, tid siden siste måltid, kjente sykdommer, symptomer, bruk av medikamenter og indikasjonen for å utføre testen, etc. skal man være meget varsom med konklusjoner vedrørende eventuelle avvik i EKG.

Av sjeldnere EKG-forandringer er belastningsutløste AV-blokk, frekvensavhengige grenblokk og arytmier av forskjellige slag. Dette kan være av spesiell betydning når man skal vurdere pasienter med f.eks. anstrengelsesutløste synkoper.

Tradisjonelt benyttes funn av horisontale eller nedadstigende ST-depresjoner på 1,0 mm eller mer 0,08 s fra J-punktet under eller etter belastningen (fig 1) som EKG-kriteriet på en positiv test («signifikant ST-depresjoner»). Dette er et rent arbitrært kriterium som ikke er tilstrekkelig validert. Trolig vil ST-depresjoner av samme utseende, men mindre uttalte, også kunne være av diagnostisk betydning. Oppadstigende ST-depresjoner har sannsynligvis diagnostisk betydning først og fremst hvis stigningskoeffisienten er liten (4). En sjelden gang kan man se belastningsinduserte ST-hevninger som ved akutt transmuralt infarkt, noe som er et særlig alvorlig funn. En test kan også bedømmes som positiv dersom testpersonen får anginoide symptomer alene, dvs. selv i fravær av signifikante EKG-forandringer.

Hos pasienter som tidligere har gjennomgått infarkt, vil man ikke sjelden se ST-elevasjoner i EKG-et, fortrinnsvis svarende til

Figur 1



Fremstilling av de morfologiske hovedtyper ST-segmenter ved koronariskemisk diagnostikk i forbindelse med arbeids-EKG; horisontalt, oppad- og nedadstigende. J-punktet er ST-kurvens «vendepunkt», dvs. der den dobbeltderiverte er null. ST-senkningens størrelse måles 0,08 sekunder etter dette punktet, og regnes «signifikant» dersom den er 0,1 mV eller mer

områder for ventrikulære aneurismer eller dyskinesier. Pasienter med Prinzmetals angina viser også i en del tilfeller det samme. Normalisering av ST-depresjon, sett i hvile-EKG, under belastning er også patologisk hos kjent hjertesjke. Hos unge, særlig nervøse personer, ses imidlertid ikke sjelden ST-depresjoner i hvile og på lave belastninger, som forsvinner under hardere belastning. Dette er et normalfunn.

Flere tilstander øker risikoen for å få falskt positive resultater ved arbeids-EKG. Dette gjelder bl.a. bruk av visse medikamenter (spesielt digitalis og diuretika), hypokalemi (uansett årsak), venstre ventrikel-hypertrofi (uansett årsak), klaffefeil, medfødte vitier, mitralprolapsyndromet, ikke-fastende tilstand, kardiomyopati/myokarditt (obs. nylig gjennomgått febril sykdom), plutselig innsettende hard fysisk belastning, langvarig inaktivitet/sengeleie og uremi. Bruk av betablokker minker sjansen for å påvise koronar iskemi.

ST-depresjoner ved belastning sammen med venstre grenblokk har ingen diagnostisk koronar-iskemisk betydning. Sensitivitet og spesifisitet for koronar iskemi påvirkes ikke av høyre grenblokk. Testen vurderes på vanlig måte, men ST-depresjoner ved belastning i avledningene V1-V3 er dog ikke tegn på koronar iskemi ved høyre grenblokk. Arbeids-EKG er betydelig mindre spesifikt

hos kvinner i alle aldre, og gir følgelig hyppigere positive utslag.

Med en testsensitivitet på 60 % og en spesifisitet på 90 % (som antakelig er det maksimalt oppnåelige med optimal teknikk) vil 94 % av alle med positivt arbeids-EKG være falskt positive fra et diagnostisk synspunkt dersom prevalensen av koronarsykdom er 1 % i den populasjonen man tester. 76 % er falskt positive dersom prevalensen er 5 %, og selv med en prevalens på 10 % vil hele 60 % av dem som har fått et positivt testresultat være falskt positive. I en klinisk situasjon der alle som testes har koronarsykdom, vil verdien av testresultatene øke betydelig. Dette tilsier at jo yngre en testperson er og jo mer sannsynlig det er at vedkommende er frisk, desto mindre vil et positivt EKG-utslag være uttrykk for underliggende sykdom. Motsatt ved kjent (eller sterkt mistenkt) sykdom.

Moderne utstyr tilbyr som regel muligheter for computertolkning av ST-forandringer ved arbeids-EKG. Generelt synes slike systemer å være omtrent like gode som legene selv når signalkvaliteten er optimal (5), og kan godt brukes som diagnostiske støtteverktøy. Det er imidlertid viktig å huske på at flere andre observasjoner som må vektlegges når man vurderer resultatet av testen.

Andre observasjoner

Uavhengig av EKG-funnene må man f.eks. vurdere arbeidskapasitet (6) (sterkt korrelert med maksimalt oksygenopptak), maksimal hjertefrekvens (sammenholdt med den aldersforventede) og økning i hjertefrekvens fra hvile til maksimum (7), betydelig blodtrykkstigning i tidlig fase (8) og hjertefrekvensfallets hastighet etter avsluttet arbeid (9). I de senere år er det publisert mange arbeider vedrørende betydningen av disse faktorene. Høy hjertefrekvens i hvile, lav arbeidskapasitet, lav maksimal hjertefrekvens, dårlig hjertefrekvensrespons, rask og betydelig blodtrykkstigning på lav belastning og sen normalisering av hjertefrekvensen er funn som indikerer sykdom i hjerte- og karsystemet, og som kan indikere dårlige leveutsikter.

Kjennskap til testpersonens koronare risikoprofil vil dessuten påvirke pretest sannsynligheten for koronarsykdom, og vil være med på å fremme en sikrere vurdering av testresultatet. Der pretest sannsynligheten er høy (f.eks. hos pasienter med typisk anginoide symptomer), vil resultatene av testen kunne være avgjørende for om man skal tilråde videre koronarutredning. Store EKG-utslag – særlig kombinert med anginasymptomer på lav belastning, samt svak puls- og blodtrykkrespons til tross for økende belastning vil tale for at det er behov for videre utredning.

Ved bruk av betablokker reduseres maksimal hjertefrekvens med ca. 30 % ved full betablokkade, og muskeltretthet oppstår tidligere, slik at arbeidskapasiteten blir redusert.

Den diagnostiske verdien av testen reduseres derfor noe, om enn i uavklart grad. Eventuell seponering av betablokker før testing må skje etter individuell vurdering, men anbefales ikke som rutine (9).

Prognostisk bedømmelse av arbeids-EKG

Man har også interessert seg for å bruke testen hos asymptotiske og antatt friske individer for å avdekke eventuelt latent koronarsykdom. Generelt får man imidlertid altfor mange falskt positive EKG-utslag til at arbeids-EKG har kunnet anbefales som ledd i diagnostisk screening i disse gruppene (5). De siste 10–15 årene er det imidlertid publisert en rekke arbeider vedrørende den prognostiske betydningen av de parametrene man tradisjonelt studerer under arbeids-EKG i diagnostisk øyemed. Det er vist at f.eks. arbeidskapasitet, ulike EKG-funn og forskjellige hjertefrekvens- og blodtrykkparametere er til dels sterke prognostiske markører. Dette gjør at man synes å ha kommet til et skifte i synet på verdien av arbeids-EKG, med en økende interesse for den prognostiske verdien av slik testing – også hos asymptotiske individer (2). Man kan tenke seg at arbeids-EKG i økende grad kan bli brukt som verktøy for risikostratifisering som supplement til tradisjonelle metoder – kanskje særlig hos individer med høy pretestrisiko for å utvikle koronarsykdom. Det mangler fortsatt forskningsresultater som underbygger et slikt syn godt nok, men i de nye retningslinjene utarbeidet i 2002 av American Heart Association og American College of Cardiology er det tatt til orde for bruk av arbeids-EKG i prognostisk øyemed hos asymptotiske diabetikere.

Litteratur

- Andersen KL, Shepard RJ, Denolin H, Varnauskas E, Maseroni R. Fundamentals of exercise testing. Genève: WHO, 1971.
- Ashley EA, Myers J, Froelicher V. Exercise testing in clinical medicine. Lancet 2000; 356: 1592–7.
- Palatini P. Exercise haemodynamics in the normotensive and hypertensive subject. Clin Sci 1994; 87: 275–87.
- Fletcher GF, Flipse TR, Kligfield P, Malouf JR. Current status of ECG stress testing. Curr Probl Cardiol 1998; 23: 353–423.
- Gibbons RJ, Balady GJ, Timothy BJ, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update of the 1997 Exercise Testing Guidelines). J Am Coll Cardiol 2002; 40: 1531–40.
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Tartington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. N Engl J Med 2002; 346: 793–801.
- Sandvik L, Erikssen J, Ellestad M, Erikssen G, Thaulow E, Mundal R. Heart rate increase and maximal heart rate during exercise as predictors of cardiovascular mortality: a 16-year follow-up study of 1960 healthy men. Coron Artery Dis 1995; 6: 667–79.
- Mundal R, Kjeldsen SE, Sandvik L, Erikssen G, Thaulow E, Erikssen J. Exercise blood pressure predicts cardiovascular mortality in middle-aged men. Hypertension 1994; 24: 56–62.
- Gibbons RJ. Abnormal heart rate recovery after exercise. Lancet 2002; 359: 1536–7.