

Telemedicinsk elektrokardiogramtransmission i den præhospitale fase hos patienter, der er under mistanke for at have akut myokardieinfarkt

Reservelæge Martin Sillesen, reservelæge Maria Sejersten Ripa, afdelingslæge Søren Strange, overlæge Søren Loumann Nielsen, overlæge Erik Jørgensen, overlæge Freddy K. Lippert & overlæge Peter Michael Clemmensen

H:S Rigshospitalets Hjertecenter, Hjertemedicinsk Klinik B og Traumecenter, og
H:S Lægeambulance

Resume

Introduktion: Tid fra symptomdebut til reperfusion er kritisk for overlevelsen hos patienter med ST elevations-akut myokardieinfarkt (STEMI). Resultaterne af tidligere studier har indikeret, at trådløs transmission af præhospitalt optaget 12-aflednings-elektrokardiogram (EKG) kan forkorte tiden til start af fibrinolysebehandling. Formålet med denne undersøgelse var at vurdere transmissionssuccesraten og effekten på tidsforsinkelsen ved indførelse af teletransmitteret EKG med efterfølgende omvisitering af patienten uden om lokalt sygehus, direkte til primær perkutan koronarintervention (PCI).

Materiale og metoder: Gennem en etårig periode transmitteredes præhospitalt optaget EKG hos alle patienter med symptomer, der tydede på akut koronart syndrom, mhp. eventuel akut omvisitation til PCI. EKG transmitteredes til en håndholdt modtager, der blev båret af bagvagten på Rigshospitalet.

Resultater: Der blev registreret 152 transmissionsforsøg, 135 ud af 152 (89%) transmissioner var succesfulde. I alt blev 27 patienter henvist til primær PCI. Sammenholdt med hos en historisk kontrolgruppe var der et øget tidsforbrug på syv minutter på skadestedet. Mediant tidsforbrug fra ankomst til Rigshospitalet til påbegyndelse af interventionen var 22 minutter. I forhold til hos den historiske kontrolgruppe medførte omvisiteringen en tidsbesparelse på 72 minutter ($p < 0,01$).

Konklusion: Resultaterne af undersøgelsen viser, at teletransmission af præhospitalt optaget EKG til en håndholdt modtager er muligt og i praksis medfører, at tidsforsinkelsen til primær PCI hos patienter med STEMI nedsættes.

narafsnit. [3-6]. Danske undersøgelser har for nylig evalueret denne teknologi [5, 7]. Man fandt i den ene undersøgelse [5] en reduktion af tidsforsinkelsen til trombolyse på omkring 40 minutter, hvilket stemmer overens med resultaterne af en tilsvarende undersøgelse fra udlandet [4].

Som konsekvens af resultaterne fra DANAMI 2-undersøgelsen [8] er behandlingen af STEMI i dag i højere grad rettet mod primær perkutan koronarintervention (PCI) end mod fibrinolysebehandling, men den mulige effekt af præhospitalt EKG-transmission i forbindelse med primær PCI er kun sparsomt belyst.

Wall et al har dog i en amerikansk undersøgelse påvist en reduktion i den hospitale tidsforsinkelse ved primær PCI fra 109 minutter til 80 minutter ved brugen af præhospitalt EKG-transmission fra ambulancer i et landdistrikt til en skadestuelæge [9].

Hvorvidt denne tidsbesparelse kan reproduceres eller evt. forbedres i et storbyområde med korte transportafstande og følgende kort forvarsel til det kardiologiske laboratorium, men med direkte EKG-transmission til en vagthavende kardiolog, er endnu ikke belyst.

Fælles for de fleste af de ovenfor nævnte undersøgelser er, at man i dem benyttede sig af EKG-transmission til en stationær modtagestation på en kardiologisk afdeling eller en skadestue.

Teknologiske fremskridt har yderligere muliggjort direkte telemedicinsk overførsel af digitale data til håndholdte computere. Undersøgelser har vist, at diagnosen STEMI med tilstrækkelig sikkerhed kan stilles ved aflæsning fra en *liquid crystal display* (LCD)-skærm [10, 11].

Formålet med denne undersøgelse var at vurdere transmissionssuccesraten og effekten på tidsforsinkelsen ved indførelse af teletransmitteret EKG direkte fra stedet, hvor de akutte symptomer opstår, til en håndholdt computer hos vagthavende kardiolog med evt. efterfølgende omvisitation af patienter med STEMI direkte til kardiologisk laboratorium med henblik på primær PCI.

Metoder

Projektet blev udført i H:S Lægeambulancens optageområde i perioden fra oktober 2002 til oktober 2003. Lægeambulancen dækker et byområde på ca. 550.000 indbyggere. Grundet den bymæssige bebyggelse er afstande og transporttider korte, og således er den normale transporttid fra skadested til hospital 5-15 minutter.

Hurtig reperforationsbehandling hos patienter med ST-elevations-akut myokardieinfarkt (STEMI) er af afgørende betydning for overlevelsen, og i flere studier har man således fundet en sammenhæng mellem tidsforsinkelse fra symptomdebut til revaskularisering og overlevelse [1, 2].

Forskellige tiltag til nedsættelse af tidsforsinkelsen har tidligere været forsøgt, herunder transmission af præhospitalt optaget elektrokardiogram (EKG) til skadestue eller koro-

Logistik

H:S Lægeambulance tilkaldes som støtte til primærambulancen til alle akutte livstruende medicinske tilstande, herunder til patienter, der er under mistanke for at have akut hjertesygdom. På skadestedet vurderede lægen, om patienten havde symptomer, der tydede på akut koronar syndrom. Det kunne dreje sig om patienter med centrale brystmerter, som var vedvarende trods behandling med nitroglycerin, patienter med pludseligt opstået eller svær uafklaret dyspnø/lungeødem og patienter, der var genoplivet efter hjertestop.

EKG i 12 afledninger blev optaget med en Lifepak 12 (Medtronic) defibrillator med GSM transmissionskapacitet og transmitteret til en central modtagestation på H:S Rigshospitalets kardiologiske observationsrum. Modtagestationen lagrede EKG digitalt og videresendte til to øvrige destinationer, nemlig en håndholdt Nokia 9210-enhed båret af bagvagten og Rigshospitalets traumecenter, hvor man potentielt kunne modtage patienten (denne mulighed blev dog ikke benyttet i nærværende undersøgelse).

Bagvagten var også udstyret med en separat mobiltelefon, der kun benyttedes til opkald fra lægeambulancen. Ambulancelægen informerede om symptomer og kliniske fund, og sammenholdt med EKG blev det vurderet, om patienten skulle have primær PCI. Patienter med EKG-forandringer og symptomer, der tydede på STEMI, blev således visiteret og eskorteret til Rigshospitalets hjertecenter mhp. akut koronararteriografi (KAG) og evt. efterfølgende primær PCI, mens patienter i andre diagnostiske kategorier, herunder non-STEMI, blev transporteret til nærmeste sygehus. Tidsforsinkelsen fra EKG-transmission til EKG-modtagelse har i tilsvarende undersøgelser været på ca. 4,5 minutter [12].

Historiske kontrolldata

Til vurdering af effekten af præhospital EKG-optagelse og transmission blev der benyttet to delpatientpopulationer, der begge indgik i DANAMI 2-undersøgelsen. Den »præhospital kontrolgruppe« (n = 56) blev benyttet, når det mulige ekstra præhospital tidsforbrug skulle vurderes. Denne gruppe bestod af patienter, der initialt var behandlet af H:S Lægeambulancen, men på det modtagende sygehus blev randomiseret i DANAMI 2. Den »hospital kontrolgruppe« (n = 111) blev benyttet, når den mulige effekt af præhospital transmitteret EKG på forsinkelse af behandlingsstart skulle vurderes. Denne gruppe bestod ligeledes af DANAMI 2-patienter, der var randomiseret i H:S-optageområdet. Gruppen blev dog yderligere inddelt i gruppen af patienter, der var henvist til Rigshospitalet efter primær indlæggelse på et andet sygehus »henvist hospital kontrolgruppe« (n = 89) og »primær hospital kontrolgruppe« indlagt direkte på Rigshospitalet (n = 22).

Dataregistrering og analyse

Tidsforløbene i dette studie blev noteret på skemaer i lægeambulancen og på Rigshospitalet. Præhospital tider blev

registreret af lægeambulancens læger, mens hospital tider og tidsforbrug ved eventuel behandling blev registreret af bagvagten på Rigshospitalet. Påbegyndelse af hospital invasiv behandling blev defineret som a. femoralis-punktur. Det skal bemærkes, at tiden for patientens ankomst til hospitalet blev registreret såvel af lægeambulancen som af den modtagende kardiolog, og det var interessant at bemærke, at der var en ikke uvæsentlig forskel på opfattelserne af patientens ankomsttidspunkt til hospitalet. Således registrerede lægeambulancen konsekvent et tidligere ankomsttidspunkt end kardiologen, på trods af at de begge burde registrere patientens ankomsttidspunkt til hospitalet. I forbindelse med denne undersøgelse blev der benyttet det mest konservativt angivne tidspunkt, således at den længste af de mulige to tidsforsinkelser blev benyttet til beregningerne.

Kvalitative og kvantitative mål for transmissionssucces kunne noteres på skemaerne. Transmissionssucces blev defineret som et komplet 12-aflednings-EKG transmitteret fra skadested til modtagestation og videre til den håndholdte enhed. Tidsforbrug blev karakteriseret ved udregning af median, minimum og maksimumværdier samt interkvartil område. Sammenligninger blev foretaget ved hjælp af Mann-Whitney U-test, og en p-værdi < 0,05 blev anset for at være signifikant. Signifikanstest ved regressionsudregninger blev foretaget med t-test.

Resultater

I studieperioden blev der forsøgt transmission af EKG fra 152 patienter, og 27 af disse (18%) blev visiteret til primær PCI. Patientkarakteristika og demografiske data er vist i **Table 1**.

Transmissionssuccesraten var 135 ud af 152 (89%) succesfulde transmissioner. Tre fejl skyldtes menneskelige faktorer, som glemt telefon eller manglende batteriopladning. Fem fejl skyldtes tekniske faktorer, som manglende transmissionsmulighed. Ni fejl var ikke beskrevet nærmere. Læge til lægekontakt blev etableret i 137 ud af 152 (90%) tilfælde. Succesfuld EKG-transmission efterfulgt af kontakt til Rigshospitalet blev gennemført i 130 tilfælde (86%).

Table 1. Demografiske data. Studiepopulationen angiver gruppen af patienter, hvor elektrokardiogram (EKG)-transmission blev forsøgt. Interventionspopulationen angiver patienter, der blev henvist til primær perkutan koronarintervention efter EKG-transmission. Præhospital kontrol angiver patienter, der havde formodet akut myokardieinfarkt og blev tilset af H:S lægeambulancen og senere inkluderet i DANAMI 2-studiet. Primær og henvist hospitalkontrol angiver patienter, der blev indlagt på Rigshospitalet hhv. direkte eller via et andet hospital og senere inkluderet i DANAMI 2-undersøgelsen.

	Studiepopulation (n=152)	Interventionspopulation (n=27)	Præhospitalkontrol (n=56)	Primær hospitalkontrol (n=22)	Henvist hospitalkontrol (n=89)
Gennemsnitlig alder, år	64	65	69	61	62
Mænd, %	60	64	75	61	82

VIDENSKAB OG PRAKSIS | ORIGINAL MEDDELELSE

Det præhospitale tidsforbrug for studiepopulationen er vist i **Tabel 2**. Tiden fra symptomdebut til alarmopkald var median 33 minutter (spændvidde et minut til 15 timer og 48 minutter) Tidsforbruget ved optagelse og transmission af 12-aflednings-EKG fremgår af Tabel 2. Der gik median syv minutter fra lægeambulancens ankomst, til EKG var optaget, og der blev median brugt 17 minutter på skadestedet. I forhold til hos den præhospitale kontrolgruppe var dette et øget tidsforbrug på syv minutter ($p < 0,05$). Mediantid fra optagelse af EKG til afgang fra skadestedet var ti minutter, mens den mediane transporttid var otte minutter. Eftersom patientens tilstand blev konfereret med Rigshospitalet umiddelbart efter optagelse og transmission af EKG, gav dette således det kardiologiske vagtberedskab et mediant forvarsel på 18 minutter, før patienten ankom.

Det hospitale tidsforbrug sammenholdt med tidsforbruget for kontrolgrupperne er vist i **Tabel 3**. Tiden fra optagelse af

EKG til påbegyndelse af intervention var i dette studie median 49 minutter, sammenlignet med 75 minutter for den primære hospitale kontrolgruppe ($p = 0,04$), hvilket giver en tidsbesparelse på 26 minutter. For den henviste kontrolgruppe var denne forskel på 33 minutter ($p < 0,01$). For tiden fra ankomst til hospitalet til påbegyndelse af interventionen ses det, at tidsforbruget var median 22 minutter, sammenlignet med 94 minutter i den primære hospitale kontrolgruppe, hvilket giver en tidsbesparelse på 72 minutter ($p < 0,01$).

For den henviste kontrolgruppe ses det, at man i den historiske periode, hvor der var et længere forvarsel, var median to minutter hurtigere ($p = 0,16$), end hvad der kunne påvises i dette studie.

I undersøgelsen fandtes en svag tendens til sammenhæng mellem længere transporttid (større forvarsel) og nedsat tid fra patientens ankomst til påbegyndelse af interventionen (**Figur 1**).

Af de 27 patienter, der var henvist til primær PCI, foregik behandlingen inden for normal arbejdstid (kl. 8-16) hos de 17. Ved de ti behandlinger efter tilkald i vagten gik der median 12 minutter længere fra patientens ankomst til påbegyndelse af behandlingen ($p = 0,20$).

Tabel 2. Præhospitalt tidsforbrug. Tabellen viser det præhospitale tidsforbrug for hele studiepopulationen, n = 152.

	Median (min)	Maksimum (min)	Minimum (min)	Interkvartil område (min)
Symptom til 112	33	15 t 48	1	10-106
112 til lægeambulancens ankomst	6	20	1	5-7
Lægeambulancens ankomst til elektrokardiogram optaget	7	25	1	6-11
Elektrokardiogram optaget til afgang	10	54	2	7-14
Afgang til ankomst på hospitalet	8	26	2	6-10
Totalt præhospitalt tidsforbrug	64	-	-	-

Tabel 3. Tidsforbrug på hospital i minutter (median) for interventionspopulation og for kontrolgrupper.

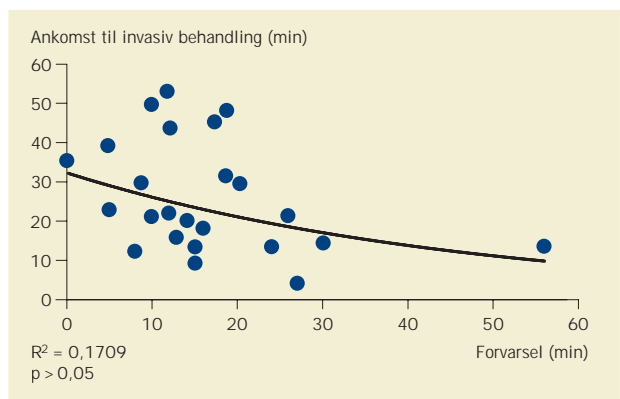
	Median	Tid fra elektrokardiogram optaget til påbegyndt invasiv behandling (min)	Tid fra ankomst på hospital til påbegyndt invasiv behandling (min)
Interventionspopulationen (n = 27)	IO	49 39-63	22 17-37
Primær hospitalkontrol (n = 22)	Median	75	94
	IO	52-90	80-98
Forskel i forhold til interventionspopulationen		↓26, $p = 0,04$	↓72, $p < 0,01$
Henvist hospitalkontrol (n = 89)	Median	82	20
	IO	67-101	14-30
Forskel i forhold til interventionspopulationen		↓33, $p < 0,01$	↑2, $p = 0,16$

IO: Interkvartil område.
 ↓: Indikerer tidsbesparelsen observeret i dette projekt i forhold til den pågældende kontrolgruppe.
 ↑: Indikerer øget tidsforbrug observeret i dette projekt i forhold til den pågældende kontrolgruppe.

Diskussion

En transmissions succes på 89% synes umiddelbart at være i underkanten af det tilfredsstillende, og ligeledes er raten af direkte kontakter mellem Rigshospitalet og lægeambulancen på 90% ikke helt tilfredsstillende, idet det her drejer sig om et simpelt mobiltelefonopkald. Fejlene kunne dog som regel spores tilbage til glemte telefoner i vagten eller mangel på opladede batterier. Det er derfor rimeligt at antage, at disse fejl kan nedbringes ved nøje opmærksomhed på faste procedurer i forbindelse med brugen. Teknisk må det dog vurderes, at det er muligt at benytte sig af teletransmission af præhospitalt optaget EKG, selv om der stadig er mulighed for tekniske forbedringer.

Det observerede yderligere tidsforbrug på skadestedet



Figur 1. Forvarsel i forhold til tidsforsinkelsen fra patientens ankomst til hospitalet og til påbegyndelse af invasiv behandling.

VIDENSKAB OG PRAKSIS | ORIGINAL MEDDELELSE

på syv minutter kan ikke siges i sig selv at være problematisk. Det mest interessante i denne sammenhæng er naturligvis vurderingen af den eventuelt tidsbesparende effekt ved brugen af telemedicinsk EKG-transmission. I dette studie er der fundet en median tid fra ankomst til behandling på 22 minutter, hvilket er et ganske lavt tidsforbrug, taget i betragtning at 37% af PCI-behandlingerne blev foretaget på et tidspunkt, hvor de normale vagtberedskab var på tilkald med heraf følgende øget potentiel tidsforsinkelse.

En sammenligning med den primære kontrolgruppe viser da også, at denne tidsforsinkelse var 72 minutter kortere end det tidligere mediane historiske tidsforbrug på 94 minutter. Denne sammenligning skal dog foretages med en del forsigtighed. Den historiske forsinkelse på 94 minutter blev som nævnt fundet i forbindelse med den landsdækkende DANAMI 2-undersøgelse. Rigshospitalet var i denne undersøgelse blandt de hospitaler i Danmark, der havde den største tidsforsinkelse fra patientens ankomst til påbegyndelse af invasiv behandling, og det er dermed ikke usandsynligt, at dette tal i sig selv har skabt øget fokus på vigtigheden af kort responstid med fald i den hospitale tidsforsinkelse til følge. Ydermere kan det ikke udelukkes, at fokus på dette projekt i sig selv har skabt kortere responstider.

Som nævnt var der ligeledes et misforhold mellem patientens ankomsttid, som den blev registreret af hhv. en kardiolog og en ambulancelæge. Det er således vigtigt at bemærke, at undersøgelser af denne type har den svaghed, at de er afhængige af, at der er foretaget præcise tidsregistreringer, hvilket desværre ikke altid fuldstændigt lader sig gøre. Selv med dette in mente er en tidsforsinkelse på median 22 minutter dog ganske lav, såvel isoleret set som sammenholdt med, hvad der er fundet i tilsvarende studier [9]. En mulig forklaring på den observerede lave tidsforsinkelse kan være, at man i dette studie har benyttet sig af en håndholdt EKG-modtager, således at kardiologen ikke skulle vurdere det transmitterede EKG fra en fast modtagestation. Selv om det virker rimeligt at antage, at dette kan have haft en afgørende effekt på tidsforsinkelsen, kan det naturligvis ikke konkret vises med det nærværende studiedesign.

Overordnet synes det dog at være rimeligt at konkludere, at telemedicinsk EKG-transmission i den præhospitale fase er teknisk muligt og kan medvirke til at nedsætte tiden til primær PCI-behandling. Ligeledes skal det bemærkes, at de korte transporttider med følgende kort forvarsel til hospitalet ikke i sig selv er nogen hindring for systemets brugbarhed. Brug af denne teknologi bør ikke udelukkende reserveres til områder med lang transportafstand til hospitalerne, men bør i høj grad også udnyttes i tætbebyggede områder.

Som nævnt dækkede dette projekt et område med ca. 550.000 borgere. I et område af denne størrelse kunne det forventes, at der ville være omkring 350 indlæggelser grundet ST-elevations-infarkter pr. år. I dette studie blev der som nævnt registreret 152 transmissionsforsøg. Forskellen kan

skyldes, at systemet ikke var fuldt implementeret i alle ambulancer. Således kunne det tænkes, at en øget udbredelse af konceptet til alle ambulancer i København ville gavne et øget antal patienter, og yderligere et studie er derfor undervejs for at afklare dette.

Korrespondance: *Peter Michael Clemmensen*, H:S Rigshospitalets Hjertecenter, Hjertemedicinsk Klinik B, DK-2100 København Ø. E-mail: clemme@rh.dk

Antaget: 13. juli 2005

Interessekonflikter: Ingen angivet

Litteratur

1. Boersma E, Maas ACP, Deckers JW et al. Early thrombolytic treatment in acute myocardial infarction: reappraisal of the golden hour. *Lancet* 1996; 348:771-5.
2. Brodie BR, Stuckey TD, Muncy DB et al. Importance of time-to-reperfusion in patients with acute myocardial infarction with and without cardiogenic shock treated with primary percutaneous coronary intervention. *Am Heart J* 2003;145:708-15.
3. Auferheide T, Hendley GE, Woo J et al. A prospective evaluation of pre-hospital 12-lead ECG application in chest pain patients. *J Electrocardiol* 1992;24(suppl):8-13.
4. Karagounis L, Ipsen SK, Jessop MR et al. Impact of field transmitted electrocardiography on time to in-hospital thrombolytic therapy in acute myocardial infarction. *Am J Cardiology* 1990;66:786-91.
5. Terkelsen CJ, Nørgaard BL, Lassen JF et al. Telemedicine used for remote prehospital diagnosing in patients suspected of acute myocardial infarction. *J Int Med* 2002;252:412-20.
6. Gibler WB, Kereiakes DJ, Dean EN et al. Prehospital diagnosis and treatment of acute myocardial infarction: a north-south perspective. *Am Heart J* 1991;121:1-11.
7. Hjortshøj SP, Ravkilde JL. Anvendelse af mobiltelefon med faxfunktion i visitationen af patienter med ST-elevations-akut myokardieinfarkt. *Ugeskr Læger* 2004;45:4048-51.
8. Andersen HR, Nielsen TT, Rasmussen K et al. A comparison of coronary angioplasty with fibrinolytic therapy in acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 2003;349:733-42.
9. Wall T, Albright J, Livingstone B et al. Prehospital ECG transmission speeds reperfusion for patients with acute myocardial infarction. *N C Med J* 2000; 61:104-8.
10. Leibrandt PN, Bell SJ, Savona MR et al. Validation of cardiologists decision to initiate therapy for acute myocardial infarction with electrocardiograms viewed on liquid crystal displays of cellular telephones. *Am Heart J* 2000; 140:742-52.
11. Pettis KS, Savona MR, Leibrandt PN et al. Evaluation of the efficacy of handheld computer screens for cardiologist' interpretation of 12-lead electrocardiograms. *Am Heart J* 1999;138:765-70.
12. Vaisanen O, Makijarvi M, Silfast T. Prehospital ECG transmission: comparison of advanced mobile phone and facsimile devices in an urban emergency medical system. *Resuscitation* 2003;57:179-85.