

Peter Blomstrand, med dr, verksamhetschef, klinisk fysiologi (*peter.blomstrand@ltjkpg.se*)

Per-Gunnar Björklund, civ ing, klinisk fysiologi (*pgb@ltjkpg.se*)

Jan-Erik Karlsson, med dr, överläkare, medicinkliniken; samtliga vid Länssjukhuset Ryhov, Jönköpings sjukvårdsområde (*jan-erik.karlsson@ltjkpg.se*)

Jan Engvall, med dr, överläkare, fysiologiska kliniken, hjärtcentrum, Universitetssjukhuset, Linköping (*jan.engvall@lio.se*)

Telemedicin möjliggör bättre omhändertagande av patienter

■ Telemedicin, kommunikation med medicinsk bild- och ljudinformation via telenätverk, har blivit ett etablerat arbetsredskap inom specialiteter såsom radiologi [1], patologi [2], dermatologi [3], öron- näs- och halssjukvård [4], akut-sjukvård [5], psykiatri [6] och obstetrik [7]. Tekniken är särskilt värdefull inom bildgivande diagnostisk verksamhet och i områden där geografiska förhållanden försvårar möjligheterna till specialistkonsultation. Enligt förespråkarna för telemedicin underlättar tekniken distanskonsultationer och möjliggör nya samarbetsformer som förenar fördelarna med lokalt utförd vård och centralt genererad expertkompetens [8]. Telemedicin används framgångsrikt inom barnkardiologisk diagnostik, bland annat vid stora internationella centra såsom Mayo-kliniken, Rochester, USA, och Johns Hopkins Hospital, Baltimore, USA [9-11], men erfarenhet från vuxenkardiologisk verksamhet finns ej rapporterad.

Telemedicinskt samarbete

I Jönköpings, Östergötlands och Kalmar län har ett telemedicinskt samarbete, med stöd från Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling, prövats inom klinisk fysiologisk och vuxenkardiologisk verksamhet sedan 1997. Ekokardiografisk fjärrdiagnostik, utbildningsseminarier och hjärtronder har genomförts för att utreda möjligheterna med den nya tekniken. I projektet användes persondatorbaserade videokonferenssystem (Figur 1). Vid videokonferens kunde parterna se och samtala med varandra samt studera och utbyta bildmaterial. Systemen placerades dels i undersökningsrum i anslutning till ultraljudsutrustningen, dels i konferensrum för rond- och seminarieverksamhet vid sjukhusen i regionen.

Systemen kommunicerar över tre ISDN-linjer med överföringskapaciteten 384 kbit/s i bandbredd och är konstruerade för ett mångsidigt användande. De är förberedda för nätverkskommunikation med en bandbredd upp till 2 Mbit/s. Systemen är försedda med hjul för enkel förflyttning, isolerade video- och ljudingångar för att möjliggöra inkoppling till patientnära ultraljudsapparater samt utgångar för ett flertal olika bild- och ljudkällor för att tillgodose optimal konferensmiljö. Bild- och ljudinformation komprimeras för att reducera överförd datamängd. Komprimeringen kan justeras

SAMMANFATTAT

Telemedicin är ett etablerat arbetsredskap inom ett flertal medicinska specialiteter, och tekniken är särskilt användbar i glesbefolkade områden.

I sydöstra sjukvårdsregionen bedrivs sedan 1997 ett telemedicinskt samarbete inom klinisk fysiologi och kardiologi. Ekokardiografisk fjärrdiagnostik, utbildningsseminarier och hjärtronder arrangeras med videokonferensteknik och transferering av digitala rådata-bilder.

Videokonferenstekniken reducerar bildkvaliteten men fungerar väl vid ekokardiografisk distanskonsultation. Vid seminarier och ronder är det viktigt att ljud- och ljusförhållandena är tillfredsställande. Vid förevisning av bildmaterial i samband med föredrag kan programvaran Netmeeting förbättra presentationen. Dagens videokonferensteknik lämpar sig väl för distansutbildningar.

Telemedicintekniken möjliggör nya samarbetsformer resulterande i kompetensutveckling och bättre patientomhändertagande.

och anpassas för att tillgodose de viktigaste behoven, det vill säga systemen kan styras till att prioritera ljudinformation före bild, detaljskärpa före uppdateringshastighet etc.

Vidare prövades i Östergötland ett digitalt lagrings- och analysystem för kardiovaskulär ultraljudsdiagnostik, EchoPac. Systemet lagrar både rörliga undersökningsbilder och stillbilder som rådata (dvs i originalkvalitet) samt kan via det landstingsgemensamma nätverket, med bandbredden 100 Mbit/s, föra över undersökningarna mellan sjukhusen. Systemet saknar dock videokonferensfunktionen, vilket betyder att sändande och mottagande parter ej kan se eller samtala med

II Fakta

Ordlista

Bit. Binary digit, det fundamentala informationselementet inom data och datakommunikation, antingen 1 eller 0.

1 kbit/s. Överföringskapacitet av ett tusen bit per sekund.

1 Mbit/s. Överföringskapacitet av en miljon bit per sekund.

ISDN. Integrated Services Digital Network = det nya digitala telenätverket med en överföringskapacitet av 2x64 kbit/s. Kan jämföras med äldre, analoga kopplarledningar i telenätverket med en överföringskapacitet av 38 kbit/s.

Netmeeting. Programvara som gör det möjligt att dela ett program mellan två datorer. Det aktuella programmet körs bara på en av datorerna men båda parter ser bilden.

varandra om registreringarna. Programmet har fördelen av att mottagande part kan göra egna analyser, mätningar och justeringar av bilderna i efterhand. På så sätt skickas patientundersökningar från sjukhusen i Motala och Norrköping till Universitetssjukhuset i Linköping för analys och bedömning. Systemet fungerar med automatisk överföring, det vill säga så fort en bild har lagrats i Motala eller Norrköping finns den tillgänglig för bedömning i Linköping och vice versa.

Patientundersökning

Under tiden 1997-04-01–2001-06-30 genomfördes 77 dokumenterade ultraljudsundersökningar där videokonferenssystemen nyttjades för bedömning av bilderna. Undersökningarna utfördes vid lasaretten i Eksjö, Värnamo och Norrköping. Både transtorakal och transesofageal ekokardiografisk teknik användes. I första fallet undersöktes patienten av en biomedicinsk analytiker, i det senare fallet av en läkare. Bedömmande läkare tjänstgjorde vid Länssjukhuset i Jönköping eller Universitetssjukhuset i Linköping. Undersökningar överfördes antingen i realtid på akut sjuka patienter så att bedömaren hade möjlighet att direkt kommentera fynden och leda undersökningsproceduren, eller också förevisades videoinspelade sekvenser av undersökningarna i efterhand.

Vid 63 undersökningar (82 procent) fungerade videokonferensmetoden problemfritt. Vid sju undersökningar (9 procent) fungerade ej telekommunikationen inledningsvis, utan först efter upprepade uppringsningsförsök och eventuell omstart av systemen etablerades kontakt. Vid tre undersökningar (4 procent) läste sig bilden under videokonferensen varpå systemen fick startas om och ny kontakt etableras. Vid fyra undersökningar (5 procent) kunde man ej etablera kontakt alls. Vid två av dessa tillfällen var orsaken att personalen hade monterat telefonsladdarna till videokonferensutrustningen felaktigt.

Bildkvaliteten var en begränsande faktor, framför allt vid transesofageal undersökning då detaljerade bilder förevisades. Den temporala upplösningen var mer begränsande än den spatiella. Hjärtklaffarnas snabba rörelser försvårade detaljerad granskning av klaffmorfologin. Problemet kunde kringgås genom att ett hjärtslag lades in som en ständigt rullande filmsekvens i ultraljudsmaskinen. Härefter spelades filmsekvensen upp med sänkt hastighet. Ur diagnostisk synvinkel fungerade arbetssättet väl, endast undantagsvis kunde man på grund av bristande bildkvalitet ej göra en tillfredsställande bedömning av undersökningarna.

Vid två tillfällen undersöktes patienter med akuta hjärtsjukdomar, där den omedelbara diagnostiska insatsen fick direkt livsavgörande betydelse: den ena patienten hade hjärt-

II Fakta

Telemedicinteknik

Ett videokonferenssystem består av en persondator försedd med en eller två bildskärmar, mikrofon och videokamera. Till systemet kan videobandspelare och annan bildgivande utrustning med videoutgång anslutas. Videokonferens med ISDN-anlutning sker med bild- och ljudkompression och dataöverföring enligt den internationella standarden H.320.

Bildomvandlaren, en så kallad codec, komprimerar och kodar bilden både spatiellt, den enskilda bilden, och temporalt, mellan på varandra följande bilder (se Figur 2). Temporal kodning innebär att en bild jämförs med föregående bild blockvis. Endast om skillnaden överstiger ett visst tröskelvärde sänds data för motsvarande block. Det medför att stillastående delar av bilden uppdateras sällan och de delar av bilden som varierar uppdateras ofta.

Ljudet komprimeras och kodas. För detta finns olika metoder beroende på vilken bandbredd som finns tillgänglig och vilken ljudkvalitet som önskas. Vid låg bandbredd används CELP, Code Excited Linear Prediction. Vid högre bandbredd används PCM-teknik, Pulse Code Modulation, som ger bättre ljudkvalitet.

Dataöverföring medger att man under pågående videokonferens kan skicka datafiler mellan systemen. Dessutom kan man dela program till exempel med Netmeeting. Data för programmen, datafiler eller skärmbilder och tangentbordsinmatning, överförs mellan systemen i en speciell datakanal.

Ett ISDN-abonnemang ger en bandbredd på 2x64=128 kbit/s i vardera riktningen. Tre ISDN-abonnemang ger 384 kbit/s. Större delen av överföringskapaciteten läggs på bilden. Ljudet får 16 kbit/s eller 64 kbit/s av tillgänglig bandbredd. Vid anlutning till nätverk med överföringskapacitet motsvarande tre ISDN krävs drygt den dubbla bandbredden.

Modern bildgivande diagnostisk apparatur är oftast försedd med en digital utgång som kan leverera registreringarna som rådata eller enligt ett internationellt standardprotokoll. Dessa data kan överföras via nätverk men kräver oftast betydligt större bandbredd än traditionella videokonferenssystem. Vidare ges inte samma möjlighet till interaktivitet mellan parterna som vid en videokonferens, men bildåtergivningen hos mottagande part är av högre kvalitet.

tamponad och den andra hade akut mitralisinsufficiens sekundär till hjärtinfarkt. Båda patienterna transporterades akut till Universitetssjukhuset i Linköping för behandling.

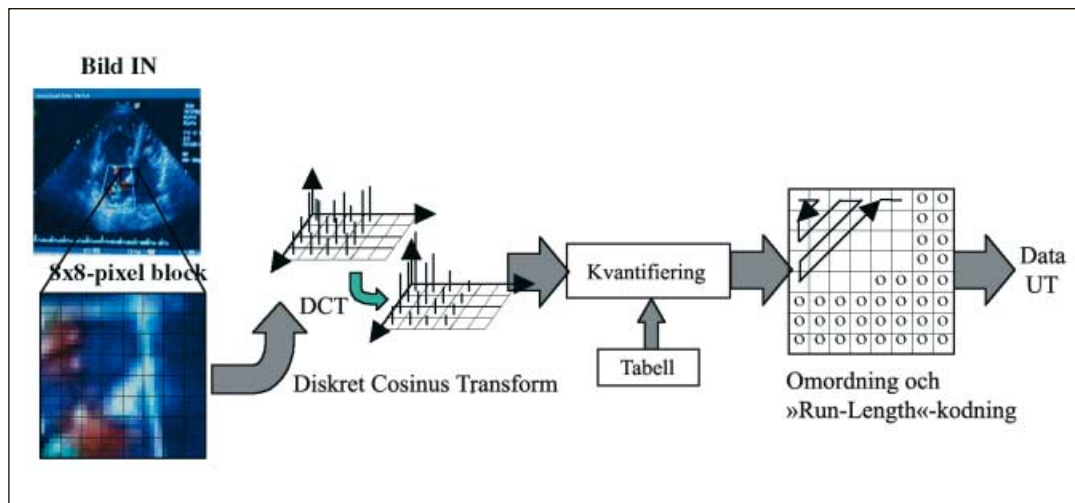
Lagrade bilder

I Östergötland lagrades under projektiden cirka 700 patientundersökningar från lasaretten i Motala och Norrköping via EchoPac på en server i Linköping. För att jämföra videokonferensarbetssättet med överföring av högkvalitativa, digitala bilder undersöktes tolv patienter remitterade för bedömning av vänster kammarens funktion vid Norrköpings lasarett. Undersökande biomedicinska analytiker i Norrköping förevisade undersökningarna för bedömmande läkare i Linköping, dels i form av videoinspelade sekvenser på traditionellt videokonferensmaner, dels i form av digitalt lagrade bilder i EchoPac.

Det är vår uppfattning att den samtidiga telemedicinska kontakten mellan undersökaren och bedömaren kompletterar bildinformationen så att den något sämre bildkvaliteten vid videokonferensarbetssättet jämfört med digitalt lagrade bilder i EchoPac mer än väl kompenseras. Således förordas videokonferensarbetssättet före transferering av enbart hög-



Figur 1. Videokonferensutrustning med persondator, bildskärm, mikrofon och videokamera.



Figur 2. Bildkompression och kodning i videokonferenssystem. Den inkommande analoga videosignalen, som i det Europeiska videosystemet PAL-systemet är 25 bilder/s med 625 linjer, digitaliseras och reduceras till en bildstorlek om 288x352 pixlar. Färg och ljusintensitet kodas var för sig, färgen med halva upplösningen jämfört med ljusintensiteten. Kodning sker med hjälp av DCT, Diskret Cosinus Transform, en sorts frekvensanalys av bilden, samt »Run-length«-teknik, vilket medför en betydande datareduktion.

kvalitativa, digitalt lagrade bilder vid patientundersökningar. Vid komplicerade frågeställningar och transesofageal ekokardiografi är det en fördel om överföringen görs i realtid så att bedömarens kan påverka undersökningens innehåll och omfattning, vilket också är ett arbetssätt som förordats inom barnkardiologisk verksamhet [12].

Ekokardiograförens skicklighet är av avgörande betydelse för undersökningens kvalitet och värde. Undersökaren, i vår region oftast en biomedicinsk analytiker, bör ha genomgått en grundutbildning i ekokardiografi för att självständigt kunna utföra standardundersökningar och hantera telemedicinutrustningen. Telemedicinskt arbetssätt fungerar väl och är praktiskt i en situation där konsultation av expertis är nödvändig.

Ronder

Under projekttiden arrangerades hjärtronder två till tre gånger per månad med videokonferensteknik mellan Universitetssjukhuset i Linköping och Länssjukhuset i Jönköping. Två gånger per halvår träffades företrädare för remitterande och mottagande kliniker personligen vid ett av sjukhusen. Varannan gång diskuterades patienter med defekta hjärtklaffar, varannan gång patienter med kranskärlssjukdom. Vid dessa ronder deltog ansvariga kliniska fysiologer, kardiologer, toraxradiologer och toraxkirurger. Videoinspelade sekvenser av ultraljudsundersökningar samt övrig pappersdokumentation skickades med traditionell postgång till Universitetssjukhuset och förevisades därifrån vid ronderna därför att bildkvaliteten inte tillät att inspelade undersökningar demonstrerades telemedicinskt från Jönköping.

Toraxkirurger och hjärtläkare i Linköping behövde mer detaljerad information om hjärtanatomin för klinisk beslutstagning än vad överföringstekniken medgav. Vid Universitetssjukhuset arrangerades ronderna enligt tradition i ett röntgendemonstrationsrum med svag belysning för att underlätta visning av röntgen- och ultraljudsbilder. En mikrofonförsedd videokamera registrerade från projektionsduk de demonstrerade angiografi- och ultraljudsbilderna samt filmade kommenterande läkare i Linköping. Senare under projektet försågs rondedeltagarna med individuella mikrofoner, så kallade myggor, för att förbättra ljudkvaliteten. Läkarna i Jönköping hade dock på grund av otillräcklig bildskärpa svårt att tillgo-

dogöra sig angiografibilderna som förevisades i Linköping, och rondedeltagarna sågs ottydligt på grund av den svaga belysningen.

Videokonferens och förevisning av röntgenundersökningar har motsatta krav på rumsmiljön. Videokonferensutrustningen ställer krav på ljus- och ljudnivån. Deltagarna i en videokonferens bör vara direktbelysta, gärna mot en mörk och neutral bakgrund, och det bör inte förekomma några störande ljud. I röntgendemonstrationsrummen är det ofta mörkt, och störande buller från filmförevisningsapparat och fläktar samt sorl är vanligt förekommande.

Genom att använda tystare apparatur, ändamålsenlig belysning, myggmikrofoner, fasta videokameror, stora väggfasta bildskärmar eller videoprojektorer går det redan med dagens teknik att skapa en god miljö för videokonferens och röntgendemonstration. Vidare behöver deltagarna vid videokonferensmöten introduceras i arbetssätt och teknik för att kunna medverka optimalt. Idag drivs ofta telemedicinska projekt av entusiaster, och i den oinvigdes händer kan tekniken misslyckas. Utbildning i handhavande och teknik är lika viktig som för annan medicinteknisk utrustning.

Videokonferenssystemen minskade avståndet mellan sjukhusen och möjliggjorde en ny och fungerande samarbetsform. Kompetensen hos både utbildningsläkare och specialister som deltagit vid ronderna i Jönköping ökade till följd av kontakten med Universitetssjukhusets experter. Detta resulterade i högre arbetstillfredsställelse och bättre patientomhändertagande.

Seminarier

Vid institutionen för medicin och vård, Universitetssjukhuset i Linköping, arrangeras en gång i veckan ett vetenskapligt seminarium med ett aktuellt kardiovaskulärt tema. Föredragen hålls i en ljus lokal med modern AV-utrustning och har i genomsnitt ett tjugotal lokala åhörare. Sedan hösten 2000 har nio seminarier följts från länssjukhusen med hjälp av videokonferenssystemen som kopplats upp för två- eller flerparts-kommunikation. En ansvarig person utsågs i Linköping som med videokamera filmade föredragshållaren, skrivtavlan, diabilder och overheadbilder samt valde vilken bildkälla som skulle förevisas. Föredragshållaren försågs med myggmikrofon.

För att optimera kvaliteten i föredragshållarens bildmaterial prövades programvaran Netmeeting. Denna funktion innebär att bildmaterialet sänds över som en särskild datafil. Netmeeting gör det dessutom möjligt att visa föredragshållaren och bildmaterialet samtidigt på var sin bildskärm om mottagande videokonferenssystem förses med två bildskärmar. Vid flerparterskommunikation då fler än två parter önskade delta i seminariet beställdes en flerparterskoppling i telenätet, en så kallad bryggkoppling. Efter föredraget hölls en kort diskussion, då samtliga deltagare gavs möjlighet att ställa frågor till föredragshållaren.

Distansutbildning möjliggörs

De vetenskapliga föredragen erbjöd betydligt bättre ljus- och ljudförhållanden än de kliniska hjärtronderna. Föredragshållaren sågs och hördes bra, men overheadbilder som var detaljerade, handritade eller försedda med liten text var svårästa. Den för sändningen ansvarige personen behövde vara observant och påpasslig för att seminarieframställningen skulle bli tillfredsställande för mottagande parter. Netmeeting förbättrade seminarieframställningen betydligt och förenklade arbetssättet, men funktionen fungerade ej vid flerparterskonferens då det förutsätter att kommunikationen går via nätverk. Vid den påföljande diskussionen hördes de enskilda inläggen från deltagarna vid Universitetssjukhuset undermåligt för lyssnande parter i regionen. En cirkulerande mikrofon löste enkelt problemet.

Vår erfarenhet är således att föredrag lämpligen presenteras i videokonferensmiljö med hjälp av ett system som kommunicerar via nätverk, med en fast stationerad videokamera som visar föredragshållaren, och att bildmaterial förevisas med hjälp av Netmeeting. Mottagande videokonferensutrustning förses med två bildskärmar. Seminarielokalen bör vara ändamålsenligt belyst och föredragshållaren bör bära mikrofon. Vidare finns möjlighet att ansluta digitala skrivtavlor, ljusbord och diaprojektorer.

Med dagens videokonferens teknik går det att arrangera distansutbildningar med tillfredsställande bild- och ljudkvalitet till en skälig kostnad. Denna möjlighet borde universitet och högskolor nyttja i större utsträckning, och tekniken kan till exempel med fördel användas för att komplettera ST-läkarnas utbildning vid mindre enheter.

Referenser

1. Wright R, Loughey C. Teleradiology. *BMJ* 1995;310:1392.
2. Nordrum I, Engum B, Rinde E, Finseth A, Ericsson H, Kearney M, et al. Remote frozen section service: a telepathology project in northern Norway. *Hum Pathol* 1991;22:514-8.
3. Eedy DJ, Wooton R. Teledermatology: a review. *Br J Dermatol* 2001;144:696-707.
4. Pedersen S, Holand U. Tele-endoscopic otorhinolaryngological examination: preliminary study of patient satisfaction. *Telemed J* 1995;1:47-52.
5. Lambrecht CJ. Telemedicine in trauma care: description of 100 trauma teleconsults. *Telemed J* 1997;3:265-8.
6. Brown FW. A survey of telepsychiatry in the USA. *J Telemed Telecare* 1995;1:19-21.
7. Fisk NM, Bower S, Sepulveda W, Garner P, Cameron K, Matthews M, et al. Fetal telemedicine: interactive transfer of realtime ultrasound and video via ISDN for remote consultation. *J Telemed Telecare* 1995;1:38-44.
8. Kollberg H, Lidman R. Centralisering eller mer pengar till sjukvården? En tredje väg – utnyttja tekniken. *Läkartidningen* 2001;98:855-6.
9. Gilbert BK, Mitchell MP, Bengali AR, Khandheria BK. NASA/DARPA Advanced communications technology satellite project for evaluation of telemedicine outreach using next-generation communications satellite technology: Mayo Foundation participation. *Mayo Clin Proc* 1999;74:753-7.
10. Julsrud PR, Breen JF, Jedeikin R, Peoples W, Wondrow MA, Bailey

KR. Telemedicine consultations in congenital heart disease: assessment of advanced technical capabilities. *Mayo Clin Proc* 1999;74:758-63.

11. Mulholland HC, Casey F, Brown D, Corrigan N, Quinn M, McCord B, et al. Application of a low cost telemedicine link to the diagnosis of neonatal congenital heart defects by remote consultation. *Heart* 1999;82:217-21.
12. Casey FA. Telemedicine in paediatric cardiology. *Arch Dis Child* 1999;80:497-9.

SUMMARY

Telemedicine facilitates better management of patients

Peter Blomstrand, Per-Gunnar Björklund, Jan-Erik Karlsson, Jan Engvall.

Läkartidningen 2002;1704-7

Telemedicine has found applications in many areas of medicine and is especially useful in rural areas where health care specialists are scarce.

A telemedicine project involving clinical physiology and cardiology was established in Östergötland and Småland in 1997. Echocardiographic remote consultations, multiparty scientific seminars and medical conferences were organised using video conferencing units capable of transmitting high quality digital images.

Transmitting video signals with a reduced bandwidth lowers image quality but is useful in echocardiographic remote consultations. Light and sound must be optimised when scientific seminars and medical conferences are transmitted. Netmeeting is useful for the presentation of pictures and photos. As in television, a person is needed to direct these functions.

The video conference technique is very useful for remote education and teaching. Telemedicine techniques make new collaborations feasible resulting in higher competence among the staff and better patient care.

Correspondence: Peter Blomstrand, Clinical physiology, Länssjukhuset Ryhov, Jönköpings sjukvårdsområde, SE-550 01 Jönköping, Sweden (peter.blomstrand@ltjkgg.se)