

TEKNIKEN BEFRIAR KROPPEN

Framtidens medicinska teknik, patienterna och sjukvården

Anders Sandberg, Alexander Sanchez & Waldemar Ingdahl

Februari 2005
Health Consumer Powerhouse
Högbergsgatan 32
116 20 Stockholm
Telefon 08-642 71 40
E-post info@healthpowerhouse.com
www.healthpowerhouse.com

Summary in English

Medicine is a deeply technological endeavor, both using and driving the development of the latest science and engineering. As more and more people grow older and seek to take charge over their own health, technology advances faster and the core principles of life are being understood, medical technology is advancing at an ever faster rate. This technological change has profound implications for the organization of health care: new forms of organization become possible, and to make full use of many technologies the current centralistic health care organizations need to adapt.

In the past we have had eras of mechanical, chemical and electronic medicine, dominated by particular relations between dominant technologies, health care systems and the patient-physician relationship. We are now entering an era of information and biotech medicine where new opportunities appear.

Information medicine holds the potential for a distributed, international health care market as well as potentially bringing much diagnosis and treatment into the home or to local care. Cheap, distributed sensors enable widespread health monitoring and diagnosis – including the self-diagnosis of many patients, undermining diagnostic monopolies and supporting a move from a client role of the patient to a demanding customer role. New imaging technologies enable both more thorough examinations of patients at hospitals, potentially shortening the diagnostic chain and improving the treatment but also changing the traditional workflow.

The biotechnological revolution enables new forms of pharmacology, both the use of genetic screening to find the best medication for a patient and radical new treatments affecting particular bodily systems. Many previously serious illnesses are becoming chronic diseases. In an ageing population with many chronic diseases preventative medicine becomes emphasized, but the new advances allow forms of prevention that amplifies normal performance. This often blurs the borders between palliative, curative, preventative and enhancing medicine. At the same time regenerative medicine promises cures for many infirmities, but requires new levels of integration between the medical professions, biotechnologists, nanotechnologists and materials scientists.

As medicine and the concept of health become more individualized, both due to patient demands, the individualization of diagnosis and treatment thanks to pharmacogenomics, sensors and imaging, the old centralized “one-size-fits-all” health care is being challenged. Whether the hospital of the future is a campus of hi-tech clinics or a network within an distributed health care ecology, it is clear that it will not be very like the current hospital system – assuming political, organizational and economical pressures are not sufficient to prevent the adaptation of the new technologies being researched. The irony is that while health care is a tremendous boon to both individuals and to society at large, only the costs are visible to the planners.

Innehållsförteckning

Introduktion	4
Primus vårdtillfällen.....	4
Den långa konsten.....	5
Kommande utmaningar.....	6
Teknik och sjukvård	8
Medicinshistoria	8
Mekanisk sjukvård	9
Kemisk sjukvård	10
Elektronisk sjukvård	11
Nu: informationssjukvården och den cellbiologiska sjukvården	11
Att förutsäga framtida teknik	13
Läkarrollen.....	15
Informationssjukvården.....	17
Introduktion.....	17
Journalssystemen.....	17
Beslutssystem.....	19
Utvecklingen inom medicinsk sensorteknik	22
Medicinsk bildgivning	26
Cyberkirurgi	29
Bioteknologisk sjukvård.....	31
Den nya farmakologin.....	31
Reproduktiv och perinatal medicin.....	36
Regenerativ medicin	39
Vårdtekniken och samhället	43
Demografi och förebyggande vård	43
Teknik och organisation.....	44
Individualisering	45
Relationen patient-läkare	46
Sjukhusets framtid	47
Slutnotan	49
Referenser.....	51

Introduktion

Primus vårdtillfällen

När Primus Svensson fick sin första hjärtinfarkt hösten 2015 var den första åtgärden på akutmottagningen att sätta in en mängd mediciner som inte bara mildrade skadorna utan också förbättrade hjärtats chanser att återhämta sig. En snabb angiografi och magnetavbildning gav läkaren en tredimensionell bild av Primus hjärta och kranskärl, hur blodet flödade genom dem och hur illa skadade de var. Rutinmässigt genomfördes en angioplasti där en mikrokirurgisk kateter fördes in genom ett blodkärl till det egentäppta stället och kärlväggarna utvidgades medan nanopartiklar med mediciner för lokal behandling bäddades in i omgivningen. Om infarkten varit större hade man förmodligen fört in stamceller sparade från tidigare behandlingar av Primus. Läkaren ”såg” hela operationen genom Primus bröstorg med hjälp av det datorgrafiska system som var kopplat till 3D-bilden och de instrument som katetern förde med sig. Nästa dag kände sig Primus betydligt bättre och kunde åka hem.

Han fick dock med sig en hel del förmaningar. Att Primus fått en infarkt berodde till största delen på att han inte brytt sig om sin hälsa, och att han inte gillade ”genmanipulerade läkemedel”. Infarkten skakade om honom, och när han kom hem hämtade han ut de förebyggande medicinerna på apoteket. Visserligen hade han kunnat beställa dem på Internet genom en nätfarmaceut, men han föredrog att gå till det lokala apoteksföretaget. Där kördes hans patientkort genom kassan och de mediciner hans läkare rekommenderat och som passade Primus gener lämnades ut. Risken var låg för att han skulle få en ny infarkt om han tog dem och motionerade lagom mycket. För att ytterligare vara på den säkra sidan hade han ett skydd till: en några millimeter lång sändare implanterad i bröstkorgen som övervakade både hjärtslag och blodets kemi. Skulle något gå fel kunde den larma både Primus och hans läkare via Internet, och vid behov sända ut en medicindos.

Några månader senare slog en annan apparat larm. Primus hade skaffat en liten hälsomonitor som satt på hans arm. Den hade märkt avvikelser i enzymerna i blodet. Primus sände med en tangentryckning över data till sin läkare och jämförde samtidigt dem med andra fall i det patientnätverk han valt. Nätverket var ett Internetsystem där patienter i hela EU kunde jämföra symptom, behandlingar, resultat – inklusive vad de tyckte om sina respektive läkare. För att få tillgång till informationen behövde man bara göra sin egen tillgänglig. Den här gången var symptomen lite för oklara för att ställa en direkt diagnos, men Primus såg att det var troligt att han fått någon form av cancer. Det var ju lugnande.

Några dagar senare besökte han på sin läkares inrådan ett lokalt hälsocenter där man tog en ordentlig magnetresonansbild av honom. Återigen kunde hans läkare studera Primus kropp inifrån och ut, och med hjälp av ett bildigenkänningsexpertsystem (”Bodygoogle™”) var det inte svårt att notera bukspottkörtelscancer. För bara några år sedan hade det varit ett allvarligt problem: bukspottkörtelscancer upptäcktes vanligen alldeles för sent för att man skulle hinna operera innan den spritt sig. I dag

var det ett allvarligt men hanterbart tillstånd. Läkaren förklarade att Primus behövde en rejäl terapeutisk vaccination som fick immunförsvaret att attackera cancercellerna.

Primus hade dock från sitt nätverk fått en del rapporter som varnade för att det inte alltid hjälpte, framför allt hos män med ungefär hans arvsanlag. I stället kunde det vara värt att göra en mer grundlig utrensning av alla bukspottkörtelsceller – om några metastaser spritt sig till udda ställen dit vaccinet inte effektivt nådde borde den här utrensningen fånga dem. Efter en del diskussioner med läkaren bestämde man sig att göra det, och odla upp en ny bukspottskörtel från Primus stamceller. Flera andra äldre män med liknande bakgrund och problem hade funnit ett läkarkluster i Messina de tyckte var bra för sådan behandling. Primus bestämde sig för att kombinera behandling och konvalescens med solsemester.

Den långa konsten

Gränserna mellan behandlande, lindrande, förebyggande och prestationshöjande medicin suddas ut. Informationsmängderna inom vården ökar explosionsartat, liksom behovet av kompetens inom nya områden – bioteknik, informatik och kundrelationer.

Modern medicin är teknologiskt avancerad och därför mycket kostsam; i dagens Sverige lägger vi 8,8 procent av BNP på hälsovård, och det täcker förmodligen bara den officiella vården – en mängd huskurer, friskvård och experimenterande pågår vid sidan om. Cancerläkare måste ta hänsyn till att uppemot en tredjedel av patienterna i EU tar johannesört som antidepressivt medel, då det kan påverka behandlingen. Kvällstidningar har omväxlande braskande rapporter om undermedel och varningar om hotfulla medicinska biverkningar. Intresset för medicinska rön är stort och många hoppas att forskningen ska ge dem hälsa. Samtidigt oroar sig många över framtiden. Allt fler lever allt längre och vill ha allt dyrare och mer avancerad vård, samtidigt som det är oklart hur detta ska betalas.

Många vill ta ansvar för sin hälsa och välja mellan de allt fler och bättre möjligheter som finns. Den tekniska utvecklingen leder inte bara till fler möjliga behandlingar utan också utmaningar för de antaganden vi gör om vården. Kommer framtidens sjukhus att vara ett campus där olika kliniker och företag tillhandahåller högspecialiserad bioteknisk vård, eller kommer det att vara ett virtuellt nätverk där bara de allvarligaste sjukdomarna kräver att man åker längre än till närmsta vårdcentral? Internetförstärkta patientorganisationer blir inte bara möjliga utan kan också agera som viktiga informationskällor, påtryckare och kanske även som friskvårdsleverantörer.

Hur mycket av ovanstående beskrivning av Primus Svenssons (som vi har lånat från PC Jersilds roman *Babels Hus*) öde som medicinkonsument är troligt? Alla element är baserade på verklig forskning eller existerande teknik och möjliga organisatoriska förändringar i dessas spår, extrapolerat några år in i framtiden. Men bara för att något verkar vara tekniskt möjligt betyder det inte att det blir genomfört. Åtskilliga behandlingar visar sig svårare i praktiken än i teorin. Regleringar av medicinska informationsflöden kan förhindra patientnätverk från att ta en aktiv roll. Stamcells forskning kan stoppas, både av politiska skäl och av kostnadsskäl. Patienternas rörlighet kan hindras. Samtidigt kommer troligen rejäla överraskningar

att inträffa, lika oväntade som när Losec gjorde magsår till en enkelt behandlingsbar sjukdom och Internet globaliserade hälsoinformationen för alla.

Vi går från ett samhälle med akuta sjukdomar till ett med kroniska sjukdomar, där en åldrande befolkning dels behöver behandling för sina krämpor men också aktivt definierar sin egen hälsa. Förebyggande och individualiserad medicin blir allt viktigare. Avancerad diagnostik gör det möjligt att tidigt identifiera vad som har gått snett, vilket vidgar patientgrupperna, och allt fler patienter har själva tillgång till diagnosverktyg som tidigare var förbehållna läkarna.

Denna rapport försöker ge en bild av hur den medicinska tekniken utvecklas och förändrar villkoren för vården och bilden av vår hälsa. Vi måste som samhälle ta ställning till detta. Mycket av den nya tekniken har utvecklats efter helt andra idéer än de förhärskande inom den nuvarande vården. Alternativet att låtsas som ingenting har hänt hindrar oss både från att dra nytta av många nya rön, och låser oss vid gamla institutioner.

Kommande Utmaningar

Några av de utmaningar den svenska – och europeiska – sjukvården ställs inför genom de mest troliga tekniska framstegen och andra väletablerade samhällstrender är:

- Ny teknik anländer allt snabbare vilket sätter stor press på sjukvårdsorganisation, utbildningskrav och evaluering, men erbjuder bättre lindring och bot för patienterna.
- Den nya tekniken är synergisk: tidigare separata fält kombineras, vilket ger nya behandlingsformer genom disciplinsinteraktion.
- Utbildningsbehovet ökar kraftigt, samtidigt som finansieringen av vårdpersonals vidareutbildning blir problematisk av hänsyn till otillbörlig påverkan. Här kan en öppning för nya finansieringsformer och utbildningsorganisationer ge mer dynamiska och attraktiva utbildningsformer.
- Informationsteknik leder till mer tillgänglig information, vilket i den nuvarande organisationen kan bli till överlastande informationsbrus. En mer dynamisk organisation kan höja sina kunskaper och använda dem lokalt, närmare patienten, genom mer decentraliserade beslutssystem
- EU:s ambitioner att skapa ett europeiskt IT-sjukvårdsområde kolliderar med svensk vårdregisterlagstiftning, förutom de mer uppenbara problemen med att harmonisera medicinsk information. EU:s IT-sjukvårdsområde ger dock patienten en enormt utökad valfrihet och tillgång till bättre information, vård och kontroll över sin egen hälsa.
- Medicinsk mjukvara kan påverka både läkare och patienters beslut, vilket gör det relevant vem som utvecklar den och för vilka syften.
- Patienter får allt större möjligheter till skaffa information via Internet och att ställa egna diagnoser genom billiga tekniska hjälpmedel. Detta bryter många diagnosmonopol och ställer läkare inför krävande, välinformerade

patienter. Om detta är ett problem eller en stor fördel beror på läkarens och organisationens inställning.

- Det finns en utbredd vilja till egenmedicinering för att uppnå hälsa, en hälsa definierad utifrån patientens egen uppfattning snarare än standardiserade mått eller sjukvårdens kostnader.
- Informationssjukvården ställer stora krav på informationshanteringens säkerhet och integritetsbevarande. Att bevara patienters förtroende kan visa sig svårare än själva behandlingen, om inte patienten släpps in mer aktivt i beslutsfattandet - vilket möjliggörs av informationssjukvården.
- Snabba tekniska förändringar skapar stora förväntningar både på medicin i allmänhet och på kommande botemedel mot vissa sjukdomar. Dessa förväntningar blandar ofta ihop vad som är möjligt med vad som är troligt eller direkt genomförbart. När förväntningarna inte infrias leder det till besvikelse med utvecklingen. Samtidigt kan förväntningarna verka som en viktig sporre för vidareutvecklingen av medicin, teknik och sjukvård.
- Utveckling och tillämpning av många terapier kan försenas på grund av otympliga regleringar eller osäkerhet om hur de kommer att regleras – riskerna för medicinbranschen är så pass stora att det kan vara mer lönsamt att undvika potentiellt nyttiga men osäkra områden till förmån för mindre viktiga men säkra områden.
- Skillnader i tillgång till informationsteknik hos både patienter och sjukvårdsorganisationer kan leda till avsevärda klyftor i behandling, diagnos och information mellan olika grupper och platser.
- Sjukhusens arbetsgång behöver förändras för att kunna dra maximal nytta av utvecklingen av bildgivande teknik. Den traditionellt isolerade röntgenavdelningen blir plötsligt en integrerad del i vårdkedjans tidiga och senare faser, inte längre bara som diagnos utan också som terapi.
- Utvecklingen av billiga, snabba gentester gör det möjligt att testa stora patientgrupper och få information om sårbarhet för olika sjukdomar. Många sjukdomar kan behandlas innan de ens bryter ut. Detta ökar både mängden patienter som måste behandlas, och behovet av förebyggande vård.
- Individualiserad medicin, anpassad till patientens egna genetiska egenheter, splittrar tidigare homogena patientgrupper till delgrupper i behov av olika terapier och att generisk medicin undermineras. Den individualiserade medicinen reducerar de enorma kostnaderna för felmedicinering och biverkningar.
- Nya mediciner blir allt mer behandlingssystem, inkluderandes gentester och mjukvara. Detta komplicerar godkännandeprocessen och höjer priset.
- Regenerativ medicin integrerar avancerad bioteknik i terapin. Detta kräver i sin tur kompetenta specialister och nya medicinska specialiteter.
- Brist på konkurrens skapar svaga incitament för att använda teknisk effektivisering inom vårdorganisationen.

Teknik och sjukvård

Vad är medicinsk teknik? Ordet teknik kommer från grekiskans *techne*, konstfärdighet. Normalt tänker man på maskiner – avgränsade, hårda lådor eller verktyg, men teknik är i lika hög grad kemiska processer, material och metoder.

Man kan kanske dra en ungefärlig gräns mellan de saker en läkare gör som inte kräver någon extern utrustning: att förstå patienten, palpera buken, kunna diagnostisera efter de tecken man ser, och det som kräver utrustning, substanser och andra ting som skapas för den medicinska verksamheten. Men denna gräns gör i stort sett allt som sker på läkarmottagningen till teknik, från receptskrivningen till den förtroendeingivande och hygieniska läkarrocken.

Samtidigt ska man inte rygga för att medicin är en djupt teknisk vetenskap och konst. Det är bara det att de icke-tekniska aspekterna av människokänedom, integritet, omdöme och medicinsk kunskap betonas som fundamentala. Tekniken är ett verktyg som används för att genomföra den goda vården, inte dess kärna. Men utan teknik blir läkekonsten ofta maktlös; utan antibiotika och antisepsis räcker inte gott läkarskap för att bota infektioner. Tekniken är läkarens förlängda och förstärkta arm som når dit den egna inte kan verka.

Medicinshistoria

Man kan dela in medicinens historia i olika faser. Den tekniska utvecklingen är inte det enda som avgör hur medicinen kommer att se ut, men den möjliggör behandlingar och botemedel och ger därmed grundförutsättningarna för vården.

En medicinshistorisk fas kan sägas utgöra en kombination av teknik, organisation och vårdkultur. Vetenskapliga rön möjliggör ny teknik, vars användning ofta inspirerar eller motiverar ny forskning. Organisation och kultur möjliggör i sin tur användning av tekniken: vissa tekniska system ställer krav på användningen t ex i termer av kunskap eller centraliserade resurser som gör att den inte kan införas i vissa organisationer eller att dessa måste förändras för att kunna använda tekniken fullt ut. De grundläggande teknikerna under en viss fas möjliggör i sin tur den vård som patienterna får. Återkopplingen från patienter till vårdorganisationen beror på politik och ekonomi, men kan potentiellt styra vilken teknik som används och vilka organisationsformer som väljs (eftersom de kan hantera den nya tekniken).

Ofta förutsätts att den tekniska utvecklingen är en tydlig linje från smart idé genom tillämpad forskning, tillverkning, försäljning och fram till användning och acceptans. Men verkligheten är mer komplex. Utvecklingen av en teknik hänger ofta på återkoppling med förslag och klagomål från dem som använder den i vården, ibland också genom direkta förändringar för att anpassa den till hur man verkligen använder den [Gelijns & Rosenberg 1994]. Att en teknik ”lyckas” och blir vida använd kan mer bero på hur den passar in i medicinska specialitetens sätt att tänka eller i den omgivande organisationskulturen än någon rent teknisk egenskap.

Organisationer kan i hög grad hjälpa eller stjälpa teknik. Viss teknik passar in i organisationen och kan användas direkt – t ex kräver införandet av nya läkemedel ofta inga större förändringar och den livräddande pulsoximetern (infraröd syresättningsmätare) passade utan problem in i intensivvårdsystemet. Annan teknik passar inte in och kan inte integreras, utan en ny typ av organisation måste utvecklas för att få de goda vårdeffekterna. Ett exempel är vaccinationerna, där det traditionella läkar- eller sjukhusbesöket inte var tillräckligt. Utformandet av allmänna kampanjer krävdes för att vaccinering skulle vara effektivt.

Det hela är ett utslag av negativ teknikdeterminism [Rojas 1999]: givet en viss teknik omöjliggörs vissa organisationsformer (eller blir svårare att upprätthålla) men det styr inte nödvändigtvis utvecklingen mot någon specifik organisationsform. Inom detta spektrum som skapas av tekniken, och det kan förvisso vara rätt brett, är det nödvändigt att identifiera de goda formerna för sjukvården. Det är fullt möjligt att låsa sig till en enklare tekniker för att bevara en organisationsform som inte fungerar med ny teknik, dock till priset av människors hälsa och autonomi. Ett gott exempel är hur Sovjetunionen misslyckades att gå från den mekaniska sjukvården till den elektroniska [Nordin 1992].

Mekanisk sjukvård

Den första eran av vetenskaplig sjukvård kan kallas den mekaniska sjukvården och den sträckte sig fram till 1900-talet. Dess motto var ”skär och sy” och handlade om direkta ingrepp, framför allt inriktade på att hindra blödningar, amputera bort sjuka och skadade kroppsdelar och försöka återställa kroppen tillräckligt mycket efter ett trauma för att kroppens egna läkeprocesser kunde börja verka.

I den mekaniska sjukvården var synen på patienten till stor del anatomisk, det för kirurgen åtkomliga. Det gamla kirurgmottot ”kniven botar!” som i dag mest citeras skämtsamt av medicinare var tidigare en sanning. Eftersom det inte fanns särskilt många verksamma mediciner var mekaniska ingrepp ofta den enda lösningen – och ofta med smärtsamma och dödliga resultat.

Sjukhusen gick från att ha varit diagnoscentraler och patientförvaringar till att bli allt mer behandlande (utan att förlora de tidigare rollerna). Samtidigt skedde en teknikalisering av sjukvården, där nya vetenskapliga metoder tillämpades och förfinades. Denna process gynnade utvecklingen mot centraliserad medicin. Medan läkaren tidigare hade varit oberoende och själv ägt sina instrument, ledde de ökade kostnaderna och komplexiteten hos de nya verktygen (och processer som sterilisering) till att läkarna allt mer hörde till sjukhus som stod för utrustningen. En symbios (en ”paraprax” i Ingemar Nordins mening [Nordin 1992]) mellan sjukhus, medicinsk forskning och medicinsk-tekniska tillverkare utvecklades [Connor 2004].

I och med att sjukvården började bli vetenskaplig kunde infektionerna bemästras, vilket ytterligare förstärkte kirurgins status (även om de verkliga hälsotriumferna bestod i att människor inte behövde besöka kirurgen). Vaccinering och behandlingar började råda bot på de stora epidemiska sjukdomarna, vilket avspeglas i de tidiga Nobelprisen i medicin: 1901 von Behring för difteri, 1902 Ross för malaria och 1905

Koch för tuberkulos. Injektionssprutan blev en så kraftfull symbol för stark medicin att den än i dag överanvänds på många platser i världen [Kotwal 2004].

Kemisk sjukvård

Framstegen inom bakteriologi och biokemi ledde fram till den kemiska sjukvården. Nu blev ”ta en tablett!” mottot, genom korrekt medicinering kunde sjukdomar botas. Många ämnesomsättningssjukdomar som diabetes kunde behandlas, och genom upptäckten av insulin 1921 förvandlades diabetes från en (ofta snabbt) dödlig sjukdom till en som åtminstone kunde kontrolleras. Anestesi gjorde kirurgin till en rutinmässigt ingrepp snarare än en skärseld och möjliggjorde därmed dess ytterligare spridning till nya områden.

Folkhälsan kom nu i centrum, både genom vaccineringskampanjer och hälsokampanjer. Nu var medicin inte längre bara behandlande utan även förebyggande. De centrala sjukhusen fanns kvar, men lokal vård expanderades kraftigt för att föra ut medicinen till folket.

Psykofarmaka revolutionerade mentalvården. De hårt kritiserade frontala lobotomierna upphörde först när neuroleptika blev tillgängliga som ett alternativ [Mashour et al 2004]. Många tillstånd som tidigare ansågs vara obotliga eller svårbehandlade (t ex psykoser) blev nu åtminstone hanterbara och i många fall möjliga att bota.

Transplantationer kan sägas vara den kemiska medicinens största triumf. Genom att man fick förståelse för immunhämning och vävnadstyper blev blodstransfusioner och transplantationer möjliga.

Läkemedelsindustrin såg en höjning av sina utvecklingskostnader då nya sjukdomar kunde behandlas och botas, men höjningen berodde även på höjda säkerhetskrav från läkemedelsverken, vilket gjorde att mediciner mot vanligt förekommande sjukdomar blev oerhört lönsamma och fick bära kostnaden också för de många experiment som inte ledde till nya mediciner. Sjukvården subventionerade behandlingar av sällsynta sjukdomar. Tekniken, i samverkan med politiska tankar kring förutsägbarhet och kontroll, ledde till att läkemedelskostnader alltmer socialiserades och kontrollerades, ända ned i distributionsledet (även om Sveriges statliga försäljningsmonopol är en extrempunkt).

Den kemiska sjukvården återspeglas av att Nobelprisen i medicin från andra världskriget och framåt ofta gavs för behandlingsmetoder snarare än specifika sjukdomar: 1945 Fleming, Chain & Florey för penicillin, 1948 Müller för DDT, 1956 Cournand, Forssmann & Richards för hjärtkatetern, 1979 Cormack & Hounsfield för CAT scanning och 1990 Murray & Thomas för transplantationer.

Elektronisk sjukvård

Den elektroniska sjukvården, som började utvecklas på allvar under början av 1970-talet, domineras av specifik högteknologisk utrustning. Nya sensorer möjliggjorde förbättrad patientövervakning och testning. Radiologin expanderade från enbart röntgenfotografering till radioterapi, ultraljud, olika former av skanning och bildgivning (CAT, PET, MRI). Diagnosmetoderna blev allt mer prediktiva och komplexa. Kirurgiska instrument blev allt mindre skadande och mindre invasiva – den elektroniska kirurgin sker via titthålskirurgi där läkaren ser kroppen genom fiberoptik eller kamera.

En av de viktigaste effekterna av den elektroniska sjukvården var en kraftig ökning av vårdkostnaderna på grund av stora investeringar i utrustning och tekniker, men också en expansion av mängden patienter som nu borde behandlas. När tidigare en behandling bara användes på yngre patienter så expanderade nu gradvis gruppen av potentiella patienter till allt äldre [Dozet et al 2002]. Samtidigt skedde en reduktion i hur länge patienter behövde stanna på sjukhuset, eftersom den nya tekniken också möjliggjorde skonsammare operationer [Goldsmith 2004].

Mycket av den elektroniska sjukvården krävde stora investeringar i storskaliga anläggningar med specialiserad kunskap. Tekniken verkade, tillsammans med trender i den kemiska sjukvården ovan, gynna att sjukvårdens redan hierarkiska och centralistiska tendenser behövdes utökas ytterligare. Tekniken sätter dock, som sagt, bara gränser för ideologiska val i vården. Sjukvården påverkades också av sin samtids fascination inför storfabrikens rationalitet och toppstyrda ingenjörstänkande [Rojas 1999]. Taylorismen slog igenom i vården och är fortfarande en organisation som starkt påverkas av den.

Nuet: informationssjukvården och den cellbiologiska sjukvården

De olika medicinska erorna avgränsas inte genom klara och plötsliga paradigmskiften vid precisa tidpunkter, utan snarare av det gradvisa ersättandet av äldre tekniker och införlivandet av en kvalitativt sett ny teknik. Detta har sedan ofta åtföljts av uppkomsten av nya specialiteter eller förändringar i hur vårdorganisationen sköts.

Det som gör nuet unikt är dels hastigheten med vilka nya tekniker anländer, dels att många av dessa tekniker är synergistiska, d v s att de för samman discipliner i stället för att som tidigare separera dem. Ett typiskt exempel är hur modern neuropsykologi kombinerar rön inom den rent biologiska hjärnforskningen, biokemin och psykologiska insikter för att skapa nya behandlingsmetoder som kombinerar element från de tidigare separata disciplinerna. Orsaken till att detta är möjligt är just en grundläggande förståelse av de neurala processerna: de flesta synergier uppstår när vi når ny kunskap om fundamentala livsprocesser. Därför är det troligt att dagens svärm av genombrott leder till märkbara nya synergier i en relativt snar framtid.

Vi är nu på väg in i informationssjukvården och den cellbiologiska sjukvården.

I dag utdelas medicinska nobelpris huvudsakligen för ny kunskap på cellnivån. Den process som Watson och Crick satte igång för ungefär 50 år sedan i förståelsen av hur arvsmassan fungerar och styr cellen löper vidare allt snabbare, och ger oss en allt mer komplett och detaljerad insikt i cellernas funktioner. Denna förståelse av livsprocesser ger potentiella behandlingstekniker mot många sjukdomar [Peltonen & McKusick 2001]. Hälsa kan ses som ett cellbiologiskt problem och behandlas med cellbiologiska metoder. Kontroll på den lägsta nivån ger i sin tur kontroll på ovanliggande nivåer: vävnader, organ och system.

Övergången från elektronisk till digital eller informationsteknisk sjukvård är den andra stora trenden. Här förstärker datorutvecklingen den medicinska utvecklingen. Den elektroniska sjukvården blev möjlig genom utvecklandet av sensorer som pålitligt kunde mäta kroppsfunktionerna. Den digitala sjukvården utnyttjar denna information i flera nya steg – överför den, använder den för planering eller direkt behandling, kombinerar den med annan information till individualiserade patientbilder. Det fundamentala med datorer är att de är generella verktyg: samma maskin kan användas för många olika syften, inklusive syften dess konstruktör aldrig kunde föreställa sig. Denna flexibilitet gör att nya funktioner lättare och snabbare kan läggas till eller utvecklas utan stora investeringskostnader (även om underhållskostnader för mjukvara mycket väl kan vara märkbara).

Detta är inte två separata trender utan nära sammanslingrade fenomen. Modern genteknik hänger på bioinformatik, att hantera enorma mängder biologisk information i datorer, och många av nyckeluppgifterna hos maskinerna i informationssjukvården består i mönsterigenkänning som inspirerats från biologin. Som Sander [2000] uttrycker det:

”Information is the key because life at the molecular level can be understood as a process in which information is copied from generation to generation, expressed by producing biomolecules, protected by compartments and repair mechanisms, and adapted by a balanced process of mutation and selection. Decoding the genome—describing the connection between gene sequences and macroscopic life phenomena— is thus fundamentally a problem of describing and modeling biological information processes. In practice, this implies the generation, processing, and analysis of large data sets. The outcome will be a quantitative and predictive understanding of life processes, from molecular detail to macroscopic phenotype, that is a new predictive biology”

Denna syn på sjukdom och hälsa som dynamiska biologiska och digitala system kommer att påverka utvecklingen av framtida vårdteknik. Visionen om prediktiv och förebyggande medicin som anpassas till den enskilda individen driver mycket av forskningen [Hood et al. 2004].

Att förutsäga framtida teknik

Att förutsäga framtida teknik är alltid vanskligt. Ändå är teknologiska förutsägelser ett av framtidsforskningens mest framgångsrika områden ända sedan H G Wells startade området med *Anticipations* [1902]. Wells insikt var att naturvetenskapens lagar begränsade och kanaliserade möjligheter på ett sätt som något så när kunde förutses utifrån den kända vetenskapen, vilket sedan kunde ligga till grund för plausibla spekulationer om framtiden. Senare framtidsforskare har dock funnit att även om naturvetenskapen på ett område, t ex rymdfart, är kristallklar betyder det inte att omsättningen till teknisk praktik eller en viss samhällspåverkan följer. 35 år efter månlandningarna är rymdkolonisation fortfarande science fiction. Och naturligtvis är vetenskapens läge sällan förutsägbart: det finns få principer lika starka som fysikens lag om energins bevarande i biomedicin, vilket gör det svårt att utesluta möjligheter för vad som kan eller inte kan göras.

Det finns få saker som åldras så dåligt som förutsägelser. *Our Medical Future* av Jeffrey A Fisher utkom 1993. Redan 1997 menade Fisher att Parkinsons sjukdom skulle kunna botas genom genterapi och att xenotransplantat skulle vara i bruk. Till 2004 gällde att bättre, helt artificiella, hjärtan fungerade perfekt och ersatte naturliga vid transplantationer, att alla gener predisponerande till missbruk skulle ha identifierats (med behandlingar som följd) och att konstgjord hud skulle användas för att förhindra rynkor.

Detta kan jämföras med W B Schwartz artikel *In the pipeline: a wave of valuable medical technology* från 1994. Schwartz beskriver hur bioteknik möjliggör ny farmakologi och hur icke- invasiv bildgivning blir allt viktigare, och vilka policyproblem detta leder till genom den ojämna utvecklingen mellan kostnader, diagnos och förebyggande behandling (teman vi kommer att återkomma till genom hela denna rapport). Schwartz artikel har åldrats betydligt bättre. Orsaken är att den är närmare kopplad till centrala forskningsområden och framför allt beskriver underliggande mekanismer – cellbiologi, genetik, dator teknik o.s.v. Den försöker inte heller ge exakta tidpunkter, vilket brukar bli varje domedagsprofets eller framtidsforskares bane. Medan genterapi har visat sig mindre användbart än man trodde så har Schwartz fått ganska rätt i sin beskrivning av vilka behandlingar som används eller utvecklas i dag. Vad han missat är framför allt de snabba framstegen inom vävnadsodling och genomik, vilka var enormt spekulativa när artikeln skrevs.

Kortsiktiga förutsägelser baserade på prototyper i laboratorier eller under testning har problemet att de sällan förutsäger i vilken ordning teknikerna kommer i allmänt bruk. Orsaken är att även om de med god säkerhet identifierar vad som är på väg så är den kontext av ekonomi, politiska beslut och kunders val som avgör hur snabbt de utvecklas för komplex för att förutsägas med säkerhet. Även en tekniskt lyckad uppfinning kan behöva övervinna mycket motstånd och förseningar innan den når ut. Den kan också få nya användningsområden som ingen väntat sig.

På lägre sikt blir förutsägelser ofta fel genom att det är svårt att avgöra vad som är möjligt. Att en medicinsk princip fungerar i teorin eller laboratoriet säger lite om huruvida den kan bli kliniskt användbar, och under en längre tidsperiod är det troligt att överraskningar sker. När USA:s president Richard Nixon 1971 förklarade "krig mot cancer" så trodde många experter att ett botemedel skulle identifieras inom en tioårsperiod. Nu, mer än trettio år efteråt, har cancerbehandling och vår förståelse av sjukdomen visserligen nått oerhört långt, men något enkelt botemedel har inte identifierats och kommer troligen inte att identifieras [Cavalli 1999] (men se också [von Eschenbach 2003] för en optimistisk syn). Anledningen är att cancer inte har någon enstaka, enkel orsak eller typiskt uttryck: det är en fundamental risk i livsprocessen. Samtidigt har de verkliga orsakerna till magsår identifierats och med nya behandlingar har det som tidigare för medicinen var en kronisk sjukdom som ofta krävde kirurgi blivit enkelt att bota med hjälp av antibiotika och magsårsmedicinen Losec.

Ett sätt att överväga framtida teknik och metoder är att satsa på bredden snarare än djupet: även om utvecklingen av varje enskild teknik är osäker så är summan av dem betydligt säkrare. Även om stamceller visar sig kliniskt oanvändbara och beslutsstödsystem aldrig blir ekonomiska i vården, så kommer resultatet av de cellbiologiska och informationsmässiga framstegen ändå att förändra vården. Vi kan därför använda de individuella teknikerna som indikatorer för att bättre analysera vilken sorts förändringar vi kan vänta oss. Även tekniker som inte utvecklas eller appliceras pekar på vilka förbättringar som är möjliga och bör beaktas.

Strikta förutsägelser är inte lika intressanta som framsyn. Framsyn innebär att man är beredd på kommande möjligheter, men inte på förhand har fastnat för en given hotbild eller utopi.

Historien om Primus Svensson i inledningen ska inte tas som en förutsägelse eller en önskedröm, utan som en utgångspunkt för funderingar. Hur betalas Primus vård? Vem har ansvar för de olika delarna?

Läkarrollen

Parallellt med teknikens utveckling är det viktigt att följa hur läkarrollen har förändrats genom tiderna.

Den moderna sjukvården tog sin början under mitten av 1800-talet, då kunskapen inom medicinen gjorde det möjligt att konkret diagnostisera och bota många sjukdomar. Från retorik, filosofi och knappologi gick medicinen till noggrant kontrollerade experiment, slutsatser baserade på replikerbara resultat och, inte minst, på empiri i stället för auktoriteter.

Under en hundraårsperiod gjordes sammantaget fler upptäckter inom medicinen än under någon tidigare period. Bakteriologin och epidemiologin gjorde stora framsteg under denna period, och gav i sin tur den medicinska professionen en ordentlig statushöjning. För första gången i historien kunde stora delar av befolkningen ha råd med sjukvård samt se tydliga resultat av den.

Det var främst i det tidiga 1800-talets Paris som den moderna sjukvården tog sin början under överinseende av den franska vetenskapsakademien. Medicinen som profession hade naturligtvis anor långt tillbaka i tiden, men tiden var inne för en specialisering av yrket. Medicinen och kirurgin, som tidigare varit separata ämnen, slogs samman och skapade det moderna läkaryrket. Läkarexamen blev till en statlig angelägenhet vilket den inte varit tidigare i lika hög utsträckning. Detta stärkte läkarprofessionen ytterligare, och tidigare konkurrerande professioner, som t ex barberarna, avlägsnades från sjukvården.

Kunskapsproduktionen inom medicin uppkom genom flera institutioners samarbete. Den medicinska fakulteten vid Sorbonne, Collège de France, Musée d'Historie Naturelle, och flera av Paris sjukhus, samarbetade alla med studenter och professorer för att ta tillvara nya rön inom läkaryrket och naturvetenskapen. Specialisering uppmuntrades av det nära samarbetet mellan olika medicinska institutioner och det möjliggjorde en disciplinär specialisering inom naturvetenskapen som fick omedelbara effekter på läkarvetenskapen [Weisz 2003].

Möjligheten att specialisera sig var även fråga om läkaryrkets statusmässiga och resursmässiga förbättring. Till följd av detta fick ännu större patientgrupper tillfälle att nyttja läkarnas tjänster och betala för dem.

Det finns ett starkt skäl varför man förväntar sig så mycket av just läkarrollen. Dagens medicin är både en mäktig och komplex del av samhället och under det senaste århundradet har medicinen som disciplin utvecklats oerhört mycket. Men i själva verket är läkekonstens praktik en liten del av professionens arbete nuförtiden. Det finns egentligen få yrken som är så omgärdade med regler och byråkrati, riktlinjer och budgetar som just läkaryrket. Detta har setts som ett problem av professionen, med en svårare och mer utökad yrkesroll, samtidigt som resten av samhället ständigt har krävt mer av medicinsk expertis och kunnande.

Patienterna är mer välunderrättade än någonsin tidigare i historien och kräver transparens och goda etiska hänsynstaganden i vården för sitt välbefinnande. Den goda vård som patienten önskar kommer att vara mer personlig, det räcker inte längre med enbart kunskaper på medicinens område utan även om vilka psykologiska behov patienten kräver. Vi ser detta genom att medicinen inte endast är kurativ utan även preventiv, och avancerad prevention går mot individualisering. Med ett växande antal äldre patienter krävs även omprioriteringar mot tidsmässigt längre vårdbehov.

Här ligger delvis problemet, tiden det tar att tillgodose fler till synes disparata krav, kommer i slutändan att kräva andra lösningar för läkaren.

Inom den närmaste framtiden kommer dock den smala specialiseringen inom läkarvetenskapen fortsatt att vara en realitet för yrket. Vi ser redan att den framväxande biomolekylära kunskapen, som ännu inte har nått sin kulmen, kommer att påverka allt mer i den framtida sjukvården. De framsteg som under en period av runt två generationer har gjorts inom kirurgi, kardiologi och farmakoterapi är imponerande, men det är nedslående för både patienten och läkaren att för t ex cancer, diabetes och demensterapi har lika framgångsrika botemedel ännu inte framtagits.

Tänker vi oss en bit in i framtiden kan läkarens och patientens roll ha förändrats. Då är patienten inte längre underställd läkaren utan kan mer välja vilken form interaktionen mellan läkare och patient får. Äldre tiders sjukhus med rötter på 1800-talet som byggdes ut under den senare delen av 1900-talet, finns inte längre utan har ersatts av mindre närsjukhus eller till och med allmänläkare som tillhandahåller sin expertis till den behövande. Den gamla paternalistiska vårdsynen, där läkaren står upphöjd över patienten kommer troligen att försvinna [Dunnig 1999].

Till detta hör den förändrade demografin i de flesta europeiska länder och utvecklingen av fler kvinnor i läkarrollen. Tanken att läkaryrket lämpar sig bättre för män håller inte. Omkring 55-60 procent av alla läkarstudenter är kvinnor, även om det kommer att dröja till 2010 innan kvinnorna är i majoritet inom läkarkåren. Än mer märkbart är det generationsskifte som kommer att ske när förtälisterna pensioneras, en kraftig demografisk övergång som kan visa sig problematisk [Ohlsson & Broomé 2003]. Kan äldre läkare leda till ökad konservatism i behandlingsmetoderna? Läkarrollens självbild kommer att förändras, men hur är oklart, och beror delvis på deras ställningstagande till den nya tekniken.

Informationssjukvården

Introduktion

Informationsteknikens intåg i sjukvården har nu börjat få effekter genom en ökad komplexitet i vårdmiljön. Detta kan leda till högre effektivitet och snabbhet i vården men också kostnader, förvirring och brist på förtroende.

Nyttan av verktyg som hjälper till att hantera vårdens inneboende komplexitet och osäkerhet är uppenbar. Men verktygen blir själva en del av komplexiteten, med sina egna oförutsägbara effekter. Informationsålderns stora ironi är att läkare och vårdpersonal kan bli överväldigade av den växande informationsmängden men samtidigt inte hitta den information de behöver. Utmaningen är ett informationsbrus, där det är svårt att sälla agnarna från vetet.

Informationsbruset kan avhjälpas antingen genom att förbättra den individuella informationshanteringen med bättre mjukvara, visualiseringsverktyg, beslutsstöd och annan intelligensförstärkning, eller på den organisatoriska nivån genom distribuerade kunskapssystem och flexibel kommunikation [Heylighen 2002]. Men att skapa sådana system är svårt. Det är en konst som kräver mycket trial and error, medverkan av dem som ska använda systemet och kontinuerlig utveckling snarare än en snabb upphandling.

Journalssystemen

Sjukvården är den största informationsproducenten i arkivsverige. Ju mer tester och mätningar som utförs, desto massivare blir journalerna. Övergången till elektroniska journaler kantas av stora administrativa och organisatoriska hinder. I många fall kan detta leda till en inlåsnings-effekt där regler förhindrar en övergång men så mycket resurser krävs för att hantera informationsfloden att verksamheten hindras.

Ett typiskt exempel är patientjournaler. Frågan om vem som äger journalen aktualiseras allt mer. Så länge journalen var en konkret, fysisk bunt papper var den bunden till ett visst sjukhus. Men när informationen digitaliseras kan den överföras friare och framför allt kopieras. På sikt kommer ökad rörlighet också att leda till att patientinformation flyttas inom EU.

Patientjournaler regleras i Sverige av Patientjournalagen (1985:563) som föreskriver vem som skall föra patientjournal och ger föreskrifter om innehåll, handhavande och arkivering. En målsättning som särskilt framhålls är att värna om patientens integritet (§ 4). Socialstyrelsen svarar för tillsyn av landsting och andra som för och handhar patientjournaler. Vid missköttel i handhavande kan Socialstyrelsen beslagta journaler. Sekretesslagen (1980:100) innehåller strikta bestämmelser om utlämnande av patientjournaler och däri förekommande information. Personuppgiftslagen (1998:204) och Vårdregisterlagen (1998: 544) äger tillämplighet på datalagrade uppgifter som utgör eller är en del av patientjournalen.

De lagar som rör journalerna baseras på tanken att det finns en väl avgränsad vårdsektor som kan anförtros hanteringen, och en omvärld med bl a patienterna som inte är pålitliga nog att hantera dessa integritetskänsliga uppgifter. Att säkerheten i vården ofta är dålig, både för pappersjournaler och digitala filer, spelar ingen roll.

Dessa lagar har främst diskuterats i termer av integritet och säkerhet, men frågan handlar egentligen om vem som är informationens officiella ägare och därmed har dispositionsrätt till den. Det har diskuterats om inte patienten själv borde ses som ägare, vilket skulle kunna underlätta byte av vårdgivare och insyn i den egna behandlingen. Med nuvarande lagstiftning är detta inte möjligt; även om en patient skulle begära en kopia av sin journal (vilket hon i allmänhet har rätt till enligt Sekretesslagen) kan spridning av dessa uppgifter mycket väl komma i konflikt med det övriga lagsystemet. Ett belysande exempel var Uppsala läns landstings experiment med att ge patienter tillgång till sina journaler via Internet. Datainspektionen tvingade dock landstinget att upphöra med experimentet med hänvisning till Vårdregisterlagen, som inskränker tillgången till patientinformation till dem som behöver den för sitt arbete.

En annan säregen historia rullades upp hösten 2004 när chefer på Karolinska Sjukhuset föreslog anställda att byta namn så att de passade de namn de fått i det nya säkra datasystemet (där namn, på grund av Vårdregisterlagen, måste överrensstämma med folkbokföringen för att ge korrekt åtkomstkontroll). I detta fall visade det sig att datorsystemets krav inte alls var lika högt ställda, utan att problemet hade varit otillräckligt informationsutbyte mellan systemerare och chefer. Grundproblemet var inte tekniken eller ens regelverket, utan bristande kommunikation och förståelse för tekniken. Detta är ett av de största problemen vid användning av informationsteknik i alla sammanhang, men sjukvårdens speciella ställning gör problemen märkbart värre.

Samtidigt är intresset stort för patientjournaler som kan överföras digitalt, framför allt genom det europeiska e-Health initiativet [e-Health 2003]. Detta siktar mot en ”European e-Health Area” inom vilken patientinformation kan flyta fritt, med standarder för digitala nätverk inom och mellan sjukhus och garantier för medborgarnas tillgång till nätbaserade hälsotjänster. Målet är telekonsultationer, standarder för patientidentifikation, nätverksbaserad vård och elektronisk handel av sjukvårdsvaror och tjänster. Om något av detta genomförs påverkar det den svenska lagstiftningen och kräver förmodligen en EU-harmonisering av reglerna.

E-health initiativet är ambitiöst men hittills odefinierat, det pekar dock på insikten att det finns stora effektivitets- och handelsvinster att göra om patienter kan röra sig fritt inom Europa. Detta hindras i dag både reglerings- och finansieringsmässigt, men också av de rent tekniska svårigheterna att flytta information. Digitala, patientstyrda journaler skulle underlätta byte av vårdleverantör, eftersom journalen inte behöver överföras från en leverantör (eller avdelning inom) till en annan. Dessutom skulle det bli lättare för nya aktörer att komma in på marknaden.

I en vårdssituation utan någon större konkurrens finns det mindre incitament till att använda teknisk effektivisering, t ex genom att till fullo använda informations- och kommunikationsteknik på bästa sätt (se t ex slutkapitlet i [Litan & Rivlin 2002]). I stället syns bara kostnaderna och problemen för att lära sig och anpassa sig till tekniken. Här skulle förmodligen ökad konkurrens genom E-health vara nyttigt. Samtidigt finns det risk för att regleringar på EU-nivå om patientinformations utformning och hantering gör det ännu svårare att utveckla nya lösningar. Kanske kommer patientjournaler av juridiska skäl att mer och mer ersättas med mera lätthanterliga ”patientdokumentationer”, journaler till allt utom namnet, men som inte omfattas av överdrivet komplexa regler?

Beslutssystem

Primärvården är komplex, dels beroende på att det är där de oklara problemen som patienten har möter läkaren, dels genom att kronisk vård är beroende av lika osäkra faktorer inom och utom patienten. Verktyg som hjälper läkaren och patienten att minska osäkerheten är därför viktiga. Redan idag har datortekniken ökat läkarens möjligheter att enkelt kombinera läsning av datajournaler med artikelsökning och sjukdomsreferenser. Detta är en form av passiva beslutsstöd där läkaren lätt får fram användbar information. Nästa steg är aktiva beslutsstöd, d v s mjukvara som är en del av vårdprocessen.

Datorstödda beslutssystem kan ge tillgång till lämplig kunskap genom patientspecifika frågor, ge rationell hjälp till diagnoser eller troliga resultat genom att analysera patientdata, och kan involvera patienter direkt i beslutsprocessen. De kan också påminna om behandlingar, påpeka risker för biverkningar eller interaktion mellan olika mediciner, tolka testresultat och komplexa undersökningar som EKG och EEG, förutsäga mortaliteten utifrån epidemiologiska data, hjälpa till att ställa diagnos och beräkna dosering [Delaney et al 1999]. Alla dessa funktioner stöder läkarens roll och ger en neutral ”second opinion”. En intressant iakttagelse är att diagnoserna har breddats: systemen finner intressanta alternativa diagnoser som läkarna själva skulle ha missat. Samtidigt missar systemen vissa av läkarnas diagnoser [Berner et al 1994].

En genomgång av datorstödda beslutssystem 1993 fann 28 kontrollerade studier av system [Johnston et al 1994]. Denna har uppdaterats med 40 andra försök [Johnston et al. 1994]. Slutsatsen var att starka bevis finns för att datorbaserade beslutsstödssystem stärker läkarna i deras arbete, framför allt vad gäller förebyggande påminnelser och medicindosering. Sullivan & Mitchell genomförde också en systematisk genomgång framför allt inom primärvården, där de bl a fann en ökning i immunisering och andra förebyggande åtgärder men även en 90 sekunders ökning av medelbesökstiden [Sullivan & Mitchell 1995]. Senare metastudier finner liknande resultat, men varnar också för att relationen till patienten kan störas [Mitchell & Sullivan 2001]. Parallellt

med den ökande användningen forskas det om hur man utvärderar systemen [Berner et al 1994].

Typer av beslutssystem

Regelbaserade system är de klassiska expertsystemen, bestående av en mängd regler av typen "om X och Y, så Z" och metoder att dra slutsatser från data. De är framför allt användbara för diagnostik: läkaren ger systemet information om patienten och systemet ställer fördjupande frågor innan det ger sin bedömning. Ett typiskt exempel är den brittiska kunskapsbasen Prodigy (Prescribing RatiOnally with Decision support In General practice studY) [NHS 1998 A & B], avsett att hjälpa allmänläkare att skriva ut rätt medicin för ett antal vanliga sjukdomar. Syftet har till viss del varit att minska medicineringskostnaderna, förutom att testa principerna för beslutsstöd i allmänvården.

En viktig egenskap hos regelbaserade system är att de kan visa vilka regler som används; både läkare och patienter vill veta varför system kom till en viss slutsats. Detta stöder både inläring (läkaren ser vilka regler som används) och en närmare involvering i diagnosen [Delaney et al 1999]. Spårbarheten ökar också patientens förtroende för att läkaren inte bara gör det maskinen säger åt henne.

Expertsystem är beroende av en bra kunskapsbas och slutledningssystem; för vissa områden kan detta vara svårt att uppnå och konsensuspositioner inom medicinen kan både ha konsekvensproblem eller inte stämma med hur vården bedrivs lokalt [Ryan et al 1991]. Vissa områden är dessutom mycket kontextberoende eller baserade på "tyst kunskap" [Fox 1984].

Expertsystem är av naturen konservativa eftersom de baseras på gradvist insamlade data [Delaney et al 1999]. Eftersom uppdatering dessutom kostar mycket pengar och testning och marknadsföring av uppdateringen tar tid så kan de rent av vara gammalmodiga när de väl börjar användas.

Probabilistiska system modellerar patientdata mot epidemiologiska data för att förutsäga troliga framtida händelser [Ross & Dutton 1972]. Ett typiskt exempel är metoder baserade på Framinghamstudien för att beräkna risken för hjärtkärlsjukdomar [Wilson et al 1998]. Ett annat exempel är DxPlain- systemet som utvecklats vid Harvard, vilket tar emot klinisk information (symptom, testdata och annan information om patienten) och sedan skapar rankade listor av tänkbara diagnoser som passar in på informationen. Systemet kan visa vilket statistiskt stöd det finns för diagnoserna och vilka tester eller symptom som skulle kunna särskilja dem [Barnett et al 1987, Bauer et al 2002]. Sådana system begränsas av tillgängligheten av data och hur komplexa effekterna kan bli. I vissa discipliner finns förmodligen inte det statistiska underlag som behövs för säkra diagnoser [Thornton et al 1992]. Samtidigt är statistisk datainsamling något informationsjukvård kan bli mycket effektivt på; med rätt utformning kan mycket väl ett vårdssystem självt ansamla data som går direkt in i beslutsstöden.

Andra system bygger på rådgivningsträd: genom beslutsteori kan sannolikheter och nyttor av olika handlingar kombineras och åskådliggöras. Detta kan möjligen förbättra delat beslutsfattande där patienten också är med i processen [Dowie 1996]. Simulationsmodeller erbjuder möjlighet att se individuella möjligheter och kostnader

[Delaney et al 1999]. Båda dessa är mer individcentrerade än regelbaserade och probabilistiska systemen, även om kombinationer naturligtvis är möjliga.

Förutom system relevanta för läkar/patient- relationen finns en uppsjö av andra datorstöd som arbetar bakom kulisserna i vårdverksamheten. En kategori är diagnossystem för tester: t ex automatisk tolkning av EKG och blodfettanalys. Sådana system kan larma när de upptäcker abnorma tillstånd, och kan lämpa sig för kontinuerlig övervakning av olika medicinska sensorer. En annan lovande tillämpning är att övervaka medicininteraktioner och dosering, både direkt och genom insamlade rapporter.

Administrativa system som producerar automatiska påminnelser om medicinering eller friskvård och återbesök kan öka patientens förtroende. Detta är en enkel tillämpning med lätta vinster.

Användning i vården

Beslutsstöd är ännu relativt ovanligt men får allt större spridning. I Storbritannien anges orsakerna till den nuvarande låga spridningen som brist på statliga standarder, brist av anpassning till användarnas behov och att en mängd olika system inte kommunicerar med varandra [Hobbs et al 1996]. Shortliffe identifierade brist på bra teori, brist på användaranpassning, brist på kunskapskällor och brist på systemutveckling [Shortliffe 1986].

Beslutsstödsystemen har ännu inte levt upp till sina stora möjligheter. För att de ska bli användbara måste de utformas för att passa konsultationen, inte datavetenskapen eller teorin. Patienten måste placeras i centrum för tekniken [Delaney et al 1999]. Erfarenheter från användarcentrerad programutveckling visar att det är möjligt, men vanligen kräver medveten planering från de grupper som är ansvariga för projektet.

Framtid

Utvecklingen av artificiell intelligens, maskininlärning och databrytning går snabbt framåt. Att tillämpa dessa generella metoder i vården kräver både systemutveckling och att kunskap tillförs; själva ”intelligensen” är en relativt liten del av utvecklingen och dess kostnader. Därför är utvecklingen av beslutsstöd i hög grad avhängig sjukvårdens politik, ekonomi och kultur snarare än tekniska genombrott.

Utvecklingen av ”smarta föremål” gör det möjligt att lägga in beslutsstöd i medicinsk utrustning, hjälpmedel eller hemmiljö. Utmaningen är återigen design (både fysisk och informatisk) snarare än tekniska begränsningar.

Interaktiva broschyrer är en annan möjlighet. En normal hälsobroschyr ger bara allmän information, och kan därför inte ge råd anpassade för en viss patient. En interaktiv webbsida kan däremot anpassa sig till patientens frågor eller inskrivna data (t ex om rökning och andra sjukdomar) och därmed ge mer specifik information. Det existerar redan i dag webbsidor där man kan uppskatta sin förväntade livslängd genom att jämföra med epidemiologiska data. Samma principer kan användas för att identifiera risk för hjärt-kärlsjukdomar och andra kroniska tillstånd, vilket kan vara användbart både för hälsouppllysning, förebyggande och för att vägleda långtidsbehandlingar. Det är möjligt att utveckla sådana system för att ge praktiska

förslag på åtgärder eller agera som scenariohjälpmedel för att modellera framtida sjukdomsförlopp.

På längre sikt är det troligt att expertsystemen delvis kan få betydelse för primär screening. I stället för att kontakta en allmänläkare ringer patienten, eller kopplar upp sig till ett system som gör en uppskattning av vilken sorts problem det kan röra sig om och hänvisar vidare. Den ”digitala läkaren” kombinerar hemmets läkarbok med SL:s trafikupplysning och behöver inte vara alltför smart för att kunna erbjuda 24 timmars service för de allt mer krävande Internetpatienterna, och samtidigt avlasta primärvården.

Utmaningar

Ett väl integrerat system i konsultationen kan ge både läkare och patienter fördelar. Problemet är att utveckla en sådan integration som passar den föränderliga situationen i vården.

Internet kan göra många av dessa system allmänt tillgängliga. Förutom interaktiva broschyurer kan man tänka sig sajter som agerar virtuella läkare - oavsett kvalitet på råden.

Automatisk tolkning av komplexa data är nödvändig och kan upptäcka situationer som annars missas, men läkare måste lita på systemet även när det inte kan beskriva varför en slutsats görs. Troligen föredrar de flesta system som kan ge härledningar även om dessa är något diagnostiskt sämre.

Vem kommer att driva på utvecklingen av beslutsstöd? Blir det landsting, läkare, patienter, eller företag? Och hur bör vi hantera de inbyggda antaganden som olika intressegrupper avsiktligt eller oavsiktligt lägger in?

Utvecklingen inom medicinsk sensorteknik

Sensorer är maskiners ”sinnesorgan”, apparater som upptäcker olika stimuli. Från de tidiga fotocellerna och mikrofonerna har sensorer utvecklats till taktila sensorer för beröring eller deformation, temperatursensorer, kemiska sensorer, tryck, elektriska fält, radioaktivitet, rörelser och en mängd andra ”sinnen” långt utanför de vanliga fem. Den snabba utvecklingen av industriella sensorer är tillämplig på biomedicinen, som erbjuder ett lönsamt område och många utmaningar. Under de närmaste åren kommer allt mer avancerad sensorteknik att användas på allt fler områden inom vården, vilket på sikt kan få stora effekter.

Sensorteknik

I dag används olika sorters sensorer främst som mätutrustning för bland annat blodtryck, hjärtaktivitet och hjärnaktivitet. De flesta sensorerna i vården är delar av andra apparater och bidrar till att göra vården allt mer informationsbaserad.

Ett exempel är den lyckade introduktionen av puls-oximetern, ett enkelt mätinstrument för att mäta pulsen och blodets syresättning genom att lysa infrarött ljus genom ett finger, har märkbart ökat säkerheten inom intensivvården. Genom att den inte behöver gå igenom huden blir den lätt och säker att använda, och den är kapabel att signalera om syrehalten blir för låg, något som tidigare inte kunde mätas enkelt. Därigenom kan automatiserade larm tillkalla personal som inte längre ständigt behöver övervaka patienten.

Trenden inom biomedicinska sensorer går nu mot att:

- Fler och fler tillstånd kan mätas kontinuerligt. Detta gör att patientens individuella utveckling kan övervakas.
- Sensorerna blir billigare och mindre tack vare den snabba utvecklingen inom mikroelektronik, mikromekanik och biokemi. Resultatet är att de kan användas i många fler tillämpningar, de blir förbrukningsvaror snarare än investeringar och kan byggas in i andra medicinska instrument.
- Sensorer blir mer ”kroppsnära” och fungerar efter biologiska principer. Detta gör att olika kroppsfunktioner som tidigare var osynliga (t ex proteinuttryck) nu kan mätas.
- Sensorer får fler funktioner på samma chip. Därmed kan ett instrument mäta flera saker samtidigt, eller både ha en mätande och terapeutisk funktion.
- Sensorerna kommer närmare patienten. Genom att de kan göras små går de att placera i förband, kläder eller på huden.
- Sensorerna blir icke-invasiva och behöver inte inplanteras i patienten, till exempel glukosmätning för diabetiker i form av ett ”armbandsur” [Wiebe 1999].
- Inplanteringsbara sensorer för kontinuerlig patientövervakning blir också mer kapabla [Pickup et al 1999].
- Aktiva sensorer där sensorn direkt styr frisättning av medicin, ett annat inplanterat system eller kontaktar en läkare om signalen blir oroande. Ett exempel är smarta pacemakers som anpassar sig till syremängd och hjärtväggstryck [Solovy 1998]
- Sensorer som kommunicerar trådlöst, antingen med lokala mottagare eller direkt till Internet.

Framtidens sensorer

Sensorer kommer inom tio år att förändra vården. De påverkar var den utförs och förändrar sjukhusens, vårdcentralernas och hemmets roller [Wilson 1999]. Sensorer som är kapabla att identifiera bakterier och virus i luften eller prover är under utveckling, till stor del motiverade och finansierade av oro för bioterrorism [Robinson 1999]. Sådana sensorer kommer troligen att revolutionera vården genom snabb diagnos, identifikation av luftburen smitta på sjukhus och hygienkontroll. Vinsten av snabba ingripanden mot en smitta blir extra viktiga mot antibiotikaresistenta bakterier.

Centrallaboratoriet ersätts av lokala biochip, skrivbordslabb och ”labtops”. I stället för att sända prover till laboratoriet används detektorer som doppas i proverna i behandlingsrummet, och laboratoriet blir snarast en expertispool. På samma sätt ersätts många av de biokemiska laboratorierna av patientburna eller inplanterade sensorer.

Sjukhussängen, bårn och operationsbordet smälter samman till ett verktyg med integrerade funktioner som både mäter och automatiskt kan behandla vissa tillstånd. Effekten blir att mycket av intensivvården kan flyttas till andra avdelningar [Wilson 1999]

För närvarande är sensorer rena informationsgivare, men de kommer troligen allt mer att bli ”aktiva” och ”smarta”. Gränsen mellan att mäta, diagnostisera och behandla suddas ut. Detta gör att många funktioner som tidigare behövde centraliseras kan decentraliseras.

Patienter med smarta pacemakers, konstgjorda organ och kemiska sensorer kommer att behandlas polikliniskt och inom primärvården. Läkare och sjuksköterskor kan via nätet få information om patientens blodkemi, EKG, blodtryck och temperatur, och pacemakers kan automatiskt larma vid hjärtproblem. Diabetiker utrustas med smarta glukosensorer med insulinpumpar som förser dem med rätt dos vid rätt tillfälle. Andra system behandlar infektioner eller manodepressiva tillstånd via automatisk medicinering just när den behövs. I stället för att, som tidigare, vänta tills ett sjukdomstillstånd blir akut, kan sensorerna upptäcka det i förväg och vård kan sättas in vid rätt tillfälle.

Telemedicin och sensorteknik går hand i hand, och sådana integrerade sensorsystem flyttar mer av läkarmottagningen och behandlingsrummet till hemmet. Vissa lösningar är rätt extrema; det japanska företaget Toto har exempelvis utvecklat en toalett som analyserar patientens uringlykos, vikt och andra data och sänder en daglig rapport via modem till läkaren. Mindre radikalt är Internetuppkopplade blodtrycksmätare eller EKG-maskiner.

Ett problem är de stora informationsmängderna från dessa sensorer. Även med automatisk behandling av informationen kommer varje patient (och frisk person) att producera en strid ström av data som då och då kommer in i kritiska områden i

vårdkedjan. Vårdpersonalen måste då kunna hantera patienten mycket snabbare och mer direkt än tidigare.

Dessutom blir falsklarm vanliga. Även hos friska människor varierar kroppsfunktionerna betydligt utan att det tyder på något farligt. Normalvärden brukar definieras som inom 95 procent av den normala variationen, vilket betyder att även en frisk person i var 20:e mätning visar sig ha onormala värden. I längden är förmodligen bara mätningar relativt patienten själv vid tidigare mätningar klinisk signifikanta.

Integritetsfrågor blir som alltid viktiga, framför allt genom att sensorsystemen kommer att kommunicera genom Internet. Frågor om säkerhet, kryptering och pålitlighet i mjukvara blir angelägna. Hittills har sådana frågor hanterats rent tekniskt, vilket riskerar att lämna patienter, läkare och andra vårdintressenter utanför. Det räcker inte med tekniska lösningar för att uppnå trygghet; organisationen (vilket även inkluderar patienterna) måste också vara med på noterna för att det ska fungera [Schneier 2000].

Vårdkvaliteten ökas i många fall, och behandlingar kan sättas in tidigare, mer flexibelt och i hemmet. Sjukhusen kan fungera säkrare och mer effektivt. Dock kommer dessa framsteg att vara kostsamma [Wilson 1999]. Kanske inte så mycket i termer av att själva sensorerna är dyra, utan i den tekniska infrastrukturen för systemen, utbildning i att använda tekniken och organisatoriska förändringar.

Att utveckla verkligt användbara sensorer är inte heller trivialt; även en principiellt enkel sensor som en glykossensor har visat sig svår att göra till ett kliniskt användbart verktyg [Pickup et al 1999]. Därför finns risken att tidiga framgångar för sensortekniken inte kan följas upp snabbt nog med nya framgångar, eller att förväntad teknik dröjer. Det gör att planering blir svårare för stora informationssystem, och att uppfattningen i organisationerna om sensorernas roll snabbt kan pendla mellan att man förlitar sig för mycket på dem till att man undervärderar dem på g a tidigare svikna förväntningar.

Utmaningar för vården

Den snabba utvecklingen av tekniken ställer stora krav på metoder för att godkänna och kvalitetskontrollera medicinsk utrustning med många komponenter. Risken är att detta steg både saktar ned tillämpningen och ökar kostnaderna.

Utbildningsbehovet är stort för att integrera sensorerna framgångsrikt i vårdkedjan. Att kunna använda olika system kräver specifika kunskaper, och samtidigt en helhetsbild som gör det möjligt att identifiera när ett larm bara är ett falsklarm och när det är ett verkligt problem. Ju fler sensorer som existerar, desto större blir risken för felsignaler och falsklarm.

Det kan finnas risk för att tekniken leder till att behandlingar för uppkopplade och icke-uppkopplade patienter skiljs åt. Det är inte bara en fråga om ekonomisk status, utan även om hur mycket sensorer patienten skaffat eller accepterar. En oro för patientintegriteten kan hindra användningen av telemedicin eller minska patientens

vilja att ta till sig tekniken. En uppkopplad person kan få snabbare och mer direkt vård, men till priset av dyrare utrustning.

Medicinska sensorer kommer att hamna i lekmäns händer. Detta gäller framför allt bakteriesensorer, som troligen kommer få stor efterfrågan. Dels kommer detta att leda till snabbare identifikation av sjukdomstillstånd och smittospridning, men också risk för mer cyberhypokondri, felavläsningar och smittodiskriminering (jämför med hur flygbolagen behandlade dem som misstänktes för SARS-smitta). När vi kan mäta hur mycket bakterier det finns överallt ökar risken för manisk renlighetsiver, vilket ytterligare kan höja sanitetskraven på sjukhusen, särskilt med tanke på sjukhussjukans spridning.

Medicinsk bildgivning

Ett område där övergången från den elektroniska eran till informationseran i dag är markant är medicinska bildgivande system. Medan kroppen tidigare var slutet för läkaren och undersökningar skedde indirekt via känsel eller stetoskop, blir kroppen i dag allt mer genomskinlig. Metoder att avbilda kroppen utan att öppna den – datortomografi, PET, magnetkameror, endoskopi och ultraljud – har revolutionerat diagnos och behandling. Denna revolution pågår än, och accelererar.

Avbildning inom medicinen började med Wilhelm Röntgen, men den avgörande skillnaden i dag är att bilderna inte längre är statiska och tvådimensionella, utan kroppen kan avbildas i tre dimensioner medan den är i full funktion. Informationen kan sedan behandlas, överföras och analyseras godtyckligt. Även de bästa röntgenbilderna var bara passiva kartor som var svåra att kopiera, tolka och använda.

Steget från 2D till interaktiv 3D betyder oerhört mycket för operationsplaneringen. Att kunna undersöka en tumör eller en fraktur från olika vinklar ger värdefull information om dess form och olika tänkbara operationsmetoder. Virtuella endoskopier och operationer kan genomföras på verkliga patientdata som en del av operationsförberedelse. Undersökningar har visat att operationstiderna inte bara kan kortas, utan också att den minskade åverkan på patienten leder till mindre smärta och komplikationer.

Olika former av bildbehandling

Bildgivningsrevolutionen har tre rötter: bättre skanningmetoder, bildbearbetning via dator och telekommunikation.

Datortomografer utnyttjar traditionell röntgenteknik för att skapa en serie snittbilder från olika riktningar vilka sedan digitalt kan sammanfogas i en tredimensionell bild. PET och SPECT använder kortlivade radioaktiva isotoper för att spåra biologiska funktioner. MRI utnyttjar magnetisk resonans hos olika atomer för att kartlägga kroppen med hög precision. Vad som sker för närvarande är att de olika metoderna kombineras och utvidgas till nya områden tack vare bildbehandlingen. Röntgenteknik, som tidigare bara kunde visa ben, kan i dag avbilda mjukdelar. Tekniker som tidigare mest användes för studier av hjärnan används i dag för hela kroppen. MRI har visat

sig kapabel att inte bara avbilda vävnader utan också deras aktivitet (fMRI, funktionell MRI), följa dynamiska förlopp och kartlägga vävnaders finstruktur på sätt som ursprungligen inte förväntades. Data från olika undersökningar kan kombineras, så att en tumörkartläggning via SPECT kan kombineras på en anatomisk karta från MRI och ett angiogram. Effekten är både att förståelsen för hur det ser ut inne i kroppen hos patienten blir bättre, och att kirurgen under operationer kan använda landmärken som syns i en sorts bild för att finna delar som normalt skulle vara dolda.

Dessutom tillkommer nya metoder, som när-infraröd bildgivning och optisk koherenstomografi. Eftersom många vävnader är relativt genomskinliga för infrarött ljus kan detta användas för att se in genom dem (t ex för mammografi), men också särskilja mellan t ex olika halter av syresatt blod [Franceschini et al 2000]. Detta har redan demonstrerats för att avbilda hjärnaktivitet genom spädbarns kranier [Taga et al 2003], en metod som undviker både skadlig röntgenstrålning och den mycket distraherande miljön av en magnetkamera. Optisk koherenstomografi använder infrarött laserljus för att lysa in i vävnader och ge en tredimensionell bild av deras innehåll, blodflöde och vävnadstyp med mycket hög upplösning (tusentals millimeter). Detta kan utföras via ett endoskop, som därmed kan göra vävnadsundersökningar i kroppen som tidigare hade krävt vävnadsprover från kroppen [Wang & Van Dam 2003].

Bilderna blir dynamiska och kan behandlas och analyseras på olika sätt, t ex genom att störningar tas bort för förenklad förståelse. De är inte bara stillastående foton utan kan även beskriva förändringar över tiden. Framför allt när det gäller diagnos av hjärta och blodflöden är det av stor vikt att kunna se hur kroppsdelar rör sig. Med dagens teknik är det fullt möjligt att se in i kroppspulsådern och följa virvlarna i blodflödet, eller att analysera i vilka delar av hjärnan blodflödet är för långsamt.

Tidigare tog röntgen flera timmar och tomografi flera dagar innan bilderna kunde levereras. I dag blir processen allt snabbare, och en angiografi (som kan avslöja potentiellt livshotande blödningar) tar bara några minuter från scan till 3D bild.

Bildernas Nytt

Medicinsk bildgivning erbjuder kostnadsminskningar genom effektivare och säkrare operationer, tillsammans med förbättrad patientupplevelse.

Kombinationen av medicinsk bildgivning och visualiseringsteknik med ny operationsteknik förefaller mycket lovande. Ett exempel är en studie vid Tokyo Women's Medical University, där operationer utfördes i en speciellt utformad operationssal utrustad med MRI-kamera. Genom att kunna skanna patientens hjärna under operationen uppnåddes avsevärt bättre resultat vid avlägsnande av hjärntumörer än med traditionella metoder [Iseki 2003]. En annan lovande tillämpning är virtuella kolonoskopier, där en CT-kamera och visualisering används i stället för att föra in ett endoskop i tarmen. Genom en interaktiv genomflygning av tarmen kan läkare sedan identifiera polyper och planera eventuell kirurgi [Morrin & LaMont 2003].

Vårdkedjan kostar mycket i alla steg, och varje åtgärd som kan korta ned den kan medföra betydande ekonomisk besparing samt minskat besvär för patienterna. Förbättrade diagnosmetoder och allroundtekniker som sätts in på ett tidigt stadium har därför stor betydelse för en mer strömlinjeformad och samtidigt mer patientanpassad vård.

Patienten kan själv se sitt inre, något som många efterfrågar. Just möjligheten att åskådliggöra medicinska tillstånd är viktig för vård där patienten är en aktiv del av vårdteamet. Att kunna förstå relationen mellan sjukdomen och åtgärderna kommer troligen att öka patientacceptansen.

Utmaningar

Skanners tenderar att vara stora och dyra och kräver specialiserad personal. Även om miniatyrisering och massproduktion minskar priset så kommer man inte ifrån att det fortfarande behövs en komplex infrastruktur för att underhålla dem.

Datortomografi producerar ansenliga stråldoser, vilket kräver en avvägning mellan medicinsk nytta och skaderisker. Framför allt för barn har riskerna visat sig större än väntat. Här kan förmodligen teknikutveckling reducera riskerna avsevärt, eller möjliggöra vidare spridning av billigare MRI, infrarödabildning och andra tekniker.

Bildsystemen hjälper, som alla breda diagnostekniker, inte bara till att diagnosticera och förstå det specifika tillstånd man undersöker, utan kan också peka ut andra avvikelser. Mängden av sekundära fynd kommer att öka med spridningen av bildgivning.

Utbildningsbehovet på området är enormt. Det är inte bara en fråga om att handha själva tekniken, utan också att kunna använda den för bästa medicinska bruk och att integrera den i vårdrutinerna. Interaktiv visualisering kräver att användaren lär sig experimentera med bilder och program för att finna de handgrepp och färdigheter som bäst visar den önskade informationen. Detta är bara delvis möjligt att lära ut, och utgörs till stor del av en tyst kunskap som måste förvärfvas genom experimenterande – vilket det är svårt att få tid för i dagens stressade vårdssituation. Att göra skanning till en del av vårdrutinerna kräver förändringar i organisationen, exempelvis med friare tider och ett utökat samarbete mellan avdelningar.

I dag är röntgenavdelningarna relativt isolerade från övriga vårdrutiner, en specialiserad disciplin som medicinerna har mindre kontakt med. Den nya tekniken kan överbrygga klyftan, vilket innebär en organisatorisk och social förändring. Om den å andra sidan inte sprids utanför specialisternas händer blir den till stor del bara en förbättring av dagens röntgenavdelningar, men utan att kunna uppnå sin fulla potential.

Bildgivningstekniken är till sin natur multidisciplinär, och kräver närvaro och samarbete av både sjukhusfysiker, tekniker, dataloger, röntgenexperter och läkare. Detta förutsätter en organisation som låter dem samverka och ger dem tillfälle att lära sig kommunicera med varandra.

Cyberkirurgi

Med informationsåldern börjar konventionell kirurgi splittras upp och ersättas av en hel rad mindre invasiva terapier och icke-invasiva procedurer. Då vi nu befinner oss i ett mellanstadium i kirurgins utveckling är nästa generations kirurgi svår att bedöma [Satava 1997]. Trenden verkar gå mot energisnåla, miniaturiserade, billiga men mycket ”intelligenta” system som omvandlar kirurgin till mindre invasiva ingrepp, och där konventionell kirurgi kan reduceras till nischer. Laparoskopisk kirurgi (titthålskirurgi) är inte ett slutmål, snarare följer den en utvecklingsprocess bort från radikal öppen kirurgi till icke-invasiv kirurgi. För kirurgerna har titthålskirurgin inneburit steget in i informationssamhället där kunskapen blir allt viktigare, ”it’s no longer blood and guts, it’s bits and bytes” [Negroponte 1996]. Avancerade sensorer kombinerade med framsteg inom 3D visualiseringen gör det möjligt för radiologer och kirurger att skapa och använda tredimensionella anatomiska modeller av människokroppen från MRI eller CT skanningar. I framtidens operationssal kommer cyberkirurgen att integrera tvådimensionella skannade skivor i tredimensionella bilder i realtid och ta in information från olika synvinklar för att skapa virtuella helhetsbilder.

Förändringar inom kirurgisk teknik har historiskt varit resultatet av en sammansmältning av upptäckter från ett flertal discipliner snarare än plötsliga snilleblixtar. Laparaskopin innebar att kirurger för första gången kunde utföra procedurer utan att fysiskt beröra de organ de avlägsnade eller reparerade. Minimal access kirurgi, fjärrstyrd robotik, föreningen av videoendoskopi och laparaskopi omfattas i dag av en yngre generation av ”Nintendo-kirurger” som redan ser den virtuella bilden av patienten som verklig, ett mentalt språng som kan vara svårare för en äldre konventionell kirurg [Satava 1997]. Då kirurgin förändras till att interagera med information som ett substitut för fysiska kroppar möjliggörs nya förmågor. Genom att t ex använda Doppler-ultraljud för att förevisa blodflöden kan man uppnå se genom kroppen med ”röntgensyn”, där artificiella bilder projiceras till läkaren överlagrade på den verkliga bilden (s k augmented reality). Robotik tillåter exakt positionering och kan kompensera för rörelser hos både patient och kirurg [Marescaux & Solerc 2004]. Dessutom kan system som används kirurgiskt också användas i träning med virtuella patienter baserade på verkliga data.

Men grunderna har funnits i många år, bl.a. genom att fiberoptiskt ljus utvecklades på 1950-talet. Det är integrationen, förfinandet och syntesen av dessa ofta redan existerande tekniker som är den verkliga cyberkirurgiska revolutionen, genom skapandet av en ny kirurgisk miljö där kirurgen inte längre behöver vara begränsad av geografien. I första hand kommer detta att appliceras i utbildningssyfte, där medicinstuderande handleds från annan plats, eller för att assistera kollegor i en operationssal via tvåvägs realtidskommunikation. I andra hand möjliggörs sann cyberkirurgi då kirurgen kan utföra en operation på annan ort via telenärvaro och fjärrstyrd robotik. Uppföljning av operationer blir också enklare genom att information om patienten kan lagras i en virtuell avatar, en avbild av patienten där man kan beräkna de effekter ingreppet har fått, vilket ytterligare minskar behovet av invasiv kirurgi vid återingrepp.

Svårigheter för cyberkirurgin kan främst återfinnas i dess kostnad, men dess verkliga problematik är dess decentraliserande potential. Den konventionella kirurgin var en av medicinens mest centraliserade och hierarkiska discipliner. När operationssalen läggs ut över sjukhusets intranät och unga ”Nintendo-kirurger” i samarbete med bildbehandlare och robotologer utför operationer som virtuella team är den kulturella brytningen stor [Satava 1997].

Även om cyberkirurgi kan utföras globalt via Internet, är det inte troligt att det blir vanligt. Organisationsgränser krånglar till användningen och kostnaden för den nödvändiga kompetensen är ofta mycket högre än kostnader för transport av läkare eller patient. Med undantag för vissa extrema situationer som operationer på rymdstationer, isolerade polarbaser eller i krigszoner är det inte sannolikt att det finns ett stort behov av Internetkirurgi på kort sikt.

Bioteknologisk sjukvård

Den nya farmakologin

Utmaningen för läkemedelsindustrin är att kunna utveckla mediciner som ger lönsamhet trots de enorma utvecklingskostnaderna. Dessa skapas till stor del av konsumenternas och myndigheternas krav på extrem säkerhet och dokumentation. Samtidigt växer möjligheterna för nya mediciner [Szuromi 2004]. Genom den fördjupade kunskapen om cellulära processer kan mediciner designas "rationellt" genom att specifika signaler i cellerna slås på eller av. Simulationsteknik möjliggör snabb digital testning av preparat innan de testas i djurförsök. Den nya farmakologin utvidgar de fysiologiska målen för medicinerna, producerar nya tillämpningar och ger nya former av medicinering.

Vacciner

Vaccinteknik kan tillämpas inte bara preventivt utan även som medicinering mot t ex cancer, autoimmuna sjukdomar som diabetes och droger som kokain [Lambert 1997, Poland 2002, Reichert et al. 2002]. Här har den tidigare tämligen statiska utvecklingen av vacciner accelererats av nya rön inom immunologi, genetik och mikrobiologi. Trender som ökande antibiotikaresistans, HIV, tuberkulosens återkomst och problem att lagra och distribuera vaccin i tredje världen har också ökat intresset för vacciner. Resultatet är en mängd innovationer: DNA-baserade vaccin utlovar bättre säkerhet och stabilitet, terapeutiska vacciner för att behandla redan sjuka, depåvacciner som frigörs under lång tid och ätbara vacciner baserade på transgena plantor [Richter et al. 2000].

Givet behovet av effektiv preventiv behandling för många sjukdomar har denna utveckling stor betydelse. Men samtidigt som vaccinerna blir allt mer användbara har också tveksamheten mot dem ökat hos allmänheten. Till stor del beror detta troligen på att oron för smittsamma sjukdomar har minskat, och att de små men existerande riskerna hos vaccinen värderas högre än den svåruppfattade nyttan. Vaccinerna har blivit offer för sin egen framgång. Det är möjligt att deras verkliga comeback sker i form av behandling av icke-epidemiska sjukdomar, där de framstår som mer lika vanliga mediciner.

Neurofarmakologi

Ett annat område av mycket stor klinisk betydelse är neurofarmakologi. Neurologiska och psykologiska sjukdomar är vanliga, har en hög social- och vårdkostnad och kan i många fall allt mer behandlas [Cowan & Kandel 2001]. Depression drabbar över 40 procent av alla kvinnor och 25 procent av alla män någon gång i livet; ungefär 5 procent av befolkningen är vid varje givet tillfälle så pass deprimerade att de skulle behöva behandling. Det har uppskattats att i Europa lider var femte vuxen av kronisk smärta, från ryggont till olidlig cancersmärta. Kostnaderna för samhället är också

avsevärda: 500 miljoner förlorade arbetsdagar per år, mer än 34 miljarder euro [NFO 2003]. Varje förbättring av läget skulle ha direkta och kraftiga effekter både ekonomiskt och hälsomässigt för en mycket stor grupp. På samma sätt utgör andra hjärnsjukdomar som Alzheimers sjukdom och stroke en oproportionerligt stor andel av sjukvårdsbudgeten, ofta genom att placera patienter i långvarigt hjälpbehövande situationer.

Efter den radikala kunskapsutvecklingen om hjärnan och dess neurokemi under 1990-talet finns det många nya verktyg för att angripa hjärnsjukdomarnas problem. Kombinationen av bildgivande system, bioinformatik, mätmetoder för enskilda celler och nätverk skapar goda förutsättningar. Däremot är det svårförutsägbart vilka mediciner som kommer att bli framgångsrika; medan Prozac-familjen av antidepressiva medel och tPA-behandling mot stroke haft stor framgång har den inledningsvis lika lovande glutamathämmar-metoden mot stroke blivit en besvikelse. Serotoninåterupptagshämmare verkar också stimulera nybildning av nervceller, vilket var en överraskning vars konsekvenser ännu inte förstås. Detta är inte i sig förvånande eftersom all forskning och medicinutveckling är osäker, men det manar till försiktighet om att sia vilka hjärnsjukdomar som kommer att kunna behandlas i framtiden. Vi vet ännu inte hur mycket Alzheimers sjukdom kan förebyggas, botas eller lindras effektivt, och denna osäkerhet producerar en lika stor osäkerhet i uppskattningar av totala vårdkostnader och vårdbehov.

Tekniska triumfer räcker inte heller för att garantera bot och lindring. Smärta är ett relativt välförstått tillstånd och lindrande mediciner existerar, men ändå anser nästan två tredjedelar av alla smärtdrabbade patienter att de inte får tillräcklig lindring. Läkare informerar sällan om nya metoder och behandlar ofta smärtan som en bisak till den "egentliga" sjukdomen [NFO 2003]. Orsaken kan vara bristande utbildning, men det finns också kulturella och institutionella tryck att inte skriva ut för mycket narkotiska preparat: frikostiga (eller medkännande) läkare kan bli prickade för att stimulera till missbruk. Kanske kan framtida preparat kringgå dessa begränsningar genom ökad säkerhet och minskad tillvänjningsrisk, men att övervinna kulturella spärrar kräver ofta mer än goda testresultat och marknadsföring.

Även om stamcellsbehandling för olika degenerativa hjärnsjukdomar kan tänkas bli ett viktigt verktyg över tiden är det troligt att den verkliga nyttan ligger i just förståelsen av hur hjärnans egna reparationsprocesser kan sättas igång och stimuleras. Motion och berikade miljöer har redan visat sig producera nervtillväxt, och dessa signalsystem är troligen hanterbara farmakologiska mål. Tidiga experiment har också visat att de kan öka inlärnings- och erinringsförmågan hos möss [Routtenberg et al. 2000, Wang et al. 2004].

Medicinsk behandling kan också förstärka psykiatrisk terapi, och terapiförstärkande medicinering kan mycket väl tänkas bli en del i en framtida syntes. Ett exempel är professor Michael Davis forskning vid Emory University om hur substansen DCS kan förstärka avläring av fobier och panikångest [Walker 2002]. I experiment med människor med höjdskräck kunde samtidig behandling med DCS ge samma resultat på två terapisesioner som normalt kräver åtta, och reducera risken för återfall efter behandlingen. Det är tänkbart att liknande kombinationer av medicinering och terapi kan "avlära" felinlärda tillstånd som fobier, stressyndrom, drogberoenden eller

panikångest [Pittman et al. 2002]. Genom att förstärka inläringen när fobin eller beroendet avlärs försvagas de snabbare och risken för återfall minskar.

Sådana minnesförbättrande behandlingar pekar på hur gränsen mellan botande, förebyggande och förbättrande mediciner suddas ut på många områden. Inom psykiatri är det ofta enbart en gradskillnad mellan normal, nedsatt och störd funktion. Detta gör att en medicin som påverkar den störda funktionen mycket väl kan lindra den nedsatta funktionen eller hjälpa den normala funktionen. En medicin som hjälper en äldre patient att minnas bättre kan också ges till en yngre patient och förbättra dennes minne. Minnesförbättrande medicinering är under utveckling men kan också förbättra prestandan hos friska yngre [Ingvar 1997, Lynch 2002]. De personlighetsförändringar antidepressiva medel ger kan också ses som önskvärda av icke-deprimerade personer. Mediciner mot ADHD har också visat sig förbättra koncentrations- och planeringsförmåga hos friska [Mehta et al 2000, Elliott et al. 1997]. Här blir gränsen mellan lindring och förbättring mycket diffus.

Marknaden för prestationsförbättrande medicin är förmodligen stor (jämför med hälsokostbranschen, alternativmedicinen och functional food), och för närvarande huvudsakligen oexploaterad. Läkemedelsindustrin söker efter nya "blockbuster drugs" med stora patientgrupper och skulle gärna kolonisera denna marknad. Men för att det skall vara möjligt krävs ändringar av regleringarna kring medicinering, framför av allt hur mycket inflytande patienterna får över sin behandling och dess mål. Här spelar läkares och patienters attityd en stor roll för vilket tryck som utövas gentemot reglerarna. Om verksamma förbättrande preparat utvecklas men inte blir tillgängliga p.g.a. en restriktiv hållning är det troligt att den grå och svarta medicinmarknaden växer ytterligare eller att patienterna börjar resa utomlands för behandling.

Farmakogenetik

En persons reaktioner på en medicin beror i hög grad på hennes genetiska arv. En mängd olika enzymer bestämmer hur snabbt ett ämne kan upptas, hur starkt det binder till olika receptorer, hur snabbt det bryts ned och utsöndras. Dessa enzymer finns i olika genetiska varianter hos olika människor och avgör hur kroppen reagerar på en medicin. En medicin som hos en person fungerar felfritt kan tas upp för långsamt eller brytas ned för snabbt för att vara verksam hos en annan person, den kan brytas ned så långsamt att överdoser lätt sker även vid standarddoser, eller producera nedbrytningsprodukter som ställer till problem.

Effekterna av dessa variationer är enorma. En brittisk studie visade att var femtonde intagning på sjukhus berodde på medicinreaktioner [ADRT 1997] och en amerikansk studie uppskattade årligen att 106 000 patienter dör och 2,2 miljoner skadas av reaktioner på de recept de fått [Lazarou et al 1998]. Omräknat till Sverige innebär det här årligen flera tusen dödsfall och tiotusentals skador.

Farmakogenetik, studiet av hur olika människor reagerar på medicin beroende på sina gener, började utvecklas tidigt. Metoderna var långsamma och dyrbara, och dessutom beror ofta medicinreaktionerna på ett flertal gener, vilket gör sammanhangen svåra att reda ut. Nya möjligheter har uppstått genom kombinationen av genteknik och informationsbehandling, s.k. bioinformatik. I stället för att studera enskilda gener

söker man efter helheten av en individs arvsanlag. Detta möjliggör studiet av hur komplexa sjukdomar påverkas av generna (över 250 gener har identifierats som viktiga för kardiovaskulära sjukdomar [Toller et al 2001, Cambien 1999]), hur mediciner påverkar dessa och hur resten av kroppen påverkas av dem. Detta perspektiv har målet att beskriva hur olika system påverkar varandra, vilket inte bara ger en djupare förståelse utan också användbara terapier.

Dessutom har utvecklingen på området varit lika dramatisk som inom datorvärlden, med snabbt fallande priser på tidigare avancerade tester. DNA-chip, kiselchip med DNA på ytan som kan detektera närvaron av olika gener, faller snabbt i pris och förväntas snart bli en standardprodukt. Uppsalabolaget Gyros har utvecklat mikrofluidiska system placerade på ytan av en CD-skiva, vilka kan utföra laboratoriarbete [Ehrnström 2002]. Sådana mikrolaboratorier möjliggör processer som tidigare krävde hela rum av utrustning att utföras på tillbehör som kopplas in till en dator. Trenden pekar på en stor spridning av billiga gentester, inte bara för en gen åt gången utan stora grupper.

Målet är terapi med rätt medicin i rätt dos till rätt patient [Mancinelli et al. 2000]. På ett tidigt stadium spreder visionen om individualiserad medicin: kanske kommer vi en dag att gå till läkarmottagningen, utföra ett gentest, och sedan få just den medicin som är bäst avpassad till vår egen ämnesomsättning. Mer närliggande är möjligheten att testa en patient före utskrivning av medicin för att reducera risken för biverkningar. Redan detta skulle vara ett stort framsteg i den ofta frustrerande processen att prova ut rätt medicin i rätt dos genom trial and error. Mediciner dras i dag tillbaka när allvarliga biverkningar upptäcks, men om dessa föreligger hos en liten genetiskt väl definierad grupp kan en användbar medicin ändå fortsätta att utnyttjas om den kombineras med testning före förskrivningen. Farmakogenetiken kan också hjälpa utvecklingen av nya mediciner genom att möjliggöra digitala test av mediciner. En stor besparing, som visar om nya läkemedel är olämpliga innan man ens börjar med större tester. Det blir också enklare att skydda försökspersoner genom att man kan testa om de har en genetisk känslighet mot medicinen. Forskningen effektiviseras, då man kan samla mer homogena försökspersoner och minimera den kliniska variationen. Då behövs färre deltagare, vilket minskar kostnader och påskyndar utvecklingen av läkemedel.

Det händer ofta att mediciner som är effektiva hos somliga deltagare i kliniska försök inte utvecklas till följd av lägre effektivitet eller biverkningar hos andra deltagare. Farmakogenetiken skulle möjliggöra identifikation av patientgrupper som har mest nytta av en medicin. Ett exempel är företaget NitroMed:s hjärtmedicin BiDil. Företaget forskade fram preparatet redan på 1980-talet, men då medicinen inte hade tillräckligt stora effekter avbröts utvecklingen. Men när NitroMed nyligen undersökte testresultaten igen, så upptäckte man att läkemedlet faktiskt hade haft en tillräcklig effekt bland testpersoner av afroamerikanskt ursprung, och gjorde om testet med enbart denna grupp. BiDil visade sig klart mer effektiv än de vanliga hjärtmedicinerna, men bara för en etnisk grupp.

Läkemedelsindustrin har under de senaste decennierna sett en enorm stegring av sina utvecklingskostnader, och farmakogenetik reducerar dessa. Men att utveckla mer specifika mediciner riskerar att segmentera marknaden. Mediciner mot vanliga sjukdomar är oerhört lönsamma och har varit huvudinkomstkällor för många företag,

men de som bara kan användas av en mindre grupp kan ha svårt att motivera utvecklingskostnaderna. Mest problematiska är fall med mycket små grupper som kan hjälpas av farmakogenetiken, men inte är lönsamma. Europas och USA:s regler för ”orphan drugs”, där medicinering av sällsynta sjukdomar subventioneras, är anpassade till hur många som delar sjukdomstillståndet, inte till hur många som delar den genotyp som gör medicinen användbar. Detta kan skapa många fler patientgrupper som skulle kunna behandlas men inte kan få hjälp om inte reglerna ändras. Bröstcancer är inte en ovanlig sjukdom, men bröstcancer på grund av en viss genkombination är det.

Andra grupper som är mycket intresserade av farmakogenetik är HMO:s, stater och andra vårdgivare som ser möjligheter till stora besparingar och effektiviseringar. Om kostnadskrävande utprovning och bieffekter kan minskas medan hälsoeffekterna blir bättre innebär det potentiellt stora besparingar.

Problemen med farmakogenetik är för närvarande många. Det grundläggande problemet är att det finns för mycket data och lite överblick över hur dessa data kan användas kliniskt. Genomik är ”ångvålsforskning” där det är enklare att kartlägga hela genkartor än att hitta en enskild användbar gen, vilket är uppgiften för närvarande.

Ett annat problem kan vara att kostnaderna för att få både ett gentest och en medicin godkända tillsammans är större, vilket kan leda till förseningar och krav på ytterligare tester.

Vissa genotyper är vanligare i vissa etniska grupper än i andra, vilket har lett till kontroverser när mediciner fick olika effekter efter etnicitet. Nu kringgås detta till viss del genom att ignorera etnicitet till förmån för genetisk typ – att en viss genuppsättning är vanligare hos vissa grupper ger inte lika mycket information som att testa exakt vilken uppsättning en person har. Problemet är dock risken att vissa genotyper ändå beskrivs som ”typiskt europeiska” eller ”typiskt afrikanska”, vilket kan göra utveckling och användning av verksamma mediciner mycket kontroversiella i samhället.

Metoden är kostnadseffektiv framför allt när det finns allvarliga kliniska eller ekonomiska konsekvenser som kan undvikas, när det är svårt att mäta reaktionen med nuvarande metoder, när det finns en väletablerad koppling mellan genotyp och klinisk fenotyp, det finns ett snabbt och billigt gentest och de olika genetiska varianterna är tillräckligt vanliga [Veenstra & Higashi 2000]. Enkla, billiga gentester som DNA-chip kopplade till handdatorer verkar bli alltså närvarande i vården och möjliggör då en snabb testning vid sjuksängen av om patienten tål en föreslagen medicinering. Särskilt stor betydelse kan det få för kroniska sjukdomar, där patienter ofta behöver vård under lång tid och biverkningar och dosering spelar stor roll. Utvecklingskostnaderna för behandlingar i det nuvarande regleringsklimatet är mycket stora vilket kan blockera, och även om behandlingen existerar kan användningen begränsas.

Utmaningar

Ökad användning av farmakogenetik kommer att ställa stora informationskrav på vårdpersonalen. De behöver inte bara vara medvetna om medicinens allmänna effekter utan också hur dessa kan påverkas genetiskt, och eventuellt kunna utföra genetiska tester. Patienterna kan också söka information mer aktivt genom farmakogenetiska hemtester. Detta kan ställa sjukvården inför problemet att patienten vet mer än läkaren men saknar den djupare medicinska kompetensen att göra en väl avvägd bedömning, framför allt om organisation och regleringar förhindrar farmakogenetiska tester i primärvården.

Designermediciner är den exakta motsatsen till dagens generiska läkemedel. Hur kommer landstingen att ställa sig till patientkrav på att få tillgång till mediciner som visat sig mer effektiva för vissa grupper än andra? Hur kan detta tas in den jämlikhetstanke som ofta präglat introduktionen av ny teknik i landstingen ("om inte alla kan få tillgång till en ny metod får ingen det")?

I dagens riskundvikande system finns alltid problemet med att göra även små risker förutsägbara. Om en medicin visar sig ha en allvarlig biverkning hos en liten patientgrupp som är genetiskt identifierbar, är valet för landstinget att godkänna denna medicin och kräva ett samtidigt gentest (två nya kostnader plus en liten risk) eller att inte tillåta användningen (ingen ny kostnad och ingen risk). Dagens system med kostnadsminimering som mål får problem i framtiden.

Patienter blir mer olika varandra med farmakogenetiken, vilket för dagens sjukvård leder till ökande kostnader och administrativa problem. Men för patienterna betyder det möjligheten till bättre och säkrare vård med mindre slöseri.

Reproduktiv och perinatal medicin

Att minska nyföddas och mödrars dödlighet har varit en av läkekonstens stora triumfer. Den har förändrat människobilden på djupet – i många kulturer räknades spädbarnet inte som en människa och namngavs inte förrän efter en tid eftersom det var osäkert om det skulle överleva. I de amerikanska kolonierna gav föräldrar ofta flera barn samma namn för att öka chansen att åtminstone ett av dem skulle bli vuxet och ärva det, eller också återanvände de namn från döda syskon. I och med minskningen av dödligheten blev barnen allt mer värdefulla och ompysslade. I dag är barnen familjens centrum och krona snarare än en praktisk resurs eller försäkring.

Reproduktiv och perinatal medicin är stadd i snabb förändring. Dels ökar ständigt kraven på säkra, friska och smärtfria havandeskap. Dels ses barnlöshet allt mer som ett allvarligt problem som kan avhjälpas med radikala tekniker. Vid horisonten tornar också 2000-talets mest kontroversiella etiska frågor upp sig: genetisk modifikation, kloning och stamcellsterapi.

Samtidigt är få områden lika förankrade i traditionella sociala attityder och känslor som just havandeskapet och relationen mellan förälder och barn. Många av de tekniska möjligheterna, t ex könsbestämning, används i relativt liten utsträckning i Sverige även när de är ekonomiskt överkomliga, eftersom de inte passar föräldrarnas mål. Perinatal medicinsk teknik bedöms med extra hårda säkerhetskrav av både läkare och föräldrar, vilket kan försena introduktionen av nya metoder som uppfattas som riskabla eller oprövade. Därför är det osannolikt att de mest omdebatterade teknikerna som mänsklig genmodifikation, blir speciellt spridda utanför mycket små grupper där motivationen är stark att använda dem ens om det var tillåtet och enkelt.

Barnlöshet har i alla tider varit ett allvarligt problem, både ekonomiskt och känslomässigt. I dag har det ekonomiska hotet till stor del försvunnit, men människor längtar i allmänhet efter egna barn och har en stark drift att få barn som är ”av deras eget kött och blod” snarare än att adoptera. I dag finns ökade möjligheter att avhjälpa barnlöshet genom olika former av hormonbehandling, assisterad befruktning, sperma- eller äggcellsdonation etc. Genom att ofrivillig barnlöshet betraktas som en tämligen spridd sjukdom (ca 15 procent av alla par är drabbade) blir resurser tillgängliga och barnlösa par är dessutom bland de mest motiverade och ofta pålästa patientgrupperna. Detta stimulerar i sin tur utveckling och användning av mer radikal teknik.

Detta gäller i synnerhet par som väljer preimplantatorisk genetisk diagnos (PGD) [Leunens 2003]. PGD består i att cellprover tas från olika embryon vid provrörsbefruktning innan ett eller flera av dessa väljs för inplantering i modern. Genom cellprovet kan kromosomrubbingar, genetiska sjukdomar och även kön avgöras. Den etiska debatten rörande PGD har till stor del centrerats kring det försvarbara i att vissa embryon kasseras (en fråga som i svensk praxis betraktas som acceptabel), men även frågor om vilka tillstånd som är acceptabla att testa. Åsikterna går vitt isär, framför allt rörande anlag för potentiella sjukdomar, könsbestämning och andra egenskaper [Robertson 2003, Dahl 2003a]. Samtidigt är det värt att notera att PGD endast är möjligt vid assisterad befruktning och därmed knappast kommer att omfatta en stor grupp av barn.

Även metoder för könsselektion som inte är baserade på PGD (som spermaseparering) förefaller inte vara speciellt efterfrågade. I en tysk studie framkom att majoriteten (58 procent) säger sig inte bry sig om könet på sina barn, 30 procent önskar lika många pojkar som flickor och bara 9 procent har önskemål med övervikt för ett visst kön. Bara 6 procent av de tillfrågade sade sig vilja använda ett prekonceptivt medel för könsselektion. Detta tyder på att farhågor om att tillgänglighet av sådan reproduktiv teknik (även när den är mycket säker och billig) skulle skeva befolkningen allvarligt inte är troliga åtminstone i västerlandet [Dahl 2003].

En vanlig kritik mot olika former av reproduktiv teknik som syftar till att minska förekomsten av missbildningar, genetiska skador eller oönskade egenskaper är att den leder till försämringar för de redan drabbade. Om embryoselektion förhindrar födandet av medfött döva eller personer med disposition för homosexualitet kan detta leda till att de diskrimineras. Detta är en fråga som empiriskt kan studeras och det förefaller inte som det minskade antalet handikappade åtföljts av en minskning i stöd för dem, utan snarast tvärtom [Dahl 2003a].

I många fall förefaller de etiska debatterna om reproduktionsteknik handla mindre om grundläggande värden och mer om oro inför olika social utveckling. Men att förhindra en oönskad social eller kulturell utveckling sker knappast bäst genom förbud eller att hindra en viss teknik, utan snarare genom kulturella åtgärder.

P-pillret är förmodligen ett av de mest revolutionerande läkemedlen. Det banar väg för medicin som inte syftar till att lindra eller bota sjukdomar, utan att förändra individens biologi i önskad riktning. Medan tidigare medel varit relativt milda och oftast rent estetiska så medför p-pillret en central hormonell funktionsförändring för att förhindra ett naturligt tillstånd (d v s havandeskap). Det faktum att p-pillret i dag är väl accepterat visar att sådana funktionsförändrande medel inte bara kan appliceras brett i samhället utan också införlivas i olika livsstilar. Även om kritiker inte är sena att varna för medicinska risker eller de kulturella och demografiska effekterna av p-pillret förefaller dessa inte ha varit speciellt hindrande för spridningen av bruket. Detta bereder vägen för andra förändrande mediciner.

Framtida preventivmedel är förmodligen av relativt begränsad betydelse; de nuvarande preventivmedlen uppfyller väl de funktioner folk eftersträvar. Förändringar av sociala normer och familjestruktur kan mycket väl ske vilka förändrar hur medlen används.

Rön om effekten på fostret av moderns kost kan mycket väl få ökad tillämpning: de är ofta relativt enkla och billiga att tillämpa, och kan spridas via samma kanaler som övriga hälsoråd. Genom folsyre-tillskott kan risken för spina bifida minskas. Men även förbättrande effekter är tänkbara. Ett typiskt exempel är effekten av kolin på gravida råttthonor. Under vissa kritiska perioder leder kolintillskott till att ungarna får förbättrat rumsligt minne och minskade åldersrelaterade minnesnedsättningar [Meck 1989, Meck 1997, Meck 2003]. Även om det inte finns data om effekter på människor är det inte orimligt att tillskott kan påverka fostrets hjärnutveckling i positiv riktning eller att föräldrar försöker uppnå detta genom kolinrik kost eller näringstillskott. Här suddas gränsen mellan förebyggande och förbättrande behandling ut, och barnen blir naturliga ”designerbarn”. Det förefaller osannolikt att sådana metoder kan förhindras av myndigheter eller organisationer som ogillar behandlingen på t ex etisk grund.

Den nuvarande debatten om kejsarsnitt pekar i riktning mot framtidens problem. Att avfärda kvinnors oro eller vilja till en enkel förlossning är inte möjligt givet de resurser som annars ställs till förfogande för att mildra dem. Samtidigt fyller många kejsarsnitt inte något medicinskt behov och involverar både kostnader och risker. Data om effekterna på barnet är ännu oklara. Här hamnar föräldrarnas uppfattning om förlossningsupplevelsen i konflikt med vårdens kostnadsminimering och i viss mån säkerhetsuppfattning. I framtiden kommer liknande konflikter att komma fram allt oftare.

Regenerativ Medicin

Den regenerativa medicinen tar steget bortom att kemiskt påverka cellers kontrollsystem, och syftar till att bemästra kroppens egen reparationsförmåga eller ersätta skadade delar med odlade eller konstgjorda vävnader. Målet är att utnyttja samma processer som kroppen normalt använder för läkning och tillväxt, eventuellt understödda av yttre hjälp som genterapi och vävnadsodling. Motivationen finns dels i transplantationsproblematiken, där livräddande behandling bara kan komma ett fåtal till del. Framför allt motiveras tekniken av insikten att det bästa kirurgin hittills kunnat göra är att ta bort det som kroppen inte själv kunnat hantera och sedan förlita sig på att den kan göra resten av arbetet, inklusive läka skadorna av ingreppet. Regenerativ medicin är i mycket hög grad ett försök att läka snarare än att bota, konstruktiv kirurgi snarare än destruktiv.

Transplantationer

Organtransplantationer är på en gång en medicinsk triumf och exempel på hur ny teknik kan bli både dyr och tvinga fram tungrodda organisationsformer. Transplantationer är omständiga medicinska processer som kräver en omfattande sjukvårdsinfrastruktur för att fungera: register av köande patienter och deras vävnadstyper, transportmetoder för organ, komplexa kirurgiska ingrepp och långtidsbehandling med immunförsvarsdämpande mediciner. Eftersom metoder att bevara organ en längre tid utanför kroppen har varit svåra att utveckla ställs höga krav på snabbhet och transport. Värdet är otvetydigt för patienten som får organet men vårdapparaten blir komplex och centraliserad.

Genom att transplantationstekniken expanderat till fler organsystem och immunförsvarsdämpande metoder blivit allt bättre, kan fler och fler patienter komma i fråga som mottagare. Samtidigt är antalet donatorer konstant eller minskande, eftersom människor oftare dör av kroniska sjukdomar vilket gör dem olämpliga som donatorer (t ex cancer och cirkulationssjukdomar). En läkare klagade skämtsamt över att motorcykelhjälmar var boven: innan de blev vanliga fick man in en ström av i övrigt friska yngre män med svåra skallskador som kunde bli organdonatorer.

Många diskussioner har rört vilken transplantationspolicy som skulle kunna lösa problemet, och Sverige har valt linjen att viljan att inte donera organ skall registreras. I praktiken, ute på sjukhusen, har detta dock lett till förvirring då många möjliga donatorer inte uttryckt något önskemål i frågan och man därmed måste ta stor hänsyn till anhöriga. I dessa fall räcker det med att en anhörig är osäker eller negativ till donation för att den inte ska ske. Men även om alla var villiga att donera sina organ skulle behovet förmodligen vara större än vad som kan realistiskt tillgodoses.

Xenotransplantat

Ett möjligt alternativ till mänskliga organ är att transplantera från lämpliga djur, xenotransplantation [Chapman & Bloom 2001]. Tanken har figurerat länge, men fram till nyligen varit orealistisk på grund av de kraftiga avstöttningsreaktionerna. Problemet med avstötning kan dock i dag lösas med genetisk modifikation, så att organen uppvisar ”rätt” yta för det misstänksamma immunförsvaret hos mottagaren. Att kunna genmodifiera djur för xenotransplantation har varit en drivkraft i utvecklingen av kloningsteknik: det är fortfarande så pass svårt att producera en modifierad individ att det behövs effektiva metoder att förmera denna. Andra metoder utnyttjar odlade modifierade celler för implantation, t ex i behandling av Parkinson eller hjärncancer [Isacson & Breakfield 1997] eller försöker få organ att utvecklas i en värdorganism [Hammerman 2004], även om dessa är betydligt mer spekulativa.

Xenotransplantation har dock stött på svåra problem, både tekniskt och säkerhetsmässigt. Många har oroat sig över riskerna att via processen överföra sjukdomar från t ex grisar till människor. Resultatet har blivit att området saktat ned trots lovande laboratorieresultat: att tillämpa dem på människor har blivit dyrare, långsammare och mer reglerat än man ursprungligen trodde [Bundy 2003]. Det verkar därför osannolikt att xenotransplantation kommer att spela någon större roll de närmsta 10 till 15 åren.

Konstgjorda organ

Förlorade kroppsdelar har ersatts under lång tid, vare sig det har varit krigsveteranens enkla träben eller Tycho Brahes nästipp i silver. Men att ersätta organs funktioner är betydligt svårare, och det dröjde till 1944 innan Kolff och Berk presenterade den första dialysmaskinen, en ”artificiell njure” bestående av 30 meter cellofanslang rullad kring en roterande trumma som lät en patient med njursvikt överleva i 26 dagar. Sedan dess har en mängd konstgjorda organ konstruerats: hjärtan, hjärtklaffar, pacemakers, interna defibrillatorer och insulinpumpar. Utmaningen har främst varit att finna material som kan fungera i kroppens ytterst ogästvänliga miljö, där immunförsvaret gör sitt bästa för att identifiera och slå ut allt främmande. Dagens implantat har uppnått hög grad av biokompatibilitet och fungerar utmärkt under mycket lång tid; i dag kan de täckas med biokompatibla ytor som skyddar dem och gör att kroppen accepterar deras närvaro. Moderna höftledsproteser är utmärkta exempel på kombinationen av materialteknik och biomekanik. Den nya utmaningen är att få implantat att utföra lika komplexa funktioner som de organ de ska hjälpa.

Ett sådant område är implantat som kopplas samman med nervsystemet. De tidigaste var ”hjärnpacemakers”, som sänder en signal för att hålla en del av hjärnan lagom igång. De används i dag för behandling av Parkinsons sjukdom och för vissa former av depression [Mashour et al 2004]. Men pacemakers behandlar inte information, de styr bara ett skadat system. Metoder att styra proteser med nervsignaler har utvecklats och finns i dag på marknaden. Mer radikalt är att ta emot signaler direkt från hjärnan

och använda dem för att styra robotarmar eller datorer [Nicollelis et al 2003, Andersen et al 2004]. Denna behandling ger stort hopp för förlamade patienter [Kennedy & Bakay 1998]. På samma sätt har möjligheterna att sända signaler in till nervsystemet utvecklats, och det existerar i dag prototyper för konstgjorda ögon, näthinnor och känselsystem, medan cochleaimplantat ("konstgjorda öron") är en beprövad teknik. Det är mycket troligt att det under de kommande 10 åren kombinationen av neurovetenskapliga framsteg, mikroteknik och avancerad implantatteknik kommer att möjliggöra permanenta implantat som sänder och tar emot information med datorer, vilket kan användas till styrning av rullstolar, proteser, "smarta hus" och även mottagning av information från skadade sinnen. Livskvalitetsökningarna för de patientgrupper som behöver sådana implantat kommer att vara betydande.

Det har diskuterats om konstgjorda organ kan ersätta bristen på transplanterbara organ. Problemet är att även den snabba utvecklingen av implantat för närvarande ändå inte räcker till. Experter tror i stället att vävnadsodling och biologiska implantat kommer att visa sig vara det som slår på längre sikt. I det långa loppet kan kanske den vanligaste tillämpningen av konstgjorda organ vara att ge helt nya funktioner, t ex ökad syreupptagningsförmåga [Freitas 1998] eller styrning av autonoma nervsystemet.

Vävnadsodling och stamceller

Med vävnadsodling skapas ny vävnad genom odlingar av celler från patienten. Odlingen sker utanför kroppen, och vävnader kan sedan transplanteras utan risk för avstötning. Detta gör att de kan ges rätt form och eventuellt modifieras genetiskt till att avge önskade substanser. De första framgångarna kommer med odling av hud och brosk, som i dag kan producera transplanterbart material i stora kvantiteter [Vacant & Langer 1999]. Odlade blodkärl, urinblåsor och hornhinnor har varit framgångsrika prekliniskt [Oberpenning et al 1999, Niklason et al. 1999, Tsai et al 2000] och experiment pågår med en tillfällig konstgjord lever baserad på grisceller [Baquerizo et al 1999].

Odlingen sker på olika former av tredimensionella ramverk, där cellerna delar sig och finner sin plats i rummet. Genom att tillföra olika signalämnen hoppas man utveckla inte bara själva grundstommen utan också blodkärl och andra finstrukturer som behövs. Avancerad polymerteknik och nanoteknik verkar mycket lovande för att skapa vävnader med önskad form och funktion, och den snabba utvecklingen av förståelse av cellkommunikation lovar bättre kontroll av vilka celler som kopplar ihop sig med vilka andra.

Samtidigt är vävnadsodling begränsad av att de flesta celltyper hos en vuxen människa redan är differentierade; de har antagit en viss uppgift och har därför svårt att utvecklas till annan vävnad, plus att de bara har ett begränsat antal delningar kvar. Det är därför stamcellsforskning är föremål för så intensivt intresse: stamceller kan dela sig i det oändliga, men också differentiera sig till många olika vävnadstyper. Om denna process kan kontrolleras blir det möjligt att odla fram många viktiga celltyper. På kort sikt är det intressant för sjukdomar med för tidig cellförlust eller degeneration (t ex Parkinson, ryggmärgskador, osteoporosis, makuladegeneration och diabetes)

som då kanske kan behandlas – samtliga är särskilt viktiga för äldre patienter. På längre sikt kan stamcellerna möjliggöra avancerad vävnadsodling som återskapar de processer som formar organen under utvecklingen.

Även om stamcellernas teoretiska potential är enorm är det fortfarande inte bevisat att de kan hålla allt de lovar. I de hårda debatterna om embryonala stamceller och terapeutisk kloning är det vanligt att anhängare av forskningen betonar dess enorma terapeutiska värde i sitt försvar, vilket på sikt kan visa sig riskabelt när allmänheten börjar fråga sig när de utlovade undren ska dyka upp. Förmodligen är den största medicinska vinsten från stamcellsforskningen en djupare kunskap om hur cellers differentiering går till och hur den kan regleras. Sådana kunskaper kan mycket väl visa sig göra hela den infekterade debatten om embryonala stamceller irrelevant genom att låta vuxna celler avdifferentieras, men kunskapen kan fortfarande bara vinnas genom forskning.

Vävnadsodling utlovar behandlingar av stora patientgrupper som för närvarande står utan effektiva behandlingar. Det gäller allt från återställande kirurgi till reparation av ryggmärgsskador. Det verkar troligt att vissa former kommer att vara i allmänt bruk (som hudodling) medan andra kanske inte lyckas tekniskt eller ekonomiskt. Själva odlingen och den organisation som behövs för den kommer inte att behöva ändra vårdstrukturerna särskilt mycket, men den oerhört kunskapsintensiva tekniken kräver nära samarbete mellan läkare och tekniker. De höga utvecklingskostnaderna och den direkt individualiserade framställningen (eftersom implantat vanligen kommer att odlas från patientens egna celler) riskerar att driva upp priserna. Ett stort problem är också regleringstekniskt: det är i nuläget oklart om vävnadsodling kommer att räknas som medicinsk-teknisk utrustning, transplanterat, mediciner eller något annat, och denna osäkerhet bromsar investeringar och forskning. Risken är att fältet hämmas av inkompatibla nationella regler.

Vårdtekniken och samhället

Hippokrates sade ”Ars longa, vita brevis” – (läke)konsten är lång, livet är kort. Men i dag blir både konsten och livet allt längre. Det är en positiv kapplöpning mellan en allt mer kapabel vård och allt friskare människor. När läkaren tidigare bara kunde lindra lidandet eller bromsa de värsta epidemierna så har vi i dag högre ambitioner på hälsa, livskvalitet och långa liv med goda livschanser. Framgången har dock sitt pris: i reda pengar, organisationsförändringar och en förändrad åldersstruktur.

Demografi och förebyggande vård

Folk lever längre och friskare, till stor del tack vare icke-medicinska framsteg som bättre kost och säkrare samhällen. Dock har äldre ett större vårdbehov än yngre och utövar ett tryck på vården. Många oroar sig för en framtid där en stor grupp pensionärer kräver avancerad och dyrbar vård, samtidigt som en minskande skara yngre ska försörja dem. Vilken väg utvecklingen kommer att gå är inte entydigt. Överlevnadskurvan blir allt mer rektangulär: folk lever relativt friska till en hög ålder och tacklar sedan av relativt hastigt [Hayflick 1994]. Den största delen av livets vårdkostnader finns också i slutskedet, det sista halvåret med intensiv omvårdnad [Lubitz & Prihoda 1984]. Vissa tecken tyder dock på att kostnaderna blir mindre för de riktigt gamla, det mesta av kostnadsökningarna för äldres vård beror på ökad omvårdnad snarare än på fler äldre [Dozet 2002], och den värsta oron för en stor Alzheimerdrabbad befolkning är förmodligen överdriven. Däremot leder en åldrande befolkning till andra problem för vården. Exempelvis kommer åldersrelaterade sjukdomar att öka kraftigt. Många av dem är kroniska, vilket ställer andra krav än de akuta eller kortvariga sjukdomar som den kemisk-elektroniska vården är bäst på att hantera.

Många akuta problem har också underliggande kroniska orsaker. Om dessa kan förstås och identifieras kan genotyp, livsstil, miljö och medicinering förebygga sjukdomen långt innan den blir ett problem. Ett typiskt exempel är stroke, vilket kommer att öka markant de närmsta decennierna om inget görs. Inträffar ökningen kommer det också att föra med sig motsvarande ökning av vårdkrävande hjärnskador och invaliditet. Förebyggande vård blir därmed allt viktigare, och de institutioner som tillhandahåller sådan får en viktig roll i vårdsystemet.

Fram till nyligen har åldrande varit något som tas för givet. Men eftersom åldrande är huvudorsaken till en mängd vanliga sjukdomstillstånd kan åtgärder som griper in i åldrandeprocessen få stor förebyggande effekt. De processer som reglerar ämnesomsättning och åldrande har nyligen börjat klarläggas, och åtskilliga grupper intresserar sig för metoder som kan påverka dem. Även om detta inte ger något ”ungdomspiller”, så är det troligt att forskningen kan ge metoder att förhindra många former av slitage och felanpassningar som sker under åldrandet, och därmed förebygga åtskilliga ohälsotillstånd [Longo & Finch 2003, de Grey et al 2002].

Prognoser för människans maximala livslängd har också överträffats med imponerande regelbundenhet, ofta inom 5 år efter att de gjorts [Oeppen & Vaupel 2002]. Dagens prognoser för livslängden är troligen för konservativa, och skulle ett genombrott i åldrandeförebyggande behandling ske kan mycket väl de flesta demografiska förutsägelser kastas ut genom fönstret.

Man har ofta hoppats att preventiv vård ska kunna förhindra de stora kostnadsökningarna [Schwartz 1994]. Men dessa förhoppningar har hittills inte infriats i stor skala. Diagnos- och behandlingsmetoder har utvecklats, men man har inte kunnat reducera förekomsten av de stora folksjukdomarna speciellt kraftigt. Det betyder inte att preventiv vård inte kommer att lyckas, men det krävs mer än insikten att den är viktig. Dels behövs naturligtvis effektiva metoder att diagnostisera och förebygga, dels behövs en infrastruktur för preventiv vård – vilket självklart är förenat med kostnader. Allmänheten är mycket intresserad av sådana möjligheter, men än så länge förefaller dess intresse, sjukvårdsystemet och andra aktörer (idrottsföreningar, patientföreningar, försäkringsbolag etc) inte kunna samverka effektivt.

Åtskilliga av de tekniker som vi har diskuterat i denna rapport skulle kunna underbygga effektivare preventiv medicin. Kombinationen av gentestning och förmågan att avpassa diet, motion och medicinering kan tänkas producera individualiserad livslång friskvård [Sander 2000]. Sensorsystem gör det enklare för privatpersoner att själva övervaka sin hälsa. Beslutsstödsystem och kommunikationsteknik låter dem själva skaffa information och göra hälsoval. Avancerade vacciner kan förebygga även kroniska tillstånd som cancer. Men denna sorts förebyggande medicin lämpar sig inte för centrala påbud, utan är mer valmöjligheter för den kräsne hälsokonsumenten.

Teknik och organisation

Förbättrade diagnosystem – telediagnos, sensorer, icke-invasiv skanning, biosensorer, automatisk diagnos och bättre förståelse av de underliggande biokemiska processerna – erbjuder optimeringsmöjligheter för vården, men också en kraftig ökning av informationsbelastningen. Priset för sådana system minskar stadigt och det är troligt att det diagnostiska informationsmonopolet bryts. Detta gör att de internetunderstödda patienterna nu kan skaffa sig diagnos redan innan de kommer till läkaren med krav på rätt behandling.

Många av de mest intressanta medicinska framstegen kommer inte att märkas utåt eller påverka strukturen. De förbättrar patienternas livskvalitet och vårdresultaten, men kräver inga större ändringar i hur medicin bedrivs. Typiska exempel är transplantat, stamceller, avancerade mediciner och nya vaccin. Dessa kan mycket väl få stora folkhälsoeffekter, men kan i princip utföras inom dagens vårdorganisation. Andra tekniker får större konsekvenser, som digitaliseringen av vården, livsstilmedicin och genetisk sjukvård. Här finns behov av nya färdigheter och organisationsformer inom vården. En mer tekniskt inriktad vård påverkas också av teknikens snabba utveckling, vilket tvingar den att bli mer anpassningsbar och föränderlig. Det är inte bara fråga om att anpassa sig till de tekniska revolutioner vi har beskrivit i den här rapporten, utan till dem som kommer efter... och de som

kommer ännu senare. Kontinuerliga förändringar både inom teknik, hälsa, vård och organisation kommer att behövas.

Framsteg är inte ett smörgåsbord där man kan välja och vraka. Ny teknik anländer sällan på beställning. Vad som utvecklas är en kombination av teknisk möjlighet, slump och dåligt kontrollerade socioekonomiska processer. I stället för en rak historia från en snilleblixt via utprovning, entreprenörskap och tillämpning, är medicinsk-teknisk utveckling en komplext återkopplad process. Ofta är just återkopplingen från medicinsk praktik nödvändig för den tekniska utvecklingen, men återkoppling kommer också från andra håll. Utvecklingen av distribuerade datorsystem för vården sker tillsammans med utveckling för andra ändamål – underhållning, militär, affärer - och tillämpningar på ett fält kan få oväntade användningsområden på ett annat (som lasertekniken). Teknikens kumulativa och accelererande tendenser där nya uppfinningar staplas på varandra, underminerar de flesta försök att styra in den på ett önskvärt område. Det går bra att stimulera utveckling eller blockera individuella projekt, men den breda tekniska fronten rör sig framåt driven av många fler krafter än vad någon vårdteknologisk satsning kan påverka.

Individualisering

Vården individualiseras allt mer. Detta beror på flera sammanstrålande trender: dels blir det enklare för patienter att skaffa sig aktuell information om medicin, genom nätet och andra informationskällor, dels bryts det diagnostiska (och i vissa fall terapeutiska) monopolet, dels leder de nya framstegen inom medicinen mot en allt mer individualiserad patientbild. Den fruktade Internetpatienten som kommer till läkarmottagningen utrustad med utskrifter av de senaste rönen och en tänkbar diagnos kommer att få sällskap av (och smälta samman med) EU-patienten, som när hon inte får den vård hon söker ger sig iväg till ett annat land där den finns.

Den tekniska utvecklingen spär på denna trend genom billiga hemtester och tredjeparts medicinska mätningar. Dessutom leder de nya metoderna till att behandling inriktas mer mot att behandla patientens unika tillstånd och speciella förutsättningar snarare än standardbehandlingar för den generella diagnosen. En läkare kan prova behandlingar på en virtuell modell baserad på tidigare tester och lära sig hur en viss patient kommer att reagera.

En mer individinriktad vård går på tvärs mot det normalt förhärskande folkhälsoperspektivet. I stället för att behandla alla patienter lika och försöka maximera deras hälsa i medeltal kräver den individuella patienten vård som passar henne. Det betyder inte att allmännyttan måste offras för individens sak, men att man erkänner att den består av varje enskild individs nytta. I stället för en toppstyrd optimering av det allmänna bästa lämpar sig en individualiserad vård mer för efterfrågestyrd lokal optimering.

Dessa individualiserande faktorer stöder och förstärker varandra. Kombinationen påverkar både synen på sjukdom och relationen till läkaren.

Det finns potential för en ökad medikalisering: bättre kunskaper gör att fler tillstånd kan diagnostiseras och därmed placeras i den medicinska kontexten. Allt mer ses som "sjukdom" som kan eller bör åtgärdas, både av patienter och av läkare. Ju fler faktorer hos en patient som kan mätas, desto fler kommer också rent statistiskt att vara avvikande. Gränsen mellan friskt och sjukt, normalt och abnormt problematiseras genom att många medicinska tekniker blir individualiserade och att patienter börjar jämföras med sig själva eller sitt önskade tillstånd snarare än med en abstrakt medelmänniska. Framtidens hälsokoncept kan skilja sig markant från dagens [Freitas 1999, kap. 1].

Enkla, säkra och billiga tester gör det också motiverat att göra tester för många fler åkommor, eftersom det finns en liten chans att upptäcka ett potentiellt allvarligt problem. Resultatet blir att fler fall tidigt kan identifieras, men också att vårdbehovet för dessa diagnostiserbara åkommor ökas. Även när Socialstyrelsen försöker förhindra tillgång till "onödiga" tester kan EU-patienten lätt få tillgång till dem utomlands eller via nätet.

Relationen Patient - Läkare

Relationen mellan patient och läkare är stadd i snabb förändring från den klassiska paternalistiska till en mer kundorienterad relation. Patienterna är mer intresserade av att möta en hälsokonsult som man kontaktar för att uppnå hälsa än en vakt som kontrollerar tillgång till vård genom sin roll och sitt kunskapsövertag. Här kommer ökad patientartikulation ofta i konflikt med landstingets försök att kostnadsminimera genom order till allmänläkarna. Samtidigt är många läkare glada över mer välinformerade patienter, eftersom behandling blir mycket enklare när de förstår vad läkaren säger.

Alla patienter kan eller vill inte ta kontroll över sitt vårdbehov. Läkaren besitter fortfarande ett respektabelt kunskapsövertag, och många patienter föredrar att bli omskötta snarare än fatta egna beslut. Men möjligheterna för patientbemäktigande har ökat avsevärt. Man kan dra en analogi med datoranvändning. De flesta använder sina datorer som de är och söker experthjälp när något inte fungerar. Vissa skaffar sig egna kunskaper, tar ansvar för ändringar av sina datorer och söker experthjälp på sina egna villkor. Att den senare formen av användare är ovanligare än den första betyder inte att de är irrelevanta eller att situationen skulle bli bättre av att alla är försiktiga standardanvändare.

Den snabba tekniska och vetenskapliga utvecklingen är pressande för många i de medicinska professionerna: gamla kunskaper blir snabbt föråldrade, och ett livslångt vidareutbildande måste ske. Men hur ska de stora utbildningsbehoven kunna tillgodoses? Medan läkemedelsbolagens betalda konferensresor och kurser betraktas som gränsande till korruption av politiker och allmänhet, så utgör de ändå ett utbildningstillskott som staten inte verkar villig att bekosta i stället. Kanske kommer framtidens medicinska vidareutbildning att finansieras från de grupper som är mest motiverade att stödja den: patient- och anhörigorganisationerna?

Utvecklingen går också mot mer transdisciplinära vårdteam, som inkluderar personer med medicinsk, omvårdande, datorteknisk, kemisk och fysisk utbildning. Varje medlem kan specialisera sig, men måste lära sig kommunicera med människor från radikalt andra kunskapskulturer. Också här finns det stora utbildningsbehov.

När diagnosmonopol bryts, patienter blir rörligare, hälsovårdsmarknaden globaliseras och tekniken möjliggör allt högre grad av decentralisering av många funktioner, då hotas de traditionella vårdmonopolen. Alternativa institutioner kan utvecklas och konkurrera om patienterna och deras pengar. Detta förstärker uppluckringen av äldre monopol och accelererar utvecklingen. Politiska krafter kan bromsa processen men har svårt att angripa de underliggande drivkrafterna. Man kan försöka förbjuda alternativ, hindra "hälsoturism" och undvika att införa alltför omstörtande teknik. Men patienterna är medvetna om vad de går miste om och blir allt mer beredda att göra sin röst hörd. I det långa loppet är det förmodligen omöjligt att förhindra expansionen av avancerad medicin. De bakomliggande orsakerna: människors vilja till hälsa, existensen av lockande behandlingsmetoder, den starka betalningsviljan för den egna och anhörigas hälsa och social altruism tar sig förbi de flesta hinder.

Sjukhusets Framtid

Hur kommer framtidens sjukhus att se ut? Kommer sjukhuset som sådant överhuvudtaget att existera, eller kommer de decentraliserande effekterna från informationssjukvården och den teknik som möjliggör poliklinisk behandling även av svåra tillstånd, att reducera det till en akademisk kvarleva? En sak är säker, framtidens sjukhus kommer inte att vara likadana som dagens. Den elektroniska sjukvårdens centralistiska sjukhus spricker upp genom billig, distribuerad teknik som inte på samma sätt kräver högspecialiserade experter på de flesta områden.

Som vi har sett blir det möjligt att lägga allt fler funktioner av vården närmare patienterna. Genom digital kommunikation, sensorer i hemmet eller kroppen och billig, miniatyriserad teknik på lokala vårdcentraler kan många funktioner som tidigare krävde ett sjukhus utföras i periferin. Genom att tonvikten läggs på friskvård och kroniska tillstånd minskar behovet av stora vårdavdelningar. Kvar blir intensivvård, högspecialiserad vård och behandling av vissa allvarliga sjukdomstillstånd – ett kraftigt krympt sjukhus. Nya organisationer, vissa patientstyrda, vissa läkarstyrda, dyker upp som komplement till sjukhusen. Skanningutrustning och andra dyra tekniska system hamnar hos större vårdcentraler, som utför undersökningar åt andra delar av vårdssystemet.

Ett annat perspektiv på utvecklingen beskrivs av Goldsmith [2004], som argumenterar för en vitalisering av sjukhusen som reaktion på avståndsövervakning av patienter, individualiserad och regenerativ medicin. Bioteknologiska terapier kräver sjukhus med många specialiteter, där kliniker rör sig i gränslandet mellan vård och medicinutveckling. Det kliniska laboratoriet går samman med sjukhusapoteket i stället för att ersättas av en "labtop". Mångfalden av sensorer och system gör centraliserad patientövervakning mer ekonomisk än att sprida ut den till lokala underbemannade vårdcentraler. De ökande kraven på licenser, kvalitetskontroll och tillräknelighet stärker också sjukhusens ställning. Slutligen, kombinationen av kompetens, utbildning

och samverkan mellan olika kliniker, företag och supportorganisationer skapar klustereffekter vilket gör dessa sjukhuscampus attraktiva (jämför [Florida 2002]).

Båda scenarierna är möjliga. Vilket som blir verkligt avgörs av vilka idéer som finns hos beslutsfattare, och deras förmåga att genomföra dem. En tredje möjlighet är naturligtvis att försöka fortsätta med dagens system med några mindre förändringar, vilket innebär att man går miste om fördelarna i båda utan att kunna parera deras nackdelar.

Stämningen kring Goldsmiths sjukhuscampus är dock mycket amerikansk. Han beskriver drivkrafterna bakom förändringen som en vilja till lönsamhet och effektivitet, drivkrafter som är väldigt främmande för europeiska förhållanden. Han antar också stora skalfördelar för bioteknisk sjukvård, men inte terapierna, kan distribueras effektivt. Men tillverkningen av individualiserad medicin och stamceller kan mycket väl ske fysiskt avlägset från behandlingen, förenat av en effektiv infrastruktur. På samma sätt behöver inte patientövervakningen finnas på campus, utan kan mycket väl finnas på ett patientövervakningsföretag någon annanstans. Kvalitetskontroll och säkerhetsgarantier kan fortfarande ske inom den distribuerade vårdorganisationen. Det är inte självklart att ett sjukhus behöver vara en speciell plats. Framtidens sjukhus kan vara ett nätverk.

Samtidigt är förhållandet mellan läkare och patient i mycket hög grad en social relation, och det ställer höga krav på telemedicinen. På samma sätt som många finner ett personligt möte mer givande än ett telefonsamtal (och telefonsamtal mer givande än ett e-mail) så behövs breda informationskanaler mellan läkare och patient. I studier som genomförts av telemedicin har just förmågan till kommunikation mellan läkare och patient visat sig vara en viktig faktor för hur accepterad tekniken blir [Miller 2001]. Dessutom tillkommer för acceptansens räkning förmågan att använda tekniken, hur lättanvänt och lättinstallerat systemet är, kostnader och hur mycket pengar det verkar spara för alla parter – telemedicin är långt ifrån trivialt att utveckla, evaluera och sätta i stora system [Mair & Witten 2000, Oliveria et al 2003]. Nätverksjukhuset kan lyckas eller falla på grund av sitt användargränssnitt.

Världen är stor, och det är mycket möjligt att olika sorters sjukhus och vårdorganisationer kommer att existera på olika platser beroende på lokala egenheter. Framtidens potentiellt mobila patienter kommer att kunna välja mellan dem och tvinga dem att konkurrera globalt.

Slutnotan

När ny medicinsk teknik beskrivs brukar frågan genast bli ett oroat ”hur mycket kommer detta att kosta?” Teknisk utveckling är ofta kopplad till kostnadsökningar i sjukvården. Dels måste den nya tekniken betala sig för utvecklingarna, och blir därmed dyrare än redan betald äldre teknik, vars priser ofta redan pressats ned av konkurrens och produktutveckling. Dels expanderar nya behandlingsmetoder ofta till fler patientgrupper som tidigare inte skulle ha behandlats. Införandet av de nya antidepressiva medlen i Prozac-familjen ökade mängden diagnoser av depression, och mängden starroperationer har ökat allt eftersom tekniken blivit bättre och skonsammare (vilket gör den tillämpbar på allt äldre patienter) [Cutler & McClellan 2001]. Hälsoekonomer har analyserat teknikutvecklingens roll i den enorma kostnadsökning som skett inom sjukvården sedan 1970-talet i hela västvärlden. Även om uppskattningarna varierar ligger de ofta på omkring 50 procent av kostnadsökningen [Schwartz 1987, Aaron 1991, Newhouse 1993]. Man bör betänka att detta enbart inkluderar de mer direkta effekterna; organisatoriska omställningar som de som diskuterats ovan kan mycket väl öka kostnaderna enormt mycket mer.

Behövs egentligen den nya tekniken? Borde det inte vara bättre att avstå från de lockande frukterna från kunskapens träd och hålla sig till de nyttiga rovor vi redan har?

De flesta skulle hålla med om att metoder att behandla tidigare obotliga sjukdomar är nyttiga även om de kostar. Den medicinska och humanitära nyttan är otvetydig, såvida det inte är en tämligen mild och ovanlig sjukdom som kräver en mycket dyr behandling. Men om det finns i dag verksamma behandlingar mot de flesta större sjukdomstillstånd; är det då befogat att ständigt utveckla nya?

Svaret är att även rent ekonomiskt betalar sig medicinsk utveckling. En analys gjord av [Cutler & McClellan 2001] av behandlingar för hjärtattacker, förtidigt födda barn, depression och starr visade att för alla dessa var utdelningen starkt positiv. Analysen jämförde kostnadsökningarna i behandling under en cirka 20-årig tidsperiod med det antal extra kvalitetsjusterade år livslängd som behandlingen gav (värderade till en diskonterad schablonsumma). Utdelningen var signifikant: för hjärtsjukdomar gav varje spenderad dollar sju dollar i utdelning, och för de andra omkring sex dollar. Endast bröstcancerbehandling låg ungefär lika i deras analys.

Dessa beräkningar har gjorts utifrån amerikansk statistik, men slutsatsen är med största säkerhet giltig i Sverige trots vår lägre medelinkomst och vårt annorlunda hälsosystem. Storleken på vinsten är också så pass stor att osäkerhet i metod, värdering och data inte påverkar slutsatsen. Givet de enorma vinster beräkningarna ger vid handen är det osannolikt att ens det mest ineffektiva landsting eller korrupta privatsjukhus skulle kunna ta bort dem helt, såvida de inte underlåter att använda de bättre metoderna. Flera andra undersökningar har också demonstrerat liknande slutsatser för andra teknologier [Murphy & Topel 2000].

Siffrorna pekar på att priset på vård egentligen sjunker över tiden – kostnaderna för behandlingen stiger, men den totala nyttan för individen och samhället stiger betydligt

snabbare. Att ständigt betona vårdens kostnader och glömma dess nytta snedvrider debatten.

Problemet är att medan vinsten sker ute i samhället, syns i dag alla kostnader hos landstingen och kommunerna. En mirakulöst lyckad behandling hamnar ändå på utgiftssidan hos vårdinstitutionen, och dess positiva effekter syns inte annat än möjligen på tackkortet uppsatt på personalens anslagstavla. På så sätt kan avancerad teknik framgångsrikt hjälpa patienter men ändå framstå som en fördärvlig utgiftspost som hotar sjukvårdsapparaten.

Faran med kostnadsfokuseringen är att den helt överskuggar vårdens nytta. I åtskilliga diskussioner utomlands oroar sig analytiker och debattörer för hur man ska kunna täcka vårdkostnaderna, och framhåller då gärna system liknande den svenska modellen som ett föredöme. Men i dag framförs inte längre den svenska modellen för dess idealistiska tankar eller goda organisation, utan för att dess centralism gör det möjligt att lättare begränsa patientens valfrihet och sätta kostnadstak (se t ex diskussionen hos [Schwartz 1994] eller [Lamm 2003])!

Vem är vården till för? Landstingets kassa eller patienterna?

Referenser

H.J. Aaron, *Serious and Unstable Condition: Financing America's Health Care*, Washington: The Brookings Institution, 1991.

The cost of adverse drug reactions [editorial]. *Adverse Drug React Toxicol Rev* 1997; 16: 75-78

R.A. Andersen, J.W. Burdick, S. Musallam, B. Pesaran & J.G. Cham, Cognitive Neural Prosthetics, *Trends in Cognitive Sciences*, 8:11, 486-493, 2004

Baquerizo A, Mhoyan A, Kearns-Jonker M, et al. Characterization of human xenoreactive antibodies in liver failure patients exposed to pig hepatocytes after bioartificial liver treatment: an ex vivo model of pig to human xenotransplantation. *Transplantation* 1999; 67: 5-18

Barnett GO, Cimino JJ, Hupp JA, Hoffer EP, DXplain. An evolving diagnostic decision-support system. *JAMA*. 1987 Jul 3;258(1):67-74.

Bauer BA, Lee M, Bergstrom L, Wahner-Roedler DL, Bundrick J, Litin S, Hoffer E, Kim RJ, Famiglietti K, Barnett GO, Elkin PL, Internal medicine resident satisfaction with a diagnostic decision support system (DXplain) introduced on a teaching hospital service, *Proc AMIA Symp*. 2002:31-5.

Berner ES, Webster GD, Shugerman AA, Jackson JR, Algina J, Baker AL, Ball EV, Cobbs CG, Dennis VW, Frenkel EP, et al. Performance of four computer-based diagnostic systems. *N Engl J Med*. 1994 Jun 23;330(25):1792-6.

Graham Bundy, Xenotransplantation, i *e-medicine*, <http://www.emedicine.com/ped/topic2903.htm> 2003

Cambien F, Poirier O, Nicaud V. et al. Sequence diversity in 36 candidate genes for cardiovascular disease. *Am J Hum Genet*. 1999; 65: 183-191

Franco Cavalli, The future of oncology: more of the same? *Lancet*, Volume 354, Supplement 4, 18 December 1999

Louisa E. Chapman & Eda T. Bloom, Clinical Xenotransplantation, *JAMA*. 2001; 285:2304-2306.

J. T. H. Connor, The Victorian Revolution in Surgery, *Science*, 304, 54-55, 2 April 2004

W. Maxwell Cowan & Eric R. Kandel, Prospects for Neurology and Psychiatry, *JAMA*, 285:5 594-600, 2001

E. Dahl, M. Beutel, B. Brosig and K.-D. Hirsch, Preconception sex selection for non-medical reasons: a representative survey from Germany. *Human Reproduction*, Vol. 18, No. 10, 2231-2234, October 2003

Edgar Dahl, Should parents be allowed to use preimplantation genetic diagnosis to choose the sexual orientation of their children? *Human Reproduction*, Vol. 18, No. 7, 1368-1369, July 2003

Brendan C Delaney, David A Fitzmaurice, Amjid Riaz, F D Richard Hobbs Can computerised decision support systems deliver improved quality in primary care? *BMJ* 1999;319:1281 (13 November)

Dowie J. The research-practice gap and the role of decision analysis in closing it. *Health Care Analysis* 1996; 4: 1-14

Alexander Dozet, Carl Hampus Lyttkens, Paul Nystedt, Health care for the elderly: two cases of technology diffusion, *Social Science & Medicine*, 54 (2992) 49-64

Dunnig, Arend J "Status of the doctor-present and future", *The Lancet* Volume 354, Supplement 4, 18 december 1999

e-Health Ministerial Declaration, 22 May 2003, made during the 2003 e-Health Ministerial Conference

Rolf Ehrnström, Profile: Miniaturization and integration: challenges and breakthroughs in microfluidics, *Lab on a Chip*, 2002, 2 (2)

Elliott, R. et al. Effects of methylphenidate on spatial working memory and planning in healthy young adults. *Psychopharmacology* 131, 196-206 (1997).

- Andrew C. von Eschenbach, *NCI Director's Update*: August 27, 2003
Eliminating Suffering and Death from Cancer by 2015: What Should NCI Contribute to the Challenge Goal?
<http://cancer.gov/directorscorner/directorsupdate-08-27-2003>
- Richard Florida, *The Rise of the Creative Class: And How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life*, Perseus Books Group, 2002
- Fox J. Formal and knowledge based methods in decision technology. *Acta Psychol* 1984; 56: 303-301.
- M. A. Franceschini, V. Toronov, M. Filiaci, E. Gratton, and S. Fantini, "On-line optical imaging of the human brain with 160-ms temporal resolution," *Opt. Express* **6**, 49-57 (2000)
- Robert A. Freitas Jr., "Exploratory Design in Medical Nanotechnology: A Mechanical Artificial Red Cell," [Artificial Cells, Blood Substitutes, and Immobil. Biotech.](#) 26(1998):411-430.
- Robert A. Freitas Jr., *Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities*, Landes Bioscience 1999
- Francis Fukuyama, *Our Posthuman Future*, Farrar, Straus & Giroux 2002
- de Grey ADNJ, Ames BN, Anderson JK, Bartke A, Campisi J, Heward CB, McCarter RJM, Stock G. Time to talk SENS: critiquing the immutability of human aging. In: *Increasing Healthy Life Span: Conventional Measures and Slowing the Innate Aging Process - Ninth Congress of the International Association of Biomedical Gerontology* (D. Harman, ed.), Annals NY Acad Sci 2002; 959:452-462
- Gelijns A, Rosenberg N. The dynamics of technological change in medicine. *Health Aff (Millwood)*. 1994 Summer;13(3):28-46.
- Jeff Goldsmith, Technology and the Boundaries of the Hospital: Three Emerging Technologies, *Health Affairs*, 23:6, 149-159, 2004
- Hayflick, L. *How and Why We Age*, Ballantine Books, ISBN 0-345-33918-5. (1994)
- Marc R. Hammerman, Growing new kidneys in situ, *Clinical and Experimental Nephrology*, Volume 8, Number 3
- Heylighen, Francis. Complexity and Information Overload in Society: why increasing efficiency leads to decreasing control. Draft for "The Information Society" 12 april 2002 <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/Info-Overload.pdf>
- Hobbs FDR, Delaney BC, Carson A, Kenkre JE. A prospective controlled trial of computerised decision support for lipid management in primary care. *Fam Pract* 1996; 13: 133-137
- Leroy Hood, James R. Heath, Michael E. Phelps, Biaoyang Lin, Systems Biology and New Technologies Enable Predictive and Preventative Medicine, *Science*, Vol 306, Issue 5696, 640-643 , 22 October 2004
- Ingvar M, Ambros-Ingerson J, Davis M, Granger R, Kessler M, Rogers GA, Schehr RS, Lynch G. Enhancement by an amphetamine of memory encoding in humans. *Exp Neurol*. 1997 Aug;146(2):553-9.
- Ole Isacson & Xandra O. Breakefield, Benefits and risks of hosting animal cells in the human brain, *Nature Med.* 3, 964-969 (1997).
- Hiroshi Iseki, Yoshihiro Muragaki, Kiyoshi Nakamura, Motohiro Hayashi, Tomokazu Hori, Kintomo Takakura (2003), Clinical Application of Augmented Reality in Neurosurgical Field, *Proceedings of the Computer Graphics International (CGI'03)*, 1530-1052, IEEE
- Johnston ME, Langton KB, Haynes RB, Mathieu A. Effects of computer-based clinical decision support systems on clinician performance and patient outcome. *Ann Intern Med* 1994; 120: 135-142
- Kennedy PR, Bakay RA., Restoration of neural output from a paralyzed patient by a direct brain connection., *Neuroreport*. 1998 Jun 1;9(8):1707-11.
- Atul Kotwal, Innovation, diffusion and safety of a medical technology: a review of the literature on injection practices, *Social Science and Medicine*, in press, 2004
- Richard C. Lamm, *The Brave New World of Health Care*, Fulcrum Publishing, 2003
- Lazarou J, Pomeranz BH, Corey PN. Incidence of adverse drug reactions in hospitalised patients: a meta-analysis of prospective studies. *JAMA* 1998; 279: 1200-1205

- L. Leunens, N. Heurckmans, M. Vanhorenbeeck, I. Ponjaert-Kristoffersen and I. Libaers, Why couples chose PGD: a basis for guidelines to counselling. *19th annual meeting of the ESHRE*, Madrid, Spain 2003
- Robert E. Litan och Alice M. Rivlin, *Bortom dot.com-företagen*, SNS Förlag, 2002
<http://swopec.hhs.se/hastef/papers/hastef0497.pdf>
- Valter D. Longo, Caleb E. Finch, Evolutionary Medicine: From Dwarf Model Systems to Healthy Centenarians? *Science*, Vol 299, Issue 5611, 1342-1346 , 28 February 2003
- Lubitz J, Prihoda R. The use and costs of Medicare services in the last 2 years of life. *Health Care Financ Rev.* 1984 Spring;5(3):117-31.
- Gary Lynch, Memory enhancement: the search for mechanism-based drugs, *Nat Neurosci*, November 2002
 Volume 5 Supplement pp 1035 – 1038
- Mair F, Whitten P. Systematic review of studies of patient satisfaction with telemedicine. *BMJ.* 2000 Jun 3;320(7248):1517-20.
- Mancinelli L, Cronin M, Sadee W. Pharmacogenomics: The Promise of Personalized Medicine. *AAPS PharmSci.* 2000; 2(1): article 4.
- Marescaux J, Solerc L., Image-guided robotic surgery. *Semin Laparosc Surg.* 2004 Jun;11(2):113-22.
- George A. Mashour, Erin E. Walker, Robert L. Martuza, Psychosurgery: past, present, and future, *Brain Research Reviews*, in press, 2004
- Warren H. Meck and Christina L. Williams, Metabolic imprinting of choline by its availability during gestation: implications for memory and attentional processing across the lifespan. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* Volume 27, Issue 4 , June 2003, Pages 385-399
- Warren H Meck, Rebecca A. Smith, Christina L. Williams, Organizational Changes in Cholinergic Activity and Enhanced Visuospatial Memory as a Function of Choline Administered Prenatally or Postnatally or Both. *Behavioral Neuroscience* 103:6, 1234-1241 1989
- W. H. Meck and C. L. Williams, Characterization of the facilitative effects of perinatal choline supplementation on timing and temporal memory. *Neuroreport*, 8:13, 2831-5, Sep 8 1997
- Mehta, M. A. et al. Methylphenidate enhances working memory by modulating discrete frontal and parietal lobe regions in the human brain. *J. Neurosci.* 20, RC65 (2000).
- Edward Alan Miller, Telemedicine and doctor-patient communication: an analytical survey of the literature, *Journal of Telemedicine and Telecare*, Volume: 7 Number: 1 Page: 1 – 17, 2001
- Elizabeth Mitchell, Frank Sullivan, A descriptive feast but an evaluative famine: systematic review of published articles on primary care computing during 1980-97. *BMJ* 2001;322:279-282 (3 February)
- Sullivan F, Mitchell E. Has general practitioner computing made a difference to patient care? A systematic review of published reports. *BMJ* 1995; 311: 848-852
- Martina M. Morrin, M.B., and J. Thomas LaMont, Screening Virtual Colonoscopy — Ready for Prime Time? *NEJM*, 349:23, 2261-2264, December 4, 2003
- Murphy, Kevin M. & Robert H. Topel (Redaktörer) *Measuring the Gains from Medical Research: An Economic Approach*, University of Chicago Press, 2000
- J.P. Newhouse, “An Iconoclastic View of Health Cost Containment,” *Health Affairs* (Supplement 1993): 152-171;
- NHS Executive. *PRODIGY phase one*. Leeds: NHS Executive, 1998.
- NHS Executive. *PRODIGY phase two*. Leeds: NHS Executive, 1998
- NFO Worldgroup, *Pain in Europe: A Report*, 2003 <http://www.painineurope.com/>
- Nicholas Negroponte, *Being Digital*, Vintage, 1996
- Nicolelis MA, Dimitrov D, Carmena JM, Crist R, Lehew G, Kralik JD, Wise SP., Chronic, multisite, multielectrode recordings in macaque monkeys, *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2003 Sep 16;100(19):11041-6.

- Niklason LE, Gao J, Abott WM, et al. Functional arteries grown in vitro. *Science* 1999; 284 489-493
- Ingemar Nordin, *Etik, teknik & samhälle: Ett rättighetsetiskt alternativ*, Timbro 1992
- Oberpenning F, Meng J, Yoo JJ, Atala A, De novo reconstitution of a functional mammalian urinary bladder by tissue engineering. *Nat. Biotechnol* 1999; 17: 149-155
- Oeppen J & Vaupel JW. Broken limits to life expectancy. *Science*. 296(2002)5570: 1029-1031.
- Rolf Ohlsson & Per Broomé, *Generationsväxlingen och de sju dödsynderna*, SNS Förlag, 2003
- Oliveria SA, Sachs D, Belasco KT, Halpern AC, Adoption of new technologies for early detection of melanoma in dermatologic practice. *J Am Acad Dermatol*. 2003 Nov;49(5):955-9.
- Leena Peltonen and Victor A. McKusick, Dissecting Human Disease in the Postgenomic Era, *Science*, Vol 291, Issue 5507, 1224-1229 , 16 February 2001
- John Pickup, Lydia McCartney, Olaf Rolinski, David Birch, In vivo glucose sensing for diabetes management: progress towards non-invasive monitoring, *British Medical Journal* 1999;319:1289 (13 november)
<http://bmj.com/cgi/content/full/319/7220/1289>
- Pitman RK, Sanders KM, Zusman RM, et al. Pilot study of secondary prevention of posttraumatic stress disorder with propranolol. *Biol Psychiatry*. 2002;51:189-192.
- Janice M. Reichert & Cherie Paquette, Therapeutic cancer vaccines on trial, *Nature Biotechnology*, July 2002
Volume 20 Number 7 pp 659 - 663
- Richter LJ, Thanavala Y, Arntzen CJ, and Mason HS. 2000. Production of hepatitis B surface antigen in transgenic plants for oral immunization. *Nature Biotechnology* 18: 1167-1171.
- John A. Robertson, Extending preimplantation genetic diagnosis: the ethical debate, *Human Reproduction*, Vol. 18, No. 3, 465-471, March 2003
- Robinson K. Sensors detect biological weapons. *Photonics Spectra* 1999; Jan: 43.
- Mauricio Rojas *Välfärd efter välfärdsstaten*. Centrum för Välfärd efter Välfärdsstaten 1999
- Ross P, Dutton AM. Computer analysis of symptom complexes in patients having upper GI examinations. *Dig Dis* 1972; 17: 248-254
- Routtenberg A, Cantalops I, Zaffuto S, Serrano P, Namgung U., Enhanced learning after genetic overexpression of a brain growth protein, *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2000 Jun 20;97(13):7657-62.
- Ryan M, Corbett NG, Clark IR, Peters M. Clinical decision support: devolution of expertise across the GP hospital interface. *Health Care Computing* 1991; 1: 332-338.
- Chris Sander, Genomic Medicine and the Future of Health Care , *Science*, Vol 287, Issue 5460, 1977-1978 , 17 March 2000
- Richard M. Satava (redaktör) *Cybersurgery: Advanced Technologies for Surgical Practice*, John Wiley & Sons, 1997
- Bruce Schneier, *Secrets and Lies: Digital Security in a Networked World*, John Wiley & Sons, 2000
- Schwartz WB., In the pipeline: a wave of valuable medical technology, *Health Affairs* (Millwood). 1994
Summer;13(3):70-9.
- W.B. Schwartz, "The Inevitable Failure of Current Cost-Containment Strategies: Why They Can Provide Only Temporary Relief," *Journal of the American Medical Association*(9 January 1987): 220-224;
- Shortliffe E. Medical expert systems knowledge tools for physicians. *West J Med* 1986; 145: 830-839
- Solovy A. Techno-treatment and the body eclectic. *Hospitals and Health Network*, 72(13), 42-4, 46, 1998
- Gregory Stock, *Redesigning Humans: our inevitable genetic future*. Houghton Mifflin 2002
- Phil Szuroni, Valda Vinson, and Eliot Marshall, *Rethinking Drug Discovery*,

Science, Vol 303, Issue 5665, 1795 , 19 March 2004

Gentaro Taga, Kayo Asakawa, Atsushi Maki, Yukuo Konishi and Hideaki Koizumi, Brain imaging in awake infants by near-infrared optical topography, *PNAS*, 100:19 10722-10727, September 16, 2003

Thornton JG, Lilford RJ, Johnson N. Decision analysis in medicine. *BMJ* 1992; 304: 1099-1103

Toller R. Information technology ntools for efficient SNP studies. *Am J Pharmacogenomics* 2001: 1:303-314

Tsai RJ, Li LM, Chen JK, Rekonstruction of damaged corneas by transplantation of autologous limbal epithelial cells. *NEJM*, 2000: 343: 86-93

Vacant JP, Langer R Tissue engineering: the design and fabrication of living replacement devices for surgical reconstruction and transplantation. *Lancet*, 1999 354 (Suppl) S132-S134

Veenstra D.L. and Higashi, M.K. Assessing the Cost-Effectiveness of Pharmacogenomics; *AAPS Pharmsci* 2000; 2(3) Article 29

David L. Walker, Kerry J. Ressler, Kwok-Tung Lu, and Michael Davis, Facilitation of Conditioned Fear Extinction by Systemic Administration or Intra-Amygdala Infusions of D-Cycloserine as Assessed with Fear-Potentiated Startle in Rats. *The Journal of Neuroscience*, March 15, 2002, 22(6):2343-2351

Wang H, Ferguson GD, Pineda VV, Cundiff PE, Storm DR., Overexpression of type-1 adenylyl cyclase in mouse forebrain enhances recognition memory and LTP, *Nat Neurosci*. 2004 Jun;7(6):635-42.

Wang TD, Van Dam J., Optical biopsy: a new frontier in endoscopic detection and diagnosis, *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2004 Sep;2(9):744-53

Weisz, George: "The emergence of Medical specialization in the nineteenth century", *Bull.Hist. Med.*, 2003, 77:536-575

H.G. Wells *Anticipations of the Reactions of Mechanical and Scientific Progress upon Human Life and Thought*, Chapman and Hall, London 1902

Wiebe C. Keeping close watch. *American Medical News* 1999: 21 juni

Wilson PWF, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H, Kannel WB. Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation* 1998;97:1837-1847

Wilson, Charles B. Sensors in medicine, *British Medical Journal* 1999;319:1288 (13 November)
<http://bmj.com/cgi/content/full/319/7220/1288>