

Moderna hörapparater ligger i mikroelektronikens frontlinje

Ökade möjligheter till individuell anpassning

**Moderna hörapparater har utvecklats i en takt som innebär att de idag ligger i frontlinjen för avancerad mikroelektronik. Detta ger väsentligt förbättrade möjligheter till individuell anpassning. Ökad kunskap om in-nerörats patofysiologi, fundamentala processer i de centrala hörselbanorna och kognitiva funktioner ökar möjligheterna att utnyttja den teknologiska utvecklingen till hjälp för ett allt bredare spektrum av hörselskad-
dor.**

Att höra illa och behöva hörapparat innebär ofta en social stigmatisering, både i den drabbades och omvärldens ögon. Det engelska uttrycket »deaf and dumb» och den klassiska historien »Goddag yxskaft» illustrerar båda att hörselskada lätt kopplas samman med dumhet, efterblivenhet och därmed följande social isolering. Den stereotypa uppfattningen om hörapparaten är ofta att det är en ful tingest som förstärker alla ljud odiskriminerat, och ofta vållar bäraren mera besvär än hjälp. Rubriker om byrålädsapparater dyker upp med jämna mellanrum – hörselvården provar ut hörapparater för stora pengar, men många vägrar använda dem därför att de inte fungerar.

Som motbild till detta har medierna de senaste åren också presenterat positiva rubriker om den tekniska utvecklingen av hörapparater. Digitala hörapparater har kommit, som ska lösa alla problem, bara släppa igenom sådana ljud som bäraren vill höra och utestänga allt störande buller. Omslaget på Linköpingsdelen av 1998 års telefonkatalog (Figur 1) visar två hörapparater som ex-

empel på innovationer med svenska insatser.

Dessa två motsatta bilder skapar uppenbar osäkerhet för vårdpersonal, för hörselskadade och för personer som har att kommunicera med hörselskadade. Hörselvården möter båda attityderna. Vårdpersonal utom, men faktiskt också inom, öronsjukvården representerar ofta den pessimistiska kategorin, medan många patienter anländer till hörcentralen med storstilade rubriker om digitalteknikens underverk i handen, och väntar sig att få tillbaka normal hörselfunktion igen. Figur 2 illustrerar resultatet av hörselprov på en 65-årig civilingenjör, med egen konsultrörelse, som fått beskedet av hörselvården någonstans i Mellansverige att det inte är någon mening för honom att prova hörapparat; den förstärker ju alla ljud lika mycket och ger ingen hjälp i en sådan utpräglad diskantnedsättning. Var finns sanningen? Som vanligt någonstans mitt emellan ytterligheterna.

Hörselskadans typ väsentlig för dess påverkan på hörseln

Hörselorganet kan drabbas av skada på olika nivå och med skiftande orsak. Sjukdomar kan drabba såväl mellanöra som inneröra, hörselnerv och centrala

banor. Ärftliga faktorer kan finnas med, sannolikt både som ensam faktor och i interaktion med förtida åldersnedsättning eller med exogena faktorer som



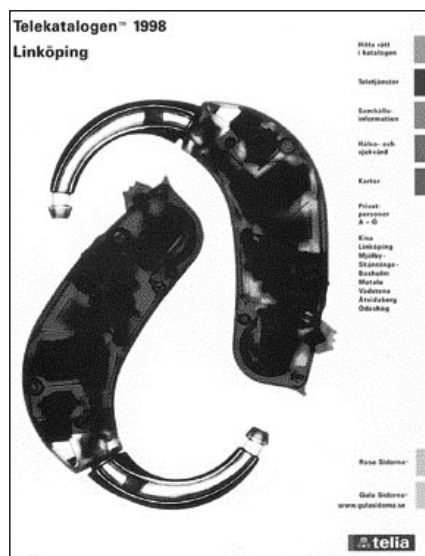
FOTO: OTICON/AS

Formatet har krympts, och hörapparater som i sin helhet ryms i ytterörat eller hörselgången har blivit vanligare. Den stora förändringen har dock skett innanför skalet, i elektroniken.

bullerexponering eller ototoxiska läkemedel. Presbycusis, den åldersrelaterade hörselnedsättningen, är sannolikt den dominerande faktorn bakom hörselnedsättningar i västvärlden idag; i vilken utsträckning ärftliga faktorer medverkar är inte känt. Med den åldersstruktur som den svenska befolkningen idag uppvisar beräknar man att cirka 10 procent av befolkningen har en hörselnedsättning av sådan omfattning att den ger sociala besvär.

En skada på mellanörat påverkar ljudöverföringen till innerörat. Den har således en rent kvantitativ effekt, det vill säga ljud uppfattas svagare. I stor utsträckning kan dessa skador åtgärdas med rekonstruktiv mellanörekirurgi. Där detta inte låter sig göras av olika skäl är ljudförstärkning med hörapparat framgångsrik – förstärkningen kompenserar för den dämpning som skadan orsakar, ungefär som en glasögonlins framgångsrikt korrigerar för ett brytningsfel i ögats lins.

De allra flesta hörselskador i i-länderna idag är dock inneröreskador, där snäckans hårceller skadats eller helt degenererat genom åldrande, överbelastning med för starka ljud under för lång tid, ototoxiska mediciner eller sjukdo-



Figur 1. Linköpingsdelen av 1998 års telefonkataloger, med två hörapparater på omslaget.

Författare

STIG ARLINGER

adj professor, Hälsouniversitetet i Linköping, teknisk audiolog, Hörselvården, Universitetssjukhuset i Linköping.

mar. Patienternas åldersfördelning är skev – medianåldern för hörselvårdens hörapparatpatienter i Sverige är 73–74 år, undre kvartilen är i storleksordningen 65 år.

Inneröreskadan låter sig inte behandlas kirurgiskt, och möjligheterna till terapeutisk behandling med farmaka eller andra metoder är ännu försumbara. Skadan är som regel följaktligen permanent, och den hjälp sjukvården kan ge är rehabilitering, där hörapparaten är en viktig komponent.

Effekten av inneröreskadan är inte bara kvantitativ utan också kvalitativ: svaga ljud, framför allt i diskanten (syrorna och fågelsången), blir ohörbara. Men förstärker man dem så att lyssnaren upplever styrkan som ganska lagom är ändå kvaliteten i ljudupplevelsen inte normal. Med skadan på snäckans sinnesepitel följer nämligen att sinnesorganets förmåga att överföra detaljriksdomen i ljudsignalen försämras; förvrängning i olika former uppstår. Detta leder till att hörapparaten förutsättning att kompensera för skadans effekter är betydligt sämre än vid en mellanöreskada; en fullständig kompensering är inte möjlig med dagens kunskap och teknik.

Teknikutvecklingen har gått in i den digitala eran

På alla områden har mikroelektroniken utvecklats stort under de senaste decennierna. Alltmer avancerade kretsar med allt mindre dimensioner, som förbrukar allt mindre effekt, har presenterats till allt lägre eller oförändrade priser. Vid ytligt påseende har inte hörapparaterna förändrats dramatiskt, utöver att formatet har krympts och mo-

deller som i sin helhet ryms i ytterörat eller hörselgången blivit allt vanligare. Den stora förändringen har dock också här skett i elektroniken innanför skalet.

I slutet av 1980-talet kom de första programmerbara hörapparaterna. Betydelsen av detta steg sammanhänger med att för varje skadat öra och användare måste hörapparaten genomgå en individuell anpassning, där ett antal parametrar i apparatens ljudåtergivning justeras in till optimal funktion för den enskilda individen. Med den gamla tekniken gjordes detta med skruvmejsel via ett fåtal vridreglage. Den programmerbara hörapparaten ansluts däremot till en dator, och ställs in med hjälp av ett datorprogram. Härigenom finns inte längre några fysiska begränsningar för antalet inställbara parametrar, och man kan också presentera hörapparater med flera program. Användaren kan då välja mellan två eller flera olika ljudåtergivningar beroende på den aktuella lyssningssituationen [1].

Datorteknikens överföring till hörapparatvärlden blev möjlig i mitten på 1990-talet, när man lyckades producera integrerade kretsar för digital signalbehandling med så små dimensioner att de rymdes i vanliga hörapparathöljen – även den version som sitter helt i hörselgången – och med möjlighet att driva dem med ett miniatyrbatteri med några hundra timmars drifttid.

Digital signalbehandling innebär tillgång till ett nytt tekniskt verktyg som öppnar möjligheter som i vissa avseenden innebär gradvisa förbättringar gentemot den konventionella analoga tekniken, och i andra avseenden ger helt nya möjligheter. De hörapparater med digital signalbehandling som hittills har

presenterats på marknaden möjliggör som regel en betydligt mer flexibel och mer exakt inställning av förstärkningskurvan vid olika frekvenser – modeller med upp till 14 kanaler har presenterats.

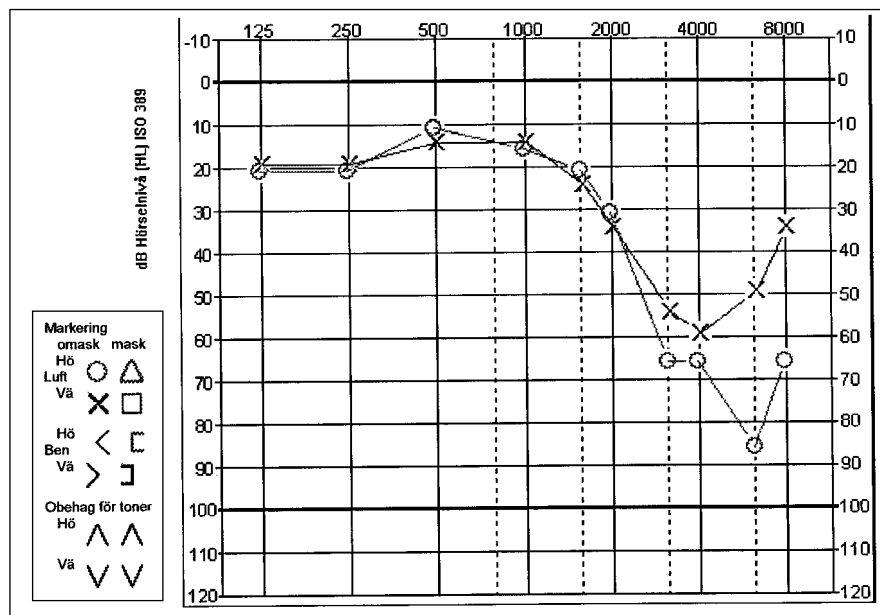
Olika processer för att automatiskt diskriminera mellan tal och andra ljud prövas för att öka taluppfattbarheten i buller. Mikrofon med inkopplingsbar riktverkan förutsätter inte digitalteknik, men är tillgänglig på flera av dessa apparater, också den för att förbättra taluppfattbarhet i buller. Automatisk förstärkningsreglering i flera kanaler kan utformas med större precision och bättre signalkvalitet i den digitala världen. Akustisk återkoppling, som gör att hörapparaten tjuter, kan reduceras med så kallad adaptiv filtrering i digital teknik. Flera studier har visat att de digitala hörapparaterna i många fall, men inte i alla, ger väsentliga förbättringar jämfört med hörapparater som bygger på analog teknik [2, 3].

Aktiv forskning om perifera såväl som centrala funktioner

Modern forskning har gett ökad kunskap kring hörselskador och hörsel-sinnet på både perifer och central nivå. Det senaste decenniets påvisande av de yttre hårcellernas motilitet och funktion som biologisk förstärkare [4] ger en fysiologisk förklaring till en del av de förvrängningar som följer av en skada på sinnesepitelet.

Auditiva deprivationseffekter har påvisats i amerikanska studier [5], på personer med dubbelsidig hörselnedsättning med hörapparat på bara ena örat. Efter ett antal år påvisades en signifikant försämrad förmåga att uppfatta tal över det öra som inte använt hörapparat. Oftast, men inte alltid, var försämringen reversibel efter dubbelsidig hörapparat Anpassning. Kortikal plasticitet torde stå som en övergripande förklaring till detta fenomen, liksom till andra fynd i samband med ändring i den perifera hörselfunktionen som beskrivits med exempelvis sena »cortical evoked potentials» (mismatch negativity) [6], magnetoencefalografi, MEG, [7] och positronemissionstomografi, PET [8].

Försämrad hörsel är starkt förknippad med stigande ålder. Nedsatta kognitiva funktioner är signifikant korrelerade till nedsatt hörsel hos äldre [9]. Ett flertal studier har visat att den vanligaste följden av hörselnedsättning är en social passivering; hellre än att inte uppfatta, ideligen missförstå och behöva fråga om, drar man sig undan kontakter med andra människor och sociala aktiviteter [10]. Även om en signifikant korrelation mellan hörsel och kognitiva förmågor inte bevisar ett kausalt



Figur 2. Tonaudiogram för 65-årig man som avvisats av hörselvårdsläkare med motivering att han inte skulle vara hjälpt av hörapparat.

samband, är sannolikheten stor att minskad stimulans på grund av den nedsatta hörseln åtminstone delvis är orsak till nedsatt kognitiv förmåga.

Även om vetenskapliga bevis ännu inte föreligger är sannolikheten stor att icke åtgärdad hörselskada kan medverka till förtida demens. Det är således rimligt att anta att såväl med hänsyn till sjukvårdsekonomi som till de drabbades livskvalitet hörselrehabiliteringsåtgärder är av väsentlig betydelse. Såväl forskningsresultat som klinisk erfarenhet talar vidare för att ju yngre den hörselskadade personen är när hörapparat-anpassning och andra rehabiliteringsåtgärder sätts in, desto bättre är förutsättningarna för positiva effekter.

Indikationer för hörapparat

En enkel riktlinje för hörapparatindikation baserad på grad av hörselnedsättning enligt tonaudiogrammet är inte realistisk. Flera studier har visat mycket svagt samband mellan hörtrösklar och subjektivt upplevda hörselproblem samt handikappgrad [11]. Den enda etiskt och vetenskapligt försvarbara inställningen till vem som har behov av hörapparat är perifer hörselskada och upplevt behov av svårigheter att höra. Tonaudiogrammet visar sinnesorganets reducerade känslighet, men behovet och nyttan av hörapparat är beroende av många flera faktorer – social situation och aktivitet, kognitiva funktioner m m. Det faktum att hörselskada och hörapparatbruk fortfarande är behäftat med social stigmatisering [12] gör det mycket osannolikt att någon vänder sig till hörselvården för att pröva hörapparat utan att detta är klart motiverat i ett behov.

Kvalitetssäkring

Enligt Socialstyrelsens föreskrifter skall sjukvårdens verksamhet följas upp i form av kvalitetssäkringsarbete. Rekommendationer för innehållet i ett sådant program har nyligen utarbetats [13], och bygger på resultatredovisning i tre dimensioner:

- hörapparatförstärkning uppmätt på brukarens öra (insättningsförstärkning);
- taluppfattning i bakgrundsbuller;
- subjektiv värdering av hörapparatnyttan.

Införandet av kvalitetssäkring i hörselvården är en långsam process, men på ett antal hörcentraler i landet arbetar man efter dessa riktlinjer liksom också bland privata vårdgivare.

Två exempel

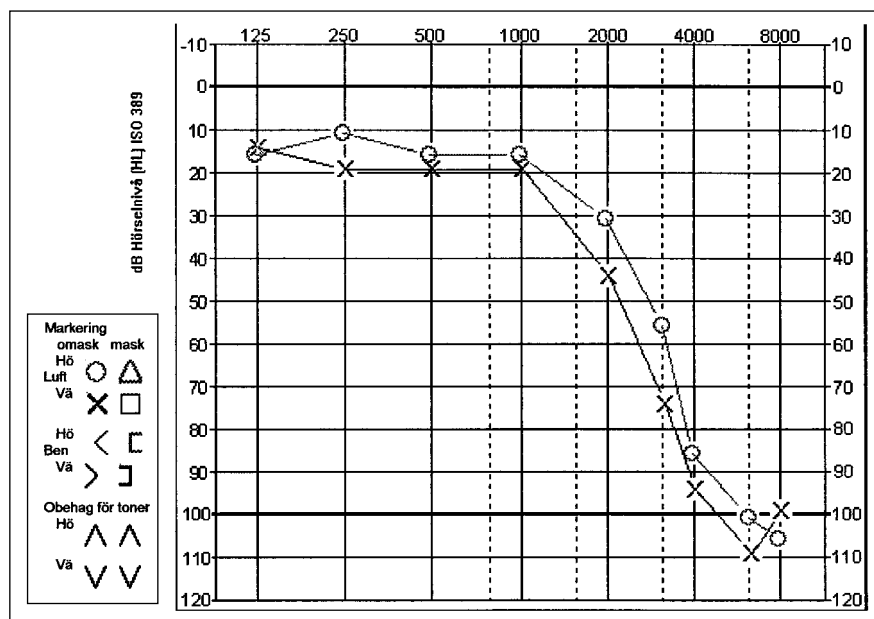
Den vanligaste hörselskadebilden innebär att diskantområdet är drabbat medan hörseln i bas- och ofta också

mellanregistret är intakt. Studier på personer med bullerskador [14] har visat att redan vid en så blygsam nedsättning som 30 dB vid frekvenserna 2 och 4 kHz föreligger en signifikant försämrad förmåga att uppfatta tal i buller. Tidigare hörapparatteknik hade otillräcklig flexibilitet för att vara av väsentlig nytta för personer med utpräglade diskantnedsättningar. Den moderna tekniken, framför allt med utnyttjande av digital signalbehandling, har inneburit en tydlig förändring av uppfattningen om vilka som kan ha nytta av hörapparat. Det klassiska påståendet att hörapparaten förstärker alla ljud lika mycket är inte längre giltigt. Följande två exempel kan tjäna som illustration:

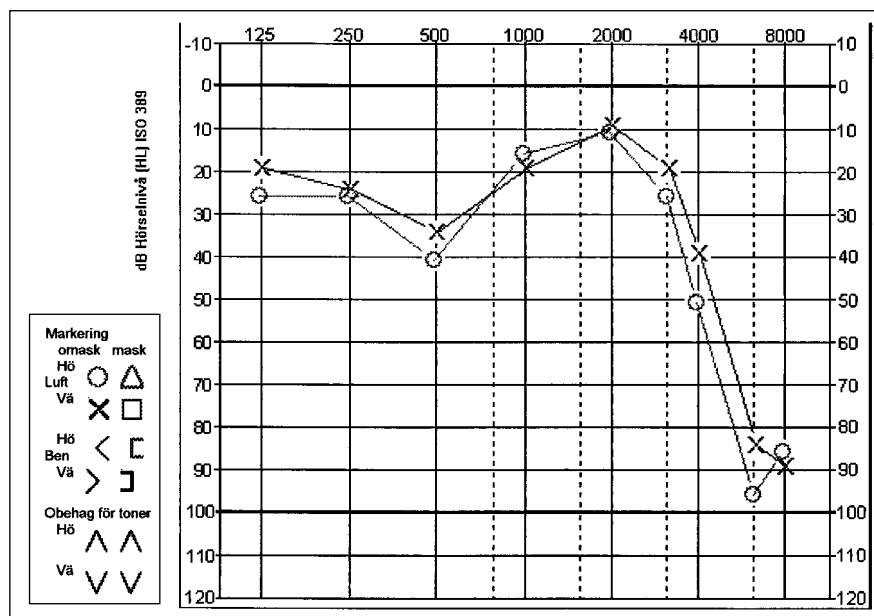
tigt. Följande två exempel kan tjäna som illustration:

Exempel 1: En man, född 1925, har en diskantnedsättning sedan ungdomen, sannolikt en bullerskada, som gradvis förvärrats av presbycusis. Audiogrammet från 1997 framgår av Figur 3. Mannen anpassades med moderna digitala hörapparater i båda öronen. Han använder dessa dagligen, och upplever väsentligt förbättrad livskvalitet såväl i relationen till sin familj som i sällskapslivet.

Exempel 2: En kvinna, född 1943, med kvalificerat sekreterarbete, har bilateralt en lätt sänkning i basen, men framför allt uttalad diskantnedsättning,



Figur 3. Tonaudiogram för 72-årig man som fått två digitala hörapparater anpassade och har stor glädje av dessa.



Figur 4. Tonaudiogram för 55-årig sekreterare som med två digitala hörapparater anpassade för hennes branta diskantnedsättning har stor nytta av apparaterna såväl i arbetet som på fritiden.

ANNONS

som orsakar väsentliga svårigheter i många arbetssituationer. Tonaudiogram visas i Figur 4. Efter försök med några olika hörapparattyper, såväl analoga som digitala, väljer hon dubbelsidigt anpassade digitala apparater av en typ speciellt avsedd för branta diskantnedsättningar. Hon upplever väsentlig nytta av apparaterna såväl i som utanför arbetet.

I mikroelektronikens frontlinje

Den senaste årens tekniska utveckling innebär att dagens hörapparater ligger i mikroelektronikens frontlinje, en utveckling som kan förväntas fortsätta. I likhet med övrig mikroelektronik är det troligt att flera och mera avancerade funktioner tillkommer och att samtidigt priserna sjunker för produkter med dagens prestanda.

Med tillgång till mera avancerad signalbehandling öppnas möjligheten att pröva nya funktioner i hörapparaten utanför laboratoriets väggar. I takt med att den hörselphysiologiska forskningen genererar en bättre kunskap om sinnesorganets funktion och de fysiologiska följderna av olika typer av skada, växer möjligheterna att på ett systematiskt sätt kompensera följderna av dessa i hörapparaters signalbehandling. Aktuell forskning visar också på behovet av att utveckla metoder för att ta hänsyn till såväl sociala aktivitetsmönster som kognitiva funktioner vid anpassning av hjälpmedel och utformning av träningsmetoder för den enskilde individen [15].

Referenser

- Mangold S, Eriksson-Mangold M, Israelsson B, Leijon A, Ringdahl A. Multi-programmable hearing aid. *Acta Otolaryngol* (Stockh) 1990; 469: A70-5.
- Arlinger S, Billermark E, Öberg M, Lunner T, Helligren J. Clinical trial of a digital hearing aid. *Scand Audiol* 1998; 27: 51-61.
- Boymans M, Dreschler WA, Schoneveld P, Verschuure H. Clinical evaluation of a full-digital in-the-ear hearing instrument. *Audiology* 1999; 38: 99-108.
- Ulfendahl M. Den cochleära förstärkaren. *Läkartidningen* 1997; 94: 4077-80.
- Silman S, Silverman CA, Emmer MB, Gelfand SA. Adult-onset auditory deprivation. *J Am Acad Audiol* 1992; 3: 390-6.
- Kraus N, McGee T, Carrell TD, Sharma A. Neurophysiologic bases of speech discrimination. *Ear and Hearing* 1995; 16: 19-37.
- Vasama JP, Mäkelä JP, Ramsay HA. Modification of auditory pathway functions in patients with hearing improvement after middle ear surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1998; 119: 125-30.
- Ito J, Sakakibara J, Iwasaki Y, Yonekura Y. Positron emission tomography of auditory sensation in deaf patients and patients with cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993; 102: 797-801.
- Baltes PB, Lindenberger U. Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life

span: a new window to the study of aging? *Psychol Aging* 1997; 12: 12-21.

- Danermark BD. Hearing impairment, emotions and audiological rehabilitation: a sociological perspective. *Scand Audiol* 1998; 27 suppl 49: 125-31.
- Lutman ME, Brown EJ, Coles RRA. Self-reported disability and handicap in the population in relation to pure-tone threshold, age, sex and type of hearing loss. *Br J Audiol* 1987; 21: 45-58.
- Hétu R. The stigma attached to hearing impairment. *Scand Audiol* 1996; 25 suppl 43: 12-24.
- Arlinger S, Broms P, Ericson H, Gustafsson A, Kron AM, Linstam E et al. Kvalitetssäkring vid hörapparat Anpassning. Bromma: Handikappinstitutet, 1995.
- Smooenburg G. Speech reception in quiet and in noisy conditions by individuals with noise-induced hearing loss in relation to their audiogram. *J Acoust Soc Am* 1992; 91: 421-37.
- Lyxell B, Andersson J, Andersson U, Arlinger S, Bredberg G, Harder H. Phonological representation and speech understanding with cochlear implants in deafened adults. *Scand J Psychol* 1998; 39: 175-9.

Summary

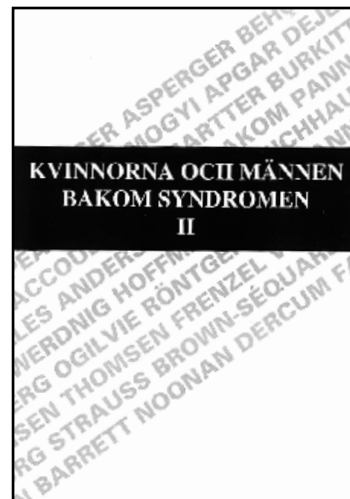
Modern hearing aids at the cutting edge of micro-electronics; increased scope for customisation

Stig Arlinger

Läkartidningen 1999; 96: 3524-8.

The development of modern hearing aids has been so great that they now represent the cutting edge of micro-electronics. Flexibility has been enhanced by computer-aided programming of the devices, and particularly by digital signal processing, developments which enable improved customisation. Increased knowledge of the pathophysiology of the auditory system, fundamental processes in central auditory pathways, and cognitive function enable technological developments to be exploited, thus enhancing our ability to cope with an increasingly broad spectrum of hearing impairment, ranging from mild high-frequency loss to severe loss across the entire frequency range.

Correspondence: Adjunct Professor Stig Arlinger, Dept of Otolaryngology, Linköping University, Universitetssjukhuset, SE-581 85 Linköping, Sweden.
E-mail: stig.arlinger@oto.liu.se



Ännu en syndrombok!

• Boken "Männerna bakom syndromet" har fått en efterföljare: "Kvinnorna och männerna bakom syndromen" med 70 artiklar som publicerats i *Läkartidningen* under perioden 1990–1996. Den tar upp namn som Asperger, Bichat, Fanconi och Waldenström. Här finns också män "bakom metoden", exempelvis Doppler och Röntgen.

• Denna bok omfattar 248 sidor och är rikt illustrerad, även med färgbilder. Därtill finns en sammanställning (i förminskat utförande) av de uppskattade tidningsomslag som hör till serien. Priset är 190 kronor + porto (60 kronor).

Beställ här:

..... ex "Kvinnorna och männerna bakom syndromen" à 190 kronor + porto.

BESTÄLLARE.....

ADRESS.....

POSTNUMMER/POSTADRESS

Insändes till *Läkartidningen*,
Box 5603, 114 86 Stockholm.
Telefax 08-20 76 19