

Att höra illa — hörselskadans konsekvenser och aktuell forskning

Stig Arlinger

Hörselskador är en ganska vanlig åkomma, framför allt hos äldre människor; man räknar med att mellan 5 och 10% av Sveriges befolkning har hörselproblem. Den överväldigande majoriteten av dessa har sin skada lokaliserad till innerörats sinnesceller. En aktiv forskning pågår på flera frontlinjer: Ökad kunskap om innerörats fysiologi och om hörselns signalanalyserande förmåga, utveckling av tekniskt mera avancerade hörapparatkonstruktioner och av bättre anpassningsmetoder.

Stig Arlinger är docent i teknisk audiologi vid Universitetet i Linköping och teknisk audiolog vid Hörselkliniken, Regionsjukhuset i Linköping.

Bakgrund

Hörseln är utan tvekan människans viktigaste sinnesorgan för kontakten med andra människor, främst via tal men också genom ljud som signalerar annan mänsklig aktivitet. En mångfald andra ljud ger oss kontinuerlig kontakt med omvärlden — regnets smattrande på fönstret, vinden som viner, kastrullen som puttrar på spisen, fågelkvitter, bilmotorn — listan kan göras oändligt lång. Musik är en viktig komponent i livskvaliten för många människor. Hörselnedsättning, orsakad av sjukdomar eller skador på hörselorganet, innebär att den drabbade i större eller mindre grad skärs av från denna viktiga akustiska kontakt med medmänniskor och omvärld.

Ljud når örat i form av tryckvariationer i luften, förtätningar och förtunningar som alstras av ljudkällan — vibrerande stämband i strupen, strängar i ett piano, dörren när den smäller igen och träffar dörrkarmen etc. Dessa tryckvariationer sätter trumhinnan i svängning. Från trumhinnan överförs svängningarna genom mellanörats hörselben — hammare, städ

och stigbygel — till det vätskefyllda innerörat. I innerörat når svängningarna de speciella sinnesceller, hårcellerna, som omvandlar ljud till bioelektrisk aktivitet i hörselnerven. Kunskapen om hur de ca 15000 hårcellerna fungerar och påverkar aktiviteten i de 20–30000 nervtrådarna i hörselnerven är ännu långt ifrån fullständig. En mycket aktiv forskning, bl.a. på Karolinska institutet i Stockholm, ger dock en gradvis växande insikt i innerörats mycket komplexa funktionssätt.

Från hörselnerven går signalerna in i hjärnstammen och upp till hjärnbarken i ett komplicerat nätverk av nervbanor och omkopplingsstationer. I hjärnbarken sker den medvetna tolkningen av signalen — vi hör, uppfattar, förstår och kan reagera på ljudsignalens innebörd.

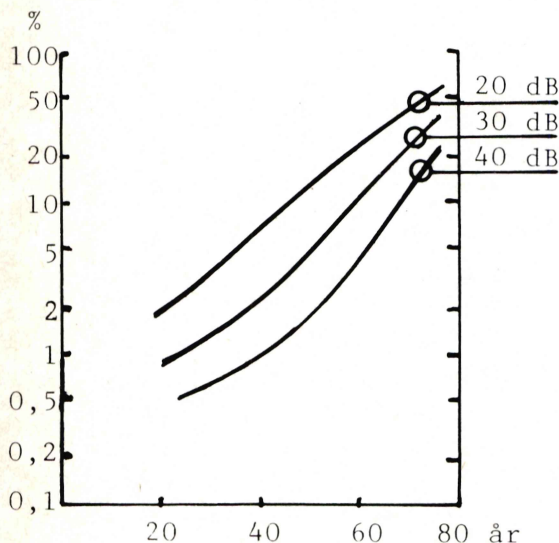
Hörselskador

Ett sekel tillbaka var mellanöreinfektioner den dominerande orsaken till hörselskador. Detta är fortfarande fallet i U-länderna. I Sverige och andra I-länder är emellertid bilden drastiskt annorlunda i vår tid. Den största kategorin är inneröreskador, som torde svara för mer än 90% av alla hörselskador i dagens Sverige. Orsakerna till detta är dels en förbättrad sjukvård, som kan behandla mellanörats infektionssjukdomar med stor framgång, dels en ökande livslängd och en samhällsutveckling som innebär större risker för skador i innerörat. Med stigande ålder sker en spontan åldring i nervsystemet — hårceller och nervceller i hörselbanorna dör (4). Det moderna samhället innebär att människor alltför ofta utsätts för alltför mycket starka ljud, som kan orsaka bullerskador, vilka främst drabbar hårceller i innerörat. Vissa mediciner, som kan rädda liv vid livshotande tillstånd, kan ge inneröreskada som bieffekt. Olika individer har olika känslighet och därmed olika risk att drabbas av hör-

selskador i innerörat. Detta gäller tex både åldersbetingad hörselnedsättning och bullerskador.

Beroende på hur man frågar och hur man räknar, anses mellan 5 och 10% av Sveriges befolkning ha hörselnedsättning av sådan grad att den orsakar svårigheter och problem i någon omfattning. Andelen personer med hörselskador ökar påtagligt med stigande ålder. Detta beror dels på den åldersbetingade hörselnedsättning, dels på att ju längre man levtt, desto större är risken att man utsatts för faktorer som kan skada hörseln – buller, vissa sjukdomar, vissa mediciner etc (1) (Figur 1).

Figur 1. Förekomst av hörselnedsättning med i genomsnitt 20, 30 resp 40 dB hos män i olika åldrar (bearbetat från Plomp, *J Acoust Soc Am* 63, 533, 1978).

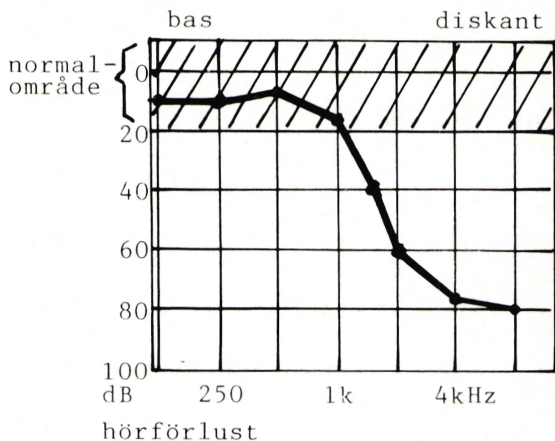


Hörselskadans inverkan på hörförmågan

Det vanligaste sättet att undersöka och beskriva en hörselskada är med hjälp av tonaudiometri. Tonaudiogrammet beskriver hur starka toner av olika frekvens från bas till diskant måste vara för att den undersökte nått och jämnt ska kunna uppfatta dem. Resultatet uttrycks i förhållande till vad som är genomsnittligt normalt för unga öronfriska lyssnare. Vanligen är hörselnedsättningen större i diskanten än i basområdet. (Figur 2).

Den mest uppenbara effekten av en sådan diskantdominerad skada är att svaga diskantljud blir ohörbara.

Figur 2. Typisk audiogramkurva för öra med skada i innerörat.



ra. Detta förklarar det välkända fenomenet att syrsornas spel och fåglarnas kvitter tystnar för den drabbade. Värre är att också många relativt svaga diskantdominerade konsonantljud i normalt tal blir svåra eller omöjliga att uppfatta. Mycket av tydligheten och distinktheten i talet försvinner. Eftersom de flesta hörselskador utvecklas långsamt och smygande, tror lyssnaren i första hand att svårigheter att uppfatta tal beror på en ottydlig talare.

Om detta att svaga diskantljud blir ohörbara vore hela följden av en inneröreskada, skulle en hörapparat med lagom diskantförstärkning med framgång kompensera för skadan och återställa normal funktion. Så enkelt är det dock inte. Ett typiskt klagomål från den hörselskadade är: "Jag klarar mig bra när det är tyst runt omkring, men när det är stimmigt, i bullrig miljö, är det omöjligt att uppfatta vad folk säger." Detta beror på att, förutom försämrad känslighet för svaga ljud, inneröreskadan också ger upphov till olika former av förvrängningar av i och för sig hörbara ljud. Ljud som är starka nog att höras, ska omformas till ett komplicerat mönster av nervsignaler med hjälp av ett defekt inneröra. Många av hårcellerna är skadade eller kanske helt borta, och därmed är också hörselorganets förmåga att analysera ljudsignalens detaljstruktur försämrade. En haltande men dock i viss grad giltig parallell är att försöka spela ett musikstycke på ett piano, där hälften av strängarna är

.....
Som att försöka spela ett musikstycke på ett piano, där hälften av strängarna är borta.
.....

borta. Det låter, men knappast bra, och musikstycket är svårt att riktigt känna igen.

Hörselns signalanalys

Alla ljud av intresse är komplexa ljud. Det innebär att de är uppbyggda av olika frekvenser, och frekvenssammansättningen är en karaktäristisk egenskap hos varje sådant ljud. För att vi ska kunna känna igen ljudet måste vår hörsel kunna återge frekvenssammansättningen på ett sätt som hjärnan kan jämföra med lagrade minnesbilder av olika kända ljud eller jämföra med ett annat ljud som dök upp strax innan eller strax efter.

Vår viktigaste ljudsignal, det mänskliga talet, kan sägas vara uppbyggt av ett stort antal byggstenar, fonem, som lite förenklat främst känns igen med hjälp av frekvenssammansättningen. Tonande talljud som vokaler beskrivs bland annat av sina formanter, frekvensband som förstärkts mer än andra delar av frekvensområdet genom resonanser i talorganet och som är karaktäristiska för resp vokaler.

Ett ord består av ett antal sådana här fonem, och när de fogas samman uppstår övergångsfaser, glidande förändringar från ett kortvarigt vilotillstånd med avseende på frekvenssammansättning till ett annat kortvarigt vilotillstånd. Dessa glidande förändringar ger också bidrag till hjärnans förmåga att tolka ljudsignalen, att förstå talet, och måste alltså återges av hörselorganet för att man ska förstå. I talsignalen finns vidare korta tysta avbrott mellan successiva ljud, som också är viktiga för korrekt taluppfattning. Skillnaden mellan SA och STA är till exempel främst att STA innehåller en kort tyst lucka mellan S- och A-ljuden. Också sådana korta abrupta avbrott måste därför hörseln förmedla korrekt till hjärnan.

Det är sällan helt tyst i en lyssnarsituation, utan oftast finns andra ljud i bakgrunden utöver det man främst vill lyssna på, signalen är delvis störd av maskerande ljud. Förutsatt att störljudet inte helt överröstar signalen styrkemässigt, kan man säga att ju mera olika signal och störljud är, desto lättare är det

att urskilja signalen i störningen. När man ska uppfatta och tolka en signal i ett störande buller är det följaktligen viktigt att hörseln så tydligt som möjligt till hjärnan återger de skillnader som finns mellan signal och störning med avseende på frekvensinnehåll, tidsmönster, var i rymden signal resp störning kommer ifrån osv.

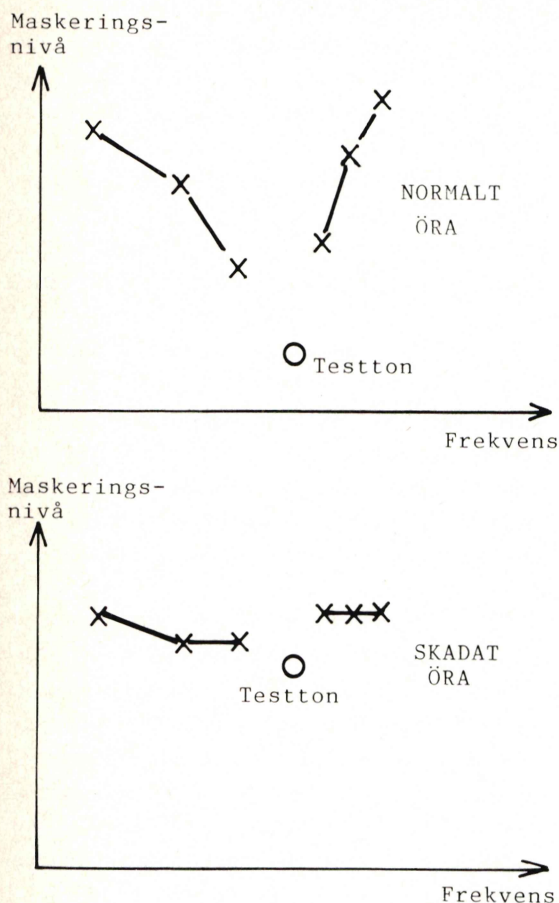
Allt det här handlar om hörselns signalanalys, dvs sinnesorganets förmåga att till hjärnan förmedla en så detaljrik beskrivning av den inkommande ljudsignalen som möjligt (2). Kunskap härom är viktig för att förstå hur vi hör och varför vi ibland inte hör och framför allt förstå den hörselskadade lyssnarens hörproblem i olika situationer. Genom att öka den kunskapen förbättras också våra förutsättningar att ta tillvara den moderna tekniken i form av bättre tekniska hörhjälpmedel. Kunskapen bör också ge oss bättre underlag för att anpassa hörhjälpmedlets ljudåtergivning i förhållande till den enskilda hörselskadade individens behov.

Hörselns frekvensselektivitet innebär förmågan att separera de olika frekvenskomponenterna i ett komplext ljud, dvs ett ljud som är sammansatt av många samtidiga frekvenser. Ju bättre frekvensselektiviteten är, desto större förutsättning har man att uppfatta ljud i bakgrundsbuller — frekvensselektivitet är relaterat till maskeringskänslighet. Också förmågan att känna igen olika ljud med hjälp av deras spektra bygger på den här analysförmågan.

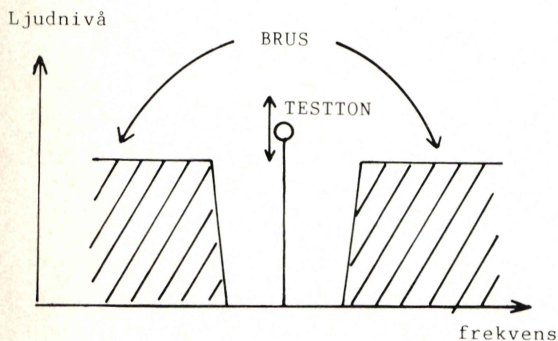
Olika sätt att mäta frekvensselektivitet finns. Ett är vad som brukar kallas Psykoakustiska selektivitetskurvor (3). Då använder man vanligen en svag pulserande testton och tillför samtidigt en maskerande ton av en annan frekvens, vars nivå varierar tills den nått och jämnt maskerar bort testtonen. I ett normalt öra får man typiskt ett resultat av den karaktär som visas av *Figur 3*, övre delen. Den maskerande tonens styrka anges efter den vertikala axeln och frekvens efter den horisontella. Vid hörselskada ser man ofta resultat som starkt avviker från den normala kurvformen (se den undre delen av *Figur 3*) och som alltså illustrerar en väsentligt försämrad frekvensselektivitet.

Ett annat sätt att mäta frekvensselektivitet går ut på att bestämma den maskerade hörtröskeln för en testton, maskerad av brus (*Figur 4*), som filtrerats så att man eliminerat ett smalt band av brusets energi runt

Figur 3. Psykoakustiska selektivitetskurvor för normalt (övre delen) resp skadat öra (nedre delen).



Figur 4. Ett bandspärrfilterat brus, där man med filter tagit bort brusenergi i ett frekvensområde, som används som maskering av testton mitt i filterbandet för undersökning av frekvensselektivitet.



testtonfrekvensen. I ett öra med nedsatt frekvensselektivitet måste testtonen vara starkare vid en viss bredd på det bortfiltrerade bandet, jämfört med i ett normalt öra. Som regel har de studier som publicerats kunnat påvisa ett statistiskt säkerställt samband mellan frekvensselektivitet och förmåga att uppfatta tal i brus.

Hörselns tidsupplösning har studerats med bl a en teknik som kan kallas för avbrottsdetektion, som går ut på att bestämma kortaste hörbara avbrott i en kontinuerlig ljudsignal. Ett brusljud med ett begränsat frekvensområde har oftast använts som signal. För normala öron räcker avbrott i storleksordningen 5–25 millisekunder, beroende på testljudets frekvens och styrka. Lyssnare med hörselskada i snäcka eller nerv behöver som regel längre avbrott för att detta ska vara hörbart. Detta kan gälla också i ett frekvensområde där hörröskeln är normal.

De studier som hittills presenterats har oftast kunnat påvisa samband mellan försämrad signalanalys och svårigheter att förstå tal, framför allt till förmågan att förstå tal i bakgrundsbuller. Sambanden har dock som regel varit måttligt starka. Två variabler, tex hörrösklar och något frekvensselektivitetsmått, förklarar som regel drygt hälften av variansen, men ett ökat antal variabler ger en mycket liten förbättring ytterligare.

Ofta finner man att många av signalanalysvariablerna är statistiskt relaterade till hörröskeln, dvs ju sämre hörröskel desto sämre signalanalys. Detta förklarar varför så många förbluffande enkla modeller med utgångspunkt från enbart hörselnedsättningen enligt tonaudiogrammet i genomsnitt stämmer förvånansvärt bra. Vad de dock ofta klarar dåligt är att förklara den enskilda individens situation. Om vi studerar individuella finner vi en mycket stor variation både uppåt och neråt runt genomsnittet.

Som sammanfattning av dagsläget för hörselns signalanalys kan vi konstatera följande:

- Vid inneröreskada förekommer förändringar i ett antal olika former av signalanalys.
- Påtaglig variation förekommer mellan olika individer, även när tonaudiogrammen är i stort sett identiska.
- De flesta signalanalysvariabler uppvisar statistiska samband med varandra och med hörrösklarna.

I normalt tal finns ju mycket redundans, dvs överskottsinformation. En störning i en dimension av den auditiva signalanalysen kanske kan kompenseras i en annan dimension, i varje fall hos vissa lyssnare. Detta kan förklara varför man aldrig ser några perfekta statistiska samband; naturen är som vanligt alltför överlägsen statistiken.

För att komma längre i förståelsen av signalanalysens betydelse och hur man praktiskt ska tolka innebörden av det ena eller andra resultatet på sådana test, behöver vi djupare kunskap. Detta kräver troligen mera sofistikerade metoder bla för mätning av taluppfattning.

Behandling – rehabilitering

En skada som drabbat innerörat är till sin natur i princip obotlig. Därför är olika former av rehabilitering en viktig del av hörselvårdens arbete. Det tekniska inslaget i rehabiliteringen är centralt. Det innebär att med hjälp av hörapparat och andra tekniska hörhjälpmedel underlätta den hörselskadades livsföring så långt möjligt.

Hörapparaten är ett generellt, bärbart hjälpmedel som anpassas till det individuella behovet av frekvensberoende förstärkning (1). Behovet bestäms av hörselskadans art och grad, men också av den enskilda användarens hörbehov, synpunkter på upplevd ljudkvalitet mm. Många användare har också mer eller mindre tydliga kosmetiska önskemål på hörapparaten: ju mindre och osynligare apparat desto bättre. Detta krav orsakar ibland vissa problem, då det inte alltid är den kosmetiskt bästa hörapparaten som är den hörselmässigt bästa.

Dagens hörapparater är nästan genomgående huvudburna, placerade på eller i örat. Utvecklingen har mycket påtagligt gått mot allt mindre apparater. Detta innebär ibland kompromisser med krav på hanterbarhet och flexibilitet i inställning av apparatens ljudåtergivning, samtidigt som placeringen på eller i örat har ljudmässiga fördelar genom att mikrofonplaceringen blir den naturliga i eller mycket nära hörselgångsmynningen.

Ofta har hörapparatstillverkarna kritiserats för att man inte tillräckligt djärvt har utnyttjat den moderna mikroelektronikens möjligheter. Kritiken är inte helt utan grund, men orsaken är inte vare sig snålhet eller

Den framväxande kunskapen om hörselskador ökar möjligheterna att dra nytta av digitaltekniken, den form av signalbehandling som utnyttjas i datortekniken.

brist på teknisk kompetens och kunskap. Den viktigaste orsaken här till har varit och är fortfarande otillräcklig kunskap om hur innerörat fungerar och hur denna funktion störs av olika former av skada. Allt eftersom kunskapen växer på detta område och på hur hörselns signalanalys rubbas av hörselskador, förbättras också möjligheterna att ta tillvara moderna mikroelektronikkretsar i hörapparater.

Digital teknik, den form av signalbehandling som utnyttjas i datortekniken, medger mycket stor flexibilitet. Hittills har denna teknik inte utnyttjats därför att man inte klart vetat hur man skulle använda den. Med den framväxande kunskapen om hörselskador, som presenteras från många forskargrupper i världen för närvarande, ökar också möjligheterna att dra nytta av digitaltekniken. Flera utvecklingsprojekt pågår därför, som kan förväntas leda fram till hörapparater med ännu bättre förutsättningar att anpassas till den enskilda användarens behov och därmed ge bättre kompensation för hörselskadan.

Förutom den rent tekniska utvecklingen av hörapparater pågår också en viktig metodutveckling avseende hur apparaten ska anpassas för att ge bästa möjliga funktion och avseende värdering av hörapparatens funktion på en viss användare. En viktig del avser utveckling av apparatur och metodik för mätning av hörapparatens förstärkningskurva på användarens öra. Eftersom de flesta hörselnedsättningar är frekvensberoende är också förstärkningsbehovet frekvensberoende. En hörapparatens förstärkningskurva är emellertid beroende av de akustiska egenskaperna i det öra, i vilket den placeras. En och samma hörapparat kan därför uppvisa avsevärda skillnader i förstärkningskurva på olika användare. Möjligheten att mäta upp förstärkningskurvan för en viss apparat på ett visst öra är således viktig för att säkerställa att patienten får adekvat förstärkning. När nu praktiskt användbara metoder utvecklats för sådan förstärkningsmätning, innebär detta viktiga verktyg för ökad

.....
Förutom den rent tekniska utvecklingen av hörapparater pågår också en metodutveckling avseende värdering av apparatens funktion på viss användare,
.....

kunskap om hur den optimala förstärkningskurvan ska se ut.

Många speciella situationer och miljöer kan innebära särskilda problem för hörselskadade. Ibland kan den bästa hjälpen vara någon form av tekniskt hjälpmedel som minskar eller eliminerar detta problem genom att förändra den aktuella situationen eller miljön (4). Huvuddelen av sådana hjälpmedel kan grupperas under kategorierna lyssningshjälpmedel resp larm- eller signalhjälpmedel. Till kategorin lyssningshjälpmedel hör sådana som underlättar uppfattandet av tex ljudsignalen från radio eller TV. Exempel på larmhjälpmedel är sådana som kopplas till dörrsignal, telefonsignal eller väckningshjälpmedel. Ibland handlar det om alternativa starkare ljudkällor, men ofta utnyttjar man andra sinnesorgan än hörseln, nämligen syn eller känsel. Lampor som blinkar när någon ringer på dörren eller som indikering för telefonsignal, en vibrator under kudden för väckning, kopplad till elektriskt tidur, är exempel på sådana lösningar. Trådlös kommunikation med hjälp av radioteknik eller infrarött ljus är andra tekniker som utnyttjas i

hjälpmedel för hörselskadade. Också i utvecklingen av denna typ av hjälpmedel utnyttjas modern elektronik i växande utsträckning.

Sammanfattning

Möjligheterna att med hörapparater och andra tekniska hörhjälpmedel hjälpa den hörselskadade till en normal hörfunktion är begränsade. Detta beror främst på att det normala hörselorganet har en så oerhört komplex funktion, att bortfall härav inte kan enkelt och fullständigt kompenseras för ens med dagens mest avancerade elektronik. Det pågår dock en spännande och mycket aktiv forskning och utveckling på många fronter med både medicinska, tekniska och beteendevetenskapliga forskargrupper inblandade, som sakta men säkert förbättrar hörselvårdens möjligheter att hjälpa människor som drabbats av hörselskador.

REFERENSER

1. *Lidén, G* (red); Audiologi. Almqvist & Wiksell, Stockholm, 1985.
2. *Moore, B C J*: An introduction to the psychology of hearing, 2nd ed. Academic Press, London, 1982.
3. *Zwicker, E & Schorn, K*: Psychoacoustical tuning curves in audiology. *Audiology* 17, 120–140, 1978.
4. Äldre hörselskadade. Rapport från konferens. Handikappinstitutet, Bromma, 1987.