

Hörsel och hörselskador i arbetslivet

Stig Arlinger

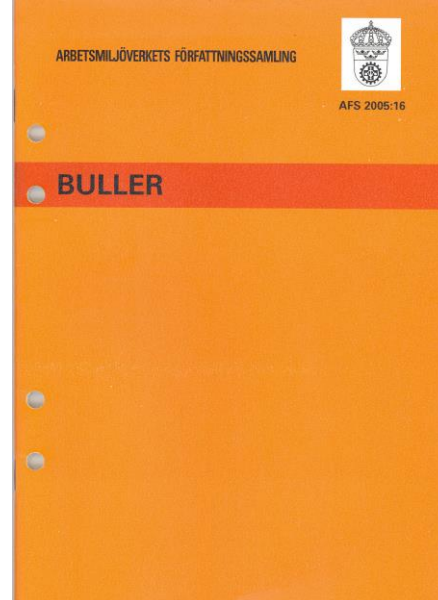
IKE, Teknisk audiologi

Linköpings universitet

Disposition

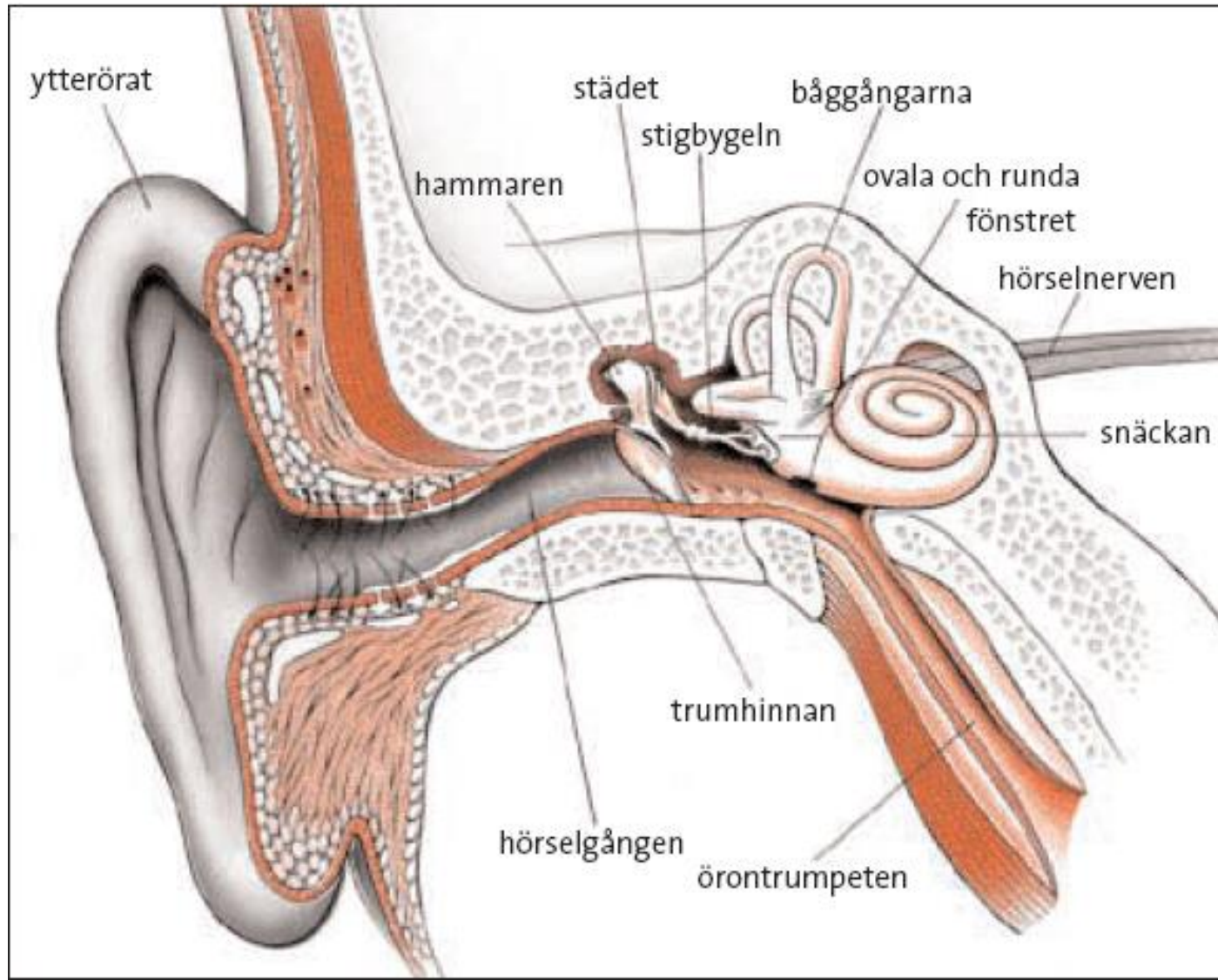
- Nuvarande regelverk
- Hörselorganet
- Hörselskador
- Buller och temporär hörselnedsättning
- Buller och permanent hörselnedsättning
- Buller och tinnitus, hyperakusis
- Buller och påverkan på andra hörfunktioner
- Impulsbuller
- Interaktion
- Speciella grupper
- Behandling av bullerskador
- Sammanfattning

Nuvarande regelverk



Insatsvärden som kräver åtgärder om värdena uppnås eller överskrids, samt gränsvärden som inte får överskridas enligt AFS 2005:16.	Undre insatsvärden	Övre insatsvärden	Gränsvärden
Daglig bullerexponeringsnivå, L_{EX} , 8h [dB]	80	85	85
Maximal A-vägd ljudtrycksnivå L_{pAFmax} [dB]	–	115	115
Impulstoppvärde, L_{pCpeak} [dB]		135	

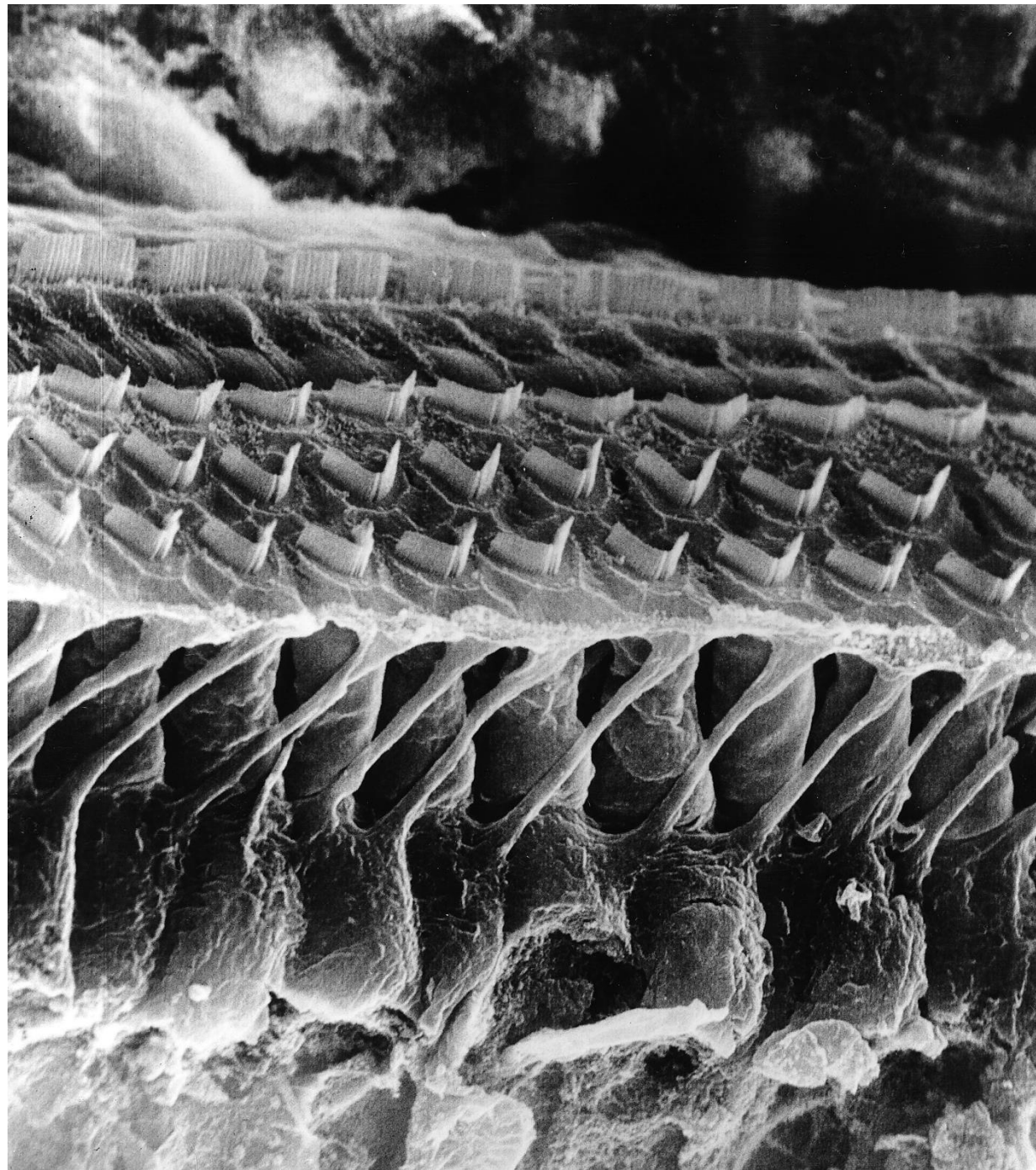
Hörselorganet



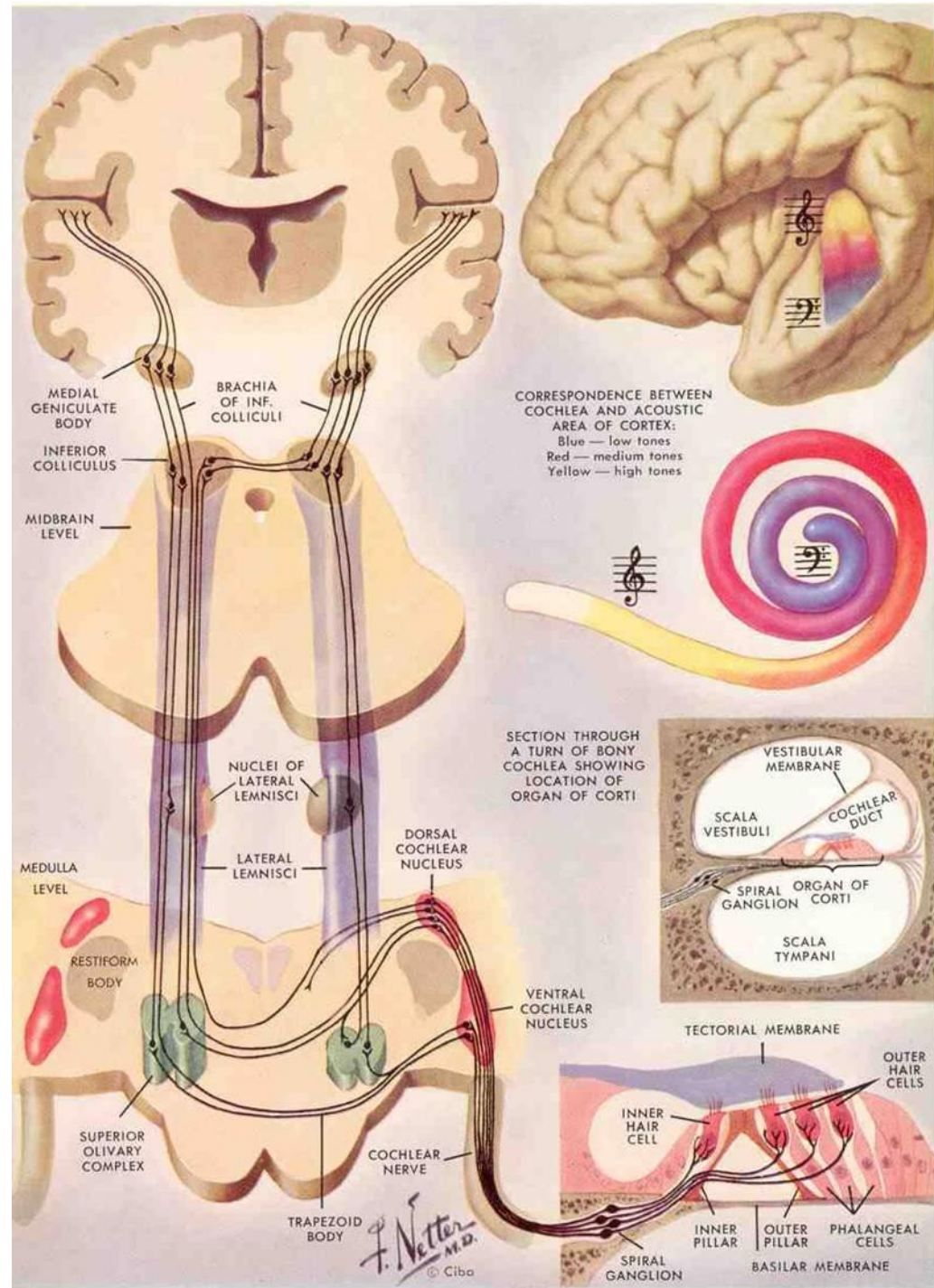
Snäckan i innerörat



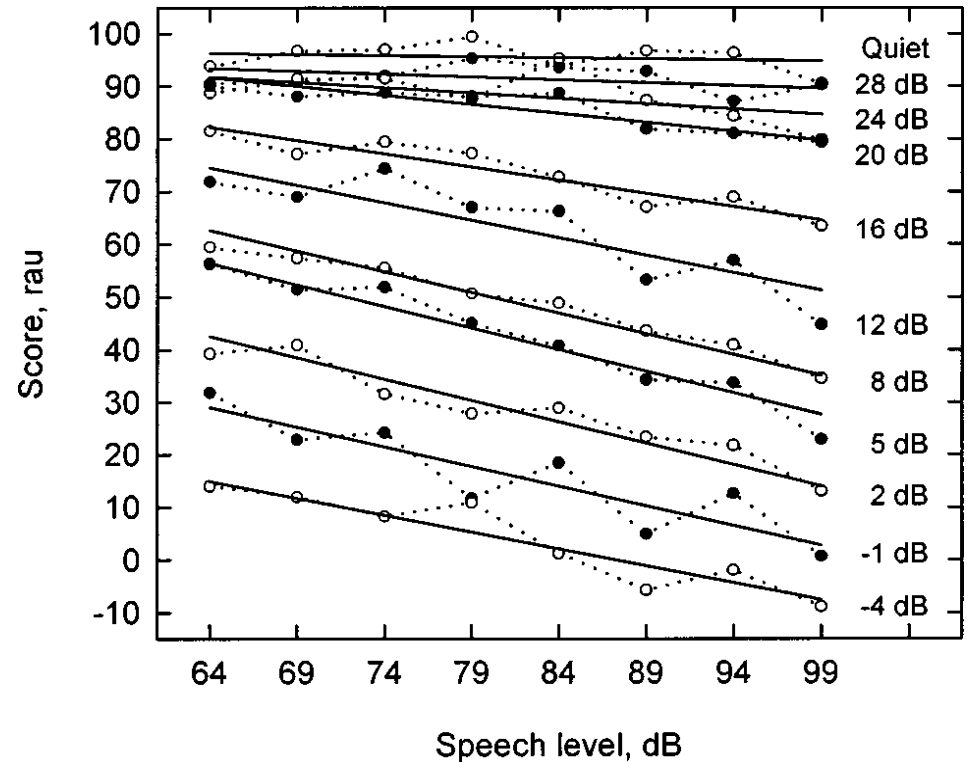
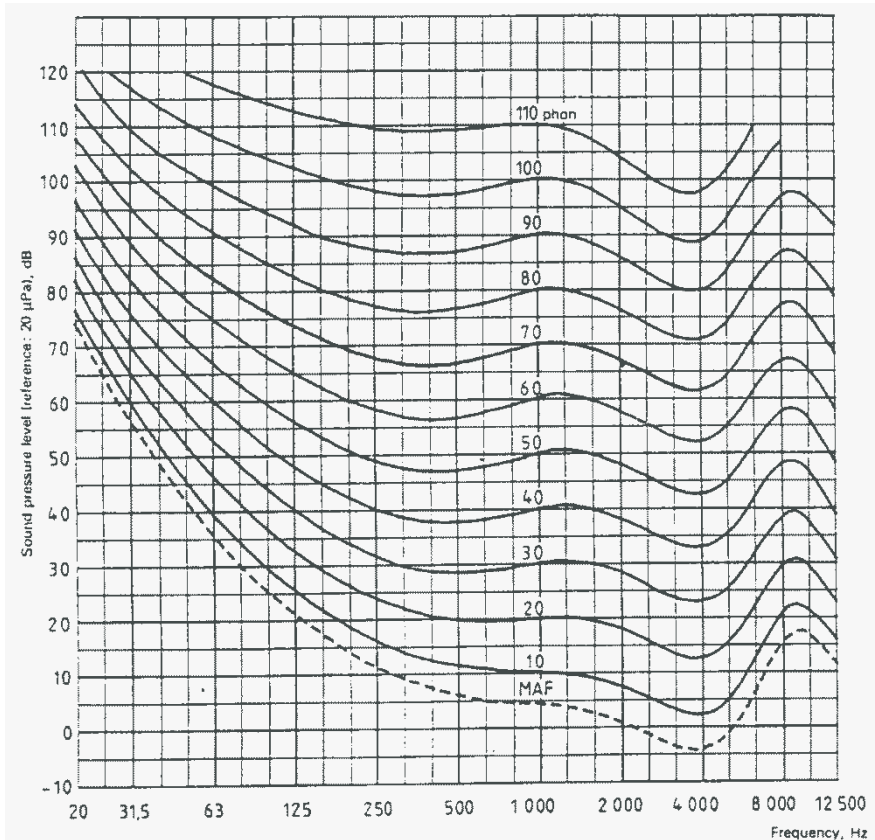
Yttre och
inre
hårceller
genom
elektron-
mikroskop



Centrala hörselbanor



Lite psykoakustik



Lika hörnivå-kurvor enl. ISO 226

Taluppfattning i brus som funktion av talnivå med olika signal-stör-förhållanden som parameter (Studebaker et al., 1999).

Hörselmätning, audiometri

- Tonaudiometri – mäter hörtrösklar för rena toner 125-8 000 Hz, främst beroende av yttre hårcellernas tillstånd.
- Otoakustiska emissioner – registrerar aktivitet från yttre hårceller.
- Hjärnstamsaudiometri, ABR – registrerar elektrisk aktivitet från hörselnerv och hjärnstam.
- Talaudiometri – mäter förmågan att uppfatta tal, ofta med bakgrundsstörning i visst signal/stör-förhållande.
- m.fl.

Hörselskador

- Hörselnedsättning
 - Återspeglar främst skador på yttre hårceller
- Tinnitus
 - Kan uppträda utan hörselnedsättning (subklinisk skada)
 - Centrala mekanismer involverade
- Hyperakusis – överkänslighet för (starka) ljud
 - Ofta tillsammans med tinnitus (centrala mekanismer)
- Påverkan på andra hörfunktioner
 - Diplakusis
 - Frekvens- och tidsupplösning

Ålder och hörsel

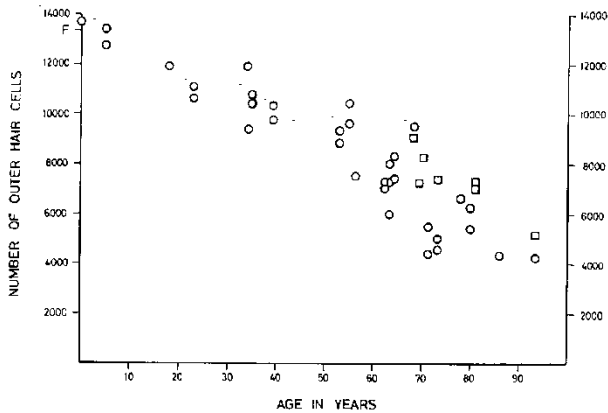


Fig. 93. Relationship between total number of outer hair cells and age. F indicates the full complement of cells as obtained from fetal material. The squares represent cochleas from "normal-hearing" subjects.

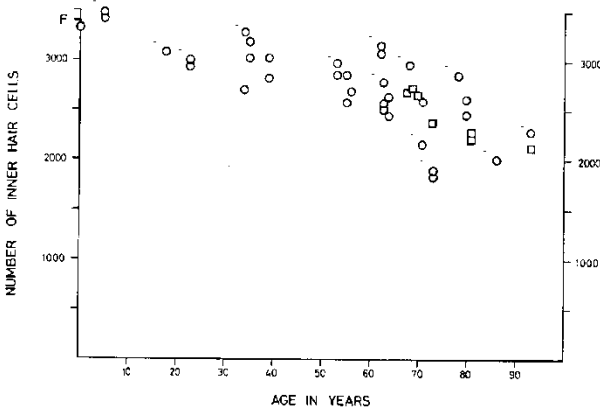
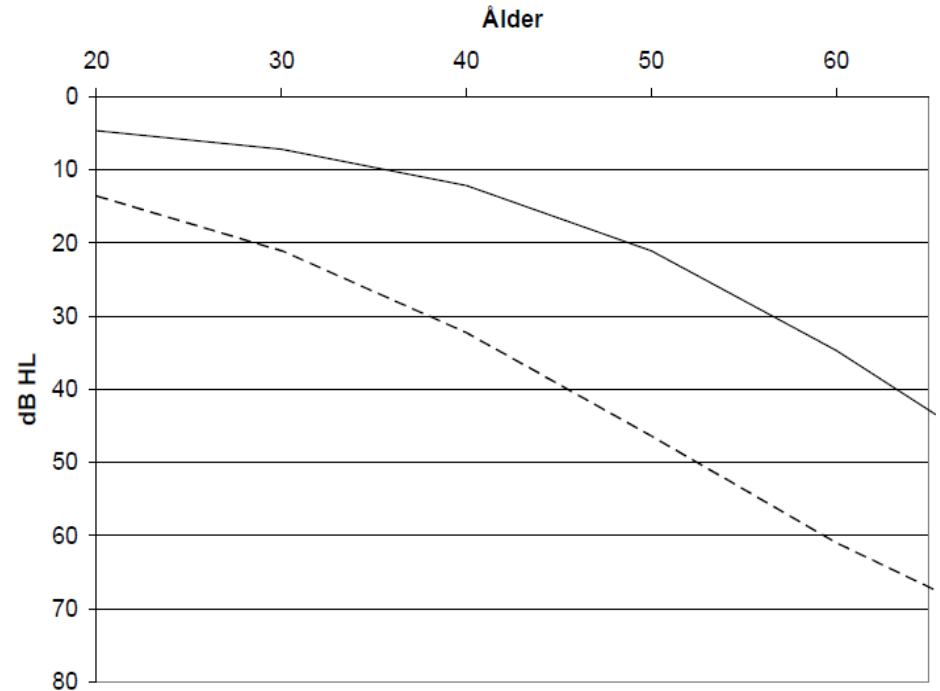


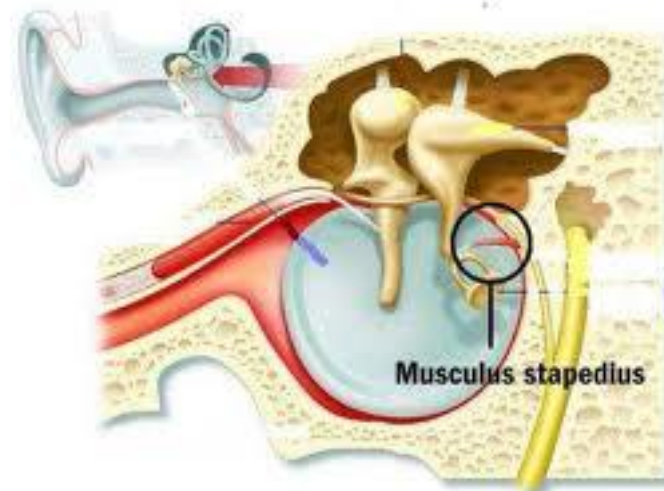
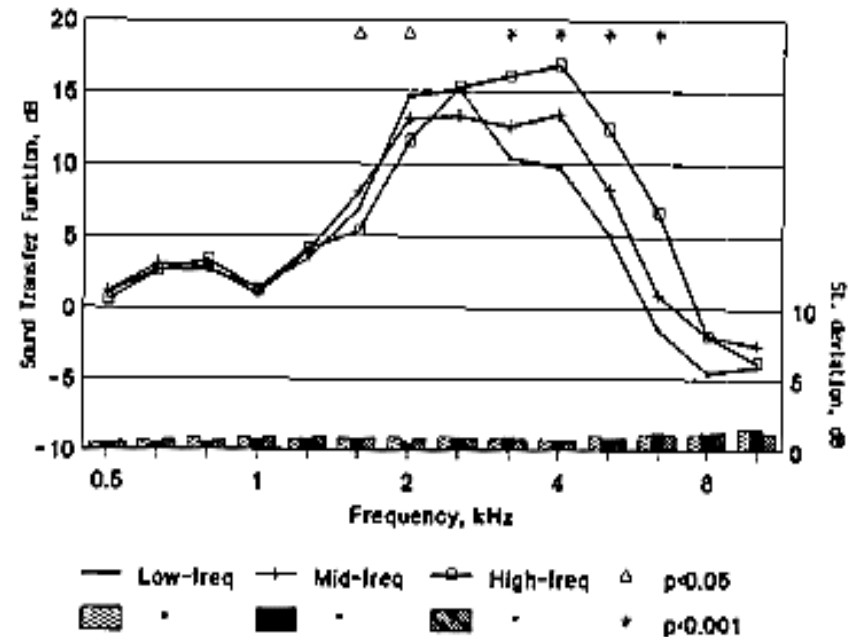
Fig. 94. Relationship between total number of inner hair cells and age. F indicates the full complement of cells as obtained from fetal material. The squares represent cochleas from "normal-hearing" subjects.



Medianvärden (heldragen kurva) och 90-percentiler (streckad kurva) för hörtröskelmedelvärde vid 3, 4 och 6 kHz som funktion av ålder för män (Johansson & Arlinger, 2002).

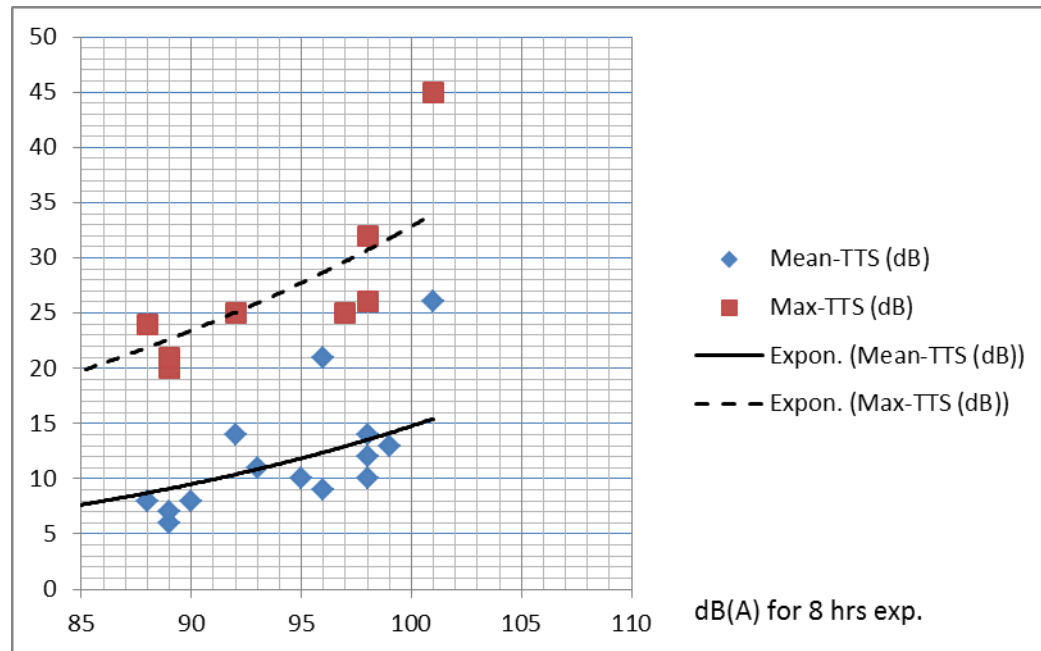
Individuell känslighet för buller

- Hörselgångens akustik
- Mellanörereflexen
 - Aktiveringsnivå
 - Dämpningseffekt
 - Uthållighet
- m.m.



Buller och temporär hörselnedsättning, TTS

- Effective quiet = exponering som inte orsakar TTS: ca 76-78 dB(A) enligt Melnick (1991).
- 8 timmars exponering vid 81 dB(A) gav medel-TTS på 7 dB (Mills et al, 1981).
- TTS överstigande 25 dB innebär risk för PTS (Ward et al, 1976; Mills et al, 1979).



Sammanställning av ett antal TTS-studier på människa efter engångsexponering för musik, omräknat till 8 timmars exponeringstid

men....

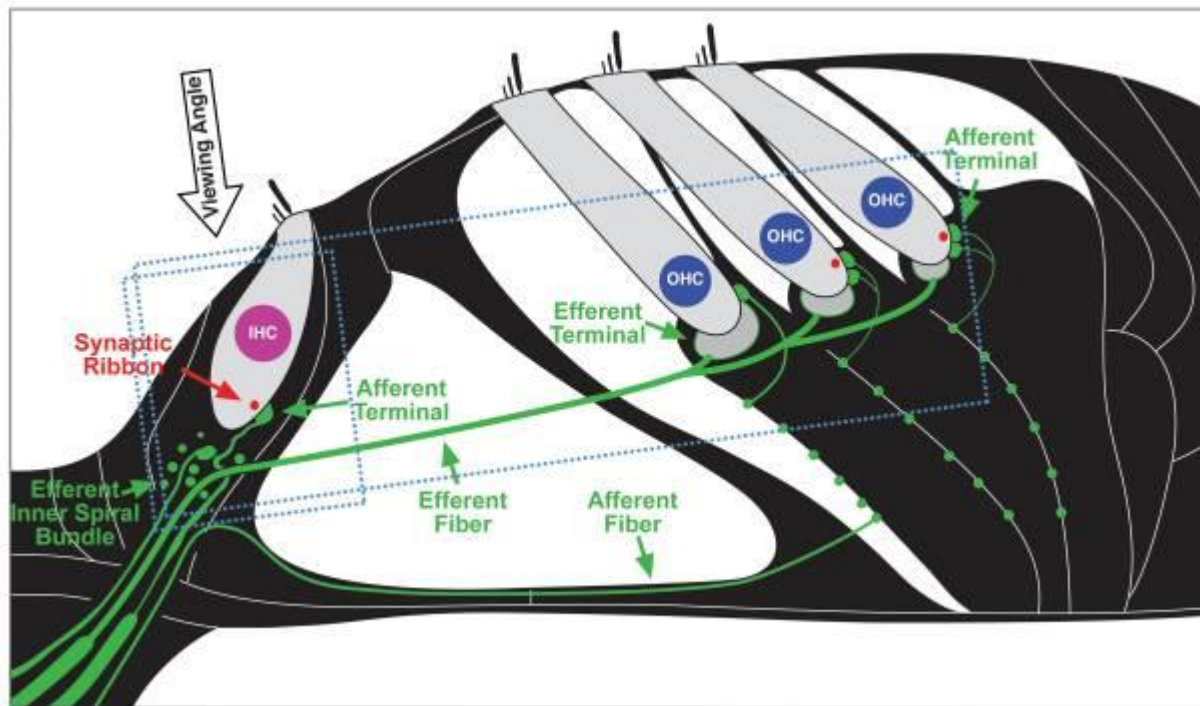
Adding insult to injury: Cochlear
nerve degeneration after
"temporary" noise-induced hearing
loss

SG Kujawa & MC Liberman
J Neurosc 29, 14077-85, 2009

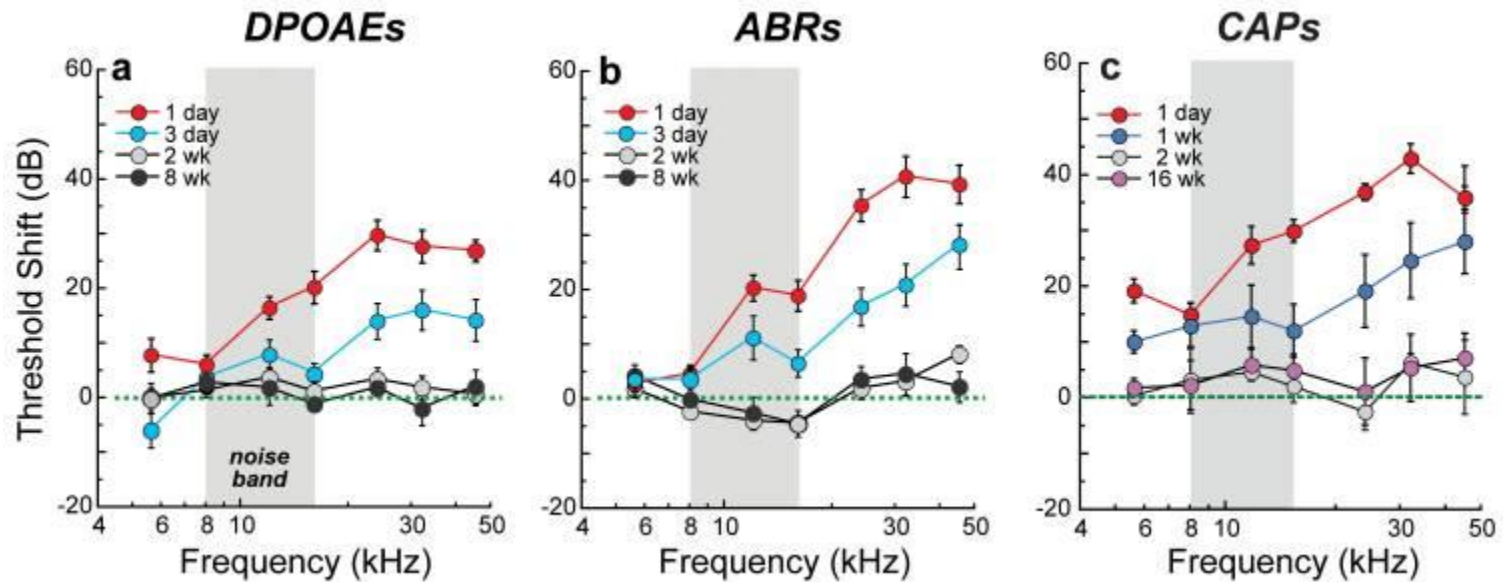
Metoder

- Möss i grupper om 4-21 djur beroende på undersökningsmetoder.
- Exponering för oktavbandsbrus (8–16 kHz) på 100 dB SPL under 2 timmar.
- Oexponerade kontrollgrupper
- DPOAE, ABR, histologi.
- Några djur följdes upp till 2 år efter exponeringen.

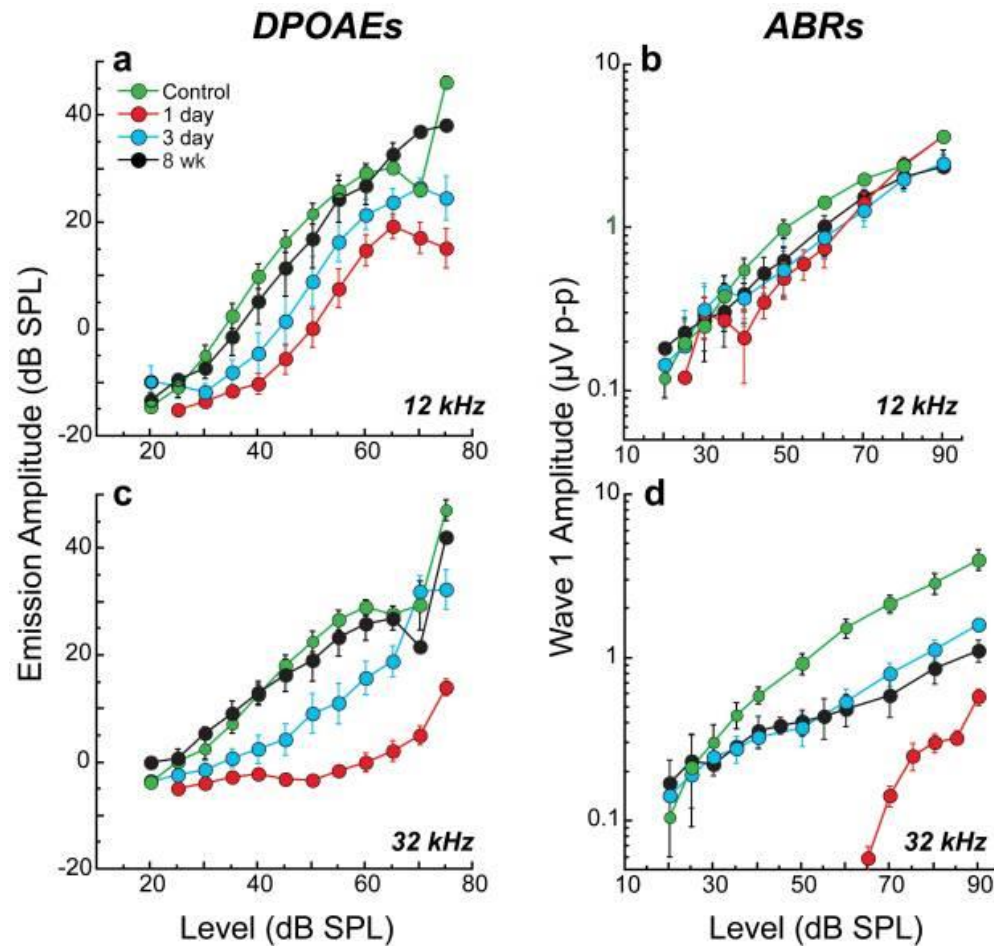
Fokus på IHC



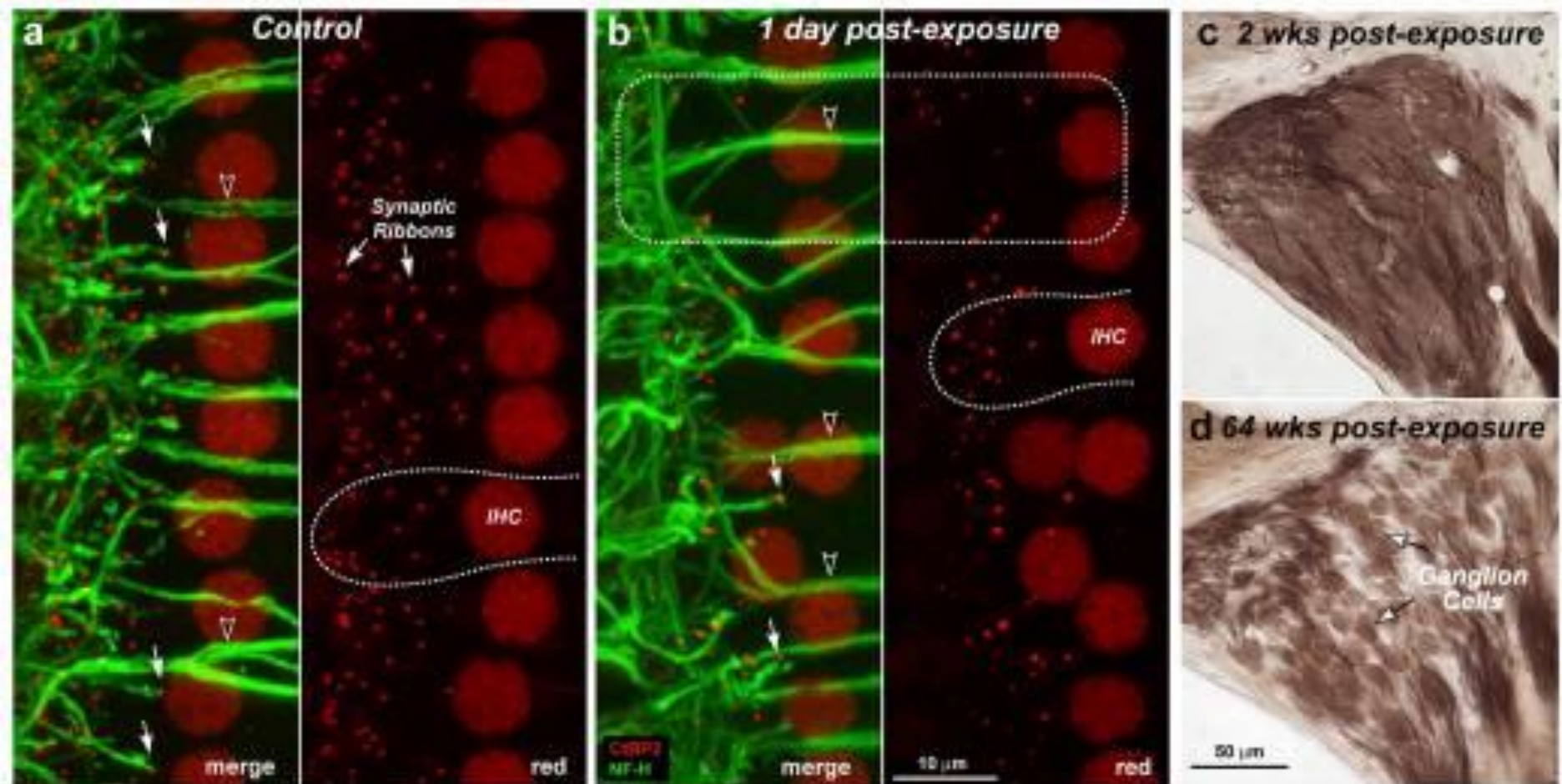
Hörtrösklar återgick till nivåer före exponering



Amplitud vs stimulusnivå för OAE och ABR vid 12 resp 32 kHz



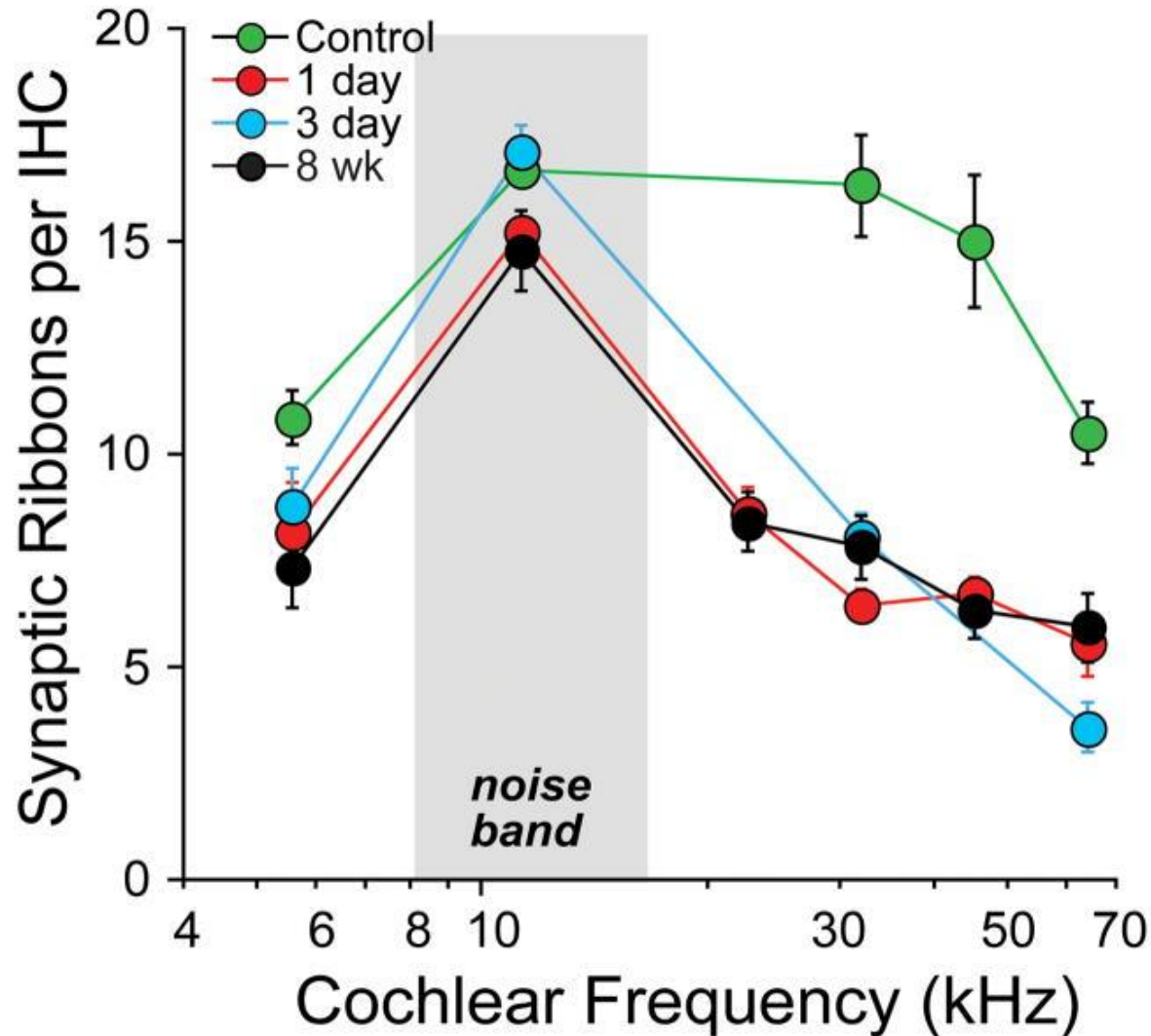
Trots reversibel hörtröskelpåverkan och intakta IHC uppvisar exponerade öron snabb förlust av cochleära synaptiska terminaler (a, b) och fördröjd förlust av cochleära ganglionceller (c, d).



Synaptic ribbons – synaptiska band

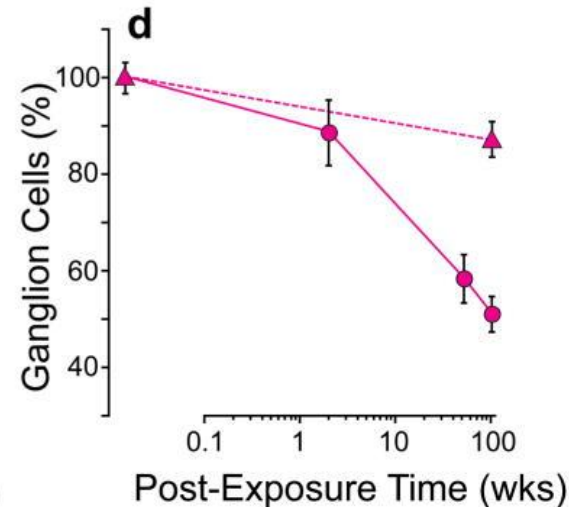
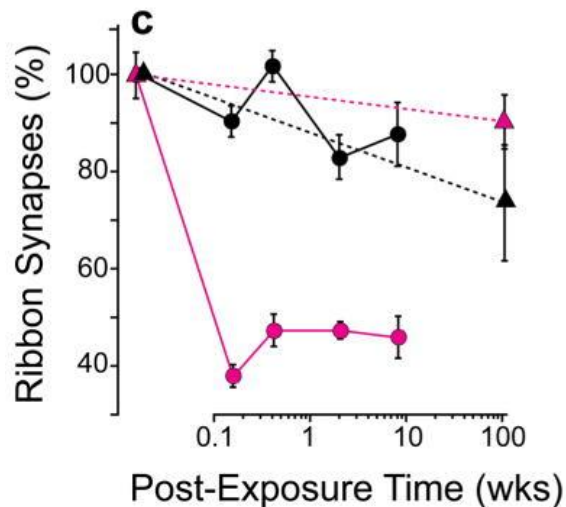
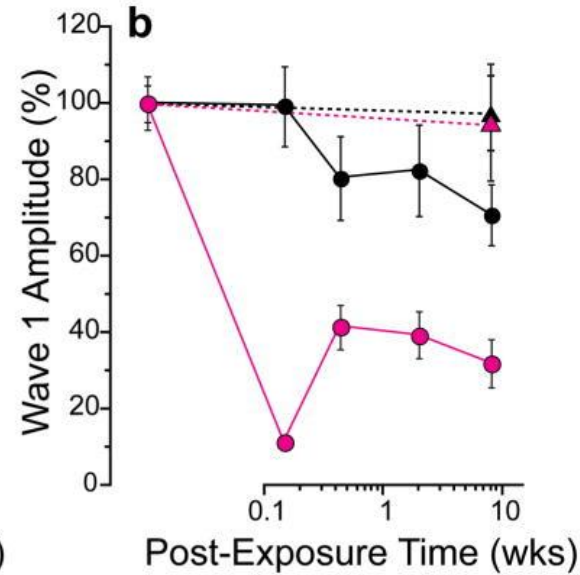
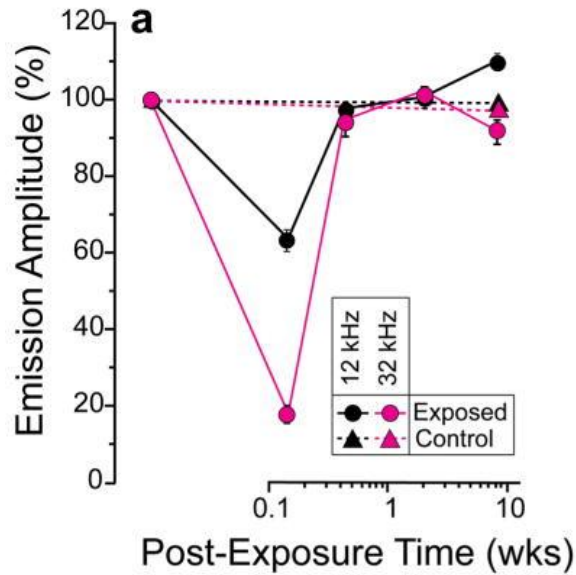
- **Ribbon-synaps** är en typ av nerv-synaps som karakteriseras av unika mekanismer som medger **snabb frisättning av neurotransmittor**.
- Detta gör att ribbon-synapsen kan förmedla **extremt snabb, exakt och ihållande signalöverföring, som är kritiskt för perceptionen via komplexa sinnesorgan som syn och hörsel**. Ribbon-synapser finns i näthinnans ljusreceptorceller, balansorganets receptorer och cochleans hårceller.

Antal synaptiska band per IHC hos kontrollöron och exponerade öron uppvisar förluster i hela den basala delen av cochlean



OAE-amplituder, ABR-våg I-amplituder, ribbon-synapser och ganglionceller över tid efter exponeringen

(12 kHz svarta symboler, 32 kHz röda symboler, trianglar=kontroll)



Slutsats

- **Resultaten indikerar att bullerorsakad skada i örat har progressiva konsekvenser som är mera utbredda än vad tonaudiogrammet visar. Denna primära nervskada antas bidra till svårigheter att höra i bullriga miljöer och kan bidra till tinnitus, hyperakusis och andra perceptuella problem som förknippas med inneröreskada.**

Ytterligare två studier har genomfört liknande experiment

Lin HW, Furman AC, Sharon G. Kujawa SG, Liberman MC. Primary Neural Degeneration in the **Guinea Pig** Cochlea After Reversible Noise-Induced Threshold Shift. J Assoc Res Otolaryngol 12, 605-615, 2011:

Resultaten indikerar att denervation av inre hårceller är en viktig följd av "reversibel" bullerorsakad hörselnedsättning som sannolikt gäller också människors öron.

Wang Y & Ren C. Effects of Repeated "Benign" Noise Exposures in Young CBA **Mice**: Shedding Light on Age-related Hearing Loss. J Assoc Res Otolaryngol 13(4):505-15, 2012

Denna massiva förlust av afferenta terminaler måste ha svåra konsekvenser för signalbehandlingen i de centrala hörselbanorna.

Oishi & Schacht (2011):

“(.....) etiska aspekter eliminerar den frivilliga TTS-modellen från att kunna användas för att utveckla behandlingar mot bullerskador.”

Le Prell et al (2012):

“Data tillgängliga för närvarande indikerar att TTS som överstiger 20 till 30 dB 24 timmar efter en bullerexponering har förmåga att åstadkomma långsiktiga förändringar i nervbanorna, åtminstone hos gnagare, och det finns ingen anledning att anta att fenomenet inte gäller också andra däggdjursarter.

Buller och permanent hörselnedsättning

- The American College of Occupational and Environmental Medicine's Task Force on Occupational Hearing Loss" (Kirchner et al, 2012) konstaterar att risken för bullerorsakad hörselnedsättning bedöms låg vid $L_{Aeq,8h}$ under 85 dB men ökar signifikant vid högre exponeringsnivåer.
- "The greatest burden of preventable occupational hearing loss was found in workers whose noise exposure averaged 85 dBA or less. To further reduce rates of occupational hearing loss, hearing conservation programmes may require innovative approaches targeting workers with noise exposures close to 85 dB(A)." (Rabinowitz et al, 2007)

Buller och permanent hörselnedsättning

- En rapport från Korea omfattade 81 arbetare i verkstadsindustri med genomsnittliga bullernivåer runt 82 dB(A) och 371 brandmän med uppskattade nivåer i området 76-79 dB(A) (Chung et al, 2012). Industriarbetarna uppvisade signifikant sämre hörtrösklar i området 2-3-4 kHz jämfört med brandmännen efter justering för ålder, antal arbetsår och rökning. Slutsats: Gränsvärdet 85 dB(A) förefaller inte vara tillräckligt konservativt.
- Seixas et al (2012) följde 258 unga byggnadsarbetare, från början lärlingar, och en åldersmatchad kontrollgrupp av studenter om 58 personer från år 2000 till 2010. Författarna konkluderade att studien visar på bullerorsakad hörselnedsättning vid en genomsnittlig exponering runt 85 dB(A).

Buller och tinnitus, hyperakusis

- WHO-rapport om samhällsbuller (2011): det saknas tillförlitliga data om exponering i relation till tinnitusrisk.
- Tinnitusbesvären var inte signifikant korrelerade till graden av hörselnedsättning eller bullerexponeringens längd (Mrena et al, 2007).
- Flera rapporter har påvisat att tinnitus kan förekomma som enda följd av bullerexponering utan mätbar hörselnedsättning (Weisz et al, 2006; Gu et al, 2010).
- Djurstudier indikerar att även mycket måttliga ljudexponeringar kan orsaka förändringar i hjärnstammens hörselbanor som kan vara kopplade till uppkomsten av tinnitus (Bauer et al. 2008; Dong et al 2010; Pilati et al 2012).

Buller och påverkan på andra hörfunktioner

- *Kumar et al. Temporal and speech processing skills in normal hearing individuals exposed to occupational noise. Noise and Health. 14(58):100-105, 2012.*
- Tre grupper lokförare med HTL ≤ 25 dB HL 125-8000 Hz.
 $L_{Aeq8h} > 80$ dB under mer än 10 år:
 - 30-40 år: 13 personer
 - 40-50 år: 9 personer
 - 50-60 år: 6 personer
 - 3x30 oexponerade personer som kontroll

Kumar et al 2012

and $P < 0.05$ for the age group of 50–60 years)].

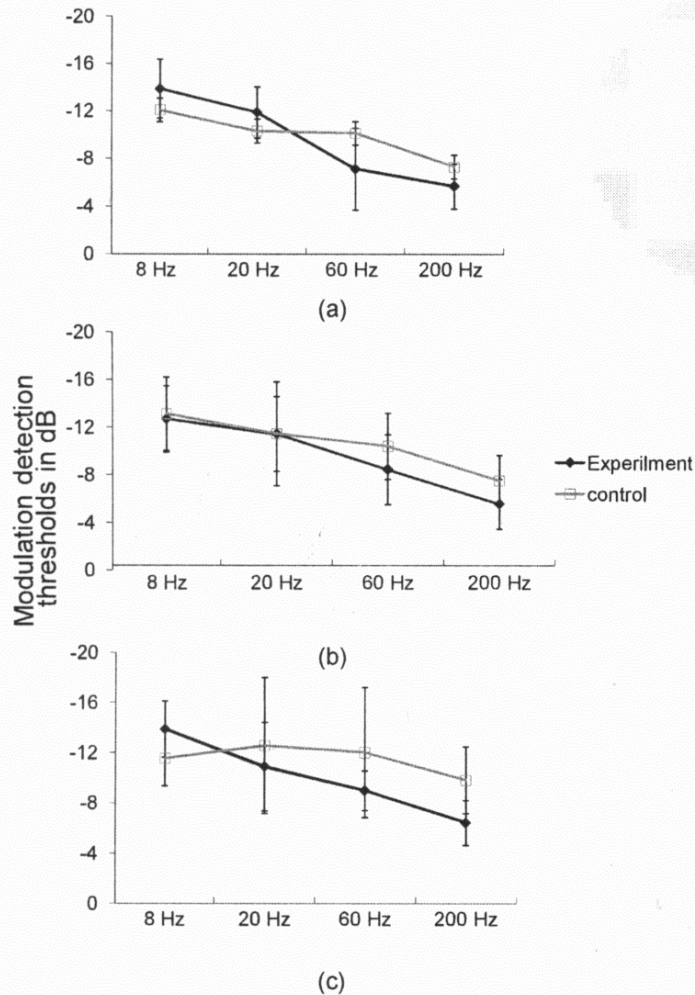


Figure 2: Modulation detection thresholds in noise exposed participants and control group for 30-40 group (a), 41-50 years (b) and 51-60 (c). Error bars indicate one standard deviation of error

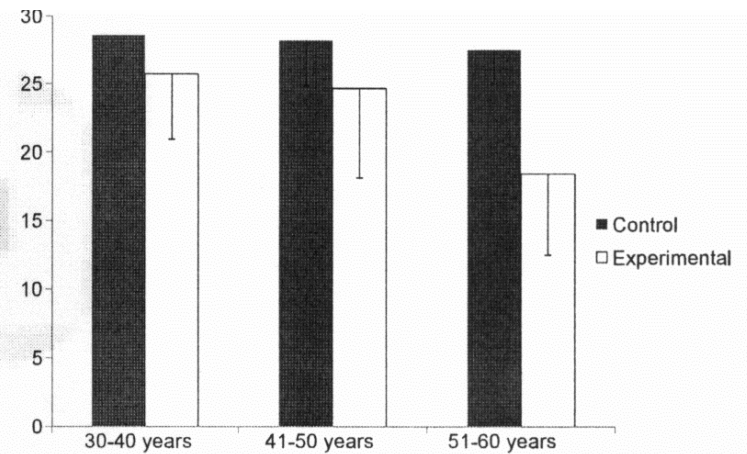


Figure 3: Duration pattern scores in noise exposed participants and control group. Error bars indicate one standard deviation of error

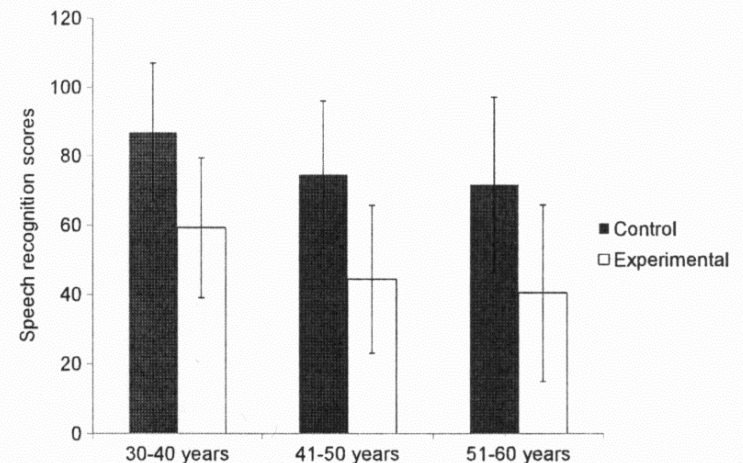


Figure 4: Speech recognition scores in noise exposed participants and control group. Error bars indicate one standard deviation of error

Buller och påverkan på andra hörfunktioner

- *Hope et al, 2013: Effects of chronic noise exposure on speech-in-noise perception in the presence of normal audiometry. J Otol Laryngol, 2013:*
- 10 unga RAF-piloter med normala hörtrösklar
- 10 åldersmatchade administratörer med normala hörtrösklar.
- Taluppfattning i bakgrundsbrus signifikant sämre hos piloterna – medelskillnad 3,9 dB i S/N.

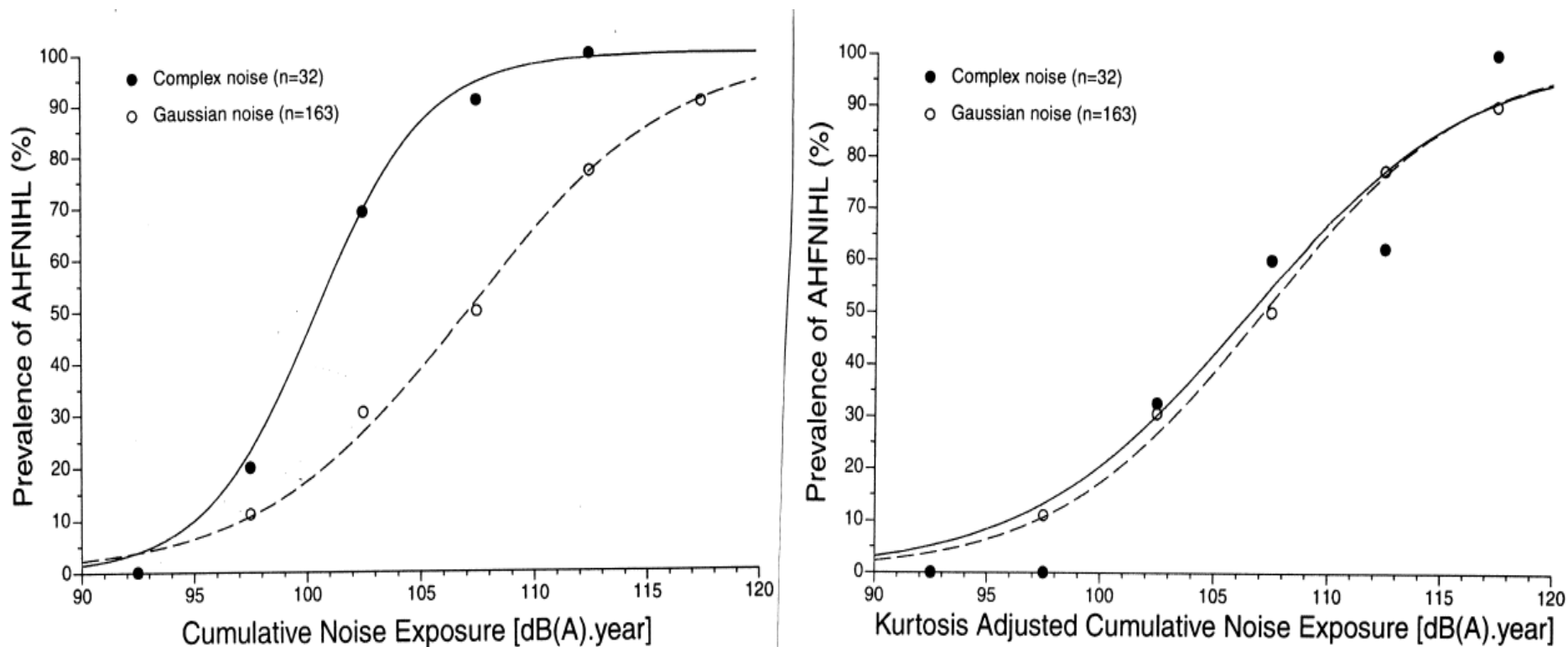
Slutsats

- Resultaten indikerar att buller kan ge upphov till väsentliga förvrängningar i behandlingen av övertröskliga temporala funktioner vilket kan bidra till svårigheter att uppfatta i svåra lyssningsituationer trots normala hörtrösklar.

Impulsbuller

- Etablerat riskmått: C-vägd impulstoppnivå, L_{pCpeak}
- NATO (2003): A-vägd Sound Exposure Level, SEL
- Kurtosis-metoden (Davis et al, 2009; Zhao et al 2010):
 - Kurtosis är ett matematiskt begrepp som beskriver hur sannolika de mer extrema utfallen är för en given sannolikhetsfördelning. Normalfördelningen har en kurtosis lika med tre och storheten är ett mått på hur mycket en sannolikhetsfördelning avviker från en vanlig normalfördelning.

Kurtosismetoden



Figur 13.1 Till vänster visas prevalensen av åldersjusterad hörselnedsättning som funktion av kumulativ bullerexponering i dB(A)·år för grupper som exponerats för gaussiskt buller (öppna cirklar) respektive icke-gaussiskt buller (fyllda cirklar) utan korrektion för kurtosis. Till höger visas prevalensen som funktion av kurtosis-justerad ackumulerad bullerexponering. Resultat från 195 arbetare i textil- och metallindustri i Kina (Zhao et al, 2010).

Impulsbuller

- AHAAH - Auditory Hazard Assessment Algorithm for Humans.
 - utvecklad inom försvaret i USA men också använd vid riskbedömning i samband med air-bags i bilar (Price 2005, 2007a, 2007b).
 - baserar sig på bedömning av svängningsrörelsen på basilarmembranet i innerörat, orsakad av en impuls
 - bygger på en modell av ljudöverföringen genom ytteröra och mellanöra till innerörat
 - inkluderar olineariteter i mellanörats funktion
 - för ett givet impulsljud beräknas ett visst ARU-värde: ARU = Auditory Risk Units. En exponering som innebär 500 ARU resulterar enligt modellen i en TTS om högst 25 dB mätt 30 minuter efter exponeringen. För att ingen TTS ska uppstå skall exponeringen understiga motsvarande 200 ARU.

Interaktion

- Skiftarbete
 - för gravida finns visst stöd för att kombinationen skiftarbete och höga bullernivåer kan öka risken för minskad födelsevikt hos barnet.
- Vibrationer
 - interaktion mellan buller och hand-arm-vibrationer är svårt att belägga utifrån befintlig kunskap, men longitudinella studier tyder på en möjlig samverkan.
- Lösningsmedel
 - epidemiologiska studier på människa är delvis svårtolkade men tyder på risk för interaktion vid samtidig exponering för lösningsmedel och buller.
- Bekämpningsmedel
 - både bekämpningsmedel och bly tycks kunna påverka hörsel hos exponerade människor. Tydligt stöd för interaktion med bullerexponering saknas dock.
- Acetylsalicylsyra
 - TTS-studier på människa har inte kunnat påvisa någon interaktion med buller. Djurförsöken indikerar att det kan finnas en viss skyddseffekt av ASA, men om detta gäller också människa är ej känt.
- Rökning
 - ett antal rapporter har påvisat samband mellan rökning och hörselnedsättning. Inga tydliga belägg finns dock för interaktion.
- Ärftlighet
 - Ett flertal ärftliga faktorer samspelar med den akustiska exponeringen med avseende på risk för hörselskada.

Speciella grupper

- Gravida
 - sannolikt försumbar risk för hörselskada eller annan påverkan på fostret när gällande gränsvärden ej överskrids. Däremot föreligger fynd som talar för att $L_{EX,8h} \geq 85$ dB kan ha negativa effekter i form av bl.a. låg födelsevikt för barnet.
- Äldre
 - epidemiologiska studier på människa är tvetydiga i frågan om en tidigt grundlagd bullerskada ökar eller minskar den åldersrelaterade hörselnedsättningen vid högre ålder.
- Hörapparatbrukare
 - risken för att användande av moderna hörapparater skulle kunna bidra till försämrade hörtrösklar är försumbar.
- Musiker
 - arbetsmiljön för yrkesmusiker orsakar i mycket liten utsträckning hörselnedsättning, men däremot är prevalensen av tinnitus, hyperakusis och diplakusis tydligt högre än i befolkningen i allmänhet.

Behandling av bullerskador

- Farmakologisk behandling
 - Antioxidanter och magnesium har på djur visats kunna förebygga och också tillförd strax efter exponering minska skada.
 - Resultat på människa osäkra men vissa positiva fynd har rapporterats
- Återbildning av hårceller
 - Fåglar och många ryggradsdjur har förmåga att återskapa hårceller i innerörat efter skada men däggdjur inklusive människa tycks sakna detta.
 - Genterapi och stamcellsbehandling har i djurförsök visat framgångsrika resultat på marsvin och möss. Till behandling på människa är vägen lång.

Sammanfattning 1

- Två personer med identiska tonaudiogram kan skilja sig markant med avseende på sina hörselproblem i verkligheten. Kliniskt normala hörtrösklar betyder inte alltid normal hörsel!
- Hörselnedsättning orsakad av påverkan på innerörats funktioner återspeglar främst de yttre hårcellernas tillstånd.
- Ett antal studier på människa har påvisat försämrade hörselfunktioner, t.ex. i form av taluppfattning i bakgrundsbuller eller i form av tinnitus och hyperakusis, trots hörtrösklar inom kliniskt normalt område.

Sammanfattning 2

- Djurförsök har visat att bullerexponering som orsakar TTS men ej PTS trots detta kan ge väsentliga skador på inre hårceller och hörselnerv.
- Om detta också gäller människa är okänt. Tyvärr saknas validerade kliniska metoder att bedöma tillståndet hos de inre hårcellerna på människa.
- Ska försiktighetsprincipen tillämpas bör man som flera forskare påpekat betrakta all TTS som uttryck för akustisk exponering som potentiellt kan orsaka permanenta skador på innerörats nervstrukturer.

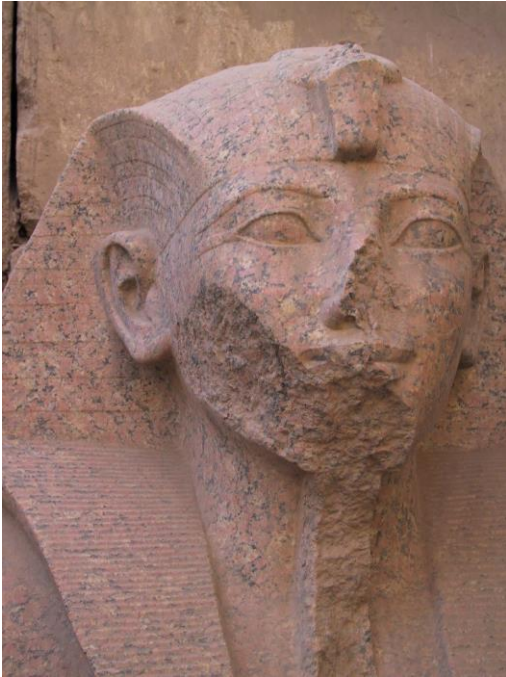
Sammanfattning 3

- Med målsättning att sannolikheten för att drabbas av TTS i arbetsmiljön skall vara försumbar och med tillämpning av försiktighetsprincipen borde gränsvärdet sänkas till $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$.
- **Impulsljud**: Dagens gränsvärde baserat på $L_{pCpeak} = 135 \text{ dB}$ innebär med största sannolikhet försumbar risk för skada från enskilda impulser.
- Kurtosis-metoden har väsentlig potential att med bättre noggrannhet beskriva risken för hörselskada vid komplex exponering. Dock komplex procedur.
- AHAAH-metoden ett intressant alternativ för militärt bruk – dock med ARU max 200 (=försumbar TTS).

Sammanfattning 4

- Interaktion tycks föreligga mellan buller och
 - vibrationer
 - lösningsmedel
- Ärftlighet påverkar men komplext
- För gravida kan finnas risk för låg födelsevikt
- Musiker är en sårbar yrkesgrupp p.g.a. yrket
- Behandling av bullerskador ännu på experimentellt stadium

Tack för mig!



Exempel på stenöron!