

ONIPG

307

Overdruk

Mens en Onderneming

JULI 1967

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR
PRAEVENTIEVE
GENEESKUNDE



TWEEMAANDELIJKS TIJDSCHRIFT XXIIe JAARGANG — AFLEVERING 4

TNO

24847

Onderzoek naar de vaardigheid van het spraak-verstaan bij beroepshardhorendheid

(Ontwikkeling van bedrijfsspraakaudiometrie)

door H. E. Lindeman *)

Het is reeds tientallen jaren bekend, dat werken in ruimten waar veel lawaai voorkomt vermindering van het gehoor kan veroorzaken. De gevolgen daarvan zijn veel ingrijpender dan de normaal-horende zich in het algemeen realiseert. Bij alle beschouwingen over lawaai, hardhorendheid en doofheid moet men goed overwegen, dat de taal het belangrijkste middel is voor communicatie tussen mensen. Iedere aantasting van het hoororgaan betekent, dat de mens gedeeltelijk wordt uitgeschakeld van het voor zijn mens-zijn noodzakelijke contact met de medemensen. Snelle opsporing van gehoorvermindering en maatregelen tegen verdere verslechtering zijn niet alleen voor de patiënt, maar eveneens voor het bedrijf waarin hij werkt van betekenis. Hierdoor blijkt de grote sociale betekenis van gehoorverlies voor de gehele maatschappij.

Die snelle opsporing kan het beste geschieden door middel van audiometrie: een techniek om kwalitatieve afwijkingen van het hoororgaan te meten. Er zijn twee soorten audiometrie: *toonaudiometrie* — waarmee men in het algemeen gehoorscherptheid kan nagaan — en *spraakaudiometrie*, waarmee afwijkingen bij het verstaan van spraak vastgesteld kunnen worden. De spraakaudiometrie is een vrij ingewikkelde techniek, die van de onderzoekers veel speciale scholing en ervaring eist. Uit de spraakaudiometrie is, ten dienste van bedrijfsgeneeskundigen, een eenvoudiger en toch doeltreffende techniek ontwikkeld: de *bedrijfs-spraakaudiometrie*. Over deze technieken handelt dit artikel.

Wij bespreken verder lawaai, dat *echte beschadigingen kan veroorzaken aan het gehoororgaan* ("traumatiserend lawaai"). Er komt ook lawaai van geringere intensiteit voor dat *psychische reacties* kan teweeg brengen. Tussen dit gebied en het traumatiserend lawaai kan men nog een derde soort lawaai registreren, dat vrijwel zeker invloed heeft op de ademhaling, de bloedsomloop en de spijsvertering, dus op de *vegetatieve functies van het lichaam*. Bespreking van de psychische en vegetatieve reacties op lawaai zou ons te voeren; zij blijven hier dus verder buiten beschouwing.

Onherstelbare beschadiging

Bij een beroeps-hardhorendheid of -doofheid is altijd het zintuigelijke gedeelte van het gehoororgaan beschadigd door overmatig sterke geluidsprik-

*) Medewerker van het Nederlands Instituut voor Praeventieve Geneeskunde TNO, afdeling Arbeidsgeneeskunde, hoofd dr. F. H. Bonjer.

kels. Die hardhorendheid of doofheid betreft meestal beide oren; zij is altijd onherstelbaar.

Slechts voor voortdurend aanwezig ('continu') lawaai, waaraan werknemers permanent zijn blootgesteld, is het mogelijk gebleken de grens aan te geven tussen schadelijk en onschadelijk lawaai. Deze grens noemt men het 'damage risk criterion' ¹⁾.

Indien het lawaai, waaraan werknemers onderhevig zijn, *niet* continu van aard is, kan men alleen audiometrisch ²⁾ bepalen of zij gevaar lopen hardhorend of doof te worden. Met toonaudiometrisch onderzoek is vast te stellen of het gehoororgaan van de onderzochte afwijkingen vertoont, en in welk gedeelte van het frequentiegebied. Op het audiogram (gehoorkaart) staat de normaallijn (nullijn) al aangegeven, zodat een eventueel geregistreerd gehoorverlies onmiddellijk afgelezen kan worden. Dat verlies duidt men aan in decibels (dB) ³⁾.

Lawaaidoofheid kenmerkt zich door een karakteristiek toonaudiogram. Het gehoor, dat door lawaai (vaak omschreven als 'ongewenst geluid') beschadigd is heeft zijn sterkste verlies bij een toonhoogte van 4000 Hz ⁴⁾. Het is van groot belang om een beginnende 'dip' in het gehoor op te sporen, teneinde maatregelen te kunnen nemen om de werknemer tegen verder gehoorverlies te beschermen. Het toonaudiogram is een diagnostisch hulpmiddel. Het geeft echter alleen uitsluitsel op de vraag, of de gevonden gehoorvermindering een lawaaidoofheid is of niet, en in hoeverre er relatie bestaat tussen het geregistreerde verlies en het schadelijke lawaai.

Complexen van trillingen

Men is er reeds lang van doordrongen dat het nuttig is naast de toonaudiometrie een methode te hebben, die inzicht geeft in het verstaan van spraak. Het toonaudiogram geeft een inzicht in het waarnemen van harmonische trillingen (zuivere tonen). Bij het verwerken van spraak moet het gehoororgaan complexen van trillingen verwerken, die snel in sterkte en frequentie wisselen. Daar staat tegenover, dat we voor het verstaan van spraak slechts een gedeelte van de mogelijkheden van ons hoororgaan nodig hebben, namelijk het gebied tussen de 300 en 3000 Hz. Grofweg kan men voor het verstaan van spraak dat frequentiegebied in tweeën delen:

¹⁾ 'Damage risk criterion' is door de International Organization for Standardization (ISO) opgestelde schadelijkheidsgrens voor blootstelling aan lawaai tijdens tenminste vijf uren per dag, vier dagen per week, gedurende tenminste tien jaar aan een gelijkmatig en onveranderlijk geluid.

²⁾ Audiometer is een *electronisch apparaat* waarmee de gehoorscherpheid voor zuivere tonen bepaald kan worden voor lucht- en beengeleiding.

³⁾ dB = decibel: de maat waarin de intensiteit van het geluid wordt uitgedrukt.

⁴⁾ Hz = Hertz: aantal trillingen per seconde = toonhoogte.

a. voor het waarnemen van klinkers, het lage-tonen gebied beneden de 1500 Hz;

b. voor het waarnemen van medeklinkers, het hoge-tonengebied tussen de 1500 en 3000 Hz.

Klinkers klinken relatief luider dan medeklinkers, maar zij geven op zichzelf weinig informatie over wat er meegedeeld wordt. De spraak krijgt zijn accenten, dus zijn verstaanbaarheid, door uitspraak (articulatie) van de medeklinkers.

Iemand met een gehoorsvermindering in het lage-toongebied (300 tot 1500 Hz) hoort de klinkers minder goed. Hij heeft baat bij luider spreken, of bij versterking van de 'aangeboden' woorden door middel van een hoortoestel. Hiermee is vrijwel altijd een vaardigheid in het verstaan van spraak van 100 procent bereikbaar.

De mens echter, die lage tonen (klinkers!) goed kan waarnemen, maar een afwijkend gehoor heeft voor hoge tonen, is méér gehandicapt, omdat bij het spreken met hardere stem of versterking van de aangeboden spraak met een hoortoestel niet alleen de medeklinkers, maar ook de klinkers worden versterkt. Voor deze patiënten wordt dan de spraak niet verstaanbaarder, omdat die versterking dikwijls leidt tot een verwisseling van de laatste ('finale') medeklinkers. Zij verstaan bij voorbeeld *lat* in plaats van *lap*; ze zijn het meeste gebaat bij langzaam en gearticuleerd spreken.

Er zijn meer moeilijkheden voor de laatste groep patiënten: zij hebben — bij voorbeeld — enorme hinder van door elkaar heen praten. Dezelfde moeilijkheden doen zich voor bij ouderdomshardhorendheid en bij sommige vormen van aangeboren doofheid. Een veel door deze patiënten geuite klacht is: 'Ik hoor u wel, maar ik versta u niet'.

Bij sommige vormen van binnenoordoorheid — zoals onder andere lawaai-doofheid — wordt het verstaan van de aangeboden spraak nog verslechterd door 'regressie'. Hieronder verstaat men een abnormale luidheidssensatie bij toeneming van de geluidprikkel. Opmerkelijk is, dat regressie gunstig werkt op de vaardigheid in het verstaan van spraak als het gehoorverlies in het spraakgebied (300 tot 3000 Hz) minder is dan 40 dB; daarboven heeft het een bijzonder ongunstige invloed. Spreekt men normaal, dan klaagt de patiënt over onverstaanbaarheid; spreekt men luider dan ervaart hij dit als schreeuwen.

Een andere, veel geuite klacht van lawaaidoven is het oorsuizen, dat in allerlei vormen, sterkten en tijdsduur kan voorkomen. Op grond van al deze klachten mag men bij lawaaidoven weinig heil verwachten van het gebruik van een hoortoestel.

Achtergrondgeluiden

We beschouwen de spraak van de mens als een symboolgeluid, dat in belangrijke mate ons doen en laten bepaalt. We horen die spraak nooit in z'n zuivere vorm: er zijn altijd achtergrondgeluiden aanwezig, zoals het tikken van een klok, straatrumoer en het suizen van de wind, maar deze geluiden dringen niet tot ons bewustzijn door. Voorts onderscheiden we signaal- of waarschuwingsgeluiden, die vaak ons handelen beïnvloeden: het opendoen van de voordeur als er gebeld wordt. Deze andere functie van het horen — het localiseren en identificeren van geluiden — zijn echter van secundaire betekenis ten opzichte van het spraakgehoor.

Van oudsher wordt voor het vaststellen van het goed of minder goed functioneren van het gehoororgaan de conversatie- en fluisterstem gebruikt. Deze testmethode is, hoewel ze de werkelijkheid het meest benadert, te weinig exact. Het is voor de best geoefende onderzoeker ondoenlijk met constante sterkte en intensiteit te fluisteren of testwoorden uit te spreken. Het fluisteren geschiedt met reservelucht, die een meer constante geluidssterkte verzekert dan de conversatiespraak, welke gekenmerkt wordt door wisselende sterkte. Maar zelfs bij het waarnemen van fluisteren treedt bij lawaaidoven een vertekening in negatieve zin op.

Om dit te ondervangen en het onderzoek naar de kwaliteit van het gehoororgaan volgens constante normen te doen geschieden is in de kliniek de spraakaudiometrie ontwikkeld. Men gebruikt bij deze methode zorgvuldig samengestelde lijsten van 400 woorden, die in vrijwel gelijke groepen van tien woorden met een stijgende graad van moeilijkheid zijn gerangschikt. Deze woorden worden met verschillende intensiteit aan de onderzochte 'aangeboden'.

Als 'prikkelmateriaal' kunnen in de woordenlijsten onder meer woorden van één lettergreep (monosyllaben) of nonsens-woorden worden opgenomen. Zij hebben het voordeel, dat de patiënt ze niet gemakkelijk aan een meer-voudige klank of zinrijkheid herkent. Het gebruik van meerlettergrepige woorden en zinnen heeft nadelen:

- a. gelijkbetoonde tweelettergrepige woorden (spondeën) zijn herkenbaar door de sterke wisselwerking tussen beide lettergrepen (bief-stuk: biefstuk);
- b. op zichzelf staande zinnen of een doorlopende tekst maken het de luisteraar te gemakkelijk. Door het vermogen tot anticipatie — vooruitlopen op te verwachten waarnemingen — weet de luisteraar veelal wat de spreker (verder) gaat zeggen. De verstaanbaarheid van het gesprokene wordt te groot, het testen van gehoorverliezen daardoor moeilijker.

Nonsens-woorden hebben theoretisch het voordeel, dat men met een klein aantal woorden alle denkbare klankcombinaties kan samenstellen. In de prak-

tijk is reeds lang aangetoond, dat het ook bij normaal-horenden zelfs na een lange periode van training niet gelukt om met nonsens-woorden meer dan hooguit 90 procent spraakverstaan te halen. De wil tot het herkennen van een bestaand woord is zo groot dat het werken met nonsens-woorden geen goede onderzoek-resultaten geeft.

Woorden van één lettergreep (monosyllaben) zijn in geringe mate herkenbaar. Zij bestaan gemiddeld uit drie spraakklanken (fonemen): medeklinker-klinker-medeklinker. Het percentage woorden, dat de onderzochte goed verstaat, wordt als functie van de intensiteit uitgezet op het spraakaudiogram. In dit spraakaudiogram bepaalt men het punt, waarbij de patiënt 50 procent van de aangeboden woorden verstaat en men bepaalt het punt waarop hij de maximale hoeveelheid 'aangeboden' spraak verstaat. Vele lawaaidoven bereiken op geen enkel punt een volledige vaardigheid in het verstaan van spraak.

Met de in het kort geschetste spraakaudiometrie is het mogelijk het verlies aan gehoorscherpheid binnen vrij nauwe grenzen te bepalen. Ze vergt wel veel tijd, goed getrainde onderzoekers en een onderzoekruimte die aan bepaalde eisen voldoet. Bovendien is de apparatuur, die ervoor nodig is, vrij kostbaar. Primair is de klinische methode van spraakaudiometrie bedoeld als hulpmiddel voor het aanpassen van hoortoestellen. Ze is echter ook bij ooroperaties goed bruikbaar. Men maakt vóór de operatie en na de klinische genezing een spraakaudiogram om een goed inzicht te krijgen in de mogelijke verbetering.

Snelle, betrouwbare methode

Juist vanwege de in de vorige alinea geschetste bezwaren van de klinische spraakaudiometrie — veel tijd, goed getrainde onderzoekers, speciale onderzoekruimte, vrij hoge kosten — is er bij Nederlandse bedrijfsartsen de behoefte ontstaan aan een methode om snel en toch betrouwbaar spraakaudiogrammen te vervaardigen teneinde zich een beeld te vormen van de sociale betekenis van gehoorverlies bij aan schadelijk lawaai blootgestelde werknemers.

De werkgroep Audiometrie van de Commissie Arbeidsgeneeskundig Onderzoek (CARGO) van TNO heeft daarom aan de sectie Audiologie ¹⁾ van de afdeling Arbeidsgeneeskunde van het Nederlands Instituut voor Praeventieve Geneeskunde TNO verzocht na te gaan, of de conventionele klinische spraakaudiometrie gewijzigd kan worden tot een bedrijfsgeneeskundige onderzoeksmethode. In samenwerking met het Audiologisch Centrum ²⁾ van de

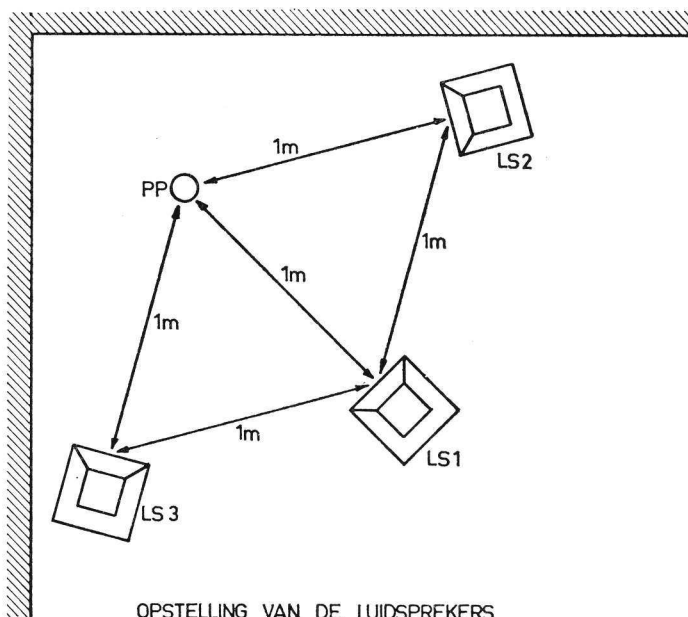
¹⁾ Hoofd: Flora van Laar, arts.

²⁾ Hoofd: prof. J. J. Groen.

kliniek voor keel-, neus- en oorziekten van de Stichting Academisch Ziekenhuis te Utrecht heeft het elektronisch laboratorium van het NIPG/TNO een bedrijfsspraakaudiometer ontwikkeld.

Bij het onderzoek met deze bedrijfsspraakaudiometer wordt gebruik gemaakt van de in Utrecht samengestelde woordenlijst. De lijst bestaat uit 400 éénlettergrepige woorden, die door een uitermate geofende spreekster op een band zijn gesproken. Tussen elk woord is een pauze van vier seconden om de patiënt gelegenheid te geven het gehoorde te herhalen. Per groep van tien monosyllaben worden bij de (Utrechtse) woordenlijst ongeveer 30 fonemen aangeboden. Dit is een voldoende benadering van de spreektaal die uit 45 à 50 fonemen bestaat. Uit ervaring weten we dat het voor het voeren van een gesprek tussen twee mensen voldoende is om over een verstaanbaarheid voor monosyllaben van ongeveer 85 procent te beschikken.

Voor het onderzoek met de bedrijfsspraakaudiometer wordt gewerkt met een stereobandreceder. Op de bandrecorder zijn drie luidsprekers aangesloten. Zij zijn zo opgesteld dat ze met de onderzochte twee gelijkzijdige driehoeken vormen (alle zijden één meter lang). De proefpersoon zit op één meter afstand recht voor de middelste luidspreker, die iedere vier seconden een monosyllabe aanbiedt.



Bij dit bedrijfsaudiometrisch onderzoek gebruikt men naast de monosyllaben een stoorruis. De twee luidsprekers opzij, de een één meter van het rechter oor, de ander één meter van het linker oor van de proefpersoon, geven die stoorruis. Deze heeft een tweeledig doel: ten eerste komt het luisteren naar en verstaan van spraak tegen een achtergrond van stoorruis meer overeen met de werkelijkheid, in de tweede plaats wordt het eventueel in de onderzoekruimte aanwezige omgevingslawaaï door de stoorruis gemaskeerd. De gebruikte stoorruis is een 'cocktail party' stoorgeluid, overeenkomend met het geroezemoes van een groep door elkaar pratende mensen in een ruimte.

Na langdurig laboratorium- en veldonderzoek is gebleken dat mensen met een normaal toonaudiogram in staat zijn om honderd procent spraakverstaan te halen, indien de stoorruis 10 dB lager ligt dan de intensiteit van de aangeboden monosyllaben. De geschetste methode vergt in totaal vijf minuten ter vaststelling van een discriminatie-verlies ¹⁾ voor het verstaan van conversatiespraak.

Beroepsanamnese

Bij ons onderzoek nemen wij, behalve het toondrempel- en bedrijfsspraakaudiogram, ook een uitvoerige anamnese op. Met name wordt veel aandacht besteed aan de beroepsanamnese. We trachten zo nauwkeurig mogelijk te vernemen aan wat voor soort lawaai de onderzochte in vorige werkkringen was blootgesteld. Uiteraard is het soms niet mogelijk om dit gegeven volledig te verkrijgen. Ook informeren we uitvoerig naar subjectieve klachten in verband met het verstaan van conversatiespraak en het luisteren naar muziek. Er wordt geïnformeerd naar het verstaan in enkele situaties, zoals tijdens een tweegesprek in een rustige omgeving, een tweegesprek in een rumoerige omgeving, bij voorbeeld een kantine of een huiskamer vol met verjaarsvisite. Voorts hoe het staat met het verstaan van sprekers in kerk of bij toneeluitvoeringen of vergaderingen.

Tenslotte informeert de onderzoeker of radio- en/of televisie hard aangezet moet(en) worden om het gesprokene te kunnen verstaan. Hard tot keihard aanzetten van de televisie (of radio) leidt in vele gevallen tot ernstige spanningen met andere gezinsleden. Ook wordt gevraagd of de man de huisbel en het tikken van een polshorloge kan horen. Door de grote verscheidenheid van horloges is dit laatste wel een vrij onbetrouwbaar gegeven. Informatie over het verstaan van een telefoongesprek geeft meestal een negatief resultaat. Het grootste deel van de fabriekspopulaties telefoneert niet of nauwelijks. Een ander gegeven, waarmee men rekening moet houden, is de aanwezigheid

¹⁾ Onder 'discriminatie' verstaat men in de audiometrie het onderscheiden van de verschillende aangeboden klanken.

van een geluidsinstallatie in vele kerken, zodat het antwoord over het verstaan van de preek te gunstig kan uitvallen.

Uit de literatuur en uit eigen onderzoek was reeds bekend dat er vrijwel geen correlatie bestaat tussen de subjectieve hoorklachten van de onderzochte en de ernst van het in het toonaudiogram geregistreerde gehoorverlies. Bij ons onderzoek is gebleken, dat er wel een duidelijke samenhang is van de klachtenscore van de onderzochte met zijn spraakaudiogram.

Zoals eerder opgemerkt is lawaaidooftheid onherstelbaar. Dit betekent voor de praktijk, dat iedere beschadiging van het gehoororgaan door lawaai dat het 'damage risk criterion' overschrijdt, zo snel mogelijk opgespoord moet worden. Een moeilijk aspect is dat de mens zelf het verlies aan gehoorscherpthe zeer langzaam ervaart (het wordt meestal het eerst door de omgeving geconstateerd) en dat men in het algemeen doofheid niet als een vorm van handicap erkent. Zo gemakkelijk iemand met verminderd gezichtsvermogen een voorgeschreven bril gaat dragen, zo moeilijk, ja onmogelijk is het om in gevallen van slechthorendheid, waar een hoortoestel nog enige uitkomst kan bieden, de patiënt het toestel te laten dragen. In de meeste gevallen is er veel overredingskracht voor nodig om de weerstand er tegen te overwinnen. De patiënt schijnt het dragen van een hoortoestel als een duidelijke demonstratie van zijn afwijking te ervaren.

Ook om dit te voorkomen is het een eerste vereiste zo snel mogelijk beginnende lawaaidooftheid op te sporen. Als technische preventie — zoals lawaai-bestrijding bij de bron — nog niet uitvoerbaar is dan is het zaak de aan schadelijk lawaai blootgestelde werknemers persoonlijke beschuttingsmiddelen voor te schrijven. Het laten dragen van oorkappen of bepaalde oorwatten is een moeilijke zaak; de draagbaarheid van het beschuttingsmiddel speelt daarbij een grote rol. Velen weten dat zij een beroepsdooftheid hebben die bij het ouder worden een steeds grotere handicap zal worden. Desondanks zijn weinigen bereid tientallen jaren lang oorbeschermingsmiddelen te dragen.

Literatuur

- Davis, H.* The articulation area and the social adequacy index for hearing. *Laryngoscope*, 58 (1948) 761-3
- Davis, H.* Hearing and deafness; rev. ed. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1962
- Dieroff, H. G.* Die Lärmschwerhörigkeit in der Industrie. Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde. Leipzig, Barth, 1963. Zwanglose Schriftenreihe, Heft 13
- Doubek, F.* Experimentell-phonetische Betrachtungen zur Sprachaudiometrie. *Mshr. Ohrenheilk.* 99 (1965) 170-91
- Feldmann, H.* Die geschichtliche Entwicklung der Hörprüfungsmethoden. Stuttgart, Thieme, 1960
- Feldmann, H.* Untersuchungen über das binaurale Hören unter Einwirkung von Störgeräusch: ein Beitrag zur zentralnervösen Verarbeitung akustischer Informationen. *Arch. Ohr-, Nas-, u. Kehl.-Heilk.* 181 (1963) 337-74

- Fry, D. B.* Modifications to speech audiometry. *Int. Audiol.* 3 (1964) nr. 2
- Gils, J. P. van*, Industrial noise deafness. Its influence on speech hearing.
Dissertatie, Groningen, 1962
- Glorig, A.* Audiometry; principles and practices.
Baltimore, Williams & Wilkins, 1965
- Hirsch, I. J.* Clinical audiometry and the perception of speech and language.
Rev. Laryng. (Bordeaux) 85 (1964) 453-64
- Huizing, H. C.* and *J. A. Reyntjes*. Recruitment and speech discrimination loss.
Laryngoscope 62 (1952) 521-7
- König, E.* Das Problem der Sprechaudiometrie im deutsch-schweizerischen Sprachgebiet. *Pract.oto-rhino-laryng.* Basel, 28 (1966) 39-63
- Kruisinga, R. J. H.* Slechthorendheid en het verstaan van spraak.
Dissertatie, Groningen, 1955
- Leeuwen, H. A. van*, Beroepshardhorendheid als bedrijfsgeneeskundig probleem.
Dissertatie, Leiden, 1955
- Lindeman, H. E.* Mogelijke gehoor beschadiging door overmatig lawaai.
Metalen en andere constructiematerialen 40 (1966) 346-7
- Lindeman, H. E.* Toepassing van spraakaudiometrie in het bedrijf.
T. soc. Geneesk. 45 (1967) 422-4.
- Littler, T. S.* The Physics of the ear. Oxford, Pergamon, 1965
- Lumio, J. S.* Noise and hearing ability; the incidence of hearing defects induced by noise in Finland.
Industr. Med. Surg. 33 (1965) 404-6
- Morin, J.* Recherche sur les altérations de l'appareil auditif provoquées par le travail industriel en milieu bruyant.
Travail humain 28 (1965) 317-30
- Reyntjes, J. A.* Spraakaudiometrie.
Dissertatie, Groningen, 1951
- Sataloff, J.* Hearing loss.
Philadelphia, Lippincott, 1966
- Schubert, K.* Sprachhörprüfmethoden.
Stuttgart, Thieme, 1958
- Wagemann, W.* Die subjektiven Beschwerden der Lärmschwerhörigkeit.
M Schr. Unfallheilk. 68 (1965) 546-53