

Suprasegmentele Spraakeienskappe van Prelinguaal Gehoorgestremde Kinders met Kogleëre Inplantings, Gehoorgestremde Kinders sonder Inplantings en Normaalhorende Kinders

Adri Ligthelm en Emily Groenewald

Departement Kommunikasiepatologie
Universiteit van Pretoria

OPSOMMING

'n Oorsig van relevante literatuur toon 'n leemte in die kennis van suprasegmentele spraakeienskappe van prelinguaal gehoorgestremde kinders met kogleëre implantings. Met dié studie word beoog om sekere suprasegmentele spraakeienskappe van prelinguaal geïmplanteerde kinders deur middel van perseptuele luisteraarsbeoordelings en akoestiese analises te ondersoek en te vergelyk met dié van prelinguaal gehoorgestremde kinders sonder implantings en normaalhorende kinders van dieselfde ouderdom. Twaalf Afrikaanssprekende kinders tussen die ouderdom van ses tot tien jaar is in drie groepe ingesluit. 'n Geïntegreerde beskouing van die perseptuele en akoestiese resultate toon dat die kogleër-geïmplanteerde kinders se suprasegmentele spraakeienskappe 'n groter ooreenkoms toon met dié van die normaalhorendes as met dié van die gehoorgestremdes.

ABSTRACT

A review of the relevant literature indicates a lack of knowledge regarding suprasegmental speech characteristics in prelingual hearing impaired children with cochlear implants. This study is aimed at examining certain suprasegmental features in the speech of prelingual hearing impaired children with cochlear implants by perceptual ratings and acoustic analyses, comparing these results to that of prelingual hearing impaired children without implants, and normal hearing children of the same age. Twelve Afrikaansspeaking children between the ages of six and ten years were included in three groups. An integrated view of the perceptual and acoustic results shows that the cochlear implanted children's suprasegmental speech characteristics bear closer resemblance to those of the normal hearing group than those of the hearing impaired group.

SLEUTELWOORDE: suprasegmentele eienskappe, kogleëre implanting, perseptuele beoordeling, akoestiese analise

INLEIDING

'n Kogleëre implanting as alternatiewe prosedure by die hulpverlening aan gehoorgestremdes het 'n potensieel ingrypende effek op die spraak- en taalontwikkeling van die prelinguaal gehoorgestremde kind (Tyler, 1993). Hierdie studie behels 'n ondersoek na die aard van die suprasegmentele spraakeienskappe van die prelinguaal geïmplanteerde gehoorgestremde kind soos dit vergelyk met dié van die gehoorgestremde en normaalhorende kind.

Suprasegmentele eienskappe word volgens Crystal (1981) as linguistiese, kontrasterende klankeffekte gedefinieer wat nie beskryf kan word deur na 'n enkele segment te verwys nie, maar wat strek oor 'n uiting of wat 'n effek op een of meer segmente in verskillende dele van 'n uiting het. Volgens Ohde en Sharf (1992) is intonasie, tempo, klem, binding en ritme aspekte van spraakproduksie, wat die grense van individuele foneme oorskrei en waarna in die literatuur verwys word as suprasegmentele eienskappe (Minifie, 1973); nie-segmentele eienskappe (Crystal, 1981) of prosodie (Sloat, Taylor & Hoard, 1978). Hierdie terme word gereeld as sinonieme gebruik en daar is ook tans geen universeel aanvaarde definisie of klassifikasie hiervan nie. Coles (1990), Kent en Read (1992), Cray en Tallman (1993) en Grant en Walden (1996) beskou intensiteit (waargeneem

as luidheid), fundamentele frekwensie (waargeneem as toonhoogte) en duur eienskappe, as die primêre akoestiese parameters wat die suprasegmentele eienskappe van spraak oordra. Coles (1990) onderskei egter tussen suprasegmentele en prosodiese eienskappe. Die suprasegmentele eienskappe van toonhoogte, luidheid en duur manifesteer volgens haar op 'n linguistiese vlak as prosodiese eienskappe. Crystal (1981) maak ook 'n onderskeid tussen die fisiese kenmerke en hulle linguistiese gebruik. Hy beskou die linguistiese gebruik van toonhoogte as *intonasie*, die linguistiese gebruik van luidheid as *klem* en die linguistiese gebruik van duur as *tempo*. Hy verwys verder na die linguistiese gebruik van ritme as *ritmisiteit* en na die linguistiese gebruik van stilte as *pouse*. Ohde & Sharf (1992) verklaar dat, afgesien van die term wat gebruik word, 'n analise van intonasie, tempo, klem, binding en ritme vir 'n volledige begrip van die eienskappe van normale en afwykende spraak nodig is.

Crystal (1981) onderskei vyf rolle van suprasegmentele eienskappe in spraak, naamlik grammatikaal, semanties, emosioneel, sielkundig en sosiaal. Volgens Minifie (1973) voorsien suprasegmentele eienskappe die variasies in die akoestiese sein wat die luisteraar in staat stel om die korrekte semantiese betekenis van die boodskap te onttrek. Die onderskeie suprasegmentele eienskappe is wat funksie

betref, taalgebonde (Kent & Read, 1992). In sommige tale, byvoorbeeld Tsjeggies, val die hoofklem altyd op dieselfde sillabe van 'n woord, maar in tale soos Afrikaans, Engels, Nederlands en Duits kan die hoofklem op verskillende sillabes in die woord val en sodoende betekenisverskil teweegbring. Alhoewel Van Wyk (1981) 'n uitvoerige beskrywing van die suprasegmentele eienskappe van Afrikaans en hulle funksies gee, is daar egter beperkte inligting beskikbaar aangaande die ontogenetiese ontwikkeling van suprasegmentele eienskappe in Afrikaans.

Die ontwikkeling van suprasegmentele eienskappe vorm deel van die spraak- en taalontwikkeling van die kind as taaldeelnemer. Spraak word van nature deur middel van die ouditiewe sisteem aangeleer. Navorsers beweer dat hoe vroeër 'n kind bewus word van klank en die betekenis daarvan, hoe meer doeltreffend sal hy leer om klank te gebruik (Fryauf-Bertschy, Tyler, Kelsay & Gantz, 1992). Tydens die eerste paar lewensmaande word daar nie slegs foneme gedekodeer en in die geheue gestoor nie, maar word suprasegmentele eienskappe soos ritme van aaneenlopende spraak, klempatrone van verskillende tipes uitinge en ander aspekte van natuurlike taal aangeleer (Van Tasell, 1981). Die suprasegmentele kenmerke van babas se vokalisering weerspieël al op so vroeg as ses maande die prosodiese patrone van hulle moedertaal (Crystal, 1981). Teen ongeveer ses tot agt maande is nabootsing van kardinale belang, en begin die kind om die klanke wat sy ouers maak, na te boots en intonasiepatrone daarop toe te pas. Dit begin eers in babbel en later in woorde, frases en sinne (Coles, 1990). 'n Gehoorverlies belemmer egter kongenitale en prelinguale dowe kinders se aanleer en produksie van segmentele- en suprasegmentele aspekte van spraak (Kirk & Hill-Brown, 1985). Boothroyd (1982) meen dat hierdie beperkinge wat die kind ondervind, eerstens toegeskryf kan word aan die feit dat 'n gehoorverlies die ontvangs van spraak vanuit die omgewing inperk. Tweedens meng die gehoorverlies gedeeltelik of algeheel in met die kind se vermoë om sy eie spraak met behulp van ouditiewe terugvoer te monitor. Coles (1990) verklaar dat ouditiewe insette vanuit die omgewing sowel as ouditiewe terugvoer reeds in die eerste paar lewensmaande van kardinale belang is in die kind se vermoë om die komplekse reekse van suprasegmentele eienskappe in spraak aan te leer. Die implikasies wat 'n gehoorverlies vir die aanleer en gebruik van suprasegmentele eienskappe inhou, is dus verreikend. Northern en Downs (1991) noem dat uitermatig gehoorgestremde kinders oor die algemeen 'n hoër fundamentele frekwensie as normaalhoërendes vertoon en dat die eienskappe van klem en intonasie verlore gaan wat 'n monotone kwaliteit aan hulle stemme gee. Oormatige variasie in toonhoogte mag egter ook voorkom, wat lei tot toonhoogte-breuke en skielike veranderinge in hulle spraak (Kirk & Hill-Brown, 1985). Verder spreek dowe kinders beklemtoonde en onbeklemtoonde sillabes gewoonlik met dieselfde duur of met minder variasie in duur uit. Kirk en Hill-Brown (1985) noem ook dat dowe sprekers geneig is om stadig te praat, wat 'n negatiewe effek op die ritme en kwaliteit van hulle spraak het.

Die rehabilitasie van persone met 'n gehoorverlies het die afgelope dekade beduidende vooruitgang gemaak. Ten spyte hiervan bly die hantering van persone met uitermatige bilaterale sensories-neurale gehoorverliese, wat min of geen voordeel uit gehoorapparate ontvang nie, 'n probleem (Cohen, Waltzman & Shapiro, 1985). Navorsing in verband met kogleëre inplantings is spesifiek geïnisieer

in 'n poging om 'n alternatief aan hierdie persone te bied. In vergelyking met gehoorapparate bied kogleëre inplantings inherente voordele in terme van bandwydte, dinamiese gebiedbeperkinge en vryheid van akoestiese terugvoer (Boothroyd, 1993). Baanbrekerswerk is reeds sedert 1966 op dié gebied gedoen en verskeie navorsingsgroepe het in die sewentigerjare by die ontwikkeling van verskillende kogleëre prosteses betrokke geraak, wat tot grootskaalse kliniese toepassing van kogleëre inplantings gelei het (Dowell, Meckleburg & Clark, 1986). Voordele verbonde aan hierdie tegnologiese vooruitgang is ook telkens deur studies aangedui (Waltzman, Cohen en Fisher, 1992).

Die ouditiewe kwaliteit van die spraaksein wat deur elektriese stimulasie ontvang word kan egter tot 'n groot mate verskil van die ouditiewe kwaliteit van spraak wat deur akoestiese stimulasie ontvang word. Die klank wat die geïnplanteerde persone waarneem, word as nie normaal beskryf en het 'n 'meganiëse' of 'staties-agtige' kwaliteit. Postlinguale dowe persone moet dus leer om hierdie onbekende akoestiese kode te gebruik en toe te pas in hulle daaglikse kommunikasie (Spivak & Waltzman, 1990). Alhoewel prelinguale dowe kinders nie die ouditiewe geheue van gesproke taal het om hulle te help met die interpretasie van die elektriese sein van die kogleëre inplanting nie, meen Tyler (1990) dat prelinguale dowe kinders nie noodwendig so erg hierdeur benadeel word nie. Osberger (1994) noem ook dat die aanpasbaarheid van die sentrale senuweestelsel prelinguale kinders tot hoë vlakke van funksionering in staat stel.

Heelwat navorsing is reeds al in verband met die spraakvermoëns van persone met kogleëre inplantings gedoen. Die fokus van hierdie studies was oor die algemeen op spraakontvangs met sekondêre waarnemings oor spraakproduksie (Tobey, 1993). Die voordele wat multi-kanaal kogleëre inplantings vir postlinguale dowe persone inhou ten opsigte van segmentele spraakproduksie, is reeds hieruit bewys. Navorsing dui aan dat multikanaal kogleëre inplantings beduidend meer van die nodige inligting vir die persepsie van spraak verskaf (Spivak & Waltzman, 1990; Tye-Murray, Lowder & Tyler, 1990). Studies deur Cummings, Groenewald, Hugo, Müller en Van der Linde (1994) en Langereis, Bosman, Van Olphen en Smoorenburg (1997) bevestig 'n verbetering in verskillende aspekte van die spraakproduksie van 'n postlinguaal geïnplanteerde persone. Die effek wat 'n kogleëre inplanting op hul suprasegmentele spraakeienskappe het, blyk ook duidelik uit studies in dié verband. Uit navorsing van Dowell et al. (1986) en Spivak en Waltzman, (1990) wat die funksionering van postlinguale dowes met kogleëre inplantings ondersoek het, is aangedui dat daar duidelike verbeteringe in die persepsie van suprasegmentele eienskappe na inplantering voorkom. Cummings et al. (1994) het bevind dat 'n kogleëre inplanting by postlinguale dowe persone tot 'n verbetering van suprasegmentele spraakeienskappe kan lei.

Die verbeterde ouditiewe ontvangs wat deur die kogleëre inplanting meegebring word behoort daarom ook 'n positiewe invloed te hê op die ontwikkeling van spraak en taal by prelinguale kinders wat uitermatig gehoorgestremd is. Aspekte soos die ouderdom van inplantering kan egter 'n invloed op die verbetering van die kind se vaardighede hê. Tye-Murray, Spencer en Woodworth (1995) en Kirk en Hill-Brown (1985) noem dat jonger kinders klaarblyklik 'n vinniger tempo van verbetering in hulle spraakvaardighede as ouer kinders na inplantering vertoon. Langtermyn

gebruik van 'n kogleëre inplanting is ook nodig voordat meetbare verbeteringe in ouditiewe vaardighede waargeneem kan word (Fryauf-Bertschy et al., 1992). Heelwat navorsing is reeds in verband met die spraakproduksie ontwikkeling by prelinguaal geïmplanteerde kinders uitgevoer, waar die klem veral op segmentele aspekte van spraak geval het (Tye-Murray et al., 1995; Kirk & Hill-Brown, 1985). Min aandag is egter tot dusver geskenk aan die produksie van suprasegmentele spraakeienskappe deur prelinguale dowe kinders wat geïmplanteer is, hoewel enkele studies dit wel by hul ondersoek na spraakproduksie ingesluit het. Tye-Murray et al. (1995) het in hulle ondersoek gekyk na die prestasie van toetspersone op die *Fundamental Speech Skills Test (FSST)*, en het gevind dat kogleëre inplantings veral voordelig kan wees vir die ontwikkeling van suprasegmentele eienskappe soos sillabeklem en intonasie. Kirk en Hill-Brown (1985) meld dat hul resultate wat op perseptuele beoordelings gegrond was, ook verbetering in die produksie van suprasegmentele eienskappe by kinders met kogleëre inplantings aangetoon het. Daar is sover vasgestel kon word, nog geen akoestiese of spektografiese data beskikbaar met betrekking tot die suprasegmentele spraakeienskappe van prelinguaal geïmplanteerde dowe kinders nie. Met dié studie word daarom gepoog om die effek van 'n prelinguale kogleëre inplanting op die ontwikkeling van suprasegmentele eienskappe van die jong kind perseptueel en akoesties te ondersoek.

METODE

DOELSTELLINGS

Die doel van die studie is om die aard van die suprasegmentele spraakeienskappe van jong prelinguale kinders met kogleëre inplantings te ondersoek en te vergelyk met dié van uitermatig gehoorgestremde kinders sonder kogleëre inplantings en normaalhorende kinders van dieselfde ouderdomsgroep. Die volgende subdoelstellings is vir die realisering van die hoofdoel gestel:

- Om die suprasegmentele eienskappe van al die proefpersone perseptueel te beoordeel met verwysing na die toonhoogte, luidheid en tempo van spraak soos geproduseer in verskillende linguïstiese kontekste.
- Om die suprasegmentele eienskappe van al die proefpersone akoesties te analiseer wat betref die frekwensie, intensiteit en duur eienskappe soos geproduseer in verskillende linguïstiese kontekste.
- Om die aard van die suprasegmentele eienskappe van kinders met kogleëre inplantings met dié van normaalhorende en gehoorgestremde kinders te vergelyk.

NAVORSINGSONTWERP

Die navorsing kan as oorsakend-vergelykende eksperimentele navorsing beskryf word (Salkind, 1991). Die suprasegmentele spraakeienskappe van jong kinders wat op grond van 'n gegewe eienskap; naamlik gehoorstatus, in drie groepe verdeel is, word onderling vergelyk. Twee tipes data, naamlik perseptuele beoordelings en akoestiese metings van verskillende eienskappe in spesifieke linguïstiese kontekste is versamel. Data is tot groeps-gemiddeldes en/of persentasies verwerk en kwalitatief en kwantitatief vergelyk.

PROEFPERSONE

Die twaalf proefpersone wat in die ondersoek ingesluit is, is in drie groepe ingedeel volgens hulle gehoorvermoëns. Die eksperimentele groep bestaande uit vier jong kinders tussen die ouderdom van ses en tien jaar met kogleëre inplantings, 'n tweede groep bestaande uit vier jong kinders tussen dieselfde ouderdomme wat uitermatige gehoorverliese vertoon en 'n derde groep bestaande uit vier normaalhorende jong kinders binne dieselfde ouderdomsgrense. Proefpersone in die onderskeie groepe is sover moontlik afgepaar wat ander eienskappe betref om vergelykbaarheid tussen die groepe te verhoog. Spesifieke kriteria ten opsigte van proefpersoon-seleksie is daargestel ten einde vergelyking tussen groepe moontlik te maak.

Seleksiekriteria

Die deelnemers se gehoorstatus was die bepalende faktor vir insluiting. Die normaalhorende kinders moes gemiddelde suiwertoondrempels vertoon tussen 0dB en 15dB sonder enige middeloortpatologie. Gehoorgestremde kinders sonder kogleëre inplantings moes uitermatige bilaterale sensories-neurale gehoorverliese, dit wil sê 'n gehoorverlies van 90 dB of meer in beide ore vertoon (Boothroyd, 1993) om vergelyking met die geïmplanteerde proefpersone moontlik te maak. Hulle moes verder almal met toepaslike gehoorapparate gepas wees wat optimaal funksioneer. Kinders met kogleëre inplantings moes uitermatige bilaterale sensories-neurale gehoorverliese vertoon het aangesien dit 'n voorvereiste is om te kwalifiseer vir 'n kogleëre inplanting (Tye-Murray, 1993). Hierdie gehoorverlies moes verder prelinguaal in aanvang geneem het, om sodoende te verseker dat die prestasie van die kinders met die kogleëre inplanting aan die versterkingsapparaat toegeskryf kan word en dat vorige ondervinding van spraak nie 'n rol speel nie. Verder moes die kinders in hierdie groep suksesvol met 'n *SPECTRA 22* kogleëre inplanting geïmplanteer wees en van die *SPEAK*-spraakprosesseringstrategie gebruik maak. Die *SPEAK*-spraakprosesseringstrategie is uitgesonder aangesien dit die mees resente tegnologie was ten tye van die inplantering van die proefpersone wat vir die studie beskikbaar was. Daar is ook verder vereis dat hierdie proefpersone ten minste twee jaar ondervinding met die kogleëre inplanting gehad het om te verseker dat hulle genoegsame geleentheid gehad het om die nodige spraak- en taalontwikkeling te ondergaan om te kan deelneem aan die studie.

Addisionele kriteria was daarop gerig om proefpersone sover moontlik af te paar en groepe sodoende sover moontlik te laat ooreenstem. Skoolgaande kinders in die junior-primêre skoolfase tussen die ouderdom van ses en tien jaar is oorweeg om sodoende te verseker dat die kinders almal oor genoegsame spraak- en taalontwikkeling, sowel as kognitiewe en skoolstiese vaardighede beskik om die take wat ver wag was, uit te voer. Normaalhorende kinders uit staatsgesubsidieerde skole en kinders met kogleëre inplantings wat suksesvol in hoofstroom skole funksioneer, is ingesluit. Gehoorgestremde kinders sonder kogleëre inplantings moes in 'n ouditief-verbale omgewing onderrig ontvang om te verseker dat hulle oor genoegsame spraak- en taalvaardighede beskik om die verwagte response te lewer. Al die kinders wat geselekteer was vir deelname aan die studie moes verder onderrig ontvang in hulle moedertaal om die invloed van 'n tweede taal uit te sluit, aangesien

suprasegmentele eienskappe taalgebonde is (Kent & Read, 1992). Alle proefpersone moes om dieselfde rede een gemeenskaplike moedertaal hê, wat in hierdie geval Afrikaans was. Geen onderskeid is gemaak ten opsigte van die geslag van persone wat in die studie ingesluit is nie. Die kinders in die twee kontrolegroepe is egter wat geslag aanbetref, afgepaar met die kinders met kogleêre inplantings om vergelykbaarheid tussen die groepe te verhoog.

Prosedures vir seleksie

Vier kinders met kogleêre inplantings wat voldoen aan die kriteria vir seleksie, is geselekteer uit die kliënte wat gereeld die Kogleêre Inplantingseenheid van die Universiteit van Pretoria se Kliniek vir Spraak, Taal, Stem en Gehoor besoek vir rehabilitasie en instelling van die spraakprosesseerder. Die gehoorgestremde kinders sonder kogleêre inplantings is met die hulp van die spraakterapie- en audiologie-personeel en onderwyspersoneel verbonde aan Sonnitus Skool vir gehoorgestremdes geselekteer. Normaalhorende kinders is in oorleg met die onderwyspersoneel van 'n plaaslike laerskool geselekteer. Suiwer-toontoetsing is oor die frekwensiegebied van 250 tot 8000 Hz uitgevoer om die kogleêre geïnplanteerde proefpersone en normaalhorende persone se gehoorsensitiwiteit te bepaal. Aangesien daar resente gehoorevaluasies vir elke gehoorgestremde beskikbaar was, is die mees onlangse evaluasieverslae vir die seleksie van hierdie groep gebruik.

MATERIAAL EN APPARAAT

Toetsmateriaal

Die toetsmateriaal is saamgestel uit sinne met die tipiese intonasiekontoer van 'n stelsin, vraagsin, bevelsin en bevestigende sin. Die verskillende sinstipes is verteenwoordigend van verskillende linguistiese kontekste waarin die suprasegmentele spraakeienskappe 'n funksionele rol speel. Daar word voortaan na verwys as sinstipe 1, sinstipe 2, sinstipe 3 en sinstipe 4. Die volgende toets sinne is gebruik: *Die seun was die hond.* (sinstipe 1); *Hoe laat is dit?* (sinstipe 2); *Los uit my handoek!* (sinstipe 3); en *Die meisie is siek, is sy nie?* (sinstipe 4). Lyntekeninge is as stimulusprente gebruik om die sinne te ontlok.

Opname-apparaat

Die opnames is met behulp van 'n Marantz bandopnemer, modelnommer CP 430 op 'n Philips FX 90 Ferro oudiokaset vasgelê. 'n Aanknuptipe Yoga kondensormikrofoon, modelnommer EM 060, is vyftien sentimeter vanaf die toetspersoon se mond vasgeknip om optimale seintot-ruis verhoudings te verseker.

Perseptuele beoordelingskaal

Die perseptuele beoordeling van die suprasegmentele spraakeienskappe is gedoen aan hand van 'n perseptuele beoordelingskaal. Coles (1990) se *Perceptual Checklist* is aangepas om dieselfde eienskappe wat deur die akoestiese analise ondersoek is, in die perseptuele beoordeling in te sluit, nl. toonhoogte/frekwensie, luidheid/intensiteit en tempo/duur. Drie herhalings van elke sin is beoordeel ten opsigte van toonhoogtevariasie, tipe toonhoogtekontoer,

luidheidsvariasie en spraakspoed. Hierdie eienskappe is afsonderlik op 'n vyfpuntskaal beoordeel en op 'n beoordelingsvraelys wat vir die doel opgestel is, aangeteken. Normale produksie is op hierdie vyfpuntskaal voorgestel in die midposisie en die aard en graad van die afwyking vanaf normaal, aangedui aan weerskante van die skaal.

Drie luisteraars met agtergrondskennis en ondervinding van die spraak van normaalhorende sowel as gehoorgestremde kinders, sowel as van suprasegmentele spraak eienskappe en die produksie van hierdie eienskappe in spraak is vir die beoordelings gebruik. Al die luisteraars moes oor normale gehoor beskik wat 'n gemiddelde suiwer-toondrempel tussen 0 en 25 dB impliseer. Die luisteraars moes ook Afrikaanssprekend wees om te verseker dat hulle oor genoegsame kennis rakende die suprasegmentele eienskappe van die taal beskik.

Akoestiese analise-apparaat

Die akoestiese analises van die toetsmateriaal is met behulp van die *Computerized Speech Lab (model 4300B)* van KAY Elemetrics Company uitgevoer. Die basiese *CSL50* program is vir 'n klankgolf en spektografiese analise van elke sin gebruik, en die *CSL-VP2 Visie-Pitch* opsie is vir die berekening en vertoning van 'n grondtoonkurwe en energiekurve gebruik.

PROSEDURE

Data-insameling

'n Eenmalige opname van elke toetspersoon se sinsproduksies, is in 'n klankdigte kamer gemaak om inmenging van omgewingsgeluide tydens die opname uit te skakel. Toetspersone is vooraf bewus gemaak van die verskillende tipes sinne en die feit dat hierdie sinne normaalweg nie dieselfde prosodiese eienskappe vertoon nie. Voorbeelde is ter verduideliking verskaf, waarna daar van elke toetspersoon verwag is om 'n voorbeeldsin te formuleer aan die hand van die voorbeeld stimulusprent. Daarna is elke toetsitem driemaal deur die proefpersoon geproduseer om sodoende die betroubaarheid van die resultate te verhoog. Die proefpersone se herhaalde produksie van die spesifieke toetsitems is opgeneem vir analise doeleindes.

Data-analise en data-verwerking

Dit het bestaan uit 'n tweeledige proses, naamlik die perseptuele beoordeling van elke kind se sinsprosodie en 'n akoestiese analise van spesifieke supraglottale eienskappe.

Perseptuele analise

Die perseptuele analise is individueel deur die luisteraars uitgevoer aan die hand van die vyfpunt beoordelingskaal. Die opnames van elke proefpersoon is aan elk van die luisteraars voorgespeel waarna die spesifieke sinsproduksie beoordeel is ten opsigte van **toonhoogtevariasie, tipe toonhoogte-kontoer, luidheidsvariasie en spraaktempo**. Beoordelings vir die drie herhalings van die vier tipes sinne is gedoen. Die data vir die onderskeie parameters is deurgaans afsonderlik oorweeg en verwerk.

Die volgende verwerkings is op die beoordelings van die

luisteraars uitgevoer: 'n Persoonlike gemiddelde van elke proefpersoon se drie herhalings van 'n sinstipe, soos beoordeel deur elkeen van die drie luisteraars, is bepaal. Sodoende is 'n persoonlike gemiddelde toonhoogtevariasie, -luidheidsvariasie en -spraakspoed vir elke proefpersoon bepaal. Elke proefpersoon se persoonlike gemiddelde toonhoogtekontoe korrektheid vir elke sinstipe is bereken deur die luisteraarsbeoordelings te vergelyk met die norme volgens Ohde en Sharf (1992) en as korrek of verkeerd te beoordeel. 'n Gemiddeld oor die drie herhalings is bereken en as 'n persentasie toonhoogtekontoe korrektheid uitgedruk. Die drie afsonderlike luisteraarsbeoordelings vir elke proefpersoon is verder verwerk na 'n totale perseptuele beoordeling vir elke proefpersoon, deur die gemiddelde beoordeling tussen die drie luisteraars vir elke sinstipe te bepaal. Die totale perseptuele beoordelings is gebruik om perseptuele groepsgemiddelde beoordelings vir die vier sinstipes by elk van die drie groepe te bereken, om 'n vergelyking moontlik te maak.

Akoestiese analise

'n Akoestiese analise van die drie herhalings van elk van die vier sinne, soos geproduseer deur elkeen van die twaalf proefpersone, is uitgevoer. Daar is ses metings vir elke produksie uitgevoer, naamlik die minimum en maksimum grondtoonfrekwensie, die aard van die grondtoonfrekwensie se verloop, die minimum en maksimum energie intensiteit en die tydsduur van elke sinsuïting. Die metings is die fisiese ekwivalente van die perseptuele parameters wat beoordeel is en om die vergelyking tussen die perseptuele en akoestiese aard van die suprasegmentele aspekte te vereenvoudig word daar voortaan as volg na die ses metings verwys: toonhoogte minimum, toonhoogte maksimum, tipe toonhoogtekontoe, luidheidsmaksimum, luidheidsminimum en sinsduur.

Dieselfde prosedure is telkens vir die akoestiese analises gevolg. 'n Klankgolfvertoning in kombinasie met 'n wyeband spektogram is verkry en die sinsduur is met behulp van tydskursors bepaal, afgelees en aangeteken in sekondes. Verder is 'n toonhoogtekurwe analise-opsie (*pitch contour*) gebruik om die minimum en maksimum grondtoonfrekwensie van elke sinsproduksie te bepaal. Die tipe toonhoogtekontoe is as tipe 1 tot 5 geïdentifiseer volgens Ohde en Sharf (1992) se uiteensetting van die intonasiekontoe wat as normaal vir 'n spesifieke tipe uiting geag word. Daarna is die energiekurwe analise-opsie (*energy contour*) gebruik om die maksimum en minimum luidheid in elke sinsproduksie te bepaal.

Die volgende verwerkings van die roudata is vir elke proefpersoon uitgevoer en die vier akoestiese parameters is deurgaans afsonderlik oorweeg. **Toonhoogte-omvang (Hz)** is bereken deur die verskil tussen die maksimum en minimum grondtoon-frekwensie-waarde vir elke produksie te bepaal. Die **tipe toonhoogtekontoe** soos voorgestel deur die toonhoogte-kurwe, is volgens die norms soos voorgestel deur Ohde en Sharf (1992) geklassifiseer. Die korrektheid of toepaslikheid van die toonhoogte-kontoe, vir elk van die spesifieke sinstipes, is volgens hierdie klassifikasie as korrek al dan nie, beoordeel. Die **luidheidsomvang (dB)** is bereken deur die verskil tussen die maksimum en minimum intensiteitswaardes te bereken. **Spraakspoed (sillabes per sekonde)** is bereken deur die duur van elke sin deur die aantal sillabes in die sin te deel (Ohde & Sharf, 1992). Die aantal sillabes van elke tipe sin is vóóraf oudities

deur die navorser bepaal.

Vervolgens is 'n persoonlike gemiddelde vir elke proefpersoon vir elk van die onderskeie akoestiese parameters bereken deur die gemiddeld van die drie herhalings te bereken. Die gemiddelde toonhoogte, die gemiddelde luidheidsomvang en gemiddelde spraakspoed vir elke proefpersoon is op die wyse bereken. Die persoonlike gemiddelde persentasie korrekte kontoe is bereken deur die aantal korrekte kontoe uit die drie herhalings tot 'n persentasie te verwerk. Op grond van hierdie persoonlike gemiddeldes is groepsgemiddeldes vir die vier proefpersone in elk van die drie groepe, vir elk van die onderskeie parameters bereken. Die groepsgemiddeldes vir die onderskeie akoestiese parameters in die verskillende sinstipes is gebruik om die resultate van die drie groepe onderling te vergelyk.

RESULTATE EN BESPREKING

Die resultate van die perseptuele en akoestiese ontledings word aangebied met verwysing na die onderskeie suprasegmentele parameters en die geïntegreerde resultate vir die kogleër geïmplanteerde groep word daarna vergelyk met dié van die normaalhorende en gehoorgestremde groep. Die resultate van die perseptuele en akoestiese ondersoek word, vir elk van die suprasegmentele parameters, bespreek aan die hand van grafiese voorstellings van die groepsgemiddeldes wat vir die vier sinstipes bereken is.

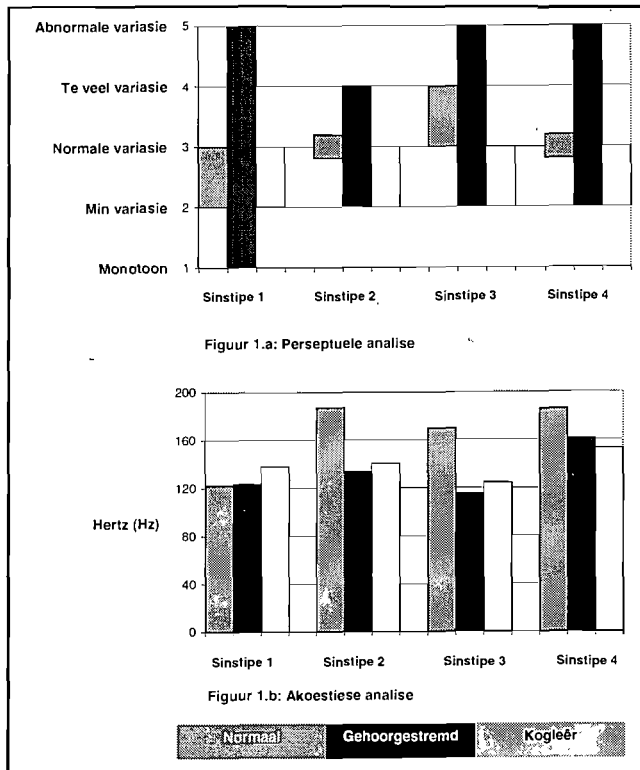
TOONHOOGTEVARIASIE

Die resultate soos grafies voorgestel in figuur 1a toon dat die toonhoogtevariasie van die normaalhorendes se sinsproduksie oor die algemeen as normaal beoordeel is. Die gehoorgestremdes se resultate wissel daarenteen grootliks met gemiddelde beoordelings wat tussen monotoon en abnormale variasie strek en varieer dus tussen die uiterste grense van die beoordelingskaal. Coles (1990) noem ook dat gehoorgestremde kinders se vermoë om hul stemtoon te beheer grootliks verskil. Daar is byvoorbeeld gevind dat gehoorgestremde kinders se spraak soms monotoon klink, en dat hulle geneig is om min toonhoogtevariasie te vertoon. Sommige gehoorgestremde sprekers is weer geneig tot uitermatige of onbeheersde toonhoogteveranderinge, of toonhoogtebreuke. Hierdie bevindinge word ook bevestig deur Kirk en Hill-Brown (1985) en Davis & Hardick (1981). Wat die kogleër geïmplanteerde persone se produksie van toonhoogte-variasie betref, is dit vir al vier sinne beoordeel as min tot normale variasie en vertoon dus groter ooreenstemming met die normaalhorendes as die gehoorgestremdes.

Soos blyk uit figuur 1b is dit duidelik dat die normaalhorende groep met die akoestiese analise die grootste toonhoogte-omvang vertoon in drie van die sinstipes. Die kogleëre groep se toonhoogte-omvang is effens nader aan dié van die normaalhorendes in sinstipe 2 en 3, terwyl die gehoorgestremdes effens nader aan normaal vertoon in sinstipes 1 en 4.

'n Geïntegreerde beskouing van die perseptuele beoordelings en die akoestiese analises van toonhoogtevariasie of -omvang, dui aan dat die kogleëre groep in hul produksies van al vier sinstipes groter ooreenkoms met die normaalhorende groep toon as met die produksies van die gehoorgestremde groep. Die kogleëre groep en die gehoorgestremde groep se akoestiese metings van toonhoogte-

omvang val buite die normale grense, maar dit wil voorkom asof die kogleëre groep se gebruik van toonhoogtevariasie meer toepaslik is as dié van die gehoorgestremdes en dat dit waarskynlik daarom deur die luisteraars as meer normaal beskou is. Coles (1990) het in haar ondersoek ook tot dieselfde gevolgtrekking gekom.



FIGUUR 1: Grafiese voorstelling van die groeps-gemiddelde vir toonhoogte-variasie

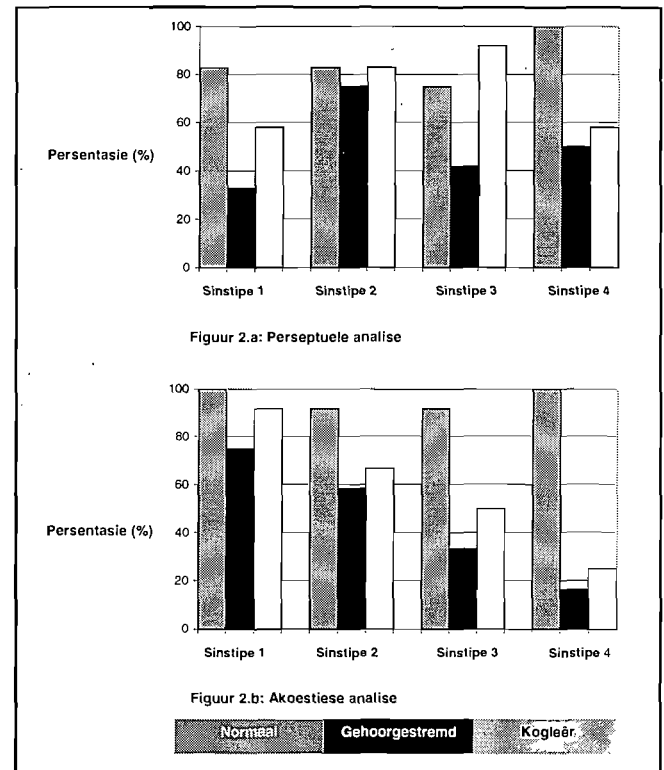
TOONHOOGTEKONTOER

Die normaalhorende groep se groeps-gemiddelde vir die korrektheid van toonhoogtekontoor is oor al vier sinstipes perseptueel as die beste beoordeel, soos blyk uit figuur 2.a. Die gehoorgestremde groep se groeps-gemiddeldes daarenteen, verskil grootliks van die resultate wat vir die normaalhorendes verkry is en toon groot verskille tussen die individue se produksies in die onderskeie sinne. Die kogleëre groep se produksie van die korrekte toonhoogtekontoor is perseptueel beoordeel om in al vier sinne groter ooreenstemming met die resultate van die normaalhorendes as met dié van die gehoorgestremde groep te vertoon.

Die akoestiese resultate toon dat die normaalhorende groep deurgaans die hoogste persentasie toonhoogtekontoor-korrektheid vertoon in al vier sinne. Die gehoorgestremdes se toonhoogtekontoor-korrektheid is vir al vier sinproduksies die swakste en vertoon weereens groot individuele verskille. Die kogleëre groep se toonhoogtekontoor-korrektheid daarenteen is deurgaans nader aan dié van die normaalhorendes in al vier sinne soos aangetoon in figuur 2b.

Die resultate van die perseptuele beoordeling en akoestiese analise vertoon dieselfde beeld soos blyk uit figuur 2a en 2b. Die geïntegreerde resultate ten opsigte van die toepaslikheid van toonhoogtekontoor dui dus daarop dat die kogleëre groep in verskillende linguïstiese kontekste

nader aan die normaalhorende groep as aan die gehoorgestremdes presteer.



FIGUUR 2: Grafiese voorstelling van die groeps-gemiddelde vir korrektheid van toonhoogte-kontoor

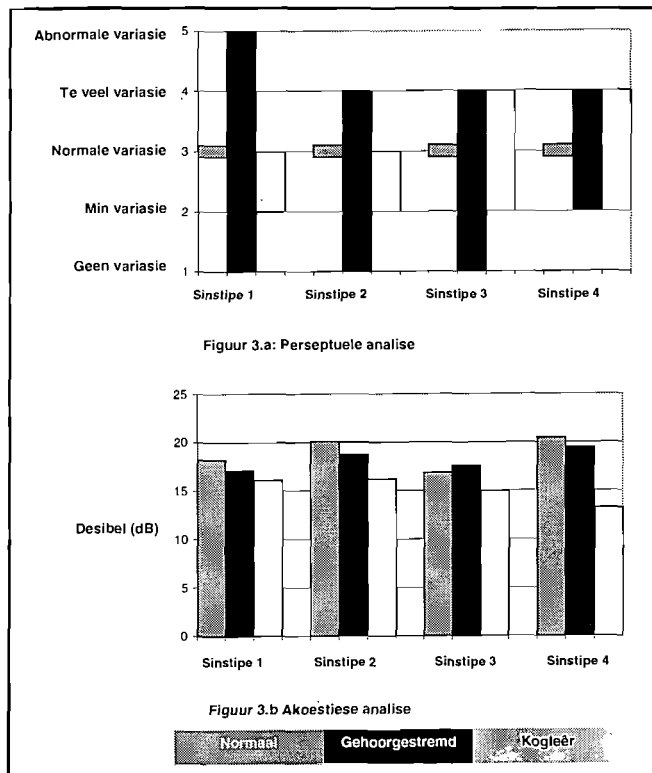
LUIDHEIDSVARIASIE

Figuur 3a toon dat die normaalhorende groep se luidheidsvariasie vir al vier die sinstipes as normaal beoordeel is. Die gehoorgestremde proefpersone toon opvallend groot individuele verskille in luidheidsvariasie met beoordelings wat vanaf geen tot abnormale variasie strek. Davis en Hardick (1981) noem dat sommige gehoorgestremde kinders swak kontrole oor hulle produksie van luidheid het. Dit blyk ook geldig te wees vir die gehoorgestremde proefpersone in hierdie studie. Die kogleëre groep se luidheidsvariasie toon volgens die perseptuele beoordeling groter ooreenstemming met dié van die normale groep en toon by sinstepe 1, 2, en 3 heelwat kleiner variasie as dié van die gehoorgestremdes.

Die resultate van die akoestiese metings van luidheidsomvang soos voorgestel in figuur 3b dui daarop dat die normaalhorende groep die grootste luidheidsomvang vertoon in drie van die vier sinstipes. Die luidheidsomvang van die gehoorgestremdes is egter groter as dié van die normaalhorendes in sinstepe 3 en is feitlik dieselfde in sinstepe 4. Soos blyk uit figuur 3b vertoon die kogleëre groep deurgaans die kleinste luidheidsomvang oor al vier die sinstipes.

Hierdie resultate weerspreek met die eerste oogopslag die perseptuele waarnemings maar wanneer die akoestiese en perseptuele resultate egter geïntegreer word, blyk dit dat die luidheidsvariasie van die gehoorgestremdes oor al die sinne negatief beoordeel is. Dit wil dus voorkom asof die gehoorgestremdes wel 'n groot luidheidsvariasie vertoon, maar dat dit waarskynlik ongekontroleerd of ontoepaslik

is en daarom deur die luisteraars as abnormaal beskou word. Dit is opvallend dat die normale groep ook 'n groot mate van luidheidsomvang vertoon, maar dat dit deur die luisteraars as normaal beskou word.



FIGUUR 3: Grafiese voorstelling van die groeps-gemiddelde vir luidheidsomvang

SPRAAKSPOED

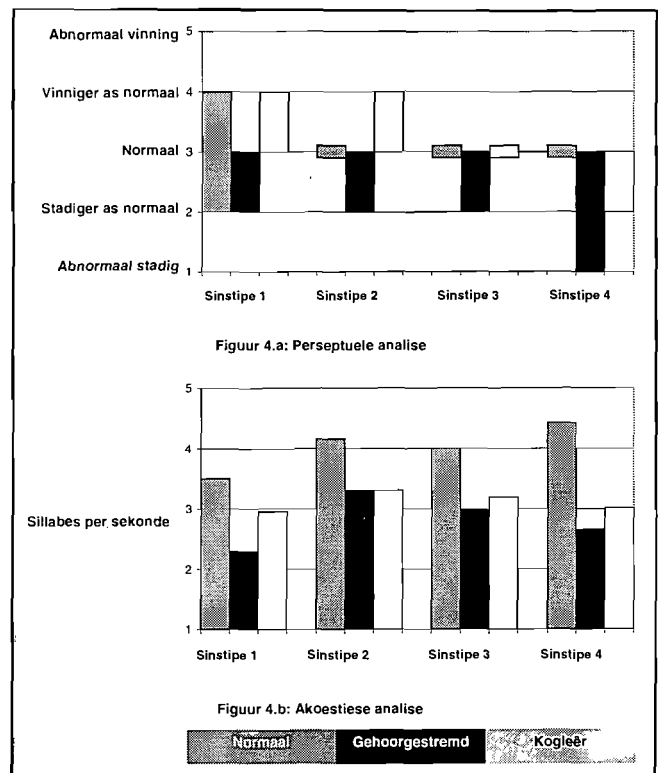
Die normaalhorende groep se spraakspoed is oorwegend as normaal beoordeel, met die uitsondering van sinstepe 1 soos blyk uit figuur 4a. Die gehoorgestremdes se spraakspoed is oor die algemeen as normaal tot stadiger as normaal beoordeel. Die grootste variase in hierdie groep se spraakspoed kom by sinstepe 4 voor, met perseptuele beoordelings wat vanaf abnormaal stadiger tot normaal wissel. Uit die literatuur is dit ook duidelik dat uitermatig gehoorgestremde persone geneig is om 'n stadiger as normale spraakspoed te vertoon (Kirk & Hill-Brown, 1985; Davis & Hardick, 1981; Coles, 1990), en dat hulle stadiger spraakspoed geneig is om die ritme en kwaliteit van hul spraak negatief te beïnvloed (Kirk & Hill-Brown, 1985). Die kogleëre groep se produksie van spraakspoed is vir beide sinstepe 1 en 2 is perseptueel beoordeel as tussen 'n normale tot vinniger as normale spraakspoed. In sinstepe 3 is die groep se spraakspoed as normaal en sinstepe 4 as stadiger tot normaal beoordeel. Die normaalhorende en kogleëre groep is dus meer geneig om 'n normale tot vinniger spraakspoed te hê, terwyl die gehoorgestremde groep se spraakspoed deurlopend stadiger tot normaal was.

Die akoestiese analises van die normaalhorende groep se spraakspoed, toon die hoogste groeps-gemiddeldes vir al vier die sinstipes. Soos voorgestel in figuur 4b is dit duidelik dat die gehoorgestremde groep se spraakspoed die stadigste is vir drie van die sinstipes. Dit stem ooreen met waarnemings van ander navorsers (Coles, 1990; Kirk &

Hill-Brown, 1985; Davis & Hardick, 1981). Dit blyk egter dat die spraakspoed van die kogleëre groep groter ooreenstemming toon met dié van die normaalhorendes in drie van die vier sinne wat geproduseer is.

Die perseptuele en akoestiese resultate stem dus ooreen en die geïntegreerde resultate dui daarop dat die kogleëre groep 'n stadiger spraakspoed as die normaalhorende groep vertoon, maar dat hul spraakspoed waarneembaar vinniger as dié van die gehoorgestremde groep is.

Dit blyk dus uit die ondersoek dat die kogleër geïmplanteerde kinders se suprasegmentele spraakeienskappe, in 'n verskeidenheid van linguistiese kontekste, 'n groter ooreenkoms toon met dié van die normaalhorende groep as met dié van die gehoorgestremde groep.



FIGUUR 4: Grafiese voorstelling van die groeps-gemiddelde vir spraakspoed

GEVOLGTREKKINGS

Die ondersoek verskaf 'n vergelykende beeld van die suprasegmentele spraakeienskappe van jong kinders met uiteenlopende gehoorvermoëns en ouditiewe moniteringsopsies. Bevindings dui daarop dat prelinguale gehoorgestremde kinders grootliks baat vind by die terugvoer en monitering wat die kogleëre inplantingstechnologie bied. Die studie toon dat die jong prelinguaal gehoorgestremde kind binne twee jaar na 'n kogleëre inplanting, reeds sekere suprasegmentele spraakvaardighede bemeester. Daar is verdere aanduidings dat sodanige vaardighede by kogleër-geïmplanteerdes oor die algemeen, beter ontwikkel is as by gehoorgestremdes van dieselfde ouderdom wat van konvensionele gehoorapparaat gebruik maak. Dit wil ook voorkom of die geïmplanteerde kinders tot so 'n mate voordeel trek uit die tipe stimulasie en terugvoer wat hul ontvang, dat hul suprasegmentele spraakvaardighede binne enkele jare na inplantering reeds ooreenkoms toon met dié

van normaalhorende kinders van dieselfde ouderdom.

Dit is egter belangrik om in gedagte te hou dat die studie 'n beperkte aantal proefpersone ingesluit het en dat die resultate van dié studie waarskynlik nie sondermeer veralgemeen kan word nie. Individuele verskille tussen die proefpersone in 'n kleiner groep kan die beeld wat die groep as 'n geheel vorm makliker beïnvloed. Die resultate verskaf nogtans 'n sterk aanduiding van die positiewe invloed van 'n prelinguale kogleêre implanting op die produksie van suprasegmentele spraakeienskappe by jong kinders. 'n Aanbeveling vir verdere ondersoeke in die verband is dus die insluiting van 'n groter aantal proefpersone wat die veralgemening van bevindings kan ondersteun. Dit is egter ongelukkig so dat die aantal kogleêr-geïmplanteerde persone relatief beperk is.

Slegs spesifieke suprasegmentele eienskappe is in die studie ondersoek, en dit gee dus nog net 'n gedeeltelike beeld van die proefpersone se produksie van suprasegmentele spraakeienskappe. Die ondersoek van suprasegmentele eienskappe in spontane spraakuitings van jong, prelinguaal-geïmplanteerde kinders, waardeur spesifieke suprasegmentele aspekte in 'n natuurlike linguïstiese konteks geëvalueer kan word, mag verder interessante inligting verskaf.

Die tweeledige aard van die ondersoek, wat 'n perseptuele sowel as akoestiese analise ingesluit het, het bygedra tot groter insig in die aard van die suprasegmentele eienskappe. Dié benadering word sterk aanbeveel vir verdere studies in die verband, om 'n meer volledige beeld van die aard van suprasegmentele spraakeienskappe te verkry.

Die bevindings van die studie is 'n verdere aanduiding van die positiewe gevolge van kogleêre implantings, en bevestig die beeld wat uit ander navorsing met betrekking tot die spraakproduksie van kinders met kogleêre implantings na vore kom (Cummings, Groenewald, Hugo, Coetzee & Van der Linde, 1995; Tye-Murray et al., 1995; Kirk & Hill-Brown, 1985). Osberger (1994) noem dat 'n kogleêre implanting 'n opmerkbare voordeel vir die ontwikkeling van spraakpersepsie en spraakproduksie by uitermatig gehoor-gestremde kinders inhou en dat die prestasie van hierdie kinders tot dusver selfs die verwagtinge van die meeste professionele betrokkenes en ouers oortref. Sy spreek die mening uit dat geen ander sensoriese apparaat tot op hede so 'n dramatiese invloed op die verbetering van orale kommunikasie in uitermatige gehoor-gestremde kinders gehad het nie. Die bevindings van hierdie studie dui daarop dat hierdie mening geregtig is.

VERWYSINGS

- Boothroyd, A. (1982). *Hearing Impairment in Young Children*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Boothroyd, A. (1993). Profound Deafness. In Tyler, R.S. (ed.), 1993. *Cochlear Implants: Audiological Foundations*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc.
- Cohen, N.I., Waltzman, S.B. & Shapiro, W.H. (1985). Clinical trails with a 22-channel cochlear prosthesis. *Laryngoscope*, 95, 1448-1454.
- Coles, L.D. (1990). *The effect of certain suprasegmental features on the hearing impaired child's speech intelligibility*. Ongepubliseerde M.Log. Verhandelings, Universiteit van Pretoria.
- Crary, M.A. & Tallman, V.L. (1993). Production of linguistic prosody by normal and speech-disordered children. *Journal of Communication Disorders*, 26, 245-262.
- Crystal, D. (1981). *Clinical Linguistics*. New York: Spinger-Verlag.
- Cummings, S., Groenewald, E., Hugo, R., Müller, L. & Van der Linde, M. (1994). Speech production changes with the use of a multichannel cochlear implant in a postlingually hearing impaired adult. *Die Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Kommunikasieafwykings*, 41, 3-13.
- Cummings, S., Groenewald, E., Hugo, R., Coetzee, L. & Van der Linde, M. (1995). Speech Production changes with the nucleus 22-channel cochlear implant. *Annals of Otolaryngology & Laryngology*, 104, (Supplement 166), 394-397.
- Davis, J.M. & Hardick, E.J. (1981). *Rehabilitative Audiology for Children and Adults*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Dowell, R.C., Meckleburg, D.C. & Clark, G.M. (1986). Speech recognition for 40 patients receiving multichannel cochlear implants. *Archives of Otolaryngology, Head and Neck Surgery*, 112, 1054-1059.
- Fryauf-Bertschy, H., Tyler, R.S., Kelsay, D.M. & Gantz, B.J. (1992). Performance over time of congenitally deaf and postlingually deafened children using a multichannel cochlear implant. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 913-920.
- Grant, K.W. & Walden, B.E. (1996). Spectral distribution of prosodic information. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 228-238.
- Kent, R.D. & Read, C. (1992). *The Acoustic Analysis of Speech*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc.
- Kirk, K.I. & Hill-Brown, C. (1985). Speech and language results in children with a cochlear implant. *Ear and Hearing*, 6, (Supplement), 36-47.
- Langereis, M.C., Bosman, A.J., Van Olphen, A.F. & Smoorenburg, G.F. (1997). Changes in vowel quality in post-lingually deafened cochlear implant users. *Journal of Audiology*, 36, 279-297.
- Minifie, F.D. (1973). Speech Acoustics. In Minifie, F.D., Hixon, J.J. & Williams, F. (eds.), 1973. *Normal Aspects of Speech, Hearing and Language*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Northern, J.L. & Downs, M.P. (1991). *Hearing in children (4th. ed.)*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Ohde, R.N. & Sharf, D.J. (1992). *Phonetic Analysis of Normal and Abnormal Speech*. New York: MacMillan Publishing Company.
- Osberger, M.J. (1994). Introduction and Overview. In McCormick, B., Archbold, S. & Sheppard, S. (Eds.), 1994. *Cochlear Implants for Young Children: The Nottingham Approach to Assessment and Rehabilitation*. London: Whurr Publishers Ltd.
- Salkind, N.J. (1991). *Exploring Research*. New York: MacMillan.
- Sloat, C., Taylor, S.H. & Hoard, J.E. (1978). *Introduction to Phonology*. Englewood Cliffs, New York: Prentice-Hall, Inc.
- Spivak, L.G. & Waltzman, S.B. (1990). Performance of cochlear implant patients as a function of time. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33, 511-519.
- Tobey, E.A. (1993). Speech Production. In Tyler, R.S. (ed.), 1993. *Cochlear Implants: Audiological Foundations*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc.
- Tye-Murray, N., Lowder, M. & Tyler, R.S. (1990). Comparison of the F0F2 and F0F1F2 processing strategies for the Cochlear Corporation cochlear implant. *Ear and Hearing*, 11, 195-200.
- Tye-Murray, N. (1993). Aural Rehabilitation and Patient Management. In Tyler, R.S.(Ed.), 1993. *Cochlear Implants: Audiological Foundations*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc.
- Tye-Murray, N., Spencer, L. & Woodworth G.G. (1995). Acquisition of Speech by Children Who Have Prolonged Cochlear Implant Experience. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38, 327-337.
- Tyler, R.S. (1990). Speech perception with the Nucleus cochlear implant in children trained with the auditory/verbal approach. *American Journal of Otolaryngology*, 11, 99-107.
- Tyler, R.S. (1993). Speech Perception by Children. In Tyler, R.S. (ed.), 1993. *Cochlear Implants: Audiological Foundations*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc.
- Van Tasell, D.J. (1981). Auditory Perception of Speech. In Davis, J.M. & Hardick, E.J., 1981. *Rehabilitative Audiology for Children and Adults*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Van Wyk, E.B. (1981). *Praktiese Fonetiek vir Taalstudente: 'n Inleiding*. Durban: Butterworth en Kie.
- Waltzman, S.B., Cohen, N.L. & Fisher, S.G. (1992). An experimental comparison of cochlear implant systems. *Seminars in Hearing*, 30, 195-207.