

'n Analitiese tegniek om die foneemherkenningsvermoë van Suid-Afrikaanse kogleëre inplantinggebruikers te bepaal

LL PRETORIUS

Bio-Ingenieurswesegroep, Departement Elektriese, Elektroniese en Rekenaar-Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria, Suid-Afrika. E-pos: linda@postino.up.ac.za

JJ HANEKOM

Bio-Ingenieurswesegroep, Departement Elektriese, Elektroniese en Rekenaar-Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria, Suid-Afrika. E-pos: johan.hanekom@up.ac.za

A VAN WIERINGEN

Experimentele Otorhinolaryngologie, Departement Neurowetenskappe, Katholieke Universiteit Leuven, België. E-pos: astrid.vanwieringen@med.kuleuven.be

J WOUTERS

Experimentele Otorhinolaryngologie, Departement Neurowetenskappe, Katholieke Universiteit Leuven, België. E-pos: jan.wouters@med.kuleuven.be

UITTREKSEL

Hierdie artikel beskryf analitiese toetse wat ontwikkel is om die foneemherkenningsvermoë van Afrikaans- en Engelssprekende Suid-Afrikaanse kogleëre inplantinggebruikers te ondersoek. Vokaalstimuli (in 'n /pVOKAALʔ-konteks) en konsonantstimuli (in 'n /aKONSONANTa/-konteks), uitgespreek deur manlike en vroulike sprekers van beide taalgroepe, is opgeneem en akoesties geanaliseer. Die vokaal- en konsonantherkenningsvermoë van onderskeidelik nege en elf plaaslike kogleëre inplantinggebruikers is voorts ondersoek. Tipiese verwarrings wat inplantinggebruikers ondervind, is bepaal en in terme van die akoestiese eienskappe van die stimuli verklaar. Algemene waarnemings is dat vokale wat deur spektrale eienskappe uitgeken word, moeilik herkenbaar is vir inplantinggebruikers, terwyl temporale eienskappe beter herken word. Veral plek van artikulasie is 'n moeilik-uitkenbare eienskap tydens konsonantherkenning. Die resultate ondersteun waarnemings van soortgelyke studies in ander taalgroepe. Hierdie analitiese toetse kan nuttig wees om gebruiker-spesifieke spraakverwerkerinstellings te maak en om vordering van nuwe gebruikers se spraakherkenningsvermoë te monitor.

ABSTRACT

An analytical method to determine phoneme recognition abilities of South African cochlear implant users

This article describes analytical tests developed to investigate the extent to which Afrikaans- and English-speaking South African cochlear implant users recognize phonemes. Vowel stimuli (in a /pVOWELʔ/ context) and consonant stimuli (in an /aCONSONANTa/ context), uttered by male and female speakers, were recorded and acoustically analysed. Vowel and consonant recognition abilities of respectively nine and eleven local cochlear implant users were subsequently investigated. Typical confusions experienced by cochlear implant users were determined and explained in terms of the acoustic properties of the stimuli. General observations are that implant users find vowels that are identified by spectral characteristics difficult to recognise, while the recognition of temporal properties is better. During consonant recognition, place of articulation is particularly difficult to identify. Results support observations from similar studies conducted for other language groups. These analytical tests may be valuable for creating individualised speech processor settings and monitoring new implant users' progress in speech recognition ability.

Kogleëre inplantings bied aan talle uiters dowe individue wêreldwyd 'n mate van herwonne gehoor¹ deurdat kogleëre senuweevesels elektries gestimuleer word om 'n klanksensasie voort te bring. Die funksie van die koglea word deur die gekombineerde werking van 'n eksterne spraakverwerker, subkutaan-geïmplanteerde elektronika en 'n elektrodeskikking in die koglea oorgeneem. Klank word deur 'n mikrofoon ontvang en deur die eksterne spraakverwerker van akoestiese inset na elektriese seine omgeskakel. Die spraakverwerker doen bandlaatfiltering, onttrek die omhulling van die spraakse in elkeen van die bandgefilterde kanale, en genereer dan amplitude-gemoduleerde pulstipe stimuli. Hierdie stimuli word met behulp van 'n draadlose telemetrieskakel na die geïmplanteerde ontvanger-stimulator-elektronika en elektrodeskikking versend.¹ Multi-kanaal-, multi-elektrode-inplantings maak staat op die tonotopiese rangskikking van die koglea om stimulasie van verskillende frekwensiegebiede deur afsonderlike elektrodes te bewerkstellig.

Elektriese stimulasie van die koglea stel inplantinggebruikers in staat om omgewingsgeluide sowel as spraak waar te neem.² Alhoewel talle gebruikers spraak sonder die steun van liples kan herken en sommiges selfs die telefoon kan gebruik, is daar 'n groot variasie in spraakherkenningvermoë.^{3,4} Dit kan toegeskryf word aan die mate waartoe foneemeienskappe deur die inplantingstelsel* na die sentrale gehoorstelsel oorgedra word, wat weer beïnvloed word deur faktore soos senuwee-oorlewing,⁵ plasing van die elektrodeskikking,⁶ die spraakverwerkingstrategie^{7,8} en koderingsparameters van die gekose spraakverwerkingstrategie.^{8,9} Spektrale en temporale eienskappe van klank word ernstig gedegradear deur beperkings in die inplantingtegnologie, asook beperkings daargestel deur die elektrode-senuwee-intervlak.

Verskeie toetse, insluitend sintoetse, woordidentifikasie en analitiese toetse, is beskikbaar vir die evaluasie van inplantinggebruikers se spraakherkenningsvermoë. Analitiese toetse verwys na toetse waar spraakklanke buite normale konteks aangebied word, soos verder aan verduidelik word. Verskillende toetse het verskillende tipes persepsie tot gevolg en word gebruik in verskillende omstandighede, soos hieronder verduidelik word.

Sintoetse gee 'n aanduiding van spraakverstaanbaarheid en kan met sukses gebruik word om (byvoorbeeld) verskillende spraakverwerkingsalgoritmes met mekaar te vergelyk. Sintoetse kan egter nie uitwys waarom spesifieke resultate behaal word nie, byvoorbeeld waarom een spraakverwerkingsalgoritme beter spraakverstaanbaarheid tot gevolg het as 'n ander nie.

Analitiese toetse is nuttig om te bepaal in watter mate inligting waaraan spraakklanke uitgeken word, suksesvol deur die inplantingstelsel na die sentrale gehoorstelsel oorgedra kan word. Meer spesifiek, analitiese toetse kan gebruik word om inplantinggebruikers se vermoë om foneme te herken, te bepaal. Foneme, die basisstel van klanke waaruit 'n spesifieke taal opgebou is, word onderskei aan hulle spektrale en temporale eienskappe. Analitiese toetse is veral van groot waarde om die mate waarin spektrale en temporale eienskappe van die spraakse in die elektries-gestimuleerde gehoorstelsel oorgedra word, te bepaal.

Geslotestel-vokaal- en konsonantherkenningstake word dikwels in dié verband gebruik (kyk byvoorbeeld Van Wieringen en Wouters³; Munson et al.;⁴ Fu & Shannon⁹). As uitset word verwarringsmatrikse, wat 'n aanduiding gee van watter vokale of konsonante met mekaar verwar word, saamgestel. Gevolglik kan eienskapanalises gedoen word om te bepaal in watter mate die

* Waar in hierdie artikel verwys word na "inplantingstelsel", word die hele stelsel wat klank kunsmatig aan die gehoorstelsel oordra, bedoel, insluitende die spraakverwerker, die elektrodeskikking en die intervlak tussen die elektrodes en senuwees.

akoestiese eienskappe wat deur die gehoorstelsel gebruik word om die identiteit van 'n spesifieke foneem te bepaal, wel deur die inplantingstelsel oorgedra word.

Hierdie studie het ten doel gehad om (i) 'n analitiese toets te ontwikkel om die foneemherkenning van Afrikaanssprekende en Engelssprekende Suid-Afrikaanse gebruikers van kogleëre inplantings objektief te kan meet, en (ii) om die toets te gebruik om die foneemherkenningsvermoë van 'n aantal plaaslike kogleëre inplantinggebruikers analities te ondersoek. Die analitiese toets is maklik uitvoerbaar en van waarde in 'n kliniese omgewing. Dit is, sover bekend, die eerste toets van sy soort in Suid-Afrika.

Verder behoort hierdie studie ook uitspraak te kan lewer oor die vermoë van spraakverwerkingsalgoritmes om foneemeienskappe ten spyte van taal- en uitspraakspesifieke faktore suksesvol oor te dra. Tesame met resultate van andertalige studies, kan dit dus bydra tot die verfyning van spraakverwerkingstrategieë wat in kogleëre inplantingstelsels geïmplementeer word.

METODE

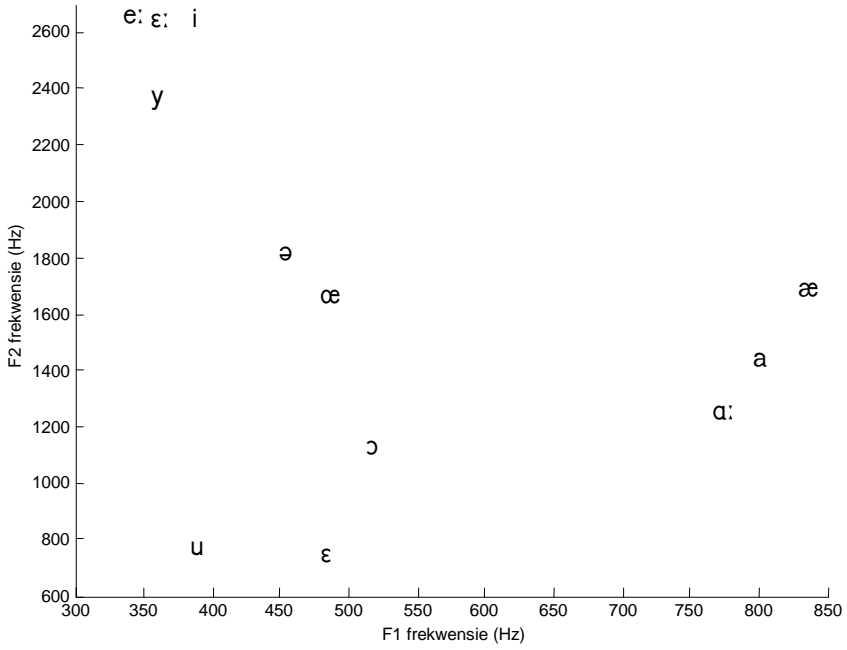
Stimuli

Die analitiese toets wat hier beskryf word, is ontwikkel deur die Bio-Ingenieurswese navorsingsgroep aan die Universiteit van Pretoria in samewerking met die navorsingsafdeling Experimentele Otorhinolaryngologie (ExpORL), Katholieke Universiteit, Leuven. Afsonderlike stimulistelle, soos uitgespreek deur manlike sowel as vroulike Afrikaanse en Engelse moedertaalsprekers, is opgeneem. Vokaalherkenningsvermoë van Afrikaanse deelnemers is met twaalf vokaalstimuli in 'n /pVOKAALt/ konteks (met vokaalstel /a, i, u, a, ε, ɔ, ə, æ, ø e, ε:, y/) ondersoek, terwyl nege /pVOKAALt/ vokaalstimuli vir die Engelse groep gebruik is (met vokaalstel /a, ʌ, ɔ:, i, i, ɒ, u, ε, æ/). Beide taalgroepe se konsonantherkenningsvermoë is met vyftien /aKONSONANTa/ stimuli, met konsonantstel /p, t, k, b, d, m, n, r, l, j, s, z, f, v, x (Afrikaans) of g (Engels)/, ondersoek. Alle stimuli is digitaal teen 44.1 kHz (16 bis resoluksie) by die Universiteit van Pretoria opgeneem. Die gemiddelde intensiteit van die konsonantstimuli het tussen 71 en 74.5 dB SPL gevarieer oor die vier sprekers, terwyl dit tussen 68 en 70 dB SPL gewissel het vir die vokaalstimuli. Om te verseker dat die klankstimuli goeie voorbeelde van die betrokke foneme was, is dit vooraf deur onderskeidelik Afrikaans- en Engelssprekende normaalhorende luisteraars geïdentifiseer (prestasievlak ten minste 95% korrek).

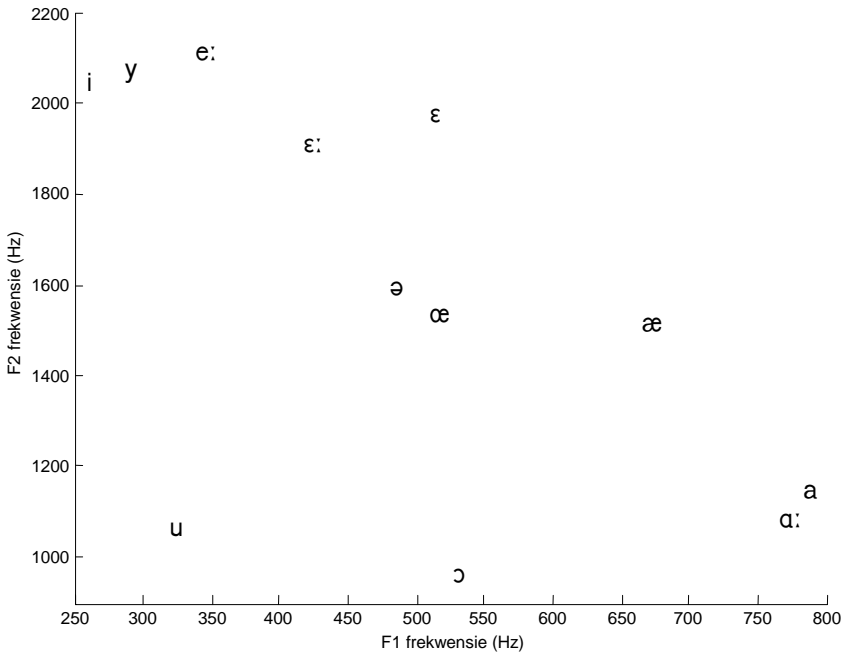
AKOESTIESE ANALISE

Vokaalstimuli is ten opsigte van tydsduur en die eerste twee formant-frekwensies geanaliseer deur van spektrogramme gebruik te maak. Laasgenoemde is met behulp van Praat 4.0.46¹⁰, 'n sagtewarepakket wat ontwikkel is vir spraakanalise, verkry. Analise van vokaalduur het getoon dat stimuli wat deur die twee Engelse sprekers uitgespreek is van soortgelyke tydsduur was, terwyl dié van die vroulike Afrikaanse spreker gemiddeld 60 ms langer was as dié deur die manlike spreker uitgespreek. Verskille tussen lang en kort vokale soos deur die verskillende sprekers uitgespreek, was egter soortgelyk binne die twee taalgroepe. Vokaalruimtes word in Figuur 1a-d getoon. Die vokaalruimtes vir Afrikaans en Engels kom ooreen met die data gemeet deur Van der Merwe et al.¹¹ vir Afrikaanssprekende manlike sprekers, en die data gemeet deur Botha¹² vir Afrikaans en Suid-Afrikaanse Engels, ook uitgespreek deur manlike sprekers.

(a)

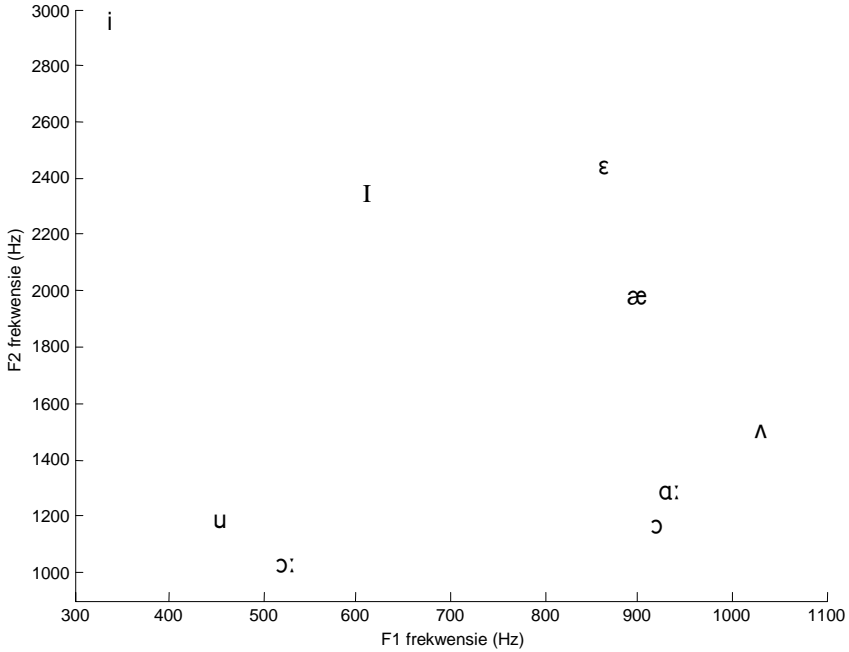


(b)

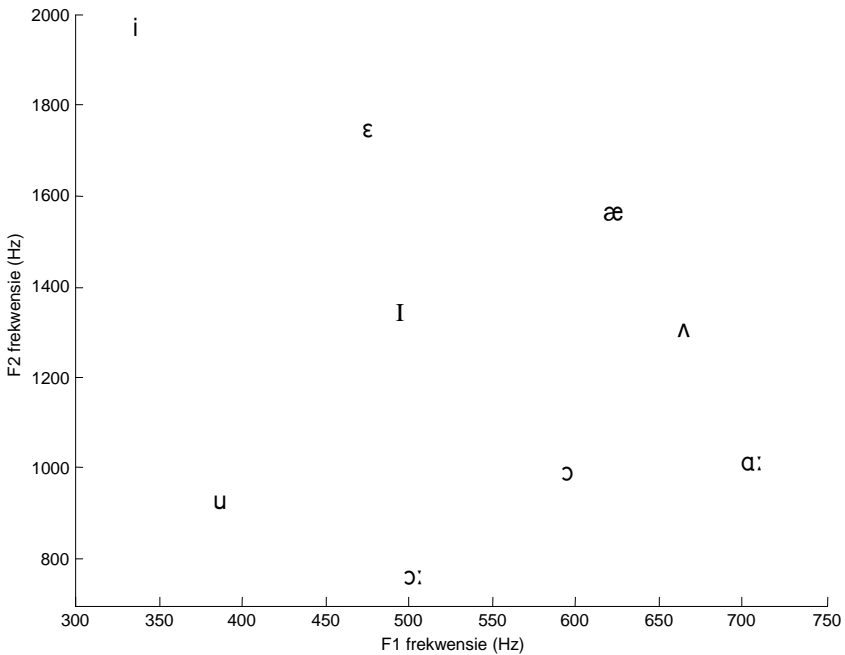


Figuur 1a-b

(c)



(d)



Figuur 1c-d

Figuur 1: Vokaalruimtes van vokale soos uitgespreek deur (a) 'n vroulike Afrikaanse spreker, (b) 'n manlike Afrikaanse spreker, (c) 'n vroulike Engelse spreker en (d) 'n manlike Engelse spreker.

Spektrogramme van die konsonantstimuli is ook met Praat verkry. Konsonantstimuli is ten opsigte van tydsduur, stemhebbendheid, aard en plek van artikulasie, ekspllosiwiteit, nasaliteit, likwiditeit en affrikasie geanaliseer. Geen statisties-beduidende verskille bestaan tussen die tydsduur van konsonantstimuli soos deur die verskillende sprekers uitgespreek nie. Daar moet gelet word daarop dat, alhoewel /v/ normaalweg as 'n frikatief geklassifiseer word¹³, soos deur die Afrikaanse sprekers uitgespreek, inspeksie van die spektrogramme getoon het dat hierdie foneem se eienskappe soortgelyk aan dié van 'n glykonsonant is wanneer uitgespreek deur die Afrikaanse sprekers.

Deelnemers

Nege post-linguaal dowe volwasse kogleêre inplantinggebruikers het aan vokaalherkenningstoetse deelgeneem, terwyl elf deelnemers die konsonant-herkenningstoetse voltooi het[†]. Almal was gebruikers van die Nucleus CI24 inplanting, buiten D3 wat aanvanklik 'n CI22 inplanting gebruik het. Almal is in Pretoria geïmplanteer. Sewe deelnemers was Afrikaanssprekend, terwyl vier deelnemers Engelsprekend was. Deelnemers het óf die SPEAK óf die ACE[‡] spraakverwerkingstrategie gebruik en het almal ten minste een jaar ondervinding met die inplantingstelsel gehad (veral om te verseker dat hulle ervare genoeg was met luister na spraak via die inplantingstelsel, maar ook omdat elektriese stimulasiedrempels dikwels enkele maande kan neem om te stabiliseer). Die groep was heterogeen ten opsigte van etiologie, ouderdom met inplantering en duur van doofheid voor inplantering. Alle deelnemers het geskrewe ingeligte toestemming gegee en is per uur vir hul deelname vergoed.

Verloop van eksperimente

Foneemherkenningstoetse is met behulp van sagteware[§] wat deur die navorsingsafdeling ExpORL¹⁴ ontwikkel is, uitgevoer. Die toetse is in Pretoria gedoen deur die Bio-Ingenieurswese navorsingsgroep. Stimuli is oor 'n Yamaha MS101 II luidspreker wat ongeveer een meter voor die deelnemer aan die kant van sy/haar inplanting geplaas is, voorgespeel. Alle toetse is in 'n klankdigte kamer uitgevoer en stimuli is teen gemaklike luidheidsvlakke (tussen 60 en 70 dB SPL) aangebied. Deelnemers het hul eie spraakverwerkers gebruik, met dieselfde sensitiwiteitstellers as vir alledaagse gebruik.

Deelnemers is gevra om oor die verloop van 'n paar dae na afsonderlike stelle vokaal- en konsonantstimuli, soos onderskeidelik deur 'n manlike en vroulike spreker uitgespreek, te luister. 'n Toetsessie was nooit langer as 1.5 uur nie. Stimuli is in willekeurige volgorde aangebied, met 20 herhalings van elke foneem van elke spreker.^{**} Deelnemers is gevra om, na aanhoor van die foneem, die ooreenstemmende beskrywende teks wat op 'n rekenaarskerm vertoon is, met 'n rekenaarmuis-klik te selekteer. Response is outomaties in verwarringsmatrikse gestoor. Alhoewel deelnemers geen oefening voor die aanvang van die toetse gehad nie, het die toetsafnemer elke stimulus vooraf hardop uitgespreek om dit aan die deelnemers bekend te stel. Om deelnemers aan die toetsopstelling gewoond te maak, is die eerste

[†] Een van die Engelse deelnemers (D3) het onlangs 'n tweede inplanting ontvang. Sy het twee addisionele stelle foneemherkenningstake voltooi – een met die nuwe inplanting se oorspronklike spraakverwerkerparameters en een nadat nuwe spraakverwerkerparameters gestel is. Daar is dus elf stelle vokaalresponse en dertien stelle konsonantresponse.

[‡] Loizou¹ gee 'n oorsig van die verskillende inplantingstelsels en spraakverwerkingstrategieë.

[§] Hierdie sagteware, APEX, is op aanvraag beskikbaar by die vierde outeur.

^{**} Die twee addisionele stelle herkenningstake soos in (†) beskryf, het elk 24 herhalings gehad.

drie aanbiedings van elke stel nie vir verdere verwerking in ag geneem nie. Deelnemers is egter nie hiervan ingelig nie.

RESULTATE EN BESPREKING

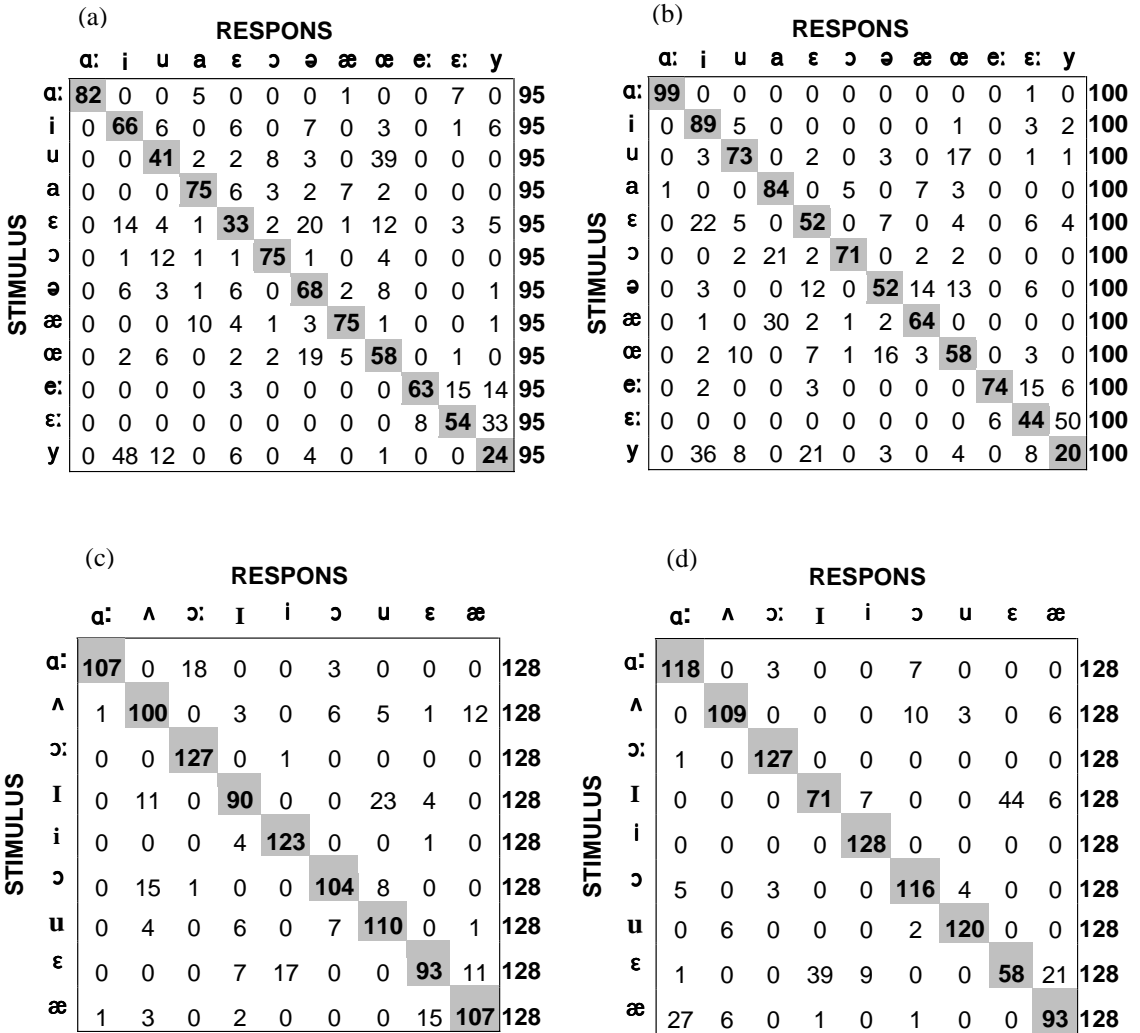
Vokaalherkenning

Die vokaalherkenningsvermoë (tabel 1) van Engelse deelnemers was goed, met die persentasie korrekte response tussen 68% en 94%. Afrikaanse deelnemers se prestasie vir vokaalherkenning het tussen 23% en 88% korrek gewissel. Daar was min verskille tussen die resultate vir manlike en vroulike sprekers vir die Afrikaanse luisteraars (korrelasie van meer as 0.75 vir beide konsonante en vokale), maar daar was swakker korrelasie tussen die resultate vir manlike en vroulike sprekers vir Engelse luisteraars. Dit kan moontlik toegeskryf word aan D3 se wisselvallige resultate en die klein groep Engelse luisteraars.

TABEL 1: Algehele foneemherkenningsprestasie van die onderskeie deelnemers. D10 en D11 was nie beskikbaar vir vokaalherkenningstake nie.

Kondisie	Engelse deelnemers			Afrikaanse deelnemers		
	% korrek			% korrek		
	Deelnemer	Konsonante	Vokale	Deelnemer	Konsonante	Vokale
Manlike spreker	D1	87	94	D5	75	80
	D2	73	71	D6	75	60
	D3a	63	68	D7	45	23
	D3b	66	90	D8	76	70
	D3c	86	88	D9	88	85
	D4	83	87	D10	64	NvT
				D11	82	NvT
Vroulike spreker	D1	98	84	D5	71	81
	D2	77	86	D6	86	40
	D3a	81	71	D7	48	49
	D3b	79	94	D8	78	67
	D3c	79	78	D9	88	88
	D4	78	75	D10	65	NvT
				D11	77	NvT

Alhoewel al die deelnemers nie ewe goed presteer het nie, is verwarringsmatrikse van die verskillende deelnemers saamgevoeg (Figuur 2a-d) om 'n geheelbeeld van verwarringspatrone te verkry. Hieruit is dit duidelik dat lang vokale minder gereeld verkeerd geïdentifiseer word as kort vokale, met /ɑ:/, /ɔ:/ en die Engelse /i/ van die maklikste herkenbaar. Dit wil voorkom dat wanneer lang vokale wel verkeerd geïdentifiseer word, hulle meestal met ander lang vokale verwar word. Talle /ɛ: -y/ verwarrings van Afrikaanse deelnemers is egter 'n uitsondering. Kort vokale is dikwels met mekaar verwar en dit wil voorkom asof deelnemers veral gesukkel het om /œ/, /ɛ/, /y/, /ə/ en /I/ korrek te identifiseer.



Figuur 2: Saamgevoegde verwarringsmatrikse vir vokaalherkenning wanneer vokale uitgespreek is deur (a) 'n manlike Afrikaanse spreker, (b) 'n vroulike Afrikaanse spreker, (c) 'n manlike Engelse spreker en (d) 'n vroulike Engelse spreker. Vetgedrukte waardes op die diagonaal verteenwoordig die aantal korrekte herkennings van 'n spesifieke stimulus. Die laaste inskrywing in elke ry (vetgedruk) is die totale aantal kere wat 'n spesifieke stimulus aangebied is.

Hierdie vokaalverwarringspatrone kan aan die hand van die akoestiese analyses van die vokaalstimuli verduidelik word (figuur 1a-d). Dit is bekend dat formantpatrone¹⁵ sowel as tydsduur¹⁶ belangrike bydraes tot die perseptuele identiteit van 'n vokaalklank maak. Uit die resultate blyk dit dat suksesvolle vokaalherkenning van die korrekte identifikasie van die kombinasie van hierdie eienskappe afhang, sodat suksesvolle herkenning van net een eienskap

nie noodwendig korrekte herkenning van die vokaal tot gevolg het nie. So byvoorbeeld kom /ɛ:/ en /y/ verwarrings dikwels voor, ten spyte daarvan dat hulle op grond van tydsduur genoegsaam behoort te verskil. Spektrale analise het egter getoon dat die twee vokale naastenby dieselfde eerste formantfrekwensie het, sowel as baie soortgelyke tweede formantfrekwensies. Die talle /I-ɛ/, /œ-ə/ en /y-i/ verwarrings kan op soortgelyke wyse verduidelik word – almal is kort vokale, maar met soortgelyke formantpatrone, sodat hulle in die vokaalruimte (figuur 1a-b) naby aan mekaar lê. Met inagneming daarvan dat 'n mate van oorvleueling van frekwensiebande in die spraakverwerkingsalgoritmes voorkom, is verwarring van vokale met soortgelyke formantpatrone nie verbasend nie.

Eienskapoordraganalises (tabel 2), waartydens verwarringspatrone binne kenmerk-groepe geanaliseer word om 'n aanduiding te gee van die betrokke kenmerk se bydrae tot spraakverstaanbaarheid,¹⁷ het getoon dat heelwat variasie tussen die verskillende deelnemers voorkom. Dit wil dus voorkom asof verskillende deelnemers verskillende eienskappe in wisselende mate gebruik tydens vokaalherkenning. Die waarneming is soortgelyk aan dié van Van Wieringen en Wouters,³ waar hulle aangetoon het dat inplantinggebruikers wat beter presteer, geneig is om meer eienskappe te gebruik vir vokaalherkenning, terwyl dié wat swakker vaar, geneig is om op die oordrag van 'n enkele eienskap te steun.

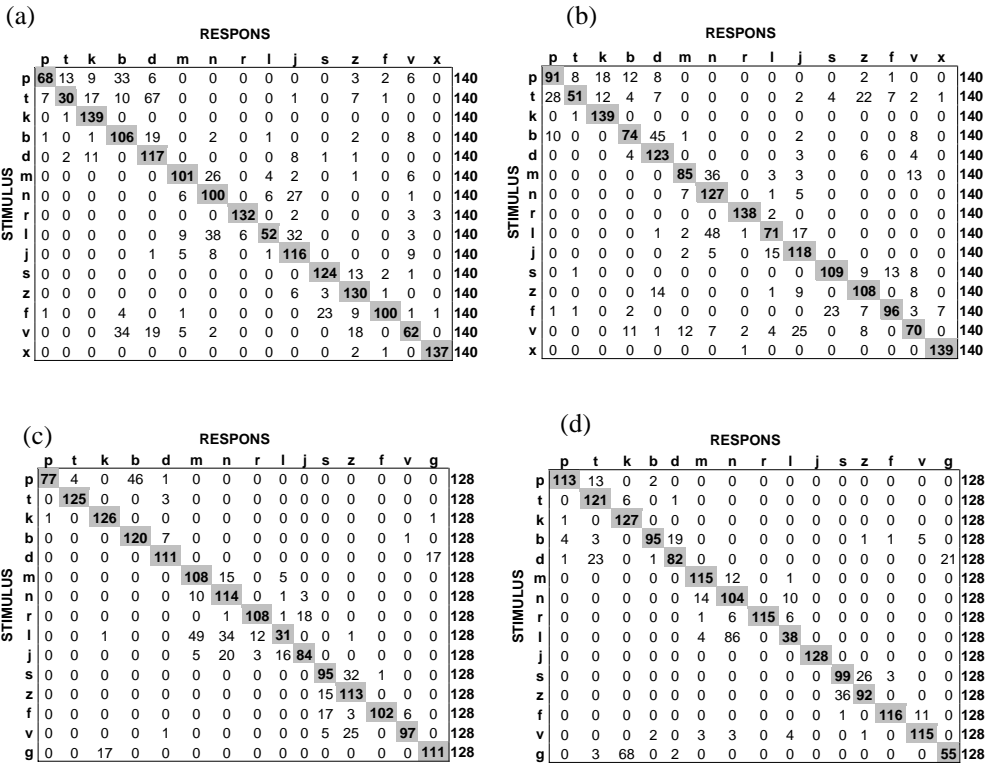
TABEL 2: Persentasie inligting oorgedra aangaande vokaaleienskappe tydens vokaalherkenning.

Kondisie		Eienskapoordrag (%)				
		Deelnemer	Tydsduur	F1	F2	
Engelse deelnemers	Manlike spreker	D1	100	83	95	
		D2	55	50	75	
		D3a	80	31	67	
		D3b	96	71	86	
		D3c	91	78	83	
		D4	100	72	85	
	Vroulike spreker	D1	82	94	92	
		D2	68	84	96	
		D3a	70	54	63	
		D3b	93	94	89	
		D3c	68	77	61	
		D4	73	90	88	
	Afrikaanse deelnemers	Manlike spreker	D5	83	73	72
			D6	35	45	60
D7			44	16	16	
D8			86	41	54	
D9			100	73	83	
Vroulike spreker		D5	100	68	76	
		D6	23	31	37	
		D7	51	51	33	
		D8	48	53	60	
		D9	75	76	87	

Konsonantherkenning

Tabel 1 wys dat die persentasie korrekte response van Afrikaanse deelnemers tussen 48% en 88% gevarieer het en dié van Engelse deelnemers tussen 63% en 98%.

Soos voorheen is verwarringsmatrikse van die verskillende deelnemers saamgevoeg om 'n geheelbeeld van verwarringspatrone te gee. Figuur 3a-d wys dat Afrikaanse deelnemers /k/, /r/ en /x/ die duidelikste herken het, terwyl Engelse deelnemers /t/, /k/, /b/ en /j/ maklik herken het. Die /l/ was moeilik herkenbaar vir deelnemers uit albei groepe en /l-j/, /l-m/ en /l-n/ verwarrings het dikwels voorgekom. Hierdie patroon is nie onverwags nie, aangesien die sonorante klanke (/l/, /m/, /n/) almal heelwat energie in lae frekwensiebande bevat. Afrikaanse deelnemers het dikwels ook /v/ met /j/ (in die geval van die vroulike spreker) of /b/ (in die geval van die manlike spreker) verwar. Eersgenoemde verwarring kan moontlik daaraan toegeskryf word dat albei glyers is en net betreffende plek van artikulasie verskil. Die /v-b/ verwarrings kan moontlik daaraan toegeskryf word dat /v/ soos deur die manlike spreker uitgespreek, amper 'n ekspllosiewe aard gehad het, soos deur spektrale analise bevestig.



Figuur 3: Saamgevoegde verwarringsmatrikse vir konsonantherkenning wanneer konsonante uitgespreek is deur (a) 'n manlike Afrikaanse spreker, (b) 'n vroulike Afrikaanse spreker, (c) 'n manlike Engelse spreker en (d) 'n vroulike Engelse spreker. Vetgedrukte waardes op die diagonaal verteenwoordig die aantal korrekte herkennings van 'n spesifieke stimulus. Die laaste inskrywing in elke ry (vetgedruk) is die totale aantal kere wat 'n spesifieke stimulus aangebied is.

Oor die algemeen wil dit voorkom asof konsonante in groepsverband verwar word. So byvoorbeeld word frikatiewe dikwels met ander frikatiewe verwar, of eksplosiewe met ander eksplosiewe, veral as stemhebbendheid die enigste eienskap is wat hulle onderskei. Dit blyk dat verwarrings tussen sonorante konsonante dikwels toegeskryf kan word aan 'n onvermoë om die plek van artikulasie korrek te identifiseer. Dit is in ooreenstemming met ander studies wat gevind het dat plek van artikulasie een van die moeilikste kenmerke is om te eien.^{3,18,19} Soos vir vokaalherkenning wys eienskapoordraganalise (tabel 3) dat deelnemers die verskillende kenmerkende eienskappe in wisselende mate gebruik tydens konsonantherkenning. Dit blyk dus dat eienskappe wat deur spektrale inligting bepaal word, minder goed oorgedra word as temporale eienskappe.

TABEL 3: Persentasie inligting oorgedra aangaande konsonanteienskappe tydens konsonantherkenning. SH verwys na stemhebbendheid.

Kondisie		Eienskapoordrag (%)							
		Deelnemer	Ploffing	SH	Aard	Plek	Nasaliteit	Likwiditeit	Affrikasie
Engelse deelnemers	Manlike spreker	D1	100	94	100	85	83	73	100
		D2	94	55	97	62	61	3	93
		D3a	97	58	98	76	55	38	100
		D3b	100	31	100	56	60	28	100
		D3c	100	70	100	81	69	40	100
		D4	100	90	98	63	75	73	97
	Vroulike spreker	D1	97	93	98	97	100	100	97
		D2	97	55	95	82	60	24	90
		D3a	95	51	88	55	65	32	76
		D3b	100	43	100	100	68	39	100
		D3c	100	53	100	94	40	25	100
		D4	89	64	94	66	85	82	89
Afrikaanse deelnemers	Manlike spreker	D5	94	60	95	53	77	69	97
		D6	75	58	83	64	68	46	96
		D7	62	67	64	15	34	25	69
		D8	70	50	74	68	34	68	73
		D9	92	56	96	89	76	96	100
		D10	54	39	63	54	61	39	73
		D11	71	69	81	77	68	41	85
	Vroulike spreker	D5	70	77	74	44	45	71	77
		D6	100	92	100	74	68	53	100
		D7	60	88	68	12	38	38	53
		D8	60	61	61	67	90	94	40
		D9	97	82	98	80	82	96	100
D10	62	44	79	53	75	39	69		
D11	76	72	77	67	70	32	80		

SAMEVATTING

Daar is twee tipiese gebruike van 'n analitiese toets: (i) om die spraakverwerker se instellings vir 'n spesifieke individu te verbeter deur te bepaal watter inligting nie effektief na die gehoorstelsel oorgedra word nie, en (ii) om te bepaal hoe een spraakverwerkingsalgoritme met 'n ander vergelyk. In die laasgenoemde gebruiksomstandighede is dit belangrik om genoeg deelnemers te hê om seker te maak resultate is statisties beduidend, asook om deelnemers versigtig te selekteer. Een kriterium is dat deelnemers se spraakherkenningvermoë soortgelyk moet wees.

In hierdie studie is 'n analitiese toets ontwikkel om die herkenning van vokale en konsonante deur Suid-Afrikaanse kogleêre inplantinggebruikers te ondersoek. Waar toetsmateriaal dikwels voorgelees word, is die hoë-kwaliteit opnames wat ontwikkel is 'n gestandaardiseerde toets vir aanbieding van die spraakmateriaal.

Voorts is die foneemherkenningsvermoë van 'n groep plaaslike kogleêre inplantinggebruikers hiermee ondersoek. 'n Stel akoesties-geanaliseerde taal-spesifieke foneemstimuli soos deur 'n manlike sowel as vroulike spreker uitgespreek in Afrikaans en Engels, is saamgestel. Verwarrings wat Suid-Afrikaanse gebruikers daagliks kan verwag, kon derhalwe bepaal word en kon in terme van die akoestiese eienskappe van die stimuli verklaar word. Dit blyk dat foneemeienskappe wat deur spektrale inligting bepaal word moeilik herkenbaar is, wat moontlik daartoe lei dat vokale met soortgelyke eerste of tweede formantfrekwensies dikwels verwar word, terwyl plek van artikulasie moeilik onderskeibaar is tydens konsonantherkenning. Dit sou nuttig wees om, in die analise van die data, spraakverwerkingsalgoritmes soos SPEAK en ACE teen mekaar op te weeg in terme van effektiwiteit waarmee elkeen temporale en spektrale inligting oordra. Die aantal deelnemers aan hierdie studie was egter te klein om statisties-beduidende afleidings hieroor te maak.

Voorafgaande waarnemings is in ooreenstemming met die tendense van soortgelyke studies wat vir ander taalgroepe gedoen is. Dit is interessant om op te merk dat, wanneer prestasie van die beter deelnemers aan hierdie studie met ooreenstemmende groepe uit vorige studies vergelyk word, die algemene prestasievlak hoër blyk te wees.^{3,18,20} Alhoewel die aantal deelnemers aan hierdie en die vorige studies waarna verwys word 'n te klein monster is om statisties-beduidende afleidings te maak, reflekteer hierdie tendens moontlik die verbetering van spraakverwerkingsalgoritmes van multikanaal-inplantingstelsels oor die afgelope vyftien jaar.

Die spraakmateriaal wat ontwikkel is, is op aanvraag beskikbaar by die tweede outeur. As hierdie analitiese tegniek in die praktyk gebruik word met 'n kleiner stel stimuli en voldoende herhalings (minstens 10), kan toetsing binne 10 minute afgehandel word. Resultate kan doeltreffend gebruik word om inplantinggebruikers se vordering te monitor. Resultate kan ook gebruik word om in die geval van sistematiese foute gebruiker-spesifieke spraakverwerkerinstellings te maak, en as riglyn vir die rehabiliteringsprogram.²¹

ERKENNING

Die outeurs wil graag die deelnemers bedank. Die werk is ondersteun deur toekennings onder die Bilaterale Vlaams-Suid-Afrikaanse Ooreenkoms.

BIBLIOGRAFIE

1. Loizou, P.C. (1999). Signal-processing techniques for cochlear implants, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 18(3), 34-46.
2. Dorman, M.F., Loizou, P.C., Spahr, A.J., & Maloff, E. (2002). Factors that allow a high level of speech understanding by patients fit with cochlear implants, *American Journal of Audiology*, 11, 119-123.
3. Van Wieringen, A. & Wouters, J. (1999). Natural vowel and consonant recognition by Laura cochlear implantees, *Ear and Hearing*, 20, 89-103.
4. Munson, B., Donaldson, G.S., Allen, S.L., Collison, E.A., & Nelson, D.A. (2003). Patterns of phoneme perception errors by listeners with cochlear implants as a function of overall speech perception ability, *Journal of the Acoustical Society of America*, 113, 925-935.
5. Zimmerman, C.E., Burgess, B.J., & Nadol, J.B. (1995). Patterns of degeneration in the human cochlear nerve, *Hearing Research*, 90, 192-201.
6. Busby, P.A., Tong, Y.C., & Clark, G.M. (1993). Electrode position, repetition rate, and speech perception by early- and late-deafened cochlear implant patients, *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 1058-1067.
7. Shannon, R.V. (2002). The relative importance of amplitude, temporal, and spectral cues for cochlear implant processor design, *American Journal of Audiology*, 11, 124-127.
8. Holden, L.K., Skinner, M.W., Holden, T.A., & Demorest, M.E. (2002). Effects of stimulation rate with the Nucleus 24 ACE speech coding strategy, *Ear and Hearing*, 23, 463-476.
9. Fu, Q.-J. & Shannon, R.V. (2000). Effects of dynamic range and amplitude mapping on phoneme recognition in Nucleus-22 cochlear implant users. *Ear and Hearing*, 21, 227-235.
10. Boersma, P. & Weenink, D.J.M. *Praat: doing phonetics by computer*. <http://www.praat.org> [16 August 2005].
11. Van der Merwe, A., Groenewald, E., Van Aardt, D., Tesner, H.E.C. & Grimbeek, R.J. (1993). Die formantpatrone van Afrikaanse vokale soos geproduseer deur manlike sprekers. *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Taalkunde*. 11 (2), 71-79.
12. Coetzee, A.E. (1988). *Fonetiek*. (Academica, Pretoria).
13. Botha, L. (1996). Towards modelling acoustic differences between L1 and L2 speech: the short vowels of Afrikaans and South African English. In *Proceedings of Institute of Phonetic Sciences*. University of Amsterdam. 20, 65-80.
14. Geurts, L. & Wouters, J. (2000). A concept for a research tool for experiments with cochlear implant users, *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 2949-2956.
15. Baken, R.J. & Orlikoff, R.F. (2000). *Clinical measurements of speech and voice* (Singular Thomson Learning, San Diego).
16. Hillenbrand, J. M., Clark, M. J. & Houde, R. A. (2000). Some effects of duration on vowel recognition, *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 3013-3022.
17. Miller, G. A. & Nicely, P. E. (1955). An analysis of perceptual confusions among some English consonants, *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 338-352.
18. Dorman, M.F., Soli, S., Dankowski, K., Smith, L. M., McCandless, G. & Parkin, J. (1990). Acoustic cues for consonant identification by patients who use the Ineraid cochlear implant, *Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 2074-2079.
19. Välimaa, T.T., Määttä, T.K., Löppönen, H.J. & Sorri, M.J. (2002). Phoneme recognition and confusions with multichannel cochlear implants: Consonants, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 1055-1069.
20. Skinner, M.W., Fourakis, M.S., Holden, T.A., Holden, L.K. & Demorest, M.E. (1996). Identification of speech by cochlear implant recipients with multipeak (MPEAK) and spectral peak (SPEAK) speech coding strategies. I. Vowels, *Ear and Hearing*, 17, 182-197.
21. Van Wieringen, A. & Wouters, J. (2000). In *Cochlear Implants*, Waltzman, S.B., Cohen, N.L. eds (Thieme Medical Publishers) p. 355-356.

VERKORTE CURRICULA VITAE

Linda Pretorius is 'n navorser in die Bio-Ingenieurswesegroep van die Departement Elektriese, Elektroniese en Rekenaar-Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria. Sy behaal in 2004 die MSc (Mensfisiologie)-kwalifikasie met lof aan die Universiteit van Pretoria en is tans besig met PhD (Biostelsels)-studies aan dieselfde instansie.



Johan Hanekom is 'n medeprofessor en hoof van die Bio-Ingenieurswesegroep van die Departement Elektriese, Elektroniese en Rekenaar-Ingenieurswese, Universiteit van Pretoria. Hy werk sedert 1987 in die veld van kogleêre inplantings en behaal in 2001 sy PhD in Elektroniese Ingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria.



Astrid van Wieringen is 'n medeprofessor in Logopedie en Oudiologiese Wetenskappe en navorser in die navorsingsafdeling ExpORL aan die Katholieke Universiteit, Leuven, België. Sy behaal haar PhD in 1995 aan die Universiteit van Amsterdam en doen sedertdien navorsing oor kogleêre inplantings.



Jan Wouters is 'n professor in Logopedie en Oudiologiese Wetenskappe en hoof van die navorsingsafdeling ExpORL aan die Katholieke Universiteit, Leuven, België. Hy behaal sy PhD in Fisika in 1989 en doen sedert 1992 navorsing oor gehoorapparate en kogleêre inplantings.

