

# Evolució de la qualitat vocal d'un grup d'infants amb sordesa pregona usuaris d'implant coclear

Laura González-Sanvisens, Jesús Valero-García

i Josep M. Vila-Rovira

Universitat Ramon Llull de Barcelona. FPCEE Blanquerna

Grup de Recerca d'Audició, Veu i Llenguatge

## Resum

*L'ús generalitzat dels implants coclears ha possibilitat l'accés al món sonor a moltes persones amb sordesa pregona, facilitant la seva competència comunicativa en llenguatge oral. Objectiu: Amb aquest article pretenem realitzar una revisió de la descripció que tradicionalment ha caracteritzat la veu dels infants amb sordesa. Posteriorment, analitzem l'evolució de la qualitat vocal obtinguda amb una mostra de 12 infants (8 nenes i 4 nens) amb sordesa pregona congènita i una mitjana d'edat de 6 anys i 1 mes, usuaris d'implant coclear (IC), als quals vam realitzar una avaluació inicial de la seva qualitat vocal i una avaluació final, dos anys més tard. Els resultats es comparen amb els obtinguts per un grup control d'infants oients. Resultats i conclusions: Els resultats mostren com els perfils obtinguts pels infants sords usuaris d'IC evolucionen molt favorablement, essent els valors obtinguts més similars als del grup control en l'avaluació final que en la inicial. Finalment, ens qüestionem la validesa d'utilitzar alguns paràmetres acústics com a indicadors de la qualitat vocal dels infants amb pèrdua auditiva i sense problemes laríngis.*

**Paraules clau:** Sordesa, implant coclear, qualitat vocal, audició

## Autor/a de correspondència:

**Laura González-Sanvisens**

Universitat Ramon Llull de Barcelona. FPCEE Blanquerna

Barcelona

[lauraGS0@blanquerna.url.edu](mailto:lauraGS0@blanquerna.url.edu)

## Introducció

Durant el darrer quart del segle xx, la veu dels infants amb sordesa ha estat profusament estudiada. Les conclusions no sempre han estat coincidents, fonamentalment per a utilitzar metodologies de treball diverses, mostres sovint molt petites, no considerar suficientment la diversitat individual en la pròpia mostra de subjectes sords i, a més, per no disposar encara d'elements tecnològics que permetessin la recollida i l'anàlisi de les dades obtingudes amb la precisió necessària.

Els importants canvis tecnològics experimentats per la indústria de l'audiopròtesi amb l'aparició dels audiòfons digitals i, molt especialment, amb la generalització en l'ús dels implants coclears (IC), va fer que la majoria dels treballs publicats al voltant de la veu dels infants sords se centressin a verificar quins paràmetres canvien i de quina manera, en funció del tipus de pròtesi auditiva utilitzada (Valero, Vila i González, 2010).

En relació a la població infantil, la majoria de les investigacions estan dedicades a determinar de quina manera l'IC incideix sobre la veu dels infants amb sordesa i coincideixen a destacar la bondat de l'IC en relació a la millora de la qualitat vocal experimentada per aquests infants (Hocevar-Boltezar, Vatovec, Gros i Zargi, 2005; Perrin, Berger-Vachon, Topouzkhian, Truy i Morgon, 1999; Poissant, Peters i Robb, 2006; entre altres).

Entre els paràmetres analitzats destaquen: la nasalitat, la durada de la producció de les vocals, paraules i frases llegides pels subjectes, l'interval de temps que s'estableix entre l'explosió de les consonants i l'inici de la sonoritat (VOT, *voice onset time*) de /t/ i /d/, el segon formant de /i:/ ( $F_2$ ) (Uchanski i Geers, 2003); la freqüència fonamental ( $F_0$ ), el primer, segon i tercer formant de /a:/ ( $F_0$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  i  $F_3$ ); l'estabilitat de la freqüència fonamental (*jitter*) i de la intensitat (*shimmer*) o la relació entre harmònics i soroll (NHR, *noise-to-harmonics ratio*) (Hocevar-Boltezar, Radsel, Vatovec, Geczy, Cernelc, Gros, *et al.*, 2006; Hocevar-Boltezar *et al.*, 2005; Szyfter, Pruszewicz, Woznica, Swidzinski, Szymiec i Karlik, 1996).

En relació a les variacions de la freqüència fonamental ( $F_0$ ), no existeix unanimitat en les conclusions extremes. Hocevar-Boltezar, *et al.* (2005) parlen d'una normalització de la freqüència fonamental de la veu. Poissant *et al.* (2006), i anteriorment Monini, Banci, Barbara, Argiro i Filipo (1997), van realitzar un estudi comparant els valors de

la  $F_0$  i altres paràmetres en una mostra reduïda de 6 infants, entre 5 i 10 anys, usuaris d'IC, amb l'implant en funcionament i desconnectat. En aquest estudi es va poder observar que la  $F_0$  augmentava quan els nens deixaven de rebre el *feedback* auditiu. Un estudi similar realitzat per Monini *et al.* (1997), amb una mostra de 9 subjectes (5 de postlocutius, 2 de perilocutius i 2 de prelocutius), ja observava que la  $F_0$  disminuïa amb l'ús de l'implant, de forma més remarcable en el cas dels subjectes postlocutius.

Altres autors (Hamazavi, Deutsch, Baumgartner, Bigenzahn i Gstoettner, 2000; Higgins, McCleary, Carney i Schulte, 2003 i Hocevar-Boltezar *et al.*, 2006), en canvi, no van observar cap millora significativa dels valors de la  $F_0$  amb l'ús de l'IC. Higgins *et al.* (2003), sobre una mostra de 7 infants entre 5 i 11 anys, mostraven com els valors augmentats de la  $F_0$  eren més pronunciats un any després de l'activació de l'IC. Hamazavi *et al.* (2000) recollien, en el seu estudi, que tres mesos després de l'obertura de canals, la  $F_0$  experimentava un descens significatiu únicament en un 38 % dels casos estudiats d'un total de 13 subjectes. Hocevar-Boltezar *et al.* (2006), en un estudi realitzat a 39 infants sords prelocutius i a 11 adults sords postlocutius, suggerien que la  $F_0$  presentava pocs o cap canvi després de la implantació.

Aquestes diferents interpretacions poden ser degudes al fet que els canvis observats no tan sols són deguts al control auditiu adquirit gràcies a l'IC, sinó que també poden estar causats per l'adaptació de les habilitats neuromusculars implicades en la fonació a causa de la maduració d'aquests mecanismes de control.

Un altre dels paràmetres acústics estudiats en relació a la freqüència fonamental de la veu dels infants amb sordesa és el *jitter*, és a dir, l'estabilitat de la freqüència fonamental. Aquest paràmetre és, segons Teston (2004), un dels millors indicadors –juntament amb el *shimmer*– de la restauració de la percepció auditiva, essent, segons ell, un dels paràmetres que continua presentant forces diferències respecte de la normalitat. Així, trobem autors que defensen que el *jitter* és un dels paràmetres a arribar més ràpidament als valors de normalitat després de la implantació (Hocevar-Boltezar *et al.*, 2005 i 2006). Per la seva banda, Van Lierde, Vinck, Baudonck, De Vel i Dhooge (2005), comparant aquest paràmetre entre sis usuaris d'audiòfons i nou d'implants coclears, determinen que els usuaris d'audiòfons presenten valors del *jitter* superiors als normals (*jitt* = 0,76 %), mentre que els usuaris d'implants presenten valors disminuïts del mateix paràmetre (*jitt* = 0,33 %). Tot i això, no queda clar

a quins valors de normalitat es refereixen els autors ni tampoc de quin tipus d'audiòfons parlen.

Giusti, Padovani, Behlau i Granato (2001) presenten un altre paràmetre per mesurar l'estabilitat de la freqüència fonamental: el rang de semitons (PRP). Aquest és el resultat de restar la  $F_0$  mínima de la  $F_0$  màxima, expressant el resultat en nombre de semitons. En aquest treball, realitzat amb 64 infants amb sordeses severes o pregones i 90 infants oients amb edats compreses entre 6 i 13 anys d'edat, es determinava que hi havia diferències significatives entre les puntuacions obtingudes pels infants amb sordesa (nens = 8,43 i nenes = 12,91) i els infants oients (nens = 1,39 i nenes = 0,87); els factors *gènere* i *edat* no presentaven diferències significatives.

D'altra banda, malgrat tot, les valoracions subjectives mostren que la veu de les persones sordes en general i la dels usuaris d'implant coclear en particular continua considerant-se menys agradable que la dels seus homòlegs oients (Horga i Liker, 2006; Ormezzano, Mesley i Descourtieux, 2001; i Perrin *et al.*, 1999).

Ormezzano *et al.* (2001) van elaborar una escala perceptiva ideada específicament per a la valoració de la veu de les persones sordes: l'escala VANFIRB. Mitjançant aquesta escala s'avaluaven els paràmetres següents: la correcta sonorització de les consonants, la qualitat global de la veu, la nasalització, l'adequació de la  $F_0$  i de la intensitat, el soroll i el ritme. L'escala es va utilitzar en la valoració de la veu de 18 infants sords amb una edat mitjana de 8,4 anys ( $\pm 2,7$  anys) i un grup control de 15 infants normoients amb una mitjana d'edat de 8,8 anys ( $\pm 1,3$  anys). En relació a aquests paràmetres, els autors van determinar que els elements més perturbats estaven relacionats amb el control de la intensitat i de la freqüència i amb el ritme de la parla.

Finalment, Horga i Liker (2006) van avaluar la veu de tres grups d'infants entre 7,4 i 15,2 anys. Van comparar la veu dels usuaris d'implant coclear amb la dels usuaris d'audiòfons i amb un grup control format per infants oients. La valoració subjectiva es va realitzar a través de l'escala GRBAS (valorada d'1 a 7). Els resultats mostraven com la veu dels infants implantats es valorava millor que la dels usuaris d'audiòfons. Tots els grups van obtenir resultats patològics en relació als ítems *astènic* i *bufat*, incloent-hi els infants normoients, per la qual cosa els autors van determinar que podia ser un fet social relacionat amb la pubertat.

A partir de la revisió de la literatura, ens vam plantejar les qüestions següents: a) Existeixen diferències significatives en els paràmetres de valoració acústica de la veu entre els infants amb sordesa usuaris d'IC i els infants oients? i b) L'ús de l'IC al llarg dels anys, ajuda a normalitzar els paràmetres de valoració acústica de la veu fent-los més pròxims als valors de normalitat?

Les hipòtesis principals del nostre estudi consisteixen a afirmar el següent:

- Considerats globalment, els infants amb sordesa profunda usuaris d'IC presenten uns valors de qualitat vocal diferents respecte dels valors ( $F_0$ , *jitter*, *shimmer* i rang de semitons: PRP) obtinguts pels infants oients
- Els infants usuaris d'IC tendeixen a millorar la seva qualitat vocal amb el pas del temps gràcies a la restauració parcial de l'audició.

## Mètode

### *Participants*

El grup experimental el van constituir 4 nens i 8 nenes, d'edats compreses entre 2 anys i 6 mesos i 11 anys i 1 mes. Tots ells presentaven una pèrdua auditiva neurosensorial prelingual pregona de diferent grau. El 33 % de 1r grau; el 42 % de 2n grau i el 25 % de 3r grau. L'edat mitjana de detecció va ser de 16 mesos. Tots els participants eren usuaris regulars d'IC monoaural i un dels subjectes estava implantat d'ambdues oïdes. En el moment de fer els registres de veu, cap dels subjectes no presentava trastorns associats a la seva discapacitat auditiva. Tots els subjectes estudiaven en centres ordinaris en règim d'integració i en modalitat oralista, amb ajuda d'una logopeda del CREDA Pere Barnils de Barcelona, qui els assistia en el mateix centre educatiu a raó de quatre/cinc sessions de treball logopèdic per setmana.

Inicialment es va pensar de comparar els resultats de la qualitat vocal obtinguts a partir dels paràmetres considerats normals pels infants normoients. Són molt pocs els treballs realitzats amb aquesta finalitat. Un dels treballs més destacables és el de Baken i Orlikoff (2000), on estableixen la normalitat per a nens i nenes oients entre 5 i 12 anys de:  $F_0$ /a:/ (210 – 315 Hz), *jitter* (< 1 %), *shimmer* (< 0,6 dB) i NHR (< 0,112). Un altre estudi realitzat amb aquesta

finalitat és el de Campisi, Tewfik, Manoukian, Schloss, Pelland-Blais i Sadeghi (2002), a partir d'una mostra de 94 subjectes sans amb edats compreses entre 4 i 12 anys, on s'establien els valors normatius següents:  $F_0/a:/$  (260 – 300 Hz), *jitter* (< 1,24 %), *shimmer* (< 0,3 dB) i NHR (< 0,11).

Donada aquesta variabilitat de propostes es va decidir establir un grup control propi d'infants oients, amb edats similars a les dels participants del grup experimental en l'avaluació inicial i la final. Així, el grup control 1 (GC1) estava format per 40 infants (24 nens i 16 nenes) amb una mitjana d'edat de 6 anys i 10 mesos i una desviació estàndard d'1 any i 6 mesos. Aquest grup es va utilitzar per a comparar els seus resultats amb els del grup experimental en l'avaluació inicial, quan els infants tenien una mitjana d'edat de 6 anys i 1 mes, amb una desviació estàndard de 2 anys i 8 mesos.

El grup control 2 (GC2) estava format per 40 infants (26 nens i 14 nenes) amb una mitjana d'edat de 7 anys i 9 mesos i una desviació estàndard d'1 any i 8 mesos. En aquest cas, els infants del grup experimental tenien una mitjana d'edat de 8 anys i una desviació estàndard de 2 anys i 8 mesos.

Grup experimental (N = 12)		AVALUACIÓ INICIAL	AVALUACIÓ FINAL
Edat cronològica mitjana*		x = 6.1 anys dt = 2.8 anys	x = 8.0 anys dt = 2.8 anys
Tipus de pèrdua	DAP 1	4 subjectes	
	DAP 2	5 subjectes	
	DAP 3	3 subjectes	
Edat mitjana de protetització		x = 1.4 anys dt = 0.6 anys	
<i>Llindar auditiu mitjà obtingut amb la pròtesi</i>		x = 32.9dB dt = 5.2dB	
Grup Control (N=40)		GC1	GC2
Edat cronològica mitjana*		x = 6.10 anys dt = 1.6 anys	x = 7.9 anys dt = 1.8 anys

L'investigador encarregat de prendre les mostres de veu tenia una formació especialitzada en intervenció logopèdica en alteracions de la veu, la qual cosa va permetre descartar aquells participants que presentaven sospita de patologia laríngia.

### *Instruments i procediment*

La qualitat vocal es va avaluar a partir de l'emissió d'una vocal /a/ sostinguda durant uns quatre o cinc segons, considerant els valors de la  $F_0$ , el *jitter*, el *shimmer*, l'NHR i el PRP de /a/. Tot i que aquesta variable sols apareix en l'estudi presentat per Giusti et al. (2001), hem considerat interessant d'introduir-la, ja que pot esdevenir un bon indicador de la capacitat de control de la  $F_0$ . El *jitter* i el *shimmer*, molt utilitzats fins al moment, són paràmetres estretament relacionats amb la regularitat de l'ondulació de la mucosa laríngia i, per tant, són millors indicadors de patologia que de regulació de la funció fonatòria. Per a fer possible aquesta avaluació es va comptar amb el programa informàtic MDVP de Kay Elemetrics, Advanced Model 5105, del Laboratori de logopèdia de la Universitat Ramon Llull de Barcelona.

Tots els participants van emetre, de manera sostinguda, la vocal /a:/ en una freqüència i intensitat espontànies per a cada subjecte i a una distància d'uns 10-15 centímetres del micròfon, amb una angulació de 45 graus, asseguts, en una sala amb un nivell de soroll ambiental baix (< 50 db). El registre es va dur a terme mitjançant una enregistratora ZOOM H4 i un micròfon AKG C555L. Davant les diferents emissions obtingudes per un mateix participant amb discapacitat auditiva, sempre es van escollir com a vàlids els valors més pròxims a la normalitat.

La interpretació dels resultats es va portar a terme amb el suport del programa PASW Statistics 18.

### *Resultats*

Els resultats obtinguts pel primer grup control d'infants oients (GC1) van ser:  $F_0 = 260$  Hz; *jitter* = 1.026 %; *shimmer* = 0.36 dB; NHR = 0.135 i PRP = 8.07. Els resultats obtinguts pel grup control 2 d'infants oients (GC2) van ser:  $F_0 = 261$  Hz; *jitter* = 0.991 %; *shimmer* = 0.370 dB; NHR = 0.134 i PRP = 7.7.

Totes les puntuacions obtingudes pels dos GC es trobaven dins del rang de normalitat en relació als paràmetres  $F_0$ , *jitter*, *shimmer* i NHR.

El grup experimental en l'avaluació inicial va obtenir els resultats següents:  $F_0 = 298$  Hz; *jitter* = 1.004 %; *shimmer* = 0.504 dB; NHR = 1.636; PRP = 12.5. Els resultats de l'avaluació final del grup experimental van ser:  $F_0 = 259$  Hz; *jitter* = 0.613 %; *shimmer* = 0.255 dB; NHR = 0.120; i PRP = 8.5.

En la taula 2 es recullen els resultats obtinguts per cada un dels grups control i el grup experimental, en relació als paràmetres  $F_0$ , *jitter*, *shimmer*, NHR i PRP.

	$F_0$		Jitter		Shimmer		NHR		PRP	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
x	298.4	178.1	1.004	0.613	0.504	0.255	0.163	0.120	12.5	8.5
dt	53.4	50.0	0.667	0.279	0.258	0.103	0.079	0.019	5.2	2.2
Sig	.034*		.034*		.003*		.041*		.020*	

Taula 2: Resultats obtinguts en l'avaluació inicial i final pels GC d'infants oients i el GE d'infants amb sordesa:  $F_0$ , *jitter*, *shimmer*, NHR i PRP.

La comparació dels resultats observats en la primera avaluació entre el GE i el GC1, mitjançant la prova U Mann-Whitney, evidenciava diferències estadísticament significatives en els paràmetres  $F_0$  ( $U = 120$ ;  $p = 0.09$ ), *shimmer* ( $U = 144.5$ ;  $p = 0.038$ ) i PRP ( $U = 110$ ;  $p = 0.004$ ). És a dir, en aquests 3 paràmetres la qualitat vocal dels infants amb sordesa diferia significativament dels valors corresponents a la població de nens oients de la mateixa edat.

En canvi, en comparar els valors observats en la segona avaluació entre el GE i el GC2, sols es mantien les diferències significatives per als valors *jitter* ( $U = 119$ ;  $p = 0.009$ ) i *shimmer* ( $U = 89$ ;  $p = 0.001$ ). És important destacar que aquestes diferències van ser en la direcció contrària a l'observada en la primera avaluació; és a dir, els infants amb sordesa obtenien valors de *jitter* i *shimmer* inferiors als del grup control. No es van observar diferències significatives per als paràmetres  $F_0$  i PRP.



Després d'analitzar detingudament els resultats obtinguts per a cada un dels paràmetres avaluats, es va observar que la mitjana de les puntuacions relatives a la  $F_0$  en la primera avaluació, pel grup d'infants amb sordesa, era de 298 Hz amb una desviació típica de 53.44. Aquesta mitjana va ser superior a l'obtinguda pel GC1, la qual va ser de 260 Hz amb una desviació típica de 28.03. En la segona avaluació, en canvi, els resultats del GE van experimentar un important decreixement, situant la  $F_0$  en 259 Hz ( $dt = 50.00$ ). La puntuació del GC2 ( $F_0 = 261$  Hz;  $dt = 26.92$ ) va ser similar a l'obtinguda pel GC1. És destacable la gran dispersió de les puntuacions obtingudes pel grup experimental, tant en la primera avaluació com en la segona. (Vegeu Figura 1.)

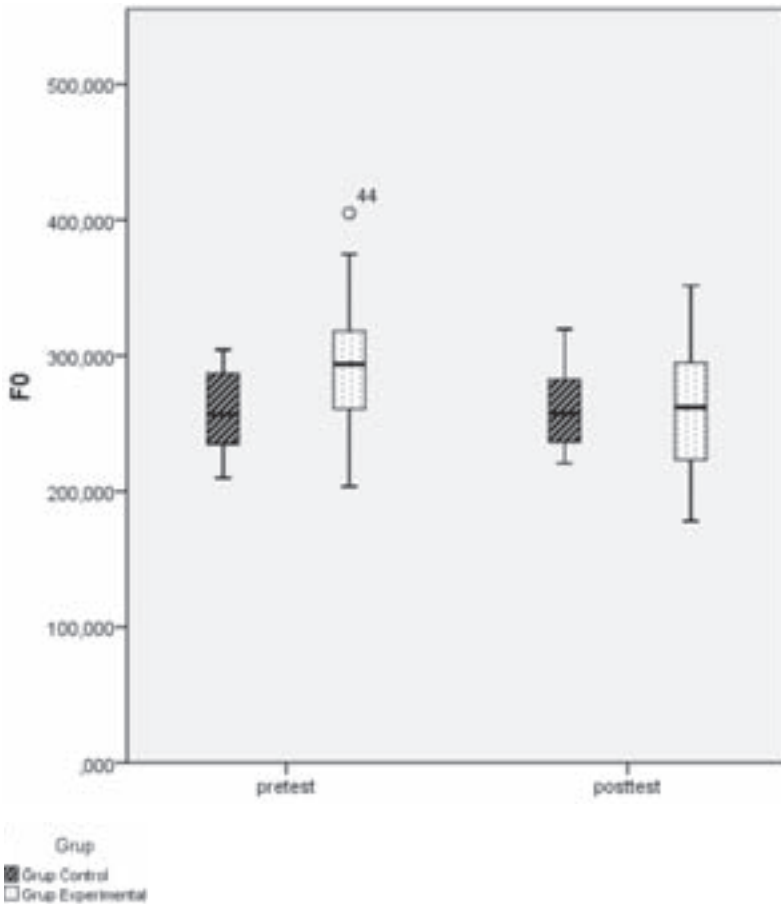
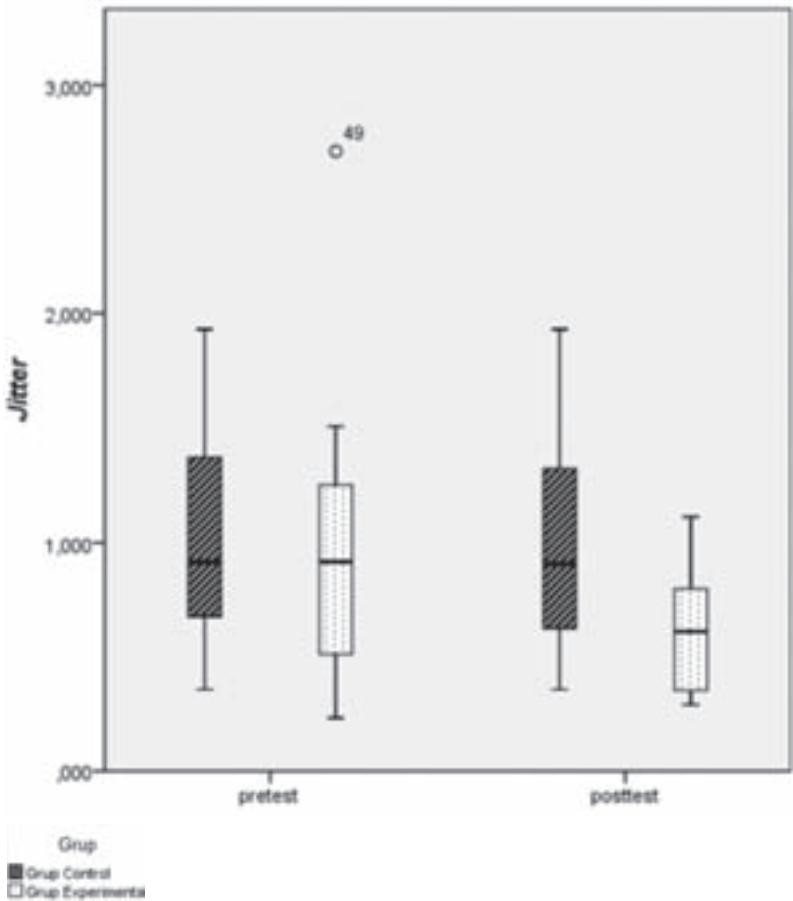


Figura 1.

En la valoració de l'estabilitat de la freqüència fonamental, *jitter*, els infants amb sordesa presentaven una mitjana d'1.004 %, mentre que la mitjana dels infants del grup control s'establia en 1.026 %. Aquestes mesures no presentaven diferències significatives. En canvi, en la segona avaluació, els infants sords van experimentar un decreixement important del *jitter*, que es va establir en 0.613 %, mentre que els infants del GC2 presentaven una mitjana de 0.991 %. Per tant, en aquesta segona avaluació es van observar diferències significatives entre sords i oients, obtenint valors més baixos els subjectes sords. (Vegeu Figura 2.)



En relació a l'estabilitat de la intensitat, *shimmer*, els subjectes sords, en l'avaluació inicial, van presentar una mitjana de 0.504, mentre que la mitjana dels GC1 s'establia en 0.360 dB. En la segona avaluació, els subjectes amb sordesa van experimentar un important decreixement d'aquest paràmetre, situant la seva puntuació mitjana a 0.255. Els subjectes del GC2 van mantenir puntuacions molt similars a les del GC1. Les diferències en les puntuacions obtingudes en la segona avaluació entre el GE i el GC2 també resultaven estadísticament significatives, encara que en la direcció contrària a l'establerta en l'avaluació inicial. (Vegeu Figura 3).

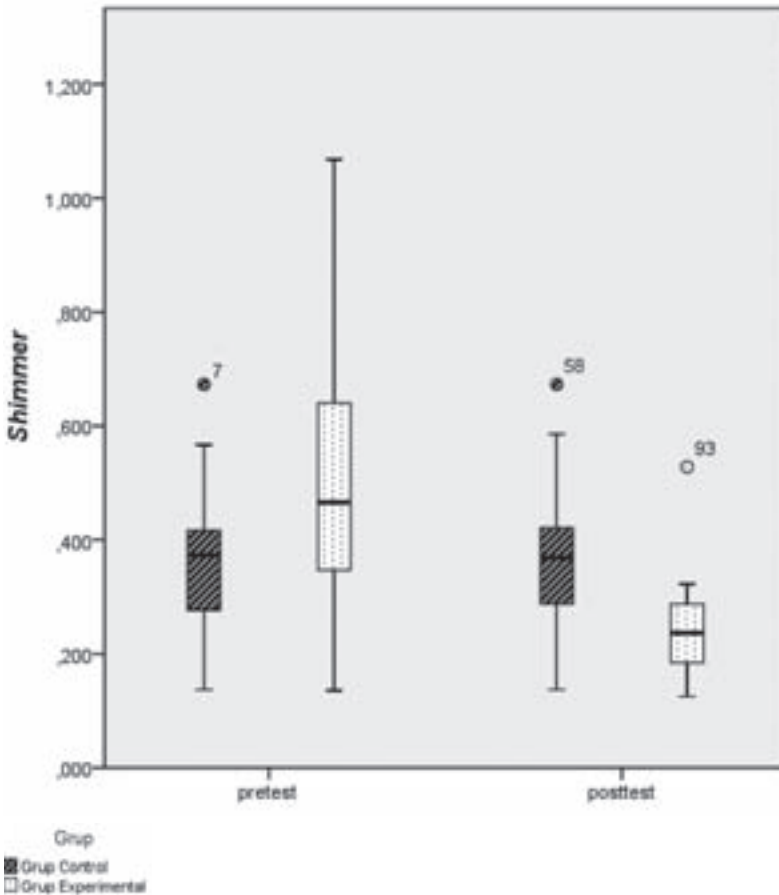
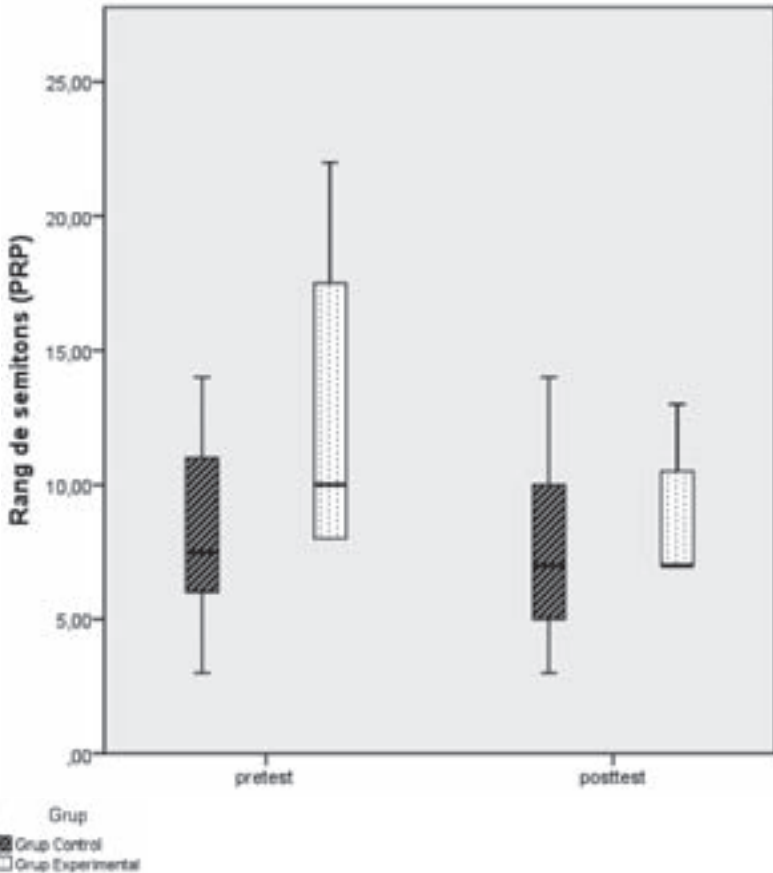


Figura 3.

Les puntuacions obtingudes pel GE i els GC en relació al paràmetre NHR no van presentar diferències significatives ni en l'avaluació inicial ni en la final. Tot i això, les puntuacions del GE van mostrar un notable decreixement, passant de l'1.636, en l'avaluació inicial, al 0.120 en l'avaluació final.

Les puntuacions relatives al rang de semitons (PRP) també van experimentar un decreixement força acusat en el cas dels subjectes sords, tant pel que fa a la puntuació mitjana com en relació a la seva desviació típica. Així, es va passar de 12.5 semitons, amb una desviació típica de 5.2 semitons en la primera avaluació, a 8.5 semitons amb una desviació típica de 2.2 semitons. Les puntuacions del GC1 (8.1 semitons;  $dt = 3.1$ ) i del GC2 (7.7 semitons;  $dt = 3.1$ ) van ser similars. (Vegeu Figura 4.)



En la comparació de resultats del GE d'infants amb sordesa usuaris d'IC entre la primera avaluació i l'avaluació final, es pot observar, en la taula 3, com tots els paràmetres estudiats presentaven diferències significatives entre els dos tests aplicant la prova de Wilcoxon. Les diferències sempre són en direcció a la normalització dels diferents paràmetres.

		AVALUACIÓ INICIAL		AVALUACIÓ FINAL	
		Oients (GC1)	Sords	Oients (GC2)	Sords
N		40	12	40	12
F <sub>0</sub>	x	260 Hz	298 Hz	261 Hz	259 Hz
	dt	28.03	53.44	26.92	50.00
Jitter	x	1.026 %	1.004 %	0.991 %	0.613 %
	dt	0.439	0.667	0.432	0.279
Shimmer	x	0.36 dB	0.504 dB	0.370 dB	0.255 dB
	dt	0.111	0.258	0.114	0.103
NHR	x	0.135	1.636	0.134	0.120
	dt	0.054	0.079	0.054	0.019
PRP	x	8.1 st	12.5 st	7.7 st	8.5 st
	dt	3.1	5.2	3.1	2.2

Taula 3: Comparació dels resultats obtinguts pels infants usuaris d'IC en l'avaluació inicial i final

## Discussió i conclusions

Una vegada descrits els resultats, podem respondre que, en relació a la primera hipòtesi, inicialment la veu dels infants amb sordesa, usuaris d'IC, presentava diferències significatives respecte a la veu dels infants oients en relació als paràmetres *freqüència fonamental*, *shimmer* i *rang de semitons* (PRP). Aquest fet sembla lògic si considerem que es tracta d'infants petits en els quals el temps transcorregut des de l'activació de l'implant és encara relativament escàs.

Tot i això, els valors obtinguts en relació al *shimmer* i a la freqüència fonamental mostren uns valors més pròxims a la normalitat dels que indicaven estudis anteriors, la qual cosa fa suposar que, en relació a la qualitat vocal, actualment els infants amb sordesa mostren uns perfils més bons que els obtinguts temps enrere, quan la tecnologia no permetia ni una intervenció precoç, ni la qualitat ni la quantitat d'*input* auditiu que permeten les pròtesis en l'actualitat.

En la segona avaluació, en canvi, tan sols s'observen diferències significatives entre els paràmetres *jitter* i *shimmer*, però aquestes diferències

són en la direcció contrària que en l'avaluació inicial. És a dir, els subjectes sords presenten puntuacions inferiors a les obtingudes pels grups control, i s'estableixen dins del rang de normalitat. D'aquesta manera es podria afirmar que l'ús d'IC ajuda a normalitzar la qualitat vocal dels infants amb sordesa, ja que tots els paràmetres analitzats tendeixen a normalitzar-se en la segona avaluació.

El PRP experimenta un decreixement molt destacable en el cas dels infants amb sordesa, passant dels 12.5 semitons als 8.5 semitons. Tot i que aquest segon valor és molt proper a l'obtingut pel GC2 (7.7 semitons), divergeix molt dels valors obtinguts en l'estudi de Giusti et al (2001), on els valors obtinguts pels infants normoients s'establien en menys de 2 semitons. És probable que aquesta diferència sigui causada per diferències en la metodologia de recollida de mostres. Aquest aspecte no ens és possible valorar-lo, ja que, en l'article publicat per aquests autors, no s'especifica ni la demanda realitzada als infants, ni la durada de la fonació sostinguda que es va fer servir per a la posterior anàlisi de les dades. En el nostre estudi, la demanda va ser: *Fes una /a/ tan llarga com puguis*. Aquesta demanda va suposar que els infants intentessin allargar al màxim els seus temps de fonació i, en conseqüència, van produir sons, probablement de més llarga durada que els de l'estudi de Giusti et al. A més, en l'intent d'allargar la fonació, és probable que fessin ús d'aire residual, amb el consegüent augment de constricció, el qual sovint va associat a un augment de la  $F_0$ . D'altra banda, cal destacar que la mostra utilitzada en l'estudi de Giusti et al., estava formada per nens entre 6 i 13 anys, és a dir, amb un rang d'edats diferent de l'utilitzat en el nostre estudi. Caldria realitzar noves investigacions que determinessin el PRP en persones normoients, tenint en compte tant la metodologia emprada per a recollir les mostres com els factors *edat* i *gènere*.

En relació a la freqüència fonamental, seria interessant desenvolupar nous estudis on es tingués en compte el gènere dels participants, ja que, a partir dels 6-7 anys, s'inicia la muda vocal i, per tant, la diferenciació morfològica de la laringe en funció del gènere.

En relació a la segona hipòtesi, els resultats de l'estudi semblen constatar que els infants usuaris d'IC tendeixen a millorar la seva qualitat vocal, amb el pas del temps, gràcies a la restauració parcial de l'audició, ja que tots els valors obtinguts indiquen que hi ha diferències significatives entre la primera i la segona avaluació. En tots els casos, aquestes diferències són en direcció a una normalització dels paràmetres observats.

Caldria, però, establir fins a quin punt aquestes millores no són causades únicament per la restauració parcial del *feedback* auditiu o si, al contrari, també són degudes a un procés de maduració fisiològica de l'aparell fonador o a la intervenció logopèdia realitzada.

Amb tot, el nostre estudi planteja algunes qüestions rellevants respecte als instruments utilitzats per a la mesura objectiva de la qualitat vocal. Aquestes qüestions fan referència, especialment, a l'estabilitat de la freqüència fonamental de la veu de les persones amb sordesa. En diversos estudis, hem pogut observar discrepàncies significatives en la incidència de la sordesa sobre la freqüència d'emissió vocal de les persones amb sordesa, especialment en relació a la seva estabilitat. Hem observat, en diferents treballs, que el concepte d'*estabilitat* en la freqüència és utilitzat de formes disperses. Començant per les perspectives més àmplies, en els estudis en què s'analitza l'estabilitat de la  $F_0$  en el conjunt d'una frase es poden observar oscil·lacions que no es corresponen amb els patrons melòdics de la llengua i que són interpretats com una falta de control auditiu sobre l'acte vocal i com una alteració en l'adquisició d'aquests patrons. En altres estudis, es constata que les persones amb dèficit auditiu presenten dificultat en el manteniment de la  $F_0$  en l'emissió d'una vocal sostinguda. En aquests estudis es presenten diferències significatives entre persones oients i no oients que arriben als 13 semitons d'oscil·lació davant les variacions d'un semitò en el conjunt de persones oients. Aquestes variacions s'han d'entendre com un dèficit en el control auditiu sobre la tensió de la musculatura intrínseca de la laringe responsable de les variacions tonals de la veu, sense interferència en el codi parlat ni en el procés d'aprenentatge. Finalment, també ens qüestionem la rellevància dels estudis que utilitzen components de l'estabilitat de la freqüència de la veu comparada amb l'ona cicle a cicle (*jitter*) o cada cert nombre de cicles (*RAP* o *PPQ*). Es considera que aquestes dades són d'alt valor en la comprensió de les alteracions tímbriques produïdes per les irregularitats de l'ondulació mucosa, causades per lesions laríngies, però no considerem que siguin adequades per a la comprensió de les oscil·lacions de la freqüència vocal que les persones sordes presenten en el transcurs d'una emissió vocal. De tot plegat se'n desprèn que, si la intenció de l'estudi és conèixer l'efecte que el dèficit de retroalimentació auditiva produeix en el control de la freqüència fonamental, caldria plantejar-se un procediment diferent que permetés analitzar l'estabilitat del to vocal sense interferència del procés d'adquisició del llenguatge ni de les característiques de l'ondulació de la mucosa laríngia. En aquest sentit, és possible afirmar que el *jitter* no és, potser, el paràmetre acústic objectiu més adequat per a precisar el grau de normalitat/patologia de la qualitat vocal d'un infant amb sordesa.

## REFERÈNCIES

Baken, R. & Orlikoff, R. (2000). *Clinical Measurement of Speech and Voice*. (2<sup>a</sup> ed.). San Diego: Singular Thomson Learning.

Campisi, P., Tewfik, T. L., Manoukian, J. J., Schloss, M. D., Pelland-Blais, E. & Sadeghi, N. (2002). Computer-Assisted Voice Analysis. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 128(2), 156-160.

Hamazavi, J., Deutsch, W., Baumgartner, W. D., Bigenzahn, W. & Gstoettner, W. (2000). Short-term effect of auditory feedback on fundamental frequency after cochlear implantation. *Audiology: Official Organ of the International Society of Audiology*, 39 (2), 102-105.

Higgins, M., McCleary, E., Carney, A. & Schulte, L. (2003). Longitudinal changes in children's speech and voice physiology after cochlear implantation, *Ear and Hearing*, 24(1), 48-70.

Hocevar-Boltezar, I., Vatovec, J., Gros, A. & Zargi, M. (2005). The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 69(12), 1635-1640.

Hocevar-Boltezar, I., Radsel, Z., Vatovec, J., Geczy, B., Cernelc, S., Gros, A., et al. (2006). Change of phonation control after cochlear implantation. *Otology & Neurotology: Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otolaryngology and Neurotology*, 27(4), 499-503.

Horga, D. & Liker, M. (2006). Voice and pronunciation of cochlear implant speakers. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(2-3), 211-217.

Giusti, M. G., Padovani, M., Behlau, M. & Granato, L. (2001). The voice of hearing impaired children. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 67(1), 29-35.

Monini, S., Banci, G., Barbara, M., Argiro, M. & Filipo, R. (1997) Clarion cochlear implant: short-term effects on voice parameters. *The American Journal of Otology*, 18 (6), 719-725.

Ormezzano, Y., Mesley, A., & Descourtieux, C. (2001). A protocol for the evaluation of the voice and speech of the hearing impaired. *Revue De Laryngologie - Otologie - Rhinologie*, 122(5), 311-317.



Perrin, E., Berger-Vachon, C., Topouzkhianian, A., Truy, E. & Morgon, A. (1999). Evaluation of cochlear implanted children's voices. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 47(2), 181-186.

Poissant, S.F., Peters, K.A. & Robb, M.P. (2006). Acoustic and perceptual appraisal of speech production in pediatric cochlear implant users. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 70(7), 1195-1203.

Szyfter, W., Pruszewicz, A., Woznica, B., Swidzinski, P., Szymiec, E. & Karlik, M. (1996). The acoustic analysis of voice in patients with multi-channel cochlear implant. *Revue de Laryngologie, Otologie et Rhinologie* 117(3), 225-227.

Teston, B. (2004). L'évaluation instrumentale des dysphonies. Etat actuel et perspectives. A Giovanni, A. *Le bilan d'une dysphonie*, (p.105-169). Marseille: Solal.

Uchanski, R. & Geers, A. (2003). Acoustic characteristics of the speech of young cochlear implant users: A comparison with normal-hearing age-mates. *Ear and Hearing*, 24(1), 90-105.

Valero, J., Vila, J. M. & González, L. (2010). The influence of the auditory prosthesis type on deaf children's voice quality. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 74(8), 843-848.

Van Lierde, K. M., Vinck, B. M., Baudonck, N., De Vel, E. & Dhooge, I. (2005). Comparison of the overall intelligibility, articulation, resonance, and voice characteristics between children using cochlear implants and those using bilateral hearing aids: A pilot study. *International Journal of Audiology*, 44(8), 452-465.

### Nota dels autors

Els autors de l'article volem agrair i fer constar la col·laboració tant dels infants amb sordesa i dels logopedes del CREDA Pere Barnils de Barcelona, Departament d'Educació i Ajuntament de Barcelona com dels infants de l'escola Can Carabassa de Barcelona.

## Resumen

El uso generalizado de los implantes cocleares ha posibilitado el acceso al mundo sonoro de muchas personas con sordera pregona, facilitando su competencia comunicativa en lenguaje oral. Objetivo: Con este artículo pretendemos realizar una revisión de las descripciones que tradicionalmente han caracterizado la voz de los niños con sordera. Posteriormente, analizaremos la evolución de la calidad vocal obtenida con una muestra de 12 niños (8 niñas y 4 niños) con sordera profunda congénita y una media de edad entre 6 años y 1 mes, usuarios de implante coclear (IC), a los cuales realizamos una evaluación inicial de su calidad vocal y una evaluación final, dos años más tarde. Los resultados se comparan con los obtenidos por un grupo control de niños oyentes. Resultados y conclusiones: Los resultados muestran cómo los perfiles obtenidos por los niños sordos usuarios de IC evolucionan de forma muy favorable, y los valores obtenidos son más parecidos a los del grupo control en la evaluación final que en la inicial. Finalmente, nos cuestionamos la validez de usar algunos parámetros acústicos como indicadores de la calidad vocal de los niños con pérdida auditiva y sin problemas laríngeos.

**Palabras clave:** Sordera, implante coclear, calidad vocal, audición

## Abstract

The widespread use of cochlear implants has made it possible for many people with profound deafness to accede to the hearing world, by improving their oral communication skills. Objective: With this article, we would like to review the descriptions that have traditionally characterized the voice of children with hearing impairment. Then, we analyze the evolution of voice quality in a sample of 12 children (8 girls and 4 boys) with profound congenital deafness and mean age of 6 years and 1 month, users of cochlear implants (CI). Their voice quality was assessed at the beginning of the study and then again two years after. Results are compared with those from a control group of hearing children. Results and conclusions: Results show how the profiles of deaf children using CIs evolve favourably, with scores being more similar to the control group's ones in their final assessment than in the initial assessment. Finally, we question the validity of using some acoustic parameters as indicators of voice quality in children with hearing loss and without laryngeal problems.