

Het cochleair implantaat

INLEIDING

Een cochleair implantaat (CI) is een apparaat dat bij doven en ernstig slechthorenden de gehoorfunctie gedeeltelijk kan herstellen. In Nederland werd de eerste patiënt geïmplanteerd in 1985. De behandeling is wereldwijd geaccepteerd en zo effectief gebleken dat de indicatiestellingen gaandeweg verruimd zijn. Niet elke dove heeft echter evenveel baat bij een CI. In deze nascholing bespreken we het normale gehoor, de werking van het implantaat en de indicaties en contra-indicaties. Daarnaast bespreken we het traject rondom de implantatie, recente wetenschappelijke ontwikkelingen en de mogelijke implicaties voor de toekomst.

Samenvatting

Kraaijenga VJC, Venekamp RP, Grolman W. Het cochleair implantaat. *Huisarts Wet* 2016;59(6):260-4.

Een cochleair implantaat (CI) kan bij patiënten met perceptieve doofheid de gehoorfunctie gedeeltelijk herstellen. Een CI stimuleert de gehoorzenuw rechtstreeks via een elektrode in de cochlea.

Voor het spraakverstaan met een CI maakt het verschil of de doofheid pre- dan wel postlinguaal is, dat wil zeggen ontstaan vóór of na de ontwikkeling van horen, taal en spraak. Postlinguaal dove volwassenen en prelinguaal dove kinderen kunnen met een CI een hoog niveau van spraakverstaan bereiken. Prelinguaal doven die op latere leeftijd een (unilateraal) CI krijgen, presteren aanzienlijk slechter maar kunnen er desondanks baat bij hebben als ondersteuning bij het liplezen.

Er zijn in Nederland acht academische centra die CI's plaatsen. Kinderen komen in aanmerking voor een CI wanneer zij met de beste hoortoestellen nog steeds een gehoorverlies hebben van > 60 dB op 2000 en 4000 Hz, volwassenen als zij met de beste hoortoestellen een gemiddeld gehoorverlies hebben van > 90 dB en een spraakverstaan van minder dan 60%.

Tegenwoordig krijgen congenitaal dove kinderen jonger dan 5 jaar bilateraal een CI, liefst al in het eerste levensjaar. Bij congenitaal dove kinderen van 5-18 jaar worden sinds enkele jaren CI's sequentieel bilateraal geïmplanteerd. Contra-indicaties voor bilaterale plaatsing zijn slechte ervaringen met het eerder geplaatste CI en congenitale doofheid bij kinderen ouder dan 12 jaar die nog geen CI hebben. Ook kinderen met verworven doofheid komen in aanmerking voor een bilateraal CI. Over nut en noodzaak van bilaterale CI's voor volwassenen en voor doofblinden is men het nog niet eens; deze worden vooralsnog niet vergoed door de Nederlandse zorgverzekeraars.

ACHTERGROND

Het normale gehoor

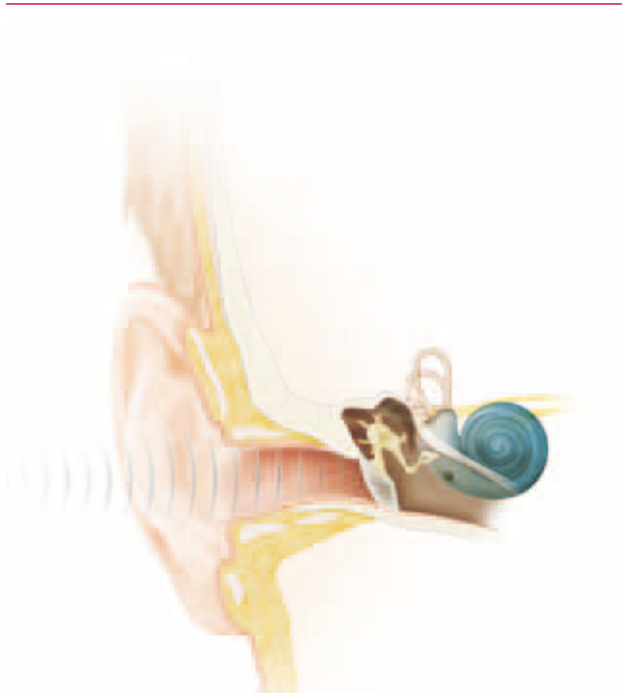
[**Figuur 1**] geeft een overzicht van het normale gehoor. Geluidstrillingen worden opgevangen door de oorschelp en via het trommelvlies doorgegeven aan de gehoorbeenketen van malleus, incus en stapes, waarna zij aankomen bij het ovale venster. Aldaar worden deze trillingen doorgegeven aan de vloeistof in de cochlea. In het middenoor transformeert dit zuiger-en-hefboommechanisme de trillingen van het trommelvlies zonder al te veel energieverlies tot vloeistofdruktrillingen voorbij het ovale venster. De vloeistof in de cochlea brengt deze druktrillingen over op de basilaire membraan, die op zijn beurt de haarcellen in het orgaan van Corti in beweging zet. Deze beweging genereert een elektrische potentiaal in de nervus cochlearis, die hem doorgeeft aan de hersenen waar het geluid uiteindelijk wordt waargenomen. De toonhoogte die wordt waargenomen is afhankelijk van de plaats in de cochlea waar de trillingen worden doorgegeven. De cochlea is namelijk tonotopisch geordend: iedere frequentie heeft haar eigen plaats op de basilaire membraan en activeert dus een andere subpopulatie haarcellen en zenuwvezels. Zo kan men verschillen in de toonhoogte waarnemen.

Gehoorverlies

Gehoorverlies wordt onderverdeeld in conductief en perceptief

De kern

- Een cochleair implantaat (CI) geeft via een geïmplanteerde elektrode elektrische pulsen af in de cochlea, die door de nervus cochlearis worden opgevangen en doorgegeven aan de auditieve cortex.
- CI's zijn over het algemeen zinvol bij kinderen en volwassenen met ernstige perceptieve slechthoerendheid of doofheid, die onvoldoende baat hebben bij een conventioneel hoortoestel.
- Het spraakverstaan met een CI is sterk afhankelijk van de taal- en spraakontwikkeling. De resultaten zijn slechter bij prelinguaal doven die op latere leeftijd geïmplanteerd zijn.
- Congenitaal dove kinderen jonger dan 5 jaar krijgen standaard bilateraal een CI; in de leeftijd 5-18 jaar wordt individueel bepaald of zij in aanmerking komen voor sequentiële bilaterale implantatie.
- Volwassenen en kinderen > 12 jaar met prelinguale doofheid komen in Nederland alleen in aanmerking voor unilaterale implantatie.
- Kinderen en volwassenen die doof zijn geworden ten gevolge van een meningitis krijgen standaard een bilateraal CI.
- Er is momenteel een discussie gaande of volwassenen en doofblinden ook bilateraal geïmplanteerd zouden moeten worden. In Nederland wordt dit tot op heden niet vergoed door de zorgverzekeraars.

Figuur 1 Het normale gehoor

Bron: UMC Utrecht, W. Grolman.

gehoorverlies. Conductief gehoorverlies ontstaat in de gehoorgang, het trommelvlies of het middenoor. Dit type gehoorverlies valt buiten het bestek van deze nascholing. Perceptief gehoorverlies ontstaat in de cochlea, de nervus cochlearis en het centrale auditieve systeem. De meestvoorkomende oorzaak van perceptief gehoorverlies is cochleaire pathologie, en dan voornamelijk disfunctie van de haarcellen in het orgaan van Corti. Ouderdomslethorenheid en lawaaischade zijn goede voorbeelden. Voor meer informatie, zie de herziene NHG-Standaard Slechthorenheid.¹

De impact van ernstig gehoorverlies of doofheid (hierna zullen wij kortweg spreken van 'doofheid') is groot. Doofheid wordt over het algemeen ervaren als een grote handicap, die voor volwassenen resulteert in problemen zoals eenzaamheid, depressie en verminderde participatie in de maatschappij. Een kind dat doof geboren wordt, heeft grote invloed op het gezin. Daarom is voor deze gezinnen goede begeleiding op het gebied van communicatie, opvoeding en behandeling van het dove kind erg belangrijk.

WERKING VAN HET COCHLEAIRE IMPLANTAAT

Een CI biedt patiënten met perceptieve doofheid de mogelijkheid toch gehoorsensaties te ervaren. Een CI bestaat uit een uitwendig gedragen spraakprocessor met een microfoon die in verbinding staat met een onderhuids geïmplanteerde ontvanger. Deze ontvanger is verbonden met de nervus cochlearis door middel van een elektrode die is opgebouwd uit een bundel dunne contacten. De elektrode wordt via het middenoor geïmplanteerd in de scala tympani van de cochlea. De spraakpro-

cessor achter het oor splitst het opgevangen geluid op in een aantal frequentiegebieden en activeert vervolgens de contacten die gekoppeld zijn aan de corresponderende frequentiegebieden in de cochlea. De elektrodes worden geïmplanteerd op de frequentiegebieden die de spraak omvat, van 250 tot 6000 Hz. De elektrische pulsen die de elektrodes afgeven in de scala tympani worden opgevangen door de nabijgelegen nervus cochlearis. Slimme software in het CI gebruikt de tonotopie van de cochlea om het spraakverstaan te optimaliseren.

WIE KOMEN IN AANMERKING?

Een patiënt met perceptieve doofheid die geen baat (meer) heeft bij conventionele hoortoestellen kan in aanmerking komen voor een CI. Voor de huisarts is dit een goed moment om te verwijzen naar een audiologisch centrum. Bij de indicatiestelling wordt onderscheid gemaakt tussen kinderen en volwassenen. Centraal daarbij staat de vraag of er reeds taal- en spraakontwikkeling heeft plaatsgevonden. Bij patiënten met prelinguale doofheid, dat wil zeggen doofheid die aangeboren is of die verworven is voordat de hoor-, taal- en spraakontwikkeling heeft plaatsgevonden, moeten de auditieve banen zich nog ontwikkelen. Bij patiënten met postlinguale doofheid, die is ontstaan nadat de taal- en spraakontwikkeling reeds heeft plaatsgevonden, zijn de centrale banen en het geheugen voor spraakklanken reeds ontwikkeld en kunnen ze via het CI weer gebruikt worden.

Kinderen

Sinds 2012 vergoeden de Nederlandse zorgverzekeraars bilaterale CI's voor kinderen tot 5 jaar die met conventionele hoor-

Abstract

Kraaijenga VJC, Venekamp RP, Grolman W. Cochlear implants. Huisarts Wet 2016;59(6):260-4.

A cochlear implant (CI) can partially restore the hearing of individuals with perceptively deafness. The CI stimulates the auditory nerve directly via an electrode in the cochlea.

The ability of a person to understand speech when using a CI depends on whether deafness occurred pre- or post-lingually, before or after the development of hearing, language, and speech. Post-lingually deaf adults and pre-lingually deaf children can achieve a high level of speech perception with a CI. In contrast, pre-lingually deaf individuals who receive a unilateral CI at an older age perform substantially worse, but may benefit from a CI as support for lip-reading.

Eight academic centres in the Netherlands implant CIs. Children are eligible for a CI if they have a hearing loss of more than 60 dB at the frequencies 2000 and 4000 Hz, despite using the best available hearing aids. For adults these criteria include a pure tone average of more than 90 dB and speech perception scores lower than 60% with the best available hearing aids. Nowadays, children with congenital deafness younger than 5 years are given bilateral CIs, preferably before 1 year of age. CIs are implanted sequentially in congenitally deaf children and adolescents aged 5–18 years. Contraindications for bilateral implantation are poor experience with earlier implants and congenital deafness in children older than 12 years who have not yet received a CI. Children with acquired deafness are also eligible for bilateral CIs. The need for, and effectiveness of, bilateral CIs in adults and deaf-blind individuals are disputed and currently costs are not reimbursed by Dutch health insurance companies.

Figuur 2 Een cochleair implantaat



Bron: UMC Utrecht, W. Grolman.

toestellen een gehoorverlies hebben van meer dan 60 dB bij de frequenties 2000 en 4000 Hz.² Congenitaal dove kinderen krijgen bij voorkeur een CI vóór hun eerste verjaardag; bij kinderen met verworven doofheid wordt de taal- en spraakontwikkeling nauwkeurig in de gaten gehouden: wanneer deze gaat achterlopen zal men sneller overgaan tot implantatie.

Sinds 2014 komen ook congenitaal dove kinderen van 5-18 jaar in aanmerking voor bilaterale CI's, mits ze aan bepaalde aanvullende criteria voldoen. Het CI-Overleg Nederland (CI-ON) acht bilaterale CI's bij deze kinderen alleen zinvol als zij al een unilateraal CI hebben (sequentiële implantatie).³ Als het kind ouder is dan 12 jaar en nog geen CI heeft, is een unilateraal CI voldoende en heeft een tweede CI geen meerwaarde.³ In deze groep gaat het vooral om migranten die in het land van herkomst geen CI hebben gekregen. Kinderen tot 18 jaar met verworven doofheid komen in aanmerking voor bilaterale CI's ongeacht of zij al een CI hebben. Omdat de gehoor-

banen reeds gevormd zijn, kan van bilaterale CI's een goed resultaat verwacht worden. Kinderen die al een CI hebben, zullen sequentieel worden geïmplanteerd, wanneer ze nog geen CI hebben is simultaan bilaterale implantatie geïndiceerd [tabel 1].

Volwassenen

Volwassenen met perceptieve doofheid komen in aanmerking voor een unilateraal CI wanneer zij weinig of geen baat meer hebben bij een conventioneel gehoorapparaat. Vanwege de gebreken effectiviteit van CI's is het indicatiegebied in de afgelopen jaren verruimd. Waar vroeger alleen postlinguaal doven in aanmerking kwamen, kunnen sinds 2000 ook prelinguaal dove volwassenen een (unilateraal) CI krijgen. Bij deze laatste groep is het resultaat vooral verbetering in geluidsdetectie en horen, in aanvulling op liplezen.⁴

Ook de audiologische criteria zijn in de loop der jaren versoepeld. De landelijke veldnorm hanteert tegenwoordig een gemiddelde hoordrempels van > 90 dB of een spraakverstaan van ≤ 60% met conventionele hoortoestellen [tabel 2].⁵

Meningitis

Patiënten die doof geworden zijn ten gevolge van meningitis hebben extra aandacht nodig. Meningitis kan cochleaire ossificatie tot gevolg hebben, waardoor implantatie onmogelijk wordt. Om die reden verdient het aanbeveling om kinderen en volwassenen die meningitis hebben gehad nauwkeurig te monitoren en bij vermoeden van beginnende ossificatie met spoed bilateraal te implanteren, ongeacht de leeftijd.⁶

Contra-indicaties

In de Nederlandse CI-centra bespreekt een multidisciplinair CI-team, bestaande uit een kno-arts, audioloog, logopedist en psycholoog, of de voordelen van een CI opwegen tegen die van een conventioneel hoortoestel en of er contra-indicaties zijn van audiologische, fysieke en psychologische aard. Een substantieel restgehoor is reden om van implantatie af te zien. Ook fysieke beperkingen, zoals een niet functionerende nervus cochlearis of het ontbreken van de cochlea, kunnen een contra-indicatie zijn. Psychologische vereisten zijn dat de patiënt voldoende belastbaar en gemotiveerd is, een reëel verwachtingspatroon heeft en over een oefenpartner beschikt om het revalidatietraject met succes te doorstaan.⁵ Eventuele psychosociale comorbiditeit zoals een laag IQ of beginnende dementie is geen absolute contra-indicatie, maar wordt per patiënt afgewogen. Wel hebben deze patiënten extra aandacht nodig gedurende het revalidatietraject. Als laatste contra-indicatie kan een comorbide aandoening een operatie onder narcose onmogelijk maken.

Bij kinderen zal het team allereerst beoordelen of het kind beschikt over de auditieve mogelijkheden om gesproken taal te ontwikkelen. Op psychosociaal vlak kijkt men naar de beleving van de doofheid en naar de verwachtingen en motivatie van de omgeving, in het bijzonder de draagkracht en draaglast van het gezin. Psychologische contra-indicaties zijn ernstige

Tabel 1 Normen voor cochleaire implantatie in Nederland, 2014³

Ontstaan doofheid	Leeftijd	CI	Implantatie
Aangeboren	0-5 jaar	bilateraal	simultaan
	5-18 jaar	bilateraal*†	sequentieel
Verworven	0-5 jaar	bilateraal	simultaan
	5-18 jaar	bilateraal*	simultaan/sequentieel
	> 18 jaar	unilateraal	-
Na meningitis	n.v.t.	bilateraal	simultaan/sequentieel

* Unilateraal wanneer er geen meerwaarde wordt verwacht van een tweede CI, bijvoorbeeld bij slechte ervaringen met het eerste CI (zie contra-indicaties).
 † Unilateraal indien ≥ 12 jaar en nog geen CI.

Tabel 2 Audiologische criteria voor CI in Nederland

Leeftijd	Test	Indicatie CI
0-18 jaar	toonaudiogram	≥ 60 dB op 2000 en 4000 Hz
> 18 jaar	toonaudiogram	≥ 90 dB gemiddeld
	spraakaudiogram	≤ 60%

De test wordt afgenomen in de best mogelijke conditie voor de patiënt.

Wanneer deze nog baat ondervindt van een conventioneel hoortoestel, wordt de test afgenomen met gebruik van dit hoortoestel. Heeft de patiënt geen baat bij een conventioneel hoortoestel, dan wordt de test afgenomen zonder hoortoestel.

verstandelijke beperking of een stoornis in de informatieverwerking, bijvoorbeeld een autismespectrumstoornis.

Voor kinderen van 5-18 jaar gelden naast medische contra-indicaties (ontbrekend slakkenhuis, volledige insertie niet haalbaar, narcoserisico) en contra-indicaties door ontwikkelings- en omgevingsfactoren (alleen gebarentaal beheersen, verstandelijke beperking, prikkelverwerkingsproblemen) twee specifieke contra-indicaties voor bilaterale implantatie: slechte resultaten met een eerder geïmplantieerd unilateraal CI en congenitale doofheid bij kinderen die ouder zijn dan 12 jaar en nog geen CI hebben.³ Als voor een kind één of meer contra-indicaties gelden, wordt een tweede CI-team gevraagd het dossier te toetsen.

DE IMPLANTATIE

Te verwachten resultaat

Patiënten met een CI functioneren in het algemeen goed. Na unilaterale implantatie verbetert het spraakverstaan in stilte aanzienlijk en na bilaterale implantatie worden ook het lokaliseren van geluid en het spraakverstaan in ruis hersteld. De mate van spraakverstaan verschilt echter aanzienlijk tussen pre- en postlinguaal doven. Postlinguaal dove volwassenen en pre- en postlinguaal dove kinderen kunnen een hoog niveau van spraakverstaan bereiken. Prelinguaal dove kinderen moeten wel snel na het ontstaan van de doofheid een CI krijgen, zodat het proces van taal- en spraakontwikkeling zo min mogelijk vertraagd wordt.^{7,8} Volwassenen die prelinguaal doof zijn geworden, hebben een slechtere prognose. Geluidsdetectie is soms het enig haalbare resultaat met een CI.⁴ Hoewel de detectie van geluid als waarschuwingssignaal zeer waardevol kan zijn, zal het CI de kwaliteit van leven van de patiënt alleen dan gunstig beïnvloeden wanneer deze een reëel verwachtingspatroon heeft.^{9,10}

Het horen met een CI verschilt van het normale horen; patiënten ervaren het geluid over het algemeen als 'blikkerig'. Op het YouTube-kanaal 'Ear Research' kan men ervaren hoe het horen met een CI klinkt (<https://www.youtube.com/channel/UCeLVOyg7PtkoCO1QfjZXiA>).

Perioperatief beleid en complicaties

Aandachtspunten in de preoperatieve fase zijn meningokkenvaccinatie en bepaling van de zijde van implantatie. Over het algemeen wordt de patiënt op de eerste dag na de ingreep ontslagen uit het ziekenhuis.

Complicaties die kunnen optreden na de implantatie zijn onder andere lokale infectie, wondgenezingsproblemen en (tijdelijke) labyrintuitval met duizeligheidsklachten tot gevolg.⁸ Alarmsymptomen zijn oorontsteking of huidinfectie ter hoogte van het implantaat; in die gevallen is onmiddellijke verwijzing naar een CI-centrum vereist. Bij een enkeling kan na de operatie tinnitus optreden of erger worden. Uit een recent systematisch literatuuroverzicht is echter gebleken dat een reeds aanwezige tinnitus juist vaker verdwijnt dan ontstaat als gevolg van de implantatie.¹¹ Zeer zelden voorkomen de complicaties zijn persisterend facialisletsel en meningitis. Om dat laatste te voorkomen, krijgen patiënten preoperatief meningokokken-C-vaccin toegediend.

Revalidatie en nazorg

In de revalidatiefase staat het leren gebruiken van en horen met een CI centraal. Bij kinderen komt daar de taal- en spraakontwikkeling bij. Deze fase duurt in de regel tot twaalf maanden na implantatie; daarna begint de nazorgfase.

In de nazorgfase ziet het behandelende CI-team de patiënt minimaal tweemaal per jaar. In deze fase worden de hoortrainingen en bij kinderen de controle van de taal- en spraakontwikkeling gecontinueerd. Verder worden de instellingen van de spraakprocessor geoptimaliseerd en eventuele kapotte onderdelen vervangen. Daarnaast is er veel aandacht voor begeleiding van de patiënt en diens familie in het omgaan met doofheid en het CI. Bij de begeleiding van kinderen werkt het CI-team in de regel nauw samen met de Stichting Gezinsbegeleiding.

Langetermijngevolgen

De langetermijngevolgen van een CI zijn vooral gerelateerd aan technisch onderhoud. De uitwendige delen van het implantaat, waaronder de spraakprocessor, gaan ongeveer vijf tot zeven jaar mee. Het interne deel gaat over het algemeen langer dan twintig jaar mee. Een kapotte of losgeraakte elektrode kan een reden zijn voor een revisie-operatie.

Een van de langetermijngevolgen van een CI bij kinderen op jonge leeftijd is een verminderde ontwikkeling van gebarentaal. Dit geldt met name voor dove kinderen van horende ouders. De ouders zijn over het algemeen minder gemotiveerd om gebarentaal te leren wanneer ze merken dat het kind ook gesproken taal goed verstaat. Voor het kind blijft het echter wel belangrijk gebarentaal te beheersen, omdat het CI niet in alle omstandigheden gebruikt kan worden – bijvoorbeeld tijdens het zwemmen.¹²

NIEUWE ONTWIKKELINGEN

Bilaterale implantatie

Binauraal horen, horen met twee oren, is in vele opzichten beter dan horen met slechts één oor, vooral omdat men geluiden beter kan lokaliseren en spraak beter kan onderscheiden van ruis.^{13,14}

Zoals we zagen, zijn bilaterale CI's inmiddels standaard bij dove kinderen tot 5 jaar. Bilaterale CI's worden in Nederland alleen vergoed voor volwassenen die doof zijn als gevolg van

meningitis en binnenkort ook voor volwassenen die doofblind zijn als gevolg van het Usher-syndroom.¹⁵

Sinds 2009 coördineert het UMC Utrecht een RCT in meerdere centra bij 38 postlinguaal dove volwassenen, waarin de (kosten)effectiviteit van bilaterale versus unilaterale CI's wordt onderzocht. De resultaten na één en twee jaar zijn dat deelnemers met bilaterale CI's een significant beter spraakverstaan in ruis hebben dan volwassenen met een unilateraal CI (al dan niet met een conventioneel hoortoestel in het andere oor), en geluiden significant beter lokaliseren.¹⁶ In diverse observationele onderzoeken zijn overeenkomstige bevindingen gedaan.¹⁷⁻²¹

Eenzijdige doofheid

Kinderen en volwassenen die eenzijdig doof zijn, worden op dit moment behandeld met een *bone conducting device* (BCD) of met *contralateral routing of signal* (CROS). Deze hulpmiddelen geven geluid dat waargenomen wordt met het functionerende oor door aan het dove oor. Ze bieden geen auditieve signalen aan het dove oor aan, wat nodig is om binauraal horen te bewerkstelligen. Een CI zou dat wel kunnen. In een recent systematisch literatuuroverzicht is bij volwassenen de effectiviteit van CI vergeleken met die van BCD of CROS. De reviewers vonden een voordeel van CI in geluidslokalisatie, kwaliteit van leven en tinnitus.²² De methodologische kwaliteit van de negen geïncludeerde onderzoeken was echter matig en de resultaten ten aanzien van horen in ruis waren wisselend. Om die reden is in het UMC Utrecht een RCT opgezet waarin de effectiviteit van een CI vergeleken wordt met BCD of CROS.

PRAKTISCHE ADVIEZEN

Verwijs patiënten met perceptieve doofheid die geen baat (meer) hebben bij conventionele hoortoestellen en graag beter zouden willen horen naar een audiologisch centrum voor een intake.

Na cochleaire implantatie vindt ontslag uit het ziekenhuis over het algemeen plaats op de eerste postoperatieve dag. Huidinfectie ter hoogte van het implantaat of een oortontsteking zijn alarmsymptomen die directe doorverwijzing naar het CI-centrum vereisen.

In de communicatie met een patiënt met een CI moet de huisarts eraan denken de patiënt altijd aan te kijken, rustig te praten en goed te articuleren zodat de patiënt de gelegenheid heeft tot liplezen.

Een kind dat doof geboren wordt, heeft doorgaans een grote impact op het hele gezin. Deze gezinnen hebben vaak grote behoefte aan goede begeleiding op het gebied van communicatie, opvoeding en behandeling van het dove kind. ■

LITERATUUR

- NHG-werkgroep Slechthorendheid. NHG-Standaard Slechthorendheid. www.nhg.org.
- Van Eindhoven MJA, Gaasbeek Janzen MH, Heymans J. Herbeoordeling standpunt bilaterale cochleaire implantaten bij kinderen. Diemen: College voor Zorgverzekeringen, 2012.
- Verstrekkingengeschild: tweede cochleair implantaat voor kinderen tussen 5 en 18 jaar. Diemen: College voor Zorgverzekeringen, 2014.
- Straatman LV, Huinck WJ, Langereis MC, Snik AFM, Mulder JJ. Cochlear implantation in late-implanted prelingually deafened adults: changes in quality of life. *Otol Neurotol* 2014;35:253-9.
- CI-ON, OPCI, LGB. Veldnorm cochleaire implantatie: revisie 2013. Zonhoven: ONICI, 2008/2013.
- Merkus P, Free RH, Mylanus EA, Stokroos R, Metselaer M, Van Spronsen E, et al. Dutch Cochlear Implant Group (CI-ON) consensus protocol on post-meningitis hearing evaluation and treatment. *Otol Neurotol* 2010;31:1281-6.
- Lammers MJW, Van der Heijden GJMG, Pourier VEC, Grolman W. Bilateral cochlear implantation in children: a systematic review and best evidence synthesis. *Laryngoscope* 2014;124:1694.
- Fine I, Finney EM, Boynton GM, Dobkins KR. Comparing the effects of auditory deprivation and sign language within the auditory and visual cortex. *J Cogn Neurosci* 2005;17:1621-37.
- Klop WMC, Briaire JJ, Stiggelbout AM, Frijns JH. Cochlear implant outcomes and quality of life in adults with prelingual deafness. *Laryngoscope* 2007;117:1982-7.
- Cieślak K, Lewandowska M, Skarżyński H. Health-related quality of life and mental distress in patients with partial deafness: preliminary findings. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016;273:767-76.
- Ramakers GGJ, Van Zon A, Stegeman I, Grolman W. The effect of cochlear implantation on tinnitus in patients with bilateral hearing loss: A systematic review. *Laryngoscope* 2015;125:2584-92.
- Napoli DJ, Mellon NK, Niparko JK, Rathmann C, Mathur G, Humphries T, et al. Should all deaf children learn sign language? *Pediatrics* 2015;136:170-6.
- Bronkhorst AW, Plomp R. Binaural speech intelligibility in noise for hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am* 1989;86:1374-83.
- Cox RM, DeChicchis AR, Wark DJ. Demonstration of binaural advantage in audiometric test rooms. *Ear Hear* 1981;2:194-201.
- Wiley S, Meinzen-Derr J, Stremel-Thomas K, Schalock M, Bashinski SM, Ruder C. Outcomes for children with deaf-blindness with cochlear implants: a multisite observational study. *Otol Neurotol* 2013;34:507-15.
- Smulders YE, Van Zon A, Stegeman I, Rinia AB, Van Zanten GA, Stokroos RJ, et al. Comparison of bilateral and unilateral cochlear implantation in adults: A randomized clinical trial. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;142:249-56.
- Ramsden R, Rotteveel L, Proops D, Saeed S, Van Olphen A, Mylanus E. Cochlear implantation in otosclerotic deafness. *Adv Otorhinolaryngol* 2007;65:328-34.
- Dunn CC, Noble W, Tyler RS, Kordus M, Gantz BJ, Ji H. Bilateral and unilateral cochlear implant users compared on speech perception in noise. *Ear Hear* 2010;31:296-8.
- Neuman AC, Haravon A, Sislian N, Waltzman SB. Sound-direction identification with bilateral cochlear implants. *Ear Hear* 2007;28:73-82.
- Tyler RS, Dunn CC, Witt SA, Noble WG. Speech perception and localization with adults with bilateral sequential cochlear implants. *Ear Hear* 2007;28:86S-90S.
- Grantham DW, Ashmead DH, Ricketts TA, Labadie RF, Haynes DS. Horizontal-plane localization of noise and speech signals by postlingually deafened adults fitted with bilateral cochlear implants. *Ear Hear* 2007;28:524-41.
- Van Zon A, Peters JPM, Stegeman I, Smit AL, Grolman W. Cochlear implantation for patients with single-sided deafness or asymmetrical hearing loss: a systematic review of the evidence. *Otol Neurotol* 2015;36:209-19.

Informatie

Patiëntenorganisatie OPCI: www.opciweb.nl.
 Nederlandse Vereniging voor Keel-Neus-Oorheelkunde en Heelkunde van het Hoofd-Halsgebied: www.kno.nl.
 NSDSK, begeleiding van doven en ouders van dove kinderen: www.nsdsk.nl.
 Radboudumc, Stichting Gezinsbegeleiding: www.radboudumc.nl/Zorg/Afdelingen/StichtingGezinsbegeleiding/OverSGB/Pages/AanbodSGBZON.aspx.
 NHG-Standaard Slechthorendheid, www.nhg.org.