

Bilateral cochlear implantation

- en oversigtsartikel

I oktober 2005 var der på verdensplan ca. 2803 bilateralt cochlearimplanterede¹. Heraf var 1638 (58 %) børn.

Internationalt konsensuspapir

I 2004 blev der udarbejdet et internationalt konsensuspapir om bilateral cochlear implantation².

Ifølge denne konsensus er der følgende fordele ved bilateral CI:

1. Det bedste øre bliver altid implanteret. Forinden implantationen kan det være vanskeligt at bestemme, hvilket øre der efterfølgende vil give den bedste taleforståelse.
2. Bilateral CI medfører en bilateral kortikal stimulation og, hos børn, en udvikling af det centrale auditive system under den neurale plasticitets kritiske periode og sprogtilgnelsesperioden.
3. Bilateral CI kan skabe/genskabe binaural hørelse.

Ulemperne beskrives som følgende:

1. Behandlingens omkostninger. Fordelene ved den bilaterale kortikale udvikling, der sker ved stimulation med bilateral CI, bør søges kvantificeret med henblik på en aktuel cost-benefit-vurdering.
2. Bilateral CI kan gøre fremtidige teknikker vanskelige eller umulige at bruge.

Bilateral CI bør anbefales til følgende typer patienter:

1. Patienter, der opnår dårligt udbytte af ét CI.
2. Patienter med meningitis, hvor der sker en forbening af cochlear, hvorfor implantationen bør ske så hurtigt som muligt.
3. Patienter som ønsker at få genskabt binaural hørelse eller behøver binaural hørelse for at kunne bevare sit arbejde.
4. Børn med et permanent bilateral svært høretab. Der bør rettes særlig opmærksomhed mod småbørn i sprogtilgnelsesperioden.

Normal binaural hørelse

Normal hørelse er en "stereo"-oplevelse, og menneskets hjerne er organiseret til at modtage og bearbejde lyde fra to ører, altså binauralt. Binaural hørelse giver således den bedste udnyttelse af det auditive system.

Fænomenerne 'hovedets skyggeeffekt', 'interaural time difference', 'redundans'

og 'squelch-effekten' sikrer to vigtige funktioner ved den binaurale hørelse: Evnen til at bestemme hvilken retning lyden kommer fra (lokalisationssevne) og god taleforståelse i stille omgivelser og i støj.

Binaural hørelse - litteraturliste

- Durlach N et al. *Binaural Phenomena*. In: *Handbook of perception*, vol 4. New York, 1978 pp. 365-466.
- Hausler R et al. *Sound Localization in Subjects with Impaired Hearing*. *Acta Otolaryngol Suppl* 1983;400:1-62.
- Moore B. *An Introduction to the Psychology of Hearing*. Academic Press, 2003.
- Dillon H: *Hearing Aids*. Boomerang Press. Turrumurra, Australia, 2001.

Lokalisationsevne

Med "lokalisationssevne" mener man både en vurdering af i hvilken retning lydkilden befinder sig og hvor langt væk den er. Når lydkilden befinder sig på den ene side af personen, vil hovedet danne en barriere for lyden, således at lyden når det modsatte øre med lavere intensitet. Derved dannes en slags skygge for det modsatte øre. Dette er, hvad man kalder hovedets skyggeeffekt. Hjernen sammenligner forskellene i lydets intensitet modtaget fra de to ører og bruger disse til at bestemme hvor lyden kommer fra. Skyggeeffekten spiller især en rolle for lokaliseringen af højfrekvente lyde (fra 500 Hz og opover) der med sine korte bølgelængder nemmere stoppes af hovedet. Lavfrekvente lyde kan dog også retningsbestemmes ud fra skyggeeffekten, hvis lydkilden er meget tæt på øret.

Ud over at være af lavere intensitet vil lyden også, når den kommer fra den ene side af hovedet, ramme det modsatte øre senere. Det er det, man kalder interaural time differences (forskellen i tid mellem de to ører). I det auditive system sammenlignes forskellen i tid og herved lokaliseres lydkilden. Lokalisation via interaural time differences er især vigtig for lave frekvenser (fra 700 Hz og nedover), der som før nævnt ikke i så høj grad kan lokaliseres ved hjælp af skyggeeffekten.

Taleforståelse

God taleforståelse i stille omgivelser og i støj sikres ved hjælp af hovedets skyggeeffekt, binaural redundans og squelch-effekten.

Hvis tale og støj kommer fra hver sin retning (eller side af hovedet) medfører hovedets skyggeeffekt at det øre, der er tættest på talesignalet og længst fra støjen, har et betydeligt bedre signal-støjforhold end det øre, der er tættest på støjen og længst fra talen. I en sådan situation vil hjernen "vælge" kun at lytte til signalet fra øret, der har det bedste signal-støjforhold.

Hjernen kan desuden, når talesignalet og støjen kommer fra hver sin retning, bruge støjen fra det øre med det dårligste signal-støjforhold til delvist at "fjerne" støjen fra det øre med det bedste signal-støjforhold. Det er det man kalder den binaurale squelch-effekt. Squelch-effekten giver den binaurale lytter så god taleforståelse i støj, at den pågældende kan befinde sig i situationer med 3 dB dårligere signal-støjforhold og stadig opnå lige så god taleforståelse som person med monaural høreelse i mere fordelagtige akustiske situationer.

Binaural redundans spiller en rolle, når lyd og støj kommer fra samme retning og begge ører dermed præsenteres for samme mængde af signal og støj (eller signal-støjforhold). At to ører hører bedre end ét, skyldes populært sagt det, at hjernen får to "billeder" af lyden "at kigge på". Den binaurale redundans gør det muligt for den binaurale lytter at forstå tale så meget bedre end den monaurale lytter, at den binaurale lytter vil kunne befinde sig i en situation med 1-2 dB dårligere signal-støjforhold og alligevel opnå samme taleforståelse.

Bilateralt høreapparat

Vigtigheden af at udstyre hørehæmmede med binaural høreelse har i gennem adskillige år været opfattet som standardbehandling, når det har drejet sig om høreapparattilpasning. Det betragtes som standard at udstyre patienter med et bilateralt symmetrisk høretab med bilateral forstærkning for at opnå binauralt udbytte. Ligeledes betragtes det som standard at udstyre patienter med et lettere til et sværere unilateralt høretab med et høreapparat på det dårligste øre med henblik på binauralt udbytte.

Bimodal stimulation

Der er foretaget en række undersøgelser af udbyttet, der opnås ved at bruge et høreapparat sammen med et CI i de tilfælde, hvor der er tilstrækkelig resthørelse på det ikke-implanterede øre. Resultaterne viser, at der hos personer, som er bimodalt stimuleret, ses en forbedret binaural redundans i stille omgivelser og en binaural squelch-effekt i støj³.

Disse resultater indikerer, at der sker en central auditiv integration af de to forskellige stimuleringsmetoder, akustisk og elektrisk.

Et tilsvarende udbytte ses ikke hos de patienter med unilateralt CI, som i stedet for et høreapparat på det kontralaterale øre, er udstyret med to mikrofoner; et over hvert øre, som begge sender signaler til processoren⁴.

Et bilateralt mikrofonsystem synes til gengæld i visse lyttesituationer at have en negativ effekt på lydlokaliseringen og forværre det signal-støjforhold, som CI'et modtager⁵.

Herved understøttes antagelsen om, at to forskellige signaler processeret af to øresnegle, er en forudsætning for at opnå binauralt udbytte. Overvejelsen bør derfor være, om det skal være standardpraksis, at alle modtagere af unilateralt CI skal tilskyndes at bruge høreapparat på det ikke-implanterede øre, såfremt resthørelsen på dette øre er tilstrækkelig til at give binauralt udbytte⁶.

Bilateral cochlear implantation hos voksne

Forbedret talediskrimination i støj udgør sandsynligvis den mest signifikante fordel ved bilateral implantation, eftersom konkurrerende baggrundsstøj repræsenterer den største udfordring for kommunikation i virkelige lydumgivelser.

Der er efterhånden lavet en lang række undersøgelser af voksnes udbytte af bilateral CI.

Der er undersøgelser som viser, at alle de mekanismer ved binaural auditiv processing, der er nødvendige for forbedret taleforståelse (hovedskyggeeffekt, squelch og redundans) kan forekomme hos personer med bilateral CI⁷. Hovedskyggeeffekten viser sig generelt som den mest udbytterige mekanisme hos voksne CI-brugere. Desto dårligere signal-støjforhold desto større binaural fordel mht. taleforståelse ses der hos bilaterale CI-brugere i sammenligning med unilaterale CI-brugere⁸. Evnen til lydlokalisering forbedres væsentligt med bilateralt CI i sammenligning med unilateralt CI⁹. Dog er den binaurale performance hos bilaterale CI-brugere stadig dårligere, end den der ses hos normalthørende¹⁰.

I sammenligning med postlinguale døvblevne med bilateralt CI, så synes bilateralt implanterede voksne med et svært prelingualt høretab at have et mere begrænset udbytte af de binaurale mekanismer bortset fra hovedskyggeeffekten¹¹. Dette synes at underbygge antagelsen om den neurale plasticitets "kritiske periode" i den tidlige barndom.

Bimodal stimulation - litteraturliste

- Dunn C et al. *Benefit of wearing a hearing aid on the unimplanted ear in adult users of a cochlear implant.* J Speech Lang Hear Res. 2005 June;48(3):668-80.
- Holt R et al. *Spoken Word Recognition Development in Children with Residual Hearing Using Cochlear Implants and Hearing Aids in Opposite Ears.* Ear and Hearing 2005;26;82S-91S.
- Morera C et al. *Advantages of Binaural Hearing Provided through Bimodal Stimulation via a Cochlear Implant and a Conventional Hearing Aid.* Acta Oto-laryngologica, 2005; 125:596-606.
- Tyler R et al. *Patients Utilizing a Hearing Aid and a Cochlear Implant Speech Perception and Localization.* Ear and Hearing 2002 Apr; 23(2):98-105.
- Ching T et al. *Should Children Who Use Cochlear Implants Wear Hearing Aids in the Opposite Ears?* Ear and Hearing 2000, 22, 365-380.
- Armstrong M et al. *Speech Perception in Noise with Implant and Hearing Aid.* Amer J Otology, 1997.
- Blarney P et al. *Cochlear Implants, Hearing Aids, or Both Together?* In: *Cochlear Implant*, p 237-277.

Tilfredshedsundersøgelser blandt voksne implanterede peger på, at bilateral implantation generelt foretrækkes af både prelinguale og postlinguale døvblevne¹².

I studier, hvor bilateralt implanterede blev bedt om i en periode kun at bruge ét implant, udviste forsøgspersonerne frustration over den monoaurale hørelse svarende til den, som normalthørende beskriver, når de oplever et pludseligt sensori-neuralt høretab på det ene øre.

De nuværende metoder til at måle binuært udbytte er måske ikke tilstrækkelige til klart at kvantificere de ”tredimensionelle” aspekter af lyd, som bilaterale implanterede beskriver, at de har glæde af, når de bruger bilaterale processorer¹³.

Auditiv integration

Som hos voksne har bilateralt høreapparat-tilpasning også været standard hos børn med et bilateralt høretab. Og som på voksenområdet er udbyttet af bimodal stimulation også blevet undersøgt hos unilateralt implanterede børn, som har resthørelse på deres ikke-implanterede øre¹⁴.

Brugen af høreapparat på det ikke-implanterede øre i ”den kritiske periode” for den auditive integration kan være meget vigtig hos børn, hvis øret ønskes taget i brug senere¹⁵.

Undersøgelser viser, at børn er i stand til at forene de forskellige inputs og opnå signifikant binuært udbytte med bimodal stimulation. Graden af udbyttet fra høreapparatet hænger sammen med, hvor meget resthørelse, der er på det ikke-implanterede øre.

I tilfælde af døvhed på det ikke-implanterede øre kan tidlig bilateral CI måske være den eneste måde at opnå binaural hørelse og udvikle anvendelig bilaterale auditive stier¹⁶.

Der er behov for redskaber til at måle den centrale auditive udvikling, som på en pålidelig måde kan korreleres med auditive testresultater¹⁷. Et målbart korrelat for ”den kritiske periode” er i dag tilgængelig i form af ’cortical auditory evoked potentials’ (CAEP), som viser EEG-aktivitet i hjernen som respons på lydstimulation.

Præliminære CAEP-data, rapporterede auditive testresultater for bilateralt implanterede børn samt hvad man ved fra testresultater for unilateralt implanterede børn, så synes ”vinduet”, hvor børns mulighed for at udvikle maksimale centrale binaurale funktioner ved en implantation på det andet øre at være størst inden 3 ½ års alderen. Hos nogle (men ikke alle) er ”vinduet” åbent til ca. 7 års alderen og lukker som hovedregel helt i 12 års alderen¹⁸.

Bilateral CI hos voksne - litteraturliste

- Senn P et al. *Minimum audible angle, just noticeable interaural differences and intelligibility with bilateral cochlear implants using clinical speech processors*. *Audiol Neurootol*. 2005 Nov-Dec;10(6):342-52.
- Das S et al. *Bilateral cochlear implantation: current concepts*. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2005; 13(5):290-3.
- Verschuur CA et al. *Auditory localization abilities in bilateral cochlear implant recipients*. *Otol Neurotol*. 2005 Sep;26(5):965-71.
- van Hoesel R et al. *Amplitude-mapping effects on speech intelligibility with unilateral and bilateral cochlear implants*. *Ear Hear*, 2005 Aug;26(4):381-8.
- Schoen F et al. *Sound localization and sensitivity to interaural cues in bilateral users of the Med-El Combi 40/40+ cochlear implant system*. *Otol Neurotol*. 2005 May;26(3):429-37.
- Nopp P et al. *Sound Localization in Bilateral Users of MED-EL Combi 40/40+ Cochlear Implants*. *Ear Hear* 2004;25:205-214.
- Tyler RS et al. *Three Month Results with Bilateral Cochlear Implants*. *Ear Hear* 2002;23:80s-89s.
- Muller J et al. *Speech Understanding in Quiet and Noise in Bilateral Users of the MED-EL Combi 40/40+ Cochlear Implant System*. *Ear Hear* 2002;23:198-206.
- Schoen F. *Speech Reception Threshold Obtained in a Symmetrical Four Loudspeaker Arrangement from Bilateral Users of MED-EL Cochlear Implants*, *Otology & Neurotology* 2002, 23, 710-714.
- van Hoesel R. *Sound Direction Identification, Interaural Time Delay Discrimination, and Speech Intelligibility Advantages in Noise for a Bilateral Cochlear Implant User*. *Ear and Hearing* 2002, 23, 137-149.
- Schoen F, Muller. *Results of Bilateral Cochlear Implantation*. *European Archives of Oto-Rhino-laryngology*. 1999, 156, 106.

Selv tidlig implantation, godt udbytte og lang tids brug af CI på det ene øre kan ikke garantere, at der sker en tilstrækkelig præservering af plasticiteten i de auditive stier, som betjener det andet øre¹⁹.

Brug af høreapparat på barnets ikke-implanterede øre vil efter al sandsynlighed afstedkomme en vis modning af de auditive stier på dette øre og muliggøre en lettere overgang til CI på et senere tidspunkt. Omfanget af den auditive modning afhænger dog af omfanget af resthørelsen på det ikke-implanterede øre.

Det kan kun anbefales, at der indtil en implantation på det andet øre bruges høreapparat på dette øre, såfremt der opnås auditivt udbytte herved. Hvis barnet ingen hørelse har på det andet øre, kan der kun ved en cochlear implantation på dette øre opnås en optimal central binaural udvikling²⁰.

Der kan således sættes spørgsmålstegn ved, hvorvidt det kan være hensigtsmæssigt at ”gemme” barnets andet øre med henblik på at gøre brug af eventuelle fremtidige teknologiske udviklinger. Hvis et unilateralt implanteret barn ikke modtager auditivt input i løbet af den kortikale udviklings ’den kritiske periode’, så vil en fremtidig teknologi, uanset hvor avanceret den måtte være, ikke kunne afhjælpe det auditive cortex’ manglende evne til at modtage input²¹.

Bilateral cochlear implantation hos børn

Videnskabelige referencer vedrørende bilateral implantation af børn viser ikke noget negativt mønster, hverken mht. til udbytte eller komplikationer.

Børn klarer simultane bilaterale implantationer godt, og der har ikke været rapporteret om langsigtede vestibulære komplikationer²².

Vestibulære symptomer er ofte til stede i nogle få dage, men aftager hurtigt hos størstedelen af patienterne. Langvarige vestibulære symptomer er sjældne hos både den voksne og pædiatriske population. Dog bør patientens vestibulære funktion og balance tages i betragtning ved både unilateral og bilateral implantation.

Den største udfordring, der er forbundet med at undersøge bilateralt implanterede børn, er kompleksiteten i at måle det binaurale udbyttes forskellige aspekter hos denne aldersgruppe og sammenligne resultaterne med de unilateralt implanterede børns resultater²³.

Det auditive systems integration

- litteraturliste og videnskabelige præsentationer

- Theuwis L et al. *Critical period for bilateral cochlear implantation in children*. 8th European Symposium. Pediatric Cochlear Implantation. Venice, March 2006.
- Scherf F et al. *Benefits of early vs. late bilateral implantation in deaf children*. 8th European Symposium. Pediatric Cochlear Implantation. Venice, March 2006.
- Gordon K. *Effects of delay in bilateral implantation on central auditory development in children with early onset deafness*. 8th European Symposium. Pediatric Cochlear Implantation. Venice, March 2006.
- Sharma A et al. *The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants*. Hear Res. 2005 May;203(1-2):134-43.
- Eggermont JJ et al. *Auditory-evoked potential studies of cortical maturation in normal hearing and implanted children: correlation with changes in structure and speech perception*. Acta Otolaryngol. 2003 Jan;123(2):249-52.
- Sharma A et al. *A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implication for of implantation*. Ear Hear. 2002 Dec;23(6):532-9.
- Sharma A et al. *Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation*. Neuroreport. 2002 Jul 19;13(10):1365-8.
- Sharma et al. *Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways*. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl. 2002 May;189:38-41.

Børnenes unge alder og sprogudvikling gør test af talediskrimination i støj og lydlokalisation vanskelig. At sammenligne sproglige testresultater mellem unilateralt og bilateralt implanterede børn kræver flere års monitorering. Der er dog blevet udviklet et testbatteri til at evaluere lydlokalisationsevne og taleopfattelsen i støj²⁴, og studier baseret på dette testbatteri har vist et klart positivt mønster mht. børnenes udbytte²⁵.

Sammenligning af unilateralt og bilateralt implanterede børns testresultater i ”laboratorier” kan indebære en undervurdering børnenes udbytte af bilateral implantation i naturlige lydoplevelser. Det er muligt, at bilateralt implanterede børn er bedre i stand til mere ”passivt” at tilegne sig tale og sprog som en ubevidst del af hverdagslivet end unilateralt implanterede børn²⁶.

Bilateral CI hos børn

- litteraturliste og videnskabelige præsentationer

- Litovsky RY et al. *Bilateral cochlear implants in children: localization acuity measured with minimum audible angle*. Ear Hear. 2006 Feb;27(1):43-59.
- Berger K. *Phenomena in the development of deaf children after bilateral implantation*. 8th European Symposium. Pediatric Cochlear Implantation. Venice, March 2006.
- van Deun L et al. *Sound localization and lateralization in normal-hearing and bilaterally implanted children*. 8th European Symposium. Pediatric Cochlear Implantation. Venice, March 2006.
- Offeciers E et al. *International consensus on bilateral cochlear implants and bimodal stimulation*. Acta Oto-laryngologica, 2005; 125:918-919.
- Firszt J et al. *Initial Experience of a 5-year multi-center study on bilateral implantation in young children*. 10th Symposium on Cochlear Implants in Children. Dallas, Texas; March 15-19, 2005.
- Baumgartner W et al. *Comparison of Bilateral versus Monaural Pediatric Cochlear Implantation*. 10th Symposium on Cochlear Implants in Children. Dallas, Texas; March 15-19, 2005.
- Brackett D et al. *Sequential Bilateral Cochlear Implant Outcomes Linguistic Predictability and Complexity Effects*. 10th Symposium on Cochlear Implants in Children. Dallas, Texas; March 15-19, 2005.
- Galvin K et al. *Postoperative Results for Five Bilaterally Implanted Children*. 10th Symposium on Cochlear Implants in Children. Dallas, Texas; March 15-19, 2005.
- Mueller J et al. *Bilateral Cochlear Implants*. 10th Symposium on Cochlear Implants in Children. Dallas, Texas; March 15-19, 2005.
- Litovsky R et al. *Preliminary Results on Sound Localization and Speech Intelligibility in Noise in Unilaterally and bilaterally Implanted Children*. 9th Symposium on Cochlear Implants in Children. Washington, DC; April 24-26.2003.
- Lenarz T et al. *Bilateral Cochlear Implants in Children*. 9th Symposium on Cochlear Implants in Children. Washington, DC; April 24-26.2003.
- Mueller J et al. *Bilateral Cochlear Implantation in Children - simultaneous or non-simultaneous implantation*. 9th Symposium on Cochlear Implants in Children. Washington, DC; April 24-26.2003.
- Baumgartner W et al. *Bilateral Cochlear Implantation in 27 patients*. 9th Symposium on Cochlear Implants in Children. Washington, DC; April 24-26.2003.

Noter

¹ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.

² Offeciers E et al. *International consensus on bilateral cochlear implants and bimodal stimulation*. Acta Oto-laryngologica, 2005; 125:918-919.

³ Morera C et al. *Advantages of Binaural Hearing Provided through Bimodal Stimulation via a Cochlear Implant and a Conventional Hearing Aid*. Acta Oto-laryngologica, 2005; 125:596-606.

⁴ Parkinson A et al. *The use of Bilateral Microphones as an Alternative to Bilateral Cochlear Implants*. Presentation CI 2005, Dallas, Texas.

-
- ⁵ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.
- ⁶ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.
- ⁷ Muller J et al. *Speech Understanding in Quiet and Noise in Bilateral Users of the MED-EL Combi 40/40+ Cochlear Implant System*. *Ear Hear* 2002;23:198-206.
- Schleich P et al. *Head shadow, squelch, and summation effects in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant*. *Ear Hear*. 2004 June;25(3):197-204.
- ⁸ Laszig R et al. *Benefits of bilateral electric stimulation with the Nucleus cochlear implant in adults: six month post-operative results*. *Otology and Neurotology*, Nov;25(6), 958-968.
- ⁹ Senn P et al. *Minimum audible angle, just noticeable interaural differences and intelligibility with bilateral cochlear implants using clinical speech processors*. *Audiol Neurotol*. 2005 Nov-Dec;10(6):342-52.
- Nopp P et al. *Sound Localization in Bilateral Users of MED-EL. Combi 40/40+ Cochlear Implants*. *Ear Hear* 2004;25:205-214.
- van Hoesel R. *Sound Direction Identification, Interaural Time Delay Discrimination, and Speech Intelligibility Advantages in Noise for a Bilateral Cochlear Implant User*. *Ear and Hearing* 2002, 23, 137-149.
- ¹⁰ Verschuur CA et al. *Auditory localization abilities in bilateral cochlear implant recipients*. *Otol Neurotol*. 2005 Sep;26(5):965-71.
- ¹¹ Nopp P et al. *Sound Localization in Bilateral Users of MED-EL. Combi 40/40+ Cochlear Implants*. *Ear Hear* 2004;25:205-214.
- ¹² Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.
- ¹³ Lake J. et al. *Subjective benefit in the MED-EL US multicenter adult bilateral study*. Abstracts. VIII International Cochlear Implant Conference, 2004.
- ¹⁴ Ching T et al. *Should Children Who Use Cochlear Implants Wear Hearing Aids in the Opposite Ears?* *Ear and Hearing* 2000, 22, 365-380.
- Holt R et al. *Spoken Word Recognition Development in Children with Residual Hearing Using Cochlear Implants and Hearing Aids in Opposite Ears*. *Ear and Hearing* 2005;26:82S-91S.
- ¹⁵ Mansbach et al. *Evaluation of binaural-bimodal hearing in pre-lingual deaf children with unilateral cochlear implant and a contralateral hearing aid*. 8th European Symposium. Pediatric Cochlear Implantation. Abstracts. Venedig, March 2006.
- ¹⁶ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.
- ¹⁷ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.
- ¹⁸ Ponton C et al. *Of Kittens and Kids: Altered Cortical Maturation Following Profound Deafness and Cochlear Implant Use*. *Audiol Neurotol* 2001;6:363-380.
- Manrique M et al. *Prospective Longterm Auditory Results of Cochlear Implantation in Prelinguistically deafened children: The Importance of Early Implantation*. *Acta Otolaryngol* 2004 Suppl 552:55-63.

¹⁹ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.

²⁰ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.

²¹ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.

²² Steemerson R et al. Vertigo after Cochlear Implantation. *Otology & Neurotology*, Vol22, No.6, 2001, 842-843.

Buchman C et al. Vestibular Effects of Cochlear Implantation. *Laryngoscope* 2004; 114:1-22.

Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.

Das S et al. *Bilateral Cochlear Implantation: Current Concepts*. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery* 2005.

²³ Karltorp E et al. *Bilateral implanted children in Stockholm*. 8th European Symposium. Pediatric Cochlear Implantation. Abstracts. Venedig, March 2006.

²⁴ Peters B et al. *Importance of Post-implantation Experience on Performance in Children with Bilateral Cochlear Implants*. 10th Symposium on Cochlear Implants in Children. Dallas, Texas; March 15-19, 2005.

Litovsky R et al. *Bilateral Cochlear Implants Adults and Children*. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004 May;130(5):648-55.

²⁵ Baumgartner W et al. *Bilateral Cochlear Implantation – 9 year results*. *International Congress Series* 1273 (2004). 451-454.

²⁵ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.

²⁶ Peters BR. *Rationale for Bilateral Cochlear Implantation in Children and Adults*. Cochlear White Papers, January 2006.