

L'implant cochléaire chez l'enfant

Cochlear implantation in children

EN Garabédian, N Loundon

Service d'ORL pédiatrique et de chirurgie cervico-faciale, hôpital d'enfants Armand Trousseau, Paris. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.

Mots clés

- ◆ Implant cochléaire
- ◆ Enfants

Résumé

En cas de surdité importante, lorsque l'appareillage ne laisse pas espérer une réhabilitation de la parole et du langage de bonne qualité, la question d'une éventuelle implantation peut se poser. L'implant cochléaire est un outil de réhabilitation auditive, mais qui nécessite chez l'enfant pour être efficace de bien en connaître les indications et les limites. Le projet d'implant cochléaire chez l'enfant s'inscrit dans une prise en charge au long cours et tient compte des éléments médicaux, r educatifs et sociaux de l'enfant.

Les critères d'implantation pédiatrique ont fait l'objet d'un consensus international il y a plus de 20 ans : surdité profonde bilatérale ; seuils prothétiques supérieur ou égal à 60 dB ; test d'intelligibilité en liste ouverte inférieur à 30 % ; absence de contre-indication médicale ou radiologique ; privation auditive inférieure à 10 ans ; mode d'éducation à dominance orale ; motivation et stabilité familiales (et de l'enfant chez le plus grand).

Ces indications se sont élargies plus récemment et il est possible d'envisager une implantation en cas de surdité fluctuante sévère ou asymétrique ou encore en cas de malformation complexe de l'oreille interne.

La majorité des enfants implantés sont sourds congénitaux. Ils n'ont eu que très peu, voire pas d'informations sonores depuis la naissance. La r education orthophonique prolongée est essentielle pour développer l'utilisation corticale des informations auditives fournies par l'implant et entraîner la boucle audio-phonatoire. Aux facteurs environnementaux (comme le milieu social, l'investissement familial, le bilinguisme oral, le nombre de séances de r education...) se mêlent ceux intrinsèques à la surdité et particuliers à chaque enfant (type de surdité, évolutivité, troubles associés...). Tous les enfants ne tirent pas donc pas le même bénéfice de l'implant. Le facteur principal influençant les résultats est l'âge d'implantation. Précoce, elle permet le plus souvent une réhabilitation de très bonne qualité.

Keywords

- ◆ Cochlear implant
- ◆ children

Abstract

Cochlear implantation (CI) can be considered in children with a severe to profound hearing loss, despite a best fit hearing aid, and when we cannot expect a correct language development. A cochlear implant is an effective tool of hearing rehabilitation but both its indications and limits must be kept in mind. A CI is a long-term project which needs the medical, social, and rehabilitation factors to be taken into account.

Indications of CI follow international consensus guidelines: bilateral severe to profound deafness; pure-tone average thresholds equal or lower than 60 dB with an optimal hearing aid; speech recognition test < 30% (open list); no medical or radiological contraindications; hearing privation lower than 10 years; educational program that supports listening and speaking; familial stability and motivation.

These classic indications have recently been extended and it is now possible to consider CI in case of fluctuating or asymmetrical deafness, or in patients with an inner ear malformation. Bilateral implantation is also now performed by several international teams.

Most of the children undergoing CI have a congenital deafness and have consequently received very few hearing stimulations since birth. Speech therapy is then essential and aims to help the cortex to process auditory information and to develop the auditory/verbal feedback.

The main outcome factors are 1) the educational and environmental settings 2) the characteristics of the deafness, and most of all 3) the age at onset of the deafness and the duration of deafness prior to implantation. Thus, all children do not benefit equally from CI. An early CI allows generally rapid development of good quality oral communication abilities.

En cas de surdité importante, lorsque l'appareillage ne laisse pas espérer une réhabilitation de la parole et du langage de bonne qualité, la question d'une éventuelle implantation peut se poser. L'implant cochléaire est un formidable outil de r -

habilitation auditive, mais qui nécessite, pour être efficace, de bien en connaître les indications et les limites. Le projet d'implant cochléaire chez l'enfant s'inscrit dans une prise en charge au long cours et tient compte des éléments médicaux,

Correspondance :

Service d'ORL pédiatrique et de chirurgie cervico-faciale, hôpital d'enfants Armand Trousseau (APHP), 26 avenue du Docteur Arnold Netter, 75012 Paris.

Email : noel.garabedian@trs.aphp.fr

rééducatifs et sociaux de l'enfant. Le partenariat entre les différents acteurs de la prise en charge de l'enfant est essentiel pour mener à bien ce projet.

Principes de l'implant cochléaire

Il s'agit d'une prothèse implantable qui transforme les informations sonores en micro-impulsions électriques. Son principe est donc très différent de la prothèse amplificatrice. L'implant cochléaire est composé d'une partie externe amovible et d'une partie implantée.

La partie externe comprend un microphone, un processeur vocal et une antenne aimantée. Le processeur réalise le codage des informations en impulsions électriques et l'antenne transmet ces informations à la partie interne, au travers de la peau. L'énergie est fournie par des batteries rechargeables ou des piles jetables externes.

La partie implantée est composée d'un processeur et d'électrodes. Elle est biocompatible et sans énergie propre. Le processeur est placé en sous-cutané dans une logette osseuse rétro auriculaire et transmet les informations au porte électrode. Le premier relais ganglionnaire est ainsi directement stimulé par les électrodes au travers de la cochlée.

Les informations auditives sont traitées sur les bandes fréquentielles allant de 250 à 8000 Hz. L'intensité des impulsions est contrôlée afin de diminuer le bruit de fond et d'éviter les hyperstimulations en milieu très sonore.

Le traitement du signal peut se faire sur plusieurs modes, ces choix déterminent *les stratégies de codage*. Il existe 4 fabricants d'implant: Advanced Bionics (USA, HiRes®), Cochlear (Australie, Nucleus®), Medel (Autriche, Tempo+®), Neurelec (France, Digisonic®). Chaque implant présente des particularités ergonomiques et électroniques. Les résultats orthophoniques sont cependant similaires (1-5). Le choix de l'implant dépend donc surtout des habitudes de chaque équipe. Actuellement, le prix d'un implant est d'environ 25 000 Euros. Le financement des implants en France fait l'objet d'une dotation annuelle ministérielle. Ce budget alloué aux centres d'implantation est réévalué chaque année ; elle était de 680 implants en 2006 dont la moitié en pédiatrie.

La mise en place chirurgicale de la partie interne nécessite une hospitalisation de 2-3 jours. En per-opératoire, il est possible de mesurer les réponses du nerf cochléaire à l'implant, soit par PEA via l'implant soit par téléométrie. Ces tests permettent de vérifier que le couple implant-nerf fonctionne et donnent une indication des seuils de stimulation efficaces en post-opératoire.

Le réglage de l'implant a lieu quelques jours après la chirurgie. Il faut déterminer pour chaque électrode les seuils cliniques de stimulation minimum et maximum et trouver le niveau confortable. Les données se modifient dans les premiers mois avec la maturation des fibres nerveuses et le conditionnement de l'enfant. Une dizaine de réglages est en général à prévoir la première année puis ensuite 1 à 2 fois par an.

Sept cent vingt et un enfants ont été implantés dans notre service depuis 1989. La majorité des enfants implantés sont sourds congénitaux. Ils n'ont eu que très peu, voire pas d'informations sonores depuis la naissance. La rééducation orthophonique prolongée est essentielle pour développer l'utilisation corticale des informations auditives fournies par l'implant et entraîner la boucle audio-phonatoire. Aux facteurs environnementaux (comme le milieu social, l'investissement familial, le bilinguisme oral, le nombre de séance de rééducation...) se mêlent ceux intrinsèques à la surdité et particuliers à chaque enfant (type de surdité, évolutivité, troubles associés...). Tous les enfants ne tirent pas donc pas le même bénéfice de l'implant. Le facteur principal influençant les résultats est l'âge d'implantation. Précoce, elle permet le plus souvent une réhabilitation de très bonne qualité. Dans tous les cas, les indications doivent être soigneusement pesées pour permettre

d'éviter les déceptions, ou plus grave, les échecs après implantation cochléaire (6-7).

Indications de l'implantation pédiatrique

Les critères d'implantation pédiatrique ont fait l'objet d'un consensus international il y a plus de 20 ans :

- surdité profonde bilatérale ;
- seuils prothétiques supérieur ou égal à 60 dB ;
- test d'intelligibilité en liste ouverte inférieur à 30 % ;
- absence de contre-indication médicale ou radiologique ;
- privation auditive inférieure à 10 ans ;
- mode d'éducation à dominance orale ;
- motivation et stabilité familiales (et de l'enfant chez le plus grand).

Ces indications se sont élargies avec les résultats observés et l'expérience acquise par les équipes d'implantation cochléaire et de rééducation.

L'équipe d'implantation est multidisciplinaire. Elle comprend chirurgien, orthophoniste, psychologue. Son rôle est de déterminer si l'implant permet de laisser espérer une évolution meilleure qu'avec un appareillage conventionnel et s'il n'existe pas de contre-indication évidente (difficultés chirurgicales, pathologie médicale évolutive, problèmes psychologiques...).

Le moment du bilan pré-implant est particulièrement important. L'équipe en charge de l'enfant est invitée à donner les informations concernant l'enfant, au niveau médical, audiométrique, audioprothétique, ainsi que les éléments qui concernent le mode de prise en charge, l'évolution orthophonique et psychologique. Ces informations sont essentielles pour permettre à l'équipe d'implantation d'éclairer au mieux le contexte de la demande. Le bilan permet aussi de dépister une pathologie médicale évolutive pour laquelle un suivi particulier s'impose (anomalies visuelle, vestibulaire, cardiaque, rénale, malformations d'oreille interne...).

Bilan avant l'implantation

- L'entretien avec les parents permet l'information sur les principes de l'implant, ses limites et ses risques opératoires.
- L'audiogramme sans et avec prothèses surpuissantes vérifie l'indication audiométrique.
- L'examen clinique ORL permet d'éliminer les foyers infectieux, et surtout d'orienter les recherches des pathologies associées dans le cadre de surdités syndromiques et/ou génétiques, si cela n'a pas déjà été fait.
- L'examen pédiatrique général et spécialisé selon la demande : examen ophtalmologique (fond d'œil), électrocardiogramme, recherche d'anomalies associées ou de pathologies neurologiques.
- L'imagerie : le scanner des rochers recherche les malformations d'oreille interne et précise les rapports chirurgicaux. L'IRM labyrinthique et cérébrale devrait être proposée systématiquement. Elle est indispensable lorsque l'étiologie de la surdité est une méningite ou lorsqu'il existe une atteinte connue du système nerveux central.
- Le bilan orthophonique permet l'évaluation des capacités d'acquisition et d'intégration de l'enfant. Il donne également son niveau perceptif et de langage.
- L'entretien psychologique avec les parents et l'évaluation de l'enfant permettent de s'assurer de l'absence de contre-indication et des motivations de la famille. Le cas échéant, un contact avec la psychologue qui suit la famille et l'enfant est nécessaire pour compléter le bilan ou discuter du contexte dans le quel s'inscrit le projet.
- Le projet pédagogique et scolaire. L'équipe d'implantation doit s'assurer qu'une prise en charge suffisante soit mise en place pour espérer une évolution optimale des résultats avec l'implant. La rééducation orthophonique doit être plu-

rihebdomadaire surtout dans les premières années après la chirurgie. Elle doit chercher à développer la voie auditive avec l'implant et travailler en parallèle à la mise en place du langage. Il est aussi essentiel de prévoir un projet scolaire compatible avec une implantation cochléaire. Il faut à la fois renforcer l'utilisation de l'implant et être compatible avec le niveau de langage de l'enfant. Un enfant implanté précocement devrait pouvoir bénéficier d'une éducation à prédominance oraliste et d'une intégration scolaire. En cas d'implantation plus tardive ou de difficultés particulières, le projet peut être celui d'une intégration partielle ou d'une scolarité spécialisée, mais toujours si possible dans l'optique d'une communication oraliste.

La décision d'implantation cochléaire est le fruit d'une réflexion à laquelle prend part l'équipe d'implantation, la famille et le centre de rééducation.

Après l'implantation

Une évaluation régulière de la progression orthophonique et audiométrique de l'enfant est réalisée. L'expérience apportée par le suivi d'un grand nombre d'enfants permet de vérifier la progression harmonieuse de la perception et du langage. Elle contribue aussi à l'analyse de l'origine des complications ou des retards d'évolution linguistique éventuels.

Les résultats

L'évaluation d'un enfant implanté est complexe. Pour savoir quel bénéfice un enfant tire de l'implant, il faut tenir compte de ses résultats sur la perception des sons et de la parole, de son niveau de langage, de la qualité de l'intégration scolaire et de du vécu socio familial...

Les protocoles d'évaluation sont multiples, variant d'un centre et d'un pays à l'autre. Il n'existe en particulier pas de protocole standardisé en France, même si avec le temps les pratiques tendent à s'harmoniser. Les résultats observés dépendent du contexte : type de surdité, âge à l'implantation, histoire médicale, projet pédagogique et environnement socioculturel...

L'étude et l'analyse des résultats doivent donc se faire sur une population la plus homogène possible.

Si on veut évaluer les résultats linguistiques des enfants sourds profonds congénitaux, il faut analyser les éléments avec un recul suffisant c'est-à-dire plus de 5 ans d'implant. Parmi les 400 enfants implantés et suivis à l'hôpital d'enfants Armand Trousseau entre 1991 et 2000, 95 entraient dans ces critères. La moyenne d'âge à l'implant était de 4,4 ans pour ce recul. Les résultats étaient classés en différents niveaux de réussite selon des critères de reconnaissance, de compréhension, de production et de niveau scolaire: très bons, intermédiaires ou troubles linguistiques spécifiques confirmés. On retrouvait pour 42 % de cette population une évolution linguistique de très bonne qualité, pour 37 % une évolution intermédiaire et pour 21 % des troubles linguistiques spécifiques (8).

Cette observation et ces résultats déjà très bons devraient encore s'améliorer dans le temps avec l'abaissement de la moyenne d'âge à l'implant.

La littérature abonde dans l'étude des facteurs qui influencent les résultats orthophoniques (7-9).

Les principaux facteurs sont les suivants

- Age à l'implantation : ce facteur est largement documenté dans la littérature et de fait le plus important. Les résultats perceptifs et surtout linguistiques sont d'autant meilleurs et spontanés que l'enfant est jeune au moment de la chirurgie, c'est-à-dire avant 2 ans et même avant 18 mois. En cas

d'implantation après 5 ans, un niveau de communication orale est nécessaire pour permettre de laisser espérer une utilisation efficace de l'implant (10-12).

- Mode de communication : l'éducation oraliste ou mixte (oral/signes ou oral/LPC) favorise l'accès au langage oral plutôt que l'éducation gestuelle seule (8-10).
- Audition résiduelle et surdité progressive : les résultats sont meilleurs tant au niveau de la perception que de la production de la parole et ce, quelque soit l'âge à l'implant, à condition que la durée de déprivation ne soit pas trop ancienne (13-15).
- Surdité sévère : les enfants présentant une surdité sévère fluctuante ou asymétrique et présentant moins de 50 % de reconnaissance en liste ouverte sur la moins bonne oreille avec prothèse, peuvent être candidats à l'implant. Les résultats sont excellents tant au niveau perceptif que de la qualité de la parole.

Cas particuliers

La décision d'implantation cochléaire est difficile dans certaines situations.

Ossification cochléaire

En cas de méningite bactérienne, la surdité peut survenir dans un contexte d'ossification cochléaire débutante et ce dans les 2 ans qui suivent la méningite. Dans ces conditions, une implantation est urgente, avant qu'une ossification complète ne s'installe. En cas d'ossification, certaines équipes pratiquent des techniques chirurgicales spécifiques (Microdrill, faisceau d'électrodes...) de façon à pouvoir mettre quelques électrodes mais les résultats restent décevants (16, 17).

Le syndrome de Usher

C'est une entité particulière. Cette pathologie associe une surdité profonde, une rétinopathie pigmentaire progressive avec risque de cécité et une aréflexie vestibulaire. Il existe dans ces cas une indication urgente à l'implant pour permettre de réhabiliter le plus rapidement possible la voie auditive. Les premiers signes cliniques permettant le diagnostic de Usher sont, outre la surdité, le retard à la marche (> 17 mois). L'indication d'implantation cochléaire est impérative du fait de l'handicap auditif et visuel associés ne rendant possible qu'un projet oraliste de communication (22).

Malformations d'oreille

Les risques sont le geysier, la paralysie faciale traumatique et la méningite. La réalisation d'un scanner systématique et une bonne préparation à l'implant permettent d'en limiter les risques. Les résultats orthophoniques sont fonction de l'histoire auditive (18).

Handicap et implant

Quelques enfants présentent des handicaps associés. Certains peuvent renforcer l'indication d'implant cochléaire (problèmes visuels ou moteurs), d'autres rendent l'indication limite ou inenvisageable (retard mental, psychoses). Chaque cas doit être discuté en fonction de l'évolutivité de la pathologie. Il est toujours particulièrement important de poser les limites des résultats de l'implantation avec la famille, et s'assurer qu'une prise en charge spécifique pourra s'organiser au sein de l'équipe rééducative (19-21).

Implantation cochléaire bilatérale

Le bénéfice attendu d'une implantation cochléaire bilatérale est celui lié à la réhabilitation de la perception stéréophonique. Celle-ci apporte un confort auditif dans le bruit et la possibilité de localisation spatiale de l'origine du bruit (26, 27)

Un bénéfice secondaire et indirect pourrait être celui de faciliter l'acquisition de la langue orale du jeune enfant sourd congénital. On sait qu'il existe un lien entre le développement du langage et la qualité de la réhabilitation de l'audition périphérique). Il est possible qu'à long terme, l'amélioration auditive obtenue par la bi-implantation joue un rôle sur le niveau et la qualité du langage. Le développement du langage étant dépendant de nombreux facteurs (génétique, familial, social, rééducatif, cognitif...), une cohorte importante et un suivi sur plusieurs années seront nécessaires pour affirmer ce point.

Le rapport bénéfice/coût a été évalué chez l'adulte en Angleterre en 2002 et 2006. Les premières conclusions n'étaient pas en faveur de l'implantation bilatérale en tenant compte du coût de l'implantation multiplié par deux. Plus récemment une étude du même type réalisé aux Etats-Unis était en faveur de l'implantation bilatérale, avec un rapport coût/qualité ajusté estimé à \$24,859 et un gain de santé de 0,11, estimé comme significatif (\$24 000/QUALY).

Les risques prévisibles d'une implantation bilatérale sont les mêmes que ceux rapportés pour l'implantation unilatérale, mais doublés en proportion. Les particularités des risques liées à l'implantation bilatérale sont de 2 types :

- une augmentation du temps opératoire en cas de chirurgie simultanée ou la nécessité de réaliser une seconde intervention en cas de chirurgie séquentielle ;
- un dysfonctionnement bilatéral de l'appareil vestibulaire postopératoire.

Des études complémentaires sont nécessaires afin d'évaluer le bénéfice de l'implantation bilatérale par rapport au coût et aux risques potentiels, mais de nombreuses équipes dans le monde ont déjà mis en route un programme d'implantation bilatérale du fait des premiers résultats encourageants obtenus. Actuellement en France, l'HAS recommande l'implant cochléaire bilatéral chez les enfants atteints de syndrome de Usher, post-méningite, post-traumatique ; une étude multicentrique va être par ailleurs débuté afin d'évaluer l'extension des indications.

Conclusion

L'implant cochléaire est un formidable outil de réhabilitation des surdités sévères à profondes. Les résultats sont cependant variables et fortement corrélés à l'âge de l'implant et au choix d'une communication orale. L'implantation précoce de l'enfant sourd congénital permet le développement des capacités de perception et de production vocale de bonne qualité qui doivent aboutir à une scolarité normalisée. L'abaissement de l'âge à la prise en charge implique tous les intervenants auprès de l'enfant du moment du dépistage à celui la prise en charge rééducative. Au fil du développement de l'enfant, les problèmes qui peuvent survenir ou être mis à jour doivent être détectés et discutés entre professionnels. Ce partenariat est particulièrement important pour qu'une réflexion puisse être menée concernant l'adaptation des moyens rééducatifs et pédagogiques à proposer après l'implantation cochléaire.

Références

1. Abbas PJ, Brown CJ, Hughes ML, Gantz BJ, Wolaver AA, Gervais JP, Hong SH. Electrically evoked compound action potentials recorded from subjects who used the Nucleus CI24 device. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;185:6-9.
2. Thai-Van H, Chanal JM, Coudert C, Veuillet E, Truy E, Collet L. Relationship between NRT measurements and behavioral levels in children with the Nucleus 24 cochlear implant may change over time: preliminary report. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2001;58(2):153-62.
3. Cheng AK, Grant GD, Niparko JK. Meta-analysis of pediatric cochlear implant literature. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999;177:124-8.
4. Young NM, Grohne KM, Carrasco VN, Brown C. Speech perception of young children using nucleus 22-channel or CLARION cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999;177:99-103.
5. Meyer TA, Svirsky MA. Speech perception by children with the Clarion (CIs) or nucleus 22 (SPEAK) cochlear implant or hearing aids. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;185:49-51.
6. Loundon N, Garabedian EN, Mondain M, Piron JP, Roman S, Triglia JM. Pediatric cochlear implants. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 2003;120(3):139-51.
7. Osberger MJ, Fisher L. Preoperative predictors of postoperative implant performance in children. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;185:44-6.
8. Loundon N, Elbakkouri W, Busquet D, Denoyelle F, Garabedian EN. Predictive factors of excellent results after cochlear implantation. 8th European symposium of pediatric cochlear implantation. Venezia, Mars 2006.
9. Zimmerman-Phillips S, Robbins AM, Osberger MJ. Assessing cochlear implant benefit in very young children. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;85:42-3.
10. Nikolopoulos TP, O'Donoghue GM, Archbold S. Age at implantation: its importance in pediatric cochlear implantation. *Laryngoscope* 1999;109(4):595-9.
11. Waltzman SB, Roland JT Jr. Cochlear implantation in children younger than 12 months. *Pediatrics* 2005;116(4):487-93.
12. Manrique M, Cervera-Paz FJ, Huarte A, Molina M. Advantages of cochlear implantation in prelingual deaf children before 2 years of age when compared with later implantation. *Laryngoscope* 2004;114(8):1462-9.
13. Gantz BJ, Rubinstein JT, Tyler RS, Teagle HF, Cohen NL, Waltzman SB, Miyamoto RT, Kirk KI. Long-term results of cochlear implants in children with residual hearing. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000;185:33-6.
14. Holt RF, Kirk KI, Eisenberg LS, Martinez AS, Campbell W. Spoken word recognition development in children with residual hearing using cochlear implants and hearing AIDS in opposite ears. *Ear Hear* 2005;26(4):82-91.
15. Quaranta N, Bartoli R, Quaranta A. Cochlear implants: indications in groups of patients with borderline indications. *Acta Otolaryngol Suppl* 2004;(552):68-73.
16. Steenerson RL, Gary LB. Multichannel cochlear implantation in children with cochlear ossification. *Am J Otol* 1999;20(4):442-4.
17. Rotteveel LJ, Snik AF, Vermeulen AM, Mylanus EA. Related Three-year follow-up of children with postmeningitic deafness and partial cochlear implant insertion. *Clin Otolaryngol* 2005;30(3):242-8.
18. Loundon N, Rouillon I, Munier N, Marlin S, Roger G, Garabedian EN. Cochlear implantation in children with internal ear malformations. *Otol Neurotol* 2005;26(4):668-73.
19. Waltzman SB, Scalchunes V, Cohen NL. Performance of multiply handicapped children using cochlear implants. *Am J Otol* 2000;21(3):329-35.
20. Vlahovic S, Sindija B. The influence of potentially limiting factors on paediatric outcomes following cochlear implantation. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2004;68(9):1167-74.
21. Filipo R, Bosco E, Mancini P, Ballantyne D. Cochlear implants in special cases: deafness in the presence of disabilities and/or associated problems. *Acta Otolaryngol* 2004;(552):74-80.
22. Loundon N, Marlin S, Busquet D, Denoyelle F, Roger G, Renaud F, Garabedian EN. Usher syndrome and cochlear implantation. *Otol Neurotol* 2003; 24:216-21.
23. Loundon N, Leboulanger N, Maillat J, Riggouzzo A, Richard P, Marlin S, Garabedian EN. Cochlear implant and inner ear malformation Proposal for an hyperosmolar therapy at surgery. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2008;72(4):541-7.
24. Loundon N, Blanchard M, Roger G, Denoyelle F, Garabedian EN. Medical and surgical complications in pediatric cochlear

- implantation. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2010 Jan;136 (1):12-5.
25. Roberts C, Hindley P. The assessment and treatment of deaf children with psychiatric disorders. J Child Psychol Psychiatry 1999;40(2):15.
 26. Marlin N, Rouillon S, Leboulanger I, Garabédian N. Bilateral implantation in children with cochleovestibular nerve hypoplasia. Oker N, Loundon EN. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2009 Aug 6 (Epub ahead of print).
 27. Ramsden JD, Papsin BC, Leung R, James A, Gordon KA. Bilateral simultaneous cochlear implantation in children: our first 50 cases. Laryngoscope 2009;119(12):2444-8.