

Une période critique pour l'implantation cochléaire de l'enfant

PAR ANU SHARMA & JULIA CAMPBELL

Article original paru dans "The Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine, 2011" sous le titre "A sensitive period for cochlear implantation in deaf children". Traduction assurée par le Pr Vincent COULOIGNER.

RÉSUMÉ

La surdité apparue tôt dans l'enfance affecte le développement du cerveau auditif, résultant en un retard de langage. L'implant cochléaire permet de stimuler directement les voies auditives centrales des enfants déficients auditifs, permettant un meilleur développement du cortex auditif. Cependant, cette implantation doit être effectuée dans les limites d'une période critique de développement des voies auditives centrales pour être d'efficacité maximale et permettre à l'enfant l'acquisition du langage oral. Dans cette revue de la littérature, nous décrivons les limites supérieures d'âge de cette période critique et examinons la réorganisation corticale et le découplage cortical qui surviennent en cas d'implantation cochléaire trop tardive.

Mots clés : implant cochléaire, potentiels évoqués corticaux, onde P1, période critique, réorganisation trans-modale.

INTRODUCTION

Environ 2 enfants/1 000 naissent avec une surdité neurosensorielle, dite de perception. Ces enfants ont des niveaux de surdité variables, et ceux qui sont à risques élevés de difficultés majeures de communication orale malgré un appareillage auditif conventionnel et une rééducation orthophonique appropriés, et qui par ailleurs ne présentent pas de contre-indications spécifiques, peuvent bénéficier d'une implantation cochléaire.

Ce dispositif biomédical est implanté chirurgicalement dans la cochlée et permet une stimulation directe du nerf auditif. La stimulation électrique procurée par l'implant cochléaire diffère dans son principe de la stimulation acoustique mise en jeu au cours de l'audition physiologique. Cependant, elle permet à l'enfant implanté de distinguer les sons du langage oral et d'interpréter les stimulations acoustiques d'une manière significative, facilitant ainsi l'acquisition du discours et du langage oral.

Chaque année, environ 70 000 nourrissons et enfants reçoivent un implant cochléaire à travers le monde. Durant les premières années de vie, le développement cérébral dépend en grande partie de stimulations externes pour former des connexions neuronales significatives et des réseaux neuronaux fonctionnels qui peuvent sous-tendre les apprentissages comportementaux [1,2]. Quand une voie sensorielle, notamment auditive, est absente, les conséquences pour le développement cérébral peuvent être majeures.

Des études animales ont montré que l'existence d'une surdité durant les premières années de vie peut affecter significativement le développement du cortex auditif dans les domaines de la synaptogenèse (création de connexions neuronales) et de la maturation des couches corticales qui sont à la fois retardées et anormales [3-5]. Le développement des structures sous-corticales de bas niveaux se poursuit malgré la surdité mais celui des connexions neuronales et des décharges synaptiques corticales est altéré puis devient nul au fur et à mesure du vieillissement [3-5].

Julia CAMPBELL a présenté au colloque Acfos 9 une conférence intitulée "Données fondamentales électrophysiologiques et implications cliniques" préparée conjointement avec le Pr Anu SHARMA. L'article traduit ici par le Pr Vincent COULOIGNER, Président du comité scientifique Acfos 9, reprend les éléments de cette conférence.

Références article original :

A sensitive period for cochlear implantation in deaf children

Anu Sharma & Julia Campbell

Department of Speech, Language, and Hearing Sciences, University of Colorado at Boulder, CO, USA *The Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*, 2011; 24(S1): 151-153

Copyright © 2011 Informa UK, Ltd.

ISSN 1476-7058 print/ISSN 1476-4954 online

DOI: 10.3109/14767058.2011.607614

Chez l'homme, des résultats similaires ont été retrouvés en enregistrant des potentiels évoqués auditifs corticaux (CAEPs) obtenus par des techniques d'électro-encéphalographie non invasive (6,7). Les réponses cérébrales auditives normales sont soit retardées soit inexistantes, soulignant la haute dépendance de la maturation cérébrale par rapport à des niveaux de stimulation auditive appropriés (8).

Un implant cochléaire peut procurer à un enfant sourd la stimulation nécessaire pour le développement de ses voies auditives centrales. Comme nous le décrivons plus loin, une implantation cochléaire réalisée durant la période développementale de plasticité neuronale maximale, ou période critique, permet d'optimiser les résultats de l'implantation. Une question importante concernant la surdité et l'implant cochléaire est la suivante : quel est le moment optimal pour poser un implant cochléaire chez un petit enfant déficient auditif ? En d'autres termes, à quel âge l'implantation donne-t-elle le plus de chances de permettre le développement optimal de la communication orale ? Dans cette revue, nous présentons des données scientifiques concernant la période critique de développement du cerveau auditif chez les enfants implantés cochléaires et discutons les conséquences d'une implantation réalisée après cette période critique sur la réorganisation corticale.

UNE PÉRIODE CRITIQUE POUR L'IMPLANTATION COCHLÉAIRE

Des périodes critiques existent dans le cortex, correspondant à des niveaux particulièrement élevés de neuroplasticité. Celle-ci se définit par une capacité du cerveau à s'adapter en réponse à des stimulations sensorielles. Elle est particulièrement importante durant les premières années de vie, liée en partie à une augmentation majeure de la synaptogenèse durant cette période (9). Une façon d'évaluer les limites temporelles de la plasticité des voies auditives centrales est l'enregistrement de potentiels évoqués auditifs corticaux (CAEPs). En particulier, la latence (le temps qu'il faut au cerveau pour répondre à une stimulation) de l'onde P1 des CAEPs diminue systématiquement en fonction de l'âge. Cette diminution est le résultat de la maturation progressive des voies auditives centrales. Les processus de synaptogenèse, de suppression des synapses inutiles ("*neural pruning*" en anglais) et de myélinisation contribuent tous à cette transmission plus rapide et plus efficace du son (8). Parce que la latence de l'onde P1 diminue avec l'âge, cette composante des CAEPs se présente comme un marqueur biologique de développement du cortex auditif.

La réponse P1 a été mesurée chez des enfants sourds ayant reçu un implant cochléaire à différents âges afin d'examiner les limites de plasticité des voies auditives centrales (7,10-17). Des études effectuées dans notre laboratoire ont analysé les latences de l'onde P1 chez 245 enfants sourds congénitaux implantés cochléaires (10-12,17) et ont trouvé que les enfants implantés avant l'âge de 3,5 ans avaient des latences P1 normalisées au cours des 6 premiers mois suivant l'intervention, tandis que ceux implantés tardivement, après l'âge de 7 ans, avaient des latences P1 qui restaient anormalement élevées même plusieurs années après l'implantation. Pour les enfants implantés entre 3,5 et 7 ans, les latences P1 étaient très variables d'un sujet à l'autre.

Ces résultats suggèrent que la période critique de développement optimal des voies auditives centrales est d'environ 3,5 ans.

Cette période critique est parfois terminée entre 3,5 et 7 ans, et dans tous les cas, elle est achevée à l'âge de 7 ans. L'existence de cette période critique pour le développement des voies auditives centrales humaines est en accord avec d'autres études humaines utilisant des imageries cérébrales de type PET scan (tomographie par émission de positons) (18), d'autres types de potentiels évoqués auditifs (8) et des études comportementales (19), ainsi qu'avec diverses études animales (4, 5, 20, 21). Des études de niveaux de langage oral ont montré de façon convaincante que les enfants implantés avant l'âge de 3 à 4 ans ont des résultats significativement meilleurs que ceux implantés après 6-7 ans (22, 23). En général, une implantation cochléaire faite à un âge précoce donne de meilleurs résultats langagiers (24, 25).

CONSÉQUENCES DE LA SURDITÉ AU-DELÀ DE LA PÉRIODE CRITIQUE

Une conséquence d'un délai significatif ou d'une absence de stimulation auditive cérébrale est une réorganisation entre les systèmes sensoriels dite réorganisation transmodale. Ainsi, l'implantation cochléaire réalisée durant la période critique de développement du cortex auditif est essentielle non seulement pour stimuler de façon optimale le développement des voies auditives centrales, mais aussi pour prévenir la réorganisation corticale qui peut limiter les capacités d'apprentissage du langage oral. Des études animales suggèrent qu'à la fin de la période critique, en l'absence de stimuli auditifs, le cortex auditif primaire peut être partiellement ou totalement déconnecté des zones corticales de plus hauts niveaux d'intégration, notamment des centres du langage (26). Ceci laisse le cortex audi-

tif de plus haut niveau d'intégration susceptible d'être recruté par d'autres modalités sensorielles. Par exemple, chez des adultes sourds de longue date, il a été montré que des processus de traitement d'informations visuelles ou somatosensorielles pourraient avoir lieu dans les aires auditives corticales (27–29,15). Sur le plan fonctionnel, une telle réorganisation transmodale aurait deux types de conséquences :

- ♦ L'une, positive, serait d'améliorer l'efficacité des modalités recrutées, permettant par exemple aux sujets sourds d'accroître leurs capacités d'attention vis-à-vis d'informations visuelles périphériques (30–32) ;
- ♦ L'autre, négative, serait d'entraver définitivement les processus de traitements auditifs ou multimodaux tels que l'intégration visio-auditive (33, 19). La réorganisation corticale sous-tend probablement une partie des difficultés de communication orale des enfants implantés tardivement.

CONCLUSIONS

L'existence d'une surdité durant les premières années de vie a des conséquences négatives pour le développement cérébral. L'implant cochléaire court-circuite l'oreille interne, procurant une stimulation directe des voies auditives centrales. Nos études montrent qu'en cas de surdité profonde congénitale, pour des raisons de période critique de développement des voies auditives centrales, un implant cochléaire doit si possible être posé avant l'âge de 3,5 ans, et même idéalement durant les deux premières années de vie. A l'âge de 7 ans, la période critique est terminée chez tous les enfants, et au-delà de cet âge, un découplage du cortex auditif primaire vis-à-vis des zones corticales de plus haut niveau d'intégration est hautement probable. Ces zones sont alors l'objet d'un recrutement trans-modal par d'autres modalités sensorielles visuelles ou somato-sensorielles.

Au total, une implantation cochléaire réalisée durant la période développementale critique permet la maturation du cortex auditif, fournissant ainsi une bonne opportunité d'acquisition du langage oral. ❖

Anu SHARMA, Julia CAMPBELL
Department of Speech, Language, and Hearing
Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado,
USA

BIBLIOGRAPHIE

1. Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1970). The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *J Physiol* 206(2), 419–436.
2. Pallas SL. Intrinsic and extrinsic factors that shape neocortical specification. *Trends Neurosci* 2001;24:417–423.
3. Klinke R, Kral A, Heid S, Tillein J, Hartmann R. Recruitment of the auditory cortex in congenitally deaf cats by long-term cochlear electrostimulation. *Science* 1999;285:1729–1733.
4. Kral A, Hartmann R, Tillein J, Heid S, Klinke R. Congenital auditory deprivation reduces synaptic activity within the auditory cortex in a layer-specific manner. *Cereb Cortex* 2000;10:714–726.
5. Kral A, Hartmann R, Tillein J, Heid S, Klinke R. Delayed maturation and sensitive periods in the auditory cortex. *Audiol Neurootol* 2001;6:346–362.
6. Eggermont JJ, Ponton CW, Don M, Waring MD, Kwong B. Maturational delays in cortical evoked potentials in cochlear implant users. *Acta Otolaryngol* 1997;117:161–163.
7. Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Masuda A. Maturation of human cortical auditory function: differences between normal-hearing children and children with cochlear implants. *Ear Hear* 1996;17:430–437.
8. Eggermont JJ, Ponton CW. Auditory-evoked potential studies of cortical maturation in normal hearing and implanted children: correlations with changes in structure and speech perception. *Acta Otolaryngol* 2003;123:249–252.
9. Huttenlocher PR, Dabholkar AS. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *J Comp Neurol* 1997;387:167–178.
10. Sharma A, Dorman M, Spahr A, Todd NW. Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2002;189:38–41.
11. Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ. A sensitive

period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear Hear* 2002;23:532–539.

12. Sharma, A., Dorman, M., Spahr, A., & Todd, N. W. (2002c). Early cochlear implantation in children allows normal development of central auditory pathways. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, 189, 38–41.

13. Sharma A, Dorman MF, Kral A. The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hear Res*, 2005;203:134–143.

14. Sharma A, Martin K, Roland P, Bauer P, Sweeney MH, Gilley P, Dorman M. P1 latency as a biomarker for central auditory development in children with hearing impairment. *J Am Acad Audiol* 2005;16:564–573.

15. Sharma A, Gilley PM, Dorman MF, Baldwin R. Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *Int J Audiol* 2007;46:494–499.

16. Sharma A, Nash AA, Dorman M. Cortical development, plasticity and re-organization in children with cochlear implants. *J Commun Disord* 2009;42:272–279.

17. Sharma A, Dorman MF. Central auditory development in children with cochlear implants: clinical implications. *Adv Otorhinolaryngol* 2006;64:66–88.

18. Lee DS, Lee JS, Oh SH, Kim SK, Kim JW, Chung JK, Lee MC, Kim CS. Cross-modal plasticity and cochlear implants. *Nature* 2001;409:149–150.

19. Schorr EA, Fox NA, van Wassenhove V, Knudsen EI. Auditory-visual fusion in speech perception in children with cochlear implants. *Proc Natl Acad Sci USA* 2005;102:18748–18750.

20. Kral A, Eggermont JJ. What's to lose and what's to learn: development under auditory deprivation, cochlear implants and limits of cortical plasticity. *Brain Res Rev* 2007;56:259–269.

21. Ryugo DK, Pongstaporn T, Huchton DM, Niparko JK. Ultrastructural analysis of primary endings in deaf white cats: morphologic alterations in endbulbs of Held. *J Comp Neurol* 1997;385:230–244.

22. Geers AE. Factors influencing spoken language outcomes in children following early cochlear implantation. *Adv Otorhinolaryngol* 2006;64:50–65.

23. Kirk KI, Miyamoto RT, Lento CL, Ying E, O'Neill T, Fears B. Effects of age at implantation in young children. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2002;189:69–73.

24. Holt RF, Svirsky MA. An exploratory look at pediatric cochlear implantation: is earliest always best? *Ear Hear* 2008;29:492–511.

25. Nicholas JG, Geers AE. Will they catch up? The role of age at cochlear implantation in the spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *J Speech Lang Hear Res* 2007;50:1048–1062.

26. Kral A. Unimodal and cross-modal plasticity in the 'deaf' auditory cortex. *Int J Audiol* 2007;46:479–493.

27. Buckley KA, Tobey EA. Cross-modal plasticity and speech perception in pre- and postlingually deaf cochlear implant users. *Ear Hear* 2011;32:2–15.

28. Finney EM, Fine I, Dobkins KR. Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. *Nat Neurosci* 2001;4:1171–1173.

29. Neville HJ, Schmidt A, Kutas M. Altered visual-evoked potentials in congenitally deaf adults. *Brain Res* 1983;266:127–132.

30. Bavelier, D., Tomann, A., Hutton, C., Mitchell, T., Corina, D., Liu, G., et al. (2000). Visual attention to the periphery is enhanced in congenitally deaf individuals. *J Neurosci*, 20(17), RC93.

31. Lomber SG, Meredith MA, Kral A. Cross-modal plasticity in specific auditory cortices underlies visual compensations in the deaf. *Nat Neurosci* 2010;13:1421–1427.

32. Neville HJ, Lawson D. Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: an event-related potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults. *Brain Res* 1987;405:268–283.

33. Gilley PM, Sharma A, Mitchell TV, Dorman MF. The influence of a sensitive period for auditory-visual integration in children with cochlear implants. *Restor Neurol Neurosci* 2010;28:207–218.