

BassBoost

Phonak renforce l'audibilité avec une nouvelle fonction surpuissante.



1. Résumé

BassBoost est un dispositif efficace qui renforce le gain et la puissance de sortie des basses fréquences, permettant ainsi d'augmenter de + 3 à + 6 dB les graves et les médiums inférieurs à 1000 Hz.

La puissance supplémentaire dans les graves se traduit immédiatement par une amélioration de la sonie subjective ainsi que par une meilleure qualité sonore des appareils surpuissants.

Mais il y a bien plus...

BassBoost facilite également la perception et la compréhension de la parole dans les environnements calmes et bruyants (pourvu que ce ne soit pas un bruit entreteu grave intense), en rendant plus accessibles les indices vocaux de basses fréquences. Ce document présente l'importance spécifique de ces indices pour les utilisateurs atteints de pertes auditives sévères à profondes.

Enfin, BassBoost – une fonction unique et puissante de Phonak – s'applique aussi efficacement chez les enfants atteints de pertes auditives sévères à profondes, qui peuvent en attendre des bénéfices significatifs.

2. Introduction

BassBoost a été spécialement développé pour les utilisateurs atteints de pertes auditives sévères à profondes qui ont besoin de hauts niveaux d'audibilité et qui, jusqu'à présent, se satisfaisaient difficilement de la sonorité globale des appareils numériques surpuissants traditionnels (Kochkin, 2005). Pour de nombreux utilisateurs de puissances expérimentés, la transition de l'amplification analogique à l'amplification numérique a été vécue comme une (r)évolution plutôt décevante et frustrante. Les plaintes principales de ce groupe d'utilisateurs se sont traduites par de faibles niveaux de satisfaction et d'acceptation spontanée, ainsi que par un taux de retour élevé. Comparés aux autres groupes, les utilisateurs atteints de pertes auditives sévères à profondes, sont moins satisfaits de la clarté (-9 %), du naturel (-11 %), de la richesse et de la fidélité (-12 %) des sons amplifiés.

Le BassBoost procure à ces utilisateurs une sensation auditive totalement nouvelle, extrêmement satisfaisante, ample et riche.

Extension du MPO avec BassBoost (contour 411)

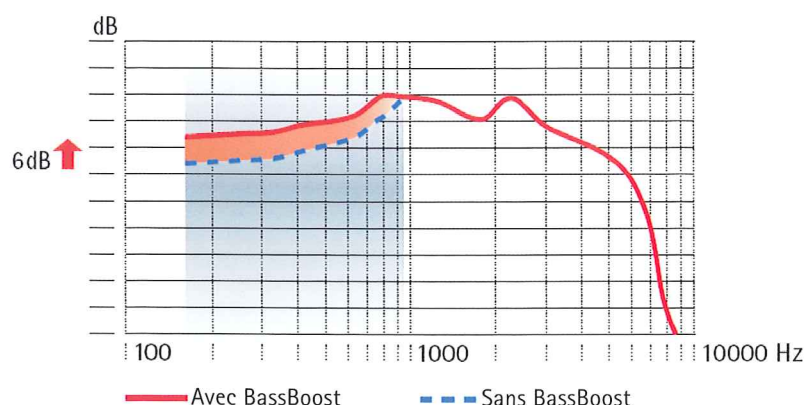


Fig. 1: Allure du MPO d'un contour d'oreille surpuissant type 411 sans (ligne bleue) et avec (ligne rouge) BassBoost.

3. Meilleure sensation de sonie = satisfaction renforcée!

BassBoost a un impact immédiat et facilement perceptible sur la sensation de sonie et la qualité sonore.

Une augmentation du gain dans les graves se traduit par un accroissement de la perception de sonie plus important que l'augmentation équivalente des aigus. Ceci s'explique facilement par la théorie du modèle d'excitation de Moore. Elle énonce que le niveau de recrutement des cellules ciliées le long de la membrane basilaire de la cochlée est plus large pour une stimulation des basses fréquences que pour une stimulation de niveau comparable des fréquences aiguës (voir fig. 2 et Robinson Et Dadson, 1956; Moore, 1982). Une petite augmentation de l'intensité des fréquences graves conduira ainsi à une plus grande croissance subjective de sonie que l'augmentation équivalente des fréquences aiguës. Une amplification supplémentaire dans les graves se traduira donc typiquement par un accroissement immédiat de la perception de sonie globale du son amplifié.

Sonie et codage cochléaire du son

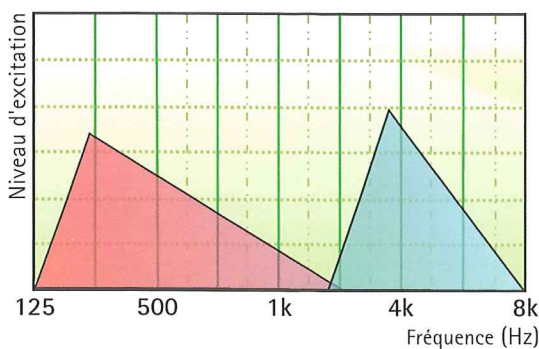


Fig. 2
Modèle d'excitation résultant d'une stimulation des graves et d'une stimulation équivalente des aigus. (Adapté de Moore, 1982 cité dans Katz, 1994)

BassBoost permet ainsi d'augmenter immédiatement la sonie subjective, sans risque de larsen, ce qui conduit à une plus grande satisfaction de l'utilisateur.

4. Meilleure acceptation: Renforcement de la qualité sonore!

La recherche a montré que l'appréciation de naturel des sons amplifiés est étroitement liée à la linéarité des courbes de réponse et à la largeur de la bande passante (Bucklein, 1962; Gabrielsson et al., 1990; 1991). En étudiant par exemple les différences de qualité des haut-parleurs, Gabrielsson et ses collaborateurs (1991) ont montré que la dimension subjective «ampleur sonore» est associée à une courbe de réponse en fréquence large et linéaire avec un renforcement dans le domaine des fréquences graves. Plus récemment, Moore et Tan (2003) ont montré qu'une importante proportion des informations acoustiques mises en jeu pour que les sons vocaux et musicaux soient jugés comme naturels, était située dans le domaine des fréquences inférieures à 200–250 Hz.

La fonction BassBoost proposée dans les appareils Phonak procure une sensation sonore puissante, claire et riche sans accroître le risque de larsen.

BassBoost est ainsi un outil puissant conçu pour aider les malentendants qui ont besoin de gains élevés et dont le champ dynamique est étroit à s'acclimater à une nouvelle solution auditive.

De plus, améliorer l'amplification des fréquences graves est indispensable dans le domaine de la puissance, car cela correspond au domaine d'application spécifique de ces appareils.

5. Efficacité: Renforcement de l'intelligibilité vocale!

5.1 Importance des composantes basses fréquences pour l'intelligibilité vocale

Les fréquences vocales

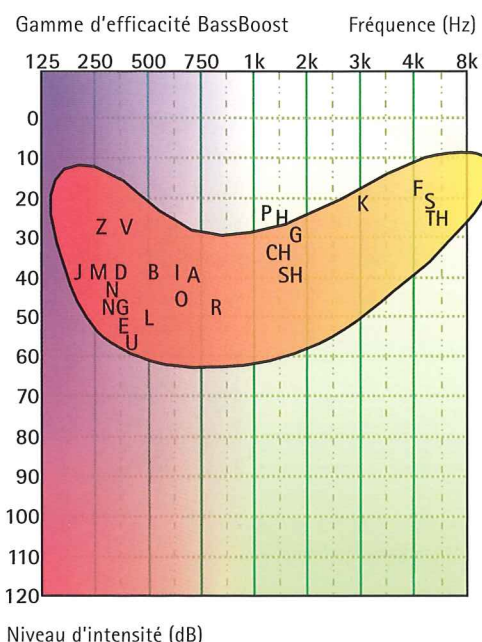


Fig. 3
La «banane vocale»: distribution spectrale et amplitudes de la voix humaine (langue anglaise).

Les informations vocales naturelles couvrent une assez large bande de fréquences. La célèbre «banane vocale» (fig. 3) s'étend d'environ 150 Hz à plus de 8000 Hz. Il est bien connu que de nombreux indices vocaux importants, tels que les sifflantes et les fricatives (*/f/*, */s/*, ou */sh/*) se trouvent dans les aigus.

Il peut donc sembler illogique que les fréquences graves soient aussi importantes pour comprendre la parole. Cependant, comme on le voit clairement sur le diagramme, les sons vocaux significatifs ont un spectre fréquentiel inférieur à 1000 Hz.

Tous ces sons vocaux profiteront de l'amplification efficace de BassBoost. Ceci est particulièrement important, car de nombreux utilisateurs atteints de pertes auditives sévères à profondes ont de très mauvais seuils auditifs aux fréquences élevées et ne perçoivent donc que très peu d'indices vocaux aigus. Des travaux de recherche ont montré qu'ils compensaient cette lacune en s'appuyant beaucoup plus sur les indices vocaux graves que les sujets bien entendants (Hogan & Turner, 1998; Ching et al., 1998; Turner et Cummings, 1999). On a montré qu'une amplification des graves jusqu'aux médiums était utile aux malentendants atteints de pertes auditives de perception sévères à profondes pour améliorer leurs capacités de compréhension de la parole (e.g. Turner & Brus, 2001).

L'importance des différentes bandes de fréquences contribuant à l'intelligibilité du signal vocal est relative et, en fait, de nombreux indices vocaux cruciaux sont présents dans les fréquences inférieures. C'est le cas pour la fréquence du fondamental (F0) et pour celle du premier formant (F1).

5.2 Pour une meilleure reconnaissance des mots

Les formants (lignes grises de la fig. 4) sont des zones du spectre où les signaux vocaux sont plus intenses. La parole naturelle comporte un formant par bande de 1 kHz, les trois premiers étant les plus importants pour l'intelligibilité. La fréquence fondamentale (ligne bleue de la fig. 4) est la tonalité perçue de sa propre voix. Elle dépend du sexe et de l'âge du locuteur. La moyenne typique pour une voix de femme est d'environ 200 Hz avec une dispersion de 150 à 450 Hz. Pour une voix d'homme, la moyenne est voisine de 100 Hz et la dispersion s'étend de 50 à 300 Hz (Ladd et al., 1995).

L'amplification des graves agit significativement sur la précision de la perception de F0. En l'augmentant dans les basses fréquences avec BassBoost, les utilisateurs atteints de pertes auditives sévères à profondes sont mieux à même d'extraire et d'utiliser les informations contenues dans F0.

L'extraction de F0 est importante car elle procure des informations concernant les variations rythmiques de la voix humaine. Elle est donc essentielle pour identifier les limites entre les mots. La contribution de l'information F0 à la compréhension de la parole est fondamentale pour les utilisateurs d'appareils surpuissants car ceux-ci s'appuient largement sur la lecture labiale en complément de leur perception auditive. En 1981, Rosen, Fourcin et Moore ont démontré que les seules informations F0 pouvaient améliorer le taux de transmission d'un discours connecté, même chez des sujets bien entendants. L'amélioration de la lecture labiale avec les informations contenues dans F0 a aussi été démontrée par des études sur des sujets bien entendants et des sujets atteints de différentes configurations de pertes auditives (p. ex. Breeuwer & Plomp, 1986). De plus, pour certaines paires de consonnes, les différences acoustiques les plus marquées, permettant leur discrimination, sont codées dans la région de F0. La fig. 4 représente les formes d'ondes (en haut) de deux syllabes différentes, /ba/ et /pa/, prononcées par le même locuteur masculin, ainsi que leur sonagrammes (en bas), représentant l'énergie du signal acoustique dans les différents bandes de fréquences (ordonnées – gamme de 0 à 8 kHz) en fonction du temps (abscisse – 0,5 s). Nous avons également ajouté l'évolution en fonction du temps de F0 (ligne bleue) et des différents formants (F1 à F3). Les zones ombrées représentent le domaine d'efficacité de BassBoost. Cette illustration montre à l'évidence que la différence majeure contribuant à la discrimination entre les deux syllabes est contenue dans les basses fréquences.

BassBoost permet une meilleure perception, plus intense, des informations contenues dans F0 et F1, ce qui facilite la discrimination syllabique et conduit à une amélioration globale de la discrimination vocale.

Indices graves et discrimination syllabique

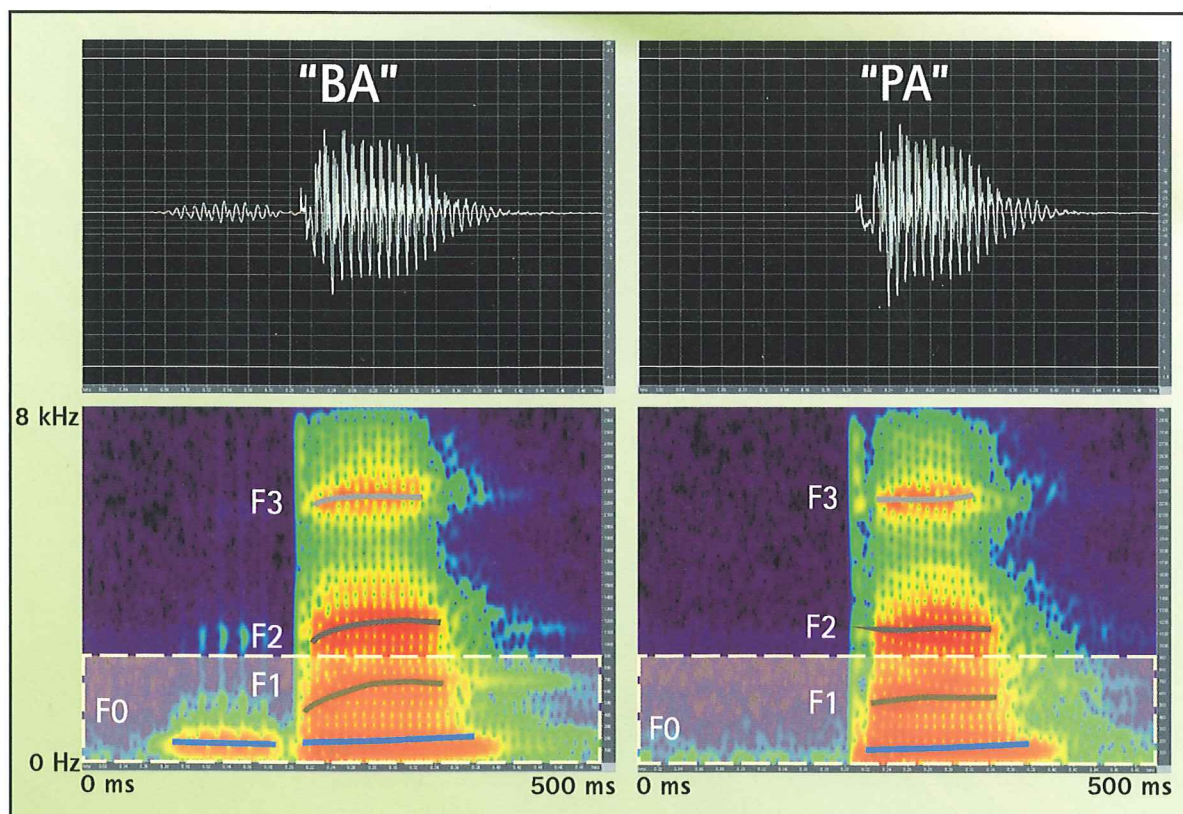


Fig. 4

En haut: Représentation des formes d'ondes de deux syllabes /ba/ (à gauche) et /pa/ (à droite).

En bas: Sonagrammes des mêmes ondes sonores. F0 est tracé en bleu; les différents formants sont indiqués en gris. La zone ombrée représente la gamme d'efficacité de BassBoost.

6. Renforcement de la perception des émotions et des intentions dans la parole

Le sexe du locuteur est codé dans les variations de F0, mais celles-ci reflètent aussi son âge. La valeur moyenne typique de F0 pour une voix d'enfant, par exemple, est d'environ 270 Hz. Les informations contenues dans F0 dans leur ensemble sont donc cruciales pour identifier les locuteurs et reconnaître les voix familières.

F0 varie aussi en fonction du temps et les auditeurs sont capables de repérer les informations F0 afin de suivre un locuteur dans des environnements bruyants (Bronkhorst, 2000). Dans des situations difficiles, nous nous appuyons principalement sur des informations superficielles pour identifier les voix en présence. Ces indices sont le rythme individuel, le sexe, l'accent ou les intonations et sont principalement représentées par les variations de F0 (Brungart, 2001; Brungart et al., 2001).

Enfin, les informations F0 sont modulées par l'intonation, reflétant l'état d'esprit et les intentions des locuteurs. La fig. 5 montre les sonagrammes de la phrase «The BassBoost Feature». Dans les tracés du bas, nous avons extrait les traits caractéristiques de quatre enregistrements différents de cette phrase. Ceux de gauche ont été prononcés par un homme posant la question «Is it the BassBoost Feature?» puis répondant (en bas) à la question par une affirmation neutre «Yes, it is the BassBoost Feature». Ceux de droite ont été prononcés dans les mêmes conditions par une femme.

Indices graves dans l'intonation vocale

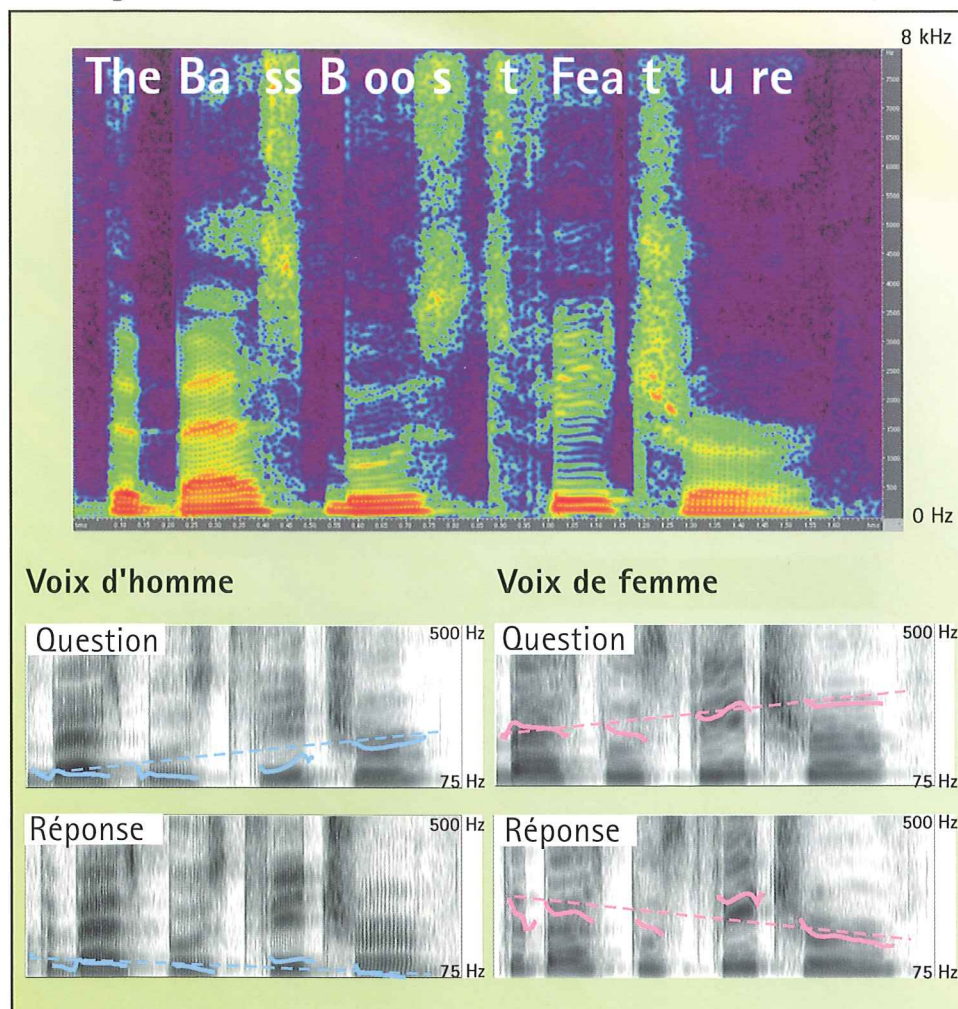


Fig. 5

En haut: sonagramme montrant la distribution d'énergie dans le signal en fonction des différentes fréquences de la parole. Remarquez l'importante quantité d'énergie présente dans les graves ainsi que la distribution générale des indices vocaux.

En bas: La même phrase prononcée par un homme et une femme avec différentes intonations. Les modulations de F0 (dans la bande 0 – 500 Hz) sont indiquées sur le sonagramme à l'échelle originale (0 – 8000 Hz). Remarquez la montée et la descente différenciant les questions des réponses et les valeurs moyennes de F0 différenciant les sexes.



Remarquez que dans la gamme des 0 à 500 Hz, là où les modulations F0 sont prédominantes:

- i) La valeur moyenne du F0 de la voix de femme est supérieure à celle de la voix d'homme (env. 230 Hz vs. env. 120 Hz).
- ii) Les valeurs de F0 pour les questions croissent progressivement, alors qu'elles décroissent progressivement pour les réponses (lignes pointillées, fig. 5).

En résumé, des indices vocaux extrêmement importants sont présents dans les graves. Les renforcer en utilisant BassBoost aidera les utilisateurs atteints de pertes auditives sévères à profondes à extraire ces indices et à les utiliser pour comprendre la parole dans son contexte.

7. Importance pédiatrique de la fonction BassBoost

7.1 Ravivez les couleurs sonores originales chez les enfants atteints d'une perte auditive importante

Le fœtus commence à percevoir les sons du monde extérieur vers la 30^{ème} semaine de gestation, quand commence la maturation du système auditif. Il perçoit alors des sons traversant le placenta et le liquide amniotique. Des enregistrements intra-utérins de sons vocaux ont montré que le filtre placentaire amplifie de + 2 à + 5 dB les sons inférieurs à 250 Hz, puis se comporte comme un filtre passe-bas avec une pente de - 6 dB par octave pour arriver à une atténuation moyenne de - 20 dB à 4 kHz. Ce filtre passe-bas favorise essentiellement les informations contenues dans les graves, au voisinage de la fréquence du fondamental, et qui sont raisonnablement intelligibles (Smith et al., 2003). En conséquence, les nouveaux-nés sont très sensibles à la fréquence fondamentale de la voix de leur mère et peuvent la reconnaître et la distinguer de celle d'une personne inconnue. Ils savent aussi distinguer la parole humaine en général des autres sons, parole qu'ils préfèrent écouter, de même qu'ils peuvent distinguer les sons appartenant à la propre langue de leur mère des autres langues. (Mehler et al., 1978; DeCasper and Fifer, 1980).

7.2 Informations à la fréquence fondamentale et acquisition du langage

La sensibilité des nourrissons et des enfants aux informations contenues dans F0 est également utilisée inconsciemment, mais naturellement, par les mamans qui parlent à leurs enfants. Il s'agit de «la voix maternelle». En parlant à leur enfant, les mères (et quelques fois les pères également) modifient leur voix par des énonciations exagérées telles que «Ooooooh, le peetit bééébé... C'est le bééébé à Maaaaaman...». Ce que l'on peut considérer comme une régression puérile a une importance cruciale: cela amplifie les modulations de la fréquence fondamentale qui sont alors mieux identifiées et reconnues par les enfants (p. ex. Kremer et al., 1989).

Comme la fréquence fondamentale fournit les informations prosodiques, elle joue un rôle essentielle chez les nourrissons et les enfants en favorisant la reconnaissance des phonèmes et des syllabes dans un flux de paroles continues (Christophe et al., 1994; Eimas, 1994; Jusczyk & Aslin, 1995; Jusczyk, 1997).

Enfin, un bon rendu des informations de la fréquence fondamentale est extrêmement important pour extraire les contenus intentionnels et émotionnels de la parole. Les enfants apprennent à reconnaître les humeurs et les émotions dans la voix à partir des informations F0.

Le BassBoost est donc parfaitement adapté aux applications surpuissantes pédiatriques, car il délivre clairement aux enfants malentendants les informations de la fréquence fondamentale, les aidant ainsi dans l'acquisition du langage et la reconnaissance des expressions émotionnelles de leur entourage.

8. Dans quels produits Phonak trouve-t-on le BassBoost?

BassBoost est disponible dans tous les contours 411 et intras sur mesure 33 FS P des trois lignes de produits – la toute nouvelle ligne haut de gamme *Savia Art*, la ligne de gamme intermédiaire *Eleva* et la ligne d'entrée de gamme *eXtra*.



Bibliographie:

- Breeuwer, M. and Plomp, R. (1986). "Speechreading supplemented with auditorily presented speech parameters", *J. Acoust. Soc. Am.*, 79: 481-499.
- Bronkhorst, A. (2000). "The cocktail party phenomenon: A review of research on speech intelligibility in multiple-talker conditions," *Acustica*, 86: 117-128.
- Brungart, D.S. (2001). "Informational and energetic masking effects in the perception of two simultaneous talkers," *J. Acoust. Soc. Am.*, 109: 1101-1109.
- Brungart, D.S., Simpson, B.D., Ericson, M.A., Scott K.R. (2001). "Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers," *J. Acoust. Soc. Am.*, 110: 2527-2538.
- Bucklein, R. (1962). "Hörbarkeit von Unregelmässigkeiten in Frequenzgängen bei akustischer Übertragung," *Frequenz*, 16: 103-108.
- Ching, T., Dillon, H., and Byrne, D. (1998). "Speech recognition of hearing impaired listeners: Predictions from audibility and the limited role of high frequency amplification," *J. Acoust. Soc. Am.*, 103: 1128-1140.
- Christophe, A., Dupoux, E., Bertoncini, J., Mehler, J. (1994). "Do infants perceive word boundaries? An empirical study of the bootstrapping of lexical acquisition," *J. Acoust. Soc. Am.*, 95:1570-80.
- DeCasper, A.J., Fifer, W.P. (1980). "Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices," *Science*, 208(4448):1174-6.
- Eimas, P.D. (1994). "Categorization in early infancy and the continuity of development," *Cognition*, 50:83-93.
- Eimas, P.D. (1999). "Segmental and syllabic representations in the perception of speech by young infants," *J. Acoust. Soc. Am.*, 105:1901-11.
- Gabrielsson, A., Hagerman, B., Bech-Kristensen, T., and Lundberg, G. (1990). "Perceived sound quality of reproductions with different frequency responses and sound levels," *J. Acoust. Soc. Am.*, 88: 1359-1366.
- Gabrielsson, A., Lindström, B., and Till, O. (1991). "Loudspeaker frequency response and perceived sound quality," *J. Acoust. Soc. Am.*, 90: 707-719.
- Hogan, C., and Turner, C. W. (1998). "High-frequency amplification: Benefits for hearing-impaired listeners," *J. Acoust. Soc. Am.*, 104: 432-441.
- Jusczyk, P. W. (1997). *The discovery of spoken language*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Jusczyk, P. W., and Aslin, R. N. (1995). "Infants' detection of sound patterns of words in fluent speech," *Cognitive Psychology*, 29: 1-23.
- Katz, J. (1994). *Handbook of clinical Audiology*, 4th Edition. Williams & Wilkins Eds, Baltimore.
- Kemler, N.D.G., Hirsh-Pasek, K., Jusczyk, P.W., Cassidy, K.W. (1989). "How the prosodic cues in motherese might assist language learning," *J. Child Lang.*, 16: 55-68.
- Kochkin, S. (2005). "Customer Satisfaction with Hearing Instruments in the Digital Age," *The Hearing Journal*, 58(9):30-37.
- Ladd, D. R. & Terken, J. (1995). "Modelling intra- and inter-speaker pitch range variation," In: *Proceedings of the 13th International Congress of Phonetic Sciences Stockholm* (eds. Elenius, K. & Branderud, P.), Vol.2, 386-389.
- Mehler, J., Bertoncini, J., Barriere, M. (1978). "Infant recognition of mother's voice," *Perception*, 7(5):491-7.
- Moore, B.C. (1982). *An Introduction to the psychology of hearing*. London: Academic Press.
- Moore, B.C., Tan, C.T. (2003). "Perceived naturalness of spectrally distorted speech and music," *J. Acoust. Soc. Am.*, 114:408-19.
- Robinson, D.W. and Dadson, R.S. (1956), "A determination of equal loudness relations for pure tones," *Br. J. Appl. Phys.*, 7:166-181.
- Rosen, S. M., Fourcin, A. J., and Moore, B. C. J. (1981). "Voice pitch as an aid to lipreading", *Nature*, 291: 150-152.
- Smith, S.L., Gerhardt, K.J., Griffiths, S.K., Huang, X., Abrams, R.M. (2003). "Intelligibility of sentences recorded from the uterus of a pregnant ewe and from the fetal inner ear," *Audiol. Neurootol.*, 8(6):347-53.
- Turner, C. W., and Cummings, K. J. (1999). "Speech audibility for listeners with high-frequency hearing loss," *Am. J. Audiol.* 8, 47-56.
- Turner CW, Brus SL. (2001). Providing low- and mid-frequency speech information to listeners with sensorineural hearing loss. *J. Acoust. Soc. Am.*, 109:2999-3006.