Intérêt des otoémissions acoustiques dans le dépistage de la fragilité cochléaire au stade infraclinique.

M. Raynal[a], A. Job[b], A. Crambert[c], D. Prunet, P. Le Page[a], T. Briche[c], M. Kossowski[a].

a Service ORL, HIA Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.
b IRBA – antenne de Grenoble (CRSSA), BP 87 – 38702 La Tronche Cedex.
c Service ORL, HIA du Val-de-Grâce, 74 boulevard Port Royal – 75230 Paris Cedex 05.

Article reçu le 4 mars 2011, accepté le 8 juillet 2011.

Résumé

Introduction : l'exposition au bruit est une des contraintes opérationnelles majeures au sein des armées et la prévention contre le bruit demeure une préoccupation constante du Service de santé des armées. Une étude épidémiologique sur 521 pilotes de l'armée de l'Air a été conduite de 2005 à 2008, (350 dossiers audiologiques complets) en collaboration avec le Département des facteurs humains du Centre de recherches du Service de santé des armées (CRSSA). L'étude a permis la validation d'un indice de vulnérabilité auditive basé sur la mesure des otoémissions acoustiques. Pour chaque pilote un Indice d'anormalité otoacoustique (IAO, en anglais IaDPOAE) a été calculé. Nous nous sommes posé la question de savoir si un indice plus élevé d'anormalité chez des pilotes ayant cependant un audiogramme normal pourrait présager un déficit auditif plus précoce à court terme à l'exposition au bruit intense continu. Hypothèse : les produits de distorsion des otoémissions acoustiques sont des marqueurs objectifs de la fonctionnalité de l'oreille moyenne et de l'activité contractile des cellules ciliées externes; leurs faibles intensités peuvent faire suspecter une vulnérabilité. Nous avons fait l'hypothèse que les IAO les plus élevés dans une population d'audition apparemment normale, correspondent à des oreilles plus vulnérables au bruit, entrainant un déficit auditif visible à l'audiogramme à court terme. Matériels et méthodes : nous avons suivi l'évolution de 219 audiogrammes normaux et leur IAO correspondant. Deux groupes ont été déterminés selon que les IAO initiaux étaient les plus élevés (groupe 1, IAO > 15 %) ou les plus faibles (groupe 2, IAO < 15 %). Résultats : en trois ans, 13 % d'audiogrammes deviennent pathologiques (au moins une fréquence supérieur à 25 dB HL) dans le groupe 1 contre 3 % dans le groupe 2 (p = 0,003). Lorsque l'IAO est supérieur à 15 %, le risque d'altération auditive par exposition aux bruits continus est deux fois plus important (OR=2,29 ; IC [1,25-4,165]). Conclusion : le calcul de l'IAO trouve son intérêt en santé publique dans la prévention de la vulnérabilité de l'oreille aux effets nocifs dus aux bruits continus. Le personnel vulnérable devra être plus attentif et mieux se protéger. L'IAO trouve également son intérêt en clinique comme seule valeur objective d'anormalité acoustique actuellement disponible. Un IAO supérieur à 15 % avec un audiogramme normal est un indice de vulnérabilité au bruit.

Mots-clés : Indice de vulnérabilité auditive. Perte auditive liée au bruit. Prévention. Produits de distorsion acoustique.

Abstract

USEFULNESS OF DPOAES TESTING FOR SCREENING COCHLEAR VULNERABILITY TO NOISE IN SUBCLINICAL POPULATION.

Introduction: exposure to noise is one of the major constraints in the army and prevention against noise remains a constant concern for the military health service. A follow-up study was carried out on 521 pilots of the air force from 2005 to 2008 (included 350 complete audiologic data), with the collaboration of the French armed forces biomedical research centre (CRSSA). Based on the measurement of distorsion product otoacoustic emissions an index of otoacoustic abnormality (IaDPOAE) was calculated for each pilot. We asked ourselves if a high abnormality index in pilots with a normal audiogram could presage a short-term early hearing loss when subjects are exposed to intense and continuous noise. Hypothesis: distortion products otoacoustic emissions are objective markers of cochlear outer hair cells and middle ear functionality; low DPOAEs were usually associated with hearing loss. Here, we hypothetized that high IaDPOAEs despite normal audiogram might imply a more vulnerable ear, leading to an earlier hearing loss visible on audiogram when subject is exposed to noise. Materials and methods: we followed-up the 219 subjects with normal audiograms and their corresponding IaDPOAE. A cut-off value for IaDPOAE was determined using a ROC curve statistical method. Two groups were defined, depending on whether initial IaDPOAEs were high (group 1, IaDPOAE > 15 %) or low (group 2, IaDPOAE < 15 %). Results: after 3 years, 13 % of audiograms become pathological (at least one frequency > 25 dB HL) in group 1, compared to 3 % in group 2 (p = 0,003). When IaDPOAE is greater than 15 %, risk of developping early hearing loss is doubled (OR = 2.29, IC [1.25 – 4.165]). Conclusion: IaDPOAE measurement could be useful in occupational health surveillance for prevention of early hearing loss. Vulnerable subjects should be warned to be more careful with noise and to protect themselves more than other less concerned subjects. IaDPOAE also finds an interest for clinicians as it is the only objective index of acoustic abnormality currently available. An IaDPOAE > 15 % with a normal audiogram might suggested an ear vulnerability.

Keywords: DPOAEs. Noise-induced hearing loss. Prevention. Vulnerability biomarkers.

M. RAYNAL, médecin chef. A. JOB, civil. A. CRAMBERT, interne des HA. D. PRUNET. P. LE PAGE, médecin en chef. T. BRICHE, médecin en chef. M. KOSSOWSKI, médecin en chef, professeur agrégé du Val-de-Grâce.
Correspondance : M. RAYNAL, Service ORL, HIA du Val-de-Grâce, 74 boulevard Port Royal – 75230 Paris Cedex 05.
E-mail : marc.raynal@wanadoo.fr

Introduction.

Le dépistage de la vulnérabilité au bruit est toujours d'actualité dans le cadre de la prévention des lésions auditives du personnel militaire et l'utilisation d'un

index objectif de vulnérabilité pourrait intéresser de nombreux cliniciens.

On connaît certains facteurs de vulnérabilité de l'audition qui potentialisent les effets nocifs du bruit : l'âge, des facteurs génétiques et constitutionnels, les otites de l'enfance, les traumatismes crâniens, certains solvants et médicaments ototoxiques. Ces facteurs accélèrent la dégradation auditive liée au bruit, mais il en existe certainement d'autres à identifier.

Avec Kemp (1, 2), de nombreux scientifiques se sont intéressés au développement d'une nouvelle technique d'exploration fonctionnelle de l'audition différente de l'audiométrie tonale : la mesure des otoémissions acoustiques générées par les cellules ciliées externes en réponse à la stimulation simultanée de la cochlée par deux sons purs. Cette technique a permis, par exemple, de mettre en évidence dans les auditions considérées comme normales, une déficience de réactivité sensorielle chez des sujets ayant eu des otites dans l'enfance (3, 4).

On utilise souvent la mesure des Produits de distorsion de ces otoémissions acoustiques (PDA). Un Indice d'anormalité otoacoustique (IAO, en anglais IaDPOAE) a pu être construit à partir d'une population de référence, sur la base de la moyenne et des écart-types des PDA de 88 jeunes sujets (176 oreilles) de 18-24 ans d'audition normale et sans antécédent connu de vulnérabilité (5).

Nous avons conduit chez le personnel navigant militaire une étude longitudinale, avec un premier recueil des audiogrammes, PDA et IAO entre octobre 2003 et octobre 2004 et un deuxième recueil trois ans plus tard entre octobre 2006 et octobre 2007.

Nous nous sommes posé la question de savoir si un IAO élevé d'anormalité chez des pilotes ayant cependant un audiogramme normal pourrait présager un déficit auditif plus précoce à court terme à l'exposition au bruit intense continu.

Pour cela une étude longitudinale est l'étude de choix. Aucune étude longitudinale chez le normo entendant n'avait jusqu'alors pu être menée dans l'espoir de trouver un index de vulnérabilité de l'oreille à l'exposition au bruit.

La valeur prédictive de l'IAO dans l'évolution de l'audition à l'exposition au bruit est-elle significative ?

Nous avons fait l'hypothèse que les IAO les plus élevés dans une population d'audition apparemment normale, représentent les oreilles les plus vulnérables au bruit, entrainant un déficit auditif visible à l'audiogramme à plus court terme.

Matériels et méthodes.

Population.

Des dossiers de pilotes militaires (521) ont été recueillis entre octobre 2003 et octobre 2004 dans le service ORL du Centre principal d'expertise médical du personnel navigant (CPEMPN).

Ils regroupent trois catégories de pilotes différenciés par le spectre acoustique de leur aéronef : les pilotes de chasse et les navigateurs de combat les pilotes de transport, les pilotes d'hélicoptères. Leurs caractéristiques audiométriques ont été décrites dans un précédent article de la revue (6).

Les pilotes militaires présentent plusieurs avantages dans le cadre d'une étude statistique : l'exposition au bruit est relativement homogène, le bruit non impulsif et continu des aéronefs est bien caractérisé, le temps d'exposition au bruit des pilotes est fonction de leur nombre d'heures de vol, enfin cette population bénéficie d'une visite systématique annuelle qui permet une facilité de suivi.

Par ailleurs, 350 (67 %) ont pu être examinés trois ans plus tard entre octobre 2006 et octobre 2007, par le même examinateur et dans les mêmes conditions. Parmi eux, nous avons choisi d'observer sur trois ans l'évolution de 160 de pilotes dont l'audiogramme initial était normal (= 10 dB HL sur au moins une oreille). À noter que 219 audiogrammes normaux ont pu être ainsi récupérés ainsi que leur IAO correspondant. Les examens sont réalisés après un délai minimum de 24 heures sans exposition aux bruits aéronautiques.

Questionnaire.

Le recueil de données effectué par le spécialiste ORL, comprenait l'âge et le sexe des pilotes, le type de machine pilotée les trois dernières années, le nombre total d'heures de vol, le type de protection auditive, les facteurs de risque ou les symptômes associés au bruit et notamment la présence d'acouphènes chroniques.

Examen clinique.

L'otoscopie vérifiait la bonne perméabilité du conduit auditif externe et l'intégrité tympanique.

Audiométrie tonale.

L'audiogramme tonal (réalisé à partir d'un audiomètre Interacoustic ; model AC40 ; Assens, Danemark) est enregistré en cabine audiométrique mesurant les seuils aux fréquences 0,250 ; 0,500 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4 et 8 kHz, une oreille après l'autre à partir d'une stimulation de 10 dB HL par pas de 5 dB. La fréquence 6 000 Hz n'a pas été retenue en raison d'un problème technique d'étalonnage, les résultats n'auraient pas été changés en raison d'une tendance à la baisse des intensités observées pour toutes les fréquences de l'audiogramme dans le suivi de trois ans.

Mesure des produits de distorsion acoustique.

Les PDA des deux oreilles ont été mesurés dans une pièce silencieuse avec le DPOAE system GSI 60 de Grason-Stadler. Nous avons utilisé le protocole qui a mis en évidence la meilleure séparation entre des oreilles normales et des oreilles ayant un déficit auditif léger. Les intensités de stimulation sont respectivement pour f1 et f2, 65 dB et 55 dB, le ratio f2/f1=1,22. Nous avons testé huit fréquences par octave, sur quatre octaves de 625 Hz à 9 250 Hz, soit 32 points, l'amplitude du PDA 2f1-f2 est exprimée à la fréquence f2. La durée de mesure était de trois minutes par oreille.

Indice d'anormalité otoacoustique.

Les courbes de PDA de référence délimitant des déviations standards ont fait l'objet d'une publication (4) de même que le calcul de l'Indice d'anormalité otoacoustique (IAO) (5) : ce calcul repose sur 32 mesures correspondant au recueil de la réponse des cellules cochléaires sur la gamme de fréquence audible par voie rétrograde via l'oreille moyenne et le conduit auditif. Pour chaque valeur de la mesure est attribué un coefficient d'anormalité : « 0 » si la valeur est située à moins d'une déviation standard, « 1 » si la valeur est située entre une et deux déviations standards et le coefficient « 2 » pour des valeurs au delà de deux déviations standards. La somme des coefficients de chaque mesure (pouvant varier de 0 à 64) est divisée par le nombre de mesures effectuées et multipliée par deux, soit ici 64 (32x2). L'indice d'anormalité otoacoustique peut s'exprimer par un pourcentage d'anormalité variant de 0 à 100 %. Une somme des coefficients égale à 20 par exemple correspondra à un IAO = ((20/64)*100) = 31 %.

Nous avons recherché la valeur ayant la meilleure sensibilité et spécificité à séparer les auditions normales des auditions pathologiques dans la population des 521 pilotes. Nous avons trouvé la valeur de 15 % comme valeur de coupure. La sensibilité et la spécificité étaient respectivement de 71 et 74 % (7). Obtenir des pourcentages plus élevés avec des pathologies graduelles, évolutives est très difficile. La notion d'audition pathologique est par ailleurs loin d'être clairement définie.

En appliquant une définition rigoureuse de la normalité audiométrique (toutes fréquences à 10 dB HL), deux groupes ont été ainsi suivis selon que l'IAO est supérieur à 15 % (groupe 1, n = 63), ou inférieur à 15 %, (groupe 2, n = 156). La différence est importante entre les effectifs des deux groupes, mais il s'agit d'une étude prospective et non d'une étude cas-témoins.

Analyse statistique.

Le logiciel de statistique SPSS V.13.0 software (Chicago, IL) a été utilisé pour l'ensemble des analyses.

Résultats.

Évolution audiométrique globale.

Des pilotes (350) ont pu être réexaminés trois années plus tard dans les mêmes conditions et par le même médecin. D'autre part, 171 pilotes n'ont pu être réexaminés en raison d'incompatibilités de planning, de mutation dans d'autres unités ou de changement professionnel. Durant l'étude, le nombre d'heures de vol était de 700 (± 400). Les modifications audiométriques significatives débutaient à 3 kHz (fig. 1) avec une perte auditive moyenne maximale de 1,7 ± 10 dB HL à 8 000 Hz sur les oreilles gauches. Une réduction significative des PDA était notée sur la plage 0,6 à 6 kHz avec un maximum sur la plage 3-5 kHz de 1,8 ± 3 dB SPL à droite et de 1,6 ± 3 dB SPL

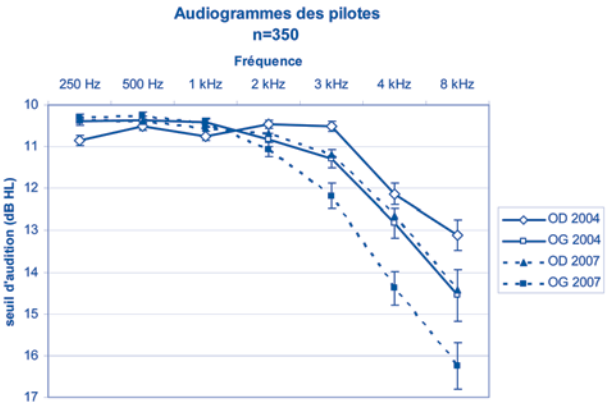


Figure 1. Audiogrammes des pilotes.

à gauche (p < 0,001) (fig. 2). L'IAO était augmenté de 3,5 ± 8 % à droite et 3,7 ± 9 % à gauche (p < 0,001).

Évolution audiométrique des groupes 1 et 2.

Parmi les 350 pilotes, 160 avaient au début de l'étude au moins une oreille avec des seuils à 10 dB HL sur toutes les fréquences, 59 avaient les deux oreilles avec des seuils à 10 dB HL sur toutes les fréquences, l'ensemble correspondant à 219 oreilles répondant à ces critères. Parmi celles-ci, 63 avaient un indice supérieur à 15 % (groupe 1 ; indice moyen 27 ± 12 %), alors que 156 avaient un indice inférieur à 15 % (groupe 2 ; indice moyen 5 ± 4 %), le groupe 1 ayant donc des PDA plus faibles que le groupe 2 (fig. 3).

Il n'y avait aucune différence d'âge entre les groupes 1 et 2 (31 ± 5 ans vs 30 ± 5 ans ; p = 0,058), ni de nombre d'heures de vol sur les trois années (677 ± 405 heures vs 705 ± 400 heures ; p = 0,631).

La prévalence (traumatisme crânien, traumatisme sonore aigu, barotraumatisme, acouphène, loisirs bruyants) était la même dans les deux groupes, la prévalence des antécédents d'otite moyenne était plus élevée dans le groupe 1 que dans le groupe 2 (17 % vs 10 %, respectivement).

L'occurrence des pertes audiométriques était significativement plus importante dans le groupe 1 à la fin de l'étude (chi2 = 11,44 ; p = 0,003), 13 % des courbes audiométriques initiales normales du groupe 1 évoluaient vers des courbes avec au moins une fréquence supérieur à 25 dB alors qu'elles n'étaient que de 3 % dans le groupe 2. Dans ce dernier groupe, 65 % des audiogrammes normaux sont restés normaux après trois ans d'exposition au bruit contre 44 % dans le groupe 1.

Enfin 56 % des courbes audiométriques initiales normales du groupe 1 évoluaient vers des courbes avec au moins une fréquence supérieure à 10 dB alors qu'elles n'étaient que 35 % dans le groupe 2.

La vulnérabilité du groupe 1 au bruit est significative (OR = 2,29, IC [1,26-4,16], p = 0,005) ce qui signifie que le risque de déficit auditif à l'exposition au bruit est deux fois plus important chez un sujet à audition normale dont l'IAO est supérieur à 15 % (groupe 1).

Le profil d'évolution des audiogrammes normaux initiaux ayant accusé au moins une perte supérieur

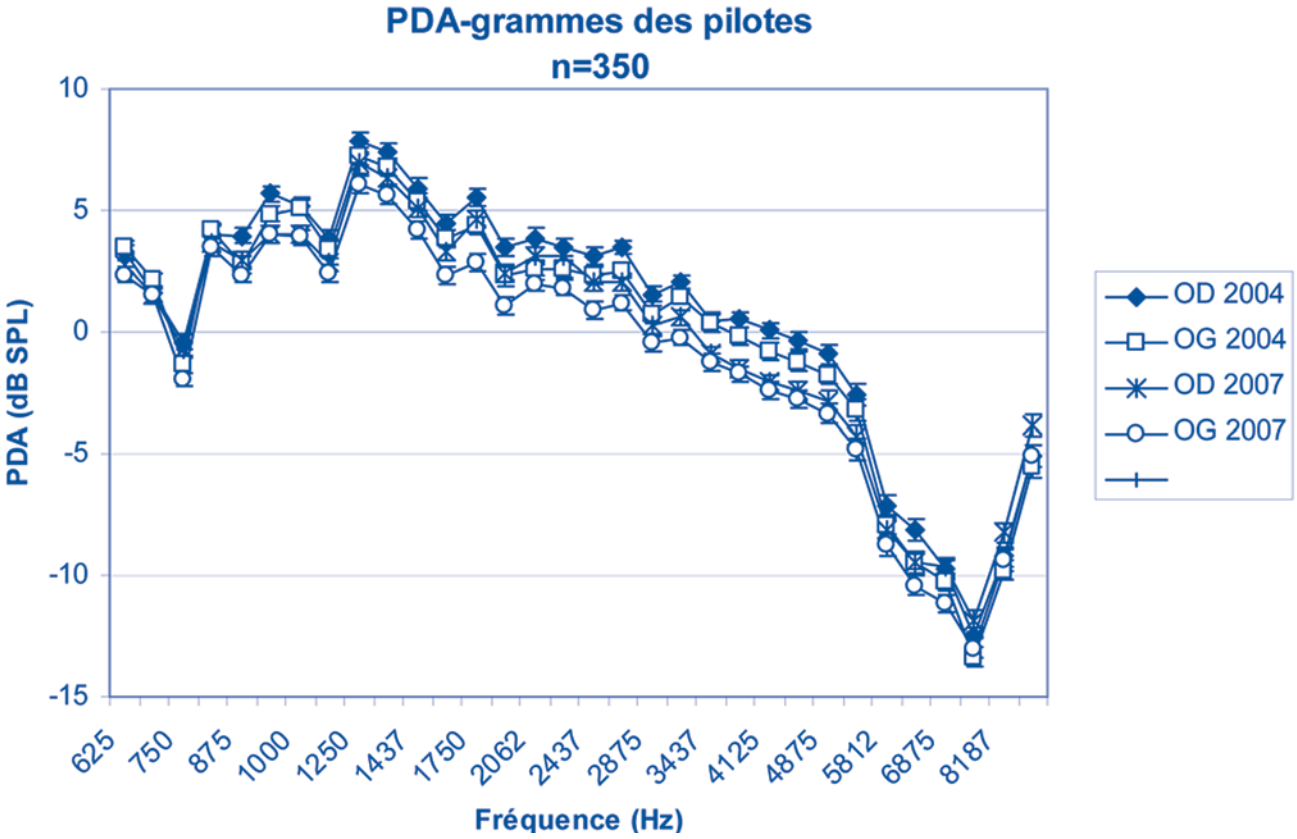


Figure 2. Produits de distorsions acoustiques-grammes des pilotes.

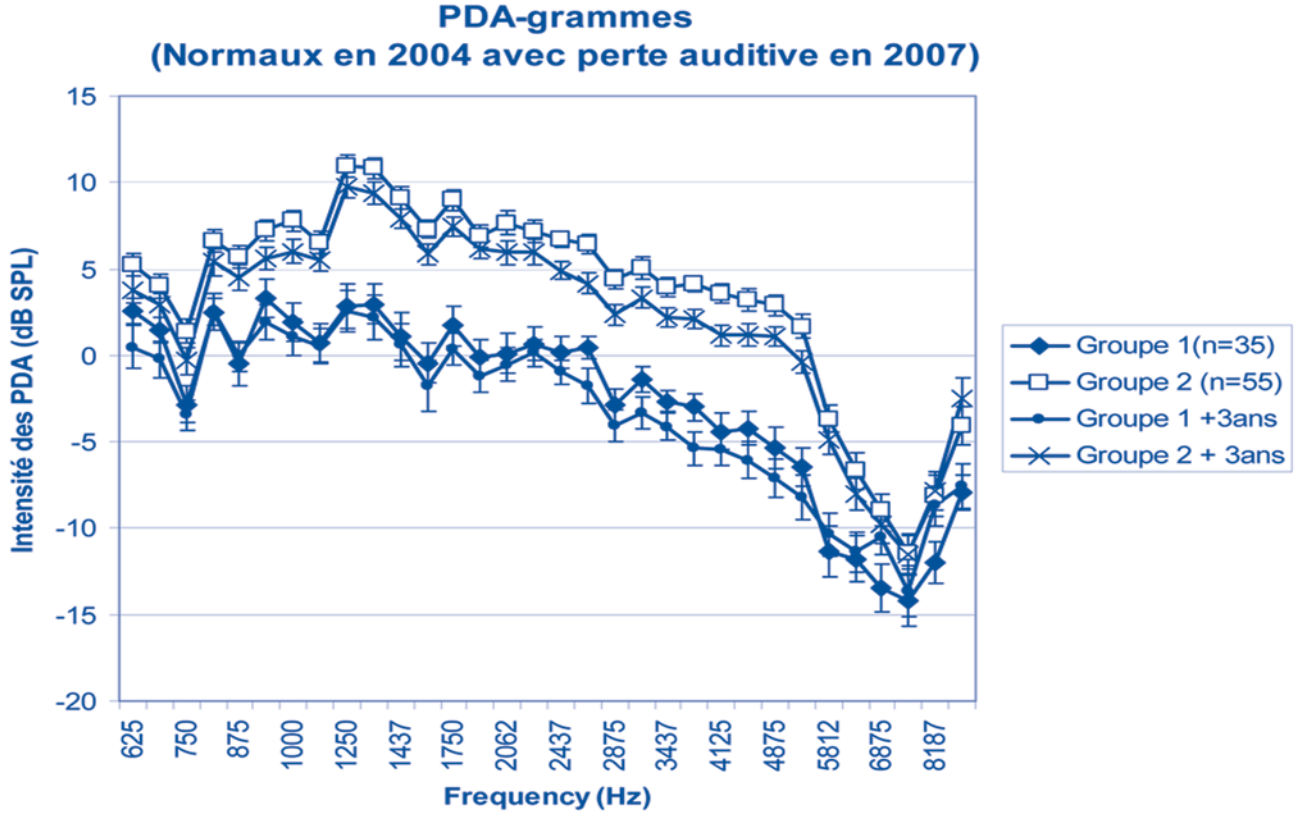


Figure 3. Produits de distorsions acoustiques-grammes (normaux en 2004 avec perte auditive en 2007).

à 10 dB après trois ans montre (fig. 4) que la perte auditive est située essentiellement sur les fréquences aigües, zone affectée en priorité par l'exposition au bruit, la différence est particulièrement significative entre le groupe 1 et 2, à 4 kHz (p=0,035).

Discussion.

L'objectif principal de cette étude était de prévoir la vulnérabilité auditive au bruit tout particulièrement lorsque les seuils audiométriques sont normaux.

Les informations fournies par un simple audiogramme tonal peuvent être enrichies par la mesure des produits de distorsion acoustique.

Les résultats de cette étude prospective montrent que les PDA pourraient être des marqueurs de la vulnérabilité auditive au bruit, un IAO supérieur à 15 % serait prédictif d'une plus ou moins grande dégradation auditive à l'exposition au bruit ; une diminution des PDA à toutes les fréquences, correspondant à une valeur élevée de l'IAO, révèle une sensibilité accrue au traumatisme sonore avec lésion sur les fréquences aigües.

Quel est le mécanisme responsable de cette vulnérabilité ? Son origine se situe-t-elle dans l'oreille moyenne, l'oreille interne ou les deux ?

Nous savons que chez les sujets aux antécédents d'otite moyenne mais dont l'audiogramme est normal (inférieur à 20 dB HL), les produits de distorsion sont souvent diminués (4).

Ces antécédents d'otite moyenne sont des facteurs potentiels de perte auditive et d'augmentation des risques de traumatisme sonore aigu et d'acouphènes en cas d'exposition au bruit (3).

Le réflexe stapédien est souvent absent en cas d'antécédents d'otite moyenne en raison d'une rigidification partielle de la chaîne ossiculaire. Des mouvements anormaux de la chaîne pourraient être à l'origine d'une plus grande altération des cellules cochléaire par absence de contrôle des bruits basses fréquences de fortes intensité pénétrant la cochlée qui normalement sont régulés par le réflexe stapédien.

Des travaux plus anciens utilisant le Test d'évaluation fonctionnelle du ligament annulaire de l'étrier et d'évaluation de la conductance G (TEFLAG) (8) montraient le rôle protecteur du ligament annulaire dont l'altération de la dynamique par des phénomènes traumatiques inflammatoires ou infectieux perturberait la mécanique cochléaire.

Enfin, un processus inflammatoire ou infectieux franchissant directement la barrière labyrinthique par la fenêtre ronde ne peut non plus être exclu.

Toute dysfonction de l'oreille moyenne ou des cellules ciliées externes peut diminuer légèrement l'émission de PDA et influencer les capacités auditives chez les sujets exposés au bruit.

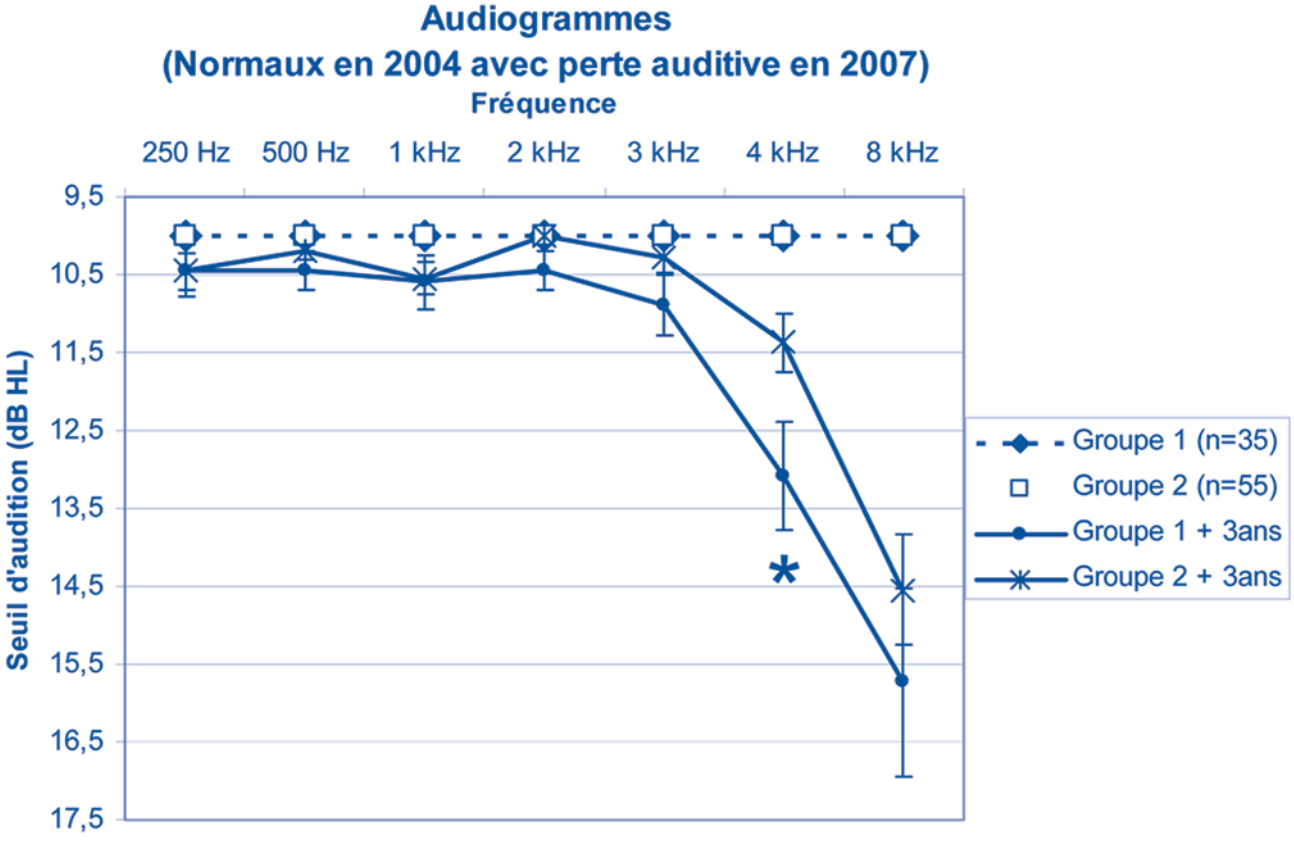


Figure 4. Audiogrammes (normaux en 2004 avec perte auditive en 2007).

Cette première étude prospective propose un indicateur qui évalue les anormalités des PDA et détecte le risque de perte auditive précoce chez des sujets normo-entendants exposés au bruit. La mesure des PDA est objective et plus sensible pour détecter des déficits infra cliniques par rapport aux données de l'audiométrie tonale conventionnelle. L'audiométrie de Bekésy est capable de déceler des micros anomalies audiométriques mais aucune corrélation n'est retrouvée avec une diminution des PDA, sur la fréquence de ces altérations (9, 10).

La valeur de 15 % précitée s'applique à une population jeune (inférieur à 40 ans) exposée à un bruit continu et pourrait être utilisée en cas d'exposition à du bruit industriel ou à des activités de loisirs régulières et bruyantes.

En cas d'exposition à des bruits impulsifs, il est peu probable que l'index de vulnérabilité puisse prédire les modifications temporaires des seuils mais il pourrait prédire le pronostic de récupération, après traumatisme sonore aigu et notamment la persistance ultérieure d'acouphène (11, 12). Dans ce cas, l'IAO pourrait constituer une variable d'ajustement d'appréciation de la récupération auditive ou de l'efficacité thérapeutique.

Conclusion.

L'IAO peut désormais être défini comme un Indice de vulnérabilité auditive (IVA).

Devant un audiogramme normal, l'IVA doit désormais être mesuré en particulier dans un objectif préventif chez une population exposée ou potentiellement exposée au bruit (adolescent, travailleurs industriels, personnel militaire). Cet indicateur ne peut être utilisé dans le cadre de la détermination d'une aptitude, mais peut être utile pour inciter le sujet à mieux se protéger.

Son utilisation en recherche clinique doit être étendue, notamment à l'étude de la fragilité au bruit d'une oreille normale controlatérale d'une oreille pathologique (acouphène, lésion traumatique sonore, barotraumatisme ou surdité brusque). Si l'oreille « saine » s'avérait statistiquement fragile au bruit, ce résultat constituerait un argument objectif de renfort des mesures préventives et permettrait en multipliant les études cliniques de préciser voir d'étendre la notion de fragilité auditive.

Enfin la recherche de corrélations entre les valeurs de l'IVA et les résultats du TEFLAG contribuerait à situer l'origine topographique de la vulnérabilité.

Remerciements : les auteurs remercient le Médecin Général Bordier et le Médecin Général Gourbat, directeurs du CPEMPN, pour nous avoir autorisés à réaliser cette étude. Nous remercions également C. Ghernaouti, M. Studler et l'équipe ORL du CPEMPN pour leur participation active et l'intérêt qu'ils ont porté à l'étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Kemp DT, Ryan S, Bray P. A guide to the effective use of otoacoustic emissions. Ear Hear.1990;11:93-105.
2. Lonsbury-Martin BL, Martin GK. The clinical utility of distorsion-product otoacoustic emissions . Ear Hear. 1990;11:144-54.
3. Job A, Rondet P, Raynal M. Hearing loss and use of personal stereos in young adults with antecedents of otitis media. Lancet. 1999;353:35.
4. Job A, Nottet JB. DPOAE in young normal hearing subjects with histories of otitis media: Evidence of sub-clinical impairments. Hearing Research. 2002;167 :28-32.
5. Job A, Nottet JB, Suc B, Kossowski M, Bourgevin E, Jaouen A, Astaud C, Attin S, Ducret H, Gremeaux JL, Salvador L, Raphel C. Les otoémissions acoustiques au service de la détection de la vulnérabilité auditive. Médecine et Armées. 2002;30(6):569-74.
6. Raynal M, Job A, Prunet D, Messary A, Kossowski M. Audition du personnel navigant militaire : analyse descriptive et intérêts d'un indice d'anormalité otoacoustique. Médecine et Armées. 2007;35(2):159-65.
7. Job A, Raynal M, Kossowski M, Studler M, Ghernaouti C, Baffioni-Venturi A, Roux A. Otoacoustic detection of risk of early hearing loss in ears with normal audiograms: a 3-year follow – up study. Hearing Research. 2009;251:10-6.
8. Camicas Van Goot M, Negrevergne M. Impédancemétrie multifréquentielle et exploration des surdités professionnelles, un nouveau test : le TEFLAG. Rev.Laryngol.Otol.Rhinol. 1996;117(5):399-407.
9. Avan P, Bonfils P. Distorsion-product otoacoustic emission spectra and high-resolution audiometry in noise-induced hearing loss. Hearing Research. 2005;209:68-75.
10. Lutman ME, Deeks J. Correspondence amongst microstructure patterns observed in otoacoustic emissions and Bekesy audiometry. Audiology. 1999;38:263-6.
11. Nottet JB, Pons Y, Giroult I, Job A, Suc B, Moulin A. Pronostic précoce des acouphènes post traumatiques : intérêt des otoémissions acoustiques. Communication présentée à la Société de laryngologie des Hôpitaux de Paris, séance du 21 mai 2005.
12. Nottet JB, Moulin A, Brossard N, Suc B, Job A. Otoacoustic emissions and persistent tinnitus after acute acoustic trauma. Laryngoscope. 2006;116:970-5.