

Stratégie diagnostique et thérapeutique

Presbyacousie: baisse de l'ouïe chez la personne âgée

Dr méd. Anne-Claude Guinchard^a, Philippe Estoppey^b, Dr méd. Raphaël Maire^a

^a Service d'Otorhinolaryngologie et de Chirurgie cervico-faciale, CHUV, Rue du Bugnon 46, 1011 Lausanne

^b Audioprothésiste brev. féd., Rue du Tunnel 5, 1005 Lausanne



La baisse de l'audition liée à l'âge ou presbyacousie est un processus multifactoriel qui touche plus d'un tiers des personnes dans leur vieillesse. Elle entraîne indirectement des troubles cognitifs, sociaux et physiques. Elle est due à une perte de la fonction des cellules ciliées auditives et est bien prise en charge par l'appareillage. Une amélioration du dépistage, une banalisation de la presbyacousie, une meilleure prise en charge financière ou un abaissement des coûts de l'appareillage doivent être une priorité.

Introduction

La population âgée de plus de 60 ans va augmenter de 605 million à 2 milliards entre les années 2000 et 2050 (OMS 2012) et la surdité liée à l'âge va devenir plus fréquente [1]. La presbyacousie est le terme générique de la surdité liée au vieillissement. Elle touche environ 1/3 des adultes entre 61 à 70 ans et plus de 80% des personnes âgées de plus de 80 ans. Lin en 2012 estime l'atteinte à 30 millions de personnes, 63% des hommes et 48% des femmes entre 70 et 79 ans seraient touchés [2]. En Europe, une étude de Roth décrit 30% des hommes et 20% des femmes avec une perte auditive de plus de 30 dB dès l'âge de 70 ans puis 55% d'hommes et 45% de femmes dès 80 ans [3]. La presbyacousie correspond à une perte auditive graduelle et insidieuse touchant les deux oreilles plus ou moins symétriquement, en particulier dans les hautes fréquences et dont les effets s'accroissent dans un environnement bruyant. Son origine est multifactorielle et résulte du vieillissement physiologique de la cochlée auquel s'ajoute les effets additionnels de facteurs extrinsèques (exposition au bruit, médicaments ototoxiques) et intrinsèques (maladies systémiques et disposition génétique). Au vu de l'atteinte graduelle, il faut plusieurs années avant que la personne ne se rende compte d'une perte auditive. De plus, la reconnaissance d'une surdité et son acceptation sont souvent minimisées par le patient qui refuse d'admettre son handicap auditif. Seulement 20% des personnes de plus de 65 ans avec une perte d'audition modérée à profonde se perçoivent comme malentendants. Les patients atteints se plaignent de ne plus comprendre ce qui



est dit, d'être gêné dans l'écoute de la musique et de présenter des difficultés à localiser les sons.

Dans cet article, nous reprenons la physiopathologie de la presbyacousie ainsi que sa prise en charge actuelle.

Physiopathologie

La presbyacousie résulte d'une atteinte de l'oreille interne, en particulier les cellules ciliées de la cochlée (organe de Corti) et /ou le nerf auditif. Après 60 ans,



Anne-Claude Guinchard

l'audition décline de 1 dB par an environ dans chaque oreille [4]. La définition d'une perte d'audition correspond à une perte moyenne de plus de 20 dB sur les fréquences de la conversation (500-1000-2000-4000 Hz). On parle de surdité légère entre 20 à 40 dB, de surdité moyenne entre 41 à 70 dB, de surdité sévère entre 71 à 90 dB et de surdité profonde à plus de 90 dB. L'étiologie de la presbycusie est complexe et plusieurs facteurs y participent. Elle est le résultat d'une dégénérescence physiologique liée à l'âge des structures cochléaires à laquelle s'associe les effets cumulés de facteurs environnementaux, médicaux, et génétiques individuels. La presbycusie atteint les deux oreilles de manière plus ou moins symétrique et touche dans la plupart des cas en premier les hautes fréquences par destruction des cellules ciliées externes. Le premier effet est un trouble de la compréhension verbale dans le bruit ou/et dans les environnements réverbérants. Les voyelles se trouvant dans les fréquences graves sont entendues, mais les consonnes dans les hautes fréquences (t, p, k, f, s) ne sont plus entendues. Puis les basses fréquences sont atteintes progressivement et l'atteinte sur la compréhension du langage s'accroît. La presbycusie commence vers l'âge de 40 ans, comme la presbytie, et s'aggrave pour chaque décennie (fig. 1).

Selon la nature de l'atteinte histologique, différents types de presbycusies ont été décrits:

- la presbycusie sensorielle avec une atteinte dans les hautes fréquences secondaire à la perte des cellules ciliées externes de la base de la cochlée;
- la presbycusie métabolique ou striale, avec une surdité dite en plateau sur toutes les fréquences et qui est la conséquence d'une atteinte dégénérative

de la strie vasculaire (atrophie) avec altération du potentiel endocochléaire;

- la presbycusie neurale, secondaire à la perte des cellules du ganglion spiral et qui explique en partie les troubles de la discrimination verbale.

La plupart du temps, ces différents types sont combinés [5, 6]. S'ajoutent des facteurs exogènes:

- le bruit, dont les effets touchent les cellules ciliées externes de l'organe de Corti;
- l'exposition régulière aux sons de plus de 85 dB qui augmente le risque de perte auditive par dommage mécanique ou métabolique des cellules ciliées;
- les agents ototoxiques notamment les antibiotiques aminoglycosides et le cisplatine qui endommagent ces mêmes cellules;
- des agents chimiques industriels (toluène, trichloréthylène) et possiblement le tabac;
- les troubles métaboliques et des maladies immunitaires par destruction progressive des vasa nervorum.

Néanmoins, l'impact de la presbycusie serait imputable à des facteurs génétiques, qui seraient plus importants pour la presbycusie striale (35 à 55%). Des gènes mitochondriaux, des agents antioxydants et d'autres protégeant contre le stress oxydatif pourraient diminuer la gravité de la surdité liée à l'âge. Des variations génétiques dans le contrôle de ces enzymes peuvent conduire à la surdité [7]. D'après une étude de Lin et al., le phénotype noir est mieux protégé contre la surdité liée à l'âge grâce à la protection de la strie vasculaire par la mélanine [8].

Effets de la presbycusie

Souffrir de presbycusie entraîne une diminution de la qualité de vie avec des conséquences sévères: troubles de l'orientation dans l'espace, reconnaissance tardive des dangers et augmentation du risque inhérent de chute et perte de la capacité à conduire. La communication est perçue comme un facteur de frustration avec pour conséquence un retrait social, une augmentation de la dépression et des troubles de la mémoire. Elle augmente l'incidence de la démence. Au départ, le cerveau est capable de compenser les lacunes verbales puis n'y arrive plus. Il y a une détérioration de l'intégration centrale de la parole (déprivation auditive) avec, pour conséquence, une augmentation de l'attention pour réussir à décoder les sons et une diminution de la possibilité d'effectuer d'autres tâches simultanément [9–10]. Autrement dit, la personne utilise plus de ressources dédiées aux fonctions auditives au détriment des autres processus cognitifs comme la mémoire. Au niveau cérébral, il y a un recrutement compensatoire des régions préfrontales et du cortex

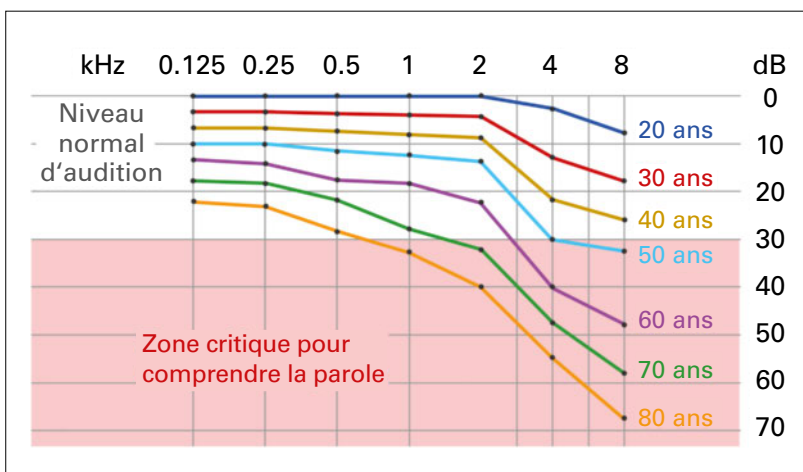


Figure 1: Courbe audiométrique de la presbycusie selon les normes ISO 7029. Les fréquences (Hz) sont données en abscisse et les seuils d'audition (dB HL) en ordonnée. Chaque courbe représente la médiane des seuils auditifs à une fréquence donnée pour une tranche d'âge particulière entre 20 et 80 ans.

parieto-temporal pour maintenir l'intégration auditive, ce qui explique la préservation générale de la compréhension du langage même chez les patients déments [11]. Une autre explication donnée pour expliquer le risque augmenté de démence chez les patients atteints de presbycusie serait une dysfonction mitochondriale due à l'âge qui atteint l'oreille interne et la mémoire [12]. Une perte auditive due à l'âge, non traitée, est significativement associée à une diminution des scores du Mini-Mental-State Examination (MMSE) indépendamment de l'âge, du sexe et de l'éducation [13].

Dépistage et diagnostic

La presbycusie est souvent méconnue. Les patients attendent en moyenne 5 à 7 années avant de consulter

pour une baisse auditive. Un dépistage précoce systématique de l'audition est recommandé chez les adultes à partir de 60 ans. Le diagnostic pour le dépistage d'une perte auditive est établi à partir de tests audiométriques standards: audiogramme tonal en sons purs (fig. 2) et audiogramme vocal dans le silence. Un test audiométrique vocal est important et permet de déterminer l'intelligibilité verbale (compréhension) du patient (fig. 3).

Actuellement, il existe un dépistage auditif en pharmacie qui sensibilise la population et permet un dépistage précoce. Les tests auditifs effectués en pharmacie ont une valeur très relative en raison du bruit ambiant mais ils permettent d'orienter les patients vers un ORL pour une audiométrie dans le silence. Au niveau médical, les recommandations d'experts proposent de demander aux personnes de plus de 60 ans si elles ont des difficultés auditives (dans le bruit, au restaurant ...). Aux USA, il existe différentes recommandations à l'attention des médecins pour le dépistage de la presbycusie (The Institute for Clinical Systems Improvement, The American Speech-Language-Hearing-Association, The American Academy of Family Physicians) [4]. Une revue systématique de 2006 conclut que les adultes qui décrivent spontanément ou sur questionnement («Avez-vous des difficultés d'audition?») une perte auditive en consultation doivent être envoyés chez un ORL ou un audioprothésiste pour effectuer un test auditif qualifié et ceux qui ne le décrivent pas doivent bénéficier d'un dépistage avec la voix chuchotée [14]. Le test de la voix chuchotée peut être fait en cabinet. Il consiste à chuchoter au patient des chiffres ou des lettres à 50 cm du patient tout en bouchant le conduit auditif controlatéral à l'oreille testée chez le patient (doigt sur le tragus). Il est pathologique lorsque le patient répond incorrectement à moins de 3 items sur 6 items. Il faut éviter de tester des mots avec des consonnes qui correspondent à des sons aigus et qui risquent de surévaluer le trouble. Le «Hearing Handicap Inventory for the Elderly» (HHIE) est un questionnaire facilement rempli par le patient et qui donne une idée précise d'une presbycusie gênante [15]. C'est un questionnaire de dépistage du handicap de l'audition chez la personne âgée. Il recherche l'atteinte sociale et émotionnelle de la perte auditive chez la personne âgée. Le questionnaire original en anglais est disponible dans *Ear Hear* [16]. Une otoscopie doit être effectuée chez les patients se plaignant d'une perte d'audition car une impaction de cérumen augmente la perte auditive parfois jusqu'à 30 dB si l'obstruction est complète.

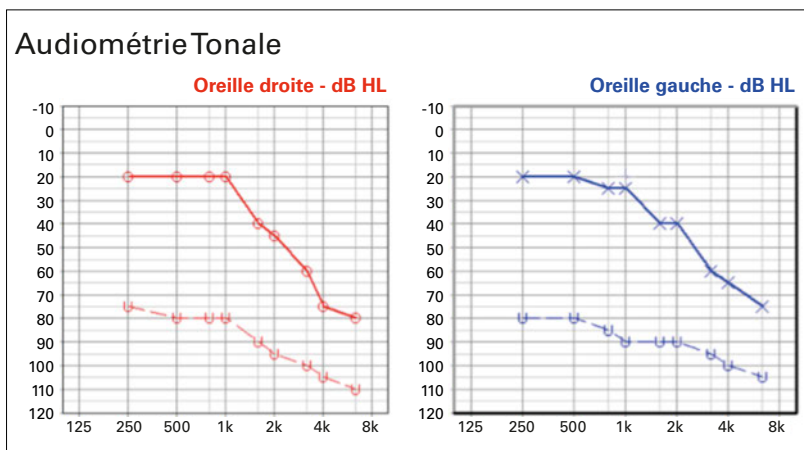


Figure 2: Courbe audiométrique tonale en «pente de ski». Courbe audiométrique tonale typique d'une presbycusie avec atteinte des cellules ciliées. La perte d'audition se retrouve au niveau des hautes fréquences et elle est symétrique entre les deux oreilles. (Courbe rouge = oreille droite, courbe bleue = oreille gauche). Le seuil d'audition correspond à la courbe supérieure. La courbe inférieure correspond au seuil d'inconfort auditif. L'aire entre les deux courbes renseigne sur la dynamique cochléaire résiduelle.

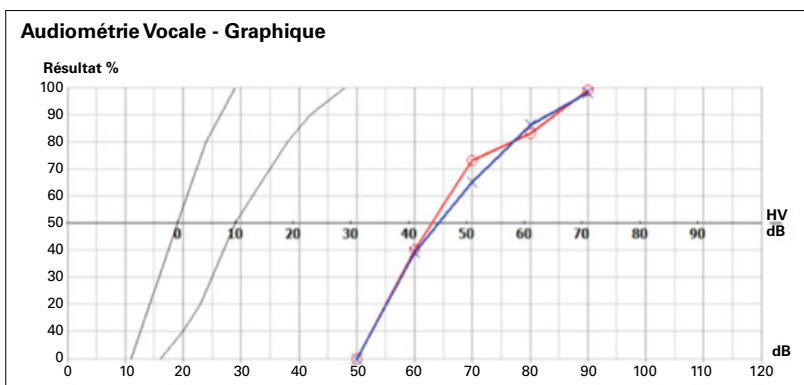


Figure 3: Test audiométrique vocal. Il permet de déterminer la compréhension du langage (intelligibilité) ainsi que la discrimination (capacité à discerner des phonèmes). Le test se pratique avec une liste de 10 mots mono ou bi-syllabiques écoutés à différentes intensités et à différentes fréquences, que le patient doit répéter. (Courbe rouge = oreille droite, courbe bleue = oreille gauche).

La prévention

Le «gold standard» de la prévention est l'éviction des bruits forts et la protection auditive à long terme pour

une préservation la plus longue possible des cellules ciliées de l'oreille interne. Cette préservation des cellules ciliées n'empêchera pas de souffrir de presbyacousie mais diminuera l'effet cumulatif des facteurs extrinsèques. Plusieurs essais ont été effectués, surtout dans des études animales, pour diminuer l'atteinte des cellules ciliées: en augmentant le bruit ambiant «de fond» (enrichissement du son) pour améliorer les fonctions des centres auditifs cérébraux ou en augmentant la défense antioxydante contre les radicaux libres et le stress oxydatif (Vitamine C, Vitamine E, Mélatonine, Acetyl-L-Carnitine, Lecitine, N-acetyl-L-cysteine) [17]. De même, quelques études suggèrent qu'un apport d'acide folique (800 mg/j) et un apport important d'acide gras omega-3 diminuerait l'avancée de la surdité. Actuellement, la prévention par traitement antioxydants n'a pas démontré d'efficacité significative [18, 19].

Traitement

Les appareils auditifs conventionnels sont actuellement le traitement de choix dans la réhabilitation de la surdité liée à l'âge. Les appareils actuels sont des contours d'oreille (retro-auriculaires), des intra-auricu-

laires (dans la conque) et des intra-canalaires (dans le canal auditif) (fig. 4). Les aides auditives les plus utilisées dans le cadre de l'appareillage de la presbyacousie sont des appareils «ouverts», c'est-à-dire des aides auditives qui ne bouchent pas le conduit auditif externe, ceci afin d'éviter au maximum l'effet occlusif (résonance de sa propre voix). Il existe aussi des appareils auditifs très petits (entre 3 et 4 cm) avec écouteur déporté dans le CAE (appareils «fermés»), qui permettent d'obtenir des gains d'amplification importants. Il est recommandé de ne pas utiliser des systèmes à écouteur déporté ou des appareils intra-auriculaires et intra-canalaires lorsque le patient a un conduit auditif très étroit et/ou la présence importante de cérumen par manque de place et par risque d'obstruction de la cheminée de l'écouteur. Il est conseillé de porter deux aides auditives, l'équilibre inter-auriculaire étant indispensable pour une bonne intelligibilité dans le bruit. L'appareillage mono-auriculaire devrait être limité aux patients avec des problèmes médicaux sur une oreille (otite chronique, écoulement ...) ou à une asymétrie auditive de plus de 60dB entre les seuils auditifs gauche et droite. L'audioprothésiste décide, en fonction des résultats audiométriques, de l'algorithme utilisé pour restituer au mieux



Figure 4: Types d'appareils auditifs actuels: contours d'oreille, mini-contours d'oreille, intra-auriculaires et intra-canalaires (© Marion Brun – 2016).

l'audition perdue. Pour éviter une alteration importante des processus centraux d'analyse du langage, la mise en place d'un appareillage précoce est indiquée [10].

Un des buts recherchés par les appareils auditifs est l'amélioration de la discrimination de la parole dans le bruit et il existe aujourd'hui différents algorithmes de traitement du signal dans le bruit. Avec un microphone directionnel, l'appareil augmente le son en face de la personne et diminue le son derrière. D'autres systèmes peuvent ajuster automatiquement la localisation sonore de la parole et diminuer le bruit ambiant. Le type d'aide auditive est déterminant sur l'usage des appareils: les appareils avec programme individuel avec microphone directionnel sont utilisés en moyenne sur 8,8 heures par jour, significativement plus longtemps que lors de port d'appareils sans programme personnalisé [20]. Les systèmes auditifs actuels proposent différents algorithmes de traitement de la parole et du bruit environnant (rue, théâtre, silence ...). La plupart des aides auditives ont la possibilité de brancher des accessoires permettant de se connecter directement à son téléphone portable, à sa TV, son ordinateur ou toute autre source Bluetooth. La boucle magnétique est un système d'aide à l'écoute pour les malentendants porteurs d'un appareil auditif. Elle permet à la personne malentendante de recevoir le son directement dans son appareil et d'ainsi pouvoir profiter de la musique ou des paroles sans les interférences des bruits avoisinants. En plus des appareils auditifs; il est possible d'amplifier le téléphone et de porter un casque pour l'écoute de la télévision. Il existe également des alertes tactiles avec des systèmes vibrants (réveils, montres).

Malheureusement, les stéréotypes négatifs apportés par le port d'appareils auditifs sont très présents (stigmatisation, inconfort des appareils [esthétisme], mauvais résultats de départ, coûts) et accepter une aide auditive est un facteur de frustration chez le patient. Pour cette raison, le traitement doit absolument être bien ciblé. Malgré un bénéfice prouvé, seulement 25% des patients avec presbycusie nécessitant une amplification achètent un appareil auditif et seulement 30% les utiliseront à long terme. La plus grande barrière vient de la perception du patient qu'il n'a pas ou peu de trouble auditif ce qui ne mériterait pas d'appareillage, puis viennent le coût des appareils et les aspects techniques (problèmes d'insertion, pour enlever les appareils, nettoyage, changement des piles, contrôle du volume) [21–23]. La meilleure motivation au port d'appareils auditifs est la confiance dans l'amélioration de la communication. Une étude de Ho-Yee et al a étudié les facteurs qui font que les personnes adoptent leurs appareils. Ils ont trouvé quatre

facteurs audiologiques: la sévérité de la perte auditive, l'acceptation des bruits de fond, le type d'aide auditive, le gain relatif avec les appareils et sept facteurs non-audiologiques: la perception subjective de perte auditive, l'attente sur la qualité de vie, la comparaison entre groupe d'individus, le soutien des autres personnes, le bénéfice perçu directement et la satisfaction lors du port des appareils [24]. Le besoin de devoir aller à plusieurs reprises chez l'audioprothésiste pour les réglages des appareils est aussi un facteur de refus, l'apprentissage de nouvelles technologie et techniques d'utilisation (piles), ainsi que l'esthétique des appareils. Le port d'appareils peut être amélioré avec l'acceptance des appareils auditifs. Une étude de Kochkin et al. a montré le bénéfice d'un soutien familial avec une in-

Malgré un bénéfice prouvé, seulement 25% des patients avec presbycusie nécessitant une amplification achètent un appareil auditif et seulement 30% les utiliseront à long terme.

fluence dans le port des appareils et dans l'achat des appareils de 53%, alors que la demande par les audiologistes, les ORL ou les médecins de famille ont une influence de 20, 18 et 12% respectivement [25]. Des stratégies de communications décrites par Mamo et al. peuvent être mises en place: prise de parole face à face, diminution du bruit ambiant, parler lentement à la place de parler plus fort, dire clairement le sujet de conversation au départ, reformuler les demandes et non répéter la demande (meilleure intégration cérébrale) [26].

En Suisse, les assurances sociales (AVS, AI) financent par un forfait l'appareillage auditif. La prise en charge AVS est de Fr. 630.– forfaitaire pour une ou deux oreilles. Les personnes en âge AI bénéficient d'une prestation de Fr. 840.– pour une oreille et Fr. 1650.– pour deux oreilles. Le patient fait lui-même sa demande de prise en charge auprès de l'assurance, le forfait étant directement versé aux assurés. Ce n'est qu'après six ans (AI), respectivement cinq ans (AVS), que le versement du forfait peut être renouvelé. Il y a un forfait pour les piles de 80.– par an et un forfait de réparation de 200.– par an [27].

Actuellement, il est possible de trouver des appareils bon marchés dans certains magasins. Il faut savoir que ces appareils auditifs ne sont pas de appareils réglables mais seulement des amplificateurs pré-programmés apportant un bénéfice limité [28]. Souvent, ces appareils apportent trop d'amplification dans les basses fréquences où l'audition est encore bonne, et peu dans les hautes fréquences.

Correspondance:
Dr méd. Anne-Claude
Guinchart
Service d'ORL et cervico-facial
CHUV
Rue du Bugnon 46
CH-1011 Lausanne
anne-claude.guinchart[at]
chuv.ch

Si le patient refuse un appareillage, les professionnels de la santé peuvent aussi le guider vers la lecture labiale. Certains patients avec perte auditive sévère et qui ne peuvent plus tirer aucun bénéfice de leurs appareils auditifs peuvent bénéficier d'un implant cochléaire qui donne une meilleure discrimination auditive [29–31].

Conclusion

La communication connecte fondamentalement les personnes entre elles et à la vie. Améliorer l'audition

des personnes âgées améliore la fonction sociale et émotionnelle, les troubles mnésiques et la dépression. Le bénéfice sur la qualité de vie est évident. Il y a différentes options allant des stratégies de communication à l'amplification par appareillage pour améliorer la qualité de vie des milliers de personnes souffrant de presbycusie. Malheureusement, la compliance des patients à l'achat et au port des appareils est pauvre. Les médecins et la famille du patient sont d'une grande importance dans la promotion de l'aide auditive.

L'essentiel pour la pratique

- La presbycusie entraîne un retrait social, une augmentation de la dépression et des troubles de la mémoire. Elle augmente l'incidence de la démence, avec un risque d'hospitalisations et diminue la qualité de vie.
- Un dépistage de la surdité est recommandé dès l'âge de 60 ans.
- Les patients qui rapportent une perte auditive doivent être référés à un ORL.
- Le dépistage par la voix chuchotée et le questionnaire «Hearing Handicap Inventory for the Elderly» (HHIE) sont des bons outils.
- L'importance de la perte de l'audition est établi par deux tests audiométriques standards: l'audiogramme tonal et vocal dans le silence.
- Le «gold standard» de la prévention reste l'éviction des bruits forts et la protection auditive à long terme.
- L'amplification par appareillage est le traitement de choix de la presbycusie, si possible en stéréophonie (appareillage binaural).
- Un conseil approprié doit être donné aux personnes souffrant de presbycusie pour améliorer la compliance au port d'appareils auditifs.
- Des autres stratégies de communications peuvent être mises en place.
- Les patients avec perte auditive sévère et qui ne peuvent plus tirer aucun bénéfice de leurs appareils auditifs peuvent bénéficier d'un implant cochléaire.

Adresses utiles

www.ecoute.ch
www.atidu.ch
www.pro-audio.ch
www.akustika.ch
www.verband-hoerakustik.ch
www.agirpouurlaudition.org
www.soutiengestuel.ch

Remerciements

A Marion Brun, ORL, CHUV, pour les figures.

Disclosure statement

Les auteurs n'ont pas déclaré des obligations financières ou personnelles en rapport avec l'article soumis

Crédit photo

Photo p. 230: © Alexander Raths | Dreamstime.com

Références

La liste complète et numérotée des références est disponible en annexe de l'article en ligne sur www.medicalforum.ch.

Références

- 1 WHO. 2012. Interesting facts about ageing. Available: <http://www.who.int/ageing/about/facts/en/index.html>.
- 2 Lin F.R. Hearing loss in older adults: who's listening? *JAMA*. 2012 Mar 21;307(11):1147–1148.
- 3 Roth TN. Aging of the auditory system. *Handb. Clin. Neurol.* 2015;129:357–373.
- 4 Walling AD, Dickson GM. Hearing loss in older adults. *American Family Physician*. 2012;85(12):1150–1156.
- 5 Maire R. La presbycousie; Les facteurs exogènes et génétiques. *Geriatric Pratique/Praxis*. 2009 (2);N°1.
- 6 Gates GA, Mills JH. Presbycusis. *Lancet*. 2005;366:1111–20.
- 7 Yang CH, Schrepfer T, Schacht J. Age-related hearing impairment and the triad of acquired hearing loss. *Front. Cell. Neurosci.* 2015;9:276:1–11.
- 8 Lin FR, Thorpe R, Gordon-Salant S, Ferrucci L. Hearing loss prevalence and risk factors among older adults in the United States. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2011;66A(5):582–590.
- 9 Eckert M, Cüte S, Vaden K, Kuchinsky S, Dubno J. Auditory cortex signs of age-related hearing loss. *JARO*. 2012;13:703–713.
- 10 Thai-Van H, Veuillet E, Norena A, Guirand J, Collet L. Plasticity of tonotopic maps in humans: influence of hearing loss, hearing aids and cochlear implants. *Acta Oto-Laryngologica*. 2010;130:333–7.
- 11 Lin FR, Yaffe K, Xia J, Xue QL, Harris T, Purchase-Helzner E, et al. Hearing loss and cognitive decline among older adults. *JAMA Intern Med*. 2013;173:1–14.
- 12 Bainbridge K, Wallhagen M. Hearing loss in an aging american population: Extent, Impact, and Management. *Annu. Rev. Public Health*. 2014;35:139–152.
- 13 Amieva H, Ouvrard C, Giulioli C, Meillon C, Rullier L, Dartigues J-F. Self-Reported hearing loss, hearing aids, and cognitive decline in elderly adults: A 25-Years study. *J Am Geriatr Soc*. 2015;63:2099–2104.
- 14 Bagai A, Thavendiranathan P, Detsky AS. Does this patient have hearing impairment? *JAMA*. 2006;295(4):416–428.
- 15 Gates G, Rees T. Hear Ye? Hear Ye! Successful Auditory Aging. *West J Med*. 1997;167:247–252.
- 16 Ventry I.M., Weinstein B.E. The hearing handicap inventory for the elderly: a new tool. *Ear Hear*. 1982;3(3):128–134.
- 17 Bielefeld E, Tanaka C, Chen G, Henderson D. Age-related hearing loss: Is a preventable condition? *Hear Res*. 2010;264(1–2):98–107.
- 18 Gopinath B, Flood V, Rochtchina E, McMahon C, Mitchell P. Serum homocysteine and folate concentrations are associated with prevalent age-related hearing loss. *The Journal of Nutrition*. 2010;140:1469–1474.
- 19 Gopinath B, Flood V, Rochtchina E, McMahon C, Mitchell P. Consumption of omega-3 fatty acids and fish and risk of age-related hearing loss. *Am J Clin Nutr*. 2010;92:416–421.
- 20 Yueh B, Souza PE, McDowell JA, Collins MP, Loovis CF, et al. Randomized trial of amplification strategies. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001;127(19):1197–204.
- 21 Wong LLN, Hickson L, McPherson B. Hearing-aid satisfaction: What does research from the past 20 years say? *Trends in Amplifications*. 2003;7(4):117–61.
- 22 Knudsen LV, Öberg M, Nielsen C, Naylor G, Kramer SE. Factors influencing help seeking, hearing aid uptake, hearing aid use and satisfaction with hearing aids: A review of the literature. *Trends Amplif*. 2010;14:127–54.
- 23 McCormack A, Fortnum H. Why do people fitted with hearing aids not wear them? *Int J Audiol*. 2013;52:360–8.
- 24 Ho-Yee J, Yuen Loke A. Determinants of hearing-aid adoption and use among the elderly: a systematic review. *International Journal of Audiology*. 2015;54:291–300.
- 25 Kochkin S. MarkeTrak VIII: The key influencing factors in hearing aid purchase intent. *Hearing Review*. 2012;19(3):12–25.
- 26 Mamo S, Reed N, Nieman C, Oh E, Lin FR. Personal Sound amplifiers for Adults with Hearing loss. *The American journal of medicine*. 2016;129:245–250.
- 27 Office fédéral des assurances sociales OFAS: Directives à l'intention des médecins-experts ORL pour l'examen de la prise en charge d'appareils auditifs par les assurances sociales (AI et AVS). 1.07.2011
- 28 Callaway SL, Punch JL. An electroacoustic analysis of over-the-counter hearing aids. *Am J Audiol*. 2008;17(1):14–24.
- 29 Hamzavi J, Franz P, Baumgartner W.D, Gstöettner W. Hearing performance in noise of cochlear implant versus severely-profoundly hearing-impaired patients with hearing aids. *Audiology*. 2001;40(1):26–31.
- 30 Olze H, Gräbel S, Förster U, et al. Elderly patients benefit from cochlear implantation regarding auditory rehabilitation, quality of life, tinnitus, and stress. *Laryngoscope*. 2012;122(1):196–203.
- 31 Lin FR, Chien WW, Li L, Niparko J, Francis H. Cochlear implantation in older adults. *Medicine (Baltimore)*. 2012;91(5):229–241.