

Fig. 6. Distributions of numerically simulated fast wave attenuation. (a) Attenuation when the wave propagated from top surface. (b) Attenuation when the wave propagated from bottom surface.

4.2. Experimental results

Some examples of the experimentally observed waveforms are shown in Fig. 7. Fig. 7b is the result when the specimen was 9 mm thick and c was 5 mm thick. Fast and slow waves can be seen in both waveforms.

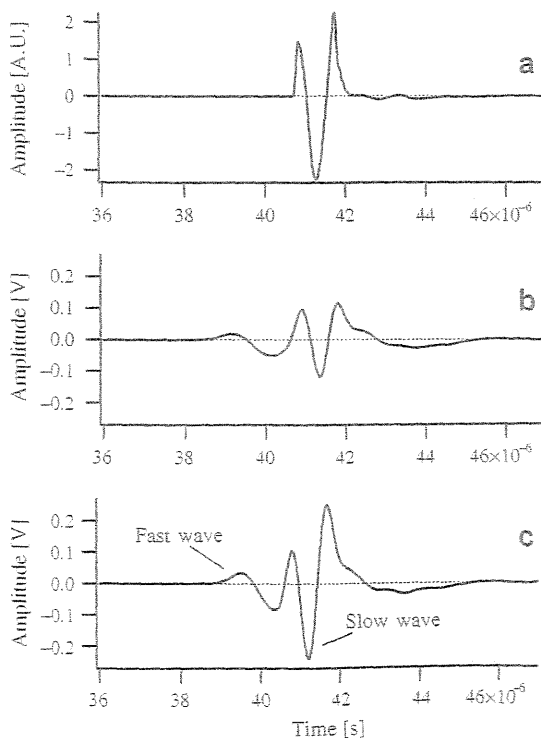


Fig. 7. Experimentally observed waveforms. (a) Without sample. (b) With sample of 9 mm thick. (c) With sample of 5 mm thick.

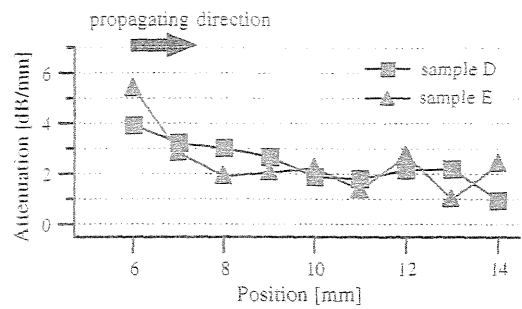


Fig. 8. Distributions of experimentally observed fast wave attenuation.

From the peak amplitudes of fast waves that passed through the sample with different thickness, the attenuation value at each position was obtained. Fig. 8 shows the attenuation of fast wave when the wave was transmitted from top surface. Similar to the simulation results, fast wave attenuation decreased due to the wave propagation. For direct comparison of simulation and experiments, we have measured the identical specimen D used for the simulation. The data is shown in Fig. 9. Due to the memory limitation, the simulation was done using the center part of the experi-

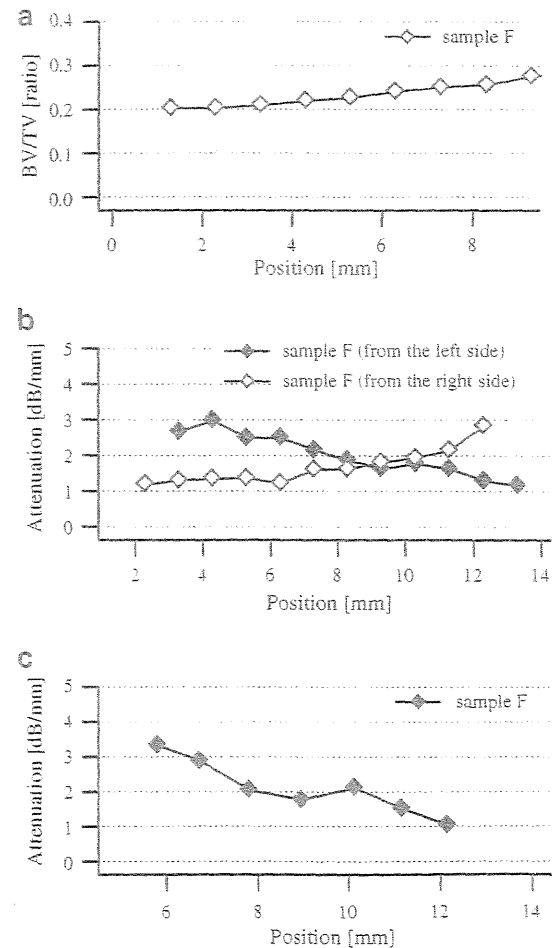


Fig. 9. Comparison of fast wave attenuation between the simulation and experiments. The sample used in simulation and experiment is identical. (a) Distributions of bone volume fraction of the sample. (b) Numerically simulated results of fast wave attenuation. (c) Experimentally observed results of fast wave attenuation.

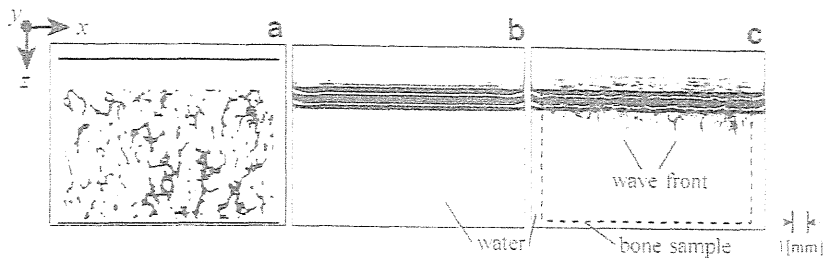


Fig. 10. Bone model and screenshots of the distribution of sound pressure at the central  $x$ - $y$  plane of the three-dimensional simulation field. (a) Bone model. The black structure indicates solid part (trabecula). (b) Screenshot without sample at  $2.5 \mu\text{s}$ . Clear wavefront can be seen. (c) Screenshot with sample at  $2.5 \mu\text{s}$ . Fast and slow waves can be seen.

mentally measured specimen. Here, we can again find the reasonable accordance in the behavior of attenuation.

#### 4.3. Discussions

In this study, the precise attenuation of slow waves could not be obtained because the amplitudes were often affected by the superposition of fast wave. As can be seen in Fig. 7, the amplitudes of fast wave sometimes reach around 10% of the amplitudes of slow wave, which induces the effect on the attenuation of slow waves.

In both simulated and experimental results, attenuation values of fast wave were the highest at the beginning. The attenuation of fast wave, then, decreased monotonously and finally showed almost steady value. The monotonous decreases were similar in all samples with comparatively constant BV/TV, telling poor dependence on the structure fluctuation. This becomes clearer in Fig. 9 of the direct comparison between the simulation and experiments. The attenuation behavior was similar in both simulation and experiments, showing the higher attenuation at the beginning. The comparatively small simulated attenuation at the beginning of the propagation from the bottom seems to come from the larger BV/TV values of this area. Considering the large amount of trabeculae in this area, the attenuation of fast wave is possibly small.

One reason for this interesting attenuation phenomenon is considered to come from the complicated propagation path of propagating waves. The fast wave mainly propagates in the trabeculae of cancellous bone [17–19]. The alignment of the trabeculae is not always parallel to the direction of propagation. This implies that there is some dispersion in the propagating path of fast wave due to the random alignment of trabeculae. Fig. 10a, b and c show the screenshots of the distribution of sound pressure (in liquid portion) or root-mean-square value of normal stresses (in solid portion) at the central  $x$ - $y$  plane of the three-dimensional simulation field. The bone model is shown in Fig. 10a. The black structure indicates solid part (trabeculae). For comparison, Fig. 10b shows the distribution of sound pressure of wave in water. We can see clear wave front in Fig. 10b. Fig. 10c is the result of the wave that passed through the bone model. The complicated wave front can also be seen. We can also see fast wave propagation in bone model, which corresponds with the trabeculae structure. Due to the various paths, the wavefront position of fast wave would not be uniform in this state. This irregularity of wave front then seems to cause the apparent higher attenuation of fast wave. In addition, as can be seen in Figs. 4 and 7, the fast wave peaks were always separated from the slow wave in this simulation and measured data. This possibly indicates little effects of slow waves on the first peak of fast wave in this state. However, one should note that the mutual effects of fast and slow waves should be considered in the exact initial state of wave propagation.

These results tell us that the fast wave requires certain propagation distance to form in-phase wave front and steady attenuation. This also means that the fast wave attenuation is difficult to be used as an indicator of the structural properties of cancellous bone for the characterization of thin cancellous bone samples.

#### 5. Conclusion

Using the 3-D X-ray CT model of a bovine cancellous bone, the attenuation of fast waves was discussed by numerical simulation and experiments. The attenuation of fast wave was higher in the early state of propagation and gradually decreased as the propagation proceeds. This tells us the fast wave requires certain propagation distance for steady propagation. It seems then that the fast wave attenuation is not suitable as a parameter for precise evaluation of thin cancellous bone.

#### Acknowledgments

Authors would appreciate the measurement of X-ray micro focus CT to Shimadzu Corporation. Authors would also appreciate the processing of bone samples to Ms. Najac Marion at Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles in Paris.

This study was partly supported by a bilateral joint project between JSPS and CNRS, in addition to the Academic Research Frontier project of Doshisha University and Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan. Some parts of this study were also supported by the project, "Open Competition for the Development of Innovative Technology" of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. This work was also supported by Grants-in-Aid for Research on Indoor Environmental Medicine of Nara Medical University.

#### References

- [1] C.F. Njeh, D. Hans, T. Fuerst, *Quantitative Ultrasound: Assessment of Osteoporosis and Bone Status*, first ed., Taylor & Francis, 1999.
- [2] F. Padilla, F. Peyrin, P. Laugier, Prediction of backscatter coefficient in trabecular bones using a numerical model of 3D microstructure. *J. Acoust. Soc. Am.* 113 (2) (2003) 1122–1129.
- [3] F. Jenson, F. Padilla, P. Laugier, Prediction of frequency-dependent ultrasonic backscatter in cancellous bone using statistical weak scattering model. *Ultrasound. Med. Biol.* 29 (3) (2003) 455–464.
- [4] F. Jenson, F. Padilla, V. Bousson, C. Bergot, J.-D. Laredo, P. Laugier. In vitro ultrasonic characterization of human cancellous femoral bone using transmission and backscatter measurements: Relationships to bone mineral density. *J. Acoust. Soc. Am.* 119 (1) (2006) 654–663.
- [5] A. Hosokawa, T. Otani, Ultrasonic wave propagation in bovine cancellous bone. *J. Acoust. Soc. Am.* 101 (1997) 558–562.
- [6] A. Hosokawa, T. Otani, T. Suzuki, Y. Kubo, S. Takai, Influences of trabecular structure on ultrasonic wave propagation in bovine cancellous bone. *Jpn. J. Appl. Phys.* 36 (5B) (1997) 3233–3237.
- [7] T. Otani, Quantitative estimation of bone density and bone quality using acoustic parameters of cancellous bone for fast and slow waves. *Jpn. J. Appl. Phys.* 44 (6B) (2005) 4578.

- [8] M.A. Biot, Generalized theory of acoustic wave propagation in porous dissipative media, *J. Acoust. Soc. Am.* 34 (1962) 1254–1264.
- [9] K.A. Lee, H.S. Roh, S.W. Yoon, Acoustic wave propagation in bovine cancellous bone: application of the modified Biot-Attenborough model, *J. Acoust. Soc. Am.* 114 (2003) 2284–2293.
- [10] K.A. Wear, A stratified model to predict dispersion in trabecular bone, *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control* 48 (4) (2001) 1079–1083.
- [11] G. Luo, J.J. Kaufman, A. Chiabrera, B. Bianco, J.H. Kinney, D. Haupt, J.T. Ryaby, R.S. Siffert, Computational methods for ultrasonic bone assessment, *Ultrasound. Med. Biol.* 25 (5) (1999) 823–830.
- [12] A. Hosokawa, Simulation of ultrasound propagation through bovine cancellous bone using elastic and Biot's finite-difference time-domain methods, *J. Acoust. Soc. Am.* 118 (2005) 1782–1789.
- [13] E. Bossy, F. Padilla, F. Peyrin, P. Laugier, Three-dimensional simulation of ultrasound propagation through trabecular bone structures measured by synchrotron microtomography, *Phys. Med. Biol.* 50 (2005) 5545–5556.
- [14] F. Padilla, E. Bossy, C. Haïat, F. Jenson, P. Laugier, Numerical simulation of ultrasound transmission in cancellous bone, in: *Ultrasonics Symposium, 2005 IEEE*, vol. 4, 2005, pp. 2022–2025.
- [15] F. Padilla, E. Bossy, P. Laugier, Simulation of ultrasound propagation through three-dimensional trabecular bone structures: Comparison with experimental data, *Jpn. J. Appl. Phys.* 45 (8A) (2006) 6496–6500.
- [16] C. Haïat, F. Padilla, F. Peyrin, P. Laugier, Variation of ultrasonic parameters with microstructure and material properties of trabecular bone: A 3D model simulation, *J. Bone. Miner. Res.* 22 (5) (2007) 665–674.
- [17] Y. Nagatani, H. Imaizumi, T. Fukuda, M. Matsukawa, Y. Watanabe, T. Otani, Applicability of finite-difference time-domain method to simulation of wave propagation in cancellous bone, *Jpn. J. Appl. Phys.* 45 (9A) (2006) 7186–7190.
- [18] Y. Nagatani, H. Imaizumi, T. Fukuda, M. Matsukawa, Yoshiaki Watanabe, Takahiko Otani, FDTD Simulation on the wave propagation in the cancellous Bone, 8e Congrès Française d'Acoustique – Proceedings, 2006, 681–684.
- [19] L. Cardoso, F. Teboul, L. Sedel, C. Oddou, A. Meunier, In vitro acoustic waves propagation in human and bovine cancellous bone, *J. Bone. Miner. Res.* 18 (2003) 1803–1812.
- [20] K.S. Yee, Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media, *IEEE Trans. Antennas Propag.* AP-14 (3) (1966) 302–307.
- [21] C. Haïat, F. Padilla, R. Barkmann, C.C. Glüer, P. Laugier, Numerical simulation of the dependence of quantitative ultrasonic parameters on trabecular bone microarchitecture and elastic constants, *Ultrasonics* 44 (2006) e289–e294.
- [22] S. Chaffai, V. Roberjot, F. Peyrin, G. Berger, P. Laugier, Frequency dependence of ultrasonic backscattering in cancellous bone: Autocorrelation model and experimental results, *J. Acoust. Soc. Am.* 108 (2000) 2403–2411.
- [23] Y. Yamato, H. Kataoka, M. Matsukawa, K. Yamazaki, T. Otani, A. Nagano, Distribution of longitudinal wave velocities in bovine cortical bone in vitro, *Jpn. J. Appl. Phys.* 44 (6B) (2005) 4622–4624.
- [24] Y. Yamato, M. Matsukawa, T. Otani, K. Yamazaki, A. Nagano, Distribution of longitudinal wave properties in bovine cortical bone in vitro, *Ultrasonics* 44 (2006) e233–e237.
- [25] Y. Yamato, M. Matsukawa, K. Yamazaki, H. Mizukawa, T. Yanagitani, A. Nagano, Correlation between hydroxyapatite crystallite orientation and ultrasonic wave velocities in bovine cortical bone, *Calcif. Tissue Int.* 82 (2008) 162–169.
- [26] M. Sasso, C. Haïat, Y. Yamato, S. Naili, M. Matsukawa, Frequency dependence of ultrasonic attenuation in bovine cortical bone: An in vitro study, *Ultrasound. Med. Biol.* 33 (2007) 1933–1942.
- [27] Y. Tanikaga, T. Sakaguchi and Y. Watanabe, A study on analysis of intracranial acoustic wave propagation by finite difference time domain method, in: *Proceedings of Forum Acusticum, Sevilla, 2002*.

## 技術報告

## 親密度別単語理解度試験用音声データセット (FW03) 単音節音声のラウドネス校正\*

長谷芳樹<sup>\*1</sup> 橘 亮輔<sup>\*2</sup> 阪口剛史<sup>\*1</sup> 細井裕司<sup>\*1</sup>

【要旨】近年、日本語単語及び単音節の聴取実験に「親密度別単語理解度試験用音声データセット (FW03)」(NII 音声資源コンソーシアム, 2006) が広く用いられている。しかし、FW03 の音声レベルは等価騒音レベルが等しくなるよう校正されているため、特に単音節音声の聴感レベルが試験語ごとに大きく異なるという問題があった。そこで我々は、単音節音声について聴取実験によるラウドネス校正を行い、その校正値を公開することとした。実験の結果、必要な補正量は最大で 12 dB を超えていた。FW03 の単音節音声を用いる際には、この校正値を適用することが望ましい。

キーワード FW03, 単音節, ラウドネス, 校正

FW03, Monosyllabic speech sounds, Loudness, Calibration

## 1. はじめに

近年、日本語単語及び単音節の聴取実験に「親密度別単語理解度試験用音声データセット (FW03) [1]」が広く用いられている。FW03 には、坂本らが提案した親密度別単語リスト 4,000 語 [2] と、日本語単音節 100 音節について、それぞれ男女 2 名ずつ、計 4 名の話者 (fhi, fto, mis, mya) の音声が取録されている。しかし、FW03 の音声レベルは等価騒音レベルが等しくなるよう校正されているため、特に単音節音声の聴感レベルが試験語ごとに大きく異なるという問題があった [3]。

坂本らは語音聴取閾値 (Speech Reception Threshold: SRT) による聴感レベル校正を行っている [3] が、一般に SRT を揃えても語音のラウドネスが一致するとは限らない。このため、ラウドネスの違いが何等かの手掛かりとなって、聴取実験等に悪影響を及ぼす可能性がある。

このため我々は、聴取実験により FW03 単音節音声のラウドネス校正を進めてきた [4]。今回、4 話者の校正値の策定が完了したため、報告する。

## 2. 実験方法

日本語を母語とする健聴 (純音聴力検査 4 分法

\* Loudness calibration of monosyllabic speech sounds in FW03,

by Yoshiki Nagatani, Ryosuke Tachibana, Takefumi Sakaguchi and Hiroshi Hosoi.

<sup>\*1</sup> 奈良県立医科大学医学部耳鼻咽喉・頭頸部外科学講座

<sup>\*2</sup> 同志社大学大学院工学研究科知覚・認知機構研究室 (問合せ先: 長谷芳樹 〒651-2194 神戸市西区学園東町 8-3 神戸市立工業高等専門学校)

(2008 年 5 月 9 日受付, 2008 年 6 月 30 日採録決定)

30 dBHL 以内) な男女 (23~30 歳) を被験者とした。被験者数は、話者 fhi と mis について 21 名, fto と mya について 19 名の、延べ 40 名であった。刺激は防音室内でオーディオメータ (モリタ, SA-50A 及びリオン, AA-76) の気導受話器を通じて聴力の良い片耳に呈示した。呈示レベルは、FW03 に収録されている 1 kHz 校正音が 60 dB SPL となるように設定した。

基準音節を /a/, 比較音節を /a/ を除く 99 音節からランダムに選んだ 1 音節とし、これらを交互に繰り返し呈示して、ラウドネスが等しくなるまで比較音節の音圧を被験者に調整させた。基準音節の等価騒音レベルは常に 60 dB となるように固定した。音圧の調整は 1 dB 刻みとし、操作はすべて PC に接続されたマウスで行わせた。試行開始時の音圧は、予備実験で得られた話者及び音節ごとの値を中心とし、平均値 -9 ~ -12 dB もしくは平均値 +9 ~ +12 dB の範囲からランダムに設定した。オンセット間隔は 500 ms とした。なお、各音節の平均時間長は約 300 ms であった。

比較音節が /a/ 以外の音節である 99 試行に加えて、比較音節が基準音節と同じ /a/ である試行をランダムに 5 回挿入した。その 5 試行の結果の最大値と最小値の差が 6 dB 以上となっている被験者は解析対象から除外した。結果、有効標本数は、話者 fhi, fto, mis, mya につきそれぞれ 19 名であった。また、各音節の結果から、最大値と最小値を除外した。

## 3. 結果

結果の平均値と標準誤差を表-1 に示す。これは、それぞれの話者の /a/ を 0 dB としたとき、各音節を記載のレベルで呈示した場合にラウドネスが等しく知覚さ

表-1 FW03 単音節音のラウドネス校正値 [dB]

音節	fni		fno		mis		mya		音節	fni		fno		mis		mya	
	平均	S.E.	平均	S.E.	平均	S.E.	平均	S.E.		平均	S.E.	平均	S.E.	平均	S.E.	平均	S.E.
あ	—	—	—	—	—	—	—	—	あ	-4.8	0.4	-0.9	0.4	-2.2	0.6	-1.6	0.5
い	-8.0	0.6	-6.1	0.6	-6.8	0.7	-8.6	0.7	じ	-6.8	0.4	-5.9	0.5	-9.4	0.6	-8.0	0.6
う	-7.2	0.9	-6.0	0.4	-10.5	0.6	-8.5	0.8	ず	-9.1	0.6	-7.8	0.5	-11.6	0.8	-8.1	0.5
え	-4.0	0.6	-5.0	0.7	-5.2	0.4	-5.5	0.6	ぞ	-7.8	0.5	-4.5	0.6	-5.4	0.6	-5.1	0.6
お	-5.2	0.6	-3.8	0.8	-5.8	0.5	-4.2	0.7	ぞ	-5.5	0.4	-2.2	0.6	-6.2	0.4	-5.4	0.5
か	-0.3	0.4	-2.2	0.5	-0.9	0.4	0.2	0.6	だ	-2.2	0.5	-1.1	0.4	-2.8	0.4	-1.4	0.4
き	-5.7	0.6	-8.1	0.7	-7.9	0.7	-6.2	0.4	て	-6.1	0.6	-4.7	0.4	-5.6	0.5	-4.1	0.5
く	-7.0	0.8	-5.8	0.8	-10.1	0.5	-7.9	0.7	ど	-5.8	0.6	-3.4	0.5	-8.4	0.5	-4.8	0.4
け	-5.4	0.7	-5.7	0.4	-6.0	0.4	-5.6	0.6	ば	-0.5	0.6	-1.8	0.5	-2.6	0.5	1.0	0.6
こ	-1.1	0.5	-2.2	0.5	-2.4	0.6	-3.5	0.5	び	-5.6	0.6	-6.3	0.7	-9.8	0.7	-6.7	0.7
さ	-1.5	0.6	-0.6	0.5	-2.5	0.7	-2.3	0.5	ぶ	-8.1	0.7	-7.8	0.5	-10.5	0.6	-7.3	0.7
し	-8.5	0.7	-8.7	0.8	-8.4	0.6	-9.6	0.5	べ	-7.0	0.6	-5.1	0.6	-7.3	0.6	-6.1	0.7
す	-7.0	0.8	-8.1	0.6	-10.5	0.6	-9.6	0.5	ぼ	-1.5	0.5	0.1	0.7	-7.1	0.5	-5.4	0.4
せ	-8.0	0.7	-6.7	0.7	-7.6	0.5	-6.6	0.8	ば	0.1	0.5	-2.8	0.5	-0.9	0.7	1.6	0.4
そ	-6.9	0.7	-3.2	0.7	-5.8	0.7	-3.5	0.4	び	-6.7	0.9	-6.4	0.7	-8.5	0.4	-7.1	0.7
た	-0.9	0.6	-0.6	0.6	-0.3	0.5	-1.4	0.5	ぶ	-7.6	0.7	-5.3	0.4	-12.0	0.7	-6.8	0.5
ち	-7.5	0.8	-5.9	0.6	-7.3	0.7	-4.9	0.8	べ	-7.5	0.5	-4.9	0.7	-5.5	0.5	-5.5	0.4
つ	-8.0	0.5	-7.2	0.6	-10.4	0.5	-9.2	0.4	ぼ	-1.8	0.8	-0.8	0.4	-1.7	0.4	-2.1	0.7
て	-5.2	0.7	-5.3	0.5	-6.4	0.4	-5.8	0.4	きゃ	-2.5	0.6	-1.4	0.5	-0.8	0.4	-1.9	0.4
と	-3.3	0.5	-1.2	0.5	-3.4	0.6	-3.5	0.6	きゅ	-4.6	0.5	-8.2	0.6	-8.7	0.7	-6.9	0.7
な	-3.6	0.4	0.1	0.5	-4.2	0.7	-2.2	0.5	きよ	-4.8	0.4	-1.4	0.5	-4.1	0.4	-3.8	0.6
に	-5.9	0.7	-4.8	0.7	-6.2	0.6	-9.2	0.9	しゃ	-0.8	0.6	-1.6	0.3	-2.3	0.3	-1.4	0.4
ぬ	-7.0	0.5	-5.2	0.5	-11.1	0.7	-9.3	0.6	しゅ	-7.5	0.6	-6.5	0.6	-9.6	0.6	-8.9	0.6
ね	-7.9	0.4	-2.8	0.6	-6.2	0.5	-5.6	0.6	しょ	-6.2	0.5	-4.5	0.6	-3.5	0.6	-3.1	0.5
の	-5.9	0.5	-3.5	0.6	-4.5	0.5	-3.3	0.4	ちゃ	-1.3	0.6	-0.7	0.6	-0.7	0.5	-0.6	0.6
は	1.7	0.6	-0.5	0.6	-0.8	0.5	-2.1	0.5	ちゅ	-7.2	0.4	-6.4	0.8	-9.9	0.6	-8.4	0.5
ひ	-6.5	0.7	-6.2	0.6	-6.6	0.7	-7.6	0.6	ちよ	-5.4	0.5	-3.5	0.6	-3.4	0.3	-2.3	0.5
ふ	-9.5	0.8	-6.0	0.6	-12.6	0.5	-7.1	0.5	にゃ	-3.8	0.6	-3.2	0.5	-5.6	0.5	-1.4	0.3
へ	-6.4	0.5	-5.0	0.5	-6.4	0.6	-5.2	0.7	にゅ	-6.3	0.8	-5.9	0.6	-7.5	0.6	-8.9	0.6
ほ	-5.1	0.6	-1.7	0.8	-4.1	0.4	-3.9	0.6	によ	-4.8	0.5	-5.8	0.7	-3.5	0.5	-2.6	0.6
ま	-0.1	0.4	-2.8	0.5	-2.3	0.4	-1.5	0.3	ひゃ	-0.8	0.7	-2.0	0.4	-2.1	0.4	-0.4	0.7
み	-6.1	0.7	-5.5	0.3	-7.5	0.7	-7.8	0.8	ひゅ	-6.1	0.7	-6.3	0.7	-11.1	0.5	-7.1	0.6
む	-6.3	0.6	-5.6	0.7	-7.9	0.6	-10.5	0.7	ひよ	-6.1	0.5	-3.4	0.6	-1.3	0.4	-2.8	0.7
め	-5.6	0.6	-5.0	0.6	-5.8	0.4	-6.4	0.5	みゃ	-3.0	0.4	-2.3	0.5	-2.2	0.3	-2.0	0.5
も	-2.5	0.6	-1.2	0.5	-7.3	0.5	-4.1	0.6	みゅ	-5.3	0.6	-6.5	0.5	-8.3	0.6	-7.9	0.8
や	-2.4	0.6	-1.4	0.6	-1.4	0.6	-4.1	0.4	みよ	-7.0	0.5	-4.5	0.6	-3.5	0.6	-5.1	0.4
ゆ	-6.3	0.7	-6.6	0.6	-9.8	0.6	-9.0	0.5	りゃ	-2.5	0.4	-1.1	0.7	-7.3	0.6	-2.4	0.4
よ	-5.2	0.6	-3.2	0.9	-4.8	0.4	-2.6	0.6	りゅ	-7.9	0.5	-4.5	0.8	-8.4	0.6	-6.1	0.7
ら	-0.8	0.6	1.9	0.4	0.3	0.5	-0.8	0.5	りよ	-4.6	0.7	-3.8	0.7	-3.6	0.5	-3.6	0.7
り	-7.6	0.8	-7.1	0.5	-9.2	0.5	-6.2	0.7	ぎゃ	-1.7	0.4	-2.0	0.5	-5.1	0.5	-3.1	0.6
る	-7.3	0.7	-7.4	0.6	-9.3	0.7	-7.2	0.6	ぎゅ	-8.1	0.8	-5.9	0.7	-9.5	0.6	-7.6	0.6
れ	-5.8	0.5	-3.8	0.7	-5.2	0.5	-5.8	0.6	ぎよ	-4.2	0.5	-3.7	0.5	-8.4	0.5	-2.9	0.5
ろ	-4.6	0.6	-1.5	0.5	-2.9	0.3	-3.8	0.6	じゃ	-1.8	0.3	-1.7	0.4	-1.5	0.4	-3.0	0.4
わ	-0.5	0.5	0.5	0.6	0.8	0.5	-0.2	0.5	じゅ	-7.6	0.5	-6.1	0.5	-10.0	0.5	-7.9	0.6
が	-0.6	0.5	0.5	0.5	-2.6	0.4	-0.8	0.5	じよ	-5.9	0.6	-3.6	0.6	-2.6	0.5	-4.2	0.6
ぎ	-7.3	0.6	-7.6	0.5	-9.0	0.7	-8.4	0.4	びゃ	-2.2	0.5	-1.6	0.4	-5.0	0.5	-2.4	0.5
ぐ	-5.1	0.7	-5.8	0.8	-10.1	0.7	-9.6	0.4	びゅ	-7.1	0.5	-5.6	0.6	-7.8	0.5	-6.5	0.5
げ	-5.5	0.5	-4.9	0.5	-5.5	0.7	-6.6	0.4	びよ	-4.7	0.4	-4.0	0.6	-5.8	0.6	-3.7	0.8
ご	-5.1	0.6	-2.5	0.7	-7.1	0.5	-3.8	0.5	びゃ	-0.6	0.5	-2.5	0.4	-1.8	0.6	-1.8	0.5
									びゅ	-7.8	0.9	-5.5	0.5	-7.6	0.7	-5.5	0.6
									びよ	-4.9	0.5	-2.7	0.6	-1.8	0.4	-3.4	0.5

図-1 母音/a/に由来するロケット音節間の差を小さくするために、図-1の音節聴取指標では、今後、表-1の値を用いることとする。

表-1の値を用いて、図-1の音節聴取指標に修正を加えることとする。

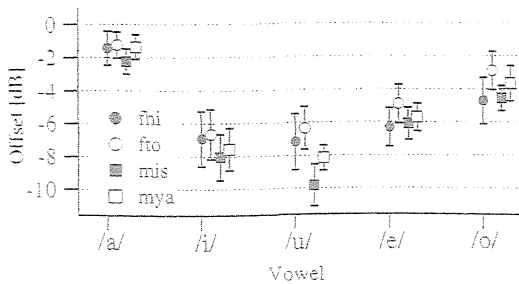


図-1 母音別の平均ラウドネス補正值  
/a/には、母音/a/と、後続母音が/a/である単音節が含まれる。/i/, /u/, /e/, /o/についても同様である。プロットは表-1に示した校正値の平均値、エラーバーは音節間の標準偏差を示す。

れることを示している。表-1より、等価騒音レベルが等しくなるように調整した場合には、ラウドネスを揃えるために音節によっては最大 12 dB 以上の補正が必要であることを示している。このことは、少なくとも単音節聴取時の聴感レベルは等価騒音レベルという物理指標では正確に表すことができないことを示している。

今後、FW03 語表を聴取実験に用いる場合には、本表により表示レベルの補正を行うことが望ましい。これらの校正値の電子データは著者までご請求いただきたい。(請求先: FW03@nagatani.ne.jp)

#### 4. 考 察

表-1 の結果を各話者について母音別にまとめたものを図-1 に示す。図中/a/は、母音/a/及び後続母音が/a/である単音節(全 26 音節)の平均値を示す。/i/ (12 音節)、/u/ (24 音節)、/e/ (13 音節)、/o/ (25 音節)についても同様である。図-1 より、語音の表示レベルを等価騒音レベルで揃えた場合、母音が/a/である音節に比して、母音が/i/, /u/, /e/, /o/である音節は、2ないし 8 dB ほど小さく補正しないとラウドネスが等しくならぬことが分かる(すなわち、同一の等価騒音レベルではラウドネスは大きく知覚される)。この原因として、単音節のような短時間かつ非定常な音刺激の感覚量を表すのに、A 特性や等価騒音レベルの適用は適切ではない可能性がある。単音節のラウドネスを表す物理指標の適切性については、今後詳細な検討

が必要である。

#### 謝 辞

本研究は、奈良県立医科大学寄附講座住居医学研究奨励金の助成を得て行われた。また、本研究を進めるにあたり、同志社大学大学院工学研究科インテリジェント情報工学科知的機構研究室の柳田益道教授の多大なる協力を得た。この場を借りて、深く謝意を表す。本研究は、国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所の森浩一先生の貴重なご助言が発端となった。ここに厚く謝意を表す。

#### 文 献

- [1] 天野成昭, 近藤公久, 坂本修一, 鈴木陽一, “親密度別単語理解度試験用音声データセット (FW03),” NII 音声資源コンソーシアム (2006).
- [2] 坂本修一, 鈴木陽一, 天野成昭, 小澤賢司, 近藤公久, 曾根敏夫, “親密度と音韻バランスを考慮した単語理解度試験用リストの構築,” 音響学会誌, 54, 842-849 (1998).
- [3] 坂本修一, 吉川忠祐, 鈴木陽一, 天野成昭, 近藤公久, “語音聴取域値に基づいた FW03 単語音声の聴感レベル校正,” 音講論叢, pp. 307-308 (2005.3).
- [4] 長谷芳樹, 阪口剛史, 細井裕司, “FW03 単音節音声のラウドネス校正,” 音講論叢, pp. 609-610 (2008.3).

#### 長谷 芳樹

2006 年同志社大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程(後期課程)修了。奈良県立医科大学特別研究員を経て、2008 年神戸市立工業高等専門学校電子工学科講師。博士(工学)。

#### 橋 亮輔

2006 年同志社大学大学院工学研究科知識工学専攻博士課程(前期課程)修了。現在、同志社大学大学院生命医学研究科生命医学専攻博士課程(後期課程)在学中。修士(工学)。

#### 阪口 剛史

2002 年同志社大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程(後期課程)修了。現在、奈良県立医科大学助教。博士(工学)。

#### 細井 裕司

1975 年奈良県立医科大学卒。近畿大学医学部助手、講師、助教授を経て、1999 年奈良県立医科大学教授。医学博士。

## 軟骨導音の方向感に関する基礎的検討\*

○阪口剛史, △斉藤修, 細井裕司 (奈良医大)

## 1 はじめに

外耳道閉鎖症や鼓膜大穿孔などを有する症例においては、伝音系の損失を補うために、骨導補聴器や骨固定型補聴器(BAHA<sup>®</sup>: Bone Anchored Hearing Aid)を用いた補聴が行われることがある。しかしながら、骨導補聴器の使用には、

- ・ 振動子の圧着
- ・ 振動子の固定

の必要があるなどの欠点に伴い、BAHA<sup>®</sup>においては、

- ・ 台座の埋め込み手術が必要
- ・ 台座の「ねじ込み過ぎ」に伴う、頭蓋骨貫通の危険性
- ・ 術部からの感染の危険性

などの問題点があることが否定できない。

そこで我々は前報[1]において、振動子固定に伴う痛みがなく、手術も必要としない、新たな補聴手法である軟骨導補聴を提案し、その有用性に関する基礎的検討を報告した。

今回、軟骨導補聴器を試作し、両側外耳道閉鎖症患者がそれを装用したときの自由音場における聴力を測定した。また、左耳に気導補聴器、右耳に軟骨導補聴器を装用し、被験者が両耳聴をおこなったときの、聴取音の方向感について測定したので併せて報告する。

## 2 方法

## 2.1 対象

被験者は、11歳男児の両側外耳道閉鎖症患者1名とした。本症例は、聴力が右70 dB、左56 dBの伝音性難聴であったことから、4歳から骨導補聴器を使用していたが、骨導振動子の圧着で次第に耳後部が陥凹した。そのため、骨導補聴器の継続的利用に当人が難色を示したことから、左外耳道の骨性閉鎖を削り、外耳道および鼓膜形成を行う手術が行われた。その術後は、聴力に改善が認められ、補聴器が不用な期間もあったが、後の形成鼓

膜の浅在化などから、現在は気導補聴器を左耳に装用している。補聴器装用は、左耳のみで右耳にはしていない。

Fig. 1は、自由音場において測定した現在の聴力を示している。本聴力測定は、オーディオメータ AA-76(RION)およびスピーカ A822(JBL)を用い、本学附属病院聴力検査室内の防音室にて行われた。ただし、気導補聴器 HB-15(RIONET)の設定は、被験者が通常使用している設定とした。

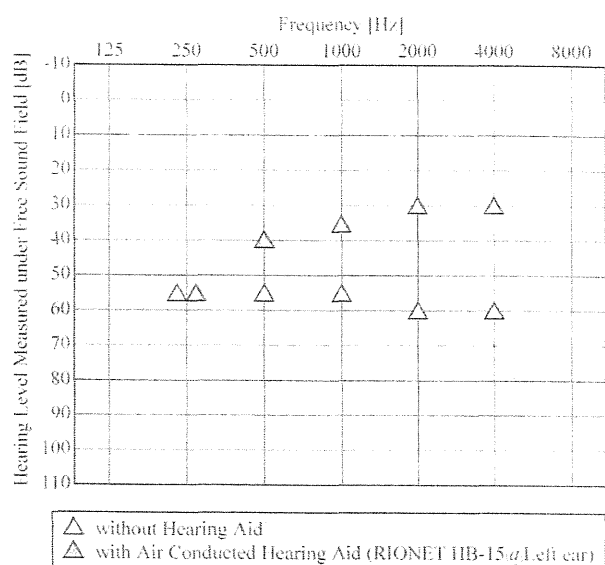


Fig. 1 Hearing level measured under free sound field.

## 2.2 軟骨導補聴器 (試作器) の装着

試作した軟骨導補聴器を Fig. 2 に示す。本器は、箱形補聴器を改造したもので、音呈用の軟骨導振動子と、電源、マイクロホン、増幅回路などを含む本体部から構成されている。被験者の右耳にその軟骨導補聴器を装着し、聴取音が MCP レベルとなるよう被験者自身に調整させたときの自由音場における聴力レベルを Fig. 3 に示す。ただし、このとき装用している補聴器は、右耳の軟骨導補聴器のみで、常用している左耳の気導補聴器は装

\* Sound direction perception using cartilage conduction hearing-aid, by SAKAGUCHI, Takefumi, SAITO, Osamu and HOSOI, Hiroshi (Nara Medical University).

音していない。

### 2.3 軟骨導補聴器装着時の方向感の測定

被験者は、幼少時から右耳が高度難聴で、また、本実験を行うまで骨導・気導いずれの補聴器も左耳にのみ装着してきたことから、「これまで両耳聴はほとんどできておらず、音の方向感は体験したことがないに等しい」と実験前に語っていた。

そこで、本実験においては、被験者の「音の方向感」を以下のように簡易的に測定した。

- ・ 被験者は、左耳に気導補聴器を、右耳には前述のように出力調整をした軟骨導補聴器を閉眼状態で装着。
- ・ 被験者から距離 1 m 離れた話者が、被験者の前・後・左・右のいずれかに移動し「音源は前後左右のうち、どちらにありますか。」と問う。
- ・ 被験者は、聴取音の音源の方向を口頭で回答。

### 3 結果および考察

試作した軟骨導補聴器を両側外耳道閉鎖症の本症例に装着させた。その結果、現在左耳に常用している気導聴力補聴器による聴力補償とほぼ同程度の補償が軟骨導補聴器単体で可能であることが分かった。

また、本症例の左耳に気導補聴器、右耳に軟骨導補聴器を装着させ、音の方向感に関する簡易な検査を行ったところ、誤答も若干見られたが、正答率 85 % と両耳聴が行われている可能性が示唆される結果が得られた。

本実験で行った軟骨導補聴器による補聴は、初めに述べた既存の骨導補聴器や BAHA<sup>®</sup>の問題点を解消し、かつ、骨導音では困難であると考えられている「音の方向感の知覚」についても優位性がある可能性が示唆される。このことは、外耳道閉鎖症などの症例、特に本症例のような両側外耳道閉鎖症の患者に対しては、有用な補聴手段となり得ることが示唆された。

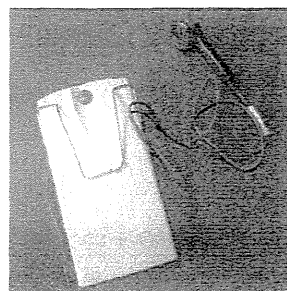


Fig. 2 Cartilage conducted hearing aid (prototype).

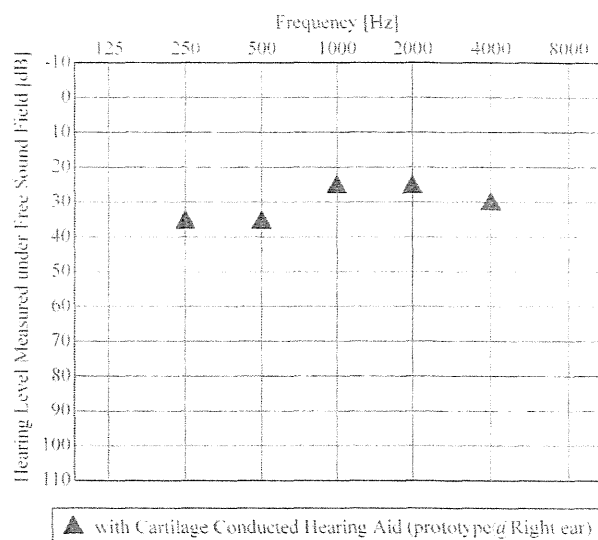


Fig. 3 Hearing level measured under free sound field.

[trial]	direction of the speaker	answer of the listener	
1	rear	rear	correct
2	front	front	correct
3	rear	left	wrong
4	left	right	wrong
5	right	right	correct
6	front	front	correct
7	rear	rear	correct
8	left	left	correct
9	left	left	correct
10	front	front	correct
11	right	right	correct
12	left	left	correct
13	rear	rear	correct

Fig. 4 Direction of the sound source and the listener's answer.

### 謝辞

本研究の一部は、文部科学省 科学研究費補助金 (18390462)の補助を受けて行われた。

### 参考文献

- [1] 阪口, 細井, 音講論 (春), 555-556, 2008.



〔坂口剛史、細井裕司〕

奈良県立医科大学 医学部 耳鼻咽喉・頭頸部外科学講座

### 【はじめに】

外耳道閉鎖症や鼓膜大穿孔などを有する症例においては、伝音系のロスを補うために、骨導補聴器を用いた補聴が行われることがある。しかしながら、骨導補聴器の使用には、

- ・振動子の圧着
- ・振動子の固定

の必要があるなどの欠点に伴う。振動子の長時間の圧着は、痛みを伴うことが多く、敬遠されることが少なくない。また、振動子の固定には、ヘッドバンド様のもの、あるいは、眼鏡の蔓などが用いられることが多いが、「ずれやすい」であるとか、「美容が著しく損なわれる」などといったことから、患者サイドの評判は決してよいとは言えない。

これらの欠点を解消すべく、頭蓋骨にチタン製の台座をねじ込み、その台座を外部から加振し振動させることによって骨導音を伝達させる、骨固定型補聴器(BAHA: Bone Anchored Hearing Aid)と呼ばれるものがスウェーデンで開発された。本機は、上述の固定法、あるいは、固定時の痛みに関する問題をほぼ解消することができ、かつ、骨部に高効率に音響エネルギーを伝達することが可能であることなどから、欧米を中心に普及が進みつつあり、本邦でも導入例が徐々に増えてきているようである。しかしながら、このBAHAには、

- ・台座の埋め込み手術が必要
- ・台座の「ねじ込み過ぎ」に伴う、頭蓋骨貫通の危険性
- ・術部からの感染の危険性

など、従来型の骨導補聴器には存在しなかった新たな問題点があることも否定できなく、その導入には慎重な検討が必要であると考えられる。

そこで我々は、外耳道閉鎖症や鼓膜大穿孔などの症例に対して有効な補聴が期待でき、かつ、前述した骨導補聴器、あるいは、BAHA 導入時の問題点を有しないと考えられる新たな補聴方法として、軟骨導補聴を提案する。軟骨導補聴とは、耳珠などの軟骨部を介して音響エネルギーの伝達を行う方法で、振動子固定に伴う痛みはほとんどなく、手術も要しないことから、外耳道閉鎖症や鼓膜大穿孔などの症例に対して十分な補聴効果が得られるようであれば、当該症例に対する有効な補聴手段のひとつとして成立するものと期待できる。

本報では、外耳道閉鎖症患者に対して聞こえの検査を行い、その結果をもとに軟骨導補聴の補聴効果について基礎的検討を行ったので報告する。

### 【対象】

被験者は、両側外耳道閉鎖症患者1名とした。本症例は11歳男児で、伝音性難聴。4歳から骨導補聴器を使用していたが、耳後部は骨導振動子の圧着で陥凹した。手術で、外耳道の骨性閉鎖を削り、また、外耳道および鼓膜形成が行われた後、聴力に改善が認められ、補聴器が不用な期間もあったが、後の形成鼓膜の浅在化などから、現在は気導補聴器を使用するようになっている。

また、比較のため、耳科学的正常者1名についても検査を行った。

#### 【聴力検査】

上述の被験者に対して、下記の聴力測定を行った

- ・ 裸耳聴力の測定
- ・ 骨導聴力の測定
- ・ 気導補聴器装着時の聴力を想定した挿入型イヤホンを用いた聴力測定
- ・ 軟骨導聴力の測定 (fig. 1に示すように、試作した軟骨導音呈示用振動子を被検耳の耳珠に固定して測定)

これら測定には、オーディオメータ AA-7A (RION)、挿入型イヤホン EARTONE 3A (Cabot Safety Corporation) および軟骨導音呈示用振動子 (試作品) を用いた。

なお、挿入型イヤホンは、JIS規格に準拠して事前に校正されたものを使用した。軟骨導聴力のHL表示換算には、加速度ピックアップ BK4508B (B&K)を用い測定した。軟骨導音呈示用振動子、および、オーディオメータ付属の骨導振動子 BR-41 (RION)の出力時の加速度を使用した。

#### 【結果および考察】

外耳道閉鎖症の本症例に対して行った

- (a) 挿入型イヤホンによる聴力測定
- (b) 骨導聴力測定
- (c) 軟骨導聴力測定

の結果を fig. 2 に示す

気導聴力は鼓膜が浅在化しているため 50 dB 程度であったが、骨導聴力は、2 kHz を除いて正常であった。軟骨導聴力は、術側である左耳については、ほぼ正常の閾値を得た。非術側である右耳については、外耳道の骨性閉鎖の影響か 30 dB 程度の聴力となっていた。

本実験で行った軟骨導による補聴は、骨導のような振動子の強い圧着を必要とすることなく、耳珠に振動子を軽く接触させることで十分な補聴効果が得られたこと、また、耳漏のある耳に対しても適応可能であることから、骨導補聴器や BAHA が適応となるような外耳道閉鎖症などの症例に対して有用な補聴手段となり得ることが示唆された。

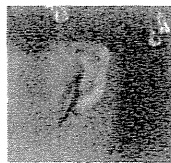
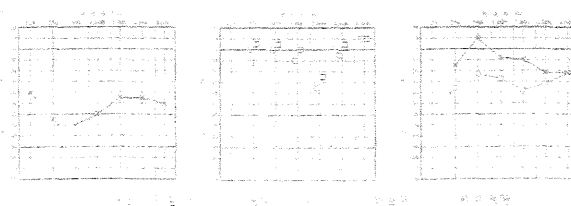


図1 軟骨導音呈示用振動子



## 突発性難聴の診断と治療

奈良県立医科大学 耳鼻咽喉科学教室

西村 忠己

### 1. はじめに

突発性難聴は、突然片方の耳が聞こえなくなってしまう疾患で、その原因は不明である。突然起こる難聴（突発性難聴）の原因には、音響暴露、頭部打撲などの外傷、中耳炎、内耳炎、髄膜炎などの炎症性疾患や高血圧、糖尿病など様々あるが、本疾患ではそれらいずれの原因も認められない。発生率は年間ほぼ10万人に10人前後と言われているが近年増加傾向にある<sup>1)・2)</sup>。好発年齢は30から60歳ぐらいで、発生率に性差はない<sup>1)</sup>。本疾患で重要なことは、できるだけ早期に治療を行った方が効果があると考えられているため、速やかに診断し治療を開始することである。突然の難聴を主訴に来院すれば突発性難聴を疑うことは容易であるが、注意すべきことは必ずしも難聴を訴えない例があることである。本疾患を見落とさず診断治療を行うため、本疾患の症状、経過および診断方法について知っておく必要がある。本稿ではそれらの点に加え、鑑別を要する疾患や本疾患の治療法、予後について簡単に解説した。

### 2. 病因

原因不明のものを突発性難聴としているため、原因は明らかでない。原因として推定されているものに、循環障害説、ウイルス説、内耳窓破裂説、アレルギー説などある<sup>3)・4)</sup>。症例ごとに聴力障害の程度、めまいの有無、聴力経過、治療効果などが異なることから、突発性難聴のすべての症例が単一の原因により引き起こされるものとは考えにくく、さまざまな病態の疾患が集まった症候群であると考えられている。

### 3. 症状

突然起こる一側性の難聴が特徴である。発症後数日間は聴力障害が進行する場合があるが、それ以降は悪化することは通常ない。難聴以外の症状として突然に起こった耳鳴を自覚する症例が多い。このような耳鳴を訴える例では難聴の訴えが無くても本疾患の可能性を考える。耳鳴を主訴に来院し、難聴を自覚していない症例が実際に存在しており、このような症例では、片耳聞こえているため会話に支障がないことに加え、耳鳴の症状が強いため難聴に気づいていないものと思われる。また電話で初めて音が聞こえていないことに気づき来院した症例もある。その他の蝸牛症状としては耳閉感や音が響く感じを訴える症例がある。めまいなどの前庭症状については30-50%ぐらいとあるといわれている<sup>1)</sup>。めまいについては一過性である。本疾患では第8脳神経以外の他の神経症状は示さない。他の神経症状を示す場合は他の疾患を考える。

### 4. 診断基準と重症度分類

表1に厚生省特定疾患突発性難聴調査班研究の診断の手引きを示す。海外では基準があいまいで、報告ごとにことなるが、本邦では同班研究の診断基準により診断される。診断および重症度を分類するためには純音聴力検査が必要となる。聴力障害の程度は純音聴力検査の250、500、1000、2000、4000Hzの5つの周波数の閾値の平均値（5分法平均値）で評価する。初診時の聴力が悪いほど聴力の回復が少ないといわれている<sup>4)</sup>。その他の聴力の予後に影響を与える因子としてめまいの有無、治療開始までのかかった日数が重要であると考えられている<sup>1)・2)</sup>。めまいの有る症例は無い

症例と比較して有意に回復が悪いと多くの文献で報告されている。治療開始までの日数については、できるだけ早期に治療を開始したほうが聴力の回復が良いとの報告が多い。しかし突発性難聴は自然治癒がある疾患のため、治療開始までの日数の影響については厳密な比較ができないことから、これを否定している文献もある<sup>3)</sup>。現時点では治療を行っても治癒しない症例があることも事実であることから治療についてはできるだけ早期に開始したほうが良いという意見が多い。これらの突発性難聴の予後に与える影響を考慮した重症度

分類が厚生省特定疾患突発性難聴調査班研究より提案されており、突発性難聴の評価に用いられている(表2)。

5. 鑑別診断

突発性難聴は症候群であり、その原因は多岐にわたる。初診時にはその症状と聴力検査より診断するが、その後の経過で突発性難聴の原因疾患が判明する場合がある。診断には以下に挙げる疾患の可能性について念頭に置き、注意深く診断し経過を見ていく必要がある。

表1 突発性難聴診断の手引き(厚生省特定疾患突発性難聴調査班研究、1973年)

- I. 主症状
  - 1. 突然の難聴  
文字どおり即時的な難聴、または朝、目が覚めて気づくような難聴。
  - 2. 高度な感音難聴  
必ずしも「高度」である必要はないが、実際問題として「高度」でないと突然難聴になったことに気づかないことが多い。
  - 3. 原因が不明、または不確定  
つまり、原因が明白でないこと。
- II. 副症状
  - 1. 耳鳴り  
難聴の発生と前後して耳鳴りを生ずることがある。
  - 2. めまい、および吐き気、嘔吐  
難聴の発生と前後してめまいや、吐き気、嘔吐を伴うことがあるが、めまい発作を繰り返すことはない。

-----  
 診断基準  
 確実例：I. 主症状、  
           II. 副症状の全事項をみたすもの。  
 疑い例：I. 主症状の1. 2. の事項をみたすもの

- 参考
- 1. Recruitment現象の有無は一定せず。
  - 2. 聴力の改善・悪化の繰り返しはない。

- 3. 一側性の場合が多いが、両側性に同時罹患する例もある。
- 4. 第Ⅷ脳神経以外に顕著な神経症状を伴うことはない。

表2 突発性難聴の重症度分類(厚生省特定疾患急性高度難聴調査班、1998年)

重症度	初診時純音聴力
Grade 1	40dB未満
Grade 2	40dB以上 60dB未満
Grade 3	60dB以上 90dB未満
Grade 4	90dB以上
注1	聴力は250、500、1000、2000、4000 Hzの5周波数の閾値の平均とする。
注2	この分類は発症後2週間までの症例に適用する。
注3	初診時めまいのあるものではaを、ないものではbを、2週間過ぎたものでは'を付けて区分する。 (例：Grade 3a、Grade 4b)

(1) 聴神経腫瘍

聴神経腫瘍の10-20%は突発性難聴として発症する。これらの症例ではステロイドの点滴により、聴力が著明に回復する例も多い。しかしいったん回復した聴力は再度悪化をきたす。通常突発性難聴が再発することはなく、突発性難聴を繰り返す症例ではMRI検査は必須である。聴力像の特徴として特定の周波数の閾値のみ高いnotch型やある周波数より高い周波数の音が聴取できないsharp cut型の聴力像を呈している場合要注意である。突発性難聴の患者全体の中で聴神経腫瘍の割合は1%から数%といわれており、その可能性について説明しておいた方がよい。

(2) メニエール病

めまいを伴う突発性難聴の場合鑑別が必要である。突発性難聴は通常、再発しないが、メニエール病のめまい、難聴は反復するため、鑑別となる。メニエール病の診断にはその診断基準では、めまい症状、蝸牛症状の反復が必須となってくる。そのためメニエール病の初発の発作では突発性難聴との鑑別が困難である。鑑別点としてはメニエール病では低音障害型の感音難聴が多いことがあげられる

(3) 外リンパ瘻

急激な圧変化の結果、内耳窓に破裂をきたし、外リンパが漏れ出すことで難聴やめまいをきたす疾患である。難聴やめまい発症時の状態についてよく問診し、力みや鼻かみなど原因となることがなかったか聞き出す必要がある。水の流れるような耳鳴りや発症時にポップ音を聞いていることがある。外耳道の加圧、減圧によるめまい、眼振、変動する聴力を示す場合要注意である。外リンパ瘻を疑った場合、ベット上安静の上ステロイドの点滴などを行い経過を見ることで回復する場合が多い。それにもかかわらず聴力の悪化が進む場合は手術を考慮する。診断の確定には試験的鼓室開放術が必要である。

(4) 機能性難聴

器質的な異常がないにもかかわらず聴力検査で難聴を示す症例で、心因性難聴や詐聴がある。検

診などで見つかる機能性難聴では、耳症状がない場合が多いが、病院に受診する症例では、難聴、耳閉感、耳痛などを訴える場合が多い。聴力検査で片耳の難聴を示す場合突発性難聴との鑑別は難しく、突発性難聴として治療されている場合もある。診断には聴性脳幹反応などの客観的な聴力検査が必要となるがその場で実施することは難しいことが多い。機能性難聴を疑う所見として、突発性難聴で高頻度に訴える耳鳴症状を訴える症例が少ないこと、症状に変動がある（聴こえている日と聴こえない日がある）ことなどが挙げられる。機能性難聴の症例では純音聴力検査の結果に比して言葉の聞き取りが良い例が多く、語音聴力検査を行うと純音聴力検査の結果との乖離を認める場合が多い。

(5) 急性低音障害型感音難聴

聴力検査で低音域のみに起こる突発性難聴でめまいは伴わない。突発性難聴と同じく原因は不明であるが、ストレスに関係している症例が多く近年増加傾向である。治療によく反応し回復するが、再発する症例も多く必ずしも予後良好な疾患ともいえない。突発性難聴で低音3周波数の聴力閾値の合計が70dB以上で高音3周波数の聴力閾値の合計が60dB以下のめまいを伴わない感音難聴の場合診断される<sup>9)</sup>。治療はステロイドやイソソルビドが用いられることが多い。

(6) ムンプス難聴

ムンプスで難聴を起こす可能性については良く知られているがその頻度2万人に1人程度である。しかしムンプスの中には耳下腺の腫脹のない例があり、IgM抗体の測定で突発性難聴と考えられた症例の中にムンプス難聴の症例が含まれていることが判明した。

(7) 音響外傷

強大音の暴露を受けた後に起こる感音難聴である。突発性難聴との鑑別には音響暴露などの問診を取ることが重要である。治療は突発性難聴とほぼ同じであるが、突発性難聴と比較して回復しにくいと言われている。

(8)自己免疫性難聴

何らかの免疫異常が原因で聴力障害を起こす疾患である。ステロイドの投与により聴力の回復、中止により悪化を示すため、ステロイド依存性難聴とも呼ばれている。自己免疫現象の機序については不明な点が多い。突発性難聴との鑑別には変動する難聴、ステロイド投与に対する反応を見ることで可能である。

(9)両側特発性進行性感音難聴

原因不明に聴力が進行性に悪化していく疾患である。両側が必ずしも同様な病態を示すとは限らず片側だけが進行する場合があります、突発性難聴との鑑別が必要である。聴力悪化は比較的急速に進行し、治療困難な例が多い。診断には聴力の経過を見ていく必要がある。

6. 治療

まず安静にすることが重要である。突発性難聴の誘因となるような過度のストレス、睡眠不足、不規則な生活習慣を改める。強大音など耳に負荷をかけることも禁止する。突発性難聴は自然治癒する症例があるものの、必ず治癒するものではなく、何らかの治療を早期に行う必要がある。これまで様々な治療方法が試みられており、一般的にはステロイドを主体に循環改善薬、代謝賦活剤などを併用で投与する場合が多い(表3)。その他の特殊な治療方法として高気圧酸素療法や星状神

経節ブロックなどがある。

(1)ステロイド

一般的に本疾患に対して最も有効な治療法と考えられており、スタンダードな治療方法となっている。ステロイドは2重盲検法などによる効果の確認が行われている<sup>27, 31</sup>。その他の治療法については報告があるものの治療効果に大きな差を認めない。ステロイドの作用機序については、多彩な薬理効果の中で抗炎症、抗浮腫、免疫抑制作用などが関係あるといわれているものの明確な結論は得られていない。ステロイドの種類による治療効果の違いについては有意な差は報告されていない。投与方法としてはプレドニン換算で80-100mg程度から投与開始し1-2週間の短期間で漸減していく方式がとられる場合が多い。

(2)循環改善薬

突発性難聴の原因として循環障害が考えられており、循環改善を目的に投与される。これまでヘパリン、低分子デキストラン、抗ヒスタミン、カルシウム拮抗剤、カルボーゲン(95%酸素と5%二酸化炭素)の吸入、プロスタグランジン製剤、パトキシピン、ウロキナーゼなどの報告がある。現在、最もよく使用されているのがプロスタグランジンE<sub>1</sub>(PGE<sub>1</sub>)製剤である。PGE<sub>1</sub>は抹消血管の拡張作用以外に、血小板凝集抑制作用、赤血球変形能の改善作用がいられている。過去の報告では、好成績を報告する意見<sup>32</sup>や他の治療と比較して差がないという意見もある。また高齢者については効果があるという報告もある。厳密な検討での有意な差については得られていない。

その他の薬剤としてパトキシピンがあり、ステロイド無効例などで効果が報告されている<sup>10)</sup>が、投与の際には入院の上止血能に注意し投与する必要がある。

(3)代謝賦活剤

ATP、ビタミンB剤などがステロイドや循環改善薬と併用されることが多い。これらは他の方法を補足し機能改善を促進させる効果があると考えられているが、厳密な評価はされていない。中井らはループ利尿剤を投与することで内耳への薬剤

表3 突発性難聴の治療の処方例

第1-3日	KN3B 500ml、ヒドロコルチゾン 500mg、 メコバラミン 500μg、ATP 40mg
第4、5日	KN3B 500ml、ヒドロコルチゾン 300mg、 メコバラミン 500μg、ATP 40mg
第6、7日	KN3B 500ml、ヒドロコルチゾン 100mg、 メコバラミン 500μg、ATP 40mg

の移行を容易にし、ATP、ビタミンB剤などを投与し治療効果を上げることを目的としたL-V療法を行い好成績を報告している<sup>10)</sup>。しかしながら現時点では一般的な治療法とはなっていない。

(4)高気圧酸素治療

高気圧酸素治療は血液中の溶解酸素量を増やし、組織内に十分な酸素を供給することで不可逆性の障害に至る前に回復を図る目的で行われる<sup>11)</sup>。専用の施設が必要なこともあり実施できる施設は限られている。他の治療で効果のない症例に対して行われていることが多く、その治療効果については評価が難しい。一般的には高度難聴者で他の治療で効果が認められたいものが適応となってくる。

(5)星状神経節ブロック

頸部交感神経節に麻酔薬を注入し血管を拡張させることで内耳の循環を改善させること目的とした治療である。その効果については良好という意見<sup>12)</sup>と他の治療法と差がないという意見がある。治療による副作用の危険性などから行っている施設は少ない。

7. 治療経過と予後

発症当初の何日かは聴力は悪化する場合があるが、その後は進行することはない。早い症例では2-3日後から著名な治療効果が得られる。聴力に変動がある場合は鑑別疾患にあげた他の疾患に注意する必要がある。聴力は約1ヵ月後には固定する症例が多いが、2、3ヵ月かけて回復する症例もある。また早期に回復した症例でも、その後音響負荷があり、聴力が再悪化起こした症例も経験しており、少なくとも1、2ヵ月は安静を指示したほうが良い。耳鳴り、耳閉感については聴力の改善とともに良くなる場合が多く、中には治療開始後2、3日でそれらの症状が消失する例がある。しかし治療開始後数週間経過してもそれらの症状がある場合、その後徐々にではあるが改善傾向を示すもののそれらの症状が完全になくなる可能性は少ない。前庭症状については突発性難聴に伴うめまいは一過性で徐々に回復する。反復するめ

表4 突発性難聴・聴力回復の判定基準 (厚生省特定疾患急性高度難聴調査班会議、1984年改正)

治療 (全治)	1. 250、500、1000、2000、4000Hzの聴力レベルが20dB以内に戻ったもの 2. 健側聴力が安定と考えられれば、患側がそれと同程度まで改善したとき
著明回復	上記5周波数の算術平均が30dB以上改善したとき
回復 (軽度回復)	上記5周波数の算術平均が10~30dB未満改善したとき
不変 (悪化を含む)	上記5周波数の算術平均が10dB未満の変化

まいがある場合、他の疾患を念頭におく必要がある。突発性難聴の治療効果の判定は聴力回復をもとに行われる (表4)。判定は聴力固定した時点で行われる。突発性難聴の再発の可能性については非常にまれと考えられている。その頻度は文献的には約1%前後の報告が多い<sup>13)</sup>。そのような再発症例については鑑別診断に挙げた疾患などとの鑑別が重要になってくる。

参考文献

- 1) 立木 孝: EBMからみた突発性難聴の臨床。SCOM033、金原出版、東京、2005
- 2) 中島 務、黒永光雄、イエーダマリイシダ、ほか: 2001年発症の突発性難聴全国疫学調査。Audiology Japan 2004;47:109-118
- 3) 柳田則之: 突発性難聴の正しい取扱い。SCOM024、金原出版、東京、1997
- 4) 神崎 仁、佐藤美奈子: 突発性難聴。CLIENT 21、No 6 聴覚、神崎 仁 (編)、336-345、東京、2000
- 5) 中村興治、寺山吉彦、山地誠一、ほか: 突発性難聴の自然治癒例と治療例の比較。日耳鼻

- 1981;84:984-998
- 6) 佐藤宏昭、村井和夫、岡本牧人：急性低音障害型感音難聴の平成12年全国疫学調査結果。Audiology Japan 2002;45:161-166
- 7) Wilson WR, Byl FM, Laird N: The efficacy of steroids in the treatment of idiopathic sudden hearing loss. Arch Otolaryngol 1980; 106: 772-776
- 8) Moskowitz D, Lee KJ, Smith HW: Steroid use in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. Laryngoscope 1984; 94: 664-666
- 9) 神崎 仁、齊藤成司：突発性難聴に対するプロスタグランジンE<sub>1</sub>の点滴静注療法。耳辰 1984;27:103-106
- 10) 山内大輔、千葉敏彦、菅原 充、ほか：突発性難聴におけるbatroxobin(Defibrase®)の効果について。新薬と臨床 2002;51:108-115
- 11) 中井義明：内耳性難聴—原因・病態・治療へのアプローチ。医学教育出版社、東京、1985
- 12) 城越英夫、柄沢俊二、遠藤正宏、ほか：突発性難聴に対する星状神経節ブロックの効果。ペインクリニック 1994;15:67-71



## 語音聴力検査

西村忠己\* 細井裕司\*

Tadashi NISHIMURA

Hiroshi HOSOI

● Key Words ● 語音了解閾値、語音聴取閾値、語音弁別検査●

### はじめに

日常生活では音が聞こえるだけでなく、聞こえた言葉の意味を理解できるかどうか重要である。音の聴取閾値を測定するのが純音聴力検査であるのに対し、語音聴力検査は日常のコミュニケーションに用いられる語音を素材として用いる聴力検査である。検査素材としては単音節を用いて検査する以外に、ことばや文章を用いる方法もある。また、語音聴力検査にある特定の条件を負荷することでより詳細な聴覚機能の評価を行う競合ノイズ下の検査<sup>1)</sup>やひずみ語音検査、話速変換語音聴力検査<sup>2)</sup>などさまざまな検査方法が試みられている。現在日本では日本聴覚医学会の語音聴力検査法<sup>3,4)</sup>が普及しており、上述のさまざまな検査はこの検査法をもとに行われていることが多い。

そこで本稿では、日本聴覚医学会の語音聴力検査法の中でも最も広く行われている語音了解閾値（語音聴取閾値）検査と語音弁別検査を中心に解説する。

### I. 語音聴力検査の目的

#### 1. コミュニケーション能力の評価

難聴者のことばの聞き取り、聞き分けの能力の評価を行うことで、社会生活での不自由度や社会適応度などを推定する。得られた評価は身体障害者福祉法の障害程度の尺度として用いたり、補聴器や人工内耳などの適応の決定や効果の評価、難聴者の教育やリハビリテーションの資料として用いられる。

\* 奈良県立医科大学耳鼻咽喉・頭頸部外科学教室  
(〒640-8522 奈良県橿原市四条町 840)

#### 2. 難聴の鑑別診断

語音聴力検査では、単に語音が聞こえるかどうか以外に、聞き分ける能力も必要となるため、その結果には聴覚中枢に至るさまざまな聴覚経路での情報処理機能が関与する。このため純音聴力検査の結果と比較することで後迷路性や中枢性の障害など難聴の鑑別に重要な情報をもたらす<sup>5)</sup>。

### II. 聴覚医学会作成の語音表

検査素材は日本聴覚医学会の 57 語表、67 語表、57-S 語表、67-S 語表の録音テープや CD の語音信号を用いる。語表は語音了解閾値（語音聴取閾値）検査用の一桁数字語表と語音弁別検査用の単音節語表からなっている。

#### 1. 57 語表

1957 年に作成された語表である。語音了解閾値検査用の数字語表と語音弁別検査用のことばの語表からなる。数字語表は 2, 3, 4, 5, 6, 7 の 6 つの数字からなる。ことばの語表は日本語の単音節 100 語から日常会話における頻出率を考慮して選出された 50 個の単音節からなる。現在では後述の 57-S 語表が使用されることが多い。

#### 2. 67 語表

検査時間短縮を目的とし、1967 年に作成された。語音了解閾値検査用の数字語表と語音弁別検査用のことばの語表と了解度測定用の単語・短文の語表からなる。数字語表は 57 語表と同様に 2, 3, 4, 5, 6, 7 の 6 つの数字からなる。ことばの語表は 57 語表の 50 個から選ばれた 20 個の単音節からなる。また他の語表と異なり了解度測定用の単

a. 57-S 語表

数字語表 [語音了解閾値測定用]

5	2	4	3	7	6
7	4	6	5	2	3
2	7	3	6	5	4
3	5	2	4	6	7
6	3	7	2	4	5
4	6	5	7	3	2

ことばの語表 [語音弁別検査用]

1表	ジ バ メ ソ ゴ	ラ カ シ ド キ ノ	ホ コ ネ セ モ	ワ ケ ク ヨ ダ	エ ル イ ガ フ	ア ロ ウ ナ マ	ニ ツ ス ム	ト ヒ ユ タ テ	テ ミ レ サ テ
2表	ラ ケ ロ タ	ヤ ウ メ ヒ ナ	ハ オ イ マ キ	サ シ ゴ ヨ コ	エ バ ゴ ヨ コ	ア ジ ツ ド リ	カ テ ソ ネ ニ	ム ト ミ モ ホ	ク ダ レ セ ノ
3表	ソ ガ ニ ド シ	フ ツ リ ジ カ	マ ア キ リ ヒ	ヤ エ キ ハ ホ	イ ノ モ バ ス	ヒ ケ ト ラ セ	ク ミ ル ズ テ	ゴ チ コ テ ウ	ヨ サ ダ ム ロ
4表	バ ミ ソ ズ メ	ネ ウ モ ユ イ	マ ア キ リ ヒ	テ フ ナ ト ゴ	ホ コ ケ カ ス	ワ ヤ ダ ル ラ	ム フ シ ド イ	ノ タ ガ ヨ ロ	ニ ジ レ テ ツ
5表	ミ ユ レ ヨ ム	ヒ モ ナ ハ チ	ダ ツ ホ ア デ	ヤ ス オ ロ ウ	エ ワ ト マ テ	ソ ク リ タ ジ	ド ル ケ サ ゴ	ニ ス セ ガ ラ	バ フ シ キ ノ

b. 67-S 語表

数字語表 [語音了解閾値測定用]

5	2	4	3	7	6
7	4	6	5	2	3
2	7	3	6	5	4
3	5	2	4	6	7
6	3	7	2	4	5
4	6	5	7	3	2

ことばの語表 [語音弁別検査用]

1表	ア ネ	キ ハ	シ リ	タ バ	ニ オ	ヨ テ	ジ モ	ウ ワ	ク ト	ス ガ
2表	キ ア	タ シ	ヨ ニ	ウ ジ	ス ハ	ハ ネ	バ リ	テ オ	ワ モ	ガ ト
3表	ニ オ	ア ネ	タ バ	キ ハ	シ リ	ス ガ	ヨ テ	ク ト	ジ ワ	ウ モ
4表	テ リ	ネ ウ	ヨ タ	ア ク	バ ト	ジ ニ	ハ ス	モ シ	オ ガ	ウ ガ
5表	ネ ウ	ア ウ	テ バ	ヨ タ	ハ ク	モ オ	ジ ニ	リ ガ	シ ス	ス
6表	ニ ワ	ク ネ	リ ウ	モ オ	テ バ	ア ス	ジ ヨ	ハ シ	タ キ	キ
7表	ワ モ	バ ネ	ス シ	ニ ヨ	ト ガ	リ ハ	ジ オ	ア テ	キ	ク
8表	テ ヨ	キ ハ	ワ バ	タ バ	ガ ス	ア ネ	モ ジ	シ リ	ニ ク	オ

図 1 日本聴覚医学会の語表の内容

語・短文の語表がついている。弁別検査を行う場合現在では 67-S 語表を使用されることが多い。

3. 57-S 語表, 67-S 語表 (図 1)

上記語表の録音状態の劣化に対応するため 1984 年に 57 語表の音声資料から良質の検査語音を選択抽出し、デジタル録音を行って再編集し、数字語表と 50 の単音節からなることばの語表 (57-S 語表) および 20 の単音節からなることばの語表 (67-S 語表) が作成された。この両語表は現在最もよく使用されている語表である。数字語表は 57 語表と同様に 2, 3, 4, 5, 6, 7 の 6 つの一桁の数字からなるが配列が異なる。数字語表については 57-S 語表と 67-S 語表の配列は同一である。ことばの語表については 57-S 語表は語数が多いので検査時間はかかるが、信頼性が高く質的評価に優れ

ている。このため快適レベルなどの特定の音圧での語音弁別スコアを評価したり、異聴傾向の評価に用いられる。

一方、67-S 語表は語数が 20 語と少なく、単独母音についても「イ、エ」が含まれていないので異聴の分析などには不向きであるが、検査時間の短縮ができるので、さまざまな音圧で検査をし、明瞭度曲線を描いて評価するのに適している。

III. 検査の準備

1. 機器の接続

テープもしくは CD の再生機の出力端子をオージオメータの外部入力端子に接続する (一部のオージオメータでは検査語表が組み込まれているものがある)。検査はオージオメータ付属の気導受話器を用いて行う。

2. 検査  
検査を行  
調整器やオ  
よって変化  
るため再生  
ブや CD に  
純音」を再  
針が 0 dB を  
う。この較  
の減衰器の  
聴力レベル  
音聴力レバ  
いる。

1. 言語  
検査語表  
解閾値検査  
音圧を変え  
を変化させ  
最初に聞か  
で、かつ順  
の数字が聞  
通常は純音  
(10 dB ステ  
ステップで  
せる数字の  
次に 10 d  
を下げて検  
えた通りに  
(図 2)。  
進むと途中  
(または 1  
目 (または  
2 行目  
行目の 1 列  
このこと  
なる。採点  
で算出する  
いる。検査  
図 3 に示  
載する。も

## 2. 検査語音の再生レベルの較正

検査を行う際の強さのレベルは再生装置の出力調整器やオーディオメータの入力調整器の位置によって変化する。常に一定の強さの条件を実現するため再生レベルの較正を行う。較正方法はテープやCDに録音されている「音圧較正用 1000 Hz 純音」を再生し、オーディオメータのVUメータの針が0 dBを指すように再生装置の出力の調整を行う。この較正操作をすることで、オーディオメータの減衰器のダイヤル目盛りの数値がそのまま語音聴力レベルとなる。なお日本聴覚医学会により語音聴力レベルの0 dBは14 dB SPLと規定されている。

## IV. 検査の手順

### 1. 語音了解閾値検査

検査語表は一桁数字語表を用いて行う。語音了解閾値検査では、以下に示すように検査中に提示音圧を変えていく必要がある。まず検査音の音圧を変化させるステップ幅を10または5 dBとする。最初に聞かせるレベルは、十分に聞こえるレベルで、かつ順次レベルを下げていった時、行の最後の数字が聞こえなくなるようなレベルを選択する。通常は純音聴力検査の平均聴力レベルよりも30 dB (10 dB ステップで検査の場合) または15 dB (5 dB ステップで検査の場合) 強いレベルを最初に聞かせる数字のレベルとする。

次に10 dBもしくは5 dBステップで順次レベルを下げて検査数字を呈示していく。被検者は聞こえた通りに「数字の聞こえ方検査用紙」に記入する(図2)。徐々に音の強さが弱くなるので、列が進むと途中で聞き取れなくなる。1, 2, 3列目(または1, 2, 3, 4列目)まで正答でき、5, 6列目(または6列目)が正答できないのが理想である。2行目以降も同様に検査するが、1列目は1行目の1列目の数字と同一の音圧で呈示していく。このことで縦列は同じレベルで検査されたことになる。採点は縦の各列ごとに正答率を百分率(%)で算出する。%で示された数値は明瞭度を示している。検査した呈示音圧レベルと明瞭度の関係を図3に示すようなスピーチオーディオグラム上に記載する。右耳は○、左耳は×で記入し、測定値を

数字の聞こえ方検査用紙(語音了解閾値検査) / 67-S語表用

氏名	T.N.			検査日時	2008年1月7日検査室
性別	男	年齢	40	検査項目	語音了解閾値
単位	耳鼻科	検査時間	40	単位	dB

聞こえた通り横に書いて下さい

1行目	5	2	4	3	
2行目	7	4	6	4	5
3行目	2	7	3		4
4行目	3	4	2	4	
5行目	6	3	7		4
6行目	4	6	4	7	3

呈示レベル(dB)	55	50	45	40	35	30
明瞭度(%)	100	83	83	50	33	0

ことばの聞こえ方検査用紙(語音弁別検査) / 67-S語表用

氏名	T.N.			検査日時	2008年1月7日検査室
性別	男	年齢	40	検査項目	語音了解閾値
単位	耳鼻科	検査時間	70	単位	dBにて95%

聞こえた通り横に書いて下さい

第1表 呈示レベル 90dB マスキング 50dB 語音明瞭度 90%

あ	ぎ	し	た	に	よ	う	く	す
ね	は	り	ば	あ	て	も	わ	と

第2表 呈示レベル 70dB マスキング 30dB 語音明瞭度 95%

き	た	よ	う	す	は	ば	て	わ
あ	し	に	く	ね	り	あ	も	と

第3表 呈示レベル 50dB マスキング 10dB 語音明瞭度 55%

に	あ	は		す	よ	す	う	
あ	も	ば	は		が	て	と	わ

第4表 呈示レベル 30dB マスキング 0dB 語音明瞭度 0%


図2 語音了解閾値検査と語音弁別検査用紙の記載例

破線で結ぶ。これを明瞭度曲線という。明瞭度曲線が50%以上の明瞭度を示す最小の語音聴力レベルを5 dB単位で求め、語音了解閾値とする。

### 2. 語音弁別検査

検査語表は語音弁別検査用の単音節の語表を用いて行う。検査語表の選択はその目的に応じて行う。どの語表にも複数のリストが用意されているので、その内の1表を用いて検査を開始する。開始時の呈示レベルは、純音聴力検査の平均聴力レベルや語音了解閾値を参考にして、語音が十分に聞こえる(閾値より40ないし50 dB上の)検査語音呈示レベルを選択する。被検者は聞こえたとおりに「ことばの聞こえ方検査用紙」に記入する(図2)。1つの表を用いて検査をしている途中で呈示レベルを変えたり、1つの表の一部を使って検査してはならない。

検査を継続する場合は、呈示音圧レベルを10〜

SPEECH AUDIOGRAM

正常語音了解閾値

氏名 T.N 年齢 74 測定日 2008.1.7  
 診断 聴覚障害 検査語音表 67-S 語表  
 語音了解閾値: 右 40 dB 左 \_\_\_ dB  
 語音弁別能: 右 95 dB 左 \_\_\_ dB

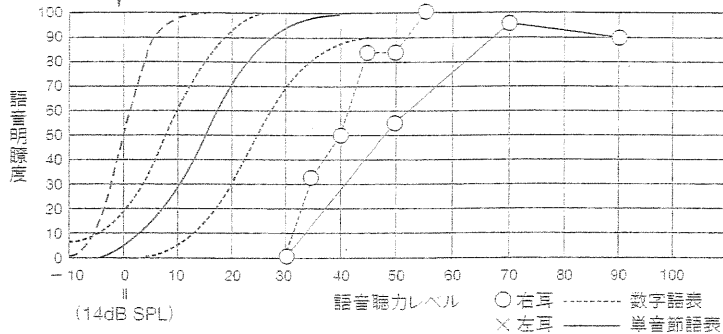


図3 図1の被検者のスピーチオーディオグラム (右耳)

20 dB 弱くして、原則として強から弱へ、最初に用いたものと別の表を使って同様の検査を行う。3~4 以上異なる呈示音圧レベルでそれぞれ異なる表を用いて検査を行う。それぞれのレベルごとに正答表に照らし合わせて採点し、その語音聴力レベルにおける明瞭度 (正答率, %) を算出し、スピーチオーディオグラム上に語音明瞭度曲線を描く。右耳は○、左耳は×で表記し、測定値を実線で結ぶ。語音明瞭度曲線で最も明瞭度の高い値を最高明瞭度または語音弁別能という。

3. マスキング

一側耳ごとの語音聴力検査を行う場合、非検査耳で聴取されるのを避けるため、非検査時に気導のマスキング雑音を負荷する必要がある。語音聴覚検査のマスキングには、スピーチノイズを用いることを原則とする。ない場合は止むを得ずホワイトノイズなどの広帯域雑音を使用する。オーディオグラム上に使用雑音をレベルとともに明記する。マスキングが必要となるのは検査語音の聴力レベル値が非検査耳の 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz の骨導閾値レベルのうち良い方の 2 つの平均値より 40 dB 以上大きい場合である。

マスキング雑音の実効マスキングレベルは、非検査耳に伝音難聴がない場合は検査語音の聴力レベルから 40 dB 引いたレベルである。非検査耳に伝音難聴がある場合は、この気導骨導差の分だけ

さらに雑音のレベルを上げる必要がある。このとき用いる気導骨導差は 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz の気導聴力閾値レベルのうち良い方の 2 つの平均値と 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz の骨導聴力閾値レベルのうち良い方の 2 つの平均値の差を用いる。

実効マスキングレベルが検査耳の 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz の骨導聴力閾値レベルのうち良い方の 2 つの平均値より 40 dB 以上大きい場合はオーバーマスキングとなる可能性がある。オーバーマスキングとなっても必ずしも検査に支障が出るとは限らないが、検査結果を評価する場合はオーバーマスキングの影響を考慮する必要がある。

4. 検査時の注意事項

検査中は被検者の回答に注意する。聞き落としや聞き取れない語音があると、その後の検査用紙への記入がずれてしまうことがある。そのことに気づかないと誤った採点をしてしまう。高齢者や子供で検査速度についていけない場合や回答の記入が困難な場合は、適宜 1 語ごとに確認を取りながら検査を進めたり、被検者に口頭で回答してもらい検査者が回答を記入するなどの工夫が必要である。

1. 適  
い  
値  
合  
が  
児  
や  
ま  
た  
聴  
や  
有  
用  
良  
く  
場  
合  
閾  
値  
え  
る  
別  
  
2  
昇  
人  
工  
難  
聴  
査  
の  
か  
ら  
く  
こ  
が  
こ  
の  
際  
に  
r  
る  
る  
こ  
る  
聴  
  
1