

studied in Indo-European languages, but language differences may have an effect on language development in children with CI. In addition, differences in national and local education systems may make a difference to language development. To determine the effect of CI, we examined language development in different language and/or social systems.

Language differences may add other difficulties; for example, interpretation of Japanese language test results may not be comparable with that of English or other European language tests. To reduce these difficulties, we have established the assessment package of the language development for Japanese hearing-impaired children (ALADJIN) as a language performance evaluation tool for hearing-impaired children. ALADJIN includes several Japanese language tests that are directly comparable with previously reported English tests, including the Peabody Picture Vocabulary Test-Revised (PVT-R) and Test for Reception of Grammar (TROG)-like syntax tests (e.g., the Syntactic processing Test for Aphasia; STA). These tests all have their own distinctive emphasis and evaluate different aspects or domains of language.

In 2010, we assessed the current status of hearing-impaired children in Japan through a project called Research on Sensory and Communicative Disorders (RSCD). ALADJIN was used in this nationwide research project. The RSCD was originally intended to assess the effectiveness of interventional methods for hearing-impaired children. As part of the RSCD survey, we evaluated the domain-specific language status of Japanese hearing-impaired children with CI, not only in selected institutes and schools that potentially yield biases, but in a wide variety of institutes in Japan.

Thus, the objective of this study was to evaluate the development of interpersonal communication skills (IPCS) in hearing-impaired children with CI using the ALADJIN data set from the RSCD nationwide research project.

## 2. Materials and methods

All ALADJIN tests were conducted by trained audiologists, speech pathologists, or deaf school teachers in a noise-minimized compartment. Audiometry for evaluation of hearing level, pure-tone threshold, speech discrimination test, and speech intelligibility rating [5] were measured in a sound-attenuated room of the relevant hospital. The study design was approved by the ethics review board of the Association of Technical Aids.

### 2.1. Subjects

In 2009, 124 institutes were participated in the RSCD project and 638 hearing-impaired children were registered; written informed consent was obtained from their parents. Open recruitment was conducted not only in institutes for hearing-impaired children, i.e., deaf schools and hard of hearing schools, but also in mainstream schools, day-care nurseries, and hospital/clinic training programs.

Most children included in this project were within the age range from 4 years (2 years before elementary school entrance; -2 grade) to 12 years (6th grade of elementary school; +6 grade) and confirmed to have congenital hearing impairment (average hearing level >70 dB at 4 years of age). Children who were discernibly unable to complete the ALADJIN tests due to additional handicaps were excluded. 282 (44.2%) participating children were CI users, and about 45% of the hearing-impaired children of each age group were CI users (Fig. 1). Subjects were classified into four groups as follows: (1) "unil CI-only" group with unilateral CI users, (2) "CI-HA" group with CI plus conventional HA users (also called the bimodal stimulation group), (3) "bil-CI" group with bilateral CI users, and (4) "HA-only" group with HA users. The number of CI children in each age group is given in Fig. 2. 84 children (35 males and 49 females, 29.8%) in the unil CI-only group were diagnosed as

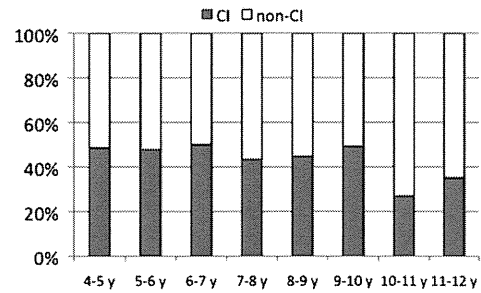


Fig. 1. The rate of CI-only users among the participating hearing-impaired children of each age group. About 45% of hearing-impaired children (>70 dB hearing level) in this study were CI-only users. CI: cochlear implant.

hearing-impaired at 12.5 months on average. In the CI-HA group, 196 children (99 males and 97 females, 69.5%) were diagnosed as hearing-impaired at 10.9 months on average. Two children (1 male and 1 female, 0.7%) were bilateral CI users (bil-CI group). In the HA-only group, 356 children were diagnosed as hearing-impaired at 13.3 months and fitted at first hearing aids at 17.2 months (0–74 months) on average. Age at first fitting hearing aids in the children with CI was 15 months (2–47 months).

In order to reduce the influence of developmental disabilities in our evaluation of the language tests (ALADJIN), participating children with birth weights <1800 g, PARS scores >11 points, and RCPM scores <2 SD of the average were excluded. The numbers of subjects in each group were evaluated in the language tests as follows: 60 unil CI-only users, 128 CI-HA users, and 203 HA-only users. No significant differences in the scores of PARS and RCPM among the unil CI-only, CI-HA, and HA-only users were found (Fig. 3).

### 2.2. Test battery

We used the test for question-answer interaction development (TQAID) as a tool to measure IPCS function objectively. To let children understand a content of task, their favorite mode of communication (aural, sign language, total communication) were used to perform the language tests. 80% of subjects used aural communication as major mode in the domestic life. The following tests were also used to evaluate IPCS the day after administration of the TQAID.

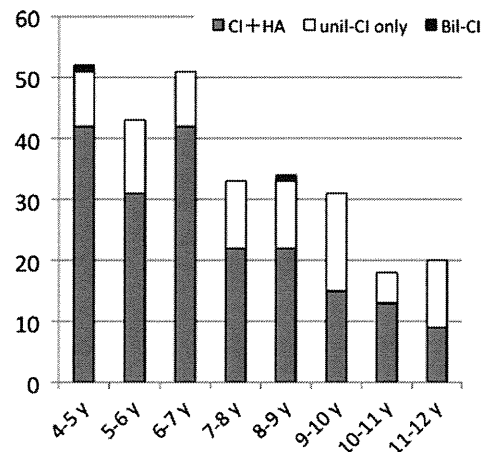
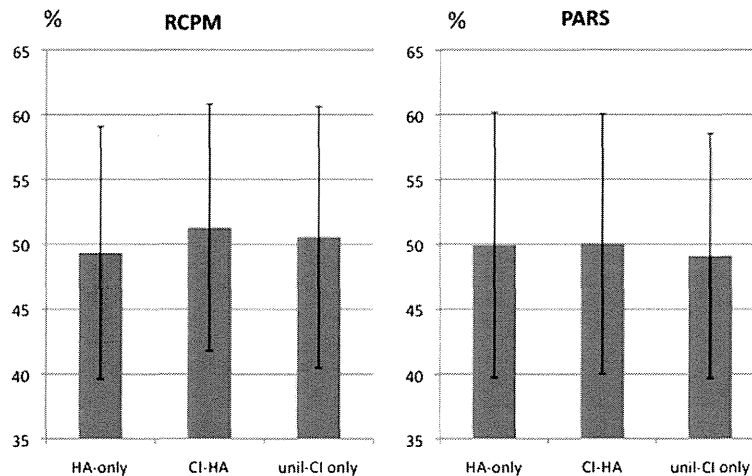


Fig. 2. Number of children in the CI-HA, unil CI-only, and bil-CI groups in each age range. CI plus HA users (bimodal stimulation) make up the majority of CI users. CI: cochlear implant; unil CI: unil CI-only users; bil-CI: bilateral CI users; CI-HA: HA and CI users.



**Fig. 3.** The scores of PARS and RCPM tests in the HA-only, CI-HA, and unil CI-only groups. There were no significant differences in average scores among the groups. PARS: Pervasive Developmental Disorder ASJ Rating Scales for evaluating autistic tendency; RCPM: Raven's Colored Progressive Matrices test for evaluating non-verbal intelligence; CI: cochlear implant; HA: hearing aid.

The Word Fluency Test (WFT) was conducted as a measure of productive vocabulary [6,7]. Children were asked to produce as many words as possible from a certain category in 60 s. The words, represented either orally or manually, were carefully counted, excluding onomastic words. The Japanese version of the PVT-R [8] and the Standardized Comprehension Test for Abstract Words (SCTAW) [9] were also conducted to evaluate comprehensive vocabulary. An adjusted score was used in this study. The SCTAW consists of 32 or 45 abstract words selected from Japanese school textbooks. The details of how this method has been adapted for hearing-impaired children have been reported in previous studies [9,10]. Only school-aged children were subjected to this test.

The STA evaluates comprehension and production of syntactic structures. The children were asked to choose one of the four pictures appropriate to the tester's presentation (comprehension test) or to express a sentence according to a picture that the tester indicated (production test) [11]. The tests evaluated understanding and expression of irreversible sentences, reversible sentences, Japanese suffixes (Jyo-Shi), and other syntactic structures, including relative pronouns.

To evaluate additional handicaps other than hearing impairment, the Pervasive Developmental Disorder ASJ Rating Scale (PARS) test for autistic tendency [12] and Raven's Colored Progressive Matrices (RCPM) test of non-verbal intelligence [13] were used only in school-aged children.

### 2.3. Statistical analyses

All statistical values were calculated using IBM SPSS Statistics 18 software (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Correlations and standard deviations within each group were examined. The scores of the language tests (PARS, RCPM, PVT-R, SCTAW, WFT, STA, and TQAID) were translated as Z-scores from the results of each test in each age group.

### 3. Results

There were significant ( $p < 0.01$ ) differences in the scores of average hearing loss level, average threshold level with hearing devices, maximum speech discrimination score, and speech intelligibility rating between CI users (unil CI-only or CI-HA users) and HA-only users (Fig. 4). Hearing loss level of CI users was significantly lower than that of HA-only users. However, the

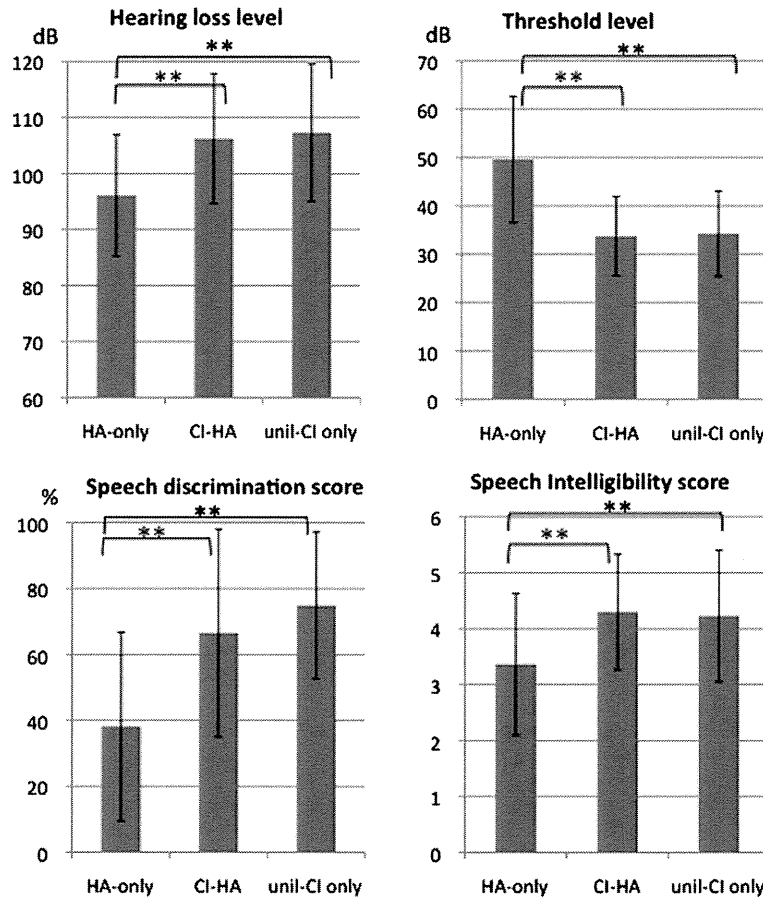
threshold level, maximum speech discrimination scores, and speech intelligibility rating of CI users were significantly better than those of HA-only users. The scores of the PVT-R, SCTAW, and WFT tests, which evaluate vocabulary, were higher in CI users than in HA-only users (Fig. 5). There was a significant difference ( $p < 0.01$ ) in the results of the PVT-R test. The scores of the STA (Fig. 6) and TQAID (Fig. 7) in CI-HA users were significantly higher ( $p < 0.05$ ) than those in the unil CI-only group.

The high correlation ( $r = 0.52$ ) has been found between the age of CI and maximum speech discrimination score (Fig. 8). The average scores of speech and language tests in the implanted children before 24 months of age have been better than those in the implanted children after 24 months of age (Table 1). The average scores of WFT (evaluation of productive vocabulary) and comprehension and production tests of STA (evaluation of syntactic structure) were significantly better in the implanted children before age of 24 months compared with the implanted children after age of 24 months.

### 4. Discussion

To evaluate the language development in the typical hearing-impaired children, we have made exclusionary criteria to standardize the subjects in this study. We excluded the hearing-impaired children with birth weights  $< 1800$  g who scored  $> 11$  points on the PARS test and  $< 2$  SD on the RCPM. Very low birth weight children are at a high risk of neurosensory disability, including developmental delay, behavioral problems, and learning disabilities [14]. Long-term follow-up studies have also emphasized the prevalence of significant neuropsychological and behavioral deficits at school age in children of very low birth weight [15]. Therefore, we excluded children with birth weights  $< 1800$  g to reduce the influence of developmental disabilities in our evaluation of communication skills. The PARS and RCPM tests determine the presence of pervasive developmental disorders and non-verbal intelligence, respectively. The scores in these tests were not significantly different among unil CI-only, CI-HA, and HA-only users. Consequently, children with developmental disabilities were excluded from the present study. However, children with ANSD (auditory neuropathy spectrum disorder) could not be excluded, because we did not get the data of ABR and OAE in this study.

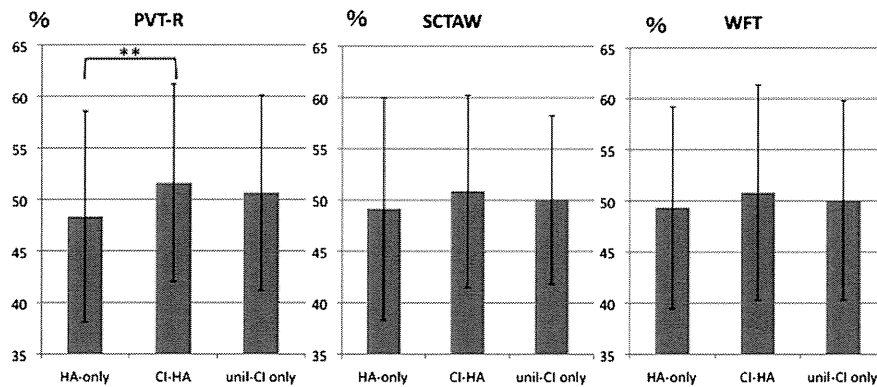
Speech development for prelingual deaf children depends on optimal amplification with a CI or HA. Language acquisition is a



**Fig. 4.** Hearing loss levels, threshold levels, maximum speech discrimination scores, and speech intelligibility scores in the HA-only, CI-HA, and unil CI-only groups. There are significant differences ( $p < 0.01$ ) in hearing levels, threshold levels, speech discrimination scores, and intelligibility scores between the CI group (CI-HA or unil CI-only groups) and HA-only group. Children with CI achieve better threshold levels, speech discrimination, and intelligibility compared with HA-only users. \*\* $p < 0.01$ , CI: cochlear implant; HA: hearing aid.

high priority among deaf children who receive CI. During the 1990s, the following factors were considered to be associated with good speech development: age at implantation, duration of deafness, amount of daily use, mode of communication, and absence of other handicaps. Dettman et al. [16] reported that infants with implantation during the first year of life had

significantly faster rates of receptive and expressive language development than those with implantation in the second year of life. On the other hand, another study found no significant differences in the performance in terms of spoken word recognition and expressive language development between children with implantation in the first and second years of life [17]. In our study,



**Fig. 5.** Scores of the PVT-R, SCTAW, and WFT tests in the HA-only, CI-HA, and unil CI-only groups. Scores of the PVT-R, SCTAW, and WFT tests in the CI-HA and unil CI-only groups were better than those in the HA-only group. A significant difference ( $p < 0.01$ ) was found in the scores of the PVT-R test. \*\* $p < 0.01$ , PVT-R: Peabody Picture Vocabulary Test-Revised; SCTAW: Screening Test for Abstract Words; WFT: Word Fluency Test. Values in the longitudinal line indicate Z-score.

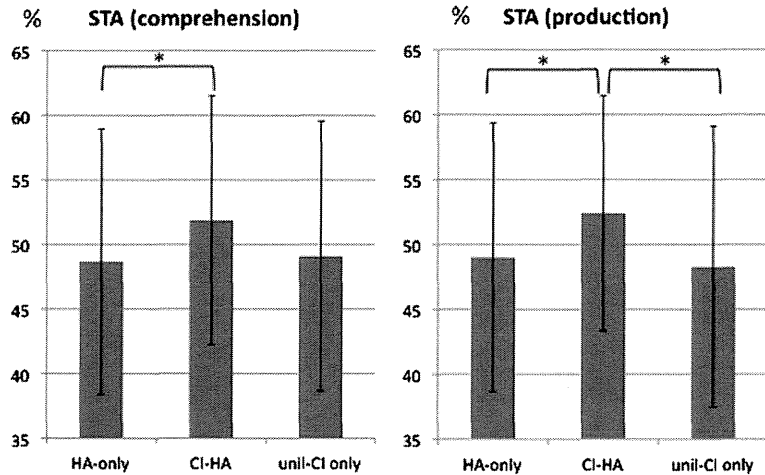


Fig. 6. Scores of the STA test (comprehension and production) in the HA-only, CI-HA, and unil CI-only groups. STA test scores (comprehension) in the CI-HA group were significantly higher ( $p < 0.05$ ) than in the HA-only group. STA test scores (production) in the CI-HA group were significantly higher ( $p < 0.05$ ) than those in the unil CI-only and HA-only groups. \* $p < 0.05$ . STA: Syntactic processing Test for Aphasia test. Values in the longitudinal line indicate Z-score.

early CI was more effective for better speech discrimination and children with CI before the second year of life had significantly better scores of productive vocabulary and comprehensive and productive syntax.

Early intervention has a strong influence on language outcomes in most, but not all, hearing-impaired children. The degree of hearing loss is an important factor in the modeling of speech production and spoken language outcomes. Several studies have demonstrated a clear relationship between the degree of hearing loss and language outcome [18]. In our study, the average age at diagnosis of hearing loss in children with CI was 11.4 months. Age at diagnosis in CI-HA users (10.9 months) was earlier than in unil CI-only users (12.5 months) and HA-only users (13.3 months).

Better speech and language development was found in CI-HA users compared with unil CI-only users.

The degree of hearing loss in CI users was higher than in HA-only users. Speech discrimination score and intelligibility rating were higher in CI users than in HA-only users. The degree of hearing loss was significantly negatively correlated with speech discrimination and intelligibility. However, no clear relationship between the degree of threshold with the amplification devices and speech discrimination and intelligibility was found. The degree of threshold with amplification is thus a predictive factor of speech discrimination and intelligibility. It is beneficial for the CI to establish the better threshold level because fitting method is completely different. This study confirmed that CI has a positive influence on speech discrimination and intelligibility in severely hearing-impaired children. However, 124 institutions were participated in this study as nationwide research project, so there might be a confounding variable for selection of amplification devices (CI/HA vs CI/CI vs unil CI).

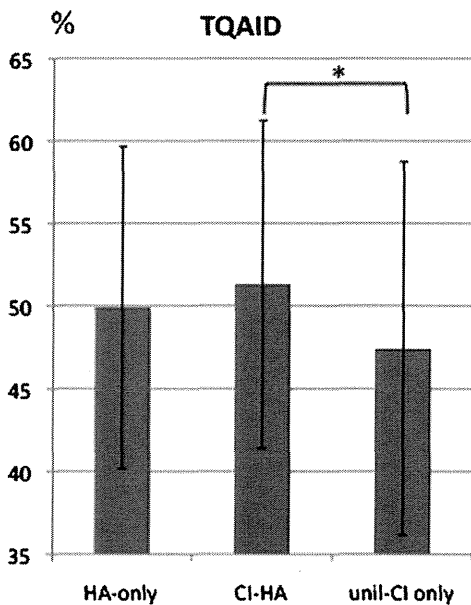


Fig. 7. The scores of TQAID test in the HA-only, CI-HA, and unil CI-only groups. The score of TQAID test in the CI-HA group is significantly ( $p < 0.05$ ) better than that in the unil CI-only group. \* $p < 0.05$ , TQAID: test for question-answer interaction development is for evaluating the IPCS (interpersonal communication skills) function. Values in the longitudinal line indicate Z-score.

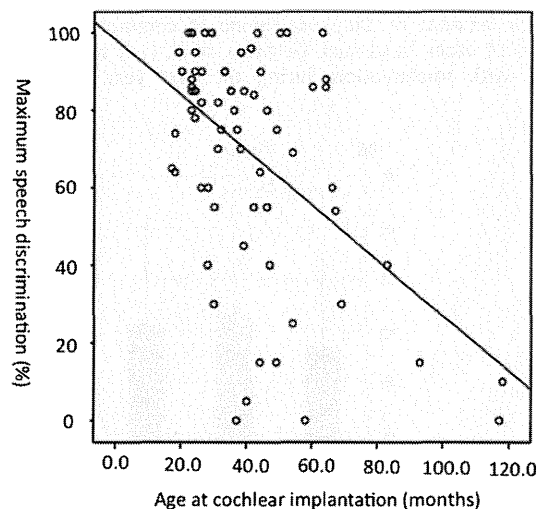


Fig. 8. The correlation between the age of cochlear implantation and maximum speech discrimination score. The high correlation ( $r = 0.52$ ) has been found between the age of CI and maximum speech discrimination score.

**Table 1**  
Average scores of language tests (ALADJIN) in children with CI before and after age of 24 months.

	PVT-R	WFT	SCTAW	STA (Com)	STA (Pro)	TQAID	RCPM	PARS
CI after 24 mo (N=29)	29.5	12.9	13.7	23.1	34.1	209.4	27.5	5.3
CI before 24 mo (N=161)	32.2	15.6	13.8	26.2	39.0	229.7	28.1	4.5
t-Value	0.19	0.02	0.99	0.04	0.04	0.06	0.77	0.30

PVT-R: Peabody Picture Vocabulary Test-Revised; WFT: Word Fluency Test; SCTAW: Standardized Comprehension Test for Abstract Words; STA (Com): Syntactic processing Test for Aphasia (Comprehension); STA (Pro): Syntactic processing Test for Aphasia (Production). TQAID: test for question–answer interaction development; RCPM: Raven's Colored Progressive Matrices; PARS: Pervasive Developmental Disorder ASJ Rating Scale; CI: cochlear implantation; mo: months; N: number.

In evaluating auditory performance, formal speech perception tests, such as open-set and closed-set tests, are often used in children with CI. Communication skills, including auditory, speech, and language development for congenital and prelingual deaf children with CI, are influenced by a wide variety of factors. Several studies have reported that factors such as gender, nonverbal intelligence, estimated family income, communication mode, performance IQ, working memory capacity, articulation rate, and verbal rehearsal speed may predispose a child to better or poorer outcomes with a CI [3,17].

We developed ALADJIN as a set of language tests to evaluate IPCS ability. Results of this assessment showed that CI was more effective for the development of comprehensive and productive vocabulary compared with HA, and bimodal hearing with CI and HA positively influence the development of vocabulary (comprehensive and productive), syntax (comprehensive and productive), and IPCS compared with unilateral hearing with CI. Consequently, we can conclude that early CI, especially in combination with HA, is useful in the development of communication skills.

#### Acknowledgments

We thank all participants of this study, including children, parents, and staff of the Research on Sensory and Communicative Disorders (RSCD) project who collaborated with the Association for Technical Aids (Tokyo, Japan). This work was supported by the Division of Hearing Impairment, RSCD of the Ministry of Health, Labour and Welfare, Tokyo, Japan.

#### References

- [1] K.I. Kirk, R.T. Miyamoto, C.L. Lento, E. Ying, T. O'Neill, Effects of age at implantation in young children, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl.* 189 (2002) 69–73.
- [2] S. Zimmerman-Phillips, A.M. Robbins, M.J. Osberger, Assessing cochlear implant benefit in very young children, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. Suppl.* 185 (2000) 42–43.
- [3] I.J. Moon, E.Y. Kim, H. Chu, W.H. Chung, Y.S. Cho, S.H. Hong, A new measurement tool for speech development based on Ling's stages of speech acquisition in pediatric cochlear implant recipients, *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 75 (2011) 495–499.
- [4] A.G. Geers, J.G. Nicholas, J.S. Moog, Estimating the influence of cochlear implantation on language development in children, *Audiol Med* 5 (2007) 262–273.
- [5] C. Allen, T.P. Nikolopoulos, D. Dyar, G.M. O'Donoghue, Reliability of a rating scale for measuring speech intelligibility after pediatric cochlear implantation, *Otol. Neurotol.* 22 (2001) 631–633.
- [6] D. Riva, F. Nichelli, M. Devoti, Developmental aspects of verbal fluency and confrontation naming in children, *Brain Lang.* 71 (2000) 267–284.
- [7] S. Arffa, The relationship of intelligence to executive function and non-executive function measures in a sample of average, above average, and gifted youth, *Arch. Clin. Neuropsychol.* 22 (2007) 969–978.
- [8] K. Ueno, S. Nagoshi, S. Konuki, Picture Vocabulary Test – Revised, SACCESS Bell Co., Ltd., Hiroshima, Japan, 2008 (in Japanese).
- [9] N. Haruhara, M. Kaneko, A. Uno, The Standardized comprehension test of abstract words, Interuna Publishers, Inc., Tokyo, 2002 (in Japanese).
- [10] K. Kunisue, K. Fukushima, A. Kawasaki, Y. Maeda, R. Nagayasu, Y. Kataoka, et al., Comprehension of abstract words among hearing impaired children, *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 71 (2007) 1671–1679.
- [11] R. Nakajima, T. Horai, T. Sugata, H. Tatsumi, T. Hamanaka, Syntactic and communication abilities of aphasics as assessed by CADL, STA and CADL family questionnaire, *Jpn. J. Logop. Phoniatr.* 38 (1997) 161–168.
- [12] A. Yamada, M. Suzuki, M. Kato, M. Suzuki, S. Tanaka, T. Shindo, et al., Emotional distress and its correlates among parents of children with pervasive developmental disorders, *Psychiatry Clin. Neurosci.* 61 (2007) 651–657.
- [13] V. Weichbold, H. Herka, Performance of hearing impaired children on Raven's Coloured Progressive Matrices Test, *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 67 (2003) 1213–1217.
- [14] S. Tamaru, A. Kikuchi, K. Takagi, M. Wakamatsu, K. Ono, T. Horikoshi, et al., Neurodevelopmental outcomes of very low birth weight and extremely low birth weight infants at 18 months of corrected age associated with prenatal risk factors, *Early Hum. Dev.* 87 (2011) 55–59.
- [15] N. Marlow, D. Wolke, M.A. Bracewell, M. Samara, Neurologic and developmental disability at six years of age after extremely preterm birth, *N. Engl. J. Med.* 352 (2005) 9–19.
- [16] S.J. Dettman, D. Pinder, R.J. Briggs, R.C. Dowell, J.R. Leigh, Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risks versus benefits, *Ear Hear.* 28 (2) (2007) 115–185.
- [17] R.F. Holt, M.A. Svirsky, An exploratory look at pediatric cochlear implantation: is earliest always best? *Ear Hear.* 29 (2008) 492–511.
- [18] Y.S. Sininger, A. Grimes, E. Christensen, Auditory development in early amplified children: factors influencing auditory-based communication outcomes in children with hearing loss, *Ear Hear.* 31 (2010) 166–185.

# 人工内耳装用時期と言語発達の検討

## —全国多施設調査研究結果—

岩崎 聡<sup>1)</sup>, 西尾信哉<sup>2)</sup>, 茂木英明<sup>1,2)</sup>, 工 穰<sup>1,2)</sup>, 笠井紀夫<sup>3,4)</sup>, 福島邦博<sup>3)</sup>, 宇佐美真一<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>信州大学附属病院人工聴覚器学講座

<sup>2)</sup>信州大学耳鼻咽喉科

<sup>3)</sup>岡山大学耳鼻咽喉・頭頸部外科

<sup>4)</sup>公益財団法人テクノエイド協会

**要旨：**感覚器障害戦略研究「聴覚障害児の療育等により言語能力等の発達を確保する手段の研究」事業として平成21年から1年間に調査した症例対照研究のうち、人工内耳装用児の現状と語音明瞭度・言語発達に関する検討を行った。対象は幼稚園年中から小学校6年までの両耳聴力レベル70dB以上の言語習得期前の聴覚障害児で、124施設が参加した。言語検査が実施できた638名のうち人工内耳装用児は285名(44.7%)であり、言語発達検査の検討はハイリスク児を除外した190名であった。人工内耳+補聴器併用児が69.5%、片側人工内耳のみが29.8%、両側人工内耳が0.7%を占めた。難聴発見年齢は平均11.7ヶ月、人工内耳装用開始年齢は平均3歳6ヶ月であった。人工内耳装用月齢と最高語音明瞭度とは高い相関を認め、人工内耳装用開始時期が24ヶ月前とその後で言語発達検査を比較するとすべての検査項目で早期人工内耳装用児群で高い値が得られ、早期人工内耳の有効性を支持する結果となった。

### —キーワード—

人工内耳, 言語発達, 語音明瞭度, コミュニケーション

### はじめに

感覚器障害戦略研究「聴覚障害児の療育等により言語能力等の発達を確保する手段の研究」事業の一環として、聴覚障害児の日本語言語発達に影響を与える因子を明らかにし、発達を保障する手法を確立することを目的に平成21年から1年間言語発達検査、聴覚障害児の家族・医療・教育における背景を調査する症例対照研究が行われた。

我が国で人工内耳が行われてから約25年が経過し、聴覚障害児に対する人工内耳は本邦においても定着し、様々な施設からその有効性についての報告がなされている<sup>1)</sup>。しかし、全国規模かつ同じ基準でその有効性について検討されたことはこれまでに

ない。また人工内耳装用児を対象とした日本語の言語発達に関する詳細な検討は皆無に近い現状である。今回我々は、聴覚障害児に対する本症例対照研究のうち人工内耳装用児の難聴診断年齢や新生児聴覚スクリーニング受診率等の現状と伴に、これまで指摘されて来た語音弁別能への有効性について検討した。さらに、聴覚障害児への人工内耳の日本語による言語性コミュニケーションへの有効性についても検討したので報告する。

### 対象と方法

本戦略研究の対象は幼稚園年中から小学校6年生までの両耳が聴力レベル70dB以上の言語習得期前聴覚障害児であり、124施設(医療施設66、聴覚特

別支援学校34, 通常教育環境施設(小学校) 5, 難聴幼児通園施設 9, 大学(医療施設以外) 7, その他 3) が参加し, 770児が登録された。評価は医療機関, 特別支援学校, 通常教育環境施設(小学校), 難聴幼児通園施設にて行った。施行した検査は語用的能力(音声コミュニケーション能力)を評価する質問応答関係検査(TQAID), 教研式標準学力検査(国語と算数), 統語(文法)の能力を評価する失語症構文検査(STA), 語彙の理解能力を評価する改訂版絵画語彙発達検査(PVT-R)と標準抽象語理解力検査(SCTAW), 語彙の産生能力を評価する語流暢性検査(WFT), 読み書き能力を評価する読み書きスクリーニング検査(STRAW), 行動面に関する評価を行う広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度(PARS), 非言語性知能検査を評価するレーブン色彩マトリックス検査(RCPM)である。これらの言語発達の評価のための検査以外に, 純音聴力検査, 語音弁別能検査(67S語表), 装用下音場閾値検査を実施した。

登録児の内, 検査項目が揃っていた児は638名(83%)であり, その内人工内耳を使用している285名(44.7%)を対象とした。また, 言語発達検査の検討には, 定型発達児のみで比較を行うため, 体重1800g未満の児, RCPMが平均の2SD以上低い児, PARSの得点が11点以上の児を除外した人工内耳装用児190名(66.7%)を対象とした。

なお, 本研究の実施にあたっては, 財団法人テクノエイド協会による倫理審査委員会にて承認を得たのちに実施し, また倫理委員会がある病院等においては更に各施設内にて承認を受けたのちに実施した。

統計解析にはIBM社のSPSS 18を用いた。「早期人工内耳装用の有効性に関して」の項は, 対象児全体の得点の分布より回帰式を求め, 平均的な言語発達の伸びを基に, 全児が100ヶ月齢時の得点となるように補正を行った後に解析を行った。検定は等分散性のためのLeveneの検定およびt検定を行った。

## 結 果

### 1. 対象者の構成に関して

人工内耳を装用している児に占める人工内耳+補

聴器(CI+HA)併用児の割合は69.5%(198名:男児100名, 女児98名), 片側人工内耳のみ(CIのみ)の児は29.8%(85名:男児35名, 女児50名), 両側人工内耳装用児は0.7%(2名:男児1名, 女児1名)であった。図1に各学年別の人工内耳装用児の数と, 各学年に占める割合を示す。難聴発見年齢の平均はCIのみが12.5ヶ月で, CI+HAが10.9ヶ月であった。新生児聴覚スクリーニング受診率はCIのみが23.5%, CI+HAが48.0%であった。

純音聴力検査の4分法平均値はCI+HAで108.5dB, CIのみが110.8dBであった。装用下閾値の4分法平均値はCI+HAで35.2dB, CIのみが36.6dBであった。最高語音明瞭度はCI+HAで76.1%, CIのみが84.4%であった。

### 2. 人工内耳の早期装用開始が言語発達に及ぼす影響

人工内耳を装用した月齢は平均で42ヶ月(3歳6ヶ月)で, 分布は図2に示すように, 20~50ヶ月前後に手術を受けた児が多い状況であった。人工内耳の早期装用は語音弁別能(単音節の聴き取り能力)と高い相関を認めた(図3:相関係数 $r=0.52$ )。

人工内耳の早期装用が言語発達に及ぼす影響を詳細に検討するため, 24ヶ月以前に人工内耳を開始した児(29名)と, 24ヶ月以降に人工内耳を装用した児(161名)の日本語発達の比較検討を行った(表1)。その結果, 今回実施したほぼ全ての検査項目

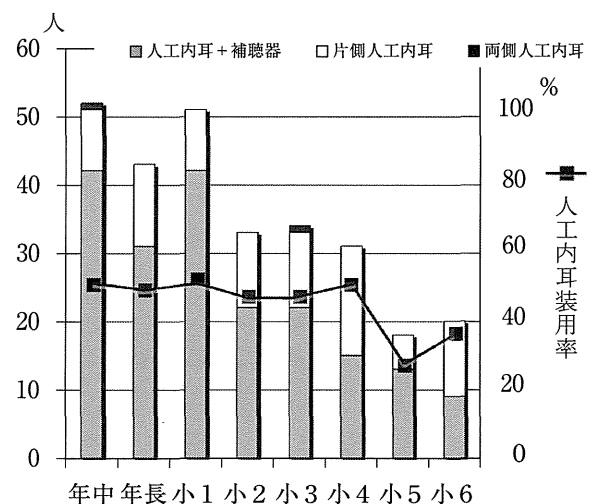


図1 各学年別の人工内耳装用者の数と, 各学年に占める割合

で早期に人工内耳を装着した児のほうが平均点が高い結果が得られた。しかしながら、非言語性知能検査である RCPM や PARS の点数には大きな違いは認められなかった。特に、WFT あかし合計、STA 理解の合計点、STA 産生の総得点では、早期に人工内耳を装着した児のほうが有意に得点が高い結果が得られた。

考 察

1. 対象者の構成に関して

高度・重度難聴の聴覚障害児の中で人工内耳を使用している児は年中から小学4年生まで、各学年ともに50%弱であることが明らかとなった。詳細に見て行くと、小学5～6年の学年はやや少ない傾向がみられたが、これは、1998年から小児が人工内耳の適応に追加され、本邦で小児人工内耳が始まったころの学年であるためと考えられる<sup>2)</sup>。また、小学4年、6年では片側人工内耳のみの児の割合が多かったのに対し、それより低い学年では人工内耳と補聴器を併用している割合(約70%)が多くなってい

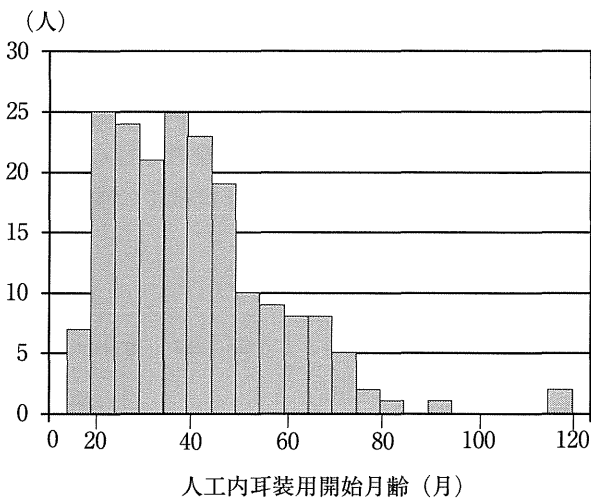


図2 対象者の人工内耳装着開始月齢

た。人工内耳がスタートした当初は、電気刺激による人工内耳と音響刺激による補聴器の中枢での統合は困難であり、かえって言語聴取は低下すると思われていた。しかし、その後電氣的・音響的聴覚刺激は中枢で統合され、言語聴取成績の向上が得られるとの報告<sup>3)</sup>が増え、本邦においても人工内耳と補聴器の併用が一般的になっている結果だと考えられる。今回の対象児の中に両側人工内耳は2名だけと少なかったが、両側人工内耳装着児の言語発達への有用性が最近多く報告<sup>4)</sup>されるようになり、今後は両側人工内耳装着児が増えて行くと思われる。また、片側人工内耳のみの児(12.5ヶ月)よりも人工内耳と補聴器併用児(10.9ヶ月)の方が難聴発見年齢が早いことが明らかとなった。これは、新生児聴覚スクリーニング受診率が人工内耳と補聴器併用児(48.0%)で高かった事が1つの要因と考えられた。

人工内耳装着児は裸耳聴力レベルが高くて(平

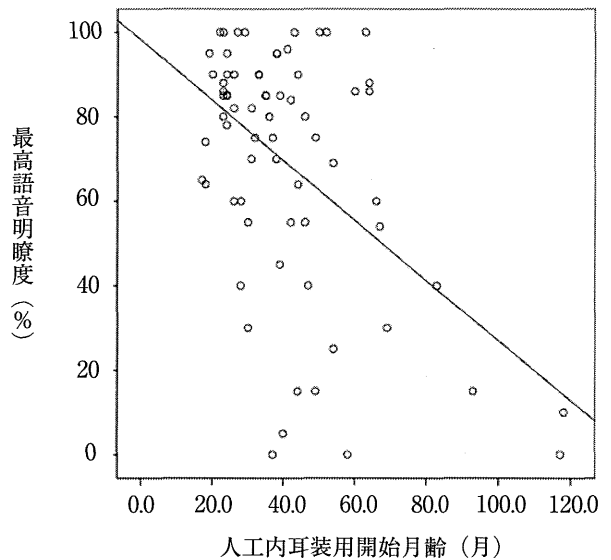


図3 人工内耳装着開始月齢と最高語音明瞭度の関係 相関係数 r=0.52

表1 早期に人工内耳を装着した児と24ヶ月以降に人工内耳を装着した児の平均点 (回帰式を用いた補正により、両群とも100ヶ月齢時の得点に換算してある。)

	PVT-R 修正得点	WFT あかし計	WFT 動物	SCTAW 正答率	STA 理解 合計点	STA 産生 総得点	CRT-II 国語 合計点	CRT-II 算数 合計点	質問応答 関係検査	RCPM 合計点	PARS 現在得点
24ヶ月以降 (29名)	29.5	12.9	9.5	13.7	23.1	34.1	46.1	57.0	209.4	27.5	5.3
24ヶ月前 (161名)	32.2	15.6	10.6	13.8	26.2	39.0	52.3	59.8	229.7	28.1	4.5
有意確率 (t検定)	0.19	0.02	0.07	0.99	0.04	0.04	0.09	0.39	0.06	0.77	0.30



均 109.7dB), 装用下閾値は低く (平均 35.9dB), 良好な語音明瞭度 (平均80.3%) が得られていた。以前より低体重出生児は発達に何かしらの影響がみられやすいと言われており<sup>5)</sup>, 今回の言語関連の評価対象児を体重 1800g 未満の児, RCPM が平均の 2SD 以上低い児, PARS の得点が11点以上の児を除外した定型発達児に限定した事が, より明確な結果を導いた要因と考える。

## 2. 早期人工内耳装用の有効性に関して

人工内耳の早期装用は, 語音弁別能と高い相関を認めた。このことより, 人工内耳を早期から装用することで, 高い語音弁別能が得られる可能性が高いことが示唆された。海外でも早期人工内耳により, 言語の理解のみならず産生にも有効であるとの報告<sup>6)</sup>がみられるが, 日本語の発達においても同様の事が確認できたと思われる。

今回の検査対象は, 人工内耳の装用時期が20ヶ月~50ヶ月がピークで, 平均は42ヶ月齢と, 現在の小児人工内耳と比較するとやや装用時期が遅い傾向にあった。これは, 前項と同様, 1998年に本邦における人工内耳の適応に小児が追加され, 徐々に適応年齢が低年齢化しているためだと考えられた。

今回行った24ヶ月未満に人工内耳を装用した早期装用の児と24ヶ月以降に人工内耳を装用した児の日本語言語発達の比較では, ほぼ全ての項目で早期人工内耳装用児の方が言語発達が良好であり, 早期に人工内耳を装用することが, 言語発達の全方面に有効であることが示唆された。それ以外に人工内耳後の言語発達には聴力レベル, 難聴の期間, 使用期間, IQ, ワーキングメモリー, 家族の収入などが関与すると報告されている<sup>7)</sup>。今後更に装用年齢による影響を含め, 更に詳細なデータの解析を行い, 人工内耳装用児の言語発達に影響する項目の関連を評価していきたいと考えている。

人工内耳を2歳代で受けた児より1歳代で受けた児の方が言語発達が早いとの報告も見られ, 人工内耳の低年齢化が進んでいる<sup>8)</sup>。人工内耳の早期装用開始のためにも早期診断が重要であり, 今後, 新生児聴覚スクリーニング受診率の向上に努めることが重要であることが改めて示されたと思われる。

## ま と め

感覚器障害戦略研究「聴覚障害児の療育等により言語能力等の発達を確保する手段の研究」事業の一環として平成21年から1年間言語発達検査, 聴覚障害児の家族・医療・教育における背景を調査する症例対照研究が行われたうち, 人工内耳装用児の現状と日本語による言語性コミュニケーションへの有効性について検討した。聴覚障害児に対する早期人工内耳は言語・コミュニケーション能力の発達をもたらすことが確認され, 難聴の早期発見に今後も取り組む必要がある。

## 謝 辞

感覚器障害戦略研究「聴覚障害児の療育等により言語能力等の発達を確保する手段の研究」に参加してくださった聴覚障害児とすべての施設のスタッフに心から感謝申し上げます。なお, 本戦略研究実施団体である財団法人テクノエイド協会の支援を得て実施している。

## Evaluation of the relation between speech development and the age at cochlear implantation

Satoshi Iwasaki<sup>1)</sup>, Shinya Nishio<sup>2)</sup>, Hideaki Moteki<sup>1,2)</sup>, Yutaka Takumi<sup>1,2)</sup>, Norio Kasai<sup>3,4)</sup>, Kunihiko Fukushima<sup>3)</sup>, Shin-ich Usami<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Hearing Implant Sciences, Shinshu University School of Medicine

<sup>2)</sup>Department of Otolaryngology, Shinshu University School of Medicine

<sup>3)</sup>Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery, and Okayama University Postgraduate School of Medicine, Dentistry, and Pharmaceutical Science

<sup>4)</sup>Association for Technical aids

The Research on Sensory and Communicative Disorders (RSCD) was originally planned as a nationwide research project to assess the effectiveness

of interventional methods for hearing-impaired children. Of the 638 hearing-impaired children who participated in the RSCD project in 2009, 282 (44.2%) were cochlear implant users. Of these, 196 (69.5%) were both cochlear implant plus hearing aid (bimodal stimulation) users, 84 (29.8%) were unilateral-cochlear implant only users, and 2 children (0.7%) were bilateral cochlear implant users.

The average hearing loss level was 109.7dB. However, good outcomes of the hearing threshold (35.9dB) and maximum speech discrimination score (80.3%) were observed. A high correlation ( $r=0.52$ ) was found between the age at cochlear implantation and the maximum speech discrimination score. The scores on the speech and language tests in the children who were under 24 months of age at the time of the cochlear implant surgery were better than those in the children who were over 24 months of age at the time of the surgery. The results of our study indicate that early implantation is beneficial for speech and language development.

#### 参考文献

- 1) 福島邦博: 人工内耳装用児の長期的な言語発達。JOHNS **21**: 601-603, 2005
- 2) 伊藤壽一: 人工内耳の適応に関する考察。耳鼻臨床 **104**: 1-6, 2011
- 3) Potts LG, Skinner MW, Litovsky RY, et al: Recognition and localization of speech by adult cochlear implant recipients wearing a digital hearing aid in the nonimplanted ear (bimodal hearing). J Am Acad Audiol **20**: 353-373, 2009
- 4) Litovsky RY, Parkinson A, Arcaroli J: Spatial hearing and speech intelligibility in bilateral cochlear implant users. Ear Hear **30**: 419-431, 2009
- 5) Tamaru S, Kikuchi A, Takagi K, et al: Neurodevelopmental outcomes of very low birth weight and extremely low birth weight infants at 18 months of corrected age associated with prenatal risk factors. Early Hum Dev **87**: 55-59, 2011
- 6) Kirk KI, Miyamoto RT, Lento CL, et al: Effects of age at implantation in young children. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl **189**: 69-73, 2002
- 7) Moon IJ, Kim EY, Chu H, et al: A new measurement tool for speech development based on Ling's stages of speech acquisition in pediatric cochlear implant recipients. Int J Pediatr Otorhinolaryngol **75**: 495-499, 2011
- 8) Dettman SJ, Pinder D, Briggs RJS, et al: Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risks versus benefits. Ear Hear **28** (suppl): 11S-18S, 2007

(2011年9月29日受稿 2011年12月6日受理)

別冊請求先: 〒390-8621

長野県松本市旭3-1-1

信州大学附属病院人工聴覚器学講座

岩崎 聡

Satoshi Iwasaki

Department of Hearing Implant Sciences, Shinshu University School of Medicine, 3-1-1 Asahi Matsumoto, 390-8621, Japan

# 人工内耳と補聴器の装用開始年齢による 言語発達検査結果の検討

山田奈保子<sup>1)2)</sup>, 西尾信哉<sup>3)</sup>, 岩崎 聡<sup>4)</sup>, 工 穰<sup>3)4)</sup>, 宇佐美真一<sup>3)</sup>, 福島邦博<sup>5)</sup>, 笠井紀夫<sup>5)6)</sup>

<sup>1)</sup>福島県総合療育センター

<sup>2)</sup>信州大学大学院医学系研究科医科学専攻

<sup>3)</sup>信州大学医学部耳鼻咽喉科

<sup>4)</sup>信州大学医学部附属病院人工聴覚器学講座

<sup>5)</sup>岡山大学耳鼻咽喉・頭頸部外科

<sup>6)</sup>公益財団法人テクノエイド協会

**要旨:**平成21年から22年の間, 聴覚障害児の日本語言語発達に影響を与える因子と, 発達を保障する方法を考える目的で行われた感覚器障害戦略研究・症例対照研究のデータを元に, 人工内耳手術年齢による言語発達の傾向について検討した。

対象は生下時から聴覚障害を持つ4歳から12歳までの平均聴力レベル70dB以上の638名のうち, 聴覚障害のみを有すると考えられる人工内耳装用児182名を, 補聴器の装用開始年齢, 人工内耳の手術年齢のピークで4群に分け比較した。

結果を語彙, 構文レベルの発達と, 理解系, 産生系課題とに分けてみると, 語彙, 構文共に, 理解系の課題においては, 補聴器装用早期群の成績が良好で, 産生系の課題については, 人工内耳手術年齢早期群の成績が良好であった。

このことから, 早期に音を入れることが言語理解に, 早期に十分弁別可能な補聴をすることが言語産生に影響を与える可能性があるという結果が得られた。

## —キーワード—

人工内耳, 手術年齢, 言語発達, 感覚器障害戦略研究 (聴覚分野)

## はじめに

感覚器障害戦略研究 (聴覚分野) 症例対照研究は, 聴覚障害児の日本語言語発達に影響を与える因子を明らかにし, 発達を保障する方法を考える目的で平成21年4月~平成22年3月までの1年間124施設で行われた。実施内容は, 家族・医療・教育を対象としたアンケートによる背景因子の調査と, 語彙・構文・コミュニケーション力を見る日本語言語発達検査である。これらの結果から, 聴覚障害児の言語発達の現況を捉え検討を行うことが可能となった。岩崎ら<sup>1)</sup>が人工内耳装用時期を24ヶ月前と後で

言語発達検査結果を比較し, 早期人工内耳の有効性を示したが, 人工内耳を早期に装用している児は, 補聴器の装用も早いことが予想される。そこで, 人工内耳と補聴器の装用時期による言語発達の差異と傾向について検討したので報告する。

## 対 象

生下時から聴覚障害を持つ4歳から12歳までの平均聴力レベル70dB以上の638名のうち, 出生時の体重が1800g未満の児, 広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度 (PARS: スペクトラム出版社) の現在得点が11点以上の児, レーヴン色彩マトリック

ス検査 (RCPM: 日本文化科学社) において平均点 -2SD 以下の児, 生下時に何らかの合併症 (頭頸部奇形, 髄膜炎, 循環器疾患, 呼吸器疾患など) を有する児および周産期リスク (先天風疹症候群, 先天 CMV 感染症, 胎児仮死, 重症黄疸など) を有する児を除いた419名のうち人工内耳を装着している児182名 (男児: 83名, 女児: 99名) を対象とした。

## 方 法

上記児童を対象に, アンケートを実施して難聴発見時期, 補聴器装着開始時の月齢および人工内耳手術時の月齢を調べた。また, 言語発達検査として語彙レベルの発達を評価する事を目的に, 改訂版絵画語い発達検査 (PVT-R: 日本文化科学社) および語流暢性検査 (WFT) を, 構文レベルの発達を評価する事を目的に失語症構文検査 (STA: 国際医療福祉大学大学院医療福祉学研究所) を実施した。また, コミュニケーション能力の発達を評価する事を目的に質問-応答関係検査 (TQAID: エスコアール) を実施した。

PVT-Rでは修正得点を得点として用いた。また, WFTでは音韻課題の「あ」, 「か」, 「し」およびカテゴリー課題の「動物」の各1分間の産生語彙数の合計数を得点として用いた。STAでは, 理解の合計得点を STA 理解の得点とし, 産生の総得点を STA 産生の得点とした。また TQAID では総得点を採用した。上記の言語検査の成績は, 全て素点を学年ごとに偏差値化したうえで集計し解析を行った。以下, 言語発達検査結果の数値は全て偏差値を示す。平均点の比較における有意差検定は分散分析 (Tukey HSD) により実施した。

## 結 果

### 対象児童の補聴器・人工内耳装着開始時期

対象児182名の難聴発見時期は, 生下時から3歳9ヶ月であり, 平均1歳0ヶ月であった。また補聴器装着開始月齢は, 0歳2ヶ月から3歳11ヶ月であり, 平均1歳3ヶ月であった。補聴器装着開始時期の分布については, 図1に示すように16ヶ月前後を境界に2峰性の分布を示しており, 6ヶ月前後と24ヶ月前後にピークが認められた。また, 人工内耳手術時の月齢は, 1歳5ヶ月~9歳10ヶ月, 平均3歳

6ヶ月であった。

一般的に, 人工内耳を早期から装着している児は補聴器の装着開始も早いことが考えられるため, 人工内耳の早期装着開始が言語発達に及ぼす影響について検討を行う上で, 人工内耳を早期に実施した影響と, 補聴器の早期装着による影響を区別して解析することが必要であると考えた。

そこで, 本研究では, 補聴器の装着開始月齢の分布 (図1) を元に, 補聴器の装着開始16ヶ月未満の児と16ヶ月以降の児の2群に分けた。さらに, それぞれの群の人工内耳手術時月齢の分布 (図2) を元に, 人工内耳手術年齢のピークの前後で2群に分け, 合計4群での比較を行った。

補聴器装着開始年齢16ヶ月未満の群においては, 人工内耳手術時月齢のピークが24ヶ月であった為, 24ヶ月未満群と, 24ヶ月以降群とに分けた。また補聴器装着開始年齢16ヶ月以降の群においては, 人工内耳手術時月齢のピークが36ヶ月であった為, 36ヶ月未満群と36ヶ月以降群に分けて比較を行った。以上の操作により, 1) 補聴器・人工内耳とも早期装着の群 (HA・CI早期群), 2) 補聴器は早

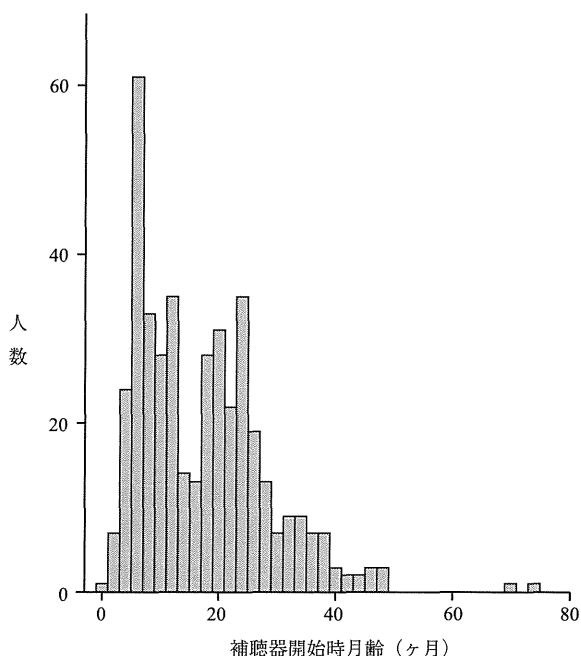


図1 補聴器装着開始時期 (月齢) の分布  
本研究に参加した児 (638名) の補聴器装着開始時の月齢の分布を示す。16ヶ月前後を境界に6ヶ月前後と24ヶ月前後にピークを持つ2峰性の分布を示していることが分かる。

期装用だが、人工内耳はピーク以降の群(HA 早期・CI 非早期群)、3) 補聴器装用開始は16ヶ月以降だが人工内耳は3歳未満と早期の群(HA 非早期・CI 早期群)、4) 補聴器装用開始16ヶ月以降かつ人工内耳装用3歳以降の群(HA・CI 非早期群)の4群で比較検討を行った。

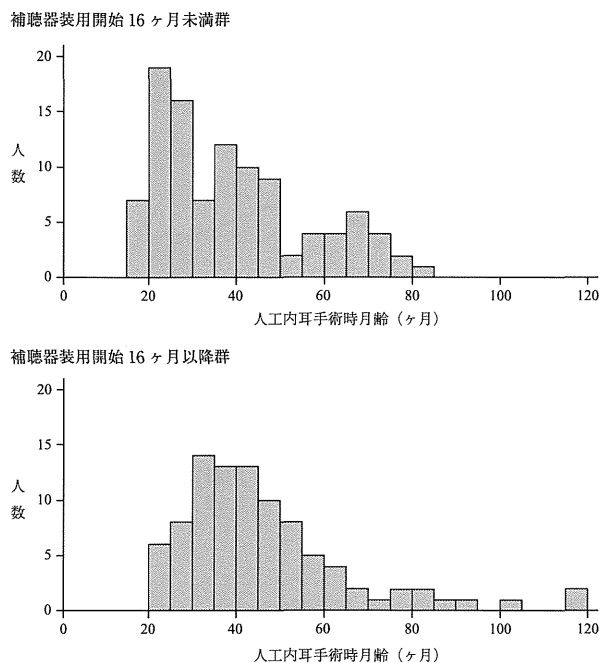


図2 人工内耳の手術時期(月齢)の分布  
補聴器装用開始時月齢16ヶ月未満と16ヶ月以降の2群それぞれの人工内耳手術時の月齢の分布を示す。補聴器装用開始16ヶ月未満の群では24ヶ月が分布のピークであり、16ヶ月以降の群では36ヶ月がピークであった。

### 背景因子の比較

除外基準適用後のデータについて、4群間でその背景に差が無いかを検討した。その結果、新生児聴覚スクリーニングの受検率に関しては、補聴器を早期に装用開始した児では受診率が高く、新生児聴覚スクリーニングにより難聴が早期に発見され、早期補聴器装用に繋がること改めて示された。また、検査実施時期に関してはHA・CI早期群がやや早く、HA・CI非早期群がやや遅い傾向が認められた。裸耳聴力および装用閾値に関しては大きな差を認めなかったが、最高語音明瞭度に関しては、人工内耳を早期に装用した群のほうが良好であった。

また、非言語性知能発達の指標であるRCPM(レーヴン色彩マトリックス検査)の偏差値では、HA・CI早期群が49.0、HA早期・CI非早期群が50.8、HA非早期・CI早期群が53.4、HA・CI非早期群が50.9であった。またPARS(広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度)得点の偏差値では、HA・CI早期群が52.3、HA早期・CI非早期群が48.3、HA非早期・CI早期群が50.7、HA・CI非早期群が50.1であり、いずれも大きな差は認められなかった。従って、4群間の言語発達検査の差は知的発達障害や広汎性発達障害による影響はないと推測される。

### 補聴器・人工内耳の装用開始時期が語彙の発達に及ぼす影響

語彙レベルの発達については、PVT-R(絵画語彙発達検査)の修正得点の偏差値は、HA・CI早期

表1 対象児の背景因子

	HA・CI 早期群	HA 早期・CI 非早期	HA 非早期・CI 早期	HA・CI 非早期
新生児スクリーニング受検率	70%	59%	15%	7%
検査実施時年齢	5歳3ヶ月	6歳3ヶ月	6歳11ヶ月	7歳8ヶ月
裸耳聴力*	109.0dB	106.6dB	111.3dB	104.4dB
装用閾値*	33.9dB	34.7dB	31.2dB	33.7dB
最高語音明瞭度	82.1%	66.4%	82.4%	61.3%
RCPM**	49.0	50.8	53.4	50.9
PARS**	52.3	48.3	50.7	50.1

\*裸耳聴力および装用閾値は4分法を示す。

\*\*RCPM, PARSの得点は偏差値を示す。

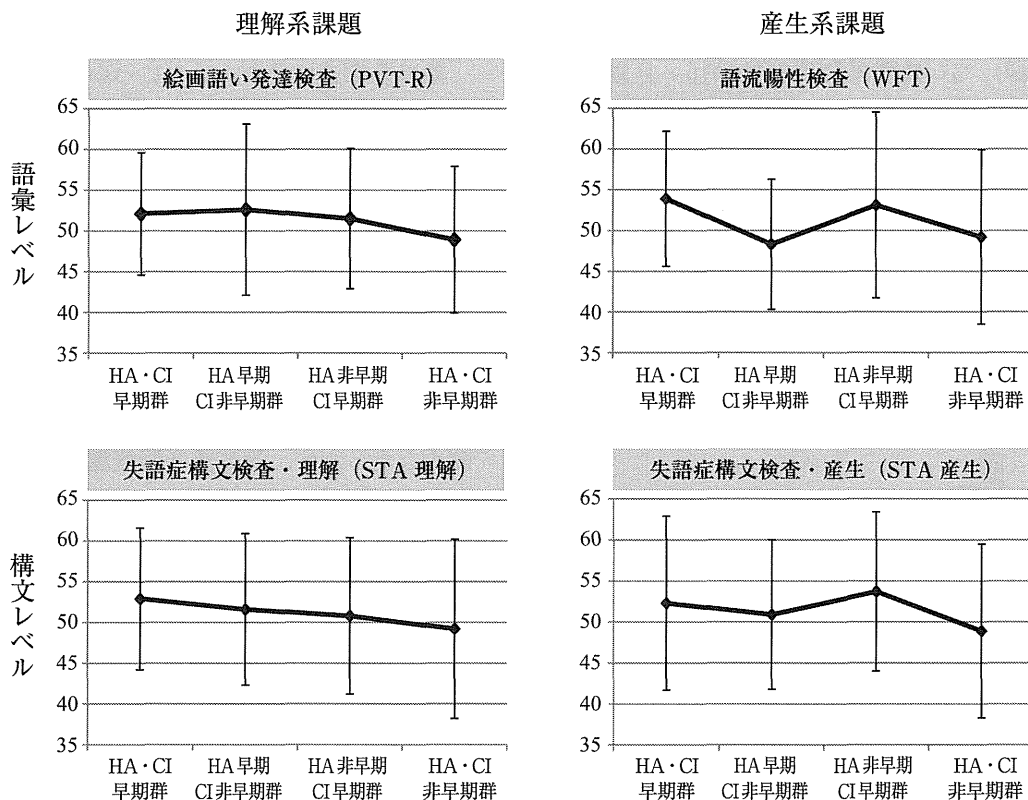


図3 各言語検査と補聴器・人工内耳装用時期との関係  
 4群の各言語評価検査結果(偏差値)を示す。理解系の課題(PVT-RおよびSTA・理解)では補聴器を早期に装用した児の成績が良い傾向にあった。一方、産生系の課題(WFTおよびSTA・産生)では、早期に人工内耳を装用した児の成績が良い傾向にあった。

群が52.1, HA 早期・CI 非早期群が52.6, HA 非早期・CI 早期群が51.5, HA・CI 非早期群が47.9であり, 有意差は認められなかったものの人工内耳の手術時期に関わらず, 補聴器装用が早期の方がより良好な傾向にあった。一方, WFT(語流暢性検査)の偏差値については, HA・CI 早期群が53.9, HA 早期・CI 非早期群が48.3, HA 非早期・CI 早期群が53.1, HA・CI 非早期群が49.2であり, 有意差は認められなかったものの補聴器の装用開始年齢に関わらず, 人工内耳手術年齢が早い群の方が良好な傾向にあった(図3)。

**補聴器・人工内耳の装用開始時期が構文の発達に及ぼす影響**

構文レベルの発達については, STA(失語症構文検査)理解の合計得点の偏差値では, HA・CI 早期群が52.9, HA 早期・CI 非早期群が51.6, HA 非早期・CI 早期群が50.8, HA・CI 非早期群が49.2であり, 有意差は認められなかったものの補聴器の装用

開始年齢が早期の群が成績良好で, さらに, 人工内耳の手術年齢の早い群の方が良好な傾向にあった。一方, STA 産生の総得点の偏差値では, HA・CI 早期群が52.3, HA 早期・CI 非早期群が50.9, HA 非早期・CI 早期群が53.7, HA・CI 非早期群が48.9であり, 有意差は認められなかったものの補聴器装用開始年齢に関わらず, 人工内耳手術時の年齢が早い群の方が良好な傾向にあった(図3)。

**補聴器・人工内耳の装用開始時期がコミュニケーション能力の発達に及ぼす影響**

コミュニケーションレベルの発達を TQAID の総得点の偏差値を用いて評価すると, HA・CI 早期群が50.9, HA 早期・CI 非早期群が50.9, HA 非早期・CI 早期群が52, HA・CI 非早期群が47.6であり, HA・CI 非早期群が他の3群に比べ, 成績が低いものの, 他の3群の間に大きな差は認められなかった(図4)。

以上の結果をまとめると, 語彙レベルにおいて

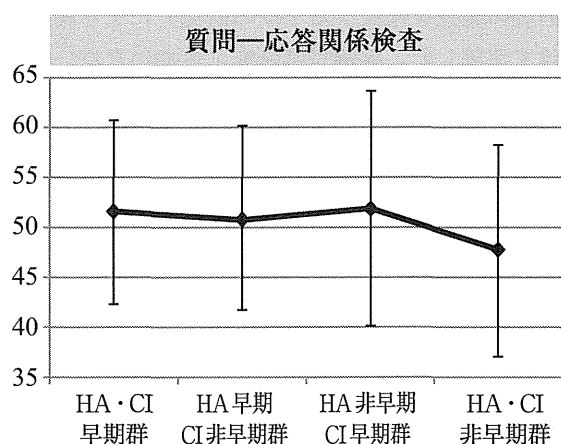


図4 コミュニケーションレベルの発達と補聴器・人工内耳装用時期との関係  
4群のTQAID検査結果(偏差値)を示す。HA・CI非早期群が他の3群に比べ、成績が低いものの、他の3群の間に大きな差は認められなかった。

は、PVT-Rは補聴器の装用開始年齢が早い群の方が良好な成績であった。一方、WFTでは補聴器の装用年齢に関わらず、人工内耳の手術年齢が早い群の方が良好な成績であった。

構文レベルにおいては、STA理解に関しては補聴器の装用開始年齢が早い群が成績良好であり、STA産生については、人工内耳の手術年齢が早い群の方が成績良好であった。コミュニケーション力を見るTQAIDでは、補聴器の装用開始年齢、人工内耳の手術年齢における成績の差はない結果であった。

## 考 察

従来より、人工内耳の早期装用が言語発達に及ぼす影響に関しては、複数の報告がなされているが、1歳代で人工内耳を受けた児は理解系と産生系の言語発達検査共に有意に発達が早いという報告<sup>2)</sup>もあれば、1歳代と2歳代で差がなかったとの報告<sup>3)</sup>も見られる。しかし、これまで、人工内耳早期装用効果と、補聴器の早期装用の効果を区別して日本語言語発達に及ぼす影響について検討を行った研究はない。

本研究の結果、語彙レベル、構文レベルを問わず、理解系の課題(PVT-RとSTA理解)については、人工内耳装用開始時期にかかわらず補聴器の装用開始年齢が早い群の成績が良好な傾向があった。

一方、産生系の課題(WFTとSTA産生)については、補聴器の装用開始年齢に関わらず、人工内耳の手術年齢が早い群の成績が良好な傾向があった。

このことより、早期に補聴器装用を開始することにより、音韻認知とその処理の発達が促され、語彙および構文の理解能力を発達させる可能性が示唆された。本研究の対象児童は4歳までに70dB以上の高度難聴を有する児であり、なおかつ人工内耳を装用している児であることを考え合わせると、対象児の難聴の程度は非常に重度であり、補聴器による補聴では不十分な児が多数を占めていることが考えられる。しかしながら、本研究の結果からは、人工内耳装用開始時期にかかわらず補聴器の装用開始年齢が理解系言語発達に重要であることが示されたことより、仮に不十分であっても早期に補聴器装用し、早期から周囲の音声情報を認知させることが理解系の言語能力の発達に重要であることが示唆された。

一方、早期に人工内耳装用を開始することが産生系の言語能力の発達に影響を及ぼす結果となったことより、早期より語彙や構文を十分に弁別可能な聴取閾値を確保することが、おそらく正確な語彙の理解・助詞の使用などに良い影響をおよぼし、語彙及び構文の産生能力検査の結果を向上させたものと考えられた。

これまでの多くの研究から、早期に補聴器や人工内耳を装用することにより、良好な言語発達が期待できるという報告がなされている<sup>4-15)</sup>。その時期については、新生児スクリーニング検査の導入や、2006年に改訂された日本耳鼻咽喉科学会による小児人工内耳適応基準により、年々低年齢化してきている状況である。

黄らによると、早期補聴、早期聴能教育による良い音声を獲得できる重要な時期として、0歳8ヶ月を補聴最適正年齢と呼び<sup>12)</sup>、内山によれば、12ヶ月未満の時期から補聴器装用を含めた早期療育を開始することにより、言語発達が促進されるとの見解が示されている<sup>13)</sup>。

本研究のデータについては、対象児の年齢が平成21年時に4歳から12歳ということから、補聴器、人工内耳それぞれの装用時期のピークが若干遅い印象があるものの、補聴器、人工内耳共に装用時期が早い群の方が成績良好な結果となり、先行研究を裏付

ける結果となった。

福田らによれば、早期発見と合わせて、人工内耳の使用が聴取能の向上に貢献し、その結果として発話明瞭度も高くなり構音獲得が容易となるため、人工内耳装用児は聴覚からの構音獲得が容易であることを報告している<sup>10)</sup>。加藤らによれば、人工内耳装用後の言語発達には個人差があり、その要因はいくつか挙げられるが、良好な言語能力と最も相関が強かった要因を語音聴取能と報告し<sup>11)</sup>、また、森らは人工内耳を2歳代で装用した症例は聴児と同様の構音発達が見られたと報告している<sup>14)</sup>。一方、川崎らは人工内耳の装用が遅れた児において、語彙理解力、構音、言語性知能が2年程度遅れたと報告しており<sup>15)</sup>、また早期の人工内耳装用が、語音弁別、発話明瞭度の改善とともに語彙・構文の産生能力の発達につながることも述べており、今回の結果と一致する結果であると考えられる。

今回の解析により、早期からの補聴器装用により語彙・構文の理解能力は発達するものの、産生能力の発達のためには十分な聴取閾値を確保可能な補聴を早期に行う事が重要である可能性が示され、それぞれの補聴システムの持つ意義を区別して確認することができたことは意義深い結果であると考えられた。ただ、言語発達の観点から人工内耳が望ましい児を早期に判断することは困難であり、今後さらなる研究が必要と思われる。

## ま と め

感覚器障害戦略研究のデータを元に、補聴器装用および人工内耳の手術年齢による言語発達の差異について検討を行った。その結果、早期の補聴開始が言語理解に、また早期の人工内耳手術が言語産生に影響するという結果が得られた。従って、早期の聴覚的介入は、良好な日本語言語発達に寄与する可能性が示された。

本論文の要旨は第56回日本聴覚医学会（2011年10月26日福岡県）で口演した。

## 謝 辞

本研究は、厚生労働科学研究費補助金（感覚器障害戦略研究事業）「聴覚障害児の療育等により言語

能力等の発達を確保する手段の研究」による補助を受けて実施した。症例対照研究に参加いただいた聴覚障害児とその保護者各位、ならびにすべての施設のスタッフ諸氏に心から感謝する。また、本研究は感覚器障害戦略研究の実施団体である公益財団法人テクノエイド協会の支援を得て実施した。

## Effects of early cochlear implantation and hearing aid on Japanese language development.

Naoko Yamada<sup>1)2)</sup>, Shin-ya Nishio<sup>3)</sup>, Satoshi Iwasaki<sup>4)</sup>, Yutaka Takumi<sup>3)4)</sup>, Shin-ichi Usami<sup>3)</sup>, Kunihiko Fukushima<sup>5)</sup>, Norio Kasai<sup>5)6)</sup>

<sup>1)</sup>Fukushima Rehabilitation Center for Children

<sup>2)</sup>Department of Human Sciences, Shinshu University Graduate School of Medicine

<sup>3)</sup>Department of Otolaryngology, Shinshu University School of Medicine

<sup>4)</sup>Department of Hearing Implant Sciences, Shinshu University School of Medicine

<sup>5)</sup>Department of otolaryngology, Okayama University Medical School

<sup>6)</sup>The Association for Technical aids

This study was aimed at investigating the relationship between the age at cochlear implantation (CI) and language development using a set of Japanese language assessment test battery, consisting of communication skills testing, vocabulary testing, and syntax testing. Of the 638 hearing-impaired children enrolled, 182 children (83 males and 99 females) with CI were included in this study. They were fitted with their first hearing aids (HA) at 27 months and underwent CI at 42 months, on average. Subjects were classified into four groups according to the age at CI and at the first fitting of HA, as follows: 1) early CI and HA group, 2) early HA and delayed CI group, 3) early CI and delayed HA group, 4) delayed CI and HA group. Our study showed that early cochlear implantation was benefi-



cial for the development of productive vocabulary and syntax, and early fitting of HA was beneficial for the development comprehensive vocabulary and syntax. We concluded that early auditory input is effective for the development of language comprehension, and early development of speech discrimination is effective for the development of language production.

#### 参考文献

- 1) 岩崎聡, 西尾信哉, 茂木英明, 他: 人工内耳装用時期と言語発達の検討—全国多施設調査研究結果—。Audiology Japan **55**: 56-60, 2012
- 2) Dettman SJ, Pinder D, Briggles RJS, et al: Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risk versus benefit. Ear Hear **28**: 11S-18S, 2007
- 3) Holt RF, Svirsky MA: An exploratory look at pediatric cochlear implantation: Is earliest always best? Ear Hear **29**: 492-511, 2008
- 4) 内山勉, 徳光裕子: 12ヶ月未満の難聴児の早期療育効果について。音声言語医学 **45**: 198-205, 2004
- 5) 斎藤宏, 工藤多賀, 堀内美智子: 補聴器装用児における乳幼児期の言語訓練の成果と問題点。音声言語医学 **47**: 306-313, 2006
- 6) Niparco JK, Tobey EA, Thal DJ, et al: Spoken language development in children following cochlear implantation. JAMA **303**: 1498-1538, 2010
- 7) Kirk KI, Miyamoto RT, Ying EA, et al: Cochlear implantation in young children: Effects of age at implantation and communication mode. The Volta Review **102**: 127-144, 2002
- 8) Moog JS, Geers AE: Early educational placement and later language outcomes for children with cochlear implants. Otol Neurotol **31**: 1315-1319, 2010
- 9) Yoshinaga-Itano C, Rosalinda B, Allison S, et al: Describing the trajectory of language development in the presence of severe-to-profound hearing loss: A closer look at children with cochlear implants versus hearing aids. Otol Neurotol **31**: 1268-1274, 2010
- 10) 福田章一郎, 問田直美, 福島邦博, 他: 新生児聴覚スクリーニングで発見された聴覚障害児の小学校就学時点での評価。Audiology Japan **50**: 254-260, 2007
- 11) 加藤敏江, 中山博之, 服部琢, 他: 人工内耳を2~4歳台に想望した先天聾児の就学児における言語能力およびそれに影響する要因の検討。Audiology Japan **51**: 54-60, 2008
- 12) 黄麗輝, 加我君孝, 今泉敏, 他: 補聴月齢の異なる先天性高度難聴児前言語期における音声の発達について—音響分析によるフォローアップ研究(2)。音声言語医学 **43**: 134-140, 2002
- 13) 内山勉: 人工内耳装用児の療育開始年齢と早期療育効果との関係について。音声言語医学 **52**: 329-335, 2011
- 14) 森尚彫, 森壽子, 川崎美香, 他: 人工内耳装用児4例の構音能力—補聴器装用児1例との比較—。Audiology Japan **52**: 602-611, 2009
- 15) 川崎美香, 森壽子, 黒田生子, 他: 人工内耳を装用した先天性聾児の言語・認知神経心理学的能力—装用年齢の異なる2症例での比較検討—。Audiology Japan **48**: 607-616, 2005  
(2012年1月6日受稿 2012年3月16日受理)

別冊請求先: 〒963-8041

福島県郡山市富田町字上ノ台4-1

福島県総合療育センター

山田奈保子

Naoko Yamada

Fukushima Rehabilitation Center for Children

4-1 Uenodai Tomitamachi Kouriyamashi  
Fukushima 963-8041 Japan

## 難聴児における低出生時体重児の占める割合 およびその言語発達に関する検討

西尾信哉<sup>1)</sup>, 岩崎 聡<sup>2)</sup>, 宇佐美真一<sup>1)</sup>, 笠井紀夫<sup>3)4)</sup>, 福島邦博<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>信州大学医学部耳鼻咽喉科

<sup>2)</sup>信州大学医学部附属病院人工聴覚器学講座

<sup>3)</sup>公益財団法人テクノエイド協会

<sup>4)</sup>岡山大学大学院医歯学総合研究科耳鼻咽喉・頭頸部外科学

**要旨**：従来より、低出生体重が難聴のリスクファクターであることが報告されているが日本語言語発達に及ぼす影響について大規模に検討を行った報告は少ない状況である。本研究では難聴児の出生時体重とその言語発達に関して詳細に検討を行った結果、言語習得期前の高度難聴児627名中に占める低出生体重児は89名（14.2%）であった。通常出生体重難聴児と比較して、低出生体重難聴児では語彙レベルの検査結果には差を認めないものの、構文レベルでは有意に得点が低いことが明らかとなった。また、コミュニケーション能力を評価する質問-応答関係検査では低出生体重児群のほうが有意に低得点であった。また、レーヴン色彩マトリックス検査の得点は有意差を認めなかったが、広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度（現在得点）では有意差を認め、低出生体重難聴児の特徴として通常出生体重の児よりも広汎性発達障害を合併する児が多い可能性が考えられた。

### —キーワード—

難聴, 低出生体重, 言語発達, 発達障害

### はじめに

従来より、低出生体重や妊娠中感染症などが難聴のリスクファクターとして報告されている<sup>1-4)</sup>が、それらハイリスク児の日本語言語発達に関しては詳細な検討は行われていない。本研究では、感覚器障害戦略研究（聴覚分野）症例対象研究に参加した児を対象に、ハイリスク児の割合とその日本語言語発達に関して検討を行ったので報告する。なお、感覚器障害戦略研究（聴覚分野）症例対象研究は、平成21年から22年の間、聴覚障害児の日本語言語発達に影響を与える因子を明らかにし、発達を補償する方法を考える目的で行われた研究であり、家族・医療・教育を対象としたアンケートによる背景因子の調査と語彙・構文・コミュニケーション力を見る日

本語言語発達検査が実施された。

### 対象と方法

#### 1) 対象児童について

厚生労働科学研究費補助金・感覚器障害戦略研究（聴覚分野）症例対照研究は、平成21年4月～平成22年3月までの1年間、聴覚障害児の日本語言語発達に影響を与える因子を明らかにし、発達を保障する方法を考える目的で行われた。対象は4歳時までに70dB以上の難聴が確認された4歳（年中児）～12歳（小学校6年生）までの児638名である。施行した検査は、日本語言語力を測定する指標として、質問応答関係検査（TQAID）、教研式標準学力検査CRT-II（国語・算数）、失語症構文検査（STA）、改訂版絵画語い発達検査（PVT-R）、標準抽象語理解

力検査 (SCTAW), 語流暢性検査 (WFT), 読み書きスクリーニング検査 (STRAW), また調整変数として, 広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度 (PARS), レーヴン色彩マトリックス検査 (RCPM) を実施した。なお, 研究の実施に先立ち保護者に対して, 研究の内容に関する十分な説明を行った後, 書面で同意を取得して実施した。またデータの収集に関しては, 各施設において匿名化をはじめとする個人情報保護の手続きを遵守して実施した。

## 2) データの補正に関して

今回実施した検査のほとんどが, 検査時年齢による得点の補正を行わない形式の検査であったため, 年齢の増加に伴って検査結果が上昇する傾向が認められた。従って学年をまたいだ解析を行う前に, 回帰により全体の成績上昇係数を求め, その係数でデータの補正を行った。

まず, 対象638児の検査実施時月齢と各検査の相関解析を行い, 線形回帰式を求める事で回帰係数を求め ( $a$ ), 今回の検査対象者のおおよその平均月齢である100ヶ月を基準とし, 各児の検査月齢 ( $x_i$ ) との偏差 ( $100 - x_i$ ) を求め, 回帰係数を乗じた値を個人の成績 ( $y_i$ ) に加えることで次式の通り補正後の点数 ( $y_h$ ) を求めた。

$$y_h = y_i + a(100 - x_i)$$

補正後のデータの比較および統計解析には IBM SPSS ver18 を用いた。

## 結 果

### 難聴児の出生時体重の分布について

本研究の対象である, 生下時から難聴を有すると考えられ, ~4歳までに70dB以上の難聴であることが確定診断された児638名のうち, アンケート調査の出生時体重に関する質問に回答のあった627名について解析を行った。その結果, 対象児の出生時体重は444g~4760gであり, 平均は2894g (標準偏差566g) であった。

対象児の出生時体重の分布を詳細に見て行くと, おおよそ3000gを中心とした大きなピークとおおよそ1000gを中心とした小さなピークの2峰性の分布を示す事が明らかとなった (図1)。厚生労働

省の出生に関する統計 (平成22年) によると平成21年度出生児の平均出生児体重は3020gであることより, 難聴児の出生時体重の分布のうち3000gを中心とした峰は一般的な児の出生児体重の分布と同一であることが示唆される。一方, 出生時体重1000gをピークとした分布は本検討の対象とした難聴児に特有のものであることが推測され, 従来の報告にある低出生体重による難聴のハイリスクグループであることが示唆された。

厚生労働統計などで用いられている出生児体重の分類に倣い, 出生児体重2500g未満を低出生体重児 (Low Birth Weight Infant: LBWI), 1500g未満を極低出生体重児 (Very Low Birth Weight Infant: VLBWI), 1000g未満を超低出生体重児 (Extremely Low Birth Weight Infant: ELBWI) の3群に分類すると, 対象児627名のうちLBWIの総数は89名 (14.2%) であった。そのうち, VLBWIは18名 (2.9%) であり, さらにそのうちELBWIは10名 (1.6%) であった。一方, 出生に関する統計 (平成22年) によると平成21年度の出生児1,049,141名のうち, LBWIは87,281名 (8.3%), VLBWIは6,228名 (0.6%), ELBWIは2,566名 (0.2%) であり<sup>5)</sup>, 高度難聴を有する児においては有意に低出生体重児

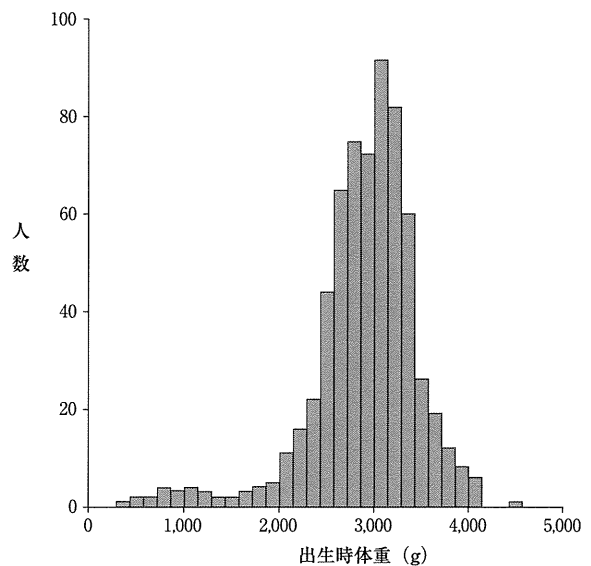


図1 対象児の出生時体重の分布

4歳までに70dB以上の高度~重度難聴と確定診断された児627名の出生時体重の分布を示す。おおよそ3000gを中心とした大きなピークと, おおよそ1000gを中心とした小さなピークの2峰性の分布を呈する。

が多いことが示された。

### 低出生体重難聴児の合併症の種類および頻度

難聴児における出生時体重と周産期リスクおよび出生時合併症について検討を行うため、対象児を出生時体重 2500g 以上の児（通常出生体重児）と、出生時体重 2500g 未満の低出生体重児とに分け、比較をおこなった（表 1）。その結果、低出生体重の原因のひとつと考えられる妊娠中感染症の有無に関しては、低出生体重児群では約 30% の児に妊娠中感染症があったのに対して、通常出生体重児では 3% と大きな差が認められた。また、低出生体重児群では、人工呼吸器や NICU などの周産期リスクファクターのあった児が約 60% であるのに対して、通常出生児では約 10% と大きな差が見られた。また、出生時合併症および頭頸部奇形・内耳奇形に関しては、循環器系疾患、呼吸器系疾患の合併頻度が高く、内耳奇形を伴うケースも有意に多いことが明らかとなった。

### 低出生体重難聴児の日本語言語発達

次に、低出生体重児の難聴発見時期や難聴の程度などの背景因子および日本語言語発達について検討を行うため、対象児を出生時体重 2500g 以上の通常出生体重児（538名）と、出生時体重 2500g 未満の低出生体重児（89名）とに分け、比較をおこなった。その結果、低出生体重児のほうが、難聴発見時期が 3 ヶ月程度早く、また裸耳聴力（平均）は 3dB ほど重度であることが明らかとなった（表 2）。一方、補聴器・人工内耳の装用閾値に大きな差は認められず、最高語音明瞭度にも差は認められなかった。また、補聴器開始月齢にも差が認められなかった。非言語性知能の指標である RCPM の結果は有意差を認めなかったが、広汎性発達障害の行動特性を評価する PARS（現在得点）では有意に低出生体重児が高得点であった。

また、日本語発達検査の結果を表 3 に示す。語彙レベルの日本語言語発達を評価する PVT-R、

表 1 難聴児の出生時体重と周産期リスク・合併症の割合（%）

	妊娠中感染症の有無	周産期リスク (NICU など)	頭頸部奇形	内耳奇形	循環器系疾患	内分泌系疾患	呼吸器系疾患
通常出生体重児	3.1	9.5	3.4	0.7	4.3	0.7	1.5
低出生体重児	30.6	58.3	7.4	7.4	21.9	3.8	10.7
<i>p</i> 値 ( $\chi^2$ 検定)	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 2 難聴児の出生時体重と難聴発見時期などの背景因子の関係

	難聴発見時期	裸耳聴力	装用閾値	最高語音明瞭度	補聴器開始時月齢	レーヴン色彩マトリックス検査	広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度
通常出生体重児	13.3	100.7	41.8	61.4	16.7	26.8	5.3
低出生体重児	10.8	103.9	41.9	62.5	15.6	25.9	7.0
<i>p</i> 値 ( <i>t</i> 検定)	0.05	0.05	0.96	0.89	0.37	0.22	0.01

表 3 難聴児の出生時体重と日本語発達検査結果の比較

	質問-応答関係検査	CRT-II 国語	CRT-II 算数	絵画語い発達検査	標準抽象語理解力検査	語流暢性検査	失語症構文検査(理解)	失語症構文検査(産生)
通常出生体重児	213.5	45.0	55.6	28.2	12.9	13.1	22.5	33.3
低出生体重児	192.7	42.7	53.2	26.1	11.8	12.4	20.1	29.0
<i>p</i> 値 ( <i>t</i> 検定)	0.04	0.27	0.24	0.20	0.22	0.42	0.03	0.02