

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：84503

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 年～2012 年

課題番号：22591894

研究課題名（和文）高度難聴小児の言語習得における聴覚あるいは視覚優位性の脳機能

研究課題名（英文）Cortical correlates of auditory or visual predominance during language acquisition in profoundly deafened children

研究代表者

内藤 泰（NAITO YASUSHI）

（財）先端医療振興財団・研究員

研究者番号：70217628

研究成果の概要（和文）：

高度難聴者の言語習得における聴覚あるいは視覚の優位性を評価するため、FDG-PET を用いた脳賦活試験と、McGurk 効果を用いた認知神経心理学的試験を行った。読話刺激による脳賦活試験では、先天性高度難聴小児において健常聴力者より有意に強い賦活が前頭葉から頭頂葉、上および中側頭回、後頭葉視覚野で見られた。McGurk 効果の試験では、人工内耳小児が健常聴力小児に比して視覚の影響を強く受けることが確認された。人工内耳で良好な音声言語聴取能力を獲得している小児においても、日常生活では視覚の手がかりも利用した音声言語認知を学習していることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

We performed brain activation test using FDG-PET and cognitive neuropsychological test using McGurk effect to evaluate auditory or visual predominance during language acquisition in profoundly deafened children. The brain activation study with speech reading task revealed strong activation in the frontal cortex, parietal cortex, superior and middle temporal gyri and occipital visual cortex. The cognitive test using McGurk effect revealed stronger visual influence on cochlear implant children compared to normal hearing controls in audio-visual integration. It has been found that children using cochlear implants, even those with high speech perception skills, may acquire spoken language utilizing some visual cues in daily life.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・耳鼻咽喉科学（7309）

 キーワード：高度難聴、音声言語、FDG-PET、賦活試験、読話、McGurk 効果、
聴覚視覚統合、人工内耳

1. 研究開始当初の背景

高度難聴小児の音声言語習得には補聴器や人工内耳による聴覚補償が行われるが、習得

が進まない場合には手話、指文字など視覚的手段が援用される。この際、同等の聴覚入力条件であっても、その進路は音声言語が母語

となる場合と手話などの視覚的方法を主とするに至る場合とに分かれ、患児とその家族に長期にわたる深刻な困惑をもたらしている。この乖離には本人の年齢や資質、教育条件など複合した原因が推測されているが、結論は得られていない。本研究は、このように高度難聴小児の言語習得過程における聴覚あるいは視覚優位性の基盤となる神経機構の解明が実地臨床で強く望まれていることを背景としている。

2. 研究の目的

先天性の高度難聴小児では、人工内耳の装用による聴覚情報入力状況がほぼ同等であっても、その進路は、聴覚活用が継続、発展する聴覚優位な場合と、手話などの視覚的方法を主なコミュニケーション手段とするに至る視覚優位な場合とに分かれる(Archbold SM, et al.:Cochlear Implants Int 10:25-40, 2009)。しかし、例えば音声言語の習得を目指して努力しても、最終的に視覚言語優位のコミュニケーションとなる場合も希ではなく、個々の患児が最終的に聴覚優位の道をとるか視覚優位なのかを事前に判断する方法は確立されていない。このような状況は高度難聴小児の療育において、複数の、往々にして互いに相容れない療育方針の並存を生じ(都築繁幸:聴覚障害教育コミュニケーション論争史.1997)、患児とその家族に長期にわたる深刻な困惑をもたらしている。本研究の目的は、高度難聴小児の言語習得過程における聴覚あるいは視覚優位性の基盤となる神経機構を脳機能の観点から明らかにし、個々の小児に適した療育方針選択に資することにある。

3. 研究の方法

(1) FDG-PETによる脳賦活試験では、言語に関連する視覚刺激(話者の顔の動画)を負荷し、脳代謝を[18F]FDG-PETで計測した。対象は健常聴力成人(n=6, 平均年齢27.5歳)および人工内耳あるいは補聴器を装着している先天性高度難聴小児及び成人(n=18)で、高度難聴群は、さらに音声言語を主に用いている群(聴覚優位群)(n=12)と、手話などの視覚的手段を主に用いている群(視覚優位群)(n=6)に分けた。分析は聴覚優位群全体(n=18, 平均年齢12.3歳)と、その中で10歳未満の低年齢群(n=7, 平均年齢6.0歳)と10歳以上の高年齢群(n=5, 平均年齢21.0歳)、視覚優位群(n=6, 平均年齢5.8歳)の4群と健常聴力成人を比較した。

使用した分析方法はSPM2で、有意水準は $P < 0.001$ に設定した。

(2) McGurk 効果を用いた認知神経心理学的試験では、単音節を発話している女性話者

の顔の動きと音声をビデオ記録し、画像編集プログラムを用いて、顔の動きと音声を入れ替えたコンピュータファイルを作成し、人工内耳を使用している高度難聴小児と年齢をマッチさせた健常聴力小児にこの画像・音声をコンピュータディスプレイとスピーカーから呈示し、被験者が認知した音節との異同を調べた。

有意差検定に使用したのはFischerの直接確率検定で有意水準は $P < 0.05$ とした。

4. 研究成果

(1) FDG-PETによる脳賦活試験結果
読話刺激による脳賦活試験では、主に音声言語を使用している先天性高度難聴者において健常聴力者より有意に強い賦活が前頭前野から上および下頭頂小葉、上及び中側頭回(上側頭溝)、後頭葉視覚野で見られた(図1)。

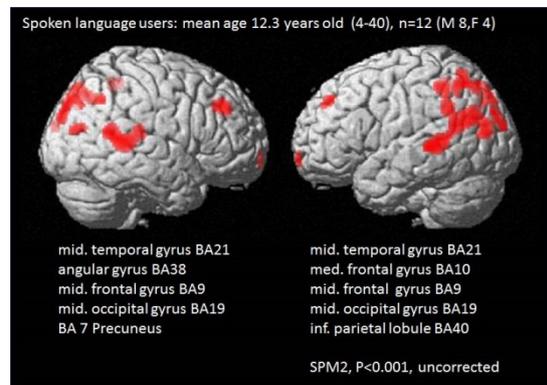


図1

先天性高度難聴者における読話による脳賦活を年齢群間で比較すると、低年齢の先天性高度難聴小児では前頭葉、頭頂葉、側頭葉後部から後頭葉にかけて広い範囲で有意の賦活が観察されたが、高年齢群では有意の賦活領域が両側の上側頭溝を中心とする側頭連合野といくつかの前頭前野に賦活領域が限局、縮小していた(図2)。

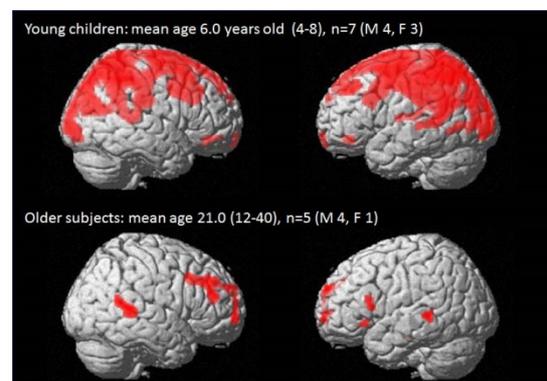


図2

さらに、同じ低年齢の先天性高度難聴小児群の中で、人工内耳術後(人工内耳装用期間1年以上)で音声言語を使用し、習得中の群

と、人工内耳手術前で日常生活では手話や手振りなどの視覚的手掛かりでコミュニケーションしている群の賦活状況を比較すると、音声言語習得中の群の方が視覚言語使用群よりも広範囲の賦活が見られ、特に聴覚連合野に相当する側頭葉の上および中側頭回に注目すると、視覚優位群で賦活がほとんど見られず、音声言語使用群でかえって明確な賦活が観察された。視覚優位群では前頭前野や後頭葉の視覚野でも賦活が弱い (図 3)。

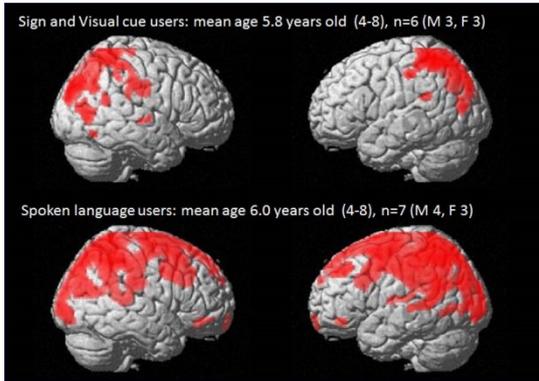


図 3

(2) McGurk 効果による認知心理学的試験音声と視覚刺激が一致した条件では両群ともほぼ完全な政党が得られ、特に今回の人工内耳小児群の語音認知能力が高いことが確認された。

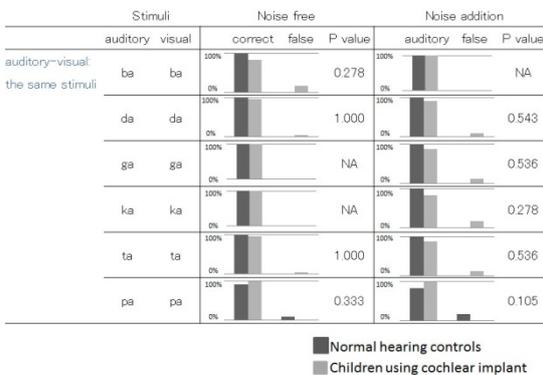


図 4

しかし、視覚と聴覚が異なる条件では、人工内耳小児が健常聴力小児に比して、特に聴覚と視覚で両唇音と非唇音が一致しない組み合わせで提示された場合、視覚の影響を強く受けることが確認された (図 5)。また、人工内耳小児をさらに 6 歳未満の低年齢群と 6 歳以上の高年齢群に分けると、高年齢群の方が低年齢群より視覚の影響を受けやすく (図 6)、人工内耳で良好な音声言語聴取能力を獲得している小児においても、日常生活では視覚の手掛かりも利用した音声言語認知を学習していることが示唆された。

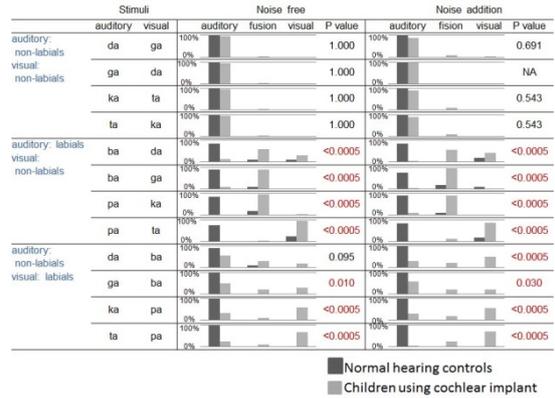


図 5

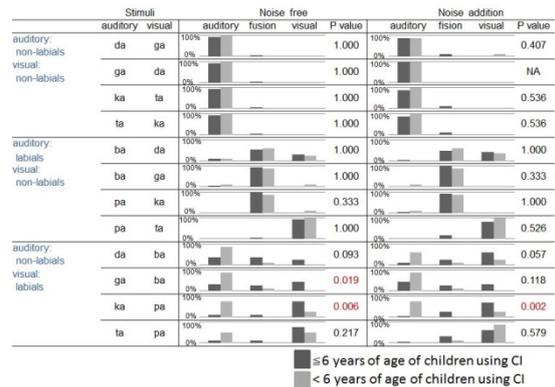


図 6

結論：小児の音声言語の習得においては視覚的手掛かりを援用する過程があり、人工内耳で良好な音声言語聴取能力を獲得している小児においても、日常生活では視覚の手掛かりも利用した音声言語認知を学習していることが明らかになった。今後、人工内耳のハビリテーションにおいても、視覚的要素を完全に排除するのではなく、有効に活用する戦略が必要であると考えます。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 29 件)

- 岩崎聡、吉村豪兼、武市紀人、佐藤宏昭、石川浩太郎、加我君孝、熊川孝三、長井今日子、古屋信彦、池園哲郎、中西 啓、内藤 泰、福島邦博、東野哲也、君付 隆、西尾信哉、工 穰、宇佐美真一： Usher 症候群の臨床的タイプ分類の問題点。日本耳鼻咽喉科学会会報 115: 894 -901, 2012. 査読有。
http://www.jstage.jst.go.jp/article/jibiinkoka/115/10/.../_pdf
- 諸頭三郎、山崎博司、内藤 泰、眞鍋朋子、山本輪子、藤原敬三、篠原尚吾：内耳奇形を伴う小児人工内耳症例の

- 術後成績. *Audiology Japan* 55: 68~76, 2012. 査読有
http://www.jstage.jst.go.jp/article/audiology/55/1/55.../_pdf
3. 金沢佑治、内藤 泰、篠原尚吾、藤原敬三、菊地正弘、山崎博司、栗原理紗、岸本逸平：中耳奇形の術前診断と手術についての検討. *日耳鼻* 115:158-164, 2012. 査読有.
http://www.jstage.jst.go.jp/article/jibiinkoka/115/3/115.../_pdf
 4. 内藤 泰：高度難聴者における皮質言語機構の再編成. *耳鼻臨床 補* 132: 32-37, 2012. 査読有.
 5. 内藤 泰：人工内耳と高次脳機能. *日耳鼻* 115: 562-563, 2012. 査読無.
http://www.jstage.jst.go.jp/article/jibiinkoka/115/5/115.../_pdf
 6. 内藤 泰：補聴（補聴器・人工内耳）と高次聴覚機能. *音声言語医学* 53: 138-143, 2012. 査読有.
<http://dx.doi.org/10.5112/jjlp.53.138>
 7. 内藤 泰：人工内耳. P18-P21. 厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患克服研究事業. 優性遺伝形式をとる遺伝性難聴に関する調査研究班. 優性遺伝形式をとる遺伝性難聴の診療ガイドライン（試案）2012. 平成23年度 総括・分担研究報告書. 研究代表者 宇佐美真一. 平成24（2012）年3月. 全53頁.
 8. 栗原理紗、内藤 泰、篠原尚吾、藤原敬三、菊地正弘、山崎博司、金沢佑治、岸本逸平：アブミ骨脚切断にスキュータードリルとKTPレーザーを用いたアブミ骨手術の検討. *Otol Jpn* 21: 227-232, 2011. 査読有.
 9. 内藤 泰：大脳機能画像としてのPET. *耳喉頭頸* 83: 763-771, 2011. 査読無.
 10. 内藤 泰：こどもの難聴の診断と治療. *兵庫県小児科医会報* 55: 6-9, 2011. 査読無.
 11. Yamazaki T, Fujiwara K, Nakai M, Ito J, Naito Y: Cochlear implantation in children with congenital cytomegalovirus infection accompanied by psycho-neurological disorders. *Acta Otolaryngol* 132:420-427, 2012. 査読有. DOI: 10.3109/00016489.2011.653442
 12. Yamazaki H, Fujiwara K, Shinohara S, Kikuchi M, Kanazawa Y, Kurihara R, Kishimoto I, Naito Y: Reversible cochlear disorders with normal vestibular functions in three cases with Wegener's granulomatosis. *Auris Nasus Larynx* 39: 236-240, 2011. 査読有. DOI: 10.1016/j.anl.2011.03.01
 13. Moteki H, Naito Y, Fujiwara K, Kitoh R, Nishio SY, Oguchi K, Takumi Y, Usami S: Different cortical metabolic activation by visual stimuli possibly due to different time courses of hearing loss in patients with GJB2 and SLC26A4 mutations. *Acta Otolaryngol*. 131:1232-6, 2011. 査読有. DOI: 10.3109/00016489.2011.593719
 14. 内藤 泰：人工内耳と高次脳機能. *コミュニケーション障害学* 27: 189-194, 2010. 査読有.
http://www.jstage.jst.go.jp/article/jibiinkoka/115/5/115.../_pdf
 15. 熊川孝三、武田英彦、射場恵、熊谷文愛、中富浩文、臼井雅昭、関要次郎、内藤 泰：【耳鼻咽喉科領域の新しい診療機器】聴性脳幹インプラント（解説/特集）. *JOHNS* 26: 833-837, 2010.
 16. 内藤 泰：脳機能からみた難聴と人工内耳. 東京医科大学病院 聴覚・人工内耳センター 平成21年度 年報. 53-64頁. 東京医科大学病院 聴覚・人工内耳センター、2010. 全78頁.
- [学会発表] (計119件)
1. Naito Y: Conflict and Cooperation of Auditory and Visual Information Processing in Profoundly Deafened Subjects. Collegium Oto-Rhino-Laryngologicum Amicitiae Sacrum Symposium. Regeneration, Restoration and Rehabilitation in Otorhinolaryngology. 20th IFOS World Congress, Seoul, Korea, 2013. 6. 1-5.
 2. Naito Y: Reorganization of Cortical Language Networks in CI Users. Symposium. Brain plasticity related with deafness. 20th IFOS World Congress, Seoul, Korea, 2013. 6. 1-5.
 3. Naito Y: Cortical Activation by Speech in Cochlear Implant Users. Symposium. Outcome Measures in Cochlear Implantation: Multidimensional Approaches. 20th IFOS World Congress, Seoul, Korea, 2013. 6. 1-5.
 4. Yamazaki H, Naito Y, Fujiwara K, Moroto S, Yamamoto R, Yamazaki T: Radiographic, audiometric, and electrophysiological evaluations to predict cochlear implant outcomes in cases with cochlear nerve deficiency. 20th IFOS World Congress, Seoul, Korea, 2013. 6. 1-5.
 5. 内藤 泰：脳機能画像による聴覚中枢の評価 難聴と耳鳴の影響（招待講演）.

- 第2回長崎耳鳴研究会. 長崎市、2013.2.2
6. 内藤 泰: CI422 for a common cavity case (シンポジウム、招待講演). “Thirty Years Of Sound” Evening Symposium. コクレア社セミナー. 東京都、2013.1.26
 7. 内藤 泰: 耳鼻咽喉科領域の脳機能イメージング (招待講演). 第67回山形県耳鼻咽喉科疾患研究会. 山形市、2012.12.9.
 8. 栗原理紗、内藤 泰、山本輪子、諸頭三郎、藤原敬三、篠原尚吾、山崎博司: 先天性高度難聴小児における聴覚・視覚統合のMcGurk効果を用いた評価. 第57回日本聴覚医学会. 京都市. 2012.10.11-12.
 9. 諸頭三郎、山崎博司、山本輪子、眞鍋朋子、藤原敬三、篠原尚吾、内藤 泰: 小児内耳・内耳道奇形例の人工内耳マッピングにおけるEABRの有用性. 第57回日本聴覚医学会. 京都市. 2012.10.11-12.
 10. 内藤 泰: 小児の耳科・神経耳科画像診断 —基本知識と症例検討—. (公募インストラクションコース). 第22回日本耳科学会. 名古屋市. 2012.10.4-6.
 11. Kishimoto I, Yamazaki H, Naito Y, Shinohara S, Fujiwara K, Kikuchi M, Kurihara R: Etiology of 26 cases with progressive bilateral SNHL. AAO-HNSF 116th Annual Meeting & OTO EXPO in Washington, DC, U.S.A. 2012.9.9-12.
 12. Yamazaki H, Koyasu S, Moroto S, Yamamoto R, Yamazaki T, Fujiwara K, Naito Y: Outcomes of cases with temporal bone malformations. AAO-HNSF 116th Annual Meeting & OTO EXPO in Washington, DC, U.S.A. 2012.9.9-12.
 13. Kurihara R, Naito Y, Moroto S, Yamamoto R, Yamazaki H, Fujiwara K, Kikuchi M, Shinohara S: Auditory-visual integration during speech perception in prelingually deafened children revealed by McGurk effect. COLLEGIUM Oto-Rhino-Laryngologium Amicitiae Sacrum. Rome, Italy, 2012.8.26-29, 2012.
 14. Yamazaki H, Koyasu S, Moroto S, Yamamoto R, Yamazaki T, Fujiwara K, Naito Y: HRCT-based prediction for CI outcomes of cases with inner ear / Internal auditory canal malformations. The 9th International Conference on Cholesteatom and Ear Surgery. Nagasaki, Japan. 2012.6.3-7.
 15. Naito Y: Difficult/Interesting case of cochlear implantation. Cochlear technology and research lab. Sydney, Australia, 2012.2.6-9.
 16. Yamazaki H, Yamamoto R, Moroto S, Yamazaki T, Fujiwara K, Nakai M, Ito J, Naito Y: Cochlear implantation in children with congenital cytomegalovirus infection accompanied by neurodevelopmental disorders. 11th Japan-Taiwan Conference on Otolaryngology - Head and Neck Surgery 2011. Kobe, Japan. 2011.12.8-9.
 17. Naito Y: Surgically challenging cases in cochlear implantation. (Sponsored Lecture 1 by MedEl. Recent Trends in Cochlear Implantation). 11th Japan-Taiwan Conference on Otolaryngology - Head and Neck Surgery 2011. Kobe, Japan. 2011.12.8-9.
 18. 山崎博司、内藤 泰、藤原敬三、菊地正弘、栗原理紗、岸本逸平: 蝸牛神経描出不良例での人工内耳埋め込み術における術中EABRの有用性. 第21回日本耳科学会. 2011.11.24-26. 沖縄県宜野湾市.
 19. 山本輪子、諸頭三郎、山崎博司、眞鍋朋子、藤原敬三、篠原尚吾、内藤 泰: 先天性サイトメガロウイルス感染小児の人工内耳術後成績. 第56回日本聴覚医学会. 2011.10.27-28. 福岡市.
 20. 子安翔、山崎博司、内藤 泰、上田浩之、伊藤亨: 人工内耳手術症例における内耳および内耳道奇形画像の検討. 第47回日本医学放射線学会秋季大会. 2011.10.21-23. 下関市.
 21. Yamazaki H, Yamamoto R, Moroto S, Yamazaki T, Fujiwara K, Nakai M, Ito J, Naito Y: Cochlear Implantation in Children with Congenital Cytomegalovirus Infection Accompanied by Neurodevelopmental Disorders. COLLEGIUM Oto-Rhino-Laryngologium Amicitiae Sacrum. Bruges, Belgium, 2011.9.5-7.
 22. 山崎博司、内藤 泰、篠原尚吾、藤原敬三、菊地正弘、金沢佑治、栗原理紗、岸本逸平、原田博之: 人工内耳埋め込み術を施行した auditory neuropathy の一例. 第168回日耳鼻兵庫県地方部会(耳鼻咽喉科・頭頸部外科学会). 2011.7.2.

23. 内藤 泰： 尼崎小児科医会講演 「子供の難聴の診断と治療」(招待講演) . 2011. 6. 15. 尼崎市.
24. 山本輪子、諸頭三郎、山崎博司、眞鍋朋子、藤原敬三、篠原尚吾、菊地正弘、栗原理紗、金沢佑治、岸本逸平、原田博之、内藤 泰： 先天性サイトメガロウイルス感染小児の人工内耳術後成績. 第167日耳鼻兵庫県地方部会. 2011. 3. 27. 姫路市.
25. Yamazaki H, Naito Y, Shinohara S, Fujiwara K, Kikuchi M, Kanazawa Y, Kurihara R, Kishimoto I : Inner Ear Disorders Observed in ANCA-associated Vasculitis. Sixth International Symposium on Meniere's Disease and Inner Ear Disorders, Kyoto, Japan, November 14 to 17, 2010.
26. 鈴木美華、茂木英明、鬼頭良輔、西尾信哉、工穰、宇佐美真一、岩崎聡、藤原敬三、内藤 泰、北野庸子： 無症候性先天性サイトメガロウイルス難聴児の脳機能評価. 第55回日本聴覚医学会、2010. 11. 11-12、奈良市.
27. 諸頭三郎、山崎博司、内藤 泰、眞鍋朋子、山本輪子、藤原敬三、篠原尚吾： 内耳奇形を伴った小児人工内耳症例の術後成績. 第55回日本聴覚医学会、2010. 11. 11-12、奈良市.
28. 内藤 泰： 子供の難聴の診断と治療. 兵庫県小児科医会教育講演. 2010. 10. 30. 神戸市.
29. 茂木英明、鬼頭良輔、西尾信哉、工穰、宇佐美真一、岩崎 聡、藤原敬三、内藤 泰： 人工内耳装用前後における聴覚脳機能の変化 -PETによる検査-. 第20回日本耳科学会、2010. 10. 7-9、愛媛県.
30. 山崎博司、内藤 泰、篠原尚吾、藤原敬三、菊地正弘、金沢佑治、栗原理紗、岸本逸平： 小児内耳・内耳道奇形症例における人工内耳手術の検討. 第20回日本耳科学会、2010. 10. 7-9、愛媛県.
31. 内藤 泰：人工内耳手術の実際と困難例における留意点. 第20回日本耳科学会、教育講演. 2010. 10. 7-9、愛媛県.
32. Naito Y, Fujiwara K, Yamazaki H, Fujiki N, Ito J, Moroto S, Manabe T, Yamamoto R: Cochlear implantation in a child with CHARGE syndrome: diagnostic and surgical implications. COLLEGIUM OTO-RHINO-LARYNGOLOGICUM AMICITIAE SACRUM. BUDAPEST, HUNGARY 22-25 AUGUST 2010.
33. 内藤 泰： 人工内耳と高次脳機能. 人工内耳と高次脳機能. 第36回日本コミュニケーション障害学術講演会、

2010. 7. 31. 姫路市.

34. Naito Y, Fujiwara K, Yamazaki H, Shinohara S, Kikuchi M, Moroto S, Yamamoto R, Manabe T: Brain imaging findings in cochlear implant users. 2010年ソウル大学医学部付属病院人工内耳シンポジウム1000患者記念. (招待講演) 2010. 7. 17. ソウル、韓国.
35. 内藤 泰： 脳幹インプラント・中脳インプラント(シンポジスト). 第72回耳鼻咽喉科臨床学会、2010. 7. 2-3. 倉敷市.

[図書] (計16件)

1. Naito Y: Pediatric Ear Diseases - Diagnostic Imaging Atlas and Case Reports. KARGER. 2013. 169 pages.
2. 内藤 泰：画像でみる耳の診断と治療小児編. 国際医学出版. 2011. 全163頁.
3. 内藤 泰:高度難聴(補聴器、人工内耳). 今日の治療指針2010年版. 1218-1219頁. 医学書院、2010. 全2016頁.

[産業財産権]

- 出願状況(計0件): なし
○取得状況(計0件): なし

[その他]

ホームページ等: なし

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
内藤 泰 (NAITO YASUSHI)
(財) 先端医療振興財団・研究員
研究者番号: 70217628
- (2) 研究分担者
千田 道夫 (SENDA MICHIO)
(財) 先端医療振興財団・副所長
研究者番号: 00216558
- (3) 連携研究者
藤原 敬三 (FUJIWARA KEIZO)
(財) 先端医療振興財団・研究員
研究者番号: 10443566