

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：82643

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462658

研究課題名(和文)人工内耳および補聴器装用者の音源定位、両耳分離能、両耳合成能の研究

研究課題名(英文) Study on auditory fusion and separation in patients using hearing aid and cochlear implant

研究代表者

加我 君孝 (KAGA, Kimitaka)

独立行政法人国立病院機構(東京医療センター臨床研究センター)・臨床研究センター(政策医療企画研究部)
・名誉臨床研究センター長

研究者番号：80082238

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：バイモダル研究では、人工内耳と補聴器同時装用下に無意味語の単音節と有意味語の単語、文章を聴覚刺激材料として用い脳の聴覚認知能力と可塑性を調べた。方向感検査で、音圧差は閾値は正常者より高いが成立し、時間差は成立しなかった。バイオーラル研究では、両側人工内耳症例はa群(聴覚障害のみの症例)とb群(先天性盲に後天性聾が合併した症例)の2群に分け、両群とも両耳聴による方向感能力が再獲得されることがわかった。両耳分離能にはDichotic Listening Testで両群を比較研究し、統合脳機能の両耳分離能が実現することを証明した。

研究成果の概要(英文)：1. Study on bimodal fitting of hearing aid and cochlear implant. Auditory fusion was investigated by binaural lateralization test. Interaural intensity difference was well preserved but interaural time difference was not preserved at all. Auditory separation was three digits and demonstrated well to hear separately.
2. Study on bilateral fitting of cochlear implants. Auditory fusion was investigated by binaural lateralization test. Interaural intensity difference was preserved but interaural time difference was not preserved at all. The auditory separation was investigated as well and demonstrated to be possible but the performance was variable. Binaural fusion and separation is possible in patients with bimodal and binaural condition.

研究分野：耳鼻咽喉科学

キーワード：人工内耳 補聴器 方向感検査 両耳時間差 両耳音圧差 バイモダル バイオーラル 両耳分離能

1. 研究開始当初の背景

両側の重度の難聴者では聴覚の感覚遮断状態にあり、人工内耳手術を受けると中枢聴覚伝導路が初めて機能する。しかし両側人工内耳による両耳聴も脳の可塑性により機能回復がどこまで実現するかわかっていない。両耳聴効果には両耳融合能と両耳分離能および両耳合成能があるが、人工聴覚ではその能力がどの程度まで獲得されるのかまだわかっておらず、両耳聴の脳の可塑性は不明である。

難聴克服のための人工聴覚には人工内耳と聴覚脳幹インプラントがあるが、人工内耳は蝸牛神経を電気刺激し、聴覚脳幹インプラントは延髄の蝸牛神経核を電気刺激している。人工内耳の両耳装用には2つの方法がある。1つはバイモダル、すなわち片側人工内耳、反対側補聴器がある。この場合、左右の蝸牛神経核に聴覚信号が届くには補聴器側が鼓膜の振動からスタートするために時間差が生じ、約 1msec 補聴器側が遅れる。一方、バイオーラル（両側人工内耳）の場合はその差は生じないが蝸牛での処理はない。このような両耳聴は人工内耳手術が一般化されて初めて人類が経験する新たな条件下の両耳聴である。われわれのバイモダル装用の両耳聴研究では、片側の補聴器だけ、人工内耳だけよりも、補聴器と人工内耳の両方の同時使用によってはるかに聴き取りが向上することが観察される。しかも補聴器単独、人工内耳単独の聴き取りが著しく悪くても、その両方の使用によってはるかに良く聴き取れ、方向感も向上する。この現象はこれまで全く研究されていない新しい脳の統合処理作用であり、われわれはこの解明に取り組むことで両耳聴の脳の可塑性の機序並びに生理学的な到達レベルを明らかにする。

2. 研究の目的

これまでの両側人工内耳装用者の研究では、単音節の聴き取りが静寂下では 18% 向上し騒音下では 20% 向上するとされるが、バイモダルでもバイオーラルでもその差をほとんど認めない。われわれはこ

のようなバイモダル、バイオーラルの使用による人工的な両耳聴の成立過程の中枢処理について研究し、なぜ成立するのか解明に取り組む。そのため両耳融合能（方向感）、両耳分離能についてそれぞれ獲得し得るか研究する。両耳聴の仮説は従来は脳幹上オリブ核および聴皮質レベルとされてきたが、統合脳によって処理され認知されるはずである。聴覚心理研究により人工聴覚による両耳聴の統合脳のしくみと可塑性を解明することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

人工聴覚における両耳聴の 2 つの問題、すなわち両耳融合能（方向感）、両耳分離能の脳の可塑性の問題を解決するために研究方法を選択した。

初めに、対象は人工内耳を装用する a) 先天性難聴の小学生から高校生までと、後天性難聴の b) 18 歳から 65 歳までの成人、c) 65 歳から 74 歳までの前期高齢者と 75 歳以上の後期高齢者とする。現在、人工内耳手術はわが国では先天性難聴と後天性難聴の比率が半々である。片側人工内耳手術で反対側には補聴器を使用するバイモダル法と両側とも人工内耳を使うバイオーラル法があり、賛否が分かれている。本研究ではバイモダル法とバイオーラル法によって得られる聴空間について、脳の統合作用の視点からその類似性あるいは違いを明らかにしようとするものである。人工内耳登場以前の両耳聴研究は、音の伝達が鼓膜の振動から始まる気導と、脳あるいは直接蝸牛を振動させる骨導によるものでしかなかった。しかし、人工内耳はこれらのどれとも異なる蝸牛神経を直接刺激し脳にデジタル信号を伝達する方法で、中枢処理する脳のしくみも異なると考えられる。これは人類の脳にとっても初めての体験であり、その両耳聴による認知、学習、記憶、行動は全く新しい研究領域である。研究方法として、聴覚心理、音源定位を用いてバイモダル法とバイオーラル法で脳に生じる現象を研究し、新たな脳の統合作用を臨床的に明らかにする。

(1) 両耳分離能検査としての Dichotic Listening Test (DLT)

3桁の数字のペアを次々左右耳に同時に聞かせる。20のペアの数字を聞かせ、正答率を計算し、左右耳で分離して認知しているか評価する(図1)。

われわれの研究では正常者では左右耳でも96~98%の分離能力を示し、聞き耳のテストとしても有効で、有意大脳半球の関与も明らかにすることが可能な検査である。

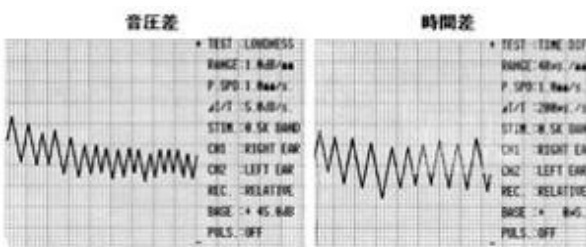
図1. Dichotic Listening Test に用いた数字

Dichotic Listening Test					
	L	R		L	R
1	796	821	1	821	796
2	314	528	2	528	314
3	346	759	3	759	346
4	815	236	4	236	815
5	497	216	5	216	497
6	597	438	6	438	597
7	384	152	7	152	384
8	967	124	8	124	967
9	956	387	9	387	956
10	563	897	10	897	563
11	412	763	11	763	412
12	452	891	12	891	452
13	216	349	13	349	216
14	578	364	14	364	578
15	835	291	15	291	835
16	691	538	16	538	691
17	412	563	17	563	412
18	172	894	18	894	172
19	786	941	19	941	786
20	352	617	20	617	352
21	527	849	21	849	527

(2) 両耳融合能検査としての方向感検査 (音源定位)

リオン社製の方向感テストを用いて、頭蓋内の正中音源定位能力を時間差および音圧差別に分けて調べた(図2)。

図2. 自動方向感検査 (正常例、22歳、男性)



4. 研究成果

(1) バイモダル研究

① 両耳分離能検査

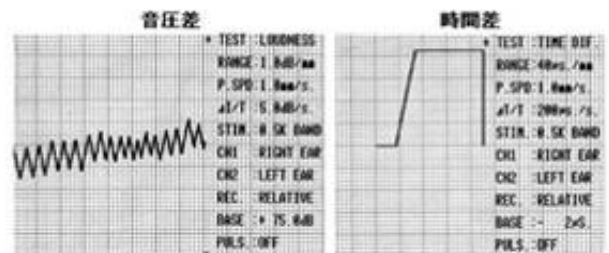
3桁の数字のDLT検査を1例に行った。その結果、補聴器側が人工内耳側よりも良い成績を示した。すなわち人工内耳側27%、補聴器側61%であった。

② 両耳融合能としての方向感検査

ヘッドフォン法を用いて方向感と音源定位について成立するか3例に対し調べた。方向感の測定は時間差と音圧差の2つの認知能力に分けて行い、音圧差は閾値は正常者より高いが成立し、時間差はいずれも成立しなかった(図3)。

図3. 自動方向感検査

(右人工内耳・左補聴器、21歳、男性)



(2) バイオーラル研究

両側人工内耳装用の成人で健聴者と同様の両耳聴を獲得できることがわかったので以下に良い成績を示した1例を紹介する。

① 両耳分離能検査

良好なDLTの成績を示した41歳、両側人工内耳症例。

両耳同時処理には両耳分離能と両耳融合能があり、両側人工内耳の中枢レベルの同時処理についてスピーカー法による音源定位を用いた両耳融合能の研究報告はあるが、両耳分離能の報告はこれまでにほとんどない。われわれは両耳に人工内耳(コクレア)を装用した41歳女性に対し両耳分離能検査(DLT)を行った。症例は27歳時突発性難聴により約70dBの聴力となり、30歳で完全失聴した。片側の人工内耳手術から2年、反対側の人工内耳手術から1年目に行った結果は、人工内耳装用下閾値20-25dB、言語

聴取 (57-S 表) は右 72%、左 66%の正答率で、日常会話良好、DLTは右 88.9%、左 96%、Laterality Index (L.I) -0.036 であった。本症例は両耳分離能検査でほぼ正常者に近い成績を示したことから、両耳人工内耳手術により中枢レベルでの両耳同時処理の再獲得が高いレベルで可能であることを示している。

本研究には 5 例が参加したが、23 歳の 1 例は、右 50%、左 72%、L.I は-0.17 で左耳優位であった。61 歳の症例では右 58%、左 41%、L.I は+0.17 であった。19 歳の症例では右 69%、左 34%、L.I は+0.3 であった。

② 両耳融合能としての方向感検査

2 例が参加した。2 例とも音圧差は成立したが、時間差は成立しなかった。

両耳補聴器装用者について、成人の感音難聴例と両側外耳道閉鎖症例の両側外耳道形成後に両耳カナル型補聴器装用症例に対して調べ、両群とも両耳聴が成立することがわかった。

以上、人工内耳でも補聴器でも両耳の脳中枢処理が再獲得されることが証明された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Obuchi C, Shiroma M, Ogane S, Kaga K,
Binaural integration abilities in bilateral
implant user, Journal of Otology, 査読有,
Vol.10, 2015, pp150-153.
DOI:10.1016/j.joto.2016.02.001
- ② Kaga K, Fukami T, Masubuchi N, Ishikawa B,
Effects of button pressing and mental
counting on N100, N200, and P300 of
auditory-event-related potential recording.
The Journal of International Advanced
Otology, 査読有, Vol.10, 2014, pp.14-18.
DOI: 10.5152/iao.2014.003
- ③ Matthies C, Brill S, Kaga K, et al (11 人、
3 番目), Auditory brainstem implantation
improves speech recognition in

neurofibromatosis Type II patients, ORL J
Otorhiolaryngol Relat Spec, 査読有, Vol.75,
2013, pp282-295.

DOI:10.1159/000350568. Epub 2013 Sep 10.

[学会発表] (計 7 件)

- ① Kitamura M, Minami S, Matsunaga T, Masuda T,
Enomoto C, Kaga K. Cochlear
implantation in a patient with adult-onset
auditory neuropathy, 10th Asia Pacific
Symposium on Cochlear Implant.2015.5.2,
Beijing (China).
- ② 南修司郎、榎本千江子、増田毅、小淵千絵、城間
雅江、加我君孝、蝸牛神経低形成 20 症例の術前
聴覚反応・前庭機能、術中 EABR および術後装用
効果に関する検討、第 60 回日本聴覚医学会総
会、2015.10.22、京王プラザホテル (東京都新宿
区)。
- ③ 内山勉、徳光裕子、黒木倫子、天道文子、楠居裕
子、伊集院亮子、加我君孝。人工内耳装用児の早
期療育効果について、第 60 回日本聴覚医学会総
会、2015.10.23、京王プラザホテル (東京都新宿
区)
- ④ 南修司郎、竹腰英樹、北村充、松永達雄、新正由
紀子、加我君孝、術中人工内耳刺激 EABR および
ECAP を行った内耳奇形 18 耳を含む 48 耳の検討、
第 24 回日本耳科学会総会、2015.10.16、朱鷺メ
ッセ (新潟県新潟市)
- ⑤ 北村充、南修司郎、竹腰英樹、松永達雄、増田毅、
加我君孝。Auditory nerve disease に対する人
工内耳埋込術を施行した 1 例、第 24 回日本耳科
学会総会、2015.10.16、朱鷺メッセ (新潟県新潟
市)
- ⑥ 永井遼斗、南修司郎、大友章子、榎本千江子、藤
井正人、加我君孝。盲聾 72 歳の男性に対する人
工内耳術後の聴覚再獲得と QOL の変化について、
日本耳鼻咽喉科学会東京都地方部会第 202 回学
術講演会、2014.3.15、Meiji Seika ファルマビ

ル（東京都中央区）

- ⑦ 大友章子、南修司郎、永井遼斗、榎本千江子、藤井正人、加我君孝、坂田英明. Waardenburg 症候群Ⅱ型に対する人工内耳術後の聴覚・言語発達について、日本耳鼻咽喉科学会東京都地方部会第202回学術講演会. 2014. 3. 15、Meiji Seika フェルマビル（東京都中央区）

[図書] (計3件)

- ① Kaga K. Springer, Vertigo and balance disorders in children. 2014, 86
- ② 加我君孝. 診断と治療社、新生児・小児の難聴—遺伝子診断から人工内耳手術、療育・教育まで—. 2014、163
- ③ Kaga K, Asato H. Karger, Microtia and atresia combined approach by plastic and otologic surgery. 2013, 142

[その他]

ホームページ

東京医療センター／耳鼻咽喉科／小児難聴・言語紹介クリニック

[www. Ntmc. go. jp/p_other/category/15. html](http://www.ntmc.go.jp/p_other/category/15.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加我 君孝 (KAGA, Kimitaka)

独立行政法人国立病院機構東京医療センター・臨床研究センター・名誉臨床研究センター長
研究者番号：80082238

(2) 連携研究者

坂田 英明 (SAKATA, Hideaki)

独立行政法人国立病院機構東京医療センター・臨床研究センター・研究員 (医師)
研究者番号：40235156

城間 将江 (SHIROMA, Masae)

国際医療福祉大学・保健学部・教授
研究者番号：80285981

神田 幸彦 (KANDA, Yukihiro)

長崎大学・医学部・非常勤講師
研究者番号：20264244