

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 25 日現在

機関番号：63905

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26861426

研究課題名(和文) 脳磁図を用いた聴覚中枢処理及び突発性難聴による脳の可塑性の研究

研究課題名(英文) Investigation of neural processing and cortical reorganization caused by sudden sensori-neural hearing loss in human auditory cortex

研究代表者

岡本 秀彦 (OKAMOTO, Hidehiko)

生理学研究所・システム脳科学研究領域・准教授

研究者番号：30588512

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：突発性難聴は急激に聴力が低下する原因不明の疾患で、どの治療法が有効かいまだ判明していない。本研究では突発性難聴患者に、健側耳を耳栓で塞ぎ病側耳を積極的に活用する「病側耳集中音響療法」を行うことで、聴力がより回復すること、脳活動が健常者の反応に近づくことを明らかにした。また、耳鳴り患者の脳活動を非侵襲的に計測することで、耳鳴りの聞こえる耳では抑制系の神経活動が低下していることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Sudden sensorineural hearing loss is characterized by acute, idiopathic hearing deterioration. We developed and evaluated "constraint-induced sound therapy (CIST)", which is characterized by the plugging of the intact ear and the extensive stimulation of the affected ear with music. The patients who received the CIST showed significantly better hearing recovery compared to those who had only received corticosteroid treatments. Additionally, the brain activity obtained in a subgroup of patients suggested that the CIST could have prevented maladaptive auditory cortex reorganization. Moreover, we non-invasively investigated the neural activity of unilateral tinnitus patients. The results obtained support the hypothesis that pathological alterations in inhibitory neural networks play an important role in the perception of subjective tinnitus.

研究分野：聴覚医学

キーワード：ヒト 突発性難聴 耳鳴り リハビリテーション 音楽 聴覚 可塑性 脳磁図

1. 研究開始当初の背景

(1) 突発性難聴は急激に発症する感音難聴を主訴とする原因不明の疾患である。厚生労働省による 2001 年の調査では、受療者数は人口 100 万人に対して 275.0 人であり、増加傾向が認められる。突発性難聴はほとんどの症例で片側のみ罹患し再発はしない。突発性難聴の病因に関して様々な仮説は立てられているが、いまだにその原因の特定には至っていない。突発性難聴の治療として本邦ではステロイド剤の全身投与が主に施行されているが、その有効性もいまだに明らかではなく (Nosrati-Zarenoe and Hultcrantz, 2012), 様々な副作用も報告されている。初期治療で聴力の改善が認められない場合は、患者は長期にわたり難聴・耳鳴り等の症状に苦しみ, QOL も著しく低下する。そのため突発性難聴に対する新しい治療法が求められている。

(2) ステロイド剤以外にも循環改善剤など様々な薬物治療が試みられているが、その効果に関しては科学的根拠が乏しい。本研究では蝸牛ではなく、突発性難聴が引き起こす聴覚中枢の可塑性変化に注目し、脳梗塞後のリハビリテーションとして注目されている Constraint Induced Therapy (CI 療法) の概念を応用し、脳の不適切な可塑性変化を適切な方向へと誘導することで、突発性難聴の症状を改善させる行動療法の開発及び評価を目指した。

2. 研究の目的

(1) 現在本邦における多くの診療機関では、突発性難聴に対する治療は、聴覚末梢器官である蝸牛に対する薬物療法がほとんどである。しかしながら、突発性難聴は蝸牛だけでなく、中枢聴覚野にも急性の変化をもたらすことが知られている (Suzuki, et al. 2002)。健常人の場合、片側耳に音刺激を与えると対側聴覚野での神経活動が同側聴覚野の神経活動より大きい。しかしながら、突発性難聴患者の場合、発症後数日以内に健常人に認められる対側聴覚野の神経活動優位性が失われてしまう。先行研究 (Li, et al. 2012) によりこの対側聴覚野の優位性の低下が顕著な患者ほど聴力の回復が悪いことが示されている。そのためこの対側聴覚野の神経活動優位性低下は、不適切な脳の可塑性変化であると考えられる。本研究では、突発性難聴に関連した不適切な脳の可塑性に注目し研究を行う。

(2) 突発性難聴のように左右非対称の症状を引き起こす疾患に脳梗塞がある。脳梗塞後のリハビリテーションとして、健側の四肢の運動を拘束具などで制限すること (Constraint induced therapy (CI 療法)) で、患側の四肢の使用を促し脳の不適切な可塑性変化を防ぎ、運動機能を回復させる治療法が報告されている (Taub et al. 2002)。突発性難聴の場合、患者は健側耳にばかり注

意を向け使用すると考えられる。すると聴覚野で不適切な可塑性変化が起こり、病側耳に関連した神経活動が抑制され聴力の回復を妨げ、さらに病側耳を使わなくなるという悪循環が起こると考えられる。

(3) そこで、我々は健側耳を塞ぎ病側耳の使用を促すリハビリテーション (病側耳集中音響療法) で適切な方向に脳の可塑性変化を引き起こし、症状を改善させることができるのではないかと考えた。音刺激として病側耳に音楽を聴かせることで効果の向上を図った。音楽は幅広い周波数成分を含んでおり、さらに脳の可塑性変化を促進させる作用があることが知られており (Blood and Zatorre 2001) 音刺激として最適であると考えた。

(4) 感音難聴に付随し多くの突発性難聴患者を悩ませる症状として耳鳴りがある。耳鳴りに苦しむ患者の数は非常に多いが、その神経メカニズムには不明な点が多く、客観的な診断は非常に困難であり、科学的根拠に基づく治療も限られている。我々は純音と周波数除去雑音を組み合わせることで、ヒト聴覚野におけるマクロレベルでの周波数特異性を調べてきた (Okamoto, et al., 2011)。耳鳴り患者では抑制系の神経ネットワークが障害を受けることで周波数特異性が低下するのではないかと考えた。そこで、片側の耳のみに耳鳴りが聞こえる聴力に左右差のない耳鳴り患者の神経活動を非侵襲的に計測することで、耳鳴り発症のメカニズムの解明を試みた。

3. 研究の方法



図 1. 病側耳集中音響療法の模式図

(1) 左右の聴力差が 50dB 以内で発症後 5 日以内の成人、片側突発性難聴患者を対象とした。入院時、研究に関して説明しインフォームドコンセントを得た後に、各種聴覚検査を行い、聞こえの良い健側は耳栓で聞こえにくい状態に保った (図 1 参照)。その後入院中、通常ステロイド療法に加えて一日約 6 時間病側の耳のみに対して音楽を各々の患者が快適と感じる音量で聞かせた。イコライザーを使用して聴力低下の強い周波数帯域をより強調した音楽を聞かせた。この病側耳集中音響療法は入院中に限って行った。退

院時、退院後1ヶ月・3ヶ月に受診して頂き、各種聴力検査を行った。また脳磁計を用いた神経活動計測が可能で、脳磁場計測に対して同意を得ることが出来た患者6名に対しては、入院時、退院時、3ヶ月後に脳磁場計測を行い脳活動の記録・解析を行った。

(2) 突発性難聴患者を各種聴力検査及び脳磁計で計測することで、基礎的知見の獲得及び病側耳集中音響療法の評価を目指した。脳磁計は高い時間分解能・空間分解能を有しており、完全に非侵襲的に脳活動を計測することができる。また脳磁計は音を発しないため、聴覚研究との親和性が非常に高い。純音聴力検査に加え、より高次な聴覚処理を反映している語音聴力検査や耳鳴り検査等も行った。刺激音として最も可聴閾値の左右差が大きい純音を40Hzで振幅変調させた音を用い、病側耳と健側耳に単独で刺激した。この刺激音聴取時に誘発された、聴覚誘発脳磁場反応の対側優位性を調べ、病側耳集中音響療法を施行することでどのように変化するかを調べた。

(3) 続く研究では、難聴の影響を排して耳鳴りに関連した神経活動を計測するため、純音聴力検査閾値に左右差はないが片側に耳鳴りが聞こえている片側性耳鳴り患者の脳活動を計測した。それぞれの患者に対して、純音聴力検査と各種耳鳴り検査を施行し、脳磁計を用いたマクロレベルでの周波数特異性の計測を行った。提示音として、それぞれの患者の耳鳴り周波数の純音を刺激音として、またその周辺周波数を白色雑音より除去した周波数除去雑音をマスキング音として用いた。周波数除去雑音下または静寂下に、刺激音を耳鳴り側または健常側に呈示し、誘発された聴覚誘発脳磁界反応を脳磁計にて記録し解析を行った。

4. 研究成果

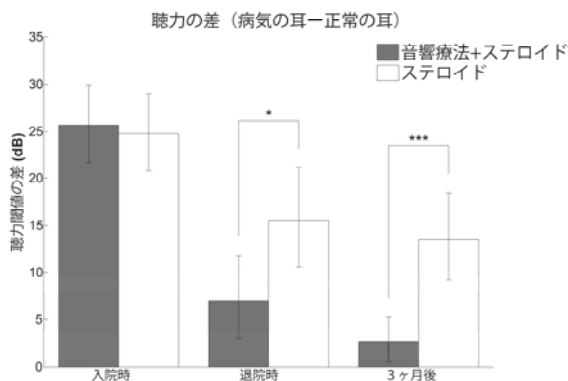


図2. 平均聴力の差(病側耳 - 健側耳)

(1) 通常ステロイド療法に加え病側耳集中音響療法を施行した2名と通常ステロイド療法のみを施行した31名の聴力の左右差の変化を図2に示した。病側耳集中音響療法を行うことで通常ステロイド療法よりも有意に良い聴力の改善が認められた。病側耳集中音響療法に伴う有害な副作用は認めなかった。また病側耳集中音響療法を受

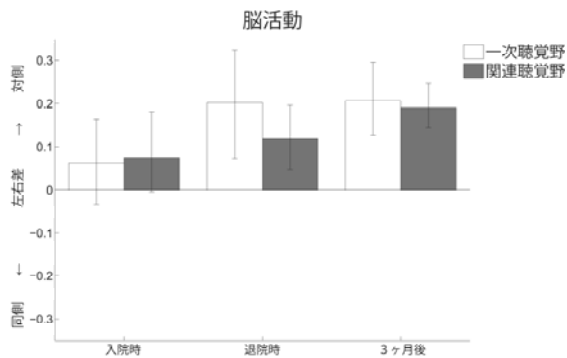


図3. 病側耳集中音響療法を受けた突発性難聴患者の脳活動の対側優位性の変化

けた6名の脳活動の対側優位性を調べた結果、突発性難聴発症時は先行研究の報告同様、対側優位性の低下が認められたが、病側耳集中音響療法を行うことで、対側優位性がほぼ正常被験者と同様のレベルにまで回復することが分かった(図3)。病側耳集中音響療法には不適切な脳の可塑性変化を防ぐ効果があるのではないかと考えられる。病側耳集中音響療法は安全・安価に施行することが可能であり、効果的であることから、今後は他の医療機関と協力しながら研究参加者を増やし、その効果を精査する予定である。

(2) 聴力に左右差がなく、片側に耳鳴りが聞こえる患者に対して耳鳴りとピッチが同じ純音を周波数除去雑音下または静寂下に耳鳴りの聞こえる耳または耳鳴りの聞こえない耳に聞かせた場合に誘発される脳活動の大きさを図4に示す。

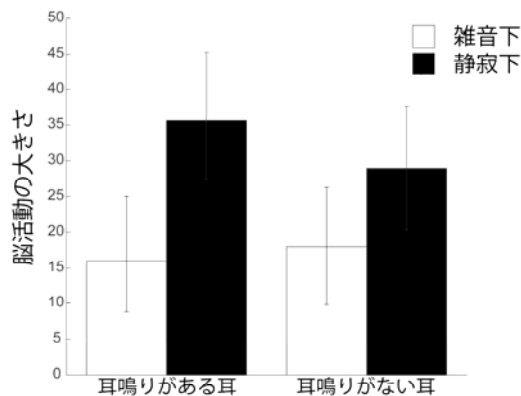


図4. 耳鳴りが聞こえる耳(左図)と聞こえない耳(右図)に耳鳴り音を聞かせた時の脳活動。白色と黒色の棒グラフはそれぞれ雑音下と静寂下における脳活動を示す

静寂下においては耳鳴りの聞こえる耳の方が誘発脳活動は大きかったが、周波数除去雑音下ではその逆で、耳鳴りの聞こえない耳の方が大きかった。この結果は雑音の中から音を聞き分ける時の脳活動が、耳鳴りが聞こえる耳の方が聞こえない耳より弱くなっていることを示している。雑音下で音を聞き取る場合、抑制系の神経活動が重要な抑制を果たしているが、その作用が耳鳴りの聞こえる耳では低下していることを示す結

果である。この結果は耳鳴りの発症メカニズムの解明や客観的な診断方法の開発に貢献すると考えられる。

<引用文献>

- Blood, A. J. and R. J. Zatorre (2001). "Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion." *Proc Nat Acad Sci USA* 98(20): 11818-11823.
- Li, L. P. H., et al. (2012). "Neuromagnetic Index of Hemispheric Asymmetry Prognosticating the Outcome of Sudden Hearing Loss." *PLoS ONE* 7(4): e35055.
- Nosrati-Zarenoe, R. and E. Hultcrantz (2012). "Corticosteroid treatment of idiopathic sudden sensorineural hearing loss: randomized triple-blind placebo-controlled trial." *Otol Neurotol* 33(4): 523-531.
- Okamoto, H., et al. (2011). "Broadened population-level frequency tuning in human auditory cortex of portable music player users." *PLoS ONE* 6(3): e17022.
- Suzuki, M., et al. (2002). "Cortical representation of hearing restoration in patients with sudden deafness." *Neuroreport* 13(14): 1829-1832.
- Taub, E., et al. (2002). "New treatments in neurorehabilitation founded on basic research." *Nat Rev Neurosci* 3(3): 228-236.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 13 件)

- ① Okamoto, H. and Kakigi, R. Modulation of auditory evoked magnetic fields elicited by successive frequency-modulated (FM) sweeps. (査読有) *Frontiers in Human Neuroscience* 11 巻:e36 ページ, 2017, doi: 10.3389/fnhum.2017.00036.
- ② Sekiya, K., Takahashi, M., Murakami, S., Kakigi, R., Okamoto, H. Broadened population-level frequency tuning in the auditory cortex of tinnitus patients. (査読有) *Journal of Neurophysiology*, 117 巻:1379-1384. 2017, doi:10.1152/jn.00385.2016
- ③ Kitahara, T., Okamoto, H., Fukushima, M., Sakagami, M., Ito, T., Yamashita, A., Ota, I., Yamanaka, T. A Two-Year Randomized Trial of Interventions to Decrease Stress Hormone Vasopressin Production in Patients with Meniere's Disease-A Pilot Study (査読有) *PLoS*

ONE 11 巻:e0158309, 2016,

doi:10.1371/journal.pone.0158309

- ④ Sekiya, K., Fukushima, M., Teismann, H., Lagemann, L., Kakigi, R., Pantev, C., Okamoto, H. Neuro-rehabilitation approach for sudden sensorineural hearing loss. (査読有) *Journal of Visualized Experiments* 107 巻:e53264, 2016, doi:10.3791/53264
- ⑤ Okamoto, H. and Kakigi, R. Encoding of frequency-modulation (FM) rates in human auditory cortex. (査読有) *Scientific Reports* 5 巻: e18143 ページ, 2015 doi:10.1038/srep18143
- ⑥ Keceli, S., Okamoto, H., Kakigi, R. Hierarchical neural encoding of temporal regularity in the human auditory cortex. (査読有) *Brain Topography* 28 巻: 459-470, 2015, doi: 10.1007/s10548-013-0300-3
- ⑦ Okamoto, H. and Kakigi, R. Hemispheric asymmetry of auditory mismatch negativity elicited by spectral and temporal deviants: a magnetoencephalographic study. (査読有) *Brain Topography* 28 巻: 471-478, 2015, doi:10.1007/s10548-013-0347-1
- ⑧ Okamoto, H. and Kakigi, R. History of silence affects auditory evoked fields regardless of intervening sounds: a magnetoencephalographic study. (査読有) *European Journal of Neuroscience* 40 巻: 3380-3386, 2014, doi: 10.1111/ejn.12718
- ⑨ Kondo, E., Jinnouchi, O., Ohnishi, H., Kawata, I., Nakano, S., Goda, M., Kitamura, Y., Abe, K., Hoshikawa, H., Okamoto, H., Takeda, N. Effects of aural stimulation with capsaicin ointment on swallowing function in elderly patients with non-obstructive dysphagia. (査読有) *Clinical Interventions in Aging* 9 巻: 1661-1667, 2014 doi: 10.2147/CIA.S67602
- ⑩ Teismann, H., Wollbrink, A., Okamoto, H., Schlaug, G., Rudack, C., Pantev, C. Combining transcranial direct current stimulation and tailor-made notched music training to decrease tinnitus-related distress—a pilot study. (査読有) *PloS One* 9 巻: e89904, 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0089904
- ⑪ Okamoto, H., Fukushima, M., Teismann, H., Lagemann, L., Kitahara, T., Inohara, H., Kakigi, R., Pantev, C.

Constraint-induced sound therapy for sudden sensorineural hearing loss – behavioral and neurophysiological outcomes. (査読有) Scientific Reports 4 巻: e3927, 2014, doi: 10.1038/srep03927

- ⑫ **Okamoto, H.**, and Kakigi, R. Neural adaptation to silence in the human auditory cortex: a magnetoencephalographic study. (査読有) Brain and Behavior 4 巻: 858–866, 2014, doi: 10.1002/brb3.290
- ⑬ **岡本秀彦** 神経生理学の耳鼻咽喉科領域への応用, (査読なし) 臨床神経生理学 42 巻: 409–410, 2014

[学会発表] (計 28 件)

1. **Okamoto, H.** Auditory evoked fields elicited by repetitive gaps embedded within a continuous tone. 5th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan, Honolulu, USA, 2016.11.28 – 2016.12.02
2. **岡本秀彦** 聴覚誘発反応の臨床への利用, 第 46 回日本臨床神経生理学学会学術大会, ホテルハマツ (福島県郡山市). 2016.10.27 – 2016.10.29
3. **岡本秀彦**, 関谷健一 聴覚障害の画像診断と聴覚機能検査, 第 61 回日本聴覚医学会総会・学術講演会, 盛岡グランドホテル (岩手県盛岡市), 2016.10.20 – 2016.10.21
4. **Okamoto, H.**, and Kakigi, R. Auditory evoked fields elicited by frequency-modulated sweeps. BIOMAG2016, Seoul, Korea, 2016.10.01 – 2016.10.06
5. **岡本秀彦**, 柿木隆介 周波数変調音により惹起された誘発脳磁界, 第 39 回日本神経科学大会, パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市), 2016.07.20 – 2016.07.22
6. **岡本秀彦** 周波数変調音により惹起された聴覚誘発脳磁界, 第 11 回 ERA・OAE 研究会プログラム, 慶應義塾大学病院 (東京都新宿区), 2016.07.10
7. 関谷健一, 高橋真理子, 村上信五, **岡本秀彦** 一側性高度難聴者における frequency tuning の検討, 第 2 回耳鳴・難聴研究会プログラム, 慶應義塾大学病院 (東京都新宿区), 2016.07.09
8. 関谷健一, 高橋真理子, 村上信五, **岡本秀彦** 耳鳴患者の聴覚誘発脳磁界の研究, 第 31 回日本生体磁気学会大会, 金沢市文化ホール (石川県金沢市), 2016.06.09 – 2016.06.10.
9. **岡本秀彦**, 柿木隆介 周波数変調速度が聴覚誘発脳磁界に与える影響, 第 31 回日本生体磁気学会大会, 金沢市文化ホール (石川県金沢市), 2016.06.09 – 2016.06.10
10. **岡本秀彦** 周波数変調音により惹起される聴覚誘発脳磁場反応, 第 117 回日本耳鼻咽喉科学会通常総会・学術講演会, 名古屋国際会議場 (愛知県名古屋市), 2016.05.18 – 2016.05.21
11. **岡本秀彦**, 柿木隆介 介在する音が 2 つ以上存在しても先行する静寂の持続時間はヒト聴覚野における神経活動に影響を与える, 第 45 回臨床神経生理学学会学術大会, 大阪国際会議場 (大阪府大阪市), 2015.11.05 – 2015.11.07
12. **岡本秀彦** 連続して呈示される静寂に対する聴覚誘発脳磁場反, 第 60 回日本聴覚医学会総会・学術講演会, 京王プラザホテル (東京都新宿区), 2015.10.22 – 2015.10.23
13. 関谷健一, 高橋真理子, 村上信五, **岡本秀彦** 脳磁図を用いた他覚的耳鳴評価法の研究, 第 60 回日本聴覚医学会総会・学術講演会, 京王プラザホテル (東京都新宿区), 2015.10.22 – 2015.10.23
14. **Okamoto, H.**, Kakigi, R. Pre-penultimate Silent Intervals Affects Auditory Evoked Responses Measured by Magnetoencephalography. 第 38 回日本神経科学大会, 神戸国際会議場・神戸国際展示場 (兵庫県神戸市), 2015.07.28 – 2015.07.31
15. **岡本秀彦**, 柿木隆介 先行する静寂の持続時間の沿革がヒト聴覚野における神経活動に与える影響, 第 10 回 ERA・OAE 研究会, 慶應義塾大学病院 (東京都新宿区), 2015.07.12
16. 関谷健一, 高橋真理子, **岡本秀彦**, 村上信五 脳磁図を用いた他覚的耳鳴評価法の研究, 第 1 回耳鳴・難聴研究会, 慶應義塾大学病院 (東京都新宿区), 2015.07.11
17. **岡本秀彦**, 柿木隆介 静寂の持続時間の軌跡がヒト聴覚野脳活動に与える影響, 第 17 回日本ヒト脳機能マッピング学会, 毎日新聞オーバルホール (大阪府大阪市), 2015.07.02 – 2015.07.03
18. **岡本秀彦**, 柿木隆介 3 以上先行する静寂の持続時間が聴覚誘発脳磁場に与える影響, 第 30 回日本生体磁気学会大会, 旭川市大雪クリスタルホール (北海道旭川市), 2015.06.05 – 2015.06.06
19. **岡本秀彦**, 福嶋宗久, 北原紘, 猪原秀典 突発性難聴に対するリハビリテーション (CI) 療法, 第 116 回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会, 東京国際フォーラム (東京都千代田区), 2015.05.20 – 2015.05.23
20. **岡本秀彦**, 福嶋宗久, 北原紘 突発性難聴患者に施行した病側耳集中音響療法の効果, 第 59 回日本聴覚医学会総会・学術講演会, 海峡メッセ下関 (山口

- 県下関市), 2014. 11. 27 - 2014. 11. 28
21. **岡本秀彦** 神経生理学の耳鼻咽喉科領域への応用, 第44回日本臨床神経生理学学会学術大会, 福岡国際会議場(福岡県福岡市), 2014. 11. 19 - 2014. 11. 21
 22. **岡本秀彦**, 福嶋宗久, タイスマン・ヘンニング, ラーゲマン・ロター, 北原紘, 猪原秀典, パンテフ・クリスト, 柿木隆介 突発性難聴に対する病側耳集中音響療法が聴力及び脳活動に与える影響, 第44回日本臨床神経生理学学会学術大会, 福岡国際会議場(福岡県福岡市), 2014. 11. 19 - 2014. 11. 21
 23. **Okamoto H**, Fukushima M, Teismann H, Lagemann L, Kitahara T, Inohara H, Kakigi R, Pantev C. Constraint-induced sound and music therapy for sudden sensorineural hearing loss. 5th International Conference on Auditory Cortex, (Magdeburg, Germany), 2014. 09. 13 - 2014. 09. 17
 24. **岡本秀彦**, 福嶋宗久, 北原紘, 猪原秀典, 柿木隆介 突発性難聴に対する病側耳集中音響療法, 第3回耳鳴り・難聴カンファレンス, 東京ステーションコンファレンス(東京都千代田区), 2014. 08. 09
 25. **岡本秀彦** 臨床症例への応用 聴覚誘発磁場(AEF), 第2回日本臨床脳磁図コンソーシアム教育研修セミナー, 東京大学附属病院(東京文京区), 2014. 08. 01 - 2014. 08. 02
 26. **岡本秀彦**, 福嶋宗久, タイスマン・ヘンニング, ラーゲマン・ロター, 北原紘, 猪原秀典, パンテフ・クリスト, 柿木隆介 突発性難聴に対する病側耳集中音響療法による聴覚誘発脳磁場反応の変化, 第9回ERA・OAE研究会, 慶應義塾大学病院(東京都新宿区), 2014. 07. 06
 27. **岡本秀彦**, 福嶋宗久, タイスマン・ヘンニング, ラーゲマン・ロター, 北原紘, 猪原秀典, パンテフ・クリスト, 柿木隆介 突発性難聴に対する病側耳集中音響療法による脳活動の変化, 第29回日本生体磁気学会大会, 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市), 2014. 05. 29 - 2014. 05. 30
 28. **岡本秀彦** 静寂下および雑音下において時間規則性が聴覚誘発反応に与える影響, 第115回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会, ヒルトン福岡シーホーク(福岡県福岡市), 2014. 05. 14 - 2014. 05. 17

[図書] (計4件)

1. **岡本秀彦** 脳科学辞典: 誘発電位および誘発脳磁界, 田中啓治・御子柴克彦(編), 2016, <http://bsd.neuroinf.jp/wiki/誘発電位および誘発脳磁界>,

doi : 10. 14931/bsd. 6692

2. **Okamoto, H.**, et al., Springer, Clinical Applications of Magnetoencephalography, 2016, 330
3. **岡本秀彦** 脳科学辞典: 脳磁法, 田中啓治・御子柴克彦(編), 2015, <http://bsd.neuroinf.jp/wiki/脳磁法>, doi : 10. 14931/bsd. 6201
4. **岡本秀彦** 他, 金芳堂, 脳21, 2014, 127

[その他]

ホームページ等

Okamoto, H. Music as a medicine for sudden hearing loss. 2016, Atlas of Science (<http://atlasofscience.org/music-as-a-medicine-for-sudden-hearing-loss>)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本 秀彦 (OKAMOTO, Hidehiko)
生理学研究所・システム脳科学研究領域・准教授
研究者番号 : 30588512

(4) 研究協力者

柿木 隆介 (KAKIGI, Ryusuke)
生理学研究所・システム脳科学研究領域・教授
研究者番号 : 10145196

竹島 康行 (TAKESHIMA, Yasuyuki)
生理学研究所・システム脳科学研究領域・技術職員

福嶋 宗久 (FUKUSHIMA, Munehisa)
関西ろうさい病院・耳鼻咽喉科・頭頸部外科・副部長

関谷 健一 (SEKIYA, Kenichi)
名古屋市立大学・医学系研究科・大学院生