

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号 : 33916	研究種目 : 基盤研究 (C)
研究期間 : 2009 ~ 2011	
課題番号 : 21500500	
研究課題名 (和文) 咽頭期嚥下障害に対する治療の確立 一ボツリヌス毒素療法および機能的電気刺激	
研究課題名 (英文) Establishment of therapies for pharyngeal dysphagia - Botulinum toxin injection therapy and functional electrical stimulation-	
研究代表者 青柳 陽一郎 (Aoyagi Yoichiro)	
藤田保健衛生大学・医学部・准教授	
研究者番号 : 30286661	

研究成果の概要 (和文) :

脳卒中 (ワレンベルグ症候群、多発性脳梗塞、脳出血)、脳腫瘍、神経筋疾患 (パーキンソン病、Meige 症候群、急性散在性脳脊髄炎)、特発性嚥下障害患者 (平均年齢 64 歳) に対して 1%リドカインを用いて輪状咽頭筋ブロックを行った。うち輪状咽頭筋弛緩不全と判定した 28 名 (33 例) において輪状咽頭筋ブロックで食道入口部の開大が得られ通過障害が改善したため、同部位に A 型ボツリヌス毒素を注入し、初回ボツリヌス毒素注入患者のうち 93%で 1 ヶ月後の摂食状況、食道流入で改善がみられた。VF 動画の解析により、咽頭収縮を阻害することなく、食道入口部径の開大が得られることが明らかとなった。また長期にフォローしている患者においても有害事象は発生しなかった。ボツリヌス毒素注入療法は、食道入口部のみを弛緩させることにより、輪状咽頭筋弛緩障害を改善することが明らかとなった。

機能的電気刺激の視点から嚥下障害患者の喉頭挙上を支援する表面電極刺激方法として、喉頭挙上筋群の内、主に顎二腹筋と茎突舌骨筋の刺激について検討した。被験者は、20 歳代の健常者 15 名と 50~70 歳代の嚥下障害患者 4 名とした。液体嚥下は座位で水分約 3ml を嚥下させ、喉頭挙上動作をデジタルビデオカメラで計測した。銀織布製の表面電極を筋腹上に貼付し、電気刺激を行った。最初に健常者 3 名で刺激強度に対する喉頭挙上の動作特性を調べた。健常者と嚥下障害患者の電気刺激による喉頭挙上では、液体嚥下時のそれぞれ平均 76%および 87%の挙上距離が得られた。表面電気刺激で嚥下反射時の喉頭挙上に近い動作が再建可能であることが示唆された。

研究成果の概要 (英文) :

We evaluated the effectiveness of a cricopharyngeal block using a local anesthetic agent in advance and administered BTX-A injections in various patients with dysphagia. The criteria for this study were: (1) patients with a history of dysphagia who did not improve with conventional swallowing therapy after more than 3 months, (2) oropharyngeal dysphagia in which UES dysfunction appeared to be the primary cause based on videofluorography. A percutaneous lidocaine injection into the cricopharyngeal muscle was first administered in patients who met the above criteria in order to determine the application of BTX-A injections. In cases where the lidocaine injection was judged to improve the passage of bolus in the area of UES using videofluorography, the patients then received a BTX-A injection. Thirty-nine patients met the criteria for the lidocaine injection. The BTX-A injection was done for 28 patients (72%). In 26 patients out of this group (93%), the passage of bolus improved in the area of UES at 1 month after the BTX-A injection. BTX-A is a very effective treatment in selected patients. A local anesthetic agent trial may predict the effectiveness of BTX-A injection.

From the viewpoint of functional electric stimulation (FES), we investigated a

surface electrode stimulation method to support laryngeal elevation in healthy subjects and patients with pharyngeal dysphagia. Informed consent was obtained from 15 healthy men and 4 patients with pharyngeal dysphagia. Digastric and stylohyoid muscles were stimulated by silver-textile surface electrodes covering the muscle belly. Laryngeal elevation by the electrical stimulation (ES) during liquid (water, 3 ml) swallowing movement was measured by digital video camera. Laryngeal elevation by ES was 76% in the healthy subjects and 87% in patients when measured during liquid swallowing. Applying FES for laryngeal elevation may assist in improving the swallowing reflex.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：嚥下障害、電気刺激、リハビリテーション医学

1. 研究開始当初の背景

近年、高齢者や脳卒中患者の増加により誤嚥性肺炎は増加傾向にあるが、その原因の多くは咽頭期の障害が関係している。咽頭期嚥下は、(1)舌骨挙上に始まる嚥下反射と(2)食道流入を可能にする輪状咽頭筋弛緩からなる。すなわち、(1)嚥下反射と(2)輪状咽頭筋弛緩のどちらかが障害されても咽頭期の嚥下障害が起こる。輪状咽頭筋は、常時収縮しているが、食塊が咽頭を通過し食道に流入する際に0.5~0.6秒程度弛緩する特殊な筋肉である。脳血管障害や一部の神経筋疾患で輪状咽頭筋の痙縮や弛緩時間の短縮が起こり、食道への流入が困難になる。

一方、摂食・嚥下障害のリハビリテーションに関するエビデンスは乏しい。「脳卒中治療ガイドライン2009」の「嚥下障害に対するリハビリテーション」の項で「グレードA」として推奨されている介入法は、非常に少ない。重度の摂食・嚥下障害患者に対しては、胃瘻造設による経管栄養が主流であるがあくまで代償手段に過ぎず、患者の満足度は必ずしも高くない。嚥下障害が改善し、安全に経口摂取ができれば、より高いQOLが実現可能となる。

2. 研究の目的

われわれが平成19~20年度にかけて行っ

たパイロット研究では、通常の嚥下訓練により改善がみられなかった重度の嚥下障害患者のうち、輪状咽頭筋弛緩不全が原因と考えられる患者に対し、経皮的に輪状咽頭筋にA型ボツリヌス毒素の局所注入をおこない、どの程度の嚥下障害の改善が得られるかを検討した。結果は、注入数日後から徐々に輪状咽頭筋が弛緩しはじめ、経口摂取不可能だった患者11名中8名(73%)で全量経口摂取が可能となった。他の3名においても部分的な経口摂取が可能になった。以上より、ボツリヌス毒素注入療法は、輪状咽頭筋弛緩不全患者に対して有効な治療法であることが示唆された。本研究課題では、多発性脳梗塞などより頻度の高い疾患にボツリヌス毒素注入療法の適応範囲を広げるとともに、長期的なデータの算出を行った。

一方、輪状咽頭筋弛緩不全単独の症例は比較的少なく、日常遭遇する嚥下障害患者の大部分に、喉頭挙上不全あるいは喉頭挙上開始の遅延を伴う。従ってボツリヌス毒素注入療法のみでは経口摂取が困難な患者に対してはFESによる喉頭挙上再建を行い、経口摂取可能な嚥下動作の実現を目的とした。

3. 研究の方法

(1) ボツリヌス毒素注入療法

脳卒中(ワレンベルグ症候群、多発性脳

梗塞、脳出血)、脳腫瘍、神経筋疾患(パーキンソン病、Meige症候群、急性散在性脳脊髄炎)、特発性嚥下障害患者(平均年齢64歳)に対して1%リドカインを用いて輪状咽頭筋ブロックを行った。うち輪状咽頭筋弛緩不全と判定した28名(33例)において輪状咽頭筋ブロックで食道入口部の開大が得られ通過障害が改善したため、同部位にA型ボツリヌス毒素を注入した。

(2) 喉頭挙上再建を目的とした機能的電気刺激(FES)

FESの視点から嚥下障害患者の喉頭挙上を支援する表面電極刺激方法として、喉頭挙上筋群の内、主に顎二腹筋と茎突舌骨筋の刺激について検討した。被験者は、20歳代の健常者15名と50~70歳代の嚥下障害患者4名とした。液体嚥下は座位で水分約3mlを嚥下させ、喉頭挙上動作をデジタルビデオカメラで計測した。銀織布製の表面電極を筋腹上に貼付し、電気刺激を行った。

4. 研究成果

(1) ボツリヌス毒素注入療法

初回ボツリヌス毒素注入患者のうち93%で1ヶ月後の摂食状況、食道流入で改善がみられた。VF動画の解析により、咽頭収縮を阻害することなく、食道入口部径の開大が得られることが明らかとなった。また長期にフォローしている患者においても有害事象は発生しなかった。ボツリヌス毒素注入療法は、食道入口部のみを弛緩させることにより、輪状咽頭筋弛緩障害を改善することが明らかとなった。

最初に健常者で刺激強度に対する喉頭挙上の動作特性を調べた。健常者で電気刺激中(0.5~1.0s)の平均で喉頭挙上距離の変化を定量的にみると、刺激強度の上昇に伴って25V以上で急激に増加し、45V以上で飽和した。健常者と嚥下障害患者の電気刺激による喉頭挙上では、液体嚥下時のそれぞれ平均76%および87%の挙上距離が得られた。表面電気刺激で嚥下反射時の喉頭挙上に近い動作が再建可能であることが示唆された。

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16件)

1. 木村幸, 巨島文子, 木原美奈子, 今田智美, 澤真澄, 倉智雅子, 木村秀生, 青柳陽一郎: 吐き戻す習慣を矯正し経口摂取に至った球麻痺児の嚥下リハビリテーションの1例, 嚥下医学 1(1):105-111, 2012 (査読:有)

2. 小野木啓子, 青柳陽一郎: 知っておきたい病棟での初期対応 神経症状や麻痺が増悪したら, Journal of Clinical Rehabilitation 21(1):92-95, 2012 (無)
3. Iwai N, Aoyagi Y, Tokuhisa K, Yamamoto J, Shimada T, The gaps between capability ADL and performance ADL of stroke patients in a convalescent rehabilitation ward -based on the functional independence measure-, J. Phys. Ther. Sci. 23:333-338, 2011 (有)
4. 眞部紀明, 青柳陽一郎, 島二郎, 筒井英明, 今村祐志, 春間賢: 超音波を用いた咽頭・食道機能検査, MEDICAL REHABILITATION 136: 21-25, 2011 (無)
5. 青柳陽一郎: 脳可塑性と摂食・嚥下リハビリテーション, MEDICAL REHABILITATION 136: 42-47, 2011 (無)
6. 山本敏泰, 青柳陽一郎: 嚥下障害への電気刺激の応用, MEDICAL REHABILITATION 136: 48-55, 2011 (無)
7. 石合純夫, 青柳陽一郎: 大学病院リハビリテーション科/部における教育・研修に関するアンケート報告, Jpn J Rehab Med, 48(7):478-486, 2011 (有)
8. 青柳陽一郎. 筋電図と嚥下圧からみた摂食・嚥下の運動学. Jpn J Rehabil Med 47: 703-707, 2010 (無)
9. H. Kuno, N. Yamamoto, T. Yamamoto, Y. Aoyagi, A. Tsubahara, Surface electrical stimulation to assist laryngeal elevation for swallowing rehabilitation in dysphagia, 15th Annual Conference of the International FES Society, pp.52-54, Vienna, Austria, 2010 (有)
10. Sato S, Tsubahara A, Aoyagi Y, Bunno K, Mizuma M. Predicting the prognosis of swallowing function in stroke patients with dysphagia using the videofluoroscopi dysphagia scale. Showa University Journal of Medical Sciences 22: 19-25, 2010 (有)
11. Kamura Y, Tsubahara A, Aoyagi Y, Metani H, Hiraoka T, Seki S., Changes in motor evoked potentials in the suprahyoid muscles by repetitive transcranial magnetic stimulation, Kawasaki Medical Journal, 36(4):275-281, 2010 (有)
12. 久野弘明, 山本敏泰, 青柳陽一郎, 椿原 彰夫, 機能的電気刺激を用いた嚥下反射動作支援のための基礎的検討, Jpn J Rehabil, 47, 867-873, 2010 (有)

13. 青柳陽一郎, 末梢神経のアンチエイジングとリハビリテーション, Monthly Book Med Rehabil, 124:13-19, 2010 (無)
 14. Hiraoka T, Kawada R, Kamura Y, Tsubahara A, Aoyagi Y, Metani H, Seki S: The outcome of dysphagia rehabilitation in post-surgical patients with head and neck cancer: Investigation before widespread use of PEG. Kawasaki Med J 35: 243-7, 2009 (有)
 15. 青柳陽一郎, 嘉村雄飛, 佐藤新介, 畠二郎, 山口若水, 椿原彰夫: 重度の嚥下障害を呈した Wallenberg 症候群患者の筋電図所見 重度の嚥下障害を呈した Wallenberg 症候群患者の筋電図所見, 耳鼻と臨床 55(Suppl.2) S158-S163, 2009 (有)
 16. 青柳陽一郎, 平岡崇: 大学病院における脳卒中回復期リハビリテーション医療の展開: Monthly Book Med Rehabil, 112:31-36, 2009 (無)
- [学会発表] (計 30 件)
1. Aoyagi Y, Pharyngeal electromyography (EMG) & manometry in clinical practice. Symposium on oropharyngeal function and dysphagia rehabilitation, University of Western Ontario, London, Canada, March 12, 2012
 2. J Yano, Y Aoyagi, I Kumakura, A Tsubahara, S Minagi, K Hori, T Ono, Coordination between Lingual and Pharyngeal Pressure Productions during Dry Swallowing. 12th Annual Dysphagia Research Society, Annual Meeting, The Ritz-Carlton, Toronto, Canada, March 8-10, 2012
 3. Okada T, Aoyagi Y, Inamoto Y, Saitoh E, Shibata S, Kagaya H, Ota K, Ito Y, Fujii N, Katada K, Changes in the length of individual suprahyoid and infrahyoid muscles during swallowing: analysis using 3D dynamic computed tomography. 12th Annual Dysphagia Research Society, Annual Meeting, The Ritz-Carlton, Toronto, Canada, March 8-10, 2012
 4. Aoyagi Y, Okada T, Inamoto Y, Saitoh E, Shibata S, Kagaya H, Ota K, Ito Y, Fujii N, Katada K, Activities of superior and middle pharyngeal constrictor muscles during swallowing: analysis using 3D dynamic computed tomography. 12th Annual Dysphagia Research Society, Annual Meeting, The Ritz-Carlton, Toronto, Canada, March 8-10, 2012
 5. Itoh Y, Ota K, Kagaya H, Inamoto Y, Shibata S, Aoyagi Y, Onogi K, Tanaka T, Hamada F, Kanamori D, Okada T, Saitoh E, Relationship between Penetration-Aspiration Scale: PAS and Dysphagia Severity Scale: DSS, March 17, 2012
 6. 石井祐子, 目谷浩通, 青柳陽一郎, 椿原彰夫: 末梢神経障害を伴った急性散在性脳脊髄炎による重度の摂食・嚥下障害の治療経験 2011年2月11日 第2回日本ニューロリハビリテーション学会, 名古屋
 7. Y. Aoyagi, A. Tsubahara, S. Seki, T. Hiraoka: The Trial of Lidocaine Injections Improve the Success Rate of Botulinum Toxin Injections for Dysphagia with Upper Esophageal Sphincter (UES) Dysfunction, The Dysphagia Research Society's Nineteenth Annual Meeting, 2011. 3. 4, San Antonio, USA
 8. Y. Aoyagi: Electromyographic evaluation & botulinum toxin injection for pharyngeal dysphagia, 2010.12. 5 2010 Asian Congress of Neurorehabilitation, Pattaya, Thailand
 9. Yoichiro Aoyagi, Yuhi Kamura, Shinsuke Sato, Jiro Hata, Wakami Yamaguchi, Sayako Shimizu, Hiromichi Metani, Takashi Hiraoka, Akio Tsubahara: Electromyographic (EMG) Findings in Patients with Wallenberg's Syndrome with Severe Dysphagia, Dysphagia Research Society (DRS) 2010 Meeting, The US Grant Hotel, San Diego, 2010. 3. 3-6
 10. Yuhi Kamura, Yoichiro Aoyagi, Hiromichi Metani, Takashi Hiraoka, Sayako Shimizu, Masayuki Arai, Wakami Yamaguchi, Akio Tsubahara: Change in motor evoked potentials (MEP) of the suprahyoid muscles by repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS), Dysphagia Research Society (DRS) 2010 Meeting, The US Grant Hotel in San Diego, 2010. 3. 3-6
 11. 青柳陽一郎, 山本敏泰, 久野弘明, 椿原彰夫, 嚥下障害に対するニューロリハビリテーション, 第 50 回日本生体医工学会, 東京, 2011. 5. 1
 12. 青柳陽一郎: 嚥下障害に対するリハビリテーション 日本リハ医学会近畿地方会 専門医・認定臨床医生涯教育研修会講演 (第 15 回京都地域リハビリテーション

- 研究会) 京都府立医科大学付属図書館ホール 2011. 11. 20
13. 青柳陽一郎: 摂食・嚥下障害の評価と対応 ―嚥下圧・筋電図検査を中心に― 日本神経筋疾患 摂食・嚥下・栄養研究会 第 7 回学術集会特別講演, 香川県摂食・嚥下障害研究会 第 9 回講演会かがわ国際会議場 高松市, 2011. 10. 29
 14. 青柳陽一郎: 摂食・嚥下リハビリテーション update, 第 47 回日本リハビリテーション医学会学術集会, 鹿児島市民文化ホール ほか, 2010. 5. 22 (Jpn J Rehabil Med 47:Suppl. ppS127, 2010)
 15. 青柳陽一郎, 久野弘明, 山本敏泰, 嘉村雄飛, 目谷浩通, 平岡崇, 清水五弥子, 山口若水, 山下都, 中武恵子, 嶋二郎, 椿原彰夫: Rehabilitation approaches to improve pharyngeal dysphagia: electrical stimulation and botulinum toxin type A injection (咽頭期嚥下障害に対するリハビリテーションアプローチ -電気刺激とボツリヌス毒素注入療法-), 第 1 回ニューロリハビリテーション学会, エーザイ名古屋コミュニケーションオフィス, 名古屋市, 2010. 1. 30
 16. 上山剛史, 青柳陽一郎, 萬代亜希, 三木聡奈, 特別養護老人ホーム入所中の嚥下障害患者の嚥下造影検査(VF) 準備・口腔期障害と生命予後の関係, 第 16 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 朱鷺メッセ, 新潟, 2010. 9. 3-4 (日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, 14 巻 3 号 pp525, 2010)
 17. 筒井英明, 青柳陽一郎, 嶋二郎, 眞部紀明, 今村祐志, 楠裕明, 山下直人, 石井学, 椿原彰夫, 春間賢, 超音波装置による上部食道運動機能評価 健常人における検討, 第 16 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 朱鷺メッセ, 新潟, 2010. 9. 3-4 (日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, 14 巻 3 号 pp489, 2010)
 18. 矢野実郎, 青柳陽一郎, 熊倉勇美, 椿原彰夫, 堀一浩, 小野高裕, 舌圧と咽頭内圧の同時測定 空嚥下と水分嚥下の比較, 第 16 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会, 朱鷺メッセ, 新潟, 2010. 9. 3-4 (日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, 14 巻 3 号 pp342-343, 2010)
 19. 久野弘明, 山本敏泰, 青柳陽一郎, 椿原彰夫, 嚥下障害を改善するための FES の臨床試用, 第 47 回日本リハビリテーション医学会学術集会, 鹿児島, 鹿児島市民文化ホール他, 2010. 5. 20-22, 2010 (Jpn J Rehabil Med 47:Suppl. ppS258, 2010)
 20. H. Kuno, N. Yamamoto, T. Yamamoto, Y. Aoyagi, A. Tsubahara, Surface electrical stimulation to assist laryngeal elevation for swallowing rehabilitation in dysphagia, 15th Annual Conference of the International FES Society, Vienna, Austria, Sept. 8-12, 2010
 21. 巨島文子, 木村幸, 今田智美, 横関恵美, 青柳陽一郎: ボツリヌス毒素注入療法を施行した延髄外側梗塞の一例, 日本神経筋疾患 摂食・嚥下・栄養研究会 第 6 回学術集会, 2010. 10. 16, 東京
 22. 嘉村雄飛, 青柳陽一郎, 目谷浩通, 平岡崇, 椿原彰夫: 反復経頭蓋磁気刺激による嚥下関連筋の運動誘発電位変化, 第 4 回リハビリテーション科専門医会学術集会, 下諏訪総合文化センター, 諏訪市, 2009. 10. 16~18
 23. 久野弘明, 青柳陽一郎, 山本敏泰: 嚥下障害に対する機能的電気刺激の臨床応用 FES 研究会, 第 16 回日本 FES 研究会学術講演会, 藤田保健衛生大学, 豊明市, 2009. 12. 5
 24. 嘉村雄飛, 目谷浩通, 平岡崇, 青柳陽一郎, 椿原彰夫: 嚥下関連筋の MEP に関する検討, 第 15 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 名古屋国際会議場, 2009. 8. 28~29
 25. 逸見佳代, 宮崎彰子, 後藤圭乃, 山本陽子, 植田千里, 小野唯実, 熊倉勇美, 青柳陽一郎, 椿原彰夫: 当院における摂食・嚥下リハビリテーションの検討 80 歳以上の栄養摂取手段について, 第 15 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 名古屋国際会議場, 2009. 8. 28~29
 26. 佐藤新介, 椿原彰夫, 青柳陽一郎, 平岡崇, 目谷浩通, 水間正澄: VF 評価スケール (videofluoroscopic dysphagia scale) を用いた脳卒中の嚥下障害の予後予測, 第 15 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 名古屋国際会議場, 2009. 8. 28~29
 27. 嘉村雄飛, 目谷浩通, 青柳陽一郎, 平岡崇, 椿原彰夫, 山口若水: 健常人における反復経頭蓋磁気刺激 (rTMS) を用いた嚥下関連筋群の運動誘発電位 (MEP) の検討, 第 39 回日本臨床神経生理学, 北九州国際会議場, 西日本総合展示場 2009. 11. 18 ~ 20 (臨床神経生理学 37(5)pp368, 2009)
 28. 久野弘明, 青柳陽一郎, 山本敏泰: 嚥下障害を改善するための治療的電気刺激の臨床応用, 第 48 回日本生体医工学会大会, タワーホール 船堀, 東京都, 2009. 4. 23 ~ 25 (生体医工学 47(3) pp329-330, 2009)

29. 青柳陽一郎：輪状咽頭筋をめぐる筋電図とボツリヌス毒素療法，第15回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会，名古屋国際会議場，2009.8.28～29
30. 青柳陽一郎：筋電図からみた摂食・嚥下の運動学，第4回リハビリテーション科専門医会学術集会，下諏訪総合文化センター，諏訪市，2009.10.16～18

〔図書〕（計4件）

1. 青柳陽一郎：特殊な治療 輪状咽頭筋弛緩障害に対しボツリヌス毒素を用いて治療した患者，事例でわかる摂食・嚥下リハビリテーションー現場力を高めるヒント，中央法規，東京，pp149-151，2011
2. 青柳陽一郎：患者観察のポイント 問診・主訴・病歴 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会eラーニング対応 第3分野 摂食・嚥下障害の評価，日本摂食・嚥下リハビリテーション学会編，医歯薬出版，東京，pp2-6，2011
3. 青柳陽一郎．失行(2) 口腔顔面失行とその関連症状．リハビリナース別冊「リハビリナース・PT・OT・STのための患者さんの行動から理解する高次脳機能障害」(監修:椿原彰夫、石井雅之、編集:種村純、種村留美)，pp107-112，2010
4. 青柳陽一郎：ボツリヌス毒素療法，藤島一郎監修疾患別に診る嚥下障害，医歯薬出版 2012 (印刷中)

6. 研究組織

(1)研究代表者

青柳陽一郎 (Aoyagi Yochiro)
藤田保健衛生大学・医学部・准教授
研究者番号：30286661

(2)研究分担者

山本敏泰 (Yamamoto Toshiyasu)
岡山理科大学・工学部・教授
研究者番号：20412158

目谷浩通 (Metani Hiromichi)
川崎医科大学・医学部・講師
研究者番号：30330583

(3)連携研究者

椿原彰夫 (Tsubahara Akio)
川崎医科大学・医学部・教授
研究者番号：10138117