



On fNIRS-based Study of Human Cognitive Function Related to Taste

Hu, Chenghong

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2014-03-25

(Date of Publication)

2015-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6105号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006105>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 _____ 胡 承 洪 _____

専 攻 _____ 計算科学専攻 _____

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

On fNIRS-based Study of Human Cognitive Function Related to Taste

fNIRS を用いた人間の味覚認知に関する研究

指導教員 _____ 羅 志 偉 _____

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること。

Gustation serves an important role in human as one specific and basic function of oral cavity (Liu, 2002), which has been reported to be closely related to brain function. The information and sensation gained by receptors is not only to modulate food intake but also affect high cognitive process of human brain (Kato, 2007).

Some traditional neurobiology, neurophysiology and neuro-anatomy studies, based on electrophysiological, clinical and anatomical researches, have accumulated a lot of knowledge and theories about taste organ, anatomic constitution of taste pathways, transduction of taste signal and classification of tastants. However, because such traditional techniques are invasive and can't be applied directly to human, the knowledge of how the central nervous system is organized to process information of taste is still far from complete. Recently, with the rapid development of functional imaging techniques, the issue about the cognitive function of human brain has attracted many researchers' attention. Nevertheless, compared with other functions, such as vision, audition and olfaction, studies on gustatory cognitive processing remain scarce. The representation of gustatory neural circuits is still in its infancy.

Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS), as an emerging noninvasive neuroimaging technique, is widely used to monitor the brain activation and can reveal hemodynamic and metabolic changes (Ferrari et al., 2012). In the almost 35 year since Jobsis firstly applied NIRS to monitor changes in tissue oxygenation (Jobsis, 1977), this technology has developed remarkably. Compared to other neuroimaging methods, such as positron emission tomography (PET), functional magnetic resonance imaging (fMRI) or magneto encephalography (MEG), fNIRS has many advantages. As we all know, the experiments, using fMRI or another brain imaging technologies, requires the subject

being scanned stays completely still so that it can capture a clear image. It makes the subject feel stressful physiologically and/or physically. On the contrary, fNIRS only requires compact experimental equipment and is less restrictive of subject's movement, allowing the brain function to be monitored under more natural conditions (Coyle et al., 2004; Hoshi et al., 2001). So far, this technique has been widely used for some brain research of sensory, motor and other high cognitive process. In order to answer the question on central organization of taste, some researches have been already conducted on gustation, but the results are not identical.

It is known that fNIRS can measure activity of surface cortex, but can't reach the deeper gustatory areas such as insula which is located deep inside the brain. Among the regions which fNIRS can measure, the lateral prefrontal cortex (PFC) was suggested to be related to taste and other food-related activities (Kringelbach et al., 2004). This finding evoked research interest in the fields associated with feeding behaviors, such as obesity and eating disorders (Wagner et al., 2006; Kato, 2007).

Inspired by these previous findings, we investigated the following questions: (a) whether fNIRS can be used to research on taste-related brain function; (b) whether PFC is involved in taste processing; (c) and, if true, show where is responding to taste in the human brain. To answer these questions, based on the event-related design, we selected fNIRS to monitor activation of human lateral PFC during taste processing. The primary aim of this study is to find the region of interest (ROI) which is related to taste, and make further understanding on the central organization of taste. We hope the investigation would further contribute to the understanding of higher cognitive processing on gustatory system and to provide some theoretical evidence for studying

on taste dyspepsia and disorder.

Firstly, we used fNIRS to monitor the activation of prefrontal lobe on human brain in sweet solution with different concentration. Based on event-related design, the experiments were performed with 16 volunteers by sweet taste stimulus. It was confirmed that fNIRS provided an alternative way for studying taste-related brain function under more natural conditions and the PFC is involved in sweet taste processing. In addition, the activated channels induced by the higher concentration were more than those of lower concentration.

Then, we compared the representation of a pleasant and an aversive taste using fNIRS, so as to obtain further understanding of the taste preference mechanism. The pleasant stimulus used was sweet taste (10% sucrose), and the unpleasant stimulus was sour taste (1% citric acid). Based on event-related design, the experiments were also performed with 16 healthy volunteers using the OEG-16 fNIRS sensor. A general linear model was used to analyze the collected data. For the concentration change of oxygenated hemoglobin, we found significant deactivation was induced by sweetness and sourness in parts of the frontopolar area, orbitofrontal area and dorsolateral prefrontal cortex in bilateral hemisphere of human brain. And the right PFC showed different levels of activation between sweetness and sourness. In addition, brain activities were more sensitive to sourness than sweetness.

Finally, we investigated brain activation responses to aversive tastes (bitterness and sourness) using EEG and NIR-HEG simultaneously so as to clarify the intrinsic food preference mechanism. A conventional delayed response task based on CNV paradigm was adopted to extract real brain response components from spontaneous background

(氏名： 胡 承 洪 NO. 4)

signals. Results showed excessive evoked EEG potentials in both bitter and sour responses, but not in purified water. Therefore we suggested that these potentials would be only attributed to sour and bitter stimuli. As these potentials appeared before P3, we considered that they are unconscious electro-physiological early markers for attention. We also identified CNV in a late stage for sour stimulus and suggested it is related to taste preference. In addition, NIR-HEG responses showed a rise for every stimulus and, in particular, sourness gave larger rise than bitterness. In spite of limitation to timing accuracy of taste presentations, the early markers found in this study could be fundamentals for investigating individual food preference.

(別紙1)

論文審査の結果の要旨

氏名	胡 承 洪		
論文 題目	On fNIRS-based Study of Human Cognitive Function Related to Taste fNIRSを用いた人間の味覚認知に関する研究		
審査 委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教授	上原 邦昭
	副 査	教授	羅 志偉
	副 査	教授	的場 修
	副 査	教授	加藤 佳子
	副 査	准教授	長野 明紀
要 旨			
概要 味覚は、動物の食行動を左右する最も重要な感覚機能であり、味覚嗜好によって偏食や過度な糖分、栄養摂取につながり、これによって肥満や糖尿、老化および循環器障害などといった深刻な健康問題を引き起こす危険性が潜んでいると認識されている。 人間の味覚機能では、複数の物質の化学刺激に対して舌に分布している味覚受容体である味蕾の膜電位が活性化され、一次感覚ニューロンである鼓索神経と舌咽神経を刺激し、延髄の孤束核を経て、視床の後内側腹側核 (VPN 核) を経由して広義の大脳皮質味覚野に伝達される。今までの研究では、甘味、酸味、塩味、苦味とうま味といった基本味について下位の味覚受容体がどのように機能しているかについて詳細に研究されている。また上のような味覚処理に関する神経機構も明らかにされている。しかしながら、膨大な視覚認知研究のような、大脳皮質が各種味覚刺激に対して、どのように知覚しているか？脳における味の知覚と心理活動との関連はどうなっているのか？については、必ずしも十分に解明されているとは言い難い。 本研究では主に、近赤外光 (fNIRS) を用いた脳の血流分布を計測する手法を用いて、各種基本味の刺激を受ける場合の人間の脳の認知機能を解析している。具体的には以下の三つの研究課題について詳細に実験を行い、そこから得られた大量な脳活動に関する計測データを解析することで脳の認知機能を調べている。 第一の研究課題では、16 名の被験者に対して、異なる濃度の甘味と無味の水を味わってもらい、fNIRS を用いて実験中における被験者の前頭葉の脳活動を計測した。この実験の解析から、前頭葉の関連部位には、甘味を受けるときに特異的に反応する現象、そして、甘味の濃度が高ければ脳活動も活発になる現象を確認でき、この研究の成果は、国際学術論文誌 Journal of Behavioral and Brain Science に掲載されている。 上の研究に基づいて、第二の研究課題として、16 名の被験者に対して、甘味と酸味、そして無味の水を刺激として与えた。また、被験者に対して味に対する嗜好の程度をたずねた。その結果、前頭葉は甘味と酸味ともに対して活動が見られるが、場所的には多少ずれがあることが示された。さらに、活動強度についても酸味のほうがより強いことが認められ、甘味と酸味ともに反応する部位では、脳活動の平均に有意差があることも明らかにした。この研究の成果は、査読つき国際会議 2013 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2013) と the 13th European Congress of Psychology (ECP 2013) で発表され、また査読つき国際学術論文誌 Food and Nutrition に掲載決定されている。 最後の研究課題として、今までの近赤外光 (fNIRS) を用いた脳の血流分布計測と合わせて、脳波計も取り入れて、大脳皮質全体の活動計測を行った。ここでは 2 名の被験者に対して繰り返し味覚実験を行い、主に苦味と酸味という好まれない味覚刺激を用いた。また、同時に主観に関する心理アンケートを行った。その結果として、まず、fNIRS の結果から、酸味と苦味に対して共に反応があったが、被験者にもっとも苦手な酸味に対してはより強い活動が見られた。そして、脳波解析から被験者の注意に係る脳波の特徴である P1、P2、N1、N2 があること、さらに酸味刺激における脳波に関して、味の好み、期待といった心理に係る CNV も観察された。			

氏名	胡 承洪
----	------

この研究の成果は、査読つき国際会議 ACBIT2013 で発表され、また査読つき国際学術論文誌 **Journal of Behavioral and Brain Science** に掲載決定されている。

本論文は、以下に示す 6 章で構成されている。

第 1 章は序論で、本研究の背景と本論文の目的およびその構成について説明している。

第 2 章では、味覚の生理機能について簡単に述べている。また本研究で用いた脳活動計測方法について説明している。

第 3 ～ 5 章では、本研究の研究結果について説明している。

まず、第 3 章では、被験者に異なる濃度の甘味と無味の水を味わってもらうときの前頭葉活動を計測解析している。

続いて、第 4 章では、第 3 章で得られた知見に基づき、被験者に対して、甘味と酸味、そして無味の水を刺激として与え、前頭葉活動を計測解析している。また被験者に対して本人が好むかどうかといった味覚嗜好に関するアンケートを行った。

さらに、第 5 章では、脳波計測も取り入れて苦味と酸味という好まない味覚刺激を受けるときの前頭葉活動および脳波計測と解析を行った。

最後に第 6 章は本論文のまとめと今後の課題について述べている。

以上で、本研究は、味覚認知について前頭葉活動に対する近赤外光計測手法を用いて基礎実験を行ったものであり、各種基本味の刺激を受ける場合の人間の脳の認知機能について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、提出された論文はシステム情報学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の胡承洪は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。