

# 뇌기능 자기공명영상 장치를 이용한 짠맛 자극에 따른 인간 뇌의 반응에 대한 기초 연구

문치웅<sup>1,4</sup> · 김수현<sup>1</sup> · 최기승<sup>1</sup> · 이현용<sup>2</sup> · 신운재<sup>2</sup> · 은충기<sup>3,4</sup>

**목적 :** 본 논문은 뇌 기능 자기공명영상(Brain Functional Magnetic Resonance Imaging: Brain fMRI)을 이용하여 짠 맛 자극에 대한 인지활동으로 뇌 신경세포의 활성화에 따른 국소 대사 및 혈류역학적 변화가 일어나는 뇌 영역을 분석 및 가시화함으로써 맛에 대한 뇌 활성화 부위의 기초자료를 마련하고자 하였다.

**대상 및 방법 :** 건강한 비흡연 남자 12명을 대상으로 1.5T MRI 장치에서 혈액산소수준의존 (Blood Oxygen Level Dependent, 이하 BOLD) 방법을 이용한 fMRI 실험을 수행하여 인간의 미각 중 짠맛에 대한 반응을 관찰하였다. 짠 맛의 자극은 3% 농도의 소금물(NaCl)을 미각 자극기를 이용하여 혀 전체에 자극을 주었다. 미각 자극기인 Auto Syringe Pump는 일정한 자극을 반복적으로 가할 수 있도록 마이크로프로세서를 이용하여 연구실에서 자체 제작되었다. 자극의 패러다임은 5회의 휴식기간과 4회의 자극기간으로 구성되었으며, 자극기간은 15초씩 진행되고 휴식기간은 30초로 하여 각 slice당 42 영상을 연속적으로 획득하였다. 자극에 대해 얻은 fMRI 영상은 SPM99' (Statistical Parametric Mapping, UCL)를 이용하여 분석하였다. 활성화 영상은 EPI 영상과 동일한 부위의 T1 강조영상에 registration 기법을 이용하여 overlapping 시켜 활성화 부위의 해부학적 판별을 용이하도록 하였다.

**결과 :** 농도 3% 소금물의 짠맛 자극에 대해서 insula, amygdala, frontal opercular taste cortex (OFC), orbitofrontal cortex 영역에서 활성화 영역을 fMRI로 확인하였으며, dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) 영역에서도 유효한 신호를 관찰하였다.

**결론 :** 본 연구의 결과는 미각의 주요 신경이 뇌의 insula, OFC 그리고 DLPFC 영역에 주로 분포한다는 기준의 결과와 잘 일치하고 있다. 마이크로 프로세서로 동작하는 자동펌프를 미각 자극 기로 사용함으로써 미각자극에 대한 뇌의 활성화 영역을 안정되게 관찰할 수 있었다. 본 연구의 결과는 fMRI를 이용한 고차원적 미각작용 과정 연구에 튼튼한 밑거름이 될 것으로 생각된다.

## 서 론

식생활은 음식을 통하여 인체의 영양을 공급하고 삶을 유지하는 가장 중요한 요소 중의 하나이며, 건강한 식생활을 유지하

기 위해서는 음식의 맛을 느끼는 미각이 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 아직까지 미각에 대한 자극 기전은 극히 일부만 알려져 있는 실정이다. 과거 인간의 뇌는 국소적으로 서로 다른 기능을 하는 작은 단위로 나누어져 있다고 생각되었으나, 근래 들어서는 어떤 인지기능을 수행하기 위해 여러 뇌 영역이 연합

대한자기공명의과학회지 9:30-35(2005)

<sup>1</sup>인제대학교 의용공학과

<sup>2</sup>부산백병원 진단방사선과

<sup>3</sup>인제대학교 의과대학 부산백병원 진단방사선과

<sup>4</sup>인제대학교 의료영산과학대학원

접수 : 2005년 3월 23일 채택 : 2005년 5월 16일

통신저자 : 문치웅, (621-749) 경상남도 김해시 어방동 607 인제대학교 의용공학과

Tel. (055)320-3297 Fax. (055)327-3292 E-mail: mcw@inje.ac.kr

## 뇌기능 자기공명영상 장치를 이용한 짠맛 자극에 따른 인간 뇌의 반응에 대한 기초 연구

하여 작용하는 것으로 알려지고 있다 (1-4). 이는 기능적 신경 회로라는 개념으로 정리될 수 있는데, 최근 신경영상분야의 획기적 발전은 이러한 기능적 신경회로를 직접적으로 영상화하는 것을 가능하게 하였다. 이러한 방법으로 대표적인 것은 양전자 방출단층촬영(Positron Emission Tomography, 이하 PET라 함.) (4-6), 기능적 자기공명영상(Functional Magnetic Resonance Imaging, 이하 fMRI라 함.) (7, 8), 고밀도 뇌파를 이용한 사건관련전위 지도화(Event-related Potential, 이하 ERP라 함.) (9) 등을 들 수 있다. 이 세 가지 방법은 측정되는 신호의 특성, 공간해상도, 시간해상도 등에서 서로 다른 특성을 지니므로 연구하고자 하는 정신작용의 특성에 따라 적절한 것을 선택할 필요가 있다(10-13). MRI 장치는 높은 자장과 라디오패(Radio Frequency, 이하 RF pulse)를 이용하여 인체의 내부 단면영상을 얻어 질병을 진단할 수 있는 최첨단 의료 영상 장치로써 비침습적이고 인체에 무해하며, 환자의 위치변화 없이 원하는 임의의 방향으로 2차원 또는 3차원 영상을 획득할 수 있다는 장점이 있어 임상적 질병 진단에 활발히 이용되고 있다.

뇌기능 자기공명영상법은 자기공명영상장치(Magnetic Resonance Imaging, 이하 MRI라 함.)를 사용하여 감각, 동작 혹은 인지수행 등에 의한 신경세포 활성화에 따른 국소 대사 및 혈류역학적 변화를 뇌자기공명영상 상의 신호 강도의 차이로 나타내는 새로운 기능적 두뇌 조영술이다. 뇌는 부위별로 고유한 기능을 지니고 있으며 어떠한 기능을 수행하기 위하여 특정 부위의 뇌 신경활동이 향진되면 이와 함께 그 부위의 국소적 뇌 혈류 및 대사가 증가한다. fMRI 방법인 혈액산소수준의존(Blood Oxygenation Level Dependent: 이하 BOLD.) 기법은 신경세포가 활성화되면 혈류 증가에 의해 일시적으로 Oxy-Hemoglobin이 증가하며 상대적으로 Deoxy-Hemoglobin은 감소하는 것을 이용하는 기술로 Deoxy-Hemoglobin은 외부 자기장이 존재할 때 자화되어 T2\* 자기 공명 영상 검출 신호의 저하를 일으키는 상자성(paramagnetic) 물질이므로 탈산화 헤모글로빈이 저하되면 자기 공명 영상 상의 신호가 증가되는 원리를 이용하여 조영하는 방법이다 (1-4). 이러한 원리를 뇌기능 자기공명영상법으로 뇌의 시각, 청각, 감각, 운동, 후각 등에 대한 기능영상 연구가 1990년대 초부터 매우 활발하게 진행 되었으나 미각에 대한 연구는 미비한 상태이다. 미각에는 단맛, 짠맛, 신맛 및 쓴맛의 4 가지 아종(subgroup)이 있는데, 각각의 미각 수용기는 혀의 부위에 따라 분포를 달리하고 있다. 맛을 느끼는 혀의 부위는 그림 1에서처럼 혀의 전체부분은 짠맛, 옆 가장자리는 신맛, 뿐만 아니라 부위는 쓴맛, 혀의 끝 부분은 단맛에 민감한 것으로 알려져 있다. 맛을 느끼는 기전은 물질들이 침에 의하여 운반되어 미뢰에 도달되면 미각 세포의 모세포에 작용됨으로써 이들 세포들이 흥분함에 의한 것이다. 본 연구에서는 이러한 미각 감각 중 짠맛에 대한 연구를 통하여 자극으로 나타나는 뇌의 반응을 fMRI로 영상화하고 짠 맛에 대한 뇌 활성화 부위를 찾는 연구를 수

행하였다.

## 실험방법

### 실험대상의 선정

피검자는 자율적 참여 의사를 가진 12명의 지원자를 대상으로 하여 이루어졌다. 피검자들은 미각에 이상이 없고 혀 수술 경험이 없으며 미각에 이상이 없는 젊은 연령으로 구성되었다. 24세부터 28세까지(평균 25.5세)의 건강한 남성 오른손잡이만을 대상으로 하였으며, 실험자의 교육수준은 대학교에 재학 중인 학생을 대상으로 하였다. 피검자는 미각실험 5시간 전에 식사를 하도록 하였으며 이후 음식물에 대한 통제를 행하였으며, 실험 전까지 미각에 영향을 줄 수 있는 흡연, 음주, 카페인, 약물 등의 섭취를 금하였다.

### 영상획득

본 연구의 실험은 부산 백병원의 Signa EchoSpeed 1.5T (Lx9.1, General Electric Company, Milwaukee, WI, U.S.A.)를 사용하여 수행되었다. 혈액산소농도의존법(Blood Oxygen Level Dependent : BOLD)에 의한 T2\* 강조 Echo Planar Imaging (EPI) 기법을 이용하여 fMRI영상을 획득하였다. 영상변수는 TR/TE 가 5000/60 msec, flip angle이 90°, FOV 는 24 cm, 영상두께 5 mm, 영상간격 2 mm, 영상 수 16 이였으며, 128×128 matrix의 Axial 영상을 획득했다. 또한, 활성화된 영역의 해부학적 위치를 정확하게 관찰하기 위하여 T1 강조영상 TR/TE가 500/8 msec 영상두께 5 mm, 영상간격 2 mm, 영상 수 16을 함께 획득하였다

### 자극방법

본 연구의 실험에서 미각 자극은 3%의 소금물을 사용하였다. 실험 대상자의 혀에 자극제인 소금물이 떨어져 짠 맛의 자극을 가할 수 있도록 하기위해 그림 2의 Auto-syringe pump를

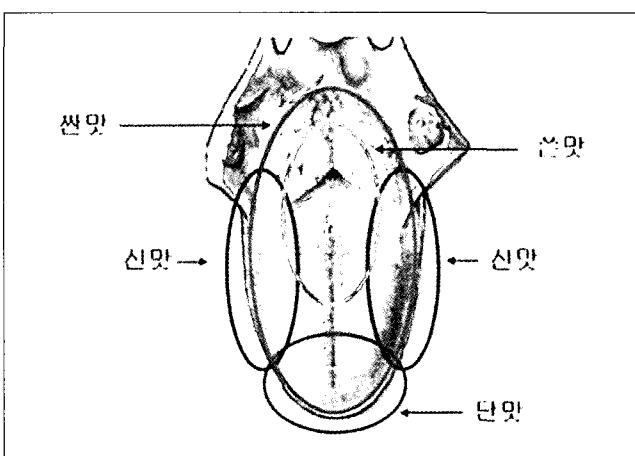


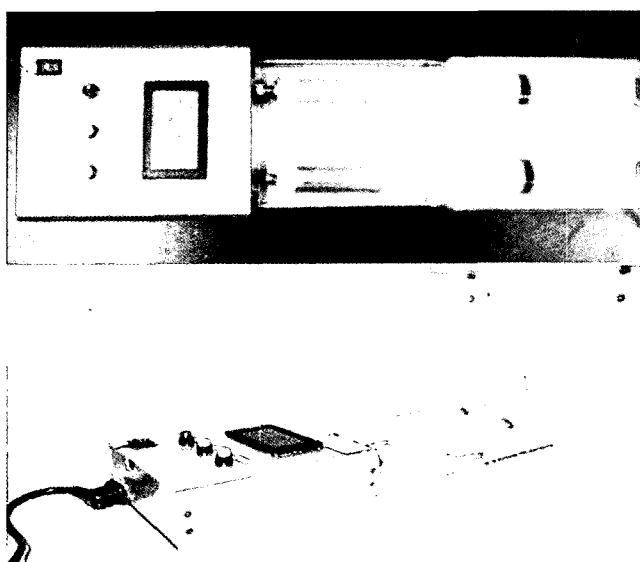
Fig. 1. Gustatory region of human tongue.

## 문치웅 외

microprocessor를 이용하여 제작하였다. 자극 패러다임은 5회의 휴식기간과 4회의 자극기간으로 구성되었으며, 자극기간은 15초씩 진행되고 휴식기간은 30초로 자극시간의 2배의 시간을 할당하였으며 슬라이스 당 42개의 영상을 획득했다. 소금물과 종류수는 매 5초마다 한 번씩 펄스 형태로 주입되어 Activation기간 동안 총 3회의 자극을, Resting 상태에서는 6번의 자극을 가하였다. 그럼 3은 실험에서 사용된 자극 형태 즉, Auto-syringe pump의 ON/OFF를 시간 축으로 나타낸 그림이다.

### 시약의 제작

미각 자극용 시약은 종류수에 NaCl(99.00%, Sigma-Aldrich Co. St. Louis, MO, U.S.A.)을 녹인 수용액을 제작하여 사용하였다. 시약의 짠 맛 자극 정도를 사전 조사하기 위해 피험자에게 실험의 의의와 방법 등을 충분히 설명한 뒤 설문 조사를 시행하였다. 시약의 농도를 1%에서 5%까지 1%씩 증가시키면서 맛을 보게 한 후 실험동안 불쾌하지 않는 정도의 농도를 선택하게 하였다. 이렇게 선택된 농도의 시약은 gustatory fMRI 실험동안 MRI 차폐실 밖에 설치된 미각 자극기(auto-syringe pump)에 의해 가는 관을 통해 차폐실 내



**Fig. 2.** Photograph of Auto-syringe pump as a taste stimulator.

의 피험자의 입으로 전달되게 하였다. 그리고 설문 조사 과정에서 한 번의 실험 당 시약의 총 주입 양을 몇 번의 시행착오를 거쳐 30ml로 정하였다.

### 데이터 분석

Gustatory fMRI 실험으로 얻어진 데이터는 MATLAB (Mathwork INC., Natick, MA, U.S.A.) 기반의 SPM99 (Statistical Parametric Mapping, Wellcome dept. of cognitive neurology, London, UK)를 이용하여 움직임 보상, 공간 정규화(spatial normalization) 등의 몇 가지 후처리 과정을 거친 후 각각의 슬라이스의 활성화 영역에서 시간의 변화에 따른 신호강도의 변화를 화소별로 분석하였다. 자극을 가한 시간과 가하지 않았을 때, 즉 휴지기간과 활성화기간의 반복되는 자극형태가 신호강도의 변화와 통계적으로 유의한지를 화소별로 분석하였다.

### 실험결과

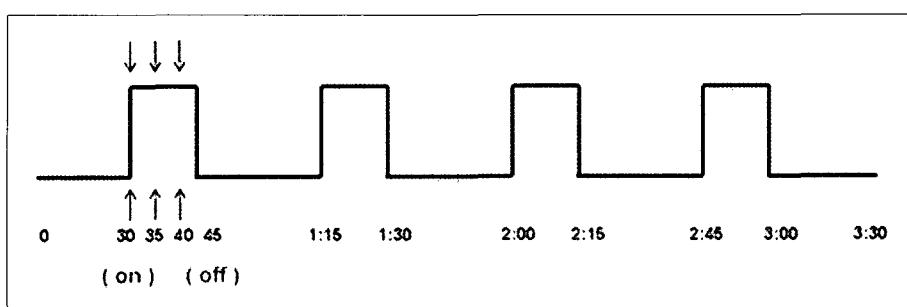
짠 맛의 자극제인 NaCl 수용액 농도를 조사한 실험에서 표 1에 나타난 바와 같이 피험자 12명 중 8명이 3%의 농도가 실험에 가장 적당한 것으로 선택을 하였고, 나머지는 2% 3명, 4% 1명의 순으로 나타났다.

휴지기간과 활성화기간의 반복되는 자극형태가 신호강도의

**표 1.** NaCl 수용액 농도에 의한 미각 자극 설문 조사 결과

Subject No.	1%	2%	3%	4%	5%
1			○		
2		○			
3	○				
4		○			
5		○			
6	○				
7		○			
8		○			
9	○				
10		○			
11		○			
12		○			

**Fig. 3.** Paradigm block for taste-stimuli fMRI.



## 뇌기능 자기공명영상 장치를 이용한 짠맛 자극에 따른 인간 뇌의 반응에 대한 기초 연구

변화를 통계적으로 유의한지를 화소별로 분석하여 피험자 2명에서 각각 한 영상씩 분석하여 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4의 왼쪽 사진은 2명의 피험자 각각에서 얻은 gustatory fMRI 영상을 T1 영상에 중첩시킨 영상을 나타내고 오른 쪽 그림은 오른 쪽 각 영상 활성화 영역에서의 신호강도 변화를 그라프로 나타내었다. 활성화 영역에서의 신호강도 변화 곡선 형태가 후각자극의 형태와 거의 유사함을 시각적으로 알 수 있다. 짠맛 자극에 의한 주요 뇌 활성화 영역 중에서 인간의 primary taste cortex라고 여겨지는 Insula 영역과 Dorsolateral prefrontal cortex 영역에서 활성화가 두드러지는 것을 보여준다. 3%의 소금물 자극에 대한 뇌의 활성화 영역은 2차 영역인 midbrain tegmentum 영역, 3차 영역인 thalamus 영역, 4차 영역인 frontoparietal operculum 영역, 그리고 Brodmann's area 43영역 이었다. 또한 Orbitofrontal cortex 영역에서도 활성화가 있었고, 표 2는 활성화 영역이 비교적 우세한 영역을 통계적으로 요약하여 나타낸 것으로 Parietal operculum, Insula, Amygdala, Dorsolateral

prefrontal cortex(DPFCL) 영역이 주 활성화 부위인 것을 확인하였다. 표 3에 보인 것처럼 미각 자극에 대한 대뇌 좌반구와 우반구에서의 활성화 영역을 측정한 결과 12명 중 8명이 우측 반구에서 활성화 우세 경향을, 2명이 좌측 반구에서 우세한 경향을, 그리고 나머지 2명은 좌-우측이 대등한 활성화 경향을 나타내었다. 따라서 대뇌 우반구가 좌반구보다 미각 자극에 대해 활성화 우세 경향을 보임을 알 수 있다.

### 고찰 및 결론

본 연구에서는 짠 맛의 자극을 통해 인간 미각 영역의 뇌 활성화 부위를 비침습적인 BOLD fMRI 방법으로 관찰하였다. 맛을 느끼는 기전은 음식물들이 침에 의하여 운반되어 혀의 미

**표 3. 좌-우측 반구에서의 활성화 우세경향**

Subject No.	L	R
1		○
2	○	
3	△	△
4		○
5	○	
6		○
7	△	△
8	○	
9		○
10		○
11		○
12	○	

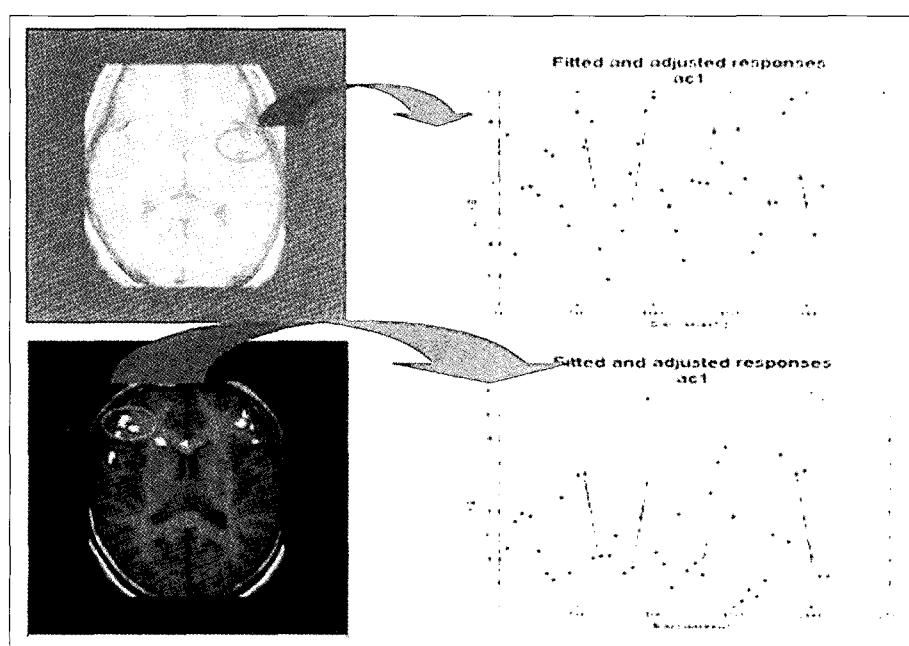
참조: L: left, R: right, ○ 우세, △ 대등

**표 2. 활성화 영역에서의 Rate**

Gustatory activation area

Activation area	NaCl	
	Active	Rate
Parietal operculum	+	7/12
Insula	+	10/12
Amygdala	+	8/12
Dorsolateral prefrontal cortex	+	9/12

[참조] Rate: 활성화 반응을 보인 피험자 수/총 피험자 수



**Fig. 4. Gustatory fMRI and signal intensity variation according to the salty-taste stimulation.**

## 문치웅 외

뢰에 도달하여 미각 세포의 모세포를 자극함으로써 이들 세포들이 흥분하는 과정에 일어난다. 하지만 미뢰뿐만 아니라 후각과 구강 내에서의 자극물의 물리적 상태에 의해 일어나는 촉각, 통각 신경 등에 영향을 받아 맛을 느끼게 하므로 자극 물질의 상태와 선택 시에 각별한 주의를 기울여야 한다. 이 때문에 소금물 농도의 설정, 실험 전 피검자의 음식물 통제 및 하루 중 실험 시간의 선택은 결과에 매우 민감하게 작용하였다. 피험자의 설문조사로 선택된 3%의 NaCl 수용액은 미각 자극기를 통하여 피험자의 혀 전체를 안정적으로 자극하였고 그 결과 실험 분석 결과의 신뢰도를 높일 수 있었다.

이 전에 단순한 모터 펌프를 이용한 연구 (14-16)에서 자극 정지 시 펌프가 멈추는 순간 자극제 시료가 역류하는 현상으로 정확한 자극 패턴의 시간을 맞추기가 쉽지 않았다. 하지만 본 연구에서는 그림 2의 Auto-syringe 펌프를 이용한 자극기를 제작하여 사용함으로써 이러한 문제점을 해결하여 데이터 분석 결과의 신뢰도를 높일 수 있었다.

피검자의 움직임에 의한 신호 오류는 fMRI 실험 분석에서 가장 큰 문제점 중의 하나이다. 움직임 잡음이 너무 많이 포함된 데이터는 움직임 보정 프로그램을 이용하여도 이를 완전히 제거하는 것은 불가능하기 때문이다. 이러한 움직임 때문에 생길 수 있는 문제점은 피검자에게 사전 교육을 충분히 하여 움직임을 최소화하고자 노력하였다. 피검자에게 전달되는 자극물의 양과 농도는 피검자의 움직임 및 2차 활성화를 유발할 수 있기 때문에 주입량과 농도 설정에 신중해야 한다.

본 연구에서는 건강하고 미각기능에 이상이 없는 오른손잡이 남자 대학생으로부터 fMRI의 BOLD 방법을 이용하여 미각자극에 대한 뇌의 활성화 영역을 관찰할 수 있었다. 짠맛 자극에 의한 뇌 활성화 부위로서 Insula 영역과 Amygdala 영역이 인간의 primary taste 영역으로서 활성화가 두드러지는 것을 확인하였다. 시간과 피검자의 부족으로 왼손잡이와 오른손잡이의 미각 활성화 부위의 차이, 남성과 여성의 활성화 부위의 차이, 젊은 층과 노령 층의 활성화 부위의 차이는 분석하지 못하였다. 이러한 차이점들은 차후 과제로서 연구 할 가치가 있을 것이라 판단된다. 본 연구를 비롯한 fMRI 연구들은 기존의 해부학적 영상 검사에서 뚜렷한 해부학적 병변을 보이지 않으면서 뇌기능의 이상을 보이는 환자의 진단을 가능하게 할 수 있을 것이며, 뇌졸중 후 뇌기능구조의 변화를 관찰하고 이런 회복기전을 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 논문은 2005년도 인체연구장학재단 국외연수지원에 의한 연구 결과임.

## 참 고 문 헌

- Ogawa S, Lee TM, Nayak AS, Glynn P. Oxygenation-sensitive contrast in magnetic resonance image of rodent brain at high

- magnetic field. Magn Reson Med 1990;14:68-78
- Ogawa S, Tank DW, Menon R, et al. Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: functional brain mapping with magnetic resonance imaging. Proc Natl Acad Sci USA 1992;89:5951-5955
- Fox PT, Mintun MA, Raichle ME, Miezin FM, Allman JM, Van Essen DC: Mapping human visual cortex with positron emission tomography. Nature, 1986;323:806-809
- Phelps ME, Mazziotta JC. Positron emission tomography: human brain function and biochemistry. Science 1985;228:799-809
- Fox PT, Raichle ME. Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects. Proc Natl Acad Sci USA 1986;83:1140-1144
- Fox PT, Burton H, Raichle ME. Mapping human somatosensory cortex positron emission tomography. J Neurosurg 1987;67:34-43
- Maldjian JA, Yousem DM, Hummel T, Alsop D, Geckle R, Doty R, Olfactory Stimulated Functional MRI In Congenital Anosmia and Parkinson's Disease, Proceedings of ISMRM 1998;1594
- Grodd W, Kettenmann B, Erb M, Pfister M, Kardatzki UB, Hulsmann E, Functional MRI of Cortical Activation during Olfactory Stimuli in Human, Proceedings of ISMRM 1997;455
- Friedman D, JR. Johnson R, Event-Related Potential(ERP) Studies of Memory Encoding and Retrieval. Microscopy Research AND Techique 2000 51:628
- Maldjian JA, Yousem DM, Hummel T, Alsop D, Geckle R, Doty R, Olfactory Stimulated Functional MRI. Effects of Age,Sex, and Handedness, Proceedings of ISMRM 1998;1582
- Sobel N, Prabhakaran V, et al. Sniffing and smelling. separate subsystems in the human olfactory cortex. letters to Nature, 1998;pp. 282~286
- Min BC, Chung SC, et al. Development of an Apparatus to Control Odorous Stimuli for Precise Measurements Olfactory Even Related Potentials, Proceeding of the 4th Asia Pacific Conference on Medical & Biomedical Engineering. 1999;449.
- Morten L, Kingelbach, Ivan E.T. de Araujo, and Edmund T. Rolls. Taste-related activity in the human dorsolateral pre-frontal cortex. NuroImage, 2004;21:781-788
- 김수현, 문치웅 외, 뇌기능 자기공명 영상장치를 이용한 인간 미각에 대한 기초 연구, 대한자기공명의학회 8차 학술대회 초록집, 2003:1:24
- 김수현, 문치웅 외, 자기공명영상 장치를 이용한 뇌의 미각 자극에 따른 반응 Pattern 획득을 위한 Auto Stimulator의 제작, 대한의용생체공학회 제29회 추계학술대회 초록집, 2004:1:27
- 김수현, 문치웅 외, 뇌기능 자기공명 영상 장치를 이용한 미각 자극에 따른 인간 뇌의 반응 연구, 제31회 대한의용생체공학회 및 한국의학물리학회 (공동) 추계학술대회, 2004:2:178-179

## Salty-taste Activation of Human Brain Disclosed by Gustatory fMRI Study

C.W. Mun<sup>1,4</sup>, S.H. Kim<sup>1</sup>, K.S. Choi<sup>1</sup>, H.Y. Lee<sup>2</sup>, W.J. Shin<sup>2</sup>, C.K. Eun<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Biomedical Engineering, Inje University, S. Korea

<sup>2</sup>Department of Diagnostic Radiology, Pusan Paik Hospital, S. Korea

<sup>3</sup>Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Inje University, S. Korea

<sup>4</sup>Graduate School of Medical Imaging, Science Inje University, S. Korea

**Purpose :** The purpose of this study is to observe the blood oxygen level dependent (BOLD) contrast changes due to the reaction of human brain at a gustatory sense in response to a salty-taste stimulation.

**Materials and Methods :** Twelve healthy, non-smoking, right-handed male subjects (mean age: 25.6, range: 23-28 years) participated in this salty-taste stimulus functional magnetic resonance (fMRI) study. MRI scans were performed with 1.5T GE Signa, using a multi-slice GE-EPI sequence according to a blood-oxygen-level dependent (BOLD) experiment paradigm. Scan parameters included matrix size 128 × 128, FOV 250 mm, TR 5000 msec, TE 60 msec, TH/GAP 5/2 mm. Sequential data acquisitions were carried out for 42 measurements with a repetition time of 5 sec for each taste-stimulus experiments. Analysis of fMRI data was carried out using SPM99 implemented in Matlab. NaCl solution (3%) was used as a salty stimulus. The task paradigm consisted of alternating rest-stimulus cycles (30-second rest, 15-second stimulus) for 210 seconds. During the stimulus period, NaCl-solution was presented to the subject's mouth through plastic tubes as a bolus of delivered every 5 sec using -processor controlled auto-syringe pump.

**Results :** Insula, frontal opercular taste cortex, amygdala and orbitofrontal cortex (OFC) were activated by a salty-taste stimulation (NaCl, 3%) in the fMRI experiments. And dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) was also significantly responded to salty-taste stimuli. Activation areas of the right side hemisphere were more superior to the left side hemisphere.

**Conclusion :** The results of this study well correspond to the fact that both insula, amygdala, OFC, DLPFC areas are established as taste cortical areas by neuronal recordings in primates. Authors found that laboratory-developed auto-syringe pump is suitable for gustatory fMRI study. Further research in this field will accelerate to inquire into the mechanism of higher order gustatory process.

**Index words :** Functional Magnetic Resonance Imaging(fMRI)  
Blood Oxygen Level Dependent(BOLD)  
Gustatory fMRI  
Salty-taste stimulation

Address reprint requests to : Chi-Woong Mun, Ph.D., Department of Biomedical Engineering, Inje University of Korea  
607 Obang-dong, Kimhae, Kyongnam, 621-749, Korea.  
Tel. 82-55-320-3297 Fax. 82-55-327-3292 E-mail: mcw@inje.ac.kr