

맛의 생리학적 기전

김경년 교수 / 강릉원주대학교 치과대학 생리학 및 신경과학 교실

모든 생물은 환경의 변화를 감지할 수 있는 감각기능을 갖고 있으며, 감각을 통하여 얻은 정보를 이용하여 환경에 적응하고 환경의 변화에 적절히 반응하고 있다. 화학감수성 감각은 환경이나 생물체 내부의 화학 성분의 변화를 감지하는 감각으로 섭취하는 음식물의 탐색, 짝짓기 상대 및 위협의 탐지와 같은 생존에 필수적인 요소를 감지하는 기능을 수행하고 있다. 심지어 박테리아 같은 단세포 생물의 경우에도 다양한 화학물질에 반응하는 표면 화학 감수기를 갖고 있으며, 무척추 동물의 화학 감수성은 특화된 화학 감수기를 통하여 이루어진다. 공기로 호흡하는 척추동물의 경우에는 화학 감수성 감각은 둘로 구분되어 접촉성 감각인 미각과 원거리 감각인 후각으로 구성된다.

미각은 음식물의 섭취와 밀접한 관계를 맺고 있으며, 섭취하는 음식물의 종류, 영양 상태 및 건강 상태에 의하여도 많은 영향을 받는다. 적절한 에너지와 영양분을 섭취하는 것은 생명을 유지하는데 필수적인 요소이며, 사람의 미각은 이런 공급 가능한 영양분과 에너지원 및 대사에 필수적인 물질의 탐색과 섭취에 핵심적인 역할을 수행한다. 미각의 연구는 미각 관련 질환으로 인하여 사망하지는 않기 때문에 치사율이 높은 다른 질환에 비하여 경시되어 왔다. 그러나 최근 사람의 평균 수명이 증가하고, 노년기의 삶의 질에 대한 관심이 높아지며 미각에 관한 관심도 높아지고 있다. 이는 미각과 같은 성격의 감각인 후각 연구에 대하여 2004년 노벨 생리의학상을 수여한 것으로 보아도 세계적인 추세임을 알 수 있다. 또한 최근에는 고열량 식이 섭취로 인한 성인성 질환이 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 고식염 식이로 인한 고혈압 및 신장 질환자의 증가도 무시할 수 없는 문제이다. 만약 미각의 조절이 완벽하게 이루어 질 수 있다면 단맛의 조절을 통한 탄수화물 섭취의 제한, 짠맛 촉진

으로 식염 섭취를 제한 할 수 있어 여러 대사성 질환의 유병율을 획기적으로 낮추어줄 수 있을 것이다. 식품 산업적인 측면에서 음식물에서 나타나는 쓴맛은 식품의 맛을 떨어뜨리는 중요한 요소이다. 또한 약도 대부분 쓴맛을 나타내므로 당의정이나 캡슐을 사용하거나 다른 맛을 내는 물질을 첨가하는 등 다양한 방법으로 쓴맛을 직접 느끼지 않도록 해주고 있다. 이 또한 미각을 자유롭게 조절할 수 있어 쓴맛을 직접 느끼지 않도록 해줄 수 있다면 쉽게 회피할 수 있는 어려움이다. 이와 같이 미각의 조절이 가능해진다면 식품 산업의 발전에 혁명이 될 것이며, 미각의 생리를 완벽하게 이해하는 것이 미각 조절의 첫걸음이 될 것이다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 참살이(Well Being)로 대표되는 삶의 질에 대한 관심의 증가와 평균 수명의 연장이 그동안 중요성에 비하여 상대적으로 경시되어 왔던 미각 연구를 촉진하는 새로운 동력으로 작용하고 있다.

감각이란 무엇인가?

감각은 사전적으로 “생명체의 환경의 변화를 해석하는 과정” 또는 “구심신경에 의하여 유발되는 신경흥분으로 뇌에서 이루어진 인상”정의된다. 이는 감각이 단순히 환경의 변화에 의하여 유발되는 신경흥분을 뜻하는 것이 아니라 뇌에서 자신의 경험과 지식에 따라 해석하는 과정을 포함하고 있다는 뜻이다. 실제로 사람이 팔 안금이 들어있는 찹쌀떡을 먹는다면 우리가 찹쌀떡을 먹고 있다고 깨닫는 데는 매우 복잡한 신경계의 작용이 관여하고 있다. 음식에서 녹아나온 미각물질은 혀와 구강에 존재하는 맛세포의 맛감수기를 자극하고, 이에 따라 미각신경이 흥분하여 중추신경계의 미각 중추로 정보를 전달하게 된다. 이 때 중추신경계에서 느끼는 감각은 단순히 약간의 단맛과 찹쌀의 질감에서 비롯된 촉각일 뿐이다. 그러나 대뇌피질의 다른 부위가 함께 작용하여 자신의 경험과 이성, 성격, 지식에 비추어 해석하여 그 감각이 찹쌀떡이라는 음식을 섭취하여 나타났다고 해석해주는 것이다. 이와 같이 우리가 단순히 감각이라고 생각하고 있는 기능은 엄밀한 의미의 감각(감각 중추에서 일어나는 신경흥분)과 인식(자신의 경험, 지식 등에 비추어 해석하는 과정)으로 나눌 수 있으며, 이 기능을 수행하기 위하여 복잡한 신경회로가 관여하고 있다.

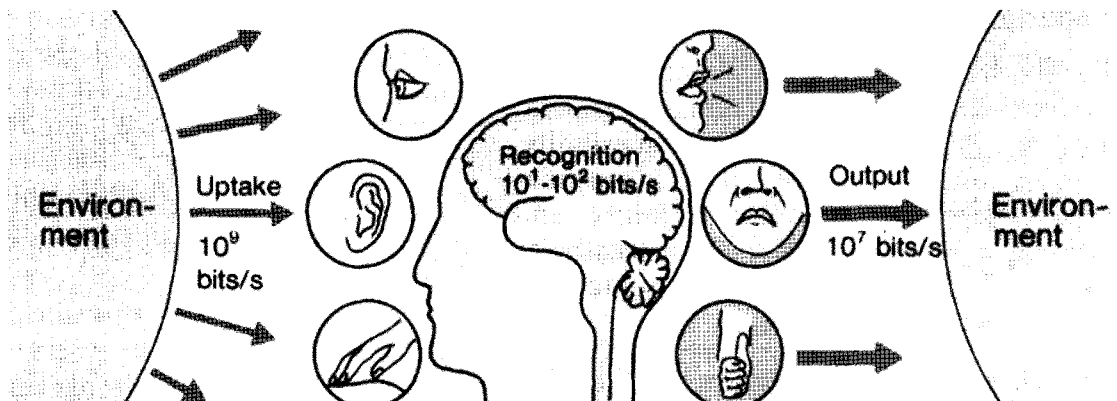


그림 1. 사람은 환경의 변화에 관한 정보를 지속적으로 수집하고 그 정보를 뇌로 전달하여 환경의 변화에 맞추어 반응하고 있다. 이와 같이 환경의 변화를 탐지하는 행위를 감각이라 한다.

감각의 종류는 무엇으로 결정되는가?

우리에게 흔한 오해 중 하나가 우리가 느끼는 감각의 종류가 자극에 의하여 결정된다고 생각하는 것이다. 우리가 어려서 해오던 장난 중 얼음 조각을 팔에 얹어놓고 누가 오래 참나 경쟁하는 놀이가 있다. 이 때 처음에는 얼음의 냉기에 의해서 차가운 감각을 느끼지만 잠시 후에는 차갑다고 느끼는 감각은 사라지고 아픔을 느끼게 되는 사실을 경험할 수 있다. 이는 찬 온도라는 자극이 피부의 냉감수기에 의하여 중추신경계로 전달될 때에는 우리가 차다는 감각을 느끼지만 그 자극 크기가 충분히 커져서 통각감수기를 자극하게 되면 같은 자극으로도 아픈 감각 느끼게 된다는 사실을 알 수 있다. 마찬가지로 우리가 눈을 감고 눈꺼풀 위를 지그시 누르면 마치 눈앞에 희미한 불빛이 있는 것처럼 느끼게 된다. 이 역시 눈을 누르는 기계적 자극이 눈 뒤쪽의 시신경을 흥분시키게 되고 뇌는 빛 자극이 눈에 도달한 것과 같이 해석하기 때문에 나타나는 현상이다. 이와 같이 우리가 느끼는 감각의 종류는 자극의 종류에 의하여 결정되는 것이 아니라 자극에 의하여 흥분되는 감각기의 종류에 의하여 결정된다는 사실을 보여주고 있다. 그러나 각각의 감각기를 쉽게 흥분시킬 수 있는 자극의 종류가 정해져 있으며, 다른 종류의 자극으로 해당 감각기를 흥분시키려면 훨씬 더 큰 자극이 가해져야 한다는 점 또한 분명한 사실이다.

맛이란 무엇인가?

전통적으로 맛은 “수용성의 화학성분이 혀에 닿아 일으키는 감각”으로 정의되어 왔다. 비록 최근의 연구결과 맛감수기가 혀 이외의 입천장 같은 다른 부위에서도 발견되고, 후각점막과 위장관에서도 발견된다는 보고가 있지만 이들 구강 외에 후각점막과 위장관의 맛감수기의 정확한 생리적 역할은 아직 알려지지 않았지만 미각의 전달보다는 유해물질의 유입차단 같은 역할을 수행하는 것으로 생각된다. 전통적으로는 맛에는 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛의 4 종류가 있는 것으로 알려져 왔으며 최근의 연구로 감칠맛(umami taste)이 새로운 맛으로 추가되었다. 이름에 맛이라는 단어가 포함되어 있어 흔히 맛으로 착각하고 있는 “매운맛”은 맛이 아니라 유해감수기가 감지하여 중추로 전달하는 맛과 냄새와는 구별되는 별도의 화학감수성 감각이다. 매운맛을 유발할 수 있는 물질로는 우리가 잘 알고 있는 고추의 주성분이 캡사이신 외에도 암모니아, 장뇌, 초산, 알콜 등 자극성 물질들이 있다. 이 감각은 안면신경, 설인신경 및 미주신경으로 전달되는 맛과는 달리 삼차신경을 통하여 중추로 전달되며, 구강 외에 얼굴피부와 두피에도 광범위하게 감수기가 분포하고 있다. 또한 자극 역치 맛과 비교하여 100배 가량 높다는 특징을 갖고 있다.

혀의 유두와 맛봉오리

사람에서의 혀 유두는 발생 8주 말 경에 나타난다. 먼저 성곽유두(circumvallate papilla)와 잎새유두(foliate papilla)가 나타나고 나중에 버섯유두(fungiform papilla)가 나타난다. 맛봉오리(taste bud)는 발생 11~13주에 자라 들어오는 미각신경과 혀의 상피세포의 상호 유도작용에 의하여 발생한다. 맛봉오리는 대개 혀의 등 쪽 표면에 형성되며 일부가 구개설궁(anterior pillar), 구개, 후두 덮개(epiglottis)의 뒷면, 구강인두의 뒤쪽에 존재한다.

혀에는 사상유두(실유두, filiform papilla), 버섯유두, 잎새유두 및 성곽유두의 4가지의 유두가 존재하며, 혀의 맛봉오리는 이 중 사상유두를 제외한 3가지 유두에 분포하고 있으며, 미각신경을 기록하여 보면 혀의 부위에 따른 미각 감수성의 차이가 발견되어 단맛과 감칠맛은 혀의 앞쪽 끝부위, 쓴맛은 혀의 뒤쪽, 신맛은 혀의 양쪽 가장자리, 짠맛은 혀의 앞쪽 가장자리에서 예민하게 반응하는 것을 볼 수 있다(그림 2). 그러나 특정 맛에 예민한 부위라 하더라도 그 문턱치의 차이는 수십%에 불과하여 2배에도 못 미치며, 예민하지 않은 부위에서도 모든 종류의 맛을 느끼는 것으로 알려져 있다.

버섯유두

사람의 혀의 앞쪽에서 직경 0.5mm 정도 분홍빛으로 솟아올라 보이는 유두로 쉽게 찾아볼 수 있다. 혀에 균일하게 분포하고 있는 것은 아니며 각 유두마다 맛봉오리의 분포도 차이가 있다. 주로 혀의 앞쪽에 밀집하여 분포하지만, 각각의 유두의 크기는 혀의 뒤쪽으로 갈수록 커지는 경향이 있다. 보통 사람에서 약 320개 정도의 버섯유두가 관찰되며, 하나의 유두에 약 35개의 맛봉오리를 갖고 있다. 다른 포유류와는 달리 사람에서는 맛봉오리가 없는 버섯유두도 자주 발견 된다(그림 2).

성곽유두

혀의 뒤쪽 가장자리에 V자 모양으로 배열되어 있는 성곽유두는 2~8mm 사이의 크기를 갖는 둥근 구조물이다. 성곽유두의 경계를 따라 고랑을 형성하고 있으며 모든 맛봉오리는 유두의 기저부를 따라 고랑을 향하여 미공을 내고 있으며, 그 기저부에는 장액선의 도관이 개구하고 있다. 유두는 설인신경에서 비롯된 수많은 신경 다발의 지배를 받고 있다. 성곽유두의 수는 사람에 따라 큰 차이가 있어 4~18개까지 발견되지만 평균은 9개 정도이다. 98%의 사람에서 혀의 중앙 부에 유두를 갖고 있으며 양쪽으로 각각 3~4개의 유두를 갖는 경우가 가장 흔하게 나타난다(전 인구의 약 20%). 각 유두에는 250개 내외의 맛봉오리를 갖고 있는 것으로 알려져 있다(그림 2).

잎새유두

혀의 양쪽 가장자리 하악 어금니 옆에 위치한 잎새유두는 몇 개의 평행한 고랑과 이랑으로 이루어져 있으며, 고랑의 기저부에는 성곽유두와 마찬가지로 장액선의 도관이 연결되어 있다. 많은 경우에는 18개까지 고랑과 이랑이 반복되며 대개 가장 앞쪽(rostral)의 유두에는 맛봉오리가 없다. 총 맛

봉오리 수는 버섯유두에서 발견되는 맛봉오리 수보다도 많아서 약 1,300개에 이르며, 같은 고랑에 위치한 맛봉오리는 같은 미각 자극에 반응하는 기능적인 단위로 기능을 수행하는 것으로 생각된다. 대개 설인신경의 지배를 받지만 앞쪽의 일부 유두는 고삭신경의 지배를 받는 경우도 관찰된다(그림 2).

혀 이외의 장소에서 발견되는 맛봉오리

혀 이외에도 구강, 인두 및 후두에서도 맛봉오리가 관찰된다. 혀 외부에서 발견되는 맛봉오리가 혀의 맛봉오리와 다른 기능을 하는지에 대하여는 아직 잘 알려져 있지 않지만, 후두덮개와 목젓(구개수, uvula)의 맛봉오리는 상기도 반사의 시작과 인후두 수분 반사에 관여하며 염소이온의 고갈에 대한 신호를 중계할 가능성도 있다. 비슷하게 후두의 맛봉오리는 미각에 관련된 기능을 수행하기 보다는 다른 화학물질을 감지하는 것으로 생각된다. 최근 후각점막과 위장관에서 고립된 미각 수용기의 존재가 보고되고 있지만, 생리적 기능은 아직 알려진 바가 적다.

맛봉오리의 구조

맛봉오리는 혀와 구개 상피, 인두, 후두 및 식도 상부에서 발견되고 폭 $50\mu\text{m}$, 길이 $80\mu\text{m}$ 정도의 크기이며, 기저 세포를 제외하고는 50~120개 정도의 양극세포로 이루어져 있다. 방추 모양의 맛봉오리 세포들은 함께 모여 미공을 이루며 미공에는 점액이 차있다. 주위의 상피세포와는 뚜렷이 구분되며, 미공 쪽으로는 치밀이음부(tight junction)로 연결되어 외부 환경과 격리된다. 맛봉오리를 구성하는 세포는 그 형태적 특성에 따라 4가지의 세포로 나뉜다(그림 2).

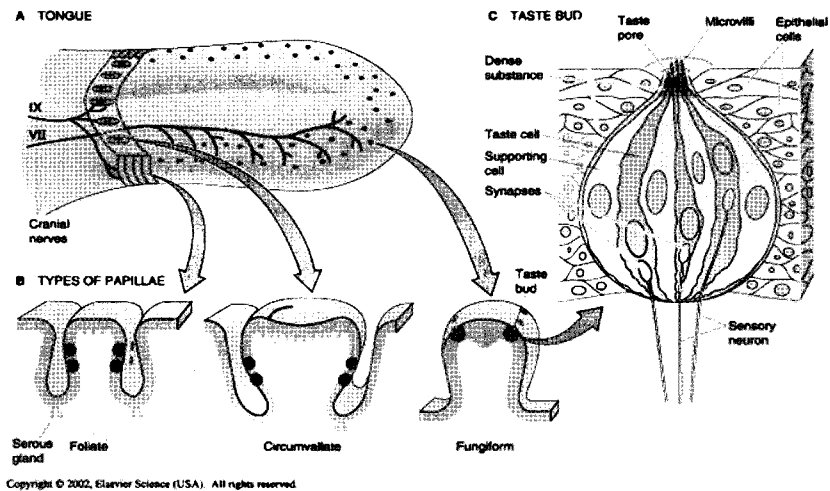


그림 2. 혀에 분포하는 유두와 맛봉오리

Type I 세포

맛봉오리에서 가장 널리 발견되는 세포로 방추형이며 기저부의 돌기가 마치 슈반 세포처럼 다른 세포를 둘러싸고 있는 것으로 보인다. 미공 쪽으로 길이 1~2 μ m의 긴 돌기를 솔 모양으로 내고 있다. 미공 측에 100~400nm 크기의 과립을 갖고 있고 핵의 모양은 불규칙하다. 세포의 모양으로 미루어 분비기능 또는 지지 기능을 수행하는 것으로 생각되며 탐식작용을 할 가능성도 있다. 전자현미경으로 관찰하면 전자밀도가 높게 나타나므로 암세포(dark cell)라고도 한다.

Type II 세포

주로 맛봉오리의 가장자리에 위치하고 있는 type II 세포는 바깥쪽으로 돌기를 내지 않고 과립을 함유하지 않는 방추형의 세포이다. 미공 쪽으로 짧은 여러 개의 돌기를 내고 있다. 핵은 둥글거나 약간 타원형이며, 전자현미경으로 관찰하면 중간 정도의 전자 밀도를 보이므로 명세포(light cell)로 불리기도 한다. 고전적인 개념의 시냅스는 관찰되지 않지만 맛봉오리 세포 특이 G-단백질 α 구성단위인 α -gustducin과 미각 감수기 후보 단백질인 T1Rs과 T2Rs이 이 종류의 세포에서 발현되므로 분비기능 외에 미각 감수기 세포 기능을 수행할 가능성이 있다.

Type III 세포

맛봉오리에서 단지 5~7%만을 차지하며 가지를 치지 않는 첨단측 및 기저측으로 돌기를 내고 있다. 첨단측으로는 긴 하나의 돌기를 내고 있으며 신경과 시냅스를 형성하고 있고 핵 주변에 세로토닌을 함유하고 있는 수많은 과립을 보인다. 그러므로 대부분의 연구자들은 이 세포를 맛봉오리에서 전환된 미각을 미각 신경으로 전달하는 세포로 간주하고 있다.

Type IV 세포

기저세포 또는 전구세포로 간주되는 맛봉오리의 기저부에 존재하는 비교적 미분화된 세포로 미공에 이르는 돌기는 관찰되지 않는다. 맛봉오리의 다른 세포들의 모세포로 생각하고 있으며 다른 이름으로는 기저세포(basal cell)로 불리기도 한다.

미각의 감수기 전환

미각의 감수기 전환기전은 크게 2가지로 나눌 수 있다. 단맛, 쓴맛, 감칠맛은 세포막에 존재하는 감수기에 미각 물질이 결합하면 세포내 신호전달 기전을 활성화 시켜 맛세포의 탈분극을 유도하여 미각신경으로 흥분을 전달하는 경로를 갖는다. 반면에 짠맛과 신맛은 맛세포의 이온통로를 통하여 맛을 일으키는 이온이 직접 세포 안으로 유입되거나 다른 이온의 이동을 조절하여 세포의 흥분을 일으키는 기전을 사용한다(그림 3). 단맛, 쓴맛, 감칠맛의 감수기는 type II 세포에 존재하는 반면에 짠맛과 신맛의 전환에 관여하는 이온통로는 type III 세포에 존재하여 맛봉오리 세포의 종류에 따라 맛의 전환이 구분되어 있는 것을 확인할 수 있다.

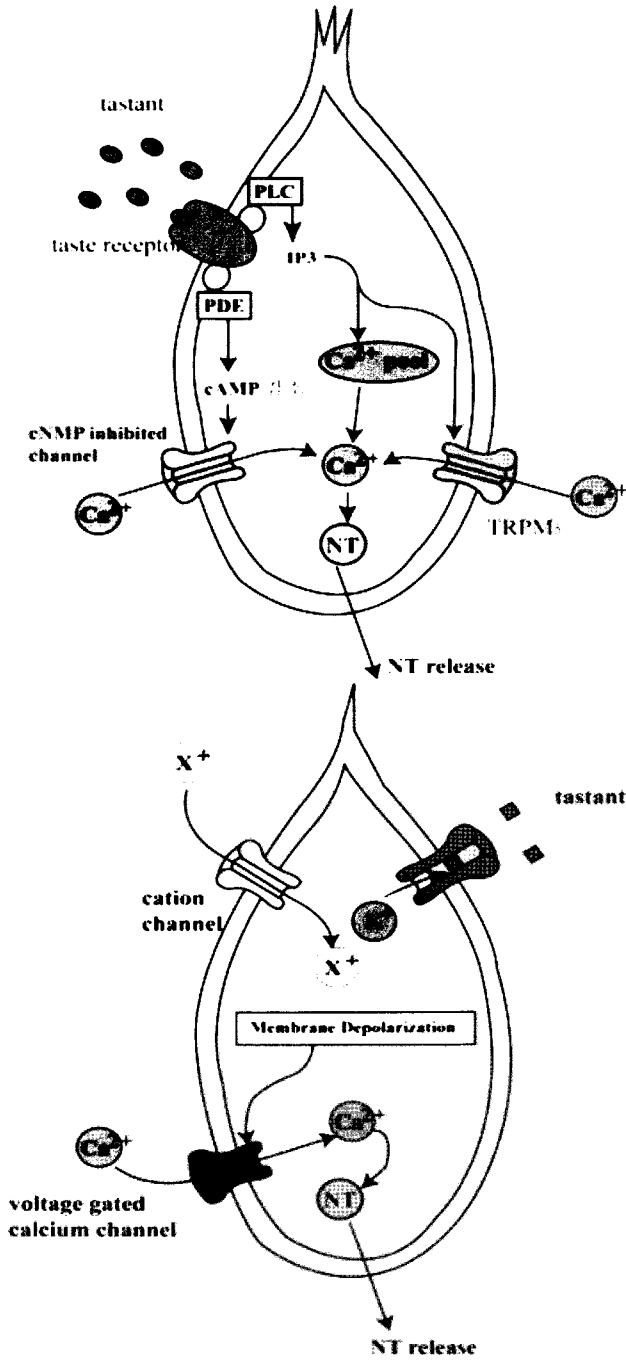


그림 3. 미각의 감수기 전환

미각의 중추 전달

미각의 중추신경 전도도가 체성감각 등 다른 감각의 신경전도로와 구별되는 가장 독특한 특징 중 하나가 동측 미각 피질로 정보가 투사되고 처리된다는 점이다. 미각은 말초신경에서는 맛봉오리의 존재 부위에 따라 차이가 있어 혀의 앞쪽 2/3는 안면신경(얼굴신경, 제7뇌신경)을 통하여 전달되며, 슬신경절을 거쳐 미각 중계핵으로 연결되며, 혀 뒤쪽 1/3과 인두 부의 맛봉오리는 설인신경(제9뇌신경) 및 추체신경절 거쳐 중추로, 구개의 맛봉오리는 미주신경(제10뇌신경)의 지배를 받아 결절신경절(nodose ganglion)을 통하여 미각 중계핵으로 투사된다.

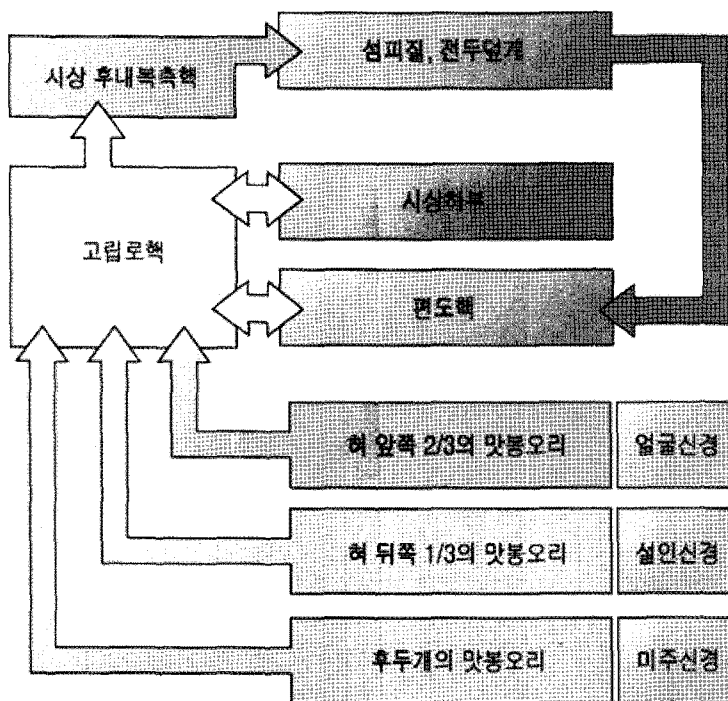


그림 4. 미각 정보가 중추신경계에서 처리되는 과정의 모식도.

가장 중요한 미각 중계핵은 연수의 고립로핵(nucleus solitary tract, NST)의 입가쪽(rostromedial) 부위이며, 이 부위를 특히 미각핵이라 부르기도 한다. 미각핵에서 미각신경도 체표성으로 배열되어 안면신경의 투사가 보다 입쪽(rostral)이고 설인신경이 중간부, 미주신경이 가장 꼬리쪽(caudal)에 분포한다. 고립로핵은 자율신경과 관련된 내장 감각 정보가 투사되는 부위이기도하며, 위 운동을 조절하

는 횡경막 아래 복강에서 유래되는 미주신경의 정보도 투사된다. 그러므로 고립로핵 자체의 입쪽과 꼬리쪽을 연결하는 사이신경세포가 미각 정보와 내장 기관에서 유래된 정보를 통합하는 첫 번째 단계로 작용할 수 있다.

미각 중계핵에서 시작된 2차 구심신경은 시상의 특정 감각핵인 내후복측핵의 내측을 거쳐 대뇌피질 미각 영역으로 투사된다. 대뇌피질 미각 영역은 일차 체성감각 악안면 부위와 인접하여 위치하여 전두엽의 덮개부위(이마덮개, frontal operculum)와 측두엽의 섬피질(insula cortex)에 있다(그림 5). 또한 이차 미각 영역으로 안와전두피질의 미외측부에도 투사되며, 이 곳에서 시각, 체성감각, 후각, 미각 정보가 통합되는 것으로 보인다. 더욱이 고립로핵은 교뇌 를 통하여 시상하부와 편도핵과도 연결되는 회로를 가지며, 이를 통하여 식욕, 포만감 등 섭식행동에 영향을 주고 있는 것으로 추측된다(그림 5).

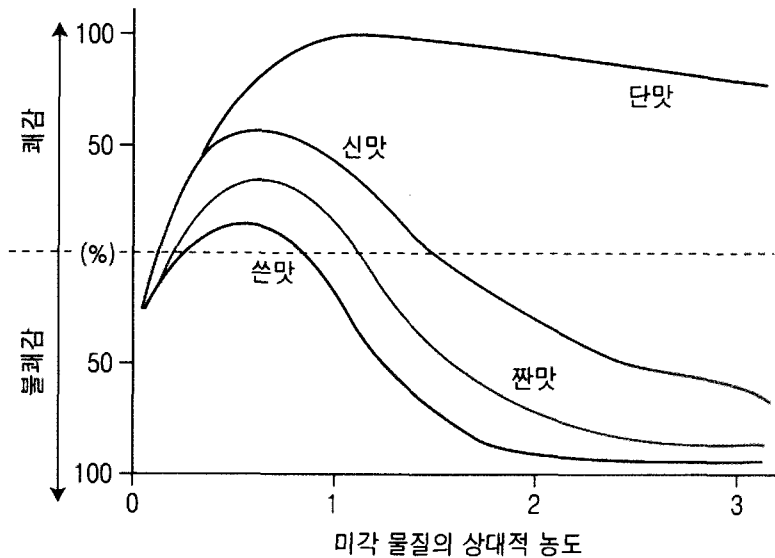


그림 5. 미각의 감정반응

맛의 감정반응

일상생활에서 맛있는 음식에는 자주 손이가 어느새 그 음식을 다 먹어버리는 경험을 하곤 한다. 특히 그런 음식은 단 음식에서 자주 볼 수 있는데, 이는 미각 자극이 뇌를 자극하여 쾌감을 유발하기 때문이다. 미각 자극으로 뇌의 특정 부위에서 내재성 opioid 물질의 분비를 유발하는 것으로 알려져 있다. 이런 미각 자극으로 유발되는 쾌감 또는 불쾌감은 미각의 종류와 농도에 따라 다양하게 나타난다. 단맛의 경우에는 저농도에서는 불쾌감을 유발하지만 농도가 높아지면 쾌감을 유발하고 상

당한 고농도에도 그 현상이 지속된다. 반면에 다른 종류의 맛에서는 낮은 농도의 좁은 농도 범위에서만 쾌감을 유발하고 대부분의 높은 농도에서는 불쾌감을 유발하며, 그 농도 범위는 신맛, 짠맛, 쓴맛의 순서로 좁아진다(그림 5). 또한 사람의 상태에 따라서도 감정반응이 달라지는 바, 공복인 상태에서는 단맛으로 쾌감이 유발되지만 단 음식을 많이 섭취한 뒤에는 불쾌감을 유발하기도 한다.

이와 같이 미각은 사람의 삶의 질에 결정적인 영향을 미칠 뿐 만 아니라 생명체의 생명유지와 개체 번식에도 관여하는 매우 중요한 감각이다. 미각의 인식에는 다른 감각이 영향을 주고 있으며 마찬가지로 미각 역시 다른 감각의 인식에 영향을 주고 있다. 최근의 연구로 미각의 생리학적 기전 연구에 획기적인 발전이 있었다. 그러나 맛봉오리에서 미각신경으로 어떻게 정보가 전달되는가?, 맛이 미각 중추에서 어떻게 해석되는가? 구강 밖에서 발견되는 미각 감수기의 생리학적 역할은 무엇인가? 등 아직도 알려지지 않은 사실을 밝히려는 지속적인 노력이 필요하다.