



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학 석사 학위논문

미각장애와 미각기능 측정법

2013년 2월

서울대학교 치의학대학원

치 의 학 과

권 윤 관

국문초록

본 내용은 미각기능측정법과 관련된 다양한 논문을 조사 및 분석하여 미각기능과 관련된 다양한 인자들의 영향과 현재 존재하는 미각기능측정법의 임상적 유용성, 장점, 단점 및 한계에 대해서 정리하고 미래의 미각기능 측정법에 대해서 고찰한 것으로 다음과 같다.

미각 장애를 주소로 내원하는 환자는 매년 증가하고 있고, 앞으로 노년층이 갈수록 증가한다고 예상하면 앞으로도 이런 증가추세는 변함이 없을 것이다. 미각장애에는 나이, 성별, 약물, 질환 등 다양한 요소가 관여하고 있기 때문에 연령이 증가할수록 미각 장애를 호소하는 경우가 많다. 미각 장애를 호소하는 환자의 반 이상이 실제로는 후각 장애를 지닌 것으로 알려져 있어서 후각과 미각 장애를 구분하는 것은 중요하다. 또한 유전자의 이상으로 특정 미각을 인지 못하거나 인지할 수 있다는 사실은 유전자 연구가 미각 기능 연구에 도움이 될 수 있음을 시사한다. 과거에는 미각장애의 진단은 단순히 특정 미각 검체를 환자가 인지할 수 있는지 없는지, 얼마나 적게 또는 크게 인지하는지를 측정하는 방법으로 이루어졌다. 그러나 현재에는 미각장애와 관련된 다양한 전신적, 국소적 요소들에 대한 지식의 축적과 함께 다양한 미각기능 진단법의 개발로 인해 미각기능의 측정과 미각 장애 진단의 복잡성이 증가하였다. 이러한 복잡성의 증가는 임상가로 하여금 미각장애의 여부, 원인, 그리고 치료방법을 파악하는데 영향을 미치고 있다.

미각기능은 크게 환자의 응답을 기초로 해서 판단하는 정신물리학적 방법과 환자의 신체적 반응을 기초로 한 방법으로 나눌 수 있다. 또한 자극의 매개체, 자극을 가하는 범위, 자극 방법, 그리고 기록 및 해석 방법 등에 따라서 측정하는 방법이 다르기 때문에 현재까지 소개된 미각기능 측정법은 매우 다양하다. 미각기능 측정의 목적은 환자의 미각기능을 정확하게 측정해서 환자의 미각기능이 정상인지 비정상인지를 판단하는데 있기 때문에 미각기능 측정법이 가져야할 가장 중요한 조건은 객관성

이다. 그러므로 미각기능 측정법의 발전 방향은 환자의 응답을 기초로 미각기능을 측정하는 정신물리학적 방법에서 시작하여 미각자극에 대한 환자의 신체 반응을 객관적으로 측정하기 위한 방향으로 발전되어 왔다. 환자의 뇌 영상을 분석하거나, 환자의 뇌 전극의 활동을 측정하고 이를 바탕으로 미각기능의 장애 여부를 판단하는 것은 미각기능을 객관적으로 측정하기 위한 노력의 단적인 예이다. 다양한 미각 기능 측정법의 결과는 각각 모두 그 진단적 가치를 가지고 있지만 그 측정 방법의 한계로 인해서 미각기능의 모든 양상을 표현하지 못하기 때문에, 한 가지 방법으로는 임상에서 쉽고 간단하게 미각장애를 진단하는 것은 어려운 실정이다. 미각기능은 혈압이나 체온과는 달리 환자의 주관적인 의견이 매우 중요하며, 관련된 신체적, 정신적 인자가 많고, 미각의 종류, 미각원의 성상, 농도 등이 워낙 다양하여 한 가지 미각기능 측정법으로 한 개인의 미각기능을 종합적으로 평가할 수 없다. 그러므로 현재까지 소개된 다양한 측정방법과 함께 환자의 나이, 성별, 주관적인 호소, 의학적 병력, 약물 복용 등의 미각 기능과 관련된 모든 인자들을 함께 고려하여 결과를 해석해야만 객관적인 미각기능 측정을 할 수 있다.

유전학의 발전을 통해서 미각관련 유전자 이상을 구분하는 것이 가능해지면 미각장애 진단에 있어서 판단의 어려움을 줄일 수가 있으며, 다양한 영상장치가 발달되어 미각과 관련된 뇌의 활동을 정확하게 분석하는 것이 가능해지면 정신물리학적 방법의 객관성을 검증하거나 영상기록을 통해 직접적으로 미각기능 장애를 판단하는 것이 가능해 질 것이다. 그리고 미각장애를 지닌 환자들에 대한 임상적인 연구를 바탕으로 미각기능에 영향을 미치는 다양한 요소 및 이들 요소의 복합적인 작용에 의해 미각기능이 증가하는지 감소하는지의 여부를 알아내고, 정상과 비정상을 판단하는 기준치의 세분화된 정리를 하는 것은 임상가로 하여금 미각장애를 호소하는 환자를 보다 세밀하고 정확하게 진단할 수 있게 도움을 준다.

미각은 구강 내에 존재하는 미뢰(taste bud)에서 시작되는 단순한 감각기능이 아니라 다양한 신체적, 정신적 요소가 복합적으로 작용하고, 미각

을 인지하는 정도에 환자의 주관적인 느낌이 관여하며 개개인에 따라 미각을 느끼는 감수성의 변이도 심하다. 그러므로 미각기능을 객관적으로 측정하기 위해서는 다양한 미각기능 측정법의 동시적 활용이 불가피하며, 미각장애 진단은 환자의 미각기능에 영향을 미칠 수 있는 다양한 신체적, 정신적 요소를 파악하여 측정결과들 사이의 관련성 여부와 함께 환자와 관련된 정보를 종합적으로 판단하는 임상가의 역량에 달려 있다. 현재까지 개발된 미각기능 측정법은 환자의 주관적인 요인을 배제하고 임상가가 객관적인 진단적 자료로 활용되기에는 부족하다. 미각기능과 관련된 유전자, 전신적 국소적 요인과 미각기능의 상호작용, 미각기능을 판별할 수 있는 다양한 영상 장치 및 미각과 관련된 뇌의 신경활동에 대한 연구는 아직까지 부족한 미각기능 측정법의 객관성을 더욱 높여줄 것이다.

주요어 : 미각기능, 미각장애, 미각기능 측정법

학 번 : 2007-22583

목 차

I. 서 론 - - - - -	1
II. 본 론 - - - - -	3
1. 미각의 고유한 특성들 - - - - -	3
1-1. 해부학적 구조 - - - - -	3
1-2. 신경학적 구조 - - - - -	4
1-3. 기능적 요소 - - - - -	5
1-4. 후각과의 관련성과 차이점 - - - - -	6
2. 미각기능에 영향을 미치는 다양한 요소들 - -	8
2-1. 나이 - - - - -	8
2-2. 성별 - - - - -	9
2-3. 유전 - - - - -	10
2-4. 전신적 질환 - - - - -	12
2-5. 국소적 질환 - - - - -	12
2-6. 약물 - - - - -	13
2-7. 정신적 상태 - - - - -	13
3. 미각기능 측정과 관련된 다양한 요소들 - - -	14
3-1. 미각자극 방법 - - - - -	14
3-2. 미각자극 측정방법 - - - - -	18
4. 미각기능 측정법의 필요조건들 - - - - -	25
4-1. 미각기능 측정시간 - - - - -	25
4-2. 측정비용 - - - - -	26

4-3. 적정성 - - - - -	26
4-4. 간결성 - - - - -	27
4-5. 휴대성 - - - - -	28
4-6. 신뢰성 - - - - -	29
4-7. 유효성 - - - - -	30
4-8. 독립성 - - - - -	32
5. 현재까지의 미각기능 측정법 - - - - -	33
5-1. Three drop and 8-cup technique - - - - -	33
5-2. Taste strip - - - - -	34
5-3. Filtered paper disk - - - - -	35
5-4. Event related potential - - - - -	36
5-5. 자가보고법 - - - - -	38
5-6. 전기미각검사법 - - - - -	40
6. 미래의 미각기능 측정법 - - - - -	41
6-1. 미각기능의 정상 기준치 설정 - - - - -	42
6-2. 미각관련 유전자 연구의 필요성 - - - - -	42
6-3. 객관적 미각기능 측정법 개발 - - - - -	43
III. 결 론 - - - - -	43
참고문헌 - - - - -	46
Abstract - - - - -	62

I. 서론

미각은 인간뿐만 아니라 모든 포유류가 가지고 있는 공통적인 감각 기능으로서 후각과 함께 동물의 생존을 위한 필요충분조건이다. 미각과 후각이 결핍되면 동물은 에너지원과 위험요소를 구별할 수가 없고 이는 곧 생존경쟁에서의 자연도태를 의미한다. 그렇기 때문에 자연에서는 미각이 비정상적이거나 결핍된 개체는 자연스럽게 경쟁에서 배제되고, 정상적인 감각을 지닌 개체만이 생존해서 현재까지 종족이 유지되고 있다. 이는 육식동물이나 초식동물을 가릴 것 없이 모두 해당하는 사항이다. 그러나 현대사회의 인간은 자연환경에서 생존 경쟁을 펼치고 있는 동물들과는 다르게 생체기능을 유지하기 위해 에너지를 섭취하는 과정에서 위험요소를 구별하기 위한 과정이 거의 불필요하게 되었다. 왜냐하면 인류가 구축한 법, 제도, 사회적 장치들이 개인의 안전을 위험요소로부터 보장하고 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 현대사회에서 미각의 중요성을 간과할 수 없는 이유는 ‘맛’이라는 요소가 한 개인의 삶의 질에서 차지하는 비중이 갈수록 커지고 있기 때문이다. 전통사회에서는 한 사람이 속한 그 지역사회 내에서 통용되는 음식의 ‘맛’이 그가 일생을 통해 접할 수 있는 맛의 범주였기 때문에 현대인과 비교해서 미각의 활용도는 떨어졌다고 할 수 있다. 현대사회는 정보기술, 교통의 발달 그리고 세계화로 인해서 한 개인이 속한 지역사회와 무관하게 광범위한 맛을 접할 수 있기 때문에 미각을 통해 그가 경험할 수 있는 범위는 전통사회에 비해서 매우 넓다. 그러므로 미각 장애로 인해서 부담할 수 있는 생존위험은 과거에 비해서 크게 줄었지만, 삶의 질 차원에서 고려해보면 미각이 한 개인의 생활에서 차지하는 비중은 오히려 더 늘어났고 할 수 있다.

미각왜곡(dysgeusia)은 유쾌한 맛을 불쾌하게 느끼는 것과 같이 미각이 정상과 다르게 느껴지는 상태를 말한다. 미각이 완전히 상실된 상태를 무미각증(ageusia)라 하고, 정상보다 감소된 상태를 미각감퇴(hypogeusia), 정상보다 증가된 상태를 미각과민(hypergeusia)이라고 한다. 또한 미각 자극이 없음에도 불구하고 미각을 느끼는 경우는 환상미

각(phantogeusia)이라고 한다. 미각장애(taste disorder)는 위에서 언급한 다섯 가지 증세를 모두 포함하는 포괄적인 용어이다.

미각장애를 주소로 진료실에 내원하는 환자의 숫자는 해마다 증가하고 있다. 이는 인구가 노령화되고 현대인이 음식에 대해서 가지는 심미적인 욕구가 증가한 것과 관련이 있다. 최근 노령인구가 겪을 수 있는 다양한 전신적 질환과 복용 약물들이 미각장애와 연관되어 있다는 보고가 많이 이루어졌다. 파킨슨병과 당뇨병은 대표적인 노인성 질환들로서 미각장애에 직간접적으로 영향을 끼치고 있는 것으로 알려져 있다. 그 외에도 수많은 전신 질환이 미각장애와 관련되어 있다. 또한 악성종양, 신경질환, 구강 점막질환, 구강 건조증 등 헤아릴 수 없는 많은 질환들이 미각장애와 연관되어 있기 때문에 미각 장애의 원인을 정확하게 파악하는 것은 매우 어려운 일이며 미각 장애를 치료하는 것 역시 어렵다. 미각은 소위 ‘입맛’ 으로 일반인들에게 많이 쓰이는데 ‘입맛이 좋다.’ 또는 ‘입맛이 안 좋다.’와 같은 표현은 그 사람의 스트레스나 정신적 상황에 따라서 미각이 크게 변화하며, 다른 기여요인이 없더라도 정상적인 미각 기능을 가진 일반인이 일시적으로 미각장애를 호소할 수 있다는 것을 시사한다. 이러한 정신적인 요소 역시 미각 장애를 진단하고 치료하는데 장애요소이다. 그러므로 일반 진료실에서 임상가가 미각장애와 관련된 복잡성을 극복하고 미각장애 환자를 효율적으로 진단하고 치료하기 위해서는 미각장애의 원인을 파악하거나 치료를 시행하려는 노력 이전에 객관적으로 환자의 미각기능을 측정하여 정상인지, 비정상인지를 감별하는 작업이 선행되어야 한다.

미각기능을 객관적으로 측정하기 위한 노력은 1900년대 초반부터 계속 이루어졌지만 전 세계적으로 통일화되고 규격화된 미각기능 측정방법은 아직 존재하지 않는다. 본 연구는 미각 고유의 특성과 다양한 미각기능 장애 기여요인들을 살펴본다. 그리고 미각측정을 하기 위해 지금까지 제시된 여러 기준들을 통해서 다양한 미각기능 측정방법들을 살펴본 후 이상적인 미각기능 측정 방법 및 앞으로 미각 기능 측정법이 어떤 방향으로 발전되어야 하는지를 제시하고자 한다.

II. 본론

1. 미각의 고유한 특성들

1-1. 해부학적 구조

맛은 기본적으로 미뢰라는 구조를 통해 신경으로 전달되어 뇌에서 인식된다. 미뢰는 맛을 구성하는 분자를 인식하는 수용기를 가지고 있다. 미뢰는 혀뿐만 아니라 연구개, 식도의 상방, 그리고 후두개에 분포한다. 이 중에서 미뢰는 혀에 가장 많이 분포하기 때문에 대부분의 미각 기능 측정은 혀를 통해서 이루어지고 있다. 그러나 혀뿐만 아니라 구강 내 다른 넓은 부위가 맛을 인식한다는 사실은 미각 기능 측정에 있어서 충분히 고려되어야 한다. 왜냐하면 맛을 전달하는 매개체가 기체일 경우는 다른 부위로 이동할 수 있고, 액체의 경우에도 기화를 통해서 혀에서 다른 부위로 이동이 가능하기 때문이다. 혀의 표면에서 돌출되어 유두라고 불리는 구조에 미뢰의 대다수가 존재하는데, 이들 유두는 인체의 경우 네 가지로 분류된다. 사상유두(filiform papillae), 용상유두(fungiform papillae), 엽상유두(foliate papillae), 그리고 유곽유두(circumvallate papillae) 중에서 사상유두는 미뢰가 없기 때문에 맛을 인지할 수가 없고 나머지 세 가지 유두만이 미뢰를 가지고 있어 맛을 인지할 수가 있다. 이들 세 가지 유두는 혀의 특정 부위에 특징적으로 분포하고 있기 때문에 혀의 모든 부위가 맛을 균일하게 느끼는 것은 불가능하다. 예를 들어 용상유두는 혀의 끝에 많이 분포하는 반면, 엽상 유두는 혀의 기저면의 측면에 많이 분포한다. 그리고 유곽유두는 혀의 후방에 특징적으로 분포하고 있다. 유두가 혀의 특정 부위에 분포하고 있기 때문에 1901년에는 혀 지도(tongue map)이라는 개념이 소개되어 혀의 특정 부위는 특정 미각만 인지할 수 있다는 이론이 소개되기도 했다(David, 1901). 그러나 이 이론은 틀린 것으로 증명이 되었다. 혀의 부위에 따라 미각을 느끼는 민감도

(sensitivity)는 다를지 몰라도 미각을 느끼는 세기(intensity)는 같고, 혀의 모든 부위가 미각을 느낄 수는 있는 것으로 현재는 알려져 있다 (Collings, 1974). 이러한 혀의 해부학적 구조는 미각 기능 측정에 있어서 아주 중요한 점을 시사한다. 왜냐하면 역치(threshold)를 측정하는 미각 기능측정법의 경우에는 혀의 어느 부위에서 측정을 하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있기 때문이다. 혀의 부위에 따라 민감도의 차이가 존재하므로 다른 표본들 사이에서 역치를 비교하기 위해서는 혀의 동일한 부위에서 비교되어야 한다.

1-2. 신경학적 구조

미각은 미뢰에서 인지된 후 세 가지 신경을 통해 대뇌로 전달된다. 첫 번째는 안면신경(facial n.)의 고삭신경(chorda tympani n.)으로써 혀의 앞 2/3부분의 미각을 담당한다. 두 번째는 설인신경(glossopharyngeal n.)으로써 혀의 뒤1/3부분의 미각을 담당한다. 마지막으로 미주신경(vagus n.)은 후두덮개에 인접한 혀뿌리 부근과 연구개의 미각을 담당한다. 이처럼 미각은 하나의 신경이 아니라 세 가지 각각 다른 별개의 신경을 통해 인지되어 대뇌로 전달되고 있다. 그러므로 신경질환이 생겼다고 하여도 손상된 신경이 어느 신경이냐에 따라서 미각이 상실되는 부위도 달라진다. 사고를 통해서 안면신경을 손상 받았다면, 혀의 앞 2/3 부위의 미각기능이 저하되거나 상실되지만, 혀의 뒤 1/3은 정상일 수 있다. 그러므로 미각기능 측정을 통해서 신경의 손상 여부를 추론하거나 신경 손상의 합병증 중 하나인 미각상실 혹은 미각기능 저하를 진단하기 위해서는 미각 신경의 분포를 정확하게 이해해야 한다. 예를 들면, 외상 때문에 설인신경이 손상된 환자가 정상적으로 미각기능을 유지하는지를 알기 위해서는 혀의 뒤 1/3 부위의 미각 기능을 측정해야 한다. 미각이 미뢰를 통해서 인지된 후 세 가지 신경은 뇌간을 연수를 지나고 고삭핵(nucleus solitarius)을 거쳐 반대측의 내측모대(medial lemniscus)를 따라 뇌간 시상의 후내측 복측핵(ventral posteromedial nucleus, VPM)을

통해 대뇌 피질의 체성감각부위 하부에 이른다. 미각영역의 위치는 안면의 지각영역과 가까운 위치에 있다고 한다. 미각영역이 대뇌의 어느 부위에 있는지는 미각 기능 측정에 있어서 중요한 요소이다. 미각자극을 통한 대뇌피질의 전기적 반응을 측정하는 미각기능 측정법의 경우에 대뇌의 어느 부위에서 전기적 반응을 측정하느냐에 따라 결과에 차이가 발생한다. 시각영역에서 미각에 대한 전기적 반응을 측정하게 되면 결과는 피험자가 무엇을 보느냐에 따라 결과가 달라진다. 이처럼 미각 기능 측정은 다른 감각기능에 비해서 신경학적으로 복잡하므로 구강의 해부학적 구조와 함께 대뇌로 전달되는 신경통로에 대한 정확한 이해가 필요하다.

1-3. 기능적 요소

미각을 담당하는 혀, 연구개, 후두 등은 맛을 감지하는 역할 뿐만 아니라 다양한 기능을 가지고 있다. 미각을 느끼기 위해서는 분자가 액체에 용해되어야 한다. 이 액체에 해당하는 것이 타액인데, 타액은 구강주위에 있는 타액선으로부터 분비되어 도관을 따라 구강내로 분비된다. 그러므로 미각은 구강 내 타액의 분비와 밀접한 관련이 있다. 그리고 구강 내의 혀는 발음, 저작기관으로서 역할을 한다. 발음을 하게 되면 자연히 구강 내에 타액이 증발하거나 삼켜지게 되어 소진되는데, 그 결과 구강은 건조해진다. 만일 타액이 침샘으로부터 충분히 보상적으로 분비되지 않게 되면 구강은 건조해져서 미각을 느끼는 데 방해가 된다. 저작기능도 미각과 밀접한 연관이 있다. 저작은 음식물의 표면적과 긴밀한 관계를 이루는데, 저작이 많이 될수록 음식물의 표면적은 넓어지므로, 미뢰와 닿는 양은 많아지게 된다. 그러므로 혀와 치아의 음식 저작 능력은 미각과 직접적 관련성이 있다. 마지막으로 구강이 담당하는 기능 중에 중요한 것이 호흡이다. 호흡은 가스를 흡입하고 배출하는 통로에 따라서 크게 코로 하는 비호흡, 구강으로 하는 구호흡으로 나눌 수 있다. 비호흡을 할 경우에는 구강 내의 타액이 건조해질 가능성이 적으나, 구호흡을 하게 되면 공기가 구강을 통해서 이동하면서 구강 내의 타액을 통해 습도를

언어 폐로 들어가게 된다. 그러므로 구호흡을 하게 되면 미각 장애의 가능성이 높아진다. 이와 같이 미각은 미뢰라는 단 하나의 표적기관에 의해서 일어나는 단순한 일차원적 감각이 아니라 구강 내의 다양한 기능적 요소들과 연관되어 일어나는 복합적인 과정이기 때문에 미각장애, 미각 기능을 파악함에 있어서 구강의 기능적인 요소가 충분히 고려되어야 한다.

1-4. 후각과의 관련성과 차이점

상기도 감염과 같은 원인으로 후각 장애가 일어나는 경우 환자는 미각 기능에 장애가 있는 것처럼 느낀다. 후각 장애는 다양한 원인에 의해서 발생하는데 이런 경우 환자는 미각장애를 호소할 가능성이 크기 때문에 미각장애를 진단하기 위해서는 반드시 후각기능 평가가 이루어져야 한다. 1991년 펜실베이니아 대학의 후각 및 미각 센터에서 조사한 바에 따르면 750명의 환자들 중에 57.7%가 미각과 후각을 모두 상실한 것으로 호소하였고, 20.4%는 후각만 상실, 8.7%는 미각만 상실한 것으로 호소하였다. 그러나 실제 검사 결과로는 후각만 상실한 경우가 68.4%로 가장 높았고, 미각과 후각을 모두 상실한 경우는 2.5%에 불과하였다. 게다가 후각과 미각의 상실이 없는 경우도 28.5%에 달했고 미각만 상실한 경우는 1%도 채 되지 않았다(Deems, 1991). 이 연구결과는 미각장애 환자가 호소하는 증상을 바탕으로 한 임상진단의 정확성이 매우 떨어질 수 있다는 점을 보여준다. 미각을 느끼게 하는 분자는 기체를 통해서 후각 수용체에도 결합할 수가 있기 때문에 이 두 감각이 동시에 흥분한다. 그리고 이 두 감각의 경협이 실제로 구강 내에서 저작되고 소화되는 음식물의 인식에 함께 관여하기 때문에 하나의 감각 이상이 다른 감각의 이상에 영향을 미치게 되고, 결국 환자가 미각-후각의 혼돈을 일으켜 정확한 증상 호소를 할 수 없게 만드는 것이다. 그러므로 미각기능 평가를 정확하게 하기 위해서는 미각 이외의 감각, 특히 후각을 어떻게 배제하느냐가 중요한 관건이다. 과거의 연구자들은 코를 막는 등의 방법을 사용하여

후각을 차단시키려는 노력을 하였는데, 이는 후각을 미각으로부터 배제하여 미각기능만을 측정하기 위함이다.

미각과 후각은 관련성이 깊기 때문에 비슷한 감각이라고 여겨질 수 있지만 여러 차이점이 존재한다. 첫째로 후각은 후각신경(olfactory nerve, I)을 통해서 대뇌의 후각구역(area 34, 27)으로 전달된다. 반면에 미각은 안면신경, 설인신경 그리고 미주신경을 통해서 대뇌의 미각구역(area 43)으로 전달된다. 대뇌의 미각구역은 Broca의 언어구역과 청각구역, 그리고 체성지각 구역 사이에 위치하나, 후각구역은 측두엽에 위치하고 있다. 대뇌에서 두 감각이 차지하는 위치가 다르기 때문에 전기적 반응을 이용한 미각기능을 측정하기 위해서는 신호검출기의 부착 위치가 중요하다. 두 번째로 후각은 다양한 후각원과 짝지을 수 있는 수많은 후각 수용체가 존재하고 이들 수용체들은 서로 관련되어 있어 다양한 후각원의 합성된 결과를 인지한다. 그래서 후각은 ‘종합적인 감각 시스템’으로 불린다. 반면에 미각은 현재까지 알려진 5가지 미각 사이의 관련성이 매우 낮고 독립적인 것으로 알려져 있다. 그러므로 후각기능 측정과는 달리 미각기능 측정에 있어서 미각의 종류는 중요하다. 왜냐하면 어떤 환자는 단맛을 못 느끼지만, 어떤 환자는 신맛을 못 느낄 수 있기 때문이다. 반면에 후각 장애 환자가 특정 냄새만을 못 맡는 경우는 드물다.

후각과 미각은 해부학적으로도 밀접한 관련이 있다. 후각의 흥분은 기체 분자를 통해 주로 이루어지는 반면 미각은 액체에 용해된 상태에서 주로 이루어진다. 그렇기 때문에 먼 곳에서의 냄새는 맡을 수 있는 반면 맛은 느낄 수가 없는 것이다. 비강과 구강은 서로 개방된 상태로 연결되어 있기 때문에 비강으로 유입된 기체는 구강에 도달할 수 있다. 후각과 미각의 역치가 다르기 때문에 기체 분자가 미각의 흥분을 일으키기엔 충분하지 않다. 그러나 후각의 흥분은 미각과 후각의 혼돈을 일으킬 수 있으므로 기체분자는 엄밀히 말해서 환자가 미각을 주관적으로 느낄 수 있도록 하는 요인이 될 수 있다. 이런 측면에서 미각기능을 측정할 때 미각원을 혀에 노출시키고 다시 구강 밖으로 뱉느냐, 삼키느냐와 같은 실험적 요소는 중요하다.

2. 미각 기능에 영향을 미치는 다양한 요소들

2-1. 나이

인간이 가진 오감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각)은 연령이 증가하면서 점점 감소하는 것으로 알려져 있다. 그 중에서 연령에 비례해서 가장 많이 감소하는 감각은 시각이다. 그 다음으로 청각, 후각, 미각이 나이가 증가함에 따라 감소한다. 나이의 증가가 어떻게 감각기능의 상실을 초래하는지에 대한 명확한 연구는 아직 되어 있지 않지만, 당뇨병과 같은 질환은 이 둘의 관계에 설득력을 더해 준다. 연령이 증가할수록 당뇨병에 걸릴 확률은 높아진다. 당뇨병의 잘 알려진 합병증인 망막병증(retinopathy)는 직접적으로 시각 기능을 상실시키고, 신경병증(neuropathy)는 각종 신경 기능 이상을 일으키는 것으로 알려져 있다. 미각의 경우 신경병증과는 별개로 연령이 증가하면서 미뢰의 숫자가 감소하기 때문에 기능이 감소된다는 연구 결과가 존재하였다(Arey, 1930; Mochizuki, 1937, 1939). 그러나 또 다른 연구결과에 따르면 나이와 미뢰의 숫자는 상관이 없는 것으로 나타났다(Miller et al., 1991). 미각이 연령과 생리학적으로 어떻게 연관이 되어 있는지에 관한 명확한 근거를 설명해주는 연구는 아직 진행되지 않았지만 연령에 따른 미각장애 환자의 임상적 고찰에 관한 연구는 국내와 국외에서 다양하게 이루어졌다. 국내의 경우, 미각 장애 환자는 50대와 40대에서 가장 많이 분포하였고, 일본의 경우, 남자는 60대, 50대, 40대, 70대 순이었으며, 여자는 50대, 60대, 40대, 70대 순으로 많이 분포하였다. 다른 연구에 따르면, 단맛($P=0.768$)을 제외하고는 연령과 비례해서 통계적으로 매우 유의한 수준으로 미각 기능이 상실되는 것으로 알려졌다($P<0.05$)(Lim, 2009). 각각의 연령에 정비례해서 미각장애 환자의 숫자가 증가하는 것은 아니지만, 위의 임상적 연구에서 표본의 숫자가 크지 않기 때문에 정비례와 관련된 결론은 내릴 수 없다. 그러나 젊은이에 비해서 노인에서 미각 기능 장애가 더 빈번하

게 일어나는 것은 많은 연구 결과를 통해 확실하다고 할 수 있다. 미각 기능을 객관적으로 측정한다는 것은 환자의 나이와 관계없이 절대적인 기준을 통해 환자의 미각 기능을 평가하는 것이 아니다. 생리적인 범주 내에서 인간의 연령이 증가함에 따라 미각 기능이 점차적으로 상실된다면, 특정 환자의 미각 기능을 측정함에 있어 환자의 연령을 고려해야 한다. 다른 말로 표현한다면, 미각기능 수준의 기준치는 연령과 관련해서 상대적이어야 한다. 각 연령대에 알맞은 미각기능 수준을 파악해야 객관적인 미각 기능 측정이 가능하다. 예를 들어 20대와 60대의 미각 기능이 정상적인 생리적 범주 안에서 차이가 난다면, 연령이 다른 두 환자의 미각 기능을 비교해서 60대의 환자의 미각기능이 비정상이라고 진단할 수는 없다. 60대 환자의 미각기능은 60대 연령의 정상 미각기능 수준과 비교되어야 한다. 이와 같이 연령은 한 개인의 미각 기능에 있어서 중요한 변수로 작용하기 때문에 미각 기능을 측정하고 진단하는 과정에서 반드시 고려되어야 한다.

2-2. 성별

미각기능 평가를 위한 다양한 임상적 연구에서 남성과 여성 사이에 미각기능의 차이가 유의하게 존재한다는 사실이 밝혀졌다. 한 연구에서는 여성의 경우에만 나이가 증가함에 따라 신맛에 대한 역치가 증가한 것으로 나타났고, 신맛과 쓴맛의 경우에는 특정 연령대에서 남성이 여성보다 역치가 더 큰 경향이 있는 것으로 나타났다(Yamauchi et al., 2002). 다른 연구의 경우에도 남성이 여성보다 신맛에 대한 역치가 더 큰 것으로 나타났다(Glanville, et al., 1964; Weiffenbach et al., 1982). 476명에서 남성과 여성의 미각을 인식하는 능력을 비교해본 결과 여성이 미각의 종류를 구분하거나 특정 미각이 존재하는지의 여부를 알아내는 능력이 남성보다 더 뛰어난 것으로 밝혀졌다(Soter et al., 2008). 이 연구에서 특이한 점은 혀의 부위에 따라서 남성과 여성이 인식하는 미각의 정도 또한 차이가 난다는 점이다. 다른 연구에서는 여성이 구강 전체에서와 국소적

인 부위에서 남성보다 미각 기능이 우수하다는 결과가 나타났다(Doty, 1978). 이와는 반대로 남성과 여성 사이에 쓴맛과 단맛의 경우 유의한 역치의 차이가 존재하지 않는다는 연구결과가 있어서 앞의 연구와 상반된다(Kaplan et al., 1965; Moore et al., 1982). 성별에 따른 미각기능의 차이에 대한 명확한 기전은 제시되지 않았지만, 여성이 가진 미뢰의 숫자가 특히 혀의 앞쪽에서 남성보다 더 많다고 하였다(Bartoshuk et al., 1994). 기본적으로 가진 미각원에 대한 민감도가 여성이 남성보다 더 높다는 가설도 제시되었지만, 정확한 생리적 기전은 밝혀지지 않았다. 남성과 여성이 가진 기본적인 미각기능의 차이가 실제로 존재한다면 미각기능을 측정하고 미각장애를 진단하는 과정에서 연령과 함께 성별도 평가되어야 한다.

2-3. 유전

2009년 일본의 이화학연구소는 동물모델인 마우스를 이용하여 미각 수용세포의 발생에 관여하는 유전자군의 동정에 성공하였다(Massato et al., 2009). 동정된 유전자 중의 하나인 Hes1 전사억제인자는 미분화 상태인 줄기세포에서 미각 관련 유전자의 발현을 억제시킨다고 하였다. 이는 유전적으로 미각 장애를 가진 환자의 경우에 있어서 특정 유전자의 억제 혹은 활성이 원인이 될 수 있다는 것을 의미한다. 실제로 런던의 킹스 대학에서는 여성 일란성 쌍둥이 3000쌍을 관찰한 결과 이들이 유사한 식습관을 공유한다는 사실을 발견하기도 하였다. 특히 커피와 마늘에 있어서 유사한 식습관은 두드러졌는데 이는 특정 미각에 대해서 어떤 유전자가 더 긴밀히 관여할 수 있다는 의미가 될 수 있다. 미각기능을 결정하는데 있어서 유전자가 선천적으로 절대적인 영향을 끼치는지의 여부, 그리고 상대적으로 환경적 요소와 함께 영향을 끼치는지의 여부는 미각장애를 진단하고 평가하는데 있어서 매우 중요한 요소이다. 어떤 환자가 선천적으로 유전자의 결함 때문에 미각장애를 가지고 있는 경우에는 특정 미각에 노출되기 전까지는 미각 장애를 호소할 가능성이 적다.

미각장애를 인지하기 위해서는 미각원에 대한 노출이 반드시 선행되어야 하므로 선천적으로 미각장애를 지니고 있다고 하여도, 한 개인은 생애를 미각장애를 인지하지 못한 채로 마감할 수도 있고, 비교적 이른 시기에 미각 장애를 인지할 수도 있는 것이다. 그러므로 미각장애를 진단하고 원인을 파악하는 과정에서 유전적 요소를 고려하지 않으면 유전적 원인으로 인한 미각 장애는 해결할 수 없다. 많은 연구자들에 의해서 위와 같은 어려움을 해결하기 위한 연구가 행해져 왔는데 대표적인 것이 PTC/PROP 미각 상태 측정이다(Bartoshuk et al., 1994). Phenylthiocarbimide나 n-propylthiouracil의 미각을 인지할 수 있는 능력은 유전적으로 결정된다. 가령 0.1 mM 이하의 PROP은 특정 유전자를 가진 사람만이 인지할 수 있다. PROP을 인지하는 능력과 관련된 유전자의 위치가 밝혀졌다. 그리고 이 유전자는 미각수용체 유전자 가족의 한 구성요소와 관련이 되어 있다고 알려져 있다(Ishimaru et al, 2009). PROP은 쓴맛이기 때문에 이들 연구는 쓴맛과 관련된 미각장애를 진단하는데 있어서 많은 도움을 줄 수가 있다. PROP을 인지할 수 있는 사람은 PROP을 인지하지 못하는 사람보다 단맛을 더 강하게 인지한다고 하였는데, 이는 지금까지 연구된 쓴맛에 관련된 유전자뿐만 아니라 단맛, 신맛 등 나머지 미각에 관한 유전자도 존재하고 있을 가능성이 높다는 것을 시사한다(Bartoshuk et al., 1994). 개와 고양이, 그리고 인간들 사이에 후각이나 시각의 차이가 엄연히 존재하는 것처럼, 생물들 간에는 미각의 차이도 존재한다. 그리고 이 차이에는 분명히 유전적인 요소가 관여하고 있다. 각 나라마다 전체 인구 중에서 PROP을 인지할 수 있는 인구가 차지하는 비율이 유의하게 차이가 났다는 결과가 도출이 되었는데 이는 미각 기능을 측정함에 있어서 유전적인 요소를 고려해야 한다는 것을 시사한다. 유전학과 분자생물학의 발전에 힘입어 개개 환자의 유전자 지도를 통해 선천적인 미각 능력을 파악할 수 있게 된다면 환자의 미각 기능에 대한 평가 및 진단이 더욱 수월해질 것으로 전망되므로, 미각 기능의 측정에 있어서 유전자가 하는 역할을 밝히는 것은 반드시 이루어져야 한다.

2-4. 전신적 질환

미각장애를 호소하는 환자들 중에는 다양한 전신 질환에 이환되어 있는 경우가 많다. 이 중에는 비타민과 같은 영양소의 결핍에서부터 암종에 이르기까지 다양한 질환들이 속한다. 알코올 중독증이나, 거식증 등과 같이 직접적으로 구강 내에 영향을 끼치는 질환의 경우에는 미각장애를 진단하고 치료하는 과정에서 전신적 질환의 치료를 병행할 필요성을 인식하고 처치할 가능성이 높지만 통증과 관련된 두통이나 신경의 외상 같은 경우에는 구강과 직접적으로 관련되지 않아서, 임상적인 진단을 소홀히 하기 쉽다. 미각 기능은 연령이 증가할수록 감소하는 것으로 알려져 있다. 여성의 경우에 파킨슨병에 이환되면 미각기능이 대조군보다 낮았다(Kim et al., 2011). 연구에 참여한 표본들은 모두 파킨슨질환과 관련된 약을 복용하고 있었다는 점에서 약물의 영향을 배제할 수는 없다. 그러나 파킨슨병과 미각장애가 유의한 관계가 있다는 연구결과를 살펴보면 약물만이 파킨슨 병 환자의 미각 장애의 원인이라고 단정 지을 수는 없다. 76명의 당뇨병 환자의 미각기능과 후각기능을 정상인들과 대조한 결과 합병증이 없는 당뇨병에 걸린 환자의 경우는 정상인과 큰 차이가 없었지만 합병증이 있는 당뇨병 II형인 경우에는 정상인보다 감소된 후각기능을 보이는 것으로 나타났다(Naka et al., 2010). 이와 같은 연구들은 연령이 많은 특정 환자가 노화에 의해서 미각기능이 감소가 되었는지, 아니면 노화에 따라 이환된 다양한 전신질환이 복합적으로 작용하여 미각기능이 감소하였는지에 대한 감별진단이 반드시 선행되어야 한다는 점을 시사한다.

2-5. 국소적 질환

구강질환은 바이러스, 세균, 곰팡이뿐만 아니라 다양한 물리적, 전기적, 화학적 요소를 원인으로 발생한다. 이런 수많은 구강질환이 미각과 어떻게 연관이 되어 있는지를 밝히는 것은 매우 중요하다. 왜냐하면 국소적

인 요소는 전신적 요소와 비교해서 진단과, 치료, 그리고 예후를 예측하는 것이 비교적 용이하기 때문에, 국소적인 요소가 미각기능의 감소와 연관이 되어 있다고 진단되면 그 원인을 제거하는 것이 일차적인 치료의 목표가 된다. 대부분의 구강 내 국소적인 질환은 구강 내 통증을 유발하기 때문에 미각에 대한 예민성을 감소시킬 수 있다. 그러므로 구강 내 통증의 제거 또한 미각장애를 해결하는 하나의 치료 방법이 될 수 있다. 그러므로 미각장애를 주소로 내원한 환자의 경우 국소적으로 구강 내에 질환이 존재하는지의 유무와 그 질환이 어떤 양상으로 환자에게 증상을 발현시키는지를 파악해야 한다.

2-6. 약물

미각장애를 가진 환자가 어떤 약물을 복용하는지, 얼마나 많은 양을 복용하는지, 그리고 얼마나 오랫동안 약물을 복용했는지를 파악하는 것은 미각기능을 평가하기 이전에 선행되어야 한다. 특정약물을 복용함으로 감소된 미각기능은 영구적으로 미각 기능을 상실시키거나 일시적으로만 상실시키는 것으로 알려져 있다. 환자가 복용하는 약물을 평가하고 미각기능의 변화가 이들 약물과 연관이 있는지를 파악해야 환자가 가진 원래의 미각기능이 정상인지 아닌지를 판별할 수 있다.

2-7. 정신적 상태

우울증, 조울증 등 심각한 정신질환은 미각 장애를 동반하는 경우가 많다. 과학적으로 뒷받침할 수 있는 기초적인 연구는 아직 미비하지만, 정신과 진료실에 내원한 정신질환 환자의 주요 증상 중에 미각장애를 포함하는 경우가 있다. 앞으로 이에 관한 연구가 충분히 이루어진다면 환자의 심리적 상태를 바탕으로 미각 기능의 변화를 더욱 잘 이해할 수 있는 계기가 될 것이다.

3. 미각기능 측정과 관련된 다양한 요소들

3-1. 미각자극 방법

3-1-1. 구강전체 자극과 국소적 자극

미각기능을 측정하는 부위는 크게 구강 전체를 측정하는 것과 구강 내 국소적 부위만을 측정하는 것으로 나뉜다. 구강 전체를 측정하는 것은 특정 미각을 포함하는 용액을 피험자가 입속에 넣고 나서 뱉는다거나, 삼키는 방법을 통해서 이루어진다. 구강전체의 미각 기능을 측정하는 것은 일상생활에서 사람들이 음식물을 섭취하고 맛을 느끼는 과정과 유사하다는 점에서 필요성이 인정된다. 그러므로 구강전체의 미각기능 측정은 식품산업에서 새로운 식품을 개발한 경우에 미각기능의 장애가 없는 다양한 피험자를 대상으로 그 맛을 측정하기 위해 자주 사용되는 방법이다(Heymann and Lawless, 1997). 보통 피험자는 용액을 뱉거나 삼킨 후에는 물로 입을 깨끗이 한 다음 미각기능 측정을 시행한다. 구강 전체의 미각기능을 측정하는 방법은 구강 내의 모든 미뢰의 기능을 측정하는 것이기 때문에 각각의 미각에 대한 피험자의 역치를 측정하는 정확한 방법이다(Halpern, 1997). 왜냐하면 혀의 부위에 따른 민감도는 다른 것으로 알려져 있기 때문에 국소적인 미각기능 측정은 측정하려는 부위에서의 특정 미각에 대한 역치가 다른 부위보다 높아서 측정된 역치의 수치가 피험자의 실제 역치보다 더 높게 나타날 가능성이 있기 때문이다(Collings, 1974). 구강 전체의 미각기능 측정은 편측 신경 손상이나, 외상에 의해서 특정 부위에만 미각이 상실된 환자에 대해서는 임상적인 유용성이 떨어진다. 안면이나 설인두 신경 질환이나 신경의 눌림(Groves and Gibson, 1974; May and Schlaepfer, 1975; Taillibert et al., 1998; Todrank and Bartoshuk, 1991), 구강 내 수술(Deems et al., 1991; Jacks et al., 1998; Mott et al., 1994; Zuniga et al., 1994, 1997)이나 머리 외상

(Bartoshuk et al., 1996; Costanzo and Zasler, 1991), 뇌의 허혈경색 (Fujikane et al., 1999)은 미각 기능 전체를 상실시키지 않고 국소적인 부위에만 미각을 상실시키는 것으로 알려져 있다. 그렇기 때문에 구강 전체의 미각기능 측정 방법을 통해서 는 앞에서 언급한 원인들로 인한 미각 장애를 진단하는 것이 매우 어려우므로 국소적인 미각 기능 측정법이 필요하다. 국소적인 미각 기능 측정은 국소 부위에 전기적 자극을 주거나, 화학적 자극을 가함으로써 이루어진다(Frank and Smith, 1991). 전기적 자극을 가하는 역할을 하는 도구 자체의 구조 때문에 구강 전체에 전기적 자극을 가하여 미각기능을 측정하는 도구가 개발되지 않는 이상 전기적 자극을 이용한 방법은 국소부위의 미각 기능만 측정할 수 있다. 화학적 자극의 경우는 화학물질이 구강 내 다른 부위의 미뢰를 자극시키지 않고 의도한 부위 내의 미뢰만 자극하는 방향으로 발달되었다. 작은 지름의 종이에 미각원을 농축시켜 특정 부위에 올려놓거나(Tomita et al., 1986), 튜브를 이용하여 구강 내 특정부위에 미각원이 전달되었다가 다시 튜브를 통해서 되돌아오도록 하는 방법(Delweche et al., 2000)이 있다. 최근에는 혀의 아주 작은 부위를 진공으로 격리시킨 후 화학적 자극을 가하는 미각기능 측정기도 개발되었다(Doty et al., 2001; Matsuda and Doty, 1995; Tunsuriyawong et al., 2000).

3-1-2. 화학적 용액과 전기적 자극

미각 기능을 측정하기 위해서는 미각원을 미뢰에 전달하여야 한다. 미각기능 측정법에 사용되고 있는 미각 자극 방법은 화학적 용액을 사용하는 것과 전기적 자극을 가하는 것으로 나뉜다. 금속 전극으로 된 기구를 통해서 혀에 전기적인 자극을 가하면 미각 신경 말단의 미각 수용체에서 전기적인 반응을 보이거나(Diamant et al., 1963), 혀의 미각 세포 근처에 있는 말단 신경의 자극으로 인해서 전기적인 반응을 보이는 것으로 알려져 있다(Plattig et al., 1988). 이렇게 흥분된 미각 신경 세포는 신경 전달로를 따라 대뇌에 도달하게 된다. 전기적 자극은 자극을 주는 시간을

ms 단위로 조절하는 것이 가능하고, 자극의 세기 또한 산술적으로 정확하게 증가시키거나 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 예를 들면 200 Hz에서 2 ms로 30초 동안 자극을 혀에 가한 경우 혀가 전기적으로 자극되었다(Plattig, 1969). 화학 용액을 통한 미각 자극의 경우도 농도를 통해서 그 세기를 조절할 수 있지만 자극 시간은 정확한 조절이 불가능하다. 왜냐하면 분자의 특성상 용액이 구강 내에 도달하면 자연히 확산을 통해 구강 내 침으로 이동하기 때문에 정확한 시간에 피험자가 검사 용액을 삼키거나 빨더라도 구강 내에서 그 용액이 완전히 제거된다고는 말할 수가 없기 때문이다. 그러나 전기적 자극은 ms 단위로 시간을 조절해서 자극 시간과 미각기능과의 관련성에 관한 연구를 하는 것을 가능하게 해준다. 전기적 자극은 정확한 세기와 시간을 조절하는 장점이 있지만 단점도 있다. 일단 금속 전극을 혀에 닿게 하는 순간에 미각과 함께 촉각이 자극된다(Kukimoto et al., 1985). 보통 전기적 자극에 의한 피험자의 반응은 대뇌 피질의 미각 반응을 측정함으로써 이루어지는데, 미각의 경우 대뇌피질은 다른 감각에 비해서 대뇌의 심부에 있기 때문에 측정하는데 어려움이 많다. 그렇기 때문에 미각과 촉각이 동시에 흥분될 경우에 정확한 미각 기능을 측정하기 힘들다. 전기적 자극을 가하는 경우 촉각 뿐만 아니라 온도, 통증, 압력과 같은 자극에 대해서도 감각이 반응한다고 알려져 있으므로 미각만을 자극하는 방법은 아니다. 화학 용액을 이용한 미각 자극의 경우 혀에 화학 용액을 적용시킨 후 대뇌 피질의 미각 영역의 전기적 신호를 측정해본 결과 비교적 전기적 자극을 이용한 경우보다 신호가 더 순수하다고 알려져 있다(Ikui, 1988; Funakoshi and Kawamura, 1971; Schaupp, 1971; Funakoshi, 1980; Ichioka, 1972). 그러나 화학용액을 통한 미각 자극은 다음과 같은 어려움이 있다. 첫 번째로 전기적 자극에 비해서 화학적 자극은 미각기능의 흥분에 필요한 시간이 길다. 두 번째로 특정 미각 수용체에 대해서만 분별적으로 자극을 가하는 것이 어렵다. 세 번째로 피험자가 화학적 자극에 노출이 될수록 그 자극에 적응하게 된다(Ikui, 1988). 그래서 피험자는 표본 용액을 통해 실험을 한 후에는 반드시 일정 시간 휴식시간을 가져야 한다. 화학적 자극

은 전기적 자극에 비해 자극의 계량적 조절과 통제는 어렵지만 미각을 자극한다는 기본적인 역할에 있어서 다른 감각의 흥분을 수반하는 전기적 자극에 비해 우수하기 때문에 미각기능 측정법 연구에 있어서 더 선호되고 있다.

3-1-3. 화학적 자극원의 성상

미각을 흥분시키기 위해서 주로 사용되고 있는 화학 물질의 성상은 액체이다. 액체는 원하는 미각을 지닌 용질의 양을 조절함으로써 농도를 조정할 수 있고, 조절된 농도는 피험자의 미각에 대한 감수성을 결정하는 중요한 지표로 작용할 수 있다. 특히 미각 역치를 결정하기 위해서는 피험자가 인지할 수 없는 농도부터 시작해서 인지하는 농도까지의 단계적인 실험이 필요하기 때문에 고체나 기체로는 불가능하지만 정량적 조절이 가능한 액체는 화학적 자극에서 가장 유용하게 쓰이는 성상이다. 하지만 액체는 고체와는 달리 구강과 닿는 면적을 정확하게 조절하는 것이 불가능하고 특정 미각을 지닌 순수한 용액을 만드는 것이 어렵기 때문에 구강 내 국소적인 자극 수단으로서는 부족한 면이 있다. 그러나 보조적인 장치를 이용해서 액체가 구강 내 국소적인 면에만 접촉한 후 다시 장치를 통해 구강 외로 방출하도록 고안된 방법 등이 개발되면서 액체를 통한 국소적인 자극도 가능하게 되었다(Ikui, 1988). 고체의 경우 짧은 시간동안에 구강 내 국소적인 부위에만 적용이 가능하고 한 가지 맛을 지닌 순수한 결정체를 만드는 것이 가능하기 때문에 국소적으로 맛의 종류를 구별하는 미각 기능 측정법에는 유용하게 사용할 수 있다. 그러나 고체는 시간이 지날수록 타액에 용해되어 구강 내 다른 부위에 빠른 속도로 확산되기 때문에 국소적으로 피험자의 미각기능을 측정하는 시간에는 제한이 따른다. 기체를 통해서 미각 기능을 측정하는 방법은 액체나 고체와는 달리 구강 내, 특히 혀의 넓은 부위에 한꺼번에 적용되는 장점이 있다(Genow et al., 1998; Kobal, 1985). 기체 자극은 대체적으로 낮은 농도로 넓은 지역에 적용할 때 효과적이지만, 몇몇 미각 자극은 기

체를 통해서만 전달되는 것으로 알려져 있기 때문에, 기체를 통한 미각 기능 측정 방법이 다른 성상에 비해서 단점이 있을지라도 그 유용성은 여전히 있다고 볼 수 있다(Smith, 1971).

3-1-4. 미각자극 전달수단

미각 자극 전달은 구강 내에 자극을 전달하는 수단에 따라 그 측정 목적이 다르다. 탐침을 이용해서 전기적 자극이나 화학적 자극을 전달하는 경우에, 전기적 자극은 자극의 크기를 조절할 수 있기 때문에 번거로운 절차가 없이 역치를 측정하는 것이 가능하지만, 화학적 자극의 경우 탐침에 적용하는 미각원의 농도를 바꾸기 위해서는 매번 구강을 물이나 생리식염수로 세척하는 과정이 필요하고, 탐침에 적용하는 미각원의 양도 매번 조절되어야 하기 때문에 불편하다. 그러므로 탐침을 이용한 화학적 미각 자극의 경우는 역치를 측정하는 것 보다는 정상인이 일반적으로 인지할 수 있는 농도를 지닌 용액을 이용해 피험자가 미각기능이 있는지 없는지를 확인 하는 데 적절하다. 화학적 자극을 통해서 역치를 측정하기 위해서는 보통 일정한 숫자의 컵에 다양한 농도의 미각원을 포함한 용액을 담아 낮은 농도의 용액에서부터 높은 농도의 용액 순서로 피험자가 맛을 느끼게 해서 처음으로 맛을 느끼는 농도를 측정한다. 용액을 이용하는 경우에는 용매가 물, 인공 타액 혹은 생리식염수인지에 따라서 결과가 달라지는 것으로 알려져 있다. 물 자체는 대뇌 피질의 미각 영역을 활성화시키지 않지만(Zald and Prado, 2000), 인공타액을 사용하는 경우에는 물을 용매로 사용한 경우에 비해서 대뇌 피질의 미각영역을 활성화시키는 수준이 낮다고 보고된 바 있다(Frey and Pertides, 1999).

3-2. 미각자극 측정방법

3-2-1. 정신물리학적 방법과 유발전위 방법

미각은 피험자가 맛을 느낀다고 인식하는 과정이고 이것은 뇌의 인지와 깊은 관련이 있다. 그러므로 피험자가 맛을 느끼거나 못 느낀다는 표현을 한다는 것 자체는 피험자의 미각기능의 평가에 중요한 판단 기준이 될 수 있다. 정신물리학적 미각기능 측정은 피험자가 특정 농도의 미각원을 포함한 용액을 입에 머금고 빨는 등의 다양한 과정을 통해 맛을 느끼는지 안 느끼는지를 질문 받고 실험자는 이 대답을 기초로 해서 피드백을 통해 피험자가 어떤 농도의 맛까지 인지할 수 있는지, 또는 어떤 종류의 맛을 느낀다고 인지할 수 있는지 등을 기록하는 방법이다. 정신물리학적 방법은 피험자의 지각능력과 연관되어 있기 때문에 미각기능 측정의 객관적 측정 여부는 피험자의 협조에 의존한다. 피험자는 여러 번에 걸쳐 다양한 농도의 용액을 테스트 받기 때문에 쉽게 피로해질 수 있어 테스트를 거듭할수록 정확도는 떨어질 가능성이 크다. 또한 동일한 피험자라 하더라도, 당일 피험자가 테스트를 받기 전에 경험한 음식이나 조건에 의해 결과는 달라질 수 있다. 게다가 미각 장애를 호소하지 않는 정상인들을 대상으로 정신물리학적 방법으로 미각 기능을 테스트하면 피험자에 따라 미각을 느끼는 역치의 차이가 존재한다. 하지만 미각기능 측정의 본래 목적이 미각 장애를 주관적으로 호소하는 특정 환자의 미각기능을 측정해서 그 환자가 차후에 개선이 되는지 아닌지를 판단하는데 있기 때문에 환자 스스로의 미각에 대한 판단에 의존하는 정신물리학적 미각기능 측정법은 그 목적을 충실히 달성할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

정신물리학적 미각기능 측정법의 단점을 보완하기 위해서 피험자의 인지호소 과정을 제외한 방법이 제안되었는데 그것은 바로 뇌의 미각관련 피질의 흥분 정도를 측정하는 방법이다. 대뇌의 미각구역은 앞에서 언급한 것과 같이 Broca의 언어구역과 청각구역, 그리고 체성지각 구역 사이에 위치한다. 이 구역의 전기적 흥분을 측정하기 위해 두피를 통해서 미각유발전위를 측정하거나 양전자방출 단층촬영술(positron emission tomography)나 기능적 자기공명영상(functional MRI)을 사용하는 방법이 제안되었는데, 이 중에서도 두피를 통한 미각유발전위를 측정하는 것

이 가장 널리 사용되고 있다. 이유는 비용이 저렴하고 다양한 연구기관에서 사용하고 있기 때문이다. 미각기능을 측정하기 위한 유용한 미각유발전위를 얻기 위해서는 적정한 미각 자극과 자극을 표현하는 시스템, 그리고 반응을 기록하는 장치가 있어야 하고 측정결과가 반드시 재연 가능해야 한다(Akihiro, 2002). 이 방법은 전기적, 화학적 자극을 통해서 측정한다. 전기 유발전위 측정에 있어서 크게 두 가지 어려움이 제기되었는데, 첫째로 미각유발전위를 순수하게 측정하는 것이 힘들다는 점이다. 미각은 특수감각으로서 일반 순수 감각 기능과는 다른 경로로 뇌에 전달되지만 두피를 통한 유발전위의 측정은 일반순수감각의 흥분도를 포함가능하다는 문제점이 있다(Plattig et al., 1969; Kukimoto et al., 1985). 두 번째로 유발전위는 미각 수용기의 활성화 없이 발생할 수 있다(Plattig et al., 1988). 화학적 자극을 통한 유발전위의 측정에서는 크게 세 가지 어려움이 발견되었는데 첫 번째는 화학적 자극의 경우 전기적 자극보다 자극 시간이 길어진다는 점이다. 두 번째는 피험자에 따라서 혀의 유두의 분포와 특성이 다름에 따라 동일한 화학적 자극을 서로 다른 피험자들에게 가한다는 보장이 없다는 점이다(Rohen, 1973; Sato, 1967). 세 번째로 반복된 화학적 자극에 피험자가 쉽게 적응한다는 점이 있다(Ikui, 1988). 이런 어려움에도 불구하고 유발전위를 통한 미각기능 측정법은 전통적으로 피험자의 주관적인 판단에 의존해 온 방법과는 달리 피험자의 객관적인 미각기능 인지상태를 기록한다는 점에 의의가 있다.

3-2-2. Numerical category와 Labeled magnitude scale(LMS)

수치적으로 미각기능을 측정하는 방법은 각각의 농도에 대한 환자의 인식을 수치로 표현함으로써 이루어진다. 예를 들어, 환자는 아무 맛도 없는 경우를 0이라고 하고 상상할 수 있는 최대로 강한 맛을 12라고 하여 0과 12 사이의 특정 정수를 선택하여 그 실험 용액이 지닌 미각원의 농도를 판단한다(Cowarts, 1989; Deems, 1991). 인간은 미각기능을 수치로 인식하지 못하고 더 강하다 혹은 더 약하다와 같이 맛의 정도 차이가 있

음을 인식할 뿐이지, 이 용액의 맛이 다른 용액의 맛보다 몇 배 더 강하다고 정확하게 판단하는 것은 불가능하다. 그러므로 피험자의 미각기능을 측정함에 있어서 맛의 강함을 특정 숫자를 통해서 표현하도록 하는 것은 한 명의 피험자를 대상으로 하는 미각기능 측정의 경우에만 이용가능성이 넓다. 그 이유는 한 피험자가 몇 번의 테스트를 통해 A 용액의 맛의 정도를 0이라고 대답했다가, 유의한 시간이 흐른 뒤에 A 용액의 맛의 정도를 1이나 2라고 표현한다는 것은 맛을 느끼는 역치가 낮아졌다는 것으로 해석가능하기 때문이다. 이처럼 피험자가 주관적으로 맛을 인지하는 것을 객관적 수치로 변환시키는 과정은 실험자의 입장에서는 해석을 용이하게 할 수 있도록 한다. 수치를 이용한 미각기능 측정은 한 명의 피험자를 대상으로 한 반복된 테스트에 있어서 적절한 방법이 된다. 그러나 개개인별로 다른 주관적인 맛의 인지 기능을 획일화된 범위의 숫자로 표현하는 것은 피험자 사이의 미각기능을 비교하는데 상당한 장애가 따른다. 미각 기능은 개개인이 겪은 미각 경험에 크게 의존하기 때문에 상상할 수 있는 가장 강한 맛이 어떤 맛인가 역시 개개인마다 다르다. 그럼에도 불구하고 모든 피험자는 가장 강한 맛을 12로 놓고 그 사이의 숫자 간격을 1로 해서 0부터 12까지의 맛을 분류해야하는 것은 굉장히 어려운 작업이 될 수 있다. 여러 피험자의 미각기능을 측정하기 위해선 한 개인의 미각기능 측정이 정확해야 하는 게 전제가 되어야 하는데 그 전제조건을 만족시키기 위해선 한 개인에 대한 반복된 미각기능 측정이 선행되어야 한다. 이 점 역시 집단 사이의 미각기능 측정 및 비교 시에 수치적 분석의 걸림돌이 될 수 있다. 수치적 분석은 통계적으로 분석하고 도출된 데이터를 통해서 의미를 부여하는 과정을 수월하도록 할 수 있지만 데이터 자체의 정확성이 떨어지기 때문에 집단에 대한 미각기능 측정에 부적절하고 한 개인의 미각기능 향상 혹은 저하를 측정하기 위한 도구로서는 적절하다고 할 수 있다.

LMS(labeled magnitude scale)(Green et al., 1996)는 최근에 들어서 표준화작업이 필요한 직접적 등급 평가방법(Bartoshuk, 1989)이나 천장효과와 단점이 있는 선형 분류 방법(Cowart, 1989; Deems et al., 1991)을

대체할 수 있는 방법으로 떠오르고 있다. LMS에서는 말로 표현된 어구를 대수적으로 분류하여 피험자에게 제시한다. 예를 들면 “상상할 수 있는 가장 강한 맛” 과 “강한 맛”은 한 단계의 차이가 있더라도 실제 맛의 강도 차이는 실험자의 판단에 따라 10배 혹은 100배 차이가 나도록 디자인될 수 있다. 미각기능을 측정함에 있어서 실제로 피험자가 맛의 강하고 약함을 미각원의 농도에 비례해서 정확하게 분별하는 것은 불가능하기 때문에 미각원의 농도를 대수적으로(algebraically) 차이를 두어 측정을 하는 것은 앞에서 피험자가 각 샘플을 분별할 때 발생할 가능성이 있는 오차를 줄여줄 수 있다. 왜냐하면 각 샘플은 유의할 정도로 충분한 농도 차이를 가지고 있기 때문이다. LMS는 유전적으로 결정된 피험자의 미각상태를 PROP 용액을 이용해 강도 나열을 할 때 정신물리학적으로 유용한 도구로 이용되는 것으로 증명되었다.

3-2-3. 미각기능 측정 척도

미각기능의 역치를 측정하는 것은 피험자가 특정 미각을 감지할 수 있는 미각원의 최소 농도를 알아내는 것을 의미한다. 역치는 일상생활에서 미각의 불편을 호소하는 환자를 평가하는데 있어서 중요한 척도이다. 일반인들이 일상에서 접하는 다양한 음식, 음료 등에 포함된 다양한 미각원은 타액의 분비량이 정상범위 내에 있다고 가정할 때 농도는 일정 범위 내에 속한다. 그러므로 피험자의 특정 맛에 대한 역치가 위의 농도보다 낮다면 그 피험자는 그 맛을 인지할 수 있지만, 역치가 제시된 농도보다 높으면 그 피험자는 그 맛을 인지할 수 없다. 이론적으로는 역치의 측정이 이처럼 미각기능 저하를 호소하는 환자의 미각기능을 객관적으로 판별할 수 있는 것처럼 보이지만, 실제로는 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 낮은 강도의 미각 자극은 한 가지 미각자극이 아닌 여러 가지 미각 반응을 유발한다고 알려져 있다(Bartoshuk et al., 1978; Halpern, 1997). 역치 농도는 맛을 느낄 수 있는 가장 낮은 농도이기 때문에 이 문제점에서 벗어나기가 힘든데 그럼에도 불구하고, 피험자가 여러 가지 미각 중

에서 한 가지 미각을 인식하고 올바르게 선택하는 과정이 포함이 되면 정확하게 미각역치를 측정할 수 있는 것으로 알려져 있다(Weiffenbach, 1983). 처음으로 맛을 인지하는 농도의 미각원이 어떤 종류의 미각인지 피험자가 모르는 상황에서 똑같은 농도의 다른 4가지 맛을 나타내는 용액을 가지고 피험자가 처음에 접한 용액과 동일한 맛의 샘플을 골라내는 경우 피험자는 그 맛에 대한 역치를 인지한 것으로 해석할 수 있다. 미각 역치 측정은 특정 농도를 지닌 맛에 대한 피험자의 인지 여부를 측정하기에 좋은 지표이지만 어떤 맛인지에 대한 판별이 전제되어야 한다는 단점이 있다.

미각의 세기 비율 측정은 역치 이상의 농도에 대한 피험자의 반응을 수치화하는 것이다. 농도 차이를 가진 두 가지 용액을 피험자에게 제시하고 이 둘 사이의 농도 차이를 인지할 수 있는 수준까지 농도 차이를 늘여가면서 환자에게 제시하는 것이 예가 될 수 있다. 이 방법은 음식 산업에서 응용되고 있는데 가령 레모네이드에 적은 양의 설탕부터 많은 양의 설탕까지 포함한 다양한 샘플을 수많은 피험자가 마시도록 해서 어느 맛이 가장 선호되는지를 설문지를 통해 조사하는 것이다(Pangborn and Giovanni, 1984). 현대인들 중에 미각장애를 호소하는 비율 중에서 맛을 느끼기는 하지만 적게 느껴서 불편을 호소하는 환자가 맛을 못 느껴 불편을 호소하는 환자보다 더 많다. 실제로 노인의 경우에 젊은이에 비해서 동일한 미각 자극에 대해서 적은 미각 반응을 보인다(Cowart, 1989). 반대로 동일한 미각 자극에 대해서 일반적으로 더 많은 미각 반응을 보여서 문제가 되는 경우도 있다. 이 두 가지 경우 모두에 있어서 증상을 호소하는 환자의 미각 기능 문제를 파악하기 위해서는 미각 세기 비율을 측정해야 한다. 미각 세기 비율 측정은 미각감퇴와 미각과민을 호소하는 환자에게 적합하다.

미각의 종류를 구분하는 테스트는 미각왜곡을 진단하기에 적합하다. 유쾌한 맛을 불쾌하게 여기거나, 맛을 다르게 느끼는 것을 미각왜곡이라고 하는데 이는 단맛을 쓴맛이라고 느끼는 등 특정 미각을 올바르게 인지하지 못하기 때문에 발생한다. 보통 단맛, 쓴맛, 신맛, 짠맛 네 가지 맛을

지닌 각각의 용액을 피험자에게 제시한 후 4가지 맛을 반복적으로 구분할 수 있는지 없는지를 평가하는 방법을 이용해서 평가한다(Gent et al., 1997; Seiden et al., 1992). 피험자가 맛을 느끼기에 충분한 용액이 제공되어야 하므로 미각원의 농도는 미각 역치를 충분히 넘어야 하고 수차례에 걸쳐서 검정되어야 긍정오류를 줄일 수 있다. 미각 역치나 미각 세기 비율의 측정은 자극에 대한 반응을 조사하는 것이기 때문에 유발전위를 통해서 피험자의 반응을 조사할 수 있으므로 객관적인 실험이 가능하지만, 맛의 종류에 따른 유발전위의 차이에 대한 연구는 아직 이루어지지 않아, 객관적으로 피험자의 맛의 종류 인식 여부를 아는 것은 불가능하고 설문을 통해 피험자의 대답에만 의존해야 한다는 단점이 있다.

3-2-4. 미각 측정에 있어서 데이터 수집의 특이성

미각 기능 측정 과정은 유발전위를 통해서 피험자 반응을 측정하는 경우를 제외하면, 대부분의 다양한 측정 방법에서 피험자의 주관적인 대답을 기록하는 것이 검사 목적을 달성하는 데 가장 중요한 요소가 된다. 그러므로 실험자는 피험자의 대답을 통해 객관적인 결과를 얻기 위해서 정신물리학적 다양한 방법을 모색하고 있다. 정신물리학은 물리적 자극과 이를 수용하는 또는 지각하는 관계를 연구하는 심리학의 한 분야이다. 미각기능 측정은 피험자의 지각을 토대로 결과를 판단하기 때문에 정신물리학적 방법을 이용하는 것이 도움이 된다. 미각기능 측정에 쓰이는 대표적인 정신물리학적 방법으로 two-alternative forced-choice tracking procedure가 있다. 피험자 혀의 특정 부분에 전류를 띠는 전극과 전류를 띠지 않는 전극을 임의적으로 또는 연속적으로 전달하여 피험자가 연속으로 다섯 번 전류가 있는 전극을 선택할 때까지의 전류를 역치로 인정한다(Murphy et al., 1995). 다섯 번 연속으로 전류가 있는 전극을 선택하고 여섯 번 째에 잘못된 선택을 하는 가능성은 1/64이기 때문에 위의 방법으로 측정한 역치가 우연히 발견될 확률은 1/64로 낮다. 8 cup-test는 8개의 컵 중에 4개의 컵에는 순수한 물이 들어 있고 4개의

컵에는 미각자극을 포함한 용액이 들어 있어서 피험자가 연속적으로 미각자극을 포함한 용액을 4번 선택하는 방법으로 미각역치를 측정한다. 이 경우에 측정한 미각 역치가 피험자가 임의적으로 선택해서 도출된 미각역치와 동일한 확률은 $(8/4)(3/7)(2/6)(1/5)=1/70$ 이다. 이처럼 다양한 방법들 임의적으로 피험자가 선택한 결과가 의도적으로 측정한 결과와 동일한 확률이 적을수록 결과는 믿을 만하다. 피험자의 지각을 통한 미각기능 측정은 이 확률을 낮추기 위한 노력이 꼭 필요하다는 점에서 실험과정 설계 시 많은 주의가 필요하다. 실제로 각각의 방법으로 실험한 결과 동일한 피험자를 대상으로 동일한 미각 자극에 대한 역치 결과가 다르게 나타났는데, 이는 데이터를 수집함에 있어서 어떤 과정으로 실험을 수행하느냐에 따라 결과가 달라진다는 점을 시사한다(Weiffenbach et al., 1983).

4. 임상 미각 기능 측정법의 필요조건들

4-1. 미각기능 측정시간

현재 미각 관련 진료실에서 쓰이는 미각 기능 측정법은 환자와 전문가 사이의 접촉으로 최소한 1시간 이상 소요된다고 알려져 있다(Deems et al., 1991). 미각기능 측정에 필요한 시간은 짧을수록 좋지만, 단 한 번의 측정으로 결과를 판단하는 경우는 없다. 예를 들면, 정신물리학적 방법을 통한 미각기능 역치를 측정한다고 했을 때, 임상가는 한 번의 테스트로 환자의 역치를 결정하는 것은 불가능하다. 표준적인 농도의 용액을 통해 환자가 인지하는지 못하는지에 대한 판단을 통해서 다음 테스트에는 농도를 높일 것인지, 낮출 건인지를 결정하는 과정이 필수적이다. 이와 같은 방법으로 여러 번 테스트를 한 후 결정된 환자의 미각 역치에 대한 진위여부를 가리는 맹검 테스트 또한 행해야 하고 각 과정 사이에는 환자의 입을 헹구거나, 미각이 쉴 수 있도록 휴식을 취하는 시간 또한 필

요하기 때문에 한 환자를 대상으로 하는 미각 역치 측정은 긴 시간이 소요될 수밖에 없다. 실제로 현재까지 진료실에서 정신물리화학적 방법으로 환자의 미각 기능 역치를 측정하는 방법은 드물게 사용되고 있으며 주로 연구를 위해서만 사용되고 있을 뿐이다. 환자의 인지를 바탕으로 한 미각기능 측정법과는 달리 전기적 자극과 이에 따른 대뇌피질의 반응을 측정하는 미각측정기를 통한 미각기능 측정법은 정신물리화학적 방법을 통한 미각기능 측정법에 비해서 시간이 덜 소요된다. 그 이유는 전자의 경우 자극의 강도와 시간을 쉽게 조절할 수 있고, 모니터를 통해서 환자의 반응을 즉각적으로 관찰할 수 있으며 환자의 실수로 인한 오류의 발생 가능성도 없기 때문이다. 임상에서 미각기능 측정법을 사용하는데 있어서 환자가 참여해야 하는 시간은 중요하다. 여러 미각기능 측정방법에 따라서 걸리는 시간이 다르기 때문에 임상가는 짧은 시간이 소요되는 측정방법만을 고집해서는 안 되고 그 방법의 본연적인 장단점을 잘 고려해서 적절한 소요 시간을 가지는 측정방법을 선택해야 한다.

4-2. 측정비용

미각 기능 측정에 소요되는 비용이 적절해야 미각장애 호소 환자뿐만 아니라 정상인도 미각기능 측정을 할 수 있는 기회가 생기고, 이는 결국 미각 기능에 대한 이해를 넓혀 보다 정확한 미각기능 측정을 가능하도록 해준다. 그러므로 미각기능 측정비용은 저렴할수록 좋다.

4-3. 적정성(appropriateness)

미각장애 검사는 미각장애 환자를 대상으로 실시되어야 한다. 현재 진료실에서의 환자 분류는 전반적인 미각 기능 측정을 소수의 환자에게만 실시하도록 제한한다(Cowart et al., 1997; Deems et al., 1991; Mott et al., 1993; Seiden et al., 1992). 미각 장애를 호소하는 환자들 중 소수는 미각장애와 후각장애의 혼란과 관련이 있기 때문에 진료실에서 기능 검

사를 하기 전에 환자 분류를 하는 것은 중요하다. 화학적 감각 장애를 호소하는 환자들 중 삼분의 이는 미각장애를 호소하였지만, 미각장애를 호소하는 환자의 87%는 후각 장애를 호소하였고, 전체 환자의 4% 만이 미각장애로 판명이 되었다(Deems et al., 1991). 이런 혼란을 제거하기 위해 처음 진료실에 방문한 환자는 화학적 감각과 관련된 질문이 아닌 특정 미각(단맛, 쓴맛, 신맛, 짠맛)에 대한 질문에 초점이 맞추어 줘야 한다(Gent et al., 1987; Mott et al., 1993). 코네티컷 대학의 미각 후각 진료실에서는 493명의 환자를 중 42%가 하나, 둘, 셋 혹은 네 가지의 미각 장애를 호소했다

Table 4는 미각장애를 호소하는 환자와 그렇지 않은 환자를 분류하고 각각의 환자들에 대해서 네 가지 미각원을 포함하는 용액(sucrose, NaCl, citric acid, quinine-HCl)을 사용하여 환자가 느끼는 미각 세기를 나타낸 표이다. 위의 표에서 대조군의 4%만이 미각 세기를 200이하라고 느낀 반면에 미각장애를 호소하는 환자의 28%가 미각 세기를 200이하라고 느꼈다. 이는 전체 미각장애 호소 환자의 단지 28%에서 실제로 미각 소실이 일어났다는 것을 의미한다. 임상에서 미각기능 측정법을 잘 사용하기 위해서는 미각장애 호소환자에 대한 정확한 이해가 선행되어야 하며, 이런 선행과정이 없으면 환자에게 불필요한 검사를 하게 되는 결과를 낳게 된다.

4-4. 간결성(conciseness)

미각 기능 측정의 목적을 이루기 위해서 되도록 간결한 방법을 사용하는 것이 좋다. 방법이 간결할수록 시간이 절약되고 환자의 집중력이 저하되는 것도 방지할 수 있기 때문이다. 구강 내 전체의 미각기능 측정법 절차의 경우에 네 가지 미각에 대한 다양한 농도의 용액을 미각 역치나 세기를 측정하는데 사용된다(Gent et al., 1997). 전반적인 혀의 부분적 화학적 자극을 통한 미각기능 측정법(6 구역, 4 가지 미각)은 24개의 하위검사(6*4)로 구성되어 있다(Tomita et al., 1986). 전기적 자극으로 혀

의 부분적인 미각기능 측정을 하게 되면 6개의 하위검사로 구성된다. 왜냐하면 전기적 자극은 미각의 종류를 구분할 필요가 없기 때문이다. 전기적 자극은 환자가 각각의 테스트마다 입을 행구어 용액을 씻어낼 필요가 없기 때문에 보다 빨리 진행될 수 있는 장점도 있다(Stilman et al., 2000; Tomita et al., 1986). 그러나 전기적 자극에 사용되는 전극은 음극이기 때문에 양이온(Na^+ , H^+)의 움직임을 이온 채널에서 이끌어 낸다(Herness, 1985a; Ninomiya and Funakoshi, 1989). 그러므로 음극을 이용한 전기적 자극은 금속 맛 혹은 쓰거나 짠맛을 흉내 낸다고 알려져 있다(Bujas, 1971; Bujas et al., 1986). 전기적 자극은 단맛이나 신맛에 대한 미각장애의 정확한 측정이 어렵지만 미각 신경의 결여로 인한 미각 소실 등 미각 자체의 소실에 대한 혐의 부분적 미각 기능 측정에는 충분하다(Grant et al., 1989; Groves and Gibson, 1974). 그러므로 미각기능 측정의 목적이 각각의 맛의 종류에 대한 것인지 전체 미각에 대한 것인지에 따라서 방법을 달리해야 한다. 개별적인 미각에 대한 장애를 호소하는 환자의 경우에는 전기적 자극보다는 화학적 자극을, 미각 자체에 대한 장애를 호소하는 환자의 경우는 화학적 자극보다는 전기적 자극을 사용하여 보다 간결하게 측정의 목적을 달성하는 것이 바람직하다.

4-5. 휴대성(portability)

휴대가 가능하고 환자가 스스로 미각 기능을 측정 가능한 장치는 미각 기능을 시간에 따라서 파악할 수 있는 장점이 있다. 과거에 후각기능을 측정할 수 있는 작고 휴대가능한 간편한 장치가 개발되었다(Doty et al., 1984). 이 장치는 임상적으로 측정된 후각 역치와 후각 판별에 있어서 비교적 정확한 결과를 보여주었기 때문에 한 환자의 후각 기능 변화에 대한 이해를 한층 높여주었다(Cain and Rabin, 1989). 환자의 집에서 스스로 측정할 수 있는 전기적 자극을 이용한 미각기능 측정 장치가 개발되고는 있지만 현재까지는 이용을 적극 추천하고 있지는 않다(Frank and Smith, 1991). 전기적 자극을 이용하지 않고 특정 맛(PTC 등)을 포

함하는 종이 막대, 정제, 과자류(Hummel et al., 2001; Ahne et al., 2000) 등을 이용해 이용자의 구강 전체의 미각기능을 측정하는 방법은 있다. 특히 PTC를 이용한 방법은 이용자의 미각에 유전적인 표현형 연구에 이용되고 있다(Reed et al., 1999). 그러나 전기적 자극을 이용한 자가 이용 미각기능 측정법이 유용하지 못하다는 점, 화학적 자극을 이용한 자가 이용 미각기능 측정법은 구강 전체를 통해서만 측정이 가능하다는 점에서 아직까지는 임상적 이용에 한계가 있다. 휴대 가능하고 자가 측정이 가능한 미각 기능 측정법은 비용이 적고 시간이 절약되며, 시간의 흐름에 따라 수차례 환자의 미각 기능의 변화를 측정 가능하다. 그러나 환자의 협조가 매우 중요하고 임상가가 미각 기능 측정 과정에서 배제되어 있기 때문에 정확한 측정 상황을 예측하기 힘들다는 점에서 단점이 있다. 그런 면에서 전기적 자극을 이용한 자가 이용 미각기능 측정법은 자극의 수준과 자극 위치를 환자 스스로 조절할 수 있고 결과를 이용자가 숫자로 확인가능하기 때문에 자가 이용의 부정확한 미각 기능 측정을 보완할 수 있다.

4-6. 신뢰성(reliability)

미각 기능을 측정한 후 그 결과를 믿기 위해서는 신뢰도가 있어야 한다. 동일한 피험자가 동일한 표본을 이용해서 10 차례 미각 역치를 측정하였을 때 10개의 수치는 비교적 균일해야 한다. 만일 10개의 수치들 가운데 균일성이 발견되지 않는다면 이 10개의 결과 중에 믿을 만한 결과는 하나도 없게 되는 것이다. 그리고 한 사람이 여러 차례 측정을 시행한 결과 사이들 뿐만 아니라 여러 사람들의 측정 결과 사이에서도 균일성을 보여야 한다. 정상범주라는 것은 논리적으로 도출되는 결론이 아니고 귀납적인 방법으로 측정되는 것이기 때문에 미각기능을 측정한 많은 피험자들이 내놓은 결과를 바탕으로 정해지는 것이다. 그러므로 이 결과들 또한 균일성이 있어야 정상범주를 신뢰할 수 있고 이 정상 범주를 바탕으로 정상과 비정상을 구분할 수 있다. 동일한 임상적 미각 기능 측정

법이 동일한 결과를 꾸준히 보여주는지에 관한 신뢰도가 연구되었다. 특히 동일한 측정을 여러 회 시행한 이 결과들 사이의 상관계수 (correlation coefficients)는 측정하려는 기능의 범주에 따라 다르다는 점이 연구를 통해서 밝혀졌다. 예를 들면, 정상인 32명에 대해서 n-butanol에 대한 좁은 범위의 후각 기능에 대한 역치 측정을 반복적으로 시행한 경우 상관계수는 0.68로 나타났다(Cain and Gent, 1991). 반면에, 35명을 대상으로 넓은 범위의 후각 기능에 대한 역치 측정에 있어서는 상관계수가 0.95였다(Doty et al., 1985). 이는 신뢰도를 산출하기 위해서 기능의 범위를 측정할 때 기능의 범위가 넓을수록 연관계수는 높다진다는 것을 의미한다.

미각의 세기 비율 측정에 관해서도 신뢰도가 연구되었다. Uconn Taste and Smell clinic에서 환자들로부터 sucrose, NaCl, citric acid, quinine-HCl, 그리고 PROP의 여러 농도를 가진 용액을 통해 한 환자에게 동일한 측정을 두 번 실시해서 미각 세기 비율 측정을 실시하였다. 그 결과 사용한 용액에 따라서 상관계수가 다르게 나타났으며 같은 종류의 용액이라고 하더라도 미각이 정상 사람과 미각 장애를 호소하는 사람 사이에는 다른 상관 계수가 나타났다(Table 5). 동일한 피험자를 대상으로 미각세기 비율 측정에 대한 상관계수는 0.72가 나왔으나 미각 역치에 대한 상관계수는 0.86으로 나타난 연구도 있다(Mattes, 1988). 피험자의 수가 12명에 불과하지만 역치 부근의 미각 자극과 역치를 넘어서는 범위의 미각 자극에 대한 피험자 인지의 신뢰도가 유효하게 차이가 있다. 다른 말로 하면 미각 역치를 넘어서는 자극에 대한 미각세기 비율의 측정은 역치 측정보다 주관적일 수 있기 때문에 측정자는 이를 고려하여야 한다.

4-7. 유효성(validity)

어떤 측정법이 유효성이 있다는 것은 측정하고자 하는 목적이 측정 결과에 반영되어 측정 목적을 달성할 수 있다는 것을 의미한다. 미각 기능

측정이 미각 기능의 장애 또는 정상 여부를 판단할 수 있다면 그 측정의 유효성이 있는 것이다. 미각 장애를 위한 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 그리고 양성예측도(positive predictive value)가 임상적인 미각 기능 측정의 유효성을 의미한다(Doty, 1992). 민감도는 미각장애를 가진 사람들 중에 측정에서 양성 결과가 나온 비율을 의미한다. 특이도는 미각장애가 없는 사람들 중에서 실제로 음성 결과가 나온 비율을 의미한다. 마지막으로 양성예측도는 전체 인원 중에서 실제로 미각장애가 있는 인원의 비율을 의미한다. 세 가지 지표 모두 1.00 이 나오는 경우 위 측정은 이상적이다. 유효성의 판단은 측정하고자 하는 목적에 부합하느냐 안하느냐와 같이 이원적으로 나눈다. 미각 장애의 경우에는 특정 인원들이 미각 장애가 있는지, 없는지를 통해서 측정법의 유효성을 판단한다. 그러므로 특정 환자가 얼마나 미각 장애가 심한지 심하지 않은지는 유효성의 판단에 있어서 필요하지 않기 때문에 유효성은 임상에 있어서 질환의 심각성에 대한 정보는 제공하지 못한다.

임상 기능 측정의 유효성 판단을 쉽게 할 수 있는 방법은 기존에 미각 장애를 지닌 환자들을 대상으로 측정을 실시한 후에 측정결과가 미각장애를 모두 반영하는지를 분별하는 것이다. 정상인 15명을 클로로헥시딘으로 처리해서 쓴 맛을 못 느끼게 한 상태에서 위와 같은 방법으로 유효성을 판단하는 실험을 실시하였다(Frank et al., 2001; Gent et al., 1999; Helms et al., 1995). Quinine-HCl과 citric acid에 대한 미각 세기 비율을 15명을 대상으로 실시하여 정상인과 비교했는데, 15명중 10명이 쓴맛을 잘 못 느끼는 것으로 나타났다. 이는 유효성이 0.67이라는 것을 의미한다. 신 맛에 대해서는 15명 중에 13명이 정상으로 나타났기 때문에 신맛의 “correct rejection rate”는 0.87이다. 위 결과는 정상과 비정상의 기준을 15th percentile rating에 맞추어 판별하였지만 이 기준이 달라지면 유효성 또한 달라진다. 이처럼 사용하고자 하는 미각 기능 측정법의 유효성은 판단 기준의 영향을 받는다. 그러므로 측정자는 판별 기준을 엄격하게 적용해서 유효성을 유리하게 바꾸는 일을 방지해야 한다.

미각 기능은 연령, 환자의 상태에 따라서 다양한 양상으로 나타날 뿐만

아니라 구분된 집단들 사이에 미각 기능이 명확하게 구분되지 않고 공통된 범위를 공유하는 경우가 많다. 그러므로 측정의 유효성을 계산하기 위한 cut-off를 정하는데 있어서 모든 사람을 대상으로 동일한 기준을 적용해서는 안 되고 부분 모집단에 대해서 개별적으로 적용하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 미각 장애를 호소하는 환자군이 미각장애를 실제로 가지고 있는지를 검정하는 cut-off의 기준과 미각장애를 호소하지 않는 정상인이 실제로 미각장애를 지니고 있는지에 대한 cut-off는 달라야 한다. 미각장애를 호소하는 피험자들을 대상으로 한 유효성 파악의 cut-off가 정상인을 대상으로 한 기준보다 더 낮아야 한다. 만일 똑같은 기준으로 두 집단에 대한 미각기능 측정의 유효성을 파악하게 되면, cut-off가 낮게 측정된 경우에는 정상군에 대한 유효성은 높아지고 장애 호소군에 대한 유효성은 낮아진다. 반대로, cut-off가 높게 측정된 경우에는 정상군에 대한 유효성은 낮아지고 장애 호소군에 대한 유효성은 높아진다. 측정의 유효성이 특정 군에서는 높고 다른 군에서는 낮은 것은 측정의 신뢰도에 악영향을 끼친다. 어떤 측정법의 유효성은 여러 집단에 대해서 균일한 것이 바람직하기 때문에 집단의 분류 기준이 합리적인 경우 cutoff를 달리 적용하는 것이 옳다. 가장 이상적인 것은 미각 장애에 영향을 미치는 다양한 요소들, 나이, 성별, 약물, 유전적인 요소, 전신적 질환 등을 모두 고려해 개개인의 환자에 대한 유효성을 달리 측정하는 것이다.

4-8. 독립성(independency)

미각 기능 측정에 있어서의 독립성은 개별적인 미각기능의 측정을 하는 경우 각각의 측정 결과가 서로 영향을 미치지 않아야 한다는 것을 의미한다. 미각 기능의 측정은 한 번의 측정으로 끝나는 경우가 없다. 농도를 달리 하거나 부위를 달리 하는 경우가 많고, 단일 농도에 대한 미각 기능을 측정하더라도 여러 회에 걸쳐서 측정을 실시해 믿을만한 결과를 얻을 필요가 있기 때문이다. 다른 감각기관과 마찬가지로 미각 기능도 기

능을 하고 자극에 노출되어짐에 따라 점차적으로 적응을 하게 된다. 반복된 자극에 대한 반응의 강도가 약해지게 되면 동일한 반응을 얻어내기 위해서 더 높은 자극이 필요하게 된다. 적응에 대한 고려 없이 연속된 측정을 실시하면 역치나 반응 세기 측정에 있어서 왜곡된 결과가 나타날 수 있다. 미각 자극원을 통한 미각기능 측정을 실시할 경우 사용된 자극원이 측정 후 구강 내에 잔존하는 경우가 있을 수 있다. 잔존하는 자극원은 다음에 가해지는 미각 자극의 강도에 영향을 끼쳐서 반응 결과와 예상과 다르게 나타날 수 있다. 전기적 자극을 이용한 미각 기능 측정법도 똑같은 문제점이 있다. 전기적 자극은 피험자가 금속성 맛을 느끼게 하는 것으로 알려져 있고, 이 금속성 자극은 일정 기간 피험자의 인식하게 된다. 자극의 적응으로 인한 왜곡된 결과를 피하고 미각 기능 측정법의 독립성을 파악하기 위해서 다양한 방법이 시행되었다. 예를 들어, 한번 미각 기능 측정 후 식염수로 구강 내를 양치하고 충분한 휴식을 가지는 방법이 있다. 식염수는 짠 맛에 대한 적응을 해결하는 데 문제점이 있어서 양치 용액으로 제안되지 않는다.

5. 현재까지의 미각 기능 측정법

5-1. Three drop and 8-cup techniques(TDEC)

TDEC는 구강 전체를 통해서 미각 역치를 측정하는 오래된 방법이다. 두 방법은 위양성일 가능성이 다르지만 추가적인 측정을 추가하느냐, 혹은 농도의 변화를 어떻게 정하느냐에 따라 그 가능성은 달라진다. TD(1/+3)의 경우, 피험자는 하나는 미각원을 포함한 용액을 두 개는 미각원을 포함하지 않는 순수한 물을 매 테스트마다 제공받는다. 미각 역치는 피험자가 연속으로 세 번 혹은 세 번 중에서 두 번을 정확하게 세 방울 중에서 미각원을 포함한 방울을 선택해야 하고, 그 다음으로 낮은 농도에서는 세 번 모두 순수한 물방울을 선택하거나, 세 번 중에서 두

번을 순수한 물방울을 선택한 경우에 이전 농도로 결정 된다. EC의 경우에는, 피험자는 매 시도마다 8개의 컵을 제시받는다. 그 중에 4개의 컵은 미각원을 포함하고 나머지 4개는 순수한 물이다. 피험자가 8개의 컵 중에서 차례대로 미각원을 포함한 컵을 연속적으로 4개 선택한 경우에 미각 역치의 후보가 될 수 있다. 피험자가 다음으로 낮은 농도에서 4차례의 선택에서 2번 혹은 그 이상의 실수를 저지르면 이전 농도는 미각 역치가 된다(Weiffenbach et al, 1983).

5-2. Taste strips

Taste strips(TS)를 이용한 미각 기능 측정법은 네 가지 다른 맛(단맛, 쓴맛, 짠맛, 신맛)을 네 가지 농도로 거름종이에 주입하여 건조된 작은 스푼 모양의 종이조각을 이용한다. 이 방법은 보통 8분 정도가 소요되기 때문에 다른 미각기능 측정법에 비해서 시간이 절약된다. 그리고 TS의 유통기한이 액상 미각자극원보다 길기 때문에 장기간 보관이 가능하다는 장점이 있다. TS는 구강 전체가 아니라 혀의 일부분에 적용 가능하기 때문에 구강 내의 일부분에 대한 미각 기능을 측정가능하다. 혀의 전방 2/3과 후방 1/3의 미각을 담당하는 신경이 다르기 때문에 구강 전체 혹은 혀의 전체에 대한 미각기능측정과 혀의 일부분에 대한 미각기능 측정의 구별은 환자의 평가에 있어서 중요한 사항이다. 왜냐하면 높은 밀도의 미뢰가 분포하고 있는 혀의 전방 2/3에서 문제를 일으켜서 주로 미각 장애를 일으킨다는 연구가 있기 때문이다.(Landis and Lacroix, 2006; Landis et al., 2006) 물론 혀의 후방 1/3에 대한 부분적 검사도 가능하다. 또한 전문가가 아니더라도 측정을 수행하기가 용이하므로 전문가의 도움 없이도 미각 기능을 측정할 수 있고 쉽게 휴대가 가능하다는 점도 큰 장점이다. TS는 전기미각검사법과는 달리 네 가지 맛 모두에 대해서 적용이 가능하며 각각의 맛에 대해서 정량적인 측정 또한 가능하기 때문에 임상적으로 그 유용성이 인정된다. TS를 통해서 연령과 성별에 따른 미각기능의 차이 및 미각감퇴를 감별하기 위한 기준에 관한 normative

value에 대해서 연구한 결과 그 임상적 유용성이 인정되었다(Landis et al., 2009).

TS는 네 가지 맛에 대한 네 가지 농도를 지닌 16개의 strips와 아무 맛을 포함하지 않는(blank) strips 2개로써 총 18개의 strips으로 구성되며 네 가지 맛에 대해서는 임의적이지만 농도의 순서는 낮은 농도에서 높은 농도로 증가시키면서 피험자에게 적용한다. 매 strip은 처음 strip을 적용한 부위와 동일한 부위에 적용하도록 노력한다. 그리고 피험자는 입을 다문 후에 다섯 가지 답안(짠 맛, 쓴 맛, 단 맛, 신 맛, 무 맛) 중에 하나를 선택해야 하고 각각의 평가 사이에 물로 입안을 행구는 과정이 필요하다(Mueller et al., 2003).

TS는 제품 자체의 특성으로 인해서 구강 전체에 대한 미각 기능 측정을 할 수 없다. 실제 임상에서 미각 기능 측정의 결과는 구강 내의 국소적인 부분에 대한 측정 결과는 신뢰할 수가 없고 반드시 구강 전체를 포함하는 측정도 해야 하는 것으로 알려져 있다.(Gudziol and Hummel, 2006) 그러므로 임상적으로 환자의 미각 기능을 정확하게 파악하기 위해서는 한 가지 방법에만 의존해서는 안 되고 두 가지 접근 방법을 모두 적용하는 것이 바람직하다.

5-3. Filter paper disk(FPD)

FPD를 이용한 미각 기능 측정법은 비교적 재현성이 높게 미각 기능을 측정 가능하다고 알려져 있으며 현재 일본에서 전기미각검사법과 함께 가장 많이 사용되고 있는 측정법이다. TS와 마찬가지로 구강 내의 국소적인 부분에 적용이 가능하다. FPD는 지름이 5mm의 원형이고 네 가지 맛의 용액으로 적셔져 있으며 각 맛에 대해서 5가지 농도(총 20개)로 구성되어 있다. 이 디스크는 혀의 동일한 부위에 놓여진다. 보통 FPD는 가장 낮은 농도의 디스크부터 적용하고 피험자가 그 디스크가 포함하는 맛의 종류를 정확하게 판단할 때까지 순차적으로 농도가 증가된 디스크를 적용한 후 피험자의 미각 역치를 측정하는데 주로 이용된다. 30명에 대

해서 FPD의 normative thresholds를 평가한 결과는 Table 6.과 같은데 낮은 수치일수록 맛에 대한 민감도가 크다고 말할 수 있다. 실제로 FPD와 전기미각검사법의 상관계수를 측정한 결과 쓴 맛을 제외하고 양호한 결과를 보여주었다(Berling et al., 2011). FPD는 TS와 마찬가지로 휴대가 가능하고 비교적 간편하게 미각기능 측정이 가능하다.

FPD는 용액을 종이에 적셔서 사용하기 때문에 건조되어 제작된 TS보다 유통기한이 짧아서 오랜 기간 동안 보관을 할 수 없고 주기적으로 새로운 용액을 제작하여야 한다는 단점이 있으나 비교적 안정적으로 미각기능을 측정할 수 있기 때문에 즐겨 사용되는 미각 기능 측정법이다. TS와 마찬가지로 국소적인 미각 기능 측정이라는 점에서 그 한계가 있어서 구강 전체에 대한 미각기능 측정이 추가적으로 필요하다. FPD와 TS 사이에서 미각기능 측정에 대한 상관관계에 대한 연구는 아직 알려져 있지 않기 때문에 두 방법 중에 어느 것이 더 미각기능 측정에 적합한지는 단정 지을 수 없다.

5-4. Event related potential

현재까지 사용되고 있는 다양한 미각기능 측정법은 대부분 피험자의 응답에 의존해서 결과를 기록하였다. 그러므로 환자의 응답을 바탕으로 객관적인 결과를 도출해내기 위해서 다양한 정신물리학적 방법을 사용하는데 이는 환자의 절대적인 협조가 필요하고, 환자가 적극적으로 협조를 하더라도 환자의 의지와 상관없이 인지과정 자체에서 발생하는 오류로 인한 한계에 대해서 이미 언급하였다. 특히 정신이상 환자, 어린이, 그리고 노인과 장애인 등의 미각기능을 정신물리학적 방법을 통해서 측정할 경우 정확한 판단 및 의사소통이 어렵기 때문에 미각 장애 여부를 정확하게 판단할 수 없어 미각장애로 인한 불편을 해결하기 위한 진단과정에 큰 어려움이 있다. 이처럼 정신물리학적 방법에서 오는 근원적인 한계를 극복하기 위해서 event related potential(ERP)가 약 10년 전부터 개발되고 있다. 후각 기능 측정에 있어서는 ERP가 진료실에서 일상

적으로 사용되고 있지만, 미각기능 측정에 있어서 ERP는 그 장래성에도 불구하고 현재까지 진료실에서 일상적으로 사용되는 방법은 아니다 (Hummel and Kobal, 2001). ERP는 여러 가지 미각 자극에 대한 피험자의 반응을 피험자의 의사표현에 의존하지 않고 피험자의 객관적인 신체적 반응에 의존해서 결과를 기록한다.

미각자극에 대한 객관적인 반응은 피험자의 두피의 특정 부위(Cz, Fz, Pz)에 EEG를 측정하기 위한 전극을 붙이고 미각자극을 가한 후에 미각자극에 대한 반응을 모니터링한 후 미각과 관련 없는 자극, 예를 들면 후각, 청각, 또는 아무런 자극을 가하지 않는 경우 등에 대한 반응을 소거하여 기록된 EEG의 진폭과 latency를 통해서 관찰한다. ERP를 통해서 미각기능을 측정해본 결과 자극 세기가 클수록 반응의 크기가 크고 짧은 잠복시를 나타내었다. 여자의 경우에 남자보다 큰 크기와 짧은 잠복기를 나타내었고 매 측정마다 재현성 또한 우수하게 나타났다 (Hummel, 2009).

ERP는 앞에서 언급한 것처럼 그 의의가 명확하지만 아래와 같은 단점이 있다. 첫째로, EEG는 다른 자극의 영향을 많이 받기 때문에 측정 환경에 따라 그 결과가 달라질 수 있다. 이 같은 이유로 촉각이나 후각적인 자극을 방지하기 위해서 비강을 일정한 온도에서 습기 있는 공기에 미각자극원을 포함시키는 방법이나 비슷한 원리로 지속적인 액체의 흐름을 제공하는 방법 등이 제안되었다(Kobayakawa et al., 1996). 두 번째로, 피험자를 대상으로 동일한 자극에 대해서 정신물리학적 결과와 ERP의 결과가 비례관계를 보이지 않는다는 점이다. 그렇게 때문에 후각기능에 대한 ERP를 독립적으로 사용하여서는 후각기능이 있는지 없는지의 유무만 판단이 가능하며, 정신물리학적 방법이 함께 사용되거나, ERP는 피험자의 후각기능 유무 판단에만 사용해야 한다는 견해가 있다 (Lotsch and Hummel, 2006). 미각의 경우도 이 점이 반드시 고려되어야 한다. 세 번째로, ERP에 대한 연구기간은 다른 미각기능 측정법에 비해서 짧기 때문에 연구 자료가 부족하며, 대뇌 피질의 미각 담당 구역의 반응에 대한 정확한 측정 방법 역시 많은 발전이 필요하다.

ERP는 다른 미각기능 측정법과는 달리 자극에 대한 피험자의 반응을 객관적으로 측정하는 방법에 가장 큰 의의가 있으며, 어린이, 노인, 그리고 장애인과 같은 의사소통이 정확하게 되지 않는 환자들에 대한 미각 장애를 진단할 수 있는 유일한 방법으로서 꾸준히 연구되고 발전되어야 한다.

5-5. 자가보고법(Self reports)

후각기능은 현재 임상적으로 표준적인 절차로 측정되고 있지만, 표준적인 미각기능 측정은 아직까지 제시되고 있지 않다. 그 이유로는 진료실에서 신속하고 믿을만한 측정이 매우 어렵고 미각기능 장애 인구가 전체 인구에서 차지하는 비율이 매우 낮기 때문이다(실제로 미각장애를 호소하는 환자 중에 후각기능에 장애가 있는 환자가 많다). 미각기능 측정의 신뢰할 만한 결과를 얻기 위해서 여러 차례 측정을 실시해야 하고, 혀의 다양한 부위가 미각에 관여하고 있으며 그들의 역할이 다르고, 미각이 다양하기 때문에 미각 기능 측정은 상당한 시간이 요구된다. 또한 용액을 이용한 미각 자극의 경우에는 용액을 만드는 데 시간이 많이 걸리고, 유통기한이 짧기 때문에 몇일 내로 용액을 다시 제작하여야 한다. 이러한 문제점을 겪지 않기 위한 방법 중 하나가 미각 장애를 지닌 사람에게 직접 설문지를 통하여 미각기능을 평가하는 것이다. 예를 들면, 환자에게 초콜릿의 맛을 느낄 수 있는지 없는지를 물어보면 이 질문은 미각과 후각을 모두 포함하는 질문이 되지만, 환자에게 초콜릿의 단맛 혹은 쓴맛을 느낄 수 있는지를 물어보면 이 질문은 미각에 초점을 맞춘 질문이 될 수 있기 때문에, 적절한 질문으로 구성된 설문지는 미각장애를 평가하는 중요한 잣대가 될 수 있는 것이다.

설문지를 통한 미각장애 판별의 정확성은 현재까지 알려져 있지 않다. 한 연구에 의하면 일반적으로 미각장애를 발견하기 위한 설문지의 정확성을 실제 구강 전체 및 국소적인 부분에 대한 미각기능 측정과 비교한 결과 민감도, 특이도와 양성예측도는 비교적 낮은 것으로 나타났으나, 미

각장애가 없다는 것을 발견하는 데 있어서는 정확한 결과가 나타났다 (Soter et al., 2008).

설문지를 통한 미각기능 측정법의 문제점으로는 첫째로 설문지 문항이 애매모호하다는 점이다. 선택문항의 숫자를 늘리면 피험자가 선택하기에 어려워 주관적인 선택이 될 가능성이 매우 높아지고 적으면 선택 문항 사이의 차이가 커져서 세밀한 측정이 어렵다. 두 번째로 설문지의 결과를 종합한 점수를 통해서 미각장애를 구분 짓는 경계선을 판단하는 것이 임의적이다. 전체 인구 중에서 만일 5%가 미각 장애일 경우에 설문지를 통한 점수가 하위 5%이면 미각 장애라고 판단내리는 것은 설문 자체가 지닌 한계인 것이다. 세 번째로 설문지에 대한 답변은 환자가 지닌 오랜 기간 동안의 경험과 기억에 의존해서 만들어지기 때문에 다른 미각 측정에 비해서 환자의 주관적인 인식이 매우 크게 작용한다. 실제 다른 미각기능 측정의 경우에도 환자의 주관적 인식이 작용하기는 하지만 미각기능을 측정하는 그 순간의 경험이 결과에 가장 큰 비중을 차지하고 있다는 점에서 설문지를 이용하는 것보다는 덜 주관적이다. 이런 주관적인 인식은 실제 환자가 진료실에 미각장애를 주소로 방문했을 경우에 설문지의 결과에 더욱 큰 영향을 미치게 된다. 미각장애를 지니고 있다고 생각하는 환자는 미각장애를 물어보는 질문에 대해서 미각장애를 가지고 있다고 답변하는 경향이 크다. 환자는 본인의 주소에 반하는 답변을 하지 않으려고 하기 때문이다. 실제 후각기능에 대한 설문지 경우에 후각기능에 대한 테스트를 하고 난 후에 설문을 하는 경우가 테스트를 하기 전에 설문을 하는 경우보다 더 정확한 결과가 나타났다는 것은 환자 스스로 본인의 상태에 대한 인식을 설문지에 투영하려는 경향이 있다는 것을 증명한다(Landis et al., 2003).

이러한 한계에도 불구하고 설문지를 통한 미각기능 측정은 환자가 미각장애가 없다는 것을 증명하는 데에는 큰 도움(NPV가 높다는 점)이 되고, 환자의 주관적인 주소 호소를 객관적인 수치로 나타내는 쪽으로 이용할 경우에 좋은 도구이기 때문에 그 임상적인 유용성이 인정된다.

5-6. 전기미각검사법(electrogustometry)

전기미각검사법(electrogustometry, EGM)은 FPD와 함께 일본에서 가장 인기 있게 사용되고 있는 미각 기능 측정법이다. EGM은 전극을 이용해서 구강 내에 부분적으로 자극을 가한다. 전극은 보통 작은 금속 디스크의 형태이며 이러한 전극의 형태 때문에 EGM은 구강의 부분적인 미각기능의 측정에만 이용할 수 있다. EGM은 미각 역치를 측정하는데 주로 이용되어 왔는데 일정 전류 자극을 2초 동안 가한 후 피험자는 자극이 전달되었는지 안 되었는지를 대답한다(Berling et al., 2011). 제일 낮은 전류에서부터 높은 전류로 단계적으로 전류를 높여가면서 자극을 전달하는데 특정 전류에서 일정 횟수 이상 피험자가 정확한 대답을 하면 그 전류를 미각 역치로 판단하는 방법으로 진행이 된다. Rion TR-06(Sensonic Inc., USA)라는 EGM 장비는 가볍고 휴대 가능하기 때문에 사용하기에 편리해서 주로 사용되고 있다. 피험자에게 가하는 자극의 세기는 전기적 세기(전류)와 직접적으로 비례하기 때문에 정량적으로 자극의 세기를 조절하는 것이 화학적 자극보다 정확하며 그 자극 세기의 범위가 넓다. EGM은 3 μ m(Stillman et al., 2003)까지 미각 역치를 측정 가능하다고 알려져 있으며 보통 30 μ m이상의 미각역치를 가진 경우에 병리적으로 문제가 있다고 본다(Lobb et al., 2000). EGM의 신뢰도에 대한 평가는 다양한데 FPD와 비교해본 결과 좋은 상관관계를 보여주었고 FPD와 함께 사용하게 되면 임상적으로 유용한 방법이 될 수 있다고 평가한 연구가 있는 반면에(Berling et al., 2011), 화학적 자극을 이용한 미각 기능 측정과 비교한 결과 EGM은 아직 임상적으로 사용되기에는 특이성과 민감도가 부족하다는 연구도 있었다(Ellegard et al., 2007). EGM은 위의 장점에도 불구하고 다양한 단점 또한 지니고 있다. EGM을 통한 미각 기능 측정법은 전극을 이용해서 자극을 가하기 때문에 구강 전체에 대한 미각 기능은 측정할 수가 없고 구강 내 국소적인 부분에 대한 미각 기능만 측정가능하다. 그리고 미각은 신맛, 단맛 등 다양한 맛으로 구성되어 있음에도 불구하고 EGM은 단지 전기적인 자극만을 구강 내에

가해서 반응을 측정하는 것이므로 맛의 종류 별로 미각 역치를 측정하는 것이 불가능하다. 전기적 자극을 통한 미각 기능 측정이 단지 구강 내의 촉각을 이용할 뿐이라는 주장도 있을 정도로 미각원으로서의 전기적 자극의 활용도에 대해서는 아직 의견이 다양하다. 실제로 동물 실험에서 혀에 전기적 자극을 가한 후에 뇌의 전기적 반응을 연구한 결과 혀에 대한 전기적 자극에 대한 뇌의 반응은 미각에만 의존하는 것이 아니라 자극의 세기와 온도, 통증, 그리고 압력 등에도 의존하는 것으로 알려져 있다(Kukimoto et al., 1985). EGM에 대한 뇌의 반응에 관해서 다양한 설명이 제시되었는데 직접적으로 미각 신경 말단의 미각 수용체에 대한 전기적 자극으로 인해서 반응이 일어난다거나(Diamant et al., 1963), 혀의 미각 세포 주변 신경말단의 자극으로 인해서 일어난다는 연구가 있다(Plattig et al., 1988). 어떤 설명이 정확한지는 아직 알려져 있지만 이 설명의 정확성과는 별개로 전기적 자극을 이용한 미각기능 측정의 경우 피험자가 전기적 자극에 반응하는 것이 단지 미각에만 의존하지 않기 때문에 측정의 정확성에 한계가 존재한다(Plattig, 1969; Kukimoto et al., 1985). EGM은 네 가지 미각 종류 별로 미각 기능을 측정할 수가 없으며 자극의 세기에 따른 반응의 측정 또한 정확하지 않아서 피험자의 미각 역치 측정에만 사용되고 그 자극이 실제로 미각 자극인지에 대한 의문 역시 남아 있으나 교통사고 혹은 수술로 인해서 미각관련 신경의 손실이 있는 환자의 경우에 감각마비가 발생했을 때 비침습적으로 구강 내의 미각 감각의 잔존 여부를 결정할 수 있는 유용한 방법이 될 수 있다는 점에서 임상적인 의의가 있다. 하지만 전극을 통한 자극이 금속성 맛을 피험자에게 느끼게 할 수 있다는 점, 미각뿐만 아니라 촉각 등 다양한 자극이 동시에 가해질 수 있다는 점 등에 대한 보다 심도 깊은 연구가 진행되어야 한다.

6. 미래의 미각 기능 측정법

미각기능에 대한 측정은 다른 기관에 대한 기능측정법에 비해서 아직 개선될 부분이 많다. 지금까지 살펴본 다양한 미각기능 측정법을 바탕으로 앞으로 정확한 미각기능을 측정하고 미각 장애를 진단하기 위해서 발전시켜야 할 부분들에 대해서 살펴보려고 한다.

6-1. 미각기능의 정상 기준치 설정

미각장애와 관련해서 다양한 진단용어가 있지만 객관적으로 미각장애를 구분하는 기준은 구체적으로 설정되어 있지 않다. 그리고 미각기능에 관여하는 다양한 요소(나이, 성별, 전신적 질환 등)들 때문에 미각기능에 대한 기준을 일괄적으로 모든 환자에게 적용하는 것 역시 어려운 실정이다. 이런 어려움으로 인해서 미각장애의 진단은 미각장애를 호소하는 환자의 주관적 호소를 통해서 이루어졌다. 이는 환자가 호소하는 주소가 임상가가 진단을 하는 과정에서 주된 단서가 되는 결과를 낳았으며, 질병의 원인을 파악하고 질병을 치료하는 데 필요한 정보를 제공하지 못하였다. 이와 같은 상황에서 임상가는 미각장애의 원인을 명확하게 파악하지 못하고 정확한 치료방법을 환자에게 제시하지 못하는 실정이다. 그러므로 미각장애를 진단하는 데 있어서 연령, 나이, 성별, 그리고 복용하는 약물 등과 같은 다양한 변수에 따른 미각기능의 변화 경향을 미각기능의 정상기준에 반영하여 객관적으로 미각장애를 진단할 수 있도록 해야 한다.

6-2. 미각관련 유전자 연구의 필요성

앞에서 살펴보았듯이 미각기능과 관련된 다양한 유전자가 밝혀졌다. 실제로 PTC/PROP을 인지하게 하는 유전자가 밝혀졌고 이는 쓴맛을 인지하는 능력과 관련된 것으로 알려졌다. 이처럼, 미각을 구성하는 다양한 맛과 관련된 유전자의 존재, 위치가 밝혀지고 개개 환자에 대한 유전자 검사를 통해서 이들 유전자들의 정상 유무를 판별가능하게 된다면 미각

장애를 일으키는 유전적인 원인과 환경적인 원인을 구분할 수 있게 되어 보다 객관적인 미각장애 진단을 가능하게 해줄 것이다.

6-3. 객관적 미각기능 측정법의 개발

CT, MRI 등 다양한 영상장치를 활용해서 미각 자극 시 뇌의 활동을 관찰하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 미각기능 측정에 관한 연구의 방향은 얼마나 환자의 상태를 객관적으로 기록하고 진단하는지에 초점이 맞추어 지고 있다. 미각기능을 객관적으로 측정할 수 있다는 것은 미각장애를 가진 환자와 정상인의 구분이 가능하다는 것을 의미하며, 미각장애를 지닌 환자에 대한 다양한 치료방법의 유효성을 측정가능하게 해준다는 점에서 임상적으로 매우 큰 중요성을 지니고 있다. 특정 미각 자극에 대해서 뇌가 특징적으로 반응하는 것을 관찰하는 것이 가능해지면 미각 장애 환자와 정상인 간의 객관적인 구분이 가능해진다. 뇌의 구조는 복잡하고 항상 다양한 활동을 하고 있기 때문에 미각과 관련된 뇌의 활동에 초점을 맞추어 관찰하는 데에는 실질적으로 어려움이 많다. 또한 영상장치는 가격이 높고 공간을 많이 차지하며 영상을 해석하는데 전문적인 지식이 필요하기 때문에 미각기능 연구를 위한 다양한 영상장치의 활용은 미흡한 실정이다. 이런 어려움에도 불구하고 현재까지 발전된 미각기능 측정법과 함께 다양한 영상장치를 활용하게 되면 서로 상승효과를 일으켜 보다 정확한 미각기능 진단이 가능할 것으로 보인다.

Ⅲ. 결론

미각, 즉 맛이라는 것은 현대인의 삶에 있어서 단지 생물학적인 에너지를 얻기 위한 수단이 아니라 하나의 삶의 방식이자 본인의 개성을 표현하는 수단이 될 정도로 한 개인에 있어서 큰 비중을 차지하게 되었다. 음식과 관련된 서적, 직업, 그리고 장소가 과거에 비해서 꾸준히 증가하

고 있다는 사실은 이러한 경향을 반영해준다. 현대인은 평균적으로 하루에 1~2잔 정도의 커피를 마시는데 이런 커피 맛의 기본 바탕은 ‘쓴 맛’이다. 쓴 맛을 못 느끼는 미각장애를 지닌 환자는 이 커피의 쓴 맛을 즐길 수가 없다. 이처럼 과거에는 원초적으로 생존을 위한 감각(시각, 청각, 후각, 미각 등)들이 현재에는 삶의 다양성을 구성하는 필수적인 참여자의 역할을 하게 되었다.

미각 장애를 주소로 내원하는 환자는 매년 증가하고 있고, 앞으로 노년층이 갈수록 커질 것을 예상하면 앞으로도 이런 증가추세는 변함이 없을 것이다. 미각장애에는 나이, 성별, 약물, 질환 등 다양한 요소가 관여하고 있기 때문에 연령이 증가할수록 미각 장애를 호소하는 경우가 많기 때문이다. 미각 장애를 호소하는 환자의 반 이상이 실제로는 후각 장애를 지닌 것으로 알려져 있어서 후각과 미각 장애를 구분하는 것은 중요하다. 또한 유전자의 이상으로 특정 맛을 인지 못하거나 인지할 수 있다는 사실은 유전자 연구가 미각 기능 연구에 도움이 될 수 있음을 시사한다. 과거에는 미각장애의 진단은 단순히 특정 미각 샘플을 환자가 인지할 수 있는지 없는지, 얼마나 적게 또는 크게 인지하는지를 측정하는 방법으로 이루어졌다. 그러므로 오히려 미각장애 진단의 정확성은 떨어질 수 있을지라도 그 방법과 결과는 단순하였다. 그러나 현재에는 미각장애와 관련된 다양한 전신적, 국소적 요소들에 대한 지식의 축적과 미각기능 진단법의 개발로 인해서 미각기능과 장애 진단의 결과는 정확해졌을지라도 그 복잡성이 증가하여 임상가가 미각장애의 여부, 원인, 그리고 치료방법을 파악하는데 있어서는 아직 많이 부족한 상황이다.

미각기능은 크게 환자의 응답을 기초로 해서 판단하는 정신물리학적 방법과 환자의 신체적 반응을 기초로 한 방법으로 나눌 수 있다. 또한 자극의 매개체, 자극을 가하는 범위, 자극 방법, 그리고 기록 및 해석 방법 등에 따라서 측정하는 방법이 다르기 때문에 현재까지 소개된 미각기능 측정법은 매우 다양하다. 미각기능 측정의 목적은 환자의 미각기능을 정확하게 측정해서 환자의 미각기능이 정상인지 비정상인지를 판단하는데 있기 때문에 미각기능 측정법이 가져야할 가장 중요한 조건은 객관성

이다. 그러므로 미각기능 측정법의 발전 방향은 환자의 응답을 기초로 미각기능을 측정하는 정신물리학적 방법에서부터 미각자극에 대한 환자의 객관적인 신체 반응을 측정하기 위한 방향으로 발전되어 왔다. 환자의 뇌 영상을 분석하거나, 환자의 뇌 전극의 활동을 측정하고 이를 바탕으로 미각기능의 장애 여부를 판단하는 것은 미각기능을 객관적으로 측정하기 위한 노력의 단적인 예이다. 미각장애와 관련해 다양한 인자들이 관여하고 있고, 미각기능을 측정하는 방법 또한 다양하며 이들 측정법의 결과는 나름대로의 진단적 가치를 지니고 있기는 하지만 환자의 미각기능의 모든 양상을 표현하지 못하기 때문에, 미각기능을 간단하게 측정해서 임상에서 쉽고 편하게 진단방법으로 활용이 가능하도록 하는 것은 거의 불가능하다고 볼 수 있다. 이상적인 미각기능 측정법은 쉽고 간단하게 환자의 미각기능과 관련된 모든 양상을 정확하게 분석하여 환자의 미각장애를 진단할 수 있는 방법이다. 그러나 미각기능은 혈압이나 체온과는 달리 환자의 주관적인 의견이 매우 중요하며, 관련된 신체적, 정신적 인자가 많고, 미각활동의 양상 또한 매우 다양하여 단 하나의 이상적인 미각기능 측정법을 개발하는 것은 어렵다. 대신에, 현재까지 소개된 다양한 측정방법과 함께 환자의 나이, 성별, 주관적인 호소, 의학적 병력, 약물 복용 등의 미각 기능과 관련된 모든 인자들을 함께 고려하여 결과를 해석해야만 객관적인 미각기능 측정을 할 수 있다.

유전학의 발전을 통해서 미각관련 유전자 이상을 구분하는 것이 가능해지면 미각장애 진단에 있어서 판단의 어려움을 줄일 수가 있으며, 다양한 영상장치가 발달되어 미각과 관련된 뇌의 활동을 정확하게 분석하는 것이 가능해지면 정신물리학적 방법의 객관성을 검증하거나 영상기록을 통해 직접적으로 미각기능 장애를 판단하는 것이 가능해 질 것이다. 그리고 미각장애를 지닌 환자들에 대한 임상적인 연구를 바탕으로 미각기능에 영향을 미치는 다양한 요소 및 이들 요소의 복합적인 작용으로 미각기능이 증가하는지 감소하는지의 여부를 알아내고, 정상과 비정상을 판단하는 기준치의 세분화된 정리를 하는 것은 임상가로 하여금 미각장애를 호소하는 환자를 보다 세밀하고 정확하게 진단할 수 있게 도움을

준다.

미각은 구강 내에 존재하는 미뢰로부터 시작되는 단순한 감각기능이 아니라 다양한 신체적, 정신적 요소가 복합적으로 작용하고, 미각을 인지하는 정도에 환자의 주관적인 느낌이 관여하며 개개인에 따라 미각을 느끼는 감수성의 변이도 심하다. 그러므로 미각기능을 객관적으로 측정하기 위해서는 다양한 미각기능 측정법의 동시적 활용이 불가피하며, 환자의 미각기능에 영향을 미칠 수 있는 다양한 신체적, 정신적 요소를 파악하여 측정결과와 이들 요소 간의 관련성 여부와 함께 미각장애의 여부를 판단하는 임상가의 역량에 달려 있다고 할 수 있다.

참고문헌

- Arey LB, Tremaine MJ, Monzingo FL. (1935). The numerical and topographical relations of taste buds to human circumvallate papillae throughout the life span. *Anat. Rec.* 1935;64:9-25.
- Asami N, Michaela R, Anton L. Clinical significance of smell and taste disorders in patients with diabetes mellitus. *European archives of oto-rhino-laryngology: official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies.* 2010;267;4:547-550.
- Bujas Z. Electrical taste. In Handbook of sensory Physiology, Vol. IV, Chemical senses Part 2: taste, L. M. Beidler(Eds). Springer-Verlag, Berlin. 1971;pp. 180-199.
- Bujas Z, Ajdukovic D, Szabo S, Mater D, Vodanovic M. Some observations on the mechanism of electric taste. *Acta Biol. JAZU.* 1986;12:1-13.
- Bartoshuk LM. History of taste research. In *Handbook of Perception*, Vol. VIA, E. C. Carterette, and M. P. Friedman(Eds.). Academic

- Press, New York. 1978;pp. 3-18.
- Bartoshuk LM, Duffy VB, Miller IJ. PTC/PROP tasting: anatomy, psychophysics, and sex effects. *Physiol Behav.* 1994;56:1165-1171.
- Bartoshuk LM, Duffy VB, Reed D, Williams A. Supertasting, earaches and head injury: Genetics and pathology after our taste worlds. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 1996;20:79-87.
- Berling K, Knutsson J, Rosenblad A, Von Unge M. Evaluation of electrogustometry and the filter paper disc method for taste assessment. *Acta Oto-Laryngologica.* 2011;131:488-493.
- Cain WS, Gent JF. Olfactory sensitivity: Reliability, generality, and association with aging. *J. Exp. Psychol. Human Percept. Perform.* 1991;17:382-391.
- Cain WS, Rabin MD. Comparability of two tests of olfactory functioning. *Chem. Senses.* 1989;14:479-485.
- Cowart BJ. Relationships between taste and smell across the adult life span. *NY Acad. Sci.* 1989;561:39-55.
- Cowart BJ, Young IM, Feldman RS, Lowry LD. Clinical disorders of smell and taste. *Occup. Med.* 1997;12:465-483.
- Costanzo RM, Zasler ND. Head trauma. In *Smell and Taste in Health and Disease*, T. V. Getchell, R. L. Doty, L. M. Bartoshuk, and J. B. Snow (Eds.). Raven Press, New York. 1991;pp. 711-730
- Collings VB. (1974). Human Taste Response as a Function of Locus of Stimulation on the Tongue and Soft Palate. *Perception & Psychophysics.* 1974;16:169-174.
- David H. "Zur Psychophysik des Geschmackssinnes". *Philosophische Studien.* 1991;17:576-623.
- Deems DA, Doty RL, Settle RG, et al. Smell and taste disorders, a study of 750 patients from the University of Pennsylvania Smell and Taste Center. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1991;117:508-528.

- Diamant, H., Funakoshi M, Strom L. Electrophysiological studies on human taste nerves. Proc First Int Symp on Olfaction and Taste. Igaku-Shoin(Tokyo). 1963;pp. 193-203.
- Doty RL. Handbook of olfaction and gustation. 2nd ed. Marcel Dekker. 2003;pp. 791-792.
- Doty RL. Sex and reproductive state correlates of taste perception in humans. In: McGill TE, Dewsbury DA, Sachs BD, eds. Sex and Behavior: Status and prospectus. New York:Plenum Press. 1978;pp. 337-362.
- Doty RL. Diagnostic tests and assessment. *J. Head Trauma Rehabil.* 1992;7:47-65.
- Doty RL, Newhouse MG, Azzalina JD. Internal consistency and short-term test-retest reliability of the University of Pennsylvania Smell Identification Test. *Chem. Senses.* 1985;10:297-300.
- Doty RL, Bagla R, Morgenson M, Mirza N. NaCl Thresholds: Relationship to anterior tongue locus, area of stimulation, and number of fungiform papillae. *Physiol. Behav.* 2001;72:373-378.
- Delwelche JF, Lera MF, Breslin PA. Selective removal of a target stimulus localized by taste in humans. *Chem. Senses.* 2000;25:181-187.
- Diamant H, Funakoshi M, Strom L, et al. Electrophysiological studies on human taste nerves. Proc First Int Symp on Olfaction and Taste. Igaku-Shoin (Tokyo). 1963;pp. 193-203.
- Ekui A. A Review of objective measures of gustatory function. *Acta Otolaryngol.* 2002;546:60-68.
- Ellegard EK, Hay KD, Morton RP. Is electrogustometry useful for screening abnormalities of taste?. *The Journal of Laryngology & Otology.* 2007;121:1161-1164.
- Fujikane M, Itoh M, Nakazawa M, Yamaguchi Y, Hirata K, Tsudo, N. Cerebral infarction accompanied by dysgeusia: A clinical study

- on the gustatory pathway in the CNS. *Rinsho Shinkeikaku*. 1999;39:771-774.
- Frank ME, Smith DV. Electrogustometry: a simple way to test taste. In smell and taste in Health and Disease, T. V. Getchell, R. L. Doty, L. M. Bartoshuk, and J. B. Snow (Eds.). Raven Press, New York. 1991;pp. 503-514.
- Fukonashi M, Kawamura Y. Summated cerebral evoked responses to taste stimuli in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1971;30:205-9.
- Fukonashi M. The origin of electrical taste. *Taste Smell*. 1980;14:9-15.
- Frey S, Petrides M. Re-examination of the human taste region: a positron emission tomography study. *Eur. J. Neurosci*. 1999;11:2985-2988.
- Green BG, Dalton P, Cowart B, Shaffer G, Rankin L, Higgin J. Evaluating the "Labeled Magnitude Scale" for measuring sensations of taste and smell. *Chem. Senses*. 1996;21:323-334.
- Glanville EV, Kaplan AR, Fischer R. Age, sex, and taste sensitivity. *J Gerontol*. 1964;19:474-8.
- Gudziol H, Hummel T. Normative values for the assessment of gustatory function using liquid tastants. *Acta Oto-Laryngologica*. 2006;127(6):658-661.
- Genow A, Hummel T, Kroger H, Bagla R, Bigelow DD. Gustatory event-related potentials in healthy controls and patients with hypoguesia or aguesia(abstr). *Chem. Senses*. 1998;23:606-607.
- Gent JF, Hettinger TP, Frank ME, Marks LE. Taste confusions following gymnemic acid rinse. *Chem. Senses*. 1999;24:393-403.
- Groves J, Gibson WPR. Significance of taste and electrogustometry in assessing the prognosis of Bell's (idiopathic) facial palsy. *J. Laryngol. Otol*. 1974;888:855-861.

- Grant R, Miller S, Simpson D, Lamey PJ, Bone I. The effect of chorda tympani section on ipsilateral and contralateral salivary secretion and taste in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 1989;52:1058-1962.
- Gent JF, Frank ME, Mott AE. Taste testing in clinical practice. In Taste and Smell Disorders, A. M. Seiden(Ed.). Thieme Medical, New York. 1997;pp. 146-158.
- Herness MS. Neurophysiological and biophysical evidence on the mechanism of electric taste. *J. Gen. Physiol.* 1985a;86:59-87.
- Heymann H, Lawless HT. Sensory evaluation of Food: Principles and Practices. *Aspen Publications, Gaithersburg MD.* 1997.
- Halpern BP. Psychophysics of taste. In tasting and smelling, Handbook of perception and cognition, 2nd ed., G. K. Beauchamp and L. M. Bartoshul (EDs.). Academic Press, San Diego, CA. 1997;pp. 77-123.
- Hummel T, Genow A, Landis BN. Clinical assessment of human gustatory function using event related potentials. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2009;81:459-464.
- Helms JA, Della-Fera MA, Mott AE, Frank ME. Effects of chlorhexidine on human taste perception. *Arch. Oral Biol.* 1995;40:913-920.
- Hummel T, Kobal G. Olfactory event-related potentials. In: Simon SA, Nicolelis MAL, eds. *Methods and Frontiers in chemosensory research.* Boca Raton: CRC press. 2001;429-64.
- Hummel T, Nesztler C, Kallert S, Kobal G, Bende M, Nordin S. Gustatory sensitivity in patients with anosmia(abstr). *Chem. Senses.* 2001;1118.
- Ichioka M. Chemistry of taste and smell. In: Sato M., ed. Physiology of taste. Tokyo: Asakura Co. 1972;pp. 341-9.

- Ishimaru Y, Matsunami H. Transient receptor potential(TRP) channels and taste sensation. *Journal of dental research*. 2009;88;3:212-8.
- Ikui A. Gustatory evoked potentials induced by stimulation with NaCl solution in man. *J Nihon Univ Med Assoc*. 1988;7:1-11.
- Jacks SC, Zuniga JR, Turvey TA, Schalit C. A retrospective analysis of lingual nerve sensory changes after mandibular bilateral sagittal split osteotomy. *J. Oral Maxillofac. Surg*. 1998;56:700-704.
- Kaplan AR, Glanville EV, Fischer R. Cumulative effect of age and smoking on taste sensitivity in males and females. *J Gerontol*. 1965;20:334-7.
- Kim HJ, Jeon BS, Cho JY, Hong YJ, Cho KS, Lee JY. Taste function in patients with Parkinson disease. *Journal of neurology*. 2011;258-6:1076-1079.
- Kobayakawa T, Endo H, Saito S, et al. Trial measurements of gustatory-evoked magnetic fields. *Eletroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1996;47:133-41.
- Kobal G. Gustatory evoked potentials in man. *Electroenceph. Clin Neurophysiol*. 1985;62:449-454.
- Kukimoto N, Tomita H, Ishikawa T. Evoked brain waves in rats produced by taste stimulation and the response in human sensation. *Nihon Uni J Med*. 1985;28:121-36.
- Lim GH. Clinical Investigations in Patients with Taste Disorder. *Department of Medicine, The Graduate School, Catholic University*. 2009.
- Lobb B, Elliffe DM, Stillman JA. Reliability of electrogustometry for the estimation of taste thresholds. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 2000;25:531-4.
- Lotsch J, Hummel T. The clinical significance of electrophysiological measures of olfactory function. *Behav Brain Res*. 2006;170:78-83.
- Landis BN, Hummel T, Hugentobler M, Giger R, Lacroix JS. Ratings of overall olfactory function. *Chem Senses*. 2003;28:691-694.

- Landis BN, Leuchter I, San Milan Ruiz D, Lacroix JS, Landis T. Transient hemiageusia in cerebrovascular lateral pontine lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2006;77:680-683.
- Landis BN, Lacroix JS. Postoperative/Posttraumatic gustatory dysfunction. In: Hummel T, Welge-Luessen A(eds) Taste and Smell. An Update(Adv Otorhinolaryngol.). Karger,Basel. 2006;pp.242-254.
- Landis BN, Welge-Luessen A, Bramerson M, Bende A, Mueller CA, Nordin S. "Taste Strips" - A rapid, lateralized, gustatory bedside identification test based on impregnated filter papers. *J Neurol*. 2009;256:242-248.
- Mattes RD. Reliability of psychophysical measures of gustatory function. *Percept Psychophys*. 1988;43:107-114.
- May M, Schlaepfer WM. Bell's palsy and the chorda tympani nerve: A clinical and electron microscopical study. *Laryngoscope*. 1975;85:1957-1975.
- Mott AE, Shafer D, Miller D, Sanger D, Banki M, Norton L. Gustatory function after oral maxillofacial surgery. *Chem Senses*. 1994;19:526-527.
- Massato O, Yoshiyuki K, Kaori K, Ogishima S, Tanaka H, Eto K, Kondo T. (2009). Combined in silico and in vivo analyses reveal role of Hes1 in taste cell differentiation. *PLoS genetics*. 2009;5:4:1-9.
- Mochizuki Y. An observation on the numerical and topographical relations of taste buds to circumvallate papillae of Japanese. *Okajimas Folia Ana. Jpn*. 1937;15:595-608.
- Mochizuki Y. Studies on the papillae foliate of Japanese.II.The number of taste buds. *Okajimas Folia Ana. Jpn*. 1939;18:355-369.
- Mueller C, Kallert S, Renner B, Stiassny K, Temmel AFP, Hummel T, Kobal G. Quantitative assessment of gustatory function in a

- clinical context using impregnated “taste strip”. *Rhinology*. 2003;41:2-6.
- Moore LM, Nielson C, Mistretta CM. Sucrose taste thresholds. *J Gerontol*. 1982;37:64-9.
- Miller IJ, Bartoshuk LM. Taste perception, taste bud distribution, and spatial relationships. In Getchell TV, Bartoshuk LM, Doty RL, Snow Jr JB(Ed). *Smell and taste in health and disease*. New York,1991,Raven Press. 1991;pp. 205, 214-215.
- Murphy C, Quinonez C, Nordin S. Reliability and validity of electrogustometry and its application to young and elderly persons. *Chem Senses*. 1995;20:499-503.
- Mott AE, Grushka M, Sessle BJ. Diagnosis and management of taste disorder and burning mouth syndrome. *Dent. Clin. North Am*. 1993;37:33-71.
- Neville BW, Damm DD, Allen CM, Bouquot JE. Oral and maxillofacial pathology. 3rd ed. *Saunders*. 2009;pp. 875-876.
- Ninomiya Y, Funakosi M. Selective practice procaine inhibition of rat chorda tympani response to electric taste stimulation. *Comp. Biochem. Physiol*. 1989;92A:185-188.
- Plattig KH, Dazert S, Maeyama T. A new gustometer for computer evaluation of taste responses in men and animals. *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)*. 1988;458:123-8.
- Pangborn RM, Giovanni ME. Dietary intake of sweet foods and of dairy fats and resultant gustatory responses to sugar in lemonade and to fat in milk. *Appetitie*. 1984;5:317-327.
- Plattig KH. Ueber der electrischen Geschmack. *Z Biol*. 1969;116:161-211.
- Rohen JW. *Functionelle Anatomie des Menschen*. Berlin: F.K. Schattauer Verlag. 1973;pp. 291.

- Sato M. Physiology of sensation. In: Katsuki Y., ed. *Physiology*. Tokyo: Igaku-Syoin Co. 1967;pp. 1004-35.
- Schaupp H. Probleme der objectiven Gustometrie. *Z Laryngol. Rhinol.* 1971;50:208-13.
- Smith DV. Taste intensity as a function of area and concentration: differentiation between compounds. *J. Exp. Psychol.* 1971;87:163-171.
- Seiden AM, Duncan HJ, Smith DV. Office management of taste and smell disorders. *Otolaryngol. Clin. North. Am.* 1992;25:817-835.
- Soter A, Kim J, Jackman A, Tourbier I, Kaul A, Doty RL. Accuracy of self-report in detecting taste dysfunction. *The Laryngoscope.* 2008;118:611-7.
- Stilman JA, Morton RP, Goldsmith D. Automated electrogustometry: a new paradigm for the estimation of taste detection thresholds. *Clin. Otolaryngol.* 2000;25:120-125.
- Stillman JA, Morton RP, Hay KD, Ahmad Z, Goldsmith D. Electrogustometry: strength, weakness, and clinical evidence of stimulus boundaries. *Clin Otolaryngol. Allied Sci.* 2003;28:406-10.
- Taillibert S, Bazin B, Pierrot-Deseilligny C. Dysgeusia resulting from internal carotid dissection. A limited glossopharyngeal nerve palsy. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 1998;64:691-692.
- Todrank J, Bartoshuk LM. A taste illusion: Taste sensation localized by touch. *Physiol. Behav.* 1991;50:1027-1031.
- Tomita H, Ikeda M, Okuda Y. Basis and practice of clinical taste examinations. *Auris-Nasus-Larynx(Tokyo).* 13(Suppl. I). 1986;pp. 1-15.
- Yamauchi Y, Endo S, Yoshimura I. A new whole-mouth gustatory test procedure. II. Effect of aging, gender and smoking. *Acta Otolaryngol.* 2002;546:49-59.

- Weiffenbach JM. Taste quality recognition and forced choice response. *Percept. Psychophys.* 1983;33:251-254.
- Weiffenbach JM, Baum BJ, Burghauer R. Taste thresholds: quality specific variation with human aging. *J Gerontol.* 1982;37:372-7.
- Zuniga JR, Chen N, Miller IJ. Effects of chorda-lingual nerve injury and repair on human taste. *Chem. Senses.* 1994;19:657-665.
- Zuniga JR, Chen N, Phillips CL. Chemosensory and somatosensory regeneration after lingual nerve repair in humans. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 1997;55:2-13.
- Zald DH, Prado JV. Cortical activation induced by intraoral stimulation with water in humans. *Chem. Senses.* 2000;25:267-275.

Table 1. 미각장애에 영향을 미치는 전신적 질환들

Systemic factors Associated with Altered Taste Sensations or Diminished Taste Sensation	
Vitamin A deficiency	Psychosis or depression
Vitamin B12 deficiency	Pesticide ingestion
Zinc deficiency	Lead, copper, or mercury poisoning
Iron deficiency	Temporal arteritis
Nutritional overdose(zinc, vitamin A, pyridoxine)	Brainstem ischemia or infarction
Food sensitivity or allergy	Migraine headaches
Sjogren syndrome	Temporal lobe central nervous system tumor
Chorda tympano nerve damage	Nerve trauma, gustatory nerves
Anorexia, cachexia, bulimia	Herpes zoster, geniculate ganglion
Severe vomiting during pregnancy	Upper respiratory tract infection
Liver dysfunction	Chronic gastritis or regurgitation
Crohn's disease	Bell's palsy
Cystic fibrosis	Radiation therapy to head and neck
Familial dysautonomia	Alcoholism
Addison's disease	
Turner syndrome	

Adapted from Neville et al., 2009

Table 2. 미각장애에 영향을 미치는 국소적 질환들

Local factors Associated with Altered Taste Sensations or Diminished Taste Sensation	
Oral candidiasis	Periodontitis or gingivitis
Oral trichomoniasis	Chlorohexidine rinse
Desquamative gingivitis	Oral lichen planus
Oral galvanism	Xerostomia

Adapted from Neville et al., 2009

Table 3. 미각장애에 영향을 미치는 약물들

Examples of Pharmaceutical Agents That May Be Associated with Altered Taste	
Pharmaceutical Action	Examples
Anticoagulant	Amphotericin B, ampicillin,
Antihistamine	griseofulvin, idoxuridine,
Antihypertensive or diuretic	lincomycin, metronidazole,
Antimicrobial	streptomycin, tetracycline,
Antineoplastic or immunosuppressant	tyrothricin
Antiparkinsonian agent	Doxorubicin, methotrexate,
Antipsychotic or anticonvulsant	vincristine, azathioprine,
Antirheumatic	carmustine
Antiseptic	Baclofen, chlormezanone,
Antithyroid agent	levodopa
Hypoglycemic	Carbamazepine, lithium, phenytoin
Opiate	Allopurinol, colchicine, gold,
Sympathomimetic	levamisole, penicillamine,
Vasodilator	phenylbutazone,
Phenidione	Hexetidine, Chlorhexidine
Chlorpheniramine maleate	Carbimazole, methimazole,
Captopril, diazoxide, ethacrynic acid	thiouracil
	Glipizole, phenformin
	Codeine, morphine
	Amphetamines, phenmetrazine
	Oxyfedrine, bamifylline

Adapted from Neville et al., 2009

Table 4. 미각장애호소환자와 대조군 사이의 미각세기비율 차이

	“Total” taste intensity ratings			
	0-200	201-400	401-600	>600
Complainers	58 (28%)	101 (49%)	40 (20%)	6 (04%)
Controls	11 (04%)	160 (56%)	99 (34%)	18 (06%)

($\chi^2=64.24$, $P<0.001$)

Adapted from Doty, 2003

Table 5. 다양한 미각원에 대한 측정결과의 상관계수 비교

Concentration series	r	n
Sucrose	0.72	843
NaCl	0.56	843
Citric acid	0.54	839
Quinine-HCl	0.66	690
n-Propylthiouracil	0.74	838
“Total taste”	0.64	678

Adapted from Doty, 2003

Table 6. Normative thresholds of FPD

	쓴 맛	신 맛	짠 맛	단 맛
Normative thresholds(%)	1.9(± 1.30)	2.3(± 1.09)	2.5(± 1.53)	2.6(±1.37)
Correlation coefficient	0.237(p=0.69)	0.311(p<0.05)	0.265(p<0.05)	0.293(p<0.05)

Adapted from Berling et al., 2011

Abstract

Taste Disorders and Taste Function Measurements

Yoonkwan Kwon

The School of Dentistry

Seoul National University

Research and analyze variety of dissertation related to taste function measurement to distinguish the effects of various factors related to taste functions and observe clinical effectiveness, strengths/weaknesses and limitations of existing taste function measurement. Also contemplate on future of taste function measurement.

Taste not only function as a source of biological energy to contemporary men, but became a essential part of one's life as a way to live life and express individuality. Continuous increase of books, jobs, and places related to cuisine reflects above trend. Senses(visual, auditory, olfactory, taste, etc.) which previously served as a tool for basic survival are now integral aspects of composing

diversity of life. Taste dysfunction patients have risen over the years and forecasted increase in senior population will reaffirm this trend. People are more likely to experience taste dysfunction as various factors such as age, sex, medication, illness may cause dysfunction. It is important to separate olfactory dysfunction and taste dysfunction since more than 50% of the patients complaining for taste dysfunction were actually diagnosed with olfactory dysfunction. Genetic research may facilitate taste function studies since genetic abnormality in DNA can cause specific taste to be recognized or unrecognized. Taste dysfunction diagnosis in the past merely observed rather patients can recognize specific taste samples, and rather patients can recognize the magnitude of the taste. However, accumulated knowledge on variety of general and local factors coupled with development of taste function diagnosis method, increased the complexity of taste function evaluation and taste dysfunction diagnosis. The increase of complexity impacted clinicians to understand diagnosis, cause and treatment method of taste dysfunction.

Taste function is separated in to two major category. Psychophysical method which diagnose based on patients reply and diagnosing based on physical response. There are different type of taste function measurement method since measuring method for medium of stimulus, magnitude of stimulus, recording and interpretation method is different. The purpose of taste function measurement is to judge patient's taste function is normal or abnormal. Therefore most integral condition of taste function analysis is objectivity.

Taste function measurement method developed from measuring based on patient's response or psychophysical method to objectively measuring patient's body response to taste stimulus. Basing taste dysfunction on patient's brain image analysis or patient's brain electrode measurement are examples of attempts on objectively

measuring taste function. The result of various taste measurements are each has it's diagnostic benefits but due to limitation in measurement method, unable to capture the entire aspect and taste function and difficult to diagnose taste dysfunction with single method in clinical. Unlike blood pressure and body temperature, patient's subjective opinion is very important and one's taste function can't be evaluated upon single taste function measurement since there are many physical, mental factors, and many different type of taste, physiognomy of taster, concentration and etc. Therefore in order to measure taste function objectively, various existing method and patient's age, sex, chief complaint, medical history, medication and other factors related to taste function must be considered together.

If distinguishing genetic disorder related to taste through development in genetics is possible, difficulties in diagnosing taste dysfunction decreases. If developments in imaging equipment allows precise analysis of brain functions related to brain then verification of objectivity on psychophysical method and diagnosing based on image record will be possible.

Figuring out increase or decrease of taste function due to complex factors and various factors impacting taste function based on clinical studies on taste dysfunctional patients and segmentalizing standards on determining normal or abnormal will allows clinicians to diagnose in more detail and precision on taste dysfunction patients. Taste is not a basic sensory function started from taste bud in oral cavity and derived from variety of physical, psychological factors simultaneously working and patient's subjective feeling is involved in determining the magnitude of recognizing taste and sensitivity on feeling the taste differs greatly between each individuals.

Therefore in order to objectively measure, use of multiple taste function measurement is inevitable and taste dysfunction diagnosis depends on clinicians ability to make comprehensive judgment based on identifying correlations between measurement results and patient

related information by distinguishing numerous physical and psychological factors. Existing taste function measurement method is insufficient in eliminating patient's subjective factors and utilizing it as subjective treatment data for the clinicians. Genetics related to taste functions, interaction between general/local factors and taste function, various imaging equipment which allows differentiation of taste function and research in nerve activities in the brain will improve subjectivity lacking in today's measurement.

Keywords : taste function, taste disorder, taste function measurements
Student number : 2007-22583