

Total Diet Study

이 행 신

한국보건산업진흥원 보건의료산업단 보건영양팀

Haeng Shin Lee

Nutrition Research Team, Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea

서 론

급격한 산업과 기술의 발달은 중금속을 포함한 다양한 유해물질(예를 들면, 배기가스, 대기오염, 연소)로부터의 식품 오염을 초래하였고, 특히 식품은 그 자체 뿐 만 아니라 제조·가공, 조리과정 중에도 오염물질에 노출되어, 이들을 함유한 음식이 우리들의 식탁에 오르게 됨으로써 식품의 안전은 물론 궁극적으로 국민건강이 위협받기에 이르렀다.

그럼에도 불구하고 최근까지도 실제 식이를 통한 화학물질들의 섭취량을 평가하는 데에는 거의 관심이 없었는데, 그 이유 중 하나는 이런 화학물질들의 잠재적 효과가 대부분 만성적인 것으로, 노출 후 수년이 지난 후에야 나타나기 때문이다. 그러나 이러한 독성 화학물질들은 신체의 모든 중요 장기에 영향을 미칠 수 있으며, 암이나 선천기형, 뇌손상 등의 심각한 건강 문제를 야기할 수 있다. 따라서 중금속, 환경 오염물질, 자연적으로 발생하는 독소들과 같은 독성 화학물질의 오염정도를 지속적으로 모니터링하고, 오염물질의 위해도를 평가하는 것이 무엇보다도 중요하며, 이러한 평가를 실시할 의무와 책임은 정부의 건강관련 당국자들에게 있다.

국가에서 식품오염에 대한 모니터링을 평가하는 방법에는 두 가지 상호보완적인 방법이 있다. 첫 번째로 '개별 식품에 대해 국내 기준과 국제 기준에 부응하는지를 모니터링 하는 것'이다. 하지만 이 방법은 식품 중 개별 화학물질에 대해서 초점을 맞춰 모니터링 하기 때문에 전체 집단에 대한 건강 평가와 직접적인 연계가 어려울 수 있다. 두 번째 접근 방법은 '전체집단에서 실제적으로 식이를 통한 화학물질들의 섭취량을 추정해 1일섭취허용량(ADI; Acceptable Daily Intake)나 잠정주간섭취허용량(PTWI; Provisional Tolerable Weekly Intake)와 같은 독성학적 참고치와 비교

해서 평가하는 것(총식이조사)'이다. 이러한 비교는 집단의 건강과 직접적인 연관성을 가능하게 하므로, 총식이조사는 대규모 집단에서의 식이로부터의 독성물질 섭취량을 추정하는데 신뢰할 수 있는 방법이다.

따라서 이와 같은 총식이조사는 국제적으로도 그 실시의 중요성이 점차 인식되고 있으며, 많은 국가에서 식품의 안전성 및 국민건강의 확보차원에서 총식이조사를 시작하거나 확대하고 있다.

식품과 관련된 국가적 식품 모니터링 프로그램은 식품오염 수준 및 추이에 관한 자료를 제공하고 있는데, 이는 소비자들을 보호하는 것 뿐 만 아니라 안전한 식품수출을 보장함으로써 국제시장에서 국가의 지위와 위상을 강화시킬 수 있다.

이와 같은 「국가적 식품 모니터링 프로그램의 역할」은 다음과 같다.

- 국가적 식품오염 수준 및 공중보건 위협의 정도 파악
- 오염되기 쉬운 식품의 구체화, 오염원, 원인 및 오염과정의 결정
- 생산자 및 정부에 대한 통제의 필요 시 규정마련을 위한 지침 제공
- 건강, 농업, 환경 보호 및 식품, 화학제조 업체를 담당하고 있는 정부기관간의 협력업무에 추진력 제공
- 정부의 효율적인 규정 마련을 위한 모니터링 자료 제공
- 수출하는 식품의 안전성을 보장함으로써 국제시장으로의 접근도(access) 향상
- 해외로부터의 비위생적인 식품의 유입 방지
- 식품운반 및 환경 모니터링 업체에의 자문 역할

1. 국외 연구 동향

1) 국제기구(FAO/WHO)

1974년 FAO/WHO (Food and Agriculture Organiza-

tion of the United Nations/World Health Organization) 합동회의에서는 식품에 잔류하는 중금속, 잔류농약 그리고 유기염소계 화합물들에 대한 지속적인 감시 활동의 필요성과 중요성을 강조하였으며, 이어 1976년에 설립된 Global Environment Monitoring System/Food Contamination Monitoring and Assessment Programme(대개 GEMS/Food로서 알려짐)에서는 FAO, UNEP (United Nations Environment Programme) 및 WHO과 합동으로 식품 중 환경오염물질의 유해성을 평가하기 위한 모니터링 사업을 시작하여 지금까지 지속적으로 실시하고 있다.⁸⁾

GEMS/Food의 목적은 세계 각국으로부터 식품 오염 모니터링을 통해 식품에 함유된 오염물질의 함량과 인체 노출에 대한 평가 자료로써 제시/발표되고 있는 정보를 수집하는 데 있으며, 인류의 식품 내 잠재적 유해물질에 대한 노출정보에 대하여 건강지향적 집단을 근거로 한 유일한 국제 정보이다. GEMS/Food은 Codex Alimentarius Commission (CODEX)과 공공 및 다른 관련기관에게 식품 오염물질의 수준, 이들의 인체노출 정도, 추이 및 공중보건과 무역과 관련된 주요한 정보를 제공해 오고 있다. 현재 WHO에서는 약 70개국에서 참여하고 있는 WHO 협동센터와 함께 GEMS/Food을 수행하고 있으며, 이와 더불어 이 프로그램은 CODEX의 the CODEX Committee on Food Additives and Contaminants (CCFAC)와 the Codex Committee on Pesticide Residues (CCPR) 등 식품오염에 관련있는 committee와 연계되고 있다. GEMS/Food은 식품공급의 안전성에 관한 보장과 근거마련-치료행위, 규격기준 개발, 산업 및 대중교육, 자원관리-을 위한 국가적 및 국제적인 노력의 일환으로서 매우 중요하다고 볼 수 있다.

GEMS/Food에 의해 모니터링되고 있는 주요 오염물질과 식품은 Table 1과 같다.

2) 미국의 Total Diet Study

미국에서 총식이조사는 1960년대 이래로 U.S. Food and

Drug Administration (FDA)에 의해 계속적으로 수행되어 오고 있다.¹⁾³⁻⁷⁾ 조사의 주요 목적은 미국의 식품공급에 있어서 pesticide residues, industrial chemicals, elements, radionuclides과 같은 물질의 함량을 모니터하고 미국인 중에 선정된 연령-성별 groups에 의한 식이 섭취량을 평가하기 위한 것이다. TDS 결과는 미국과 해외 모두에서 다른 정부기구와 학계나 비정부기구에 의해 이용되고 있다.

(1) History of the U.S. TDS

1950년대 말, 많은 과학자들은 핵무기 실험과정에서 나오는 방사능물질에 의한 식품의 오염에 대해 염려했다. Sr90의 동위원소는 반감기가 길고 뼈에 침전될 잠재성 때문에 특별한 관심사였다. 우유는 Sr90의 주요한 dietary source라 생각되었다. 따라서 영국, 독일 그리고 일본 뿐 만 아니라 미국의 원자력 에너지 위원회(U.S. Atomic Energy Commission)와 미국의 Public Health Service는 radionuclides에 대한 우유의 limited testing을 시작했다. 비슷한 시기에, 소비자연맹은 Sr90의 자체 조사에 착수했고 후에 25개 도시의 단과대학과 대학의 가정경제학과와 손잡고 더 폭넓고 다양한 식품을 검사했다.

1961년에, 조사의 이름에서 내포하듯이, 전형적인 미국인 식이를 대표하는 식품과 음료를 포함하는 TDS를 처음 수행했다. 그러한 초기 조사에서는 음식을 많이 섭취하고 그림으로써 오염물질에 대한 식이 노출의 가장 커다란 잠재성을 보이는 집단인 16~19세의 남자 청소년들의 식이에 기초를 두었다. 처음 조사는 워싱턴 D.C.에서 수행되었는데 82개의 식품품목의 샘플이 서로 다른 4개의 슈퍼마켓에서 한해에 4번으로 나누어 구입되었다. 그 다음 해에, 조사는 4개의 다른 도시(샌프란시스코, 세인트루이스, 미네아폴리스, 아틀란타)에서 수집된 샘플을 포함하기 위해 확대되었다. 각각의 도시에서, 지역 병원이나 대학조리부의 영양사들은 식품을 조리했다; 워싱턴 D.C.의 FDA 실험실에서 분석했다.

초기의 조사에 이어, 더 많은 식품과 분석물질을 포함하

Table 1. GEMS/Food에 의해 모니터링되고 있는 주요 오염물질 및 식품

Contaminants	Food
Aldrin, dieldrin, DDT (p, p'-and o, p'-), TDE (p, p'-), DDE (p, p'-and o, p'-), endosulfan (α, β and sulfate), endrin, hexachlorocyclohexane (α and β and γ), hexachlorobenzene, heptachlor, heptachlor epoxide and polychlorinated biphenyls	전유, 버터, 동물성 지방과 기름, 생선, 곡류, 모유
Lead	우유, 통조림된 육류/신선한 육류, 신장, 곡류, 통조림된 과일/신선한 과일, 과일쥬스, 향신료, 유아용식품, 음료수
Cadmium	신장, 연체동물, 갑각류, 곡류
Mercury	생선
Aflatoxins	우유, 옥수수, 땅콩, 다른 견과류, 말린 부화과 열매
Diazinon, fenitrothion, malathion, parathion, methyl parathion, methyl pirimiphos	곡류, 과일, 채소
Inorganic arsenic	음료수

기 위해 프로그램이 확대되었다. 1980년대 초까지 식품은 처음에는 단일 composite로 하였으나 나중에는 11개나 12개의 food-group composites(예를 들어 육류와 난류, 곡류, 그리고 과일)로 분석을 위해 결합되었다. 1982년에 프로그램은 주요한 개정과정을 거쳤고 FDA는 234개의 개별적인 "core foods"을 분석하기 시작했다. 이것들은 USDA에 의해 수행되었던 식품섭취조사에서 보고된 것처럼 미국인에 의해 가장 흔히 소비되고 가장 많은 양이 섭취되는 식품과 음료들을 나타낸다. 이러한 TDS 방법의 변화는 food-group composites보다는 특정 식품에서의 영양소와 오염물질의 수치에 관한 정보를 FDA에 제공했다.

TDS의 분석 초점은 또한 수년간에 걸쳐 변화되었다. 처음에 식품은 2개의 radionuclides (Sr90과 Cs137)와 몇 가지 pesticides residues (organophosphates와 organochlorines)에 대해 분석되었다. 1970년대 동안에 FDA는 추가적으로 pesticide residues, toxic elements, industrial chemicals을 포함하기 위하여 분석물질 목록을 확대했다. 1973년에 이후 FDA는 오염물질 뿐만 아니라 영양소를 포함하는 것으로 TDS의 범위를 넓혔다; 1983년에 11개 영양소에 대해 분석되었고, 비타민 B₆와 엽산이 1990년대 초에 추가되었다.

(2) The U.S. TDS today

오늘날의 TDS는 워싱턴 D.C.의 FDA 사무국, FDA의 지역 사무국과 실험실이 협력하고 있다. 최근에 워싱턴으로부터 메릴랜드주의 College Park로 이전한 FDA의 Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN)은 프로그램의 내용과 초점을 지도하고 TDS에 사용된 분석방법을 개발하고 생산된 자료를 평가하고 보고하고 있다. 샘플의 수집과 분석은 지역 사무국과 몇몇 FDA 실험실의 책임하에 있다. 그러나 TDS 활동의 주요 초점은 캔사스주의 Lenexa 있는 캔사스 시티의 지역 실험실에 있다. 이 시설은 TDS의 특별한 요구를 다루기 위해 계획되었으며, 이 곳에서 샘플수집이 조정되고, 조리되며 분석의 대부분을 수행하고 있다.

① Total diet study foods

TDS에서 분석된 식품의 목록은 식품섭취의 최근 경향을 반영하기 위해 주기적으로 갱신된다. 목록은 1990년에 개정되었고 265개의 식품을 포함했다. 1991년에, 어린이들의 식이에서 살충제와 납의 수치에 관한 더 많은 정보를 제공하기 위해 특별히 영유아의 식품이 식품목록에 포함되었다. 이 당시에, 거의 280개의 성인과 유아식품이 TDS에서 수집되고 분석되었다.

② Sample collections and preparation

샘플수집 또는 market baskets은 보통 4개 지역 각각에서 한번씩 1년에 4번 수행되고 있다. 전지역을 통틀어 FDA 요원은 그 지역 안의 3개 도시에서 grocery stores나 fast food restaurants로부터 280개의 식품 각각을 구매한다. 해마다 더 많은 지역적 대표성을 제공하기 위해 서로 다른 도시가 샘플수집을 위해 선택된다. 그 다음 식품은 캔사스 지방의 실험실로 이동된다.

각각의 샘플 수집은 캔사스 지방의 실험실 직원에 의한 막대한 계획과 조정의 의해 우선된다. shopping lists는 샘플을 수집할 책임이 있는 각각의 사람들에 의해 준비된다. 각 도시에서 온 샘플들을 확인하기 위해 라벨이 인쇄된다. 일단 샘플이 도착하면 실험실은 table-ready 상태로 조리하기 위해 다른 장소로 식품을 보낸다. 지난 12년간 캔사스의 외곽에 위치한 Belton United Methodist Church의 여성들은 교회를 위한 기금 모금 프로젝트로서 이 일을 해 오고 있다. 그들 조리부의 임무는 단순히 세척하고 과일껍질을 벗기는 것에서부터 meatloaf와 macaroni와 cheese와 같은 주요 요리를 준비하는 것이다. 이 일에 시간을 투자하는 여성들은 각각 3곳의 샘플링 장소로부터의 재료가 완성된 음식에서 똑같은 특별히 TDS를 위해 마련된 레시피를 따른다. 샘플이 준비된 후, 식품이 혼합되고 분석되는 실험실로 다시 보내진다.

③ Laboratory analyses

해마다 4번의 market baskets 각각을 위해 FDA는 elements, pesticide residues, industrial chemicals, volatile organic compounds, radionuclides, folate를 포함한 200개 이상의 분석물질에 대해 280개의 식품을 분석한다. 각각의 market basket을 위해 수행된 실험 분석의 총 수는 약 1,800개이다. 대부분의 분석물질(elements, pesticides residues와 industrial chemicals)은 Kansas City District Laboratory에서 수행된다. composite의 일부는 folate (the Atlanta Center for Nutrient Analysis in Georgia)와 radionuclides (the Winchester Engineering and Analytical Center in Massachusetts) 농도를 결정하기 위해 다른 FDA 실험실로 보내진다. 다이옥신의 경우와 같이 다른 FDA 오염물질 모니터링 프로그램 역시 TDS Foods의 일부를 이용한다.

분석물질의 목록은 오염물질이나 영양소에 현재 관심이 되고 있는 물질에 의하여 바뀌고 FDA내에서 우선 순위에 따라 때때로 변화된다. 현존하는 분석기술을 향상시키는 것 뿐만 아니라 TDS에서 이용되기 위한 새로운 분석방법을

개발하기 위해 메릴랜드주의 College Park와 Kansas City에 있는 CFSAN's office에 있는 실험실에서 작업이 진행 중에 있다.

3) 호주의 Total Diet Survey

호주에서의 Australian Total Diet Survey (ATDS)는 1969년 호주에서 68번째로 개최된 The National Health and Medical Research Council (NHMRC)에서 'market basket' survey가 정상적인 호주인들 식이의 대표하는 식품에서 pesticide residues와 contaminants의 수준을 조사하기 위해 실시되어야 한다는 사실을 권고하면서 시작되었다.

이에 따라 NHMRC는 1970년에 처음으로 총식이조사를 실시했으며, Australia New Zealand Food Authority (ANZFA)로 조사가 이관되기 전까지 15번의 총식이조사를 NHMRC가 실시하였다. 이후 ANZFA에 의해 수행되고 있으며, 현재 20th ATDS까지 수행되었다.

ATDS는 대체로 2년마다 실시되는데 식품의 샘플링과 분석은 보통 12개월이상 소요되며, 다음 조사를 위한 보고서 작성과 계획은 그 다음 12개월에 실시되고 있다.

한편, 호주의 총식이조사를 주관하였던 Australia New Zealand Food Authority (ANZFA)가 2002년 6월 1일에 Food Standards Australia New Zealand (FSANZ)로 그 명칭이 바뀌었다. FSANZ는 식품 구성 성분, 레이블링, 미생물 제한치를 포함한 오염물질 등 식품 표준안에 대한 두 나라의 법적 권한을 행사하고 있으며, 이러한 식품 표준치는 호주와 뉴질랜드에 있어서 모든 식품의 생산 및 수출에 적용되고 있다.

ATDS의 목적은 호주 국민들의 식이 위험요인에 대한 노출 정도를 측정하고, 식품 공급에 있어서 pesticide residues, contaminants 및 그 밖의 물질들의 발견 범위를 조사하는데 있다. 식이 위험요인에 대한 노출을 식품이 소비될 때 pesticide residues, contaminants 및 그 밖의 오염물질들이 어는 정도 섭취되는가를 말하는 것이다. ATDS에서는 식이 노출은 식품에 포함되어 있는 물질들의 수준을 직접 분석함으로써 측정하고 있는데, 개별적인 분석으로 조사된 분석치를 전체 식품 소비량과 곱해서 산출하고 있다. 식이 위험요인 노출에 대한 좀 더 정확한 수치를 얻어내기 위해서 ATDS에서는 식품을 'table-ready' 상태로 준비하고, 결과적으로 식품이 자연 상태일 때와 조리된 상태일 때 모두를 관찰하는 것이다.

다음은 2003년 1월에 보고된 「The 20th Australian Total Diet Survey²⁾」의 주요 내용을 제시하였다.

(1) Comparison with other surveys

ATDS는 pesticide residues, contaminants와 기타 다른 오염물질들에 관하여 다음과 같은 방식에 있어서 다른 조사들과는 다르다.

- ATDS는 다른 조사들이 각각의 원료 농산물이거나 식품에서의 오염물질 수치를 측정하는 것이 규정을 잘 따르고 있는지를 알아내기 위한 것인데 반하여, ATDS는 인간의 건강에 있어서 받아들이기 어려운 위험인지 아닌지를 결정하기 위해 총식이로부터 이들 오염물질의 수치를 모니터링하는 것이다.

- 모든 ATDS 식품 샘플은 분석되기 전에 'table-ready' 상태로 준비된다는 점에서 다른 조사와 대조된다. 식품의 준비는 식품의 형태에 따라 다양하다. 예를 들어, 쇠고기는 거의 항상 조리 후에 소비되므로 건조하게 튀겨지는 반면에, 과일들은 보통 껍질을 벗겨 먹게 된다면 껍질이 벗겨질 수도 있다. 식품준비가 식품에서의 살충제잔여물, 오염물질이나 다른 물질들의 농도에 영향을 미칠 수 있다는 사실이 알려짐에 따라, 준비된 식품의 분석은 소비되기 쉬운 잔류물, 오염물질이나 다른 물질들의 수치를 더 정확하게 반영한다.

(2) Foods included in the survey

ATDS에서는 다음과 같은 기준에 따라 식품을 선택했다.

- 각각 주요한 식품군으로부터의 선택된 대표적 식품은 영양적으로 수용할 수 있는 식이 이어야 한다.

- 1995년 the National Nutrition Survey (NNS)에 의해 나타난 것처럼 각각의 식품군에서 가장 흔하게 섭취되는 식품이 최근의 조사에 포함되었다면, 해당 식품군의 대표식품이 선택될 수 있다.

- 섭취량이 적다고 하더라도 pesticides, contaminants이나 기타 물질의 관점에서 특별한 관심사가 될 수 있는 식품은 조사에 포함될 수 있다. 예를 들어, offal이나 offal 가공품은 호주인의 식이에서 중요한 구성요소는 아니다. 하지만, 이 생산물은 대체로 금속 오염물질과 pesticide residues가 많이 축적된 것으로 인식되어 있으므로 20th ATDS에 샘플링되었다.

- 만약 어떤 식품이 호주인 일부 집단의 식이에서 중요한 부분을 이룬다면 포함될 수 있다.

20th ATDS에서 조사된 65개의 식품은 위의 기준에 따라 선택되었고, 모든 식품은 분석 전에 'table-ready' 상태로 준비되었다. 예를 들어, 보통 껍질 없이 소비되는 과일이 껍질이 벗겨지는 반면에 육류와 난류는 조리되었다. 'table-ready' 처럼 식품을 준비함에 있어, 수도물에 존재할 수

도 있는 살충제 잔류물, 오염물질과 다른 물질들이 식이 노출량의 전반적인 평가에서 고려된다는 사실을 보증하기 위해 중류수보다 오히려 지역의 수도물이 이용되었다.

식품은 'core foods', 'national foods' 나 'regional foods' 로 분류하는 계획에 따라 샘플링되었다.

- Core foods: 호주인들 식이의 중심적인 식품으로 정의된다. 20th ATDS에서, 이러한 식품은 빵, 쇠고기, 계란, 우유, 오렌지쥬스, 마가린, 감자와 토마토였다.

4번씩을 각각 구매한 core foods의 혼합샘플은 4계절 각각에 있어 호주 6개의 주와 지방에서 수집되었다. 이것은 각각 core foods에 대해 28개 혼합샘플을 이룬다.

- Regional foods: pesticide residues, contaminants 등 다른 오염물질 수치의 지역적인 변이가 있을 것으로 기대되는 식품으로 정의된다. Regional foods는 과일, 야채, 육류를 포함한다. 각각을 3번씩 구매한 이러한 식품의 3가지 혼합샘플은 호주의 6개 주의 수도와 Darwin 각각에서 수집되었고 지역적인 식품 각각에 대해 21가지 혼합샘플을 이룬다.

- National foods: 지역적인 변화를 보이지 않는 전국적으로 이용되는 식품으로 정의된다. National foods는 소수의 소매점으로부터 전국적으로 유통되는 비스킷, 참치통조림과 유아용 시리얼과 같은 식품이다. 각각을 3번씩 구매한 3개의 혼합샘플은 3개 주의 수도에서 수집되었고, national food 각각에 대해 9개의 혼합샘플을 이룬다.

(3) Pesticide residue, contaminants and other substances examined

모든 식품은 염소계 유기 살충제, 유기인계 살충제, carbamates, 합성 pyrethroids를 포함하여 살충제 잔류물에 대해서 검사되었다. 모든 식품은 안티몬, 비소, 카드뮴, 구리, 납, 수은, 셀레늄과 아연에 대해서도 검사되었다. 선택된 범위의 식품이 주석에 대해 검사되었다. 빵, 비스킷, 쌀, 귀리, 가공된 밀기울, 아침 시리얼(유아용 시리얼 포함), 인스턴트 커피, 땅콩버터, 아몬드와 밀크 초콜렛은 아플라톡신 B₁, B₂, G₁과 오크라톡신 A에 대해 검사되었다. 억제물질인 페니실린 G, 스트렙토마이신과 옥시테트라사이클린도 육류, liver pate, 낙농제품과 난류에 대해 검사되었다.

(4) Estimating dietary intake of chemical contaminants

Dietary modelling은 수많은 호주 인구의 연령별-성별 집단에 있어 식이를 통한 화학적 오염물질에 대한 노출을 평가하기 위해 이용되곤 하였다. 이러한 연령별-성별 집단은 영아(9개월), 유아(2살), 소녀(12세), 소년(12세), 성인여자(25~34세), 성인남자(25~34세)로 구분되었다.

2. 우리나라에서의 총식이조사

우리 나라에서는 식품의약품안전청 식품오염물질과의 주관 하에 한국보건산업진흥원에서 2000년 이후 2003년 현재까지 매년 한국인의 대표식단 중 중금속을 비롯한 오염물질 섭취량 및 위해도 평가연구를 지속적으로 실시해왔다.

1) 목적

우리 나라 총식이조사의 목적은 우리 국민이 섭취하고 있는 식품으로부터 중금속 및 오염물질 섭취량을 평가함으로써 국내 식품에 대한 관련 규제 및 잔류허용기준을 재평가하고 궁극적으로 오염물질의 위해도를 평가하고자 하는 것이다.

2) 총식이조사의 수행

우리 나라에서 식품위생 및 안전성 견지에서 중금속을 조사하기 시작한 것은 1967년 농촌진흥청에 의한 국내산 쌀 시료의 수은 함량 측정이 처음이며, 식품의약품안전청의 전신인 국립보건원에서 1985~1991년 어류 중 미량 중금속 조사연구를 시작으로,¹⁰⁻¹³⁾¹⁷⁾¹⁸⁾²⁰⁾ 1992~1996년까지는 농산물,¹²⁻¹⁴⁾²²⁾²³⁾ 1999년 식품의약품안전청의 식품 중 중금속 규격화를 위한 당류 및 당류가공식품, 해산 어패류, 담수 어류, 곡류, 두류, 채소류, 과일류, 육류²⁵⁾ 그리고 기타 향신료 등에 이르기까지 광범위한 개별적인 식품 재료들에 대한 중금속 모니터링 위주의 연구가 주로 수행되었다.

한편, 1994년 한국식품연구소에서는 우리 국민의 상용식품 중의 미량 영양성분과 유해물질 함량을 분석하여 초기 형태의 총식이조사가 시도되었다. 그러나 여기에 사용되었던 기초 데이터인 우리 국민의 식품섭취량 자료가 가구단위 조사인 1993년의 국민영양조사에서 가구별 단위로 집계된 식품섭취량을 가구원수로 나누어 계산된 1인당 섭취량이었으므로 그 해석에 다소 어려움이 있다고 할 수 있다.²⁹⁾

또한 1998년 한국과학기술원과 한국식품위생연구원이 공동으로 총 식이조사를 통한 잔류농약의 위해도를 평가하였으며, 이 때 국민의 식이섭취량 조사를 위하여 별도로 식이섭취량을 조사한 바 있다. 그러나 이 역시도 제한된 수의 조사가 이루어졌기 때문에 국민 전체를 대표하는 식단을 도출하기는 것이 매우 어려웠다.¹⁶⁾

우리 나라에서 본격적으로 우리 국민이 섭취하고 있는 대표식품/음식에 근거한 식품으로부터 섭취되는 중금속의 섭취량과 그 위해성을 평가하기 시작한 것은 2000년부터이다. Table 2와 같이 식품의약품안전청에서는 2000년 이후 2003년까지 매년 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가연구를 지속적으로 실시함으로써 중금속을 비롯한 오염물질이 국민건강에 미치는 영향을 파악하고자 하는 노력을 기울여왔다.¹⁵⁾²⁶⁻²⁸⁾

Table 2. 우리나라의 총 식이조사(2000-2003년)

실시연도	2000	2001	2002	2003
사업명	한국인의 평균식단 중 중금속 섭취량의 위해도 평가	한국인의 대표식단 중 중금속 섭취량 및 위해도 평가	한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가	한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가
수행기관	식품의약품안전청/경남대학교	식품의약품안전청/한국보건산업진흥원	식품의약품안전청/한국보건산업진흥원/램프런티어	식품의약품안전청/한국보건산업진흥원
활용자료	1998 국민건강·영양조사	1998 국민건강·영양조사	1998 국민건강·영양조사	2001 국민건강·영양조사
대표식품선정방법	지역별 대표식단 선정 (대표식단)	우리 국민이 많이 섭취하는 음식선정 (대표음식)	우리 국민이 많이 섭취하는 식품선정 (대표식품)	우리 국민이 많이 섭취하는 식품선정 (대표식품)
선정가짓수	서울 (10개), 경기 (10개), 경상 (6개), 충청 (7개), 전라 (5개), 강원 (7개) 총 45개 식단	116가지 음식 : 총 에너지의 66.5% 정도를 대표	중금속 80종 식품, 농약 84종 식품 분석 : 총 에너지의 91.3% 대표	중금속 108 종 : 총 에너지의 91.3% 대표
분석항목	As, Cd, Pb, Hg, Mn, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn	As, Cd, Pb, Hg, Cu, Na, K, Ca, Zn, Fe	As, Cd, Pb, Hg, Mg, Na, K, Ca, Zn, Fe, Pesticide residues	As, Cd, Pb, Hg, Cu, Na, K, Ca, Zn, Fe

3) 우리 나라 대표식품 중 오염물질 섭취량 평가

식품의약품안전청에서 십 수년간 수행되어온 식품 중 중금속 모니터링 결과를 종합해 보면, 식품중 납, 카드뮴, 수은 등 중금속 함량은 외국의 모니터링 자료와 비슷하거나 오히려 낮았다.

식품의약품안전청의 식품모니터링 결과에 의하면 쌀, 보리, 대두, 팥 등 곡류와 상추, 파, 시금치 등 채소류 및 가자미, 갯장어, 넙치, 백합 등 어패류 중 수은 등 중금속 함량이 오히려 감소추세를 보였으며, 대부분의 다른 식품도 모니터링을 수행한 1985~1999년 사이에 중금속 함량에 별다른 차이가 없는 것으로 나타나 현재 우리 나라 국민이 섭취하는 식품의 중금속 함량은 안전한 것으로 보고되고 있다.

아울러 2000년 이후 2003년도까지의 '한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가' 연구결과에 의하면, 비소, 카드뮴 및 납이 해조류 등의 식품에서 검출되었으나, PTWI와 비교한 상대 위해도는 전체 중금속에 있어서 20~30% 이하로서 중금속의 섭취기준은 상대적으로 안전하다고 보고되고 있다.

다음은 식품의약품안전청 식품오염물질과의 주관 하에 한국보건산업진흥원에서 2003년 우리나라 대표식품 중 비소, 카드뮴, 납, 수은 섭취량을 JECFA에서 설정한 PTWI나 외국의 중금속 섭취량과 비교하여 우리 국민의 중금속 섭취수준에 대한 상대적 위험성을 평가한 결과이다.

(1) 비 소

우리 국민의 비소 섭취량과 각 국가에서 발표된 비소 섭취량을 비교해 보면 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 나타난 각 국가의 비소 섭취량은 총 비소값을 근거로 하여 산출한 값이다. 우리 나라는 42.3 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 로서 미국의 38.0

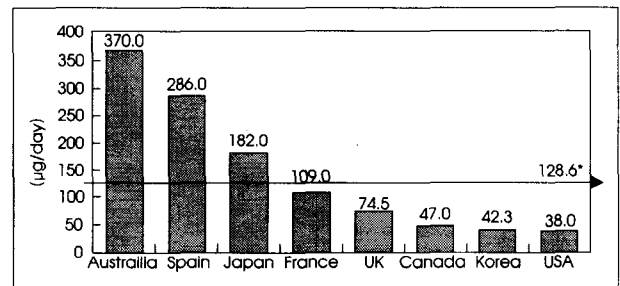


Fig. 1. 각 국가의 비소 섭취량 비교. *: 비소 PTWI값을 1일 섭취량으로 환산한 값. 자료출처: 식품의약품안전청, 한국보건산업진흥원. 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가, 2003.

$\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$, 캐나다의 37.0 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 와 유사한 섭취수준을 나타내고 있다. 반면 호주의 경우는 다른 나라보다 매우 높은 섭취량(370.0 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$)을 나타내고 있는데, 이는 연령별·성별 그룹 중 가장 높은 섭취수준을 보이는 그룹의 섭취량(10~370)을 취했기 때문이다. JECFA에서 정하고 있는 비소의 PTWI는 총 비소의 경우 350 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 인데, 이를 기준으로 하여 1일 섭취허용량을 산출한 128.6 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 와 비교해 보면, 우리나라를 비롯하여 미국, 캐나다, 영국, 프랑스는 기준에 훨씬 못 미치고 있다. 전반적으로 우리나라의 비소 섭취수준은 다른 나라에 비해 매우 낮은 섭취수준을 보이고 있다. 우리나라 국민의 주간 총 비소 섭취량 296.3 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{week}$ 을 체중 55kg 당으로 나눈 체중당 총 비소 섭취량은 5.3 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 로서 JECFA의 안전기준인 PTWI 350 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 의 1.5%에 불과하여 안전한 것으로 나타났다.

(2) 카드뮴

우리 나라의 카드뮴 1일 섭취량은 15.6 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 로서 각 국가에서 발표된 카드뮴 1일 섭취량과 비교해 보면

Fig. 2와 같다. 카드뮴의 1일 섭취량은 Fig. 2에서와 같이 미국, 영국, 캐나다, 프랑스, 이집트 등과 같이 대부분 유사한 섭취 수준을 나타내고 있다. 따라서 대부분의 국가는 안전 기준인 PTWI (7 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$)를 근거로 산출한 1일 섭취량(60.0 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$)에 비해 훨씬 못 미치는 섭취수준을 보이고 있다. 다만, 호주의 경우는 이를 초과하고 있는데, 이는 앞서 비소의 경우와 마찬가지로 카드뮴의 섭취량이 연령별, 성별에 따라 매우 넓은 분포를 보이고 있

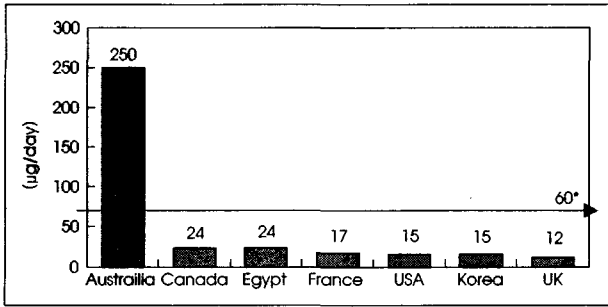


Fig. 2. 각 국가의 카드뮴 섭취량 비교. *: 카드뮴 PTWI값을 1일 섭취량으로 환산한 값. 자료출처: 식품의약품안전청, 한국보건산업진흥원, 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가, 2003.

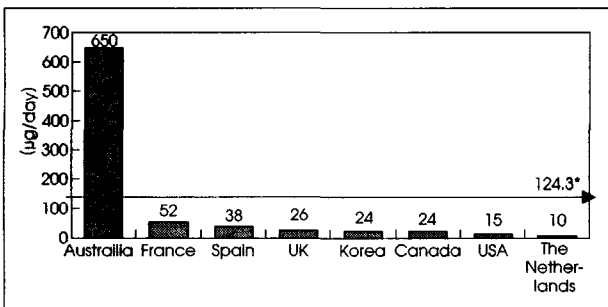


Fig. 3. 각 국가의 납 섭취량 비교. *: 납 PTWI값을 1일 섭취량으로 환산한 값. 자료출처: 식품의약품안전청, 한국보건산업진흥원, 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가, 2003.

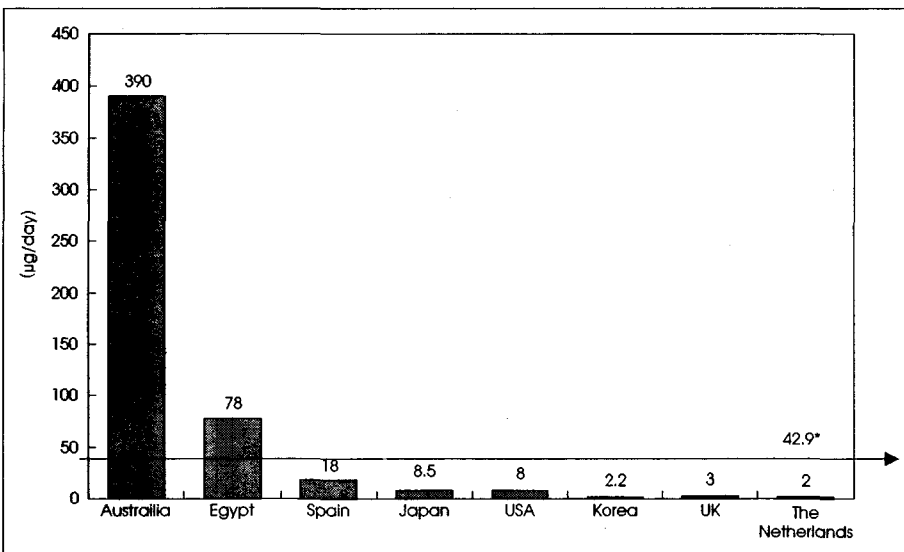


Fig. 4. 각 국가의 수은 섭취량 비교. *: 수은 PTWI값을 1일 섭취량으로 환산한 값. 자료출처: 식품의약품안전청, 한국보건산업진흥원, 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가, 2003.

는데, 본 비교에서는 최대 값을 취했기 때문이다. 카드뮴 주간섭취량 109.2 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{week}$ 을 체중 55 kg 으로 나눈 체중 당 주간섭취량은 2.0 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 로서 JECFA의 PTWI인 7 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 의 28.0%로 안전한 섭취수준을 보이고 있다.

(3) 납

체내에 축적되어 독성을 일으키는 납은 사람에게 가장 잘 알려진 중금속 중에 하나이며, 많은 국가에서 이에 대한 독성평가가 이루어지고 있다. Fig. 3에서와 같이 우리나라의 1일 섭취량은 24.0 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 로써 캐나다의 24 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 가 가장 유사하였으며, 미국, 네덜란드는 우리나라보다는 약간 낮은 섭취수준을 보였다. 프랑스는 52.0 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 로 우리나라 보다는 비교적 높았으나, 호주는 비소와 카드뮴에서와 마찬가지로 가장 최대로 섭취하는 연령군이 650 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 로 다른 나라에 비해 매우 높은 것으로 나타났다. 대부분의 국가들은 PTWI에 근거하여 산출한 1일 섭취량(124.3 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$)에 훨씬 못 미치는 수준을 나타내고 있다. 납의 주간 섭취량 168.3 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{week}$ 를 체중 55 kg 당으로 나눈 납의 체중당 주간 섭취량은 3.1 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 로서 JECFA의 PTWI 25 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 의 12.4%로 안전한 섭취수준을 보이고 있다.

(4) 수 은

1956년 일본에서 미나마타병에 의해 그 위해성이 유명해진 수은에 대해서도 많은 나라에서 국민의 1일 수은 섭취량에 대해 조사하고 있다. 이러한 외국의 수은 섭취량 자료를 근거로 우리 국민의 수은 섭취량 자료와 비교하면 Fig. 4와 같다.

우리 나라의 1일 수은 섭취량은 2.2 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$ 로 JECFA의 PTWI에 근거하여 산출한 1일 섭취량(42.9 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$)에 훨씬 못 미치는 수준이며, 스페인, 일본, 미국, 영국, 네덜란드의 경우 역시 못 미치는 수준이었다. 그러나 다른 중금속류와 마찬가지로 수은에 있어서도 호주는 PTWI에 근거한 1일 섭취량을 훨씬 상회하는 섭취량을 보여 주는데, 이는 앞서 설명한 바와 같이 연령별, 성별에 따라 상이한 섭취량 중 최대값을 취했기 때문이다. 본 연구에서 나타난 수은의 주간 섭취량 17.4 $\mu\text{g}/\text{person}/\text{week}$ 를 체중 55 kg 으로 나눈 체중당 주간 섭취량 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 은 JECFA의 안전기준인 PTWI 5 $\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{week}$ 의 6.0%로서 안전한 섭취수준인 것으로 나타났다.

3. 국내·외 대표식품(Food list)의 선정방법 비교

식품으로부터 유래하는 중금속과 같은 오염물질 섭취량을 보다 정확히 평가하기 위해서는 우리 국민이 일반적으로 섭취하고 있는 대표식품의 선택이 무엇보다도 중요하다. 이것은 식품 섭취량 자료와 식품 중의 중금속 및 잔류농약 데이터를 결합시킴으로써 인구집단에 대한 오염물질의 노출량 평가를 가능하게 하기 때문이다.

노출량 평가를 위해 사용되는 식품섭취량 산출 방법에는 1) 1인당 평균소비량 방법(per capita disappearance approach), 2) 시장바구니 방법(Market Basket approach), 3) 모델 식이방법(model diet approach), 4) 시나리오 방법(Senario approach), 5) Surveillance approach (food consumption survey method), 6) Duplicate meal approach, 7) 노출분석 모델링(modeling exposure analysis) 등과 같이 노출량 평가에 사용되는 식품섭취량 산출방법은 매우 다양하며, 나라마다 위해 평가의 목적, 활용될 수 있는 자료, 경제적인 요인 등을 고려하여 총식이조사에 사용하는 대표식품 선정방법을 선택하고 있다.²¹⁾ 이제까지 주요 국가 및 국내에서 총식이조사에 사용된 대표식품 선정방법과 분석항목을 비교하면 Table 3과 같은데, 우리 나라를 비롯하여 대부분의 나라들은 오염물질 섭취량을 평가하기 위한 기준자료로서 국가단위의 식품섭취량 조사 데이터를 사용하고 있었으며, 이들의 대표식품 선정방법은 대부분 market basket approach, representative food approach를 사용하여 food composite을 구성한 후 분석하는 방법을 선택하고 있었으며, duplicate diet method을 사용하여 분석하는 경우도 있다.¹⁾²⁾⁹⁾¹⁵⁾²⁶⁻²⁹⁾

4. 국제적으로 권장되는 총식이조사의 실시방향

세계무역기구의 SPS 협정에서는 식품에 관련된 건강 및 안전 기준이 과학적인 위해도 평가에 근거할 것을 요구하고

있다. 위해도 평가란 독성학적 정보와 화학물질에 대한 집단 노출량 추정의 두 가지 모두에 근거한다. 이러한 위해도 평가는 대규모 인구집단에 대해 총식이조사를 통해 가장 정확하게 이루어질 수 있다. 따라서 총식이조사는 위해도 평가와 함께 식품안전 체계가 국민의 건강을 보호하는데 효과적임을 확인하기 위해서도 필요한 것이다. 하지만 이런 조사들을 계획하고 실시하는 것은 복잡하고 여러 분야의 전문지식을 필요로 한다. GEMS/Food 주최로 2002년 호주의 브리스베인에서 열렸던 「제 2 차 International Workshop on Total Diet Studies⁹⁾」에서는 총식이조사의 수행에 있어서의 실시방향을 다음과 같이 권장하고 있다.

1) 모든 국가는 총식이조사에 대한 standard protocol의 개발과 조화를 위해 협력하고 활동을 조정해야 한다.

2) 총식이조사는 샘플 수집, 샘플 처리, 위해도 평가, 통계학적 및 실험 분석 등의 전문가를 포함하는 팀원들을 계획단계부터 포함시키는 팀 접근방식으로 수행되어야 한다.

3) 각 총식이조사를 보고할 때는 그 내용이 상세히 설명되어야 한다. 자원의 제한이나 또는 전략적인 이유로 인해 항상 각국의 조사 구성에는 분석 검출 한계나 시료의 선택 등의 차이가 있다. 이러한 것들이 조사 결과로 나타나는 식이로부터의 섭취량이나 그 해석에 큰 영향을 미칠 수 있다.

4) 각 나라로부터의 총식이조사 결과치를 비교할 때는 가장 최근 데이터를 사용하고, 디자인과 시행 상의 개별적인 차이에 따른 잠재적인 영향들을 고려하도록 주의해야 한다. 이러한 요인에는 서로 다른 식품, 연령별-성별 그룹, 기후, 영농 방법, 검출/보고 한계 및 정도 관리 방법 등과 같은 요인들이 결과에 영향을 미칠 수 있다.

5) 자원이 허용하는 한 음용수로 섭취되는 식수도 총식이조사에 포함되어야 한다. 여기에는 시료 채취 지역으로 선정된 곳의 수도물이나 병에 든 생수가 포함된다. 또한 tap water나 bottled water를 포함해야 한다. 그러므로 식품섭취 조사를 수행할 때에는 음용수가 포함되는 것이 중요하다.

6) 가능한 한 시료 조리에는 증류수가 사용되어야 한다. 아닌 경우에는 사용된 물을 따로 분석해야 한다.

7) 일부 화학물질은 그것들의 특성이나 분포/균질성의 제한점으로 인해 총식이조사 보다는 commodity surveys에 의해 더 잘 평가되는 경우도 있다. 예를 들면 일부 mycotoxins은 식품에 균일하게 분포하지 않으므로 그 농도의 적절한 추정값을 얻으려면 샘플 사이즈가 상당히 커야 한다.

8) 총식이조사에서 분석할 물질은 GEMS/food Core of the Intermediate and Comprehensive List of Contaminant/Commodity Combinations에서 권장하는 것에 초점을 맞추어야 한다. 각 국은 다음의 화학물질 그룹을 총식이조사

Table 3. 한국 및 주요국가별 총식이조사의 대표식품(food list) 선정방법 및 분석항목

국 가	주관기관	실시연도	사 업 명	food list 선정방법	분석항목
한 국	한국식품연구소	1994	미량영양성분과 유해 물질의 기준설정을 위한 총식이조사	<ul style="list-style-type: none"> - 활용자료 : 1993 국민영양조사 (가구별 조사) - 음식군별로 많이 소비되는 음식의 종류와 양 (1인 1일 섭취량) 산출 - 음식을 조리한 후 분석 - 109가지 음식 : 식이의 90% 정도를 대표 	As, Cd, Pb, Cu, Na, K, Ca, Zn, Fe
	식품의약품안전청/경남대학교	2000	한국인의 평균식단 중 중금속 섭취량의 위해도 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 활용자료 : 1998 국민건강·영양조사 (개인별 조사) - 지역별 대표식단 유형의 선정 : 서울 (10개), 경기 (10개), 경상 (6개), 충청 (7개), 전라 (5개), 강원 (7개) 총 45개 식단 예) 서울, 식단1 = 쌀밥 + 콩나물국 + 멸치볶음 + 배추김치 + 깍두기 	As, Cd, Pb, Hg, Mn, Cr, Cu, Fe, Ni, Zn
	식품의약품안전청/한국보건산업진흥원	2001	한국인의 대표식단 중 중금속 섭취량 및 위해도 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 활용자료 : 1998 국민건강·영양조사 (개인별 조사) - 음식군별로 많이 소비되는 음식의 종류와 양 (1인 1일 섭취량) 산출 - 음식을 조리한 다음 분석 - 116가지 음식 : 총 에너지의 66.5% 정도를 대표 	As, Cd, Pb, Hg, Cu, Na, K, Ca, Zn, Fe
	식품의약품안전청/한국보건산업진흥원	2002	한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 활용자료 : 1998 국민건강·영양조사 (개인별 조사) - 우리 국민이 많이 섭취하는 식품의 종류와 양 (1인 1일 섭취량) 산출 - 에너지 공급비율, 계절별, 연령별 및 오염물질 함량이 높은 식품 고려 - 대표조리법 (단순조리)에 의한 조리 후 분석 - 중금속 80종 식품, 농약 84종 식품 분석 : 총 에너지의 91.3% 대표 	As, Cd, Pb, Hg, Mg, Na, K, Ca, Zn, Fe, Pesticide residues
					<ul style="list-style-type: none"> - pesticides : organochlorine, oranophosphorus, N-methylcarbamates, chlorophenoxy acids and pentachloropheno, pyrethroids, organosulfur (propargite), EBDCs, ethylenethiourea, substituted ureas, benomyl, carbendazim (MBC), thiabendazole - industrial chemicals : polychlorinated biphenyls, volatile organic compounds (VOCs)
미 국	FDA	1961 - 1974 - 1982, 1982 - 1991, 1991 -	Total Diet Study	<ul style="list-style-type: none"> - 280개 core food - 4개지역 4회/년 	<ul style="list-style-type: none"> - elements : arsenic, cadmium, calcium, copper, iron, lead, magnesium, manganese, mercury, nickel, phosphorus, potassium, selenium, sodium, zinc - radionuclides : americium-241, barium-140, cesium-134, cesium-137, cobalt-60, iodine-131, lanthanum-140, potassium-40, radium-226, ruthenium-103, ruthenium-106, strontium-90, thorium-232 - other : moisture, folic acid

Table 3. Continued

국 가	주관기관	실시연도	사 업 명	food list 선정방법	분석항목
호 주	ANZFA*	1969 -/1990년 이후 매 2년	Total Diet Survey	- 65개 foods - representative food approach - 6개 state city와 3개 capital city 4회/년	- 모든 식품에 대하여 · pesticide residues : chlorinated organic pesticides, organophosphorus pesticides, synthetic pyrethroids, carbamates, fungicides · elements : antimony, arsenic, cadmium, copper, lead, mercury, tin, zinc · aflatoxins (B1, B2, G1, G2)와 ochratoxin A : Breads, biscuits, rice, oats, processed wheat bran, breakfast cereals (infant cereal), instant coffee, peanut butter, almonds, milk chocolate 에서, - Meats, dairy products, eggs, offal meat, infant formula에 대해서 금지 물질들 (penicillin G, streptomycin, oxytetracycline)에 대한 조사가 시행
영 국		1966년 - 매 3년에 걸쳐	Total Diet Study	- 20개 식품그룹 (예 : 빵, 가금류, 고기류 등) - 20개의 도시	- aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, Tin, Zinc
프 랑 스	National Agronomical Research (INRA)	1998/99		- 342 food items (90% 전체 식이)	- pesticides : methoate, oxydemeton, phosalom, phosalon, phosphamidon, trazophos, dicofol, parathion ethyl, dichlorvosprocymidon, vinchlozolin
		1998/99		[Duplicate diet method] 각 단계급식소에서 아침과 점심 으로 가장 많이 소비되는 음식 두 가지를 선택하고, 그 음식이 대상에게 제공되는 같은 양의 음식을 다른 그릇에 담아 준비	- metals : lead, Cadmium, Arsenic, - radionuclides : secium 134, secium 137, iodine 31
중 국	Institute of Nutrition and Food Hygiene (INFH)	1990, 1992, 2000, 2002	Total Diet Survey	- 12 cooked food group composites	- macro nutrients, micronutrients, fatty acids, amino acides, cadmium, arsenic, hexachlorohexane (HCH)

에 포함시키는 것을 고려해야 한다[상존 하는 유기 오염 물질(PCBs, dioxins, dibenzofurans); 독성 원소들(Pb, Hg, Cd, As, Cr); 균류 독소들(aflatoxin, patulin, deoxynivalenol); 특정 화학물질 종들(organotin compounds, methyl-mercury, nitrate, nitrite, nitrosamines), 휘발성 유기화합물과 비타민, 무기질 및 필수 지방산 같은 영양소들].

9) 분석항목을 선택할 때의 우선 순위는 1) 사용 가능한 정보(최근의 총식이조사에 포함되었던 분석 물질), 2) 독성(낮은 농도에서도 그 자체로써 또는 다른 물질과 함께 위해를 초래하는 경우), 3) 과학기술의 변화에 대한 민감성, 4) 우연 또는 계획적인 오염의 잠재성이다. 이러한 화학물질들 가운데서 모든 총식이조사에서 포함되어야 한다고 충분히 중요성이 인식된 물질들은 농약, dioxins, PCBs와 중금속인 납, 수은, 카드뮴 등이다.

10) 총식이조사에서 분석대상 화학물질을 선택할 때에

그리 흔하지 않은 물질이라도 자국의 국민에게 심각한 건강위험을 초래할 수 있는 경우에는 고려되어야 한다.

11) 총식이조사의 운영자는 노출 결과치가 의미 있고 비용·효과적일 수 있도록 분석을 실시한 실험실에 대해 요구되는 보고사항의 한계를 정해야 한다.

12) 이상의 보고 한계와 일치하거나 또는 그 한계보다 낮은 결과가 나온 경우 이를 어떻게 처리하는가에 따라 식이에 의한 노출이 상당히 달라질 수 있다. 사용된 접근방법에 관계없이 총식이조사에 대한 결과치를 보고할 때는 명확히 기술되어야 한다. 총식이조사의 운영자는 한계보다 낮은 결과치가 위해 평가에 어떻게 사용될 것인 가를 결정해야 한다. 그 방법은 실용적이며, 논리적이고, 과학적으로 타당해야 하며 일관성 있게 적용되어야 한다. 아직까지 이에 관해 일반적인 동의가 이루어지지 않은 상태이다.

13) 총식이조사에서 사용되는 식품 소비 데이터는 가능

한 한 최근 것이어야 하며, 계속 업데이트 되어야 한다. 지역별 식이 패턴은 쉽게 바뀔 수 있기 때문에 데이터와 그 데이터의 근거는 각각의 연구에서 확실하게 설명되어야 한다.

14) 총식이조사의 정확성을 높이기 위해서는 국민의 소비량에 대한 국가 데이터가 필수적이지만 자국민의 섭취량 데이터가 없는 나라의 경우에는 GEMS/Food Regional Diets(지역별 식이)도 초기 단계에는 좋은 대안이 될 수 있다.

15) 총식이조사의 모든 단계에서 적절한 정도 관리는 필수적이며, 아무리 강조해도 지나치지 않다.

16) 성인이나 또는 일반 국민의 노출량 추정뿐만 아니라 평가에 추가로 그들의 단위 체중당 식품섭취량의 높은 비율 때문에 더 큰 위험에 당면하고 있는 영유아나 아동들의 식이를 통한 섭취량을 추정하는 것도 중요하다. 이에 더하여 각 국가는 국민 중 종족 같은 하부그룹의 식이 패턴이 다를 수 있는 경우에는 그들의 노출량도 따로 추정하여야 한다.

17) 식품들은 “통상적으로 섭취되는 상태”로 조리되어야 하고, 농도 데이터도 이처럼 기록되어야 한다. 그렇지 않은 경우에는 수분 함량을 데이터에 포함시켜야 한다.

18) 총식이조사는 식품 composite이 준비 되는대로 바로 분석할 수 있도록 계획되어야 한다. 비록 식품이 동결상태로 유지된다고 하더라도 일부 화학물질들은 시간이 지남에 따라 점차 분해되거나 또는 food matrix에 결합될 수 있다.

19) 태리의 위험이나 또는 다른 식품 안전 관련 위급상황이 발생할 가능성이 있을 때에는 각 총식이조사에 오염도가 높은 시료를 신속하게 처리하는 부분을 포함시켜 오염원의 확인과 관리가 바로 이루어질 수 있게 해야 한다.

이와 같이 총식이조사는 여러 측면에서 다른 나라의 조사와 조화되어야 하는 것과 동시에 각 조사는 자국의 건강에 대한 관심사를 반영하고, 그 나라의 자원을 고려하여 수행되어야 한다. 따라서 우리 나라에서도 지금까지 실시되었던 총식이조사의 결과와 함께 이러한 권장사항을 고려하고, 향후 중금속 뿐 만 아니라 다양한 오염물질의 위해도 평가를 위한 체계적인 총식이조사 계획이 국가적 차원에서 마련되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) FDA/CFSAN (2003): Total Diet Study. June
- 2) FSANZ (2003): The 20th Australian Total Diet Survey. January
- 3) Pennington JAT, Gunderson EL (1987): History of the food and drug administration's Total Diet Study -1961 to 1987. *J AOAC Int* 70: 772-782
- 4) Pennington JAT (1991): Total Diet Study Nutritions. *J Am Diet Assoc* 91 (2): 179-183
- 5) Pennington JAT (1992a): The 1990 Revision of the FDA Total Diet Study, *J Nutr Educ* 24 (4):173-178
- 6) Pennington JAT (1992b): Total diet studies: the identification of core foods in the United States food supply, *Food Additives Contaminants* 9(3): 253-264
- 7) Pennington JAT, et al (1996): Total diet study: Estimated dietary intakes of nutritional elements, 1982-1991, *Intern J Vitamin Nutr Res* 66(4): 350-362
- 8) WHO (2003): Instructions For Electronic Submission of Data on Chemical Contaminants in Food and the Diet, Food Safety Department WHO, Geneva, Revised June
- 9) WHO (2002): Report on the 2nd International Workshop on Total Diet Studies February 4-15 2002, Brisbane, Australia
- 10) 권우창 · 원경풍 · 김준환 · 김오한 · 소유섭 · 김영주 · 박건상 · 성덕화 · 이경진 · 이만술 · 백덕우 · 시도보건환경연구소(1987): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (연안 어류종의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 24: 733-746
- 11) 권우창 · 원경풍 · 김준환 · 소유섭 · 이희덕 · 박건상 · 이종욱 · 성덕화 · 서정숙 · 김미희 · 이만술 · 이경진 · 백덕우 · 시도보건환경연구소(1989): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (연안 어류 중의 미량금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 26: 447-460
- 12) 김길생 · 이종욱 · 소유섭 · 서석춘 · 강혜경 · 류순영 · 권영범 · 이해빈(1992): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (농산물(곡류, 두류, 서류)중의 미량금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 29(2): 365-377
- 13) 김길생 · 이종욱 · 소유섭 · 서석춘 · 정소영 · 류순영 · 송경희 · 손영옥 · 이해빈 · 권우창(1993): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (농산물(채소류, 과일류)중의 미량금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 30(2): 366-377
- 14) 김길생 · 김창민 · 소유섭 · 서석춘 · 정소영 · 류순영 · 송경희 · 김종성 · 이해빈(1994): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (농산물(곡류, 두류, 서류)중의 미량금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 31(2): 437-449
- 15) 경남대학교(2000): 한국인의 평균식단 중 중금속 섭취량의 위해도 평가
- 16) 보건복지부(1998): 총식이조사 연구보고서
- 17) 백덕우 · 권우창 · 신희훈 · 김준환 · 김오한 · 소유섭 · 박건상 · 안장수(1985): 어류 중의 미량금속 분포에 관한 조사연구. 국립보건원보 22: 471-494
- 18) 백덕우 · 권우창 · 원경풍 · 김준환 · 김오한 · 소유섭 · 김영주 · 박건상 · 성덕화 · 서석춘 · 이경진 · 시도보건환경연구소(1986): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (연안 패류종의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 23: 589-610
- 19) 백덕우 · 권우창 · 원경풍 · 김준환 · 김오한 · 소유섭 · 김영주 · 박건상 · 성덕화 · 서석춘 · 이경진 · 시도보건연구소(1987): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (연안 패류 중의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 23: S589-610
- 20) 백덕우 · 권우창 · 원경풍 · 김준환 · 소유섭 · 이희덕 · 박건상 · 성덕화 · 이만술 · 이경진 · 시도보건환경연구소(1988): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (연안 패류종의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 25: 551-564
- 21) 보건복지부(2002a): 식품 중 각종 위해요인의 위해성 평가와 관리방안 수립에 관한 연구
- 22) 원경풍 · 김창민 · 소유섭 · 서석춘 · 정소영 · 류순영 · 송경희 ·

- 김종성 · 김형도 · 김길생(1995): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구 (농산물 (곡류, 두류, 서류, 채소류, 과일류) 중의 미량금속 함유량에 관하여). 국립보건원보 32(2): 456-469
- 23) 원경풍 · 김낙경 · 소유섭 · 서석춘 · 정소영 · 윤희경 · 김형도 · 장문익(1996): 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구(농산물 (곡류, 두류, 서류, 채소류, 과일류) 중의 미량금속 함유량에 관하여). 식품의약품안전본부연보 1: 58-70
- 24) 이서래 · 이미경(2001): 국내식품의 중금속 오염과 위해성 분석. 식품위생안전성학회지 16(4): 324-332
- 25) 홍무기 · 김미혜 · 소유섭 · 정소영 · 윤희경 · 장문익 · 김정수 · 조진범 · 정태영 · 이승훈(1999): 식품중 중금속 규격 과학화를 위한 조사연구(1)-당류 및 당류가공품에 대하여. 식품의약품 안전청연보 3: 36-45
- 26) 한국보건산업진흥원(2001): 한국인의 대표식단 중 중금속 섭취량 및 위해도 평가
- 27) 한국보건산업진흥원(2002): 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가
- 28) 한국보건산업진흥원(2003): 한국인의 대표식단 중 오염물질 섭취량 및 위해도 평가
- 29) 한국식품연구소(1994): 한국식품공업협회. 미량영양성분과 유해물질의 기준설정을 위한 총식이조사. 한국식품연구소