

갑상선질환 환자의 요오드섭취량과 배설량*

장남수 · 조용욱*** · 김휘준****

호서대학교 자연과학대학 식품영양학과
순천향대학 의과대학 내과학교실, ** 임상병리과****

Iodine Intake and Excretion of the Patients with Thyroid Disease

Chang, Namsu · Cho, Yongwook*** · Kim, Whiejoon****

Department of Food and Nutrition, College of Natural Sciences, Hoseo University, Chungnam, Korea
Department of Internal Medicine** and Clinical Pathology,*** Soonchunhyang University School of Medicine,
Chungnam, Korea

ABSTRACT

Dietary iodine intake and urinary iodide excretion were measured from 110 patients with various thyroid hormone diseases(hypothyroidism, hyperthyroidism, simple goiter and thyroid adenoma) and 67 normal control subjects. Iodine intake was assessed on the 24-hour recall dietary data using the compiled lists of food iodine values developed from various countries. Urinary iodide and iodide concentrations of drink water samples were measured with the iodide-selective electrode. The average iodine intake of the thyroid patients was 411 μ g, which was 87% higher($p < 0.05$) than that of the control subjects(220 μ g). Patients with hyperthyroidism and hypothyroidism or simple goiter excreted the most(0.6442ppm) and the least(0.4025ppm or 0.3967ppm) amount of iodide respectively in the urine, with the control subject in the middle(0.5229ppm). Iodide concentrations of the drinking water samples were found to be in the range of 0.0015ppm to 0.0214ppm, which seemed to vary depending on the kind(underground water vs public water) and the location.

KEY WORDS : dietary iodine intake · urinary iodine excretion · hypothyroidism · hyperthyroidism · simple goiter.

서 론

전 세계 인구의 약 5%에 해당되는 2~3억이나

채택일 : 1994년 9월 26일

*본 연구는 1992~1993년도 교육부 학술진흥재단 자유공모과제 지원연구비와 호서대학교 기초과학연구소의 지원으로 이루어진 연구의 일부임.

되는 많은 사람이 갑상선질환을 가지고 있다¹⁾²⁾. 갑상선종과 갑상선호르몬 부족증은 단순히 요오드의 결핍에 의해서만 생기는 것이 아니라 요오드 섭취가 충분하거나 과잉인 경우에도 발생하는 것으로 보고되고 있다³⁾⁴⁾.

과잉 요오드 섭취는 갑상선 기능에 상반되는 영향을 미치는 것으로 보인다. 요오드 과잉에 기

인한 갑상선 질환 발생을 보고했던 연구로는 중국의 해안지역⁵⁾과 해조류를 유난히 많이 먹었던 일본의 후카이도 해안지역의 주민⁶⁾⁷⁾들에게 풍토성 고이터가 발생했다는 것이 있었고, 요오드의 섭취를 제한시켰을때 갑상선호르몬 부족증 환자의 갑상선 크기가 감소하며 요오드유발성 갑상선호르몬 부족증(iodine-induced hypothyroidism)으로 부터 회복된다는 연구보고도 있었다⁸⁾⁹⁾. 건강보조식품으로 건다시마 분말을 복용했던 사람들에게 갑상선 기능저하증이 발생했다는 보고도 최근에 있었다¹⁰⁾. 지금까지 외국에서 행해진 연구에 의하면 요오드 과잉에 의해 갑상선호르몬 부족증에 걸리는 사람들이 지역과 연구보고에 따라 달라 적게는 0.5%, 많게는 33.3%에 달한다¹¹⁾.

한편 요오드를 과잉으로 섭취하면 갑상선 기능항진증과 갑상선 중독증을 일으키는 것으로 보고되었다. 미국의 경우 소금에 요오드를 강화시킨 이후로 갑상선 중독증환자의 발생율이 증가하였으며¹¹⁾ 영국에서는 갑상선중독증이 우유의 요오드 함량이 증가하여 요오드 섭취량이 증가하게 되는 겨울철에 많이 발생하는 것으로 보고되었다¹²⁾. 그 밖에도 호주 타즈마니아 지역에서는 제빵제조과정 중 dough-conditioner로 첨가되는 요오드화합물의 사용때문에 갑상선 중독증이 발생하였고¹³⁾ 기타 요오드가 들어있는 진단용 또는 치료용 약물 사용으로 인한 갑상선 기능항진도 보고된 적이 있다¹⁴⁾.

우리나라의 경우 요오드 섭취량, 요오드유발성 갑상선호르몬 부족증이나 고이터 유병율, 갑상선 기능항진증에 대한 자료가 없으나 본 연구 조사가 이루어진 병원에 내원하는 갑상선질환 환자가 약 200여명이나 되는 것으로 보아 꽤 높으리라 짐작된다. 삼면이 바다로 둘러싸여 있어 해산물이 풍부하고 또한 해조류와 어패류를 즐겨찾는 식습관이 일찍부터 형성되어있는 관계로 우리나라 사람들의 요오드 섭취량이 부족하기 보다는 충분하리라 예상되는 데도 불구하고 갑상선질환 환자 특히 갑상선 기능저하증과 단순갑상선종 환자가 많은 이유가 요오드 결핍에 기인한 것이 아니라 혹시나 요오드 과잉이 아닐까 생각해 볼 수 있다.

식품의 요오드는 주로 inorganic iodide로 존재하므로 소화기에서 흡수가 잘 된다. 흡수된 요오드의 30%가 갑상선에 의해 사용되며 나머지는 신장을 통해 뇨로 배설된다. 과잉으로 섭취한 요오드는 대부분(80~90%) 신장을 경유하여 배설되므로 뇨중 요오드배설량은 체내 요오드 상태를 간접적으로 반영해주는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구는 갑상선질환환자와 정상인을 대상으로 요오드 섭취실태와 소변중 요오드배설량을 측정하여 한국인의 요오드 섭취실태를 추정해 보고 갑상선질환 환자군과 정상인 간에 요오드 섭취량과 요오드 대사를 비교해 보고자 실시되었다.

연구방법

1. 연구대상자

1991년 6월부터 1993년 8월까지 갑상선질환이 있는 것으로 진단받았던 환자 중에서 이미 갑상선질환에 대한 치료약물, 한약 또는 iodine 함유 약물, 기타 갑상선기능에 이상을 초래할 수 있는 약물을 최근 3개월이내에 복용했거나 현재 복용중인 환자, 과거에 갑상선 수술을 받았던 환자, 방사성 요오드 치료를 받았거나 급성 갑상선염의 과거력이 있는 환자등을 제외한 110명을 대상으로 조사하였다. 정상대조군으로는 정기검진을 받으러 온 사람중에서 아무런 질병이 발견되지 않았던 67명을 선정하였다. 갑상선질환은 여성에게 편중되는 경향이 있는 것으로 알려져 있으며 본 조사대상 환자 역시 모두 여성이었으므로 정상대조군도 여성으로 제한시켰다.

2. 자료수집

본 연구 대상에게 일대일 면접법으로 사람에게 의한 오차를 배제하기 위해서 숙련된 조사자 동일인에 의하여 이루어졌다. 설문지는 일반사항, 가족력, 식습관, 병력 등에 대한 질문으로 구성하여 작성하였다.

식이 섭취에 대한 조사는 24시간 회상법으로 이루어졌으며 피조사자의 회상을 돕기 위하여 계량스푼, 계량컵, 식품모델을 제시하였다. 첫 50명

환자의식이섭취실태는 요오드를 많이 함유하고 있는 해조류, 어패류, 우유 및 유제품과 그 밖에 곡류, 육가금류, 채소 과일류 등으로 나누어 식품 목록표를 작성하여 식품섭취빈도와 24-시간 회상법을 병행하여 조사하였다. 그 결과 두 조사방법에 의한 요오드 섭취 추정량에 큰 차이가 없다고 판단이 되었고 또한 이 연구에서 요오드대사 측정에 사용된 뇨중 요오드 배설량이 24-시간 전의 요오드 섭취량에 민감한 것이었으므로 식품섭취실태에 관한 자료를 24-시간 회상법으로 수집하게 되었다.

혈중 갑상선호르몬수준을 측정하기 위해 적어도 9시간 이상 공복상태인 대상의 정맥혈액을 채혈한 후 3000rpm에서 5분간 원심분리 시킨 후 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 혈청 분리관에 옮겨 분석전 까지 -20℃ 이하의 냉동고에 보관하였다.

혈액검사결과 갑상선 환자로 판정된 환자가 약 물치료를 시작하기 전에 뇨를 받아서 500CC 폴리테렌병에 옮긴 후 분석전까지 -20℃ 이하의 냉동고에 보관하였다. 다수의 환자가 발생한 9지역을 선정하여 물 500CC를 받아 역시 폴리테렌병 받아서 분석전까지 -20℃ 이하의 냉동고에 보관하였다.

3. 요오드 섭취량 측정

우리나라에는 식품중 요오드 함량에 대한 자료가 아직 개발되어 있지 않아서 조사대상자의 요오드 섭취량은 일본의 식품 미량원소분석표¹⁵⁾와 미국, 네델란드, 영국, 핀란드 등에서 분석 발표된 자료를 종합하여 계산하였다¹⁶⁻³¹⁾. 식품의 요오드 함량은 주로 일본 자료를 참조하여 계산하였다. 해조류, 어패류, 우유 및 유제품의 요오드 함량에 대한 수치는 일본의 식품미량원소 분석표를 이용하였고 일본자료가 없는 과일 야채류, 곡류, 육, 가금, 난류는 앞서 언급했던 다른나라에서 발표된 수치를 이용하였다. Table 1에는 요오드 섭취량을 추정하는데 이용된 식품의 요오드 함량이 나타나 있다 (Table 1). 한편 에너지와 기타 다른 영양소 섭취량은 “이화” 프로그램을 이용하여 컴퓨터로 계산하였다.

Table 1. Iodine content of selected food items(μg/100g)*

식품	합량	식품	합량
해조류		육, 가금, 난류	
건다시마	192,200.0	쇠고기	16.4
다시용다시마	187,000.0	쇠간	159.7
청각채	18,800.0	돼지고기	17.8
미역	7,788.0	닭고기	49.9
김	6,097.6	달걀	54.0
어패류		우유 및 유제품	
대구	325.5	우유	15.0
멸치	268.4	버터	62.0
가다랭이	198.0		
방어	190.5	곡류, 두류	
훈제연어	152.8	쌀	39.0
연어	142.5	밀	7.0
고등어	102.0	식빵	17.0
청어	66.5	보리	15.0
정어리	54.4	대두	79.0
전갱이	31.2	팥	54.0
다랑어	20.4	완두콩	20.0
참치통조림	28.0	두부	2.6
게	4.2	된장	6.2
아귀	1.5	간장	7.0
채소류		과일류	
양배추	0.3	사과	4.76
양파	0.7	바나나	5.98
시금치	3.79	복숭아	3.0
토마토	0.4	딸기	9.0
당근	0.9	포도	0.0
감자	4.0	오렌지쥬스	1.0
무	0.1	수박	0.0
배추	0.02	사과쥬스	4.0
열부	0.8		
근대	0.5		
셀러리	0.6		

* 1) 식품미량원소분석표. 細貝祐太郎 堤 忠一 高居 百谷子 共編. 中央法規出版, 1985
 2) Pennington JAT, et al. Mineral content of foods and total diets : The selected minerals in foods survey, 1982 to 1984. J Am Diet Assoc 86 : 876-890, 1986
 3) Wenlock RW, et al. Trace nutrients 4. Iodine in British food. Br J Nutr 47 : 381-390, 1982
 4) Varo P, et al. Iodine in Finnish foods. Int J Vit Nutr Res 52 : 80, 1982
 5) Van Dokkum W, et al. Food additives and food components in total diets in the Netherlands. Br J Nutr 48 : 223, 1982

4. 갑상선호르몬측정과 진단

갑상선질환 환자중 고이터와 함께 갑상선의 기능이 항진(hyperthyroidism), 저하(hypothyroidism), 또는 정상(simple goiter)인 군과, 고이터와는 관계없이 갑상선 결절을 가진 군(thyroid adenoma) 등 4군으로 구분하였다.

갑상선 기능이나 질환의 판단은 T_3 , T_4 , fT_4 , RAIU 2와 24시간이 정상이상으로 높고 TSH양이 정상이하(특히 $0.1 \mu IU/ml$ 이하)로 낮은 경우에는 갑상선 기능항진증으로, 갑상선 기능항진증과 반대의 소견, 즉 혈청 T_3 , T_4 , fT_4 의 수치가 정상보다 낮으며 특히 TSH의 수치가 $6 \mu IU/ml$ 이상인 경우에는 갑상선 기능저하증으로 진단하였다. 단순갑상선종은 갑상선 요오드흡수율과는 무관하게 갑상선 호르몬검사는 정상을 보이나 갑상선주사상 미만성(diffuse)으로 커진 갑상선종이 있는 경우로 하였으며, 갑상선 결절(thyroid nodule)은 갑상선의 결절이 갑상선 주사와 갑상선 초음파검사로 확인되고 편의상 갑상선 기능이 정상인 환자로 정하였다.

5. 생화학적 분석

환자들로부터 혈청 T_3 , T_4 , fT_4 , TSH, 그리고 갑상선주사(thyroid scanning) 및 갑상선 요오드흡수율을 측정하였고, 내원 첫날에 소변의 요오드배설량을 측정하였다.

1) 혈청 갑상선 호르몬 수준과 갑상선 요오드 흡수율

혈청 T_3 , T_4 , fT_4 , TSH는 상품화된 radioimmuno assay kit를 이용하여 측정하였다(T_3 , T_3 RIA Bcd, Abbott; T_4 , tetra Bead-125, Abbott, fT_4 , Amerlex-MAB kit, TSH, Amerwell TSH assay kit).

갑상선 요오드 흡수율(RAIU)은 $10 \mu Ci$ 의 ^{131}I 를 경구로 투여한 다음 2시간, 4시간, 24시간후에 갑상선에 섭취되는 양을 medical spectrometer로 측정하였다.

2) 뇨중 요오드배설량 측정

뇨중 요오드 함량은 요오드이온 선택전극(iodide-selective electrode)을 사용하여 전극전위 방법으로 시행하였다. 사용한 전극은 iodide-selective electrode

(Orion EA 940)이었고, 표준전극은 Orion Model 90-02 double junction reference electrode였다. 시약과 표준용액의 제조에는 distilled, deionized water를 사용하였다. 이 방법을 이용하여 우유 및 소변중 요오드 함량이 이미 다른 연구가들에 의해 분석된 적이 있다³²⁻³⁵). 표준 요오드 용액의 serial dilution을 만든 후 이 용액의 전극전위를 측정하여 표준곡선을 작성하고 샘플의 전극전위 값을 표준곡선에 대입하여 소변내 요오드 농도를 계산하였다.

6. 식수의 요오드 함량

많은 환자들이 내원하였던 지역의 수도물과 지하수의 물 sample을 수집하여 이온전극법을 이용하여 물의 요오드 함량을 측정하였으며 자세한 측정방법은 뇨중 요오드 함량 측정 방법과 동일하였다.

7. 통계처리

모든 데이터는 SAS(Statistical Analysis System) Package를 사용하여 통계처리 하였다³⁶). 환자군 전체와 대조군의 신체사항에 대한 비교는 Student T-test로 평균치의 차이에 대한 유의성을 검증하였고 질환별 혈청갑상선수준, 요오드 흡수율에 대한 데이터는 ANOVA를 수행한후 Tukey's multiple comparison test로 수치의 차이를 비교하였다. 자료 중 변이가 심한 요오드섭취량에 관한 데이터는 Box-Cox 변형을 시켜 데이터의 배열이 정상분포를 띌 수 있도록 하였으며 이때 사용된 λ 값은 -0.2 이었다. 요오드배설량에 관한 데이터는 log-변형을 시켜($\lambda=0$) 분석에 이용하였다. 변형된 요오드 섭취량과 배설량 자료에 대해 ANOVA를 실행한후 Tukey's multiple comparison test로 수치의 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 환자들의 지역별 분포

환자들의 지역별 분포도를 보면 병원의 위치상 천안시와 천안군이 46명(40%)으로 가장 많았고, 병원과 인접한 아산군, 온양시가 23명(20%), 예산군 16명(13.9%)였으며, 당진군, 서산, 태안군, 홍

성군 등이 각각 9명(7.8%), 8명(7%), 9명(7.8%)으로 나타났다. 대천지역에서는 4명(3.5%)이 내원하였다. 나머지 13명은 소재 파악을 못하였다. 대전이나 청주, 공주 지역에서는 지역에 대학병원등 종합병원이 있으므로 내원하지 않았던 것으로 보인다. 이중 천안시와 천안군을 제외한 지역은 서해 바다와 인접한 지역에서 온 환자들이었다.

2. 환자군과 대조군의 신체적 사항

Table 2에 나타난 바와 같이 환자군의 연령(32.7 ± 12.6)은 대조군(36.2 ± 15.2)에 비해 통계적으로 유의하게 다르지 않았고, 이들의 신장(159.4 ± 5.2 vs 158.0 ± 5.7)과 체중(53.1 ± 6.7 vs 53.1 ± 8.3), BMI(21.1 ± 2.5 vs 21.4 ± 3.5) 역시 유의적인 차이가 없었다.

3. 조사대상자의 혈청중 갑상선 호르몬수준

갑상선 기능 항진증 환자의 경우 혈청중 T₃, T₄, fT₄ 수준이 각각 475.9 ng/dl, 20.0 µg/dl, 6.3 ng/dl로 정상대조군보다 월등히 높았고, TSH(0.1 µIU/ml) 수준은 유의적으로 낮았으며, 기능저하 환자의 T₃, T₄, fT₄ 수준은 각각 92.9 ng/dl, 4.4 µg/dl, 0.7 ng/dl로 T₄와 fT₄ 수준이 대조군에 비해 유의적으로 낮았고 이들의 TSH(34.9 µIU/ml) 수준은 대조군에 비해 유의적으로 높았다(Table 3). 이들 호르몬의 정상 범위는 T₃, T₄, fT₄, TSH 수준이 각각 80~200 ng 3.5~11.9 µg/dl, 0.7~2.0 ng/dl, 0.3~3.2 µIU/ml이다.

4. 환자들의 갑상선 요오드 흡수율(Radioiodide Uptake Ratio)

¹³¹I-주사후 갑상선 요오드 흡수율을 24시간, 4

Table 2. Physical characteristics of the study subjects

	Thyroid patients(n=110)	Normal control(n=67)	Total(n=177)
Age(years)	32.7 ± 12.6 ¹⁾	36.2 ± 15.2 ^{NS2)}	34.6 ± 14.1
Height(Cm)	159.4 ± 5.2	158.0 ± 5.7 ^{NS}	158.7 ± 5.5
Weight(Kg)	53.1 ± 6.7	53.1 ± 8.3 ^{NS}	53.1 ± 7.5
BMI(kg/m ²)	21.1 ± 2.5	21.4 ± 3.5 ^{NS}	21.2 ± 3.0

1) Mean ± S.D

2) NS : values are not significantly different from each other by Student T-test.

Table 3. Thyroid hormone levels of the subjects

	T ₃ (ng/dl)	T ₄ (µg/dl)	fT ₄ (ng/dl)	TSH(µIU/ml)
Hyperthyroid (n=39)	475.9 ± 211.1 ^{1)b}	20.0 ± 7.0 ^c	6.3 ± 3.2 ^c	0.1 ± 0.2 ^a
Hypothyroid (n=20)	92.9 ± 40.4 ^a	4.4 ± 2.2 ^a	0.7 ± 0.4 ^a	34.9 ± 33.8 ^c
Simple goiter (n=39)	107.5 ± 22.4 ^a	8.0 ± 1.9 ^b	1.3 ± 0.4 ^b	1.6 ± 0.9 ^b
Thyroid adenoma (n=14)	141.5 ± 51.4 ^a	9.0 ± 1.8 ^b	1.3 ± 0.5 ^b	1.4 ± 1.1 ^b
Normal control (n=67)	109.9 ± 95.9 ^a	8.2 ± 2.3 ^b	1.2 ± 0.4 ^b	1.2 ± 0.7 ^b

1) Mean ± S.D

Values with different superscripts are significantly different among the values in the same column at p<0.05 by Tukey's multiple comparison test.

Table 4. Radioiodide uptake of thyroid patients

	RAIU2	RAIU4	RAIU24
Hyperthyroid (n=37)	50.2 ± 16.9 ^{1)b}	58.8 ± 14.0 ^{b2)}	56.4 ± 16.1 ^b
Hypothyroid (n=20)	20.2 ± 14.8 ^a	29.8 ± 17.4 ^a	39.9 ± 21.3 ^a
Euthyroid ³⁾ (n=120)	12.4 ± 7.9 ^a	18.4 ± 9.8 ^a	30.5 ± 13.6 ^a

1) Mean ± S.D

2) Values with different superscripts are significantly different among the values in the same column at p<0.05 by Tukey's multiple comparison test.

3) Euthyroid : Simple Goiter, Thyroid Adenoma, Normal Control 포함.

시간, 24시간에 측정된 결과 갑상선 기능 항진증 환자들의 요오드흡수율이 유의적으로 높았다. 기능저하 환자와 단순 갑상선종 환자의 요오드 흡수율에는 차이가 없었다(Table 4).

5. 조사대상자들의 요오드 섭취량

1) 환자군 대조군의 요오드 섭취량

환자군 전체와 대조군의 요오드 섭취량을 비교한 결과는 Table 5에서 볼 수 있다. 대조군의 요오드 섭취량은 220.1 μ g/day으로 환자군 전체의 섭취량 411.5 μ g/day에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$).

한편 환자들을 진단별로 나누어 각군의 요오드 섭취량을 비교한 결과는 Table 6에 나타나 있다. 갑상선 기능 저하 환자의 요오드 섭취량이 평균 요오드 섭취량이 433.1 μ g/day으로 다른 환자들보다 높았고, 그 다음이 단순 갑상선종 환자 411.3 μ g/day, 갑상선결절 환자 329.6 μ g/day, 그리고 갑상선 기능 항진 환자 265.6 μ g/day의 순으로 나타났으나 편차가

심해 대조군을 비롯하여 각 군간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

조사대상자가 섭취한 식품의 요오드 함량을 직접 분석하지 못하고 외국 여러나라(일본, 핀란드, 네델란드, 미국 등)에서 분석된 수치를 종합하여 계산하였기 때문에 조사대상자의 정확한 요오드 섭취량이 되었다고는 볼 수는 없으나 이에 대하여 처음으로 추정되었다는 데에 가치가 있다고 볼 수 있다.

식품의 요오드 함량은 식품종류에 따라 큰 차이가 있다. 요오드 함량은 단연 해조류에 가장 높고 어패류, 우유 및 유제품, 달걀, 제빵제품 순으로 많다. 해조류는 바닷물로부터 요오드를 농축시킬 수 있는 특별한 기전이 있어 요오드가 유난히 많은데 특히 다시마의 경우는 그 함량이 건중량의 1% 까지도 된다³⁷⁾. 채소와 과일류의 요오드 함량은 재배된 지역의 토양내 요오드 함량에 의해 좌우되기는 하나 그 함량이 매우 낮은 평균 2~3 μ g/100g 밖에 되지 않는다.

우유에 요오드가 많은 이유는 착유, 보관, 처리 과정에 살균제로 iodophor, ethylenediamine dihydroiodide(EDDI) 등의 요오드화합물이 사용되며 젖소의 사료에도 요오드화합물이 첨가되기 때문이다. 식품섭취조사결과 본 연구조사 대상자의 우유 및 유제품섭취량은 매우 낮게 나타나서 미국이나 영국 등 서구인들과는 달리 우유 및 유제품의 섭취량에 대한 기여도가 유의적이지 않았다. 제빵과정에서는 dough-conditioner로 요오드화합물을 사용하므로 이들 제품에도 요오드의 함량이 높은 편이다.

본 조사대상자의 요오드 섭취량 범위가 상당히 넓게 나타났는데 이렇게 요오드섭취량의 차이가 많았던 큰 이유는 다른 어떤 식품보다 요오드 함량이 월등히 많은 다시마의 섭취여부에 따라 큰 폭으로 달라졌기 때문으로 생각된다. 대상자 중에는 요오드를 30mg까지나 섭취한 사람도 있었다.

본 연구대상 환자군의 평균 요오드 섭취량은 풍토성 고이더가 있었던 일본 홋카이도 지역 주민이나 일본에서 보고되었던 다른 환자들보다 낮은 수치를 나타냈으므로 이들의 섭취량이 갑상선 기능에 이상을 초래했으리라 보기 어렵기는 해도

Table 5. Iodine intake of the study subjects

	Iodine intake (μ g/day)	Median (μ g/day)
Thyroid patients	411.5(135.1, 1176.5) ¹⁾	372.7
Normal control	220.1(84.0, 714.3)*	207.6
Total	298.0	263.4

1) 데이터의 좌측 limit(mean-1 σ), 우측 limit (mean+1 σ)

* : Values are significantly different from each other at $p < 0.05$.

Table 6. Iodine intake of thyroid patients

	Iodine intake (μ g/day)
Hypothyroid (n=37)	265.6(113.6, 714.3) ¹⁾
Hypothyroid (n=20)	433.1(196.1, 1111.1) ^{NS}
Simple goiter (n=39)	411.3(138.9, 1666.9)
Thyroid adenoma (n=14)	329.6(100.1, 1587.3)
Normal control (n=67)	220.1(83.3, 714.3)

1) Mean(mean-1 σ), mean+1 σ)

ANOVA was performed on the Box-Cox-transformed data.

2) NS : Values are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's multiple comparison test.

정상대조군보다는 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 위 연구들은 요오드유발성 갑상선기능 저하증이 1mg 이상의 요오드 섭취량이 있을때 나타난다고 보고하였다⁸⁾.

요오드 과잉은 여러가지 갑상선 질환을 유발하는데 고이터와 갑상선기능저하증은 과잉의 요오드가 유기요오드 형성을 방해하기 때문에 생긴다. 즉 갑상선 follicle 세포내 갑상선 호르몬 합성에 관여하는 당단백질 타이로글로불린의 타이로신잔기에 요오드가 결합되는 것을 방해한다. 이러한 현상을 Wolff-Chaikoff 효과라고 부른다⁹⁾. 갑상선 기능 항진증을 치료할 때 요오드를 사용하는 것은 바로 이 효과를 이용하기 위함이다.

갑상선 조직 중 자가 갑상선조직(autonomous thyroid tissue)는 TSH 호르몬의 영향을 받지 않고 요오드 섭취량에 직접 영향을 받는다. 그러므로 요오드 과잉 섭취는 자가갑상선조직을 가지고 있는 사람에게 갑상선 기능 항진증을 더욱 악화시킬 우려가 있다. 본래 요오드 결핍지역에 사는 사람에게는 TSH에 의해 제어되지 않는 자가갑상선 조직의 양이 많아지게 되는데 그러다가 갑자기 요오드 섭취량이 많아지면 갑상선 기능 항진증에 걸리게 된다.

특히 임신 중 과량의 요오드를 복용하면 태아의

갑상선에 매우 위험하게 되는데 그 이유는 태아의 갑상선이 갑상선 호르몬을 합성할때 요오드의 저해효과를 더 많이 받기 때문이다. 모체의 요오드 과잉으로 인해 영아에게 고이터가 생기면 호흡곤란으로 사망할 수도 있다.

2) 세계 각국의 요오드 섭취량

본 연구에서 추정한 요오드 섭취량을 Pennington¹¹⁾이 모은 여러 다른 나라 사람들의 섭취량에 대한 연구 결과와 비교하여 Table 7에 나타내 보았다.

우리나라 사람들의 요오드 섭취량은 미국, 영국과 비슷하게 나타났고, 일본인 보다는 낮게 나타났는데 이는 아마 미국, 영국의 경우 해조류나 어패류의 섭취량이 많지는 않아도 요오드가 첨가된 소금을 섭취하고 있어 요오드 섭취량이 권장량을 상회할 정도로 높고, 일본인의 경우는 한국인 보다 어패류와 해조류의 섭취량이 높기 때문인 것으로 보인다 (일본의 어패류 섭취량 : 100g/day vs 한국의 어패류 섭취량 : 80g/day). 보통 식염에는 0.4µg/g의 요오드가, 강화된 식염에는 미국의 경우 100µg/g, 기타 다른 나라의 경우 20~50µg/g의 요오드가 함유되어 있다. 독일인이나 프랑스인, 그리고 스웨덴 채식주의자의 요오드 섭취량이 다른 나라 사람들보다 월등하게 낮은 것도 주목할만 하다.

Table 7. Iodine intake of the people in various countries¹⁾

	Iodine intake (mg/day)	Range
USA, 1982-1986	0.29	0.17 - 0.41
Canada, 1987	1.046	
Japan urban people, 1986	0.544	0.361 - 1.023
Germany, 1985		0.050 - 0.060
France, 1986		0.100 - 0.150
Sweden, mixed diet, 1981		0.218 - 0.265
Vegans		0.058 - 0.082
UK, average diet, 1982	0.323	0.116 - 1.051
Finland, average diet, 1982	0.340	
New zealand	0.305	0.115 - 0.738
Korea, mixed diet, 1993		
Thyroid patients	0.411	
Normal control	0.220	

1) Adapted from Pennington JT(ref. 10). J Am Diet Assoc 90 : 1571-1581, 1990

Table 8. Thyroid function and urinary iodide excretion

Thyroid function	Number of subjects	Iodide excretion (ppm)
Hyperthyroid	37	0.6442(0.3197, 1.2982) ¹⁾
Hypothyroid	20	0.4025(0.1622, 0.9993)
Simple goiter	39	0.3967(0.1775, 0.8866)
Thyroid adenoma	14	0.4801(0.1781, 1.2939)
Normal control	67	0.5299(0.2256, 1.2450)

1) Mean(mean-1σ, mean+1σ)

ANOVA was performed on the log-transformed data.

No significant differences were found among the values.

6. 갑상선호르몬 기능에 따른 요오드 배설량

갑상선 기능 항진증 환자군의 요오드 배설량은 0.6442ppm으로 단순갑상선증(0.3967 ppm), 갑상선 기능 저하증(0.4025 ppm)이나 정상대조군(0.5299 ppm)에 비하여 소변 중 iodide 배설량이 많은 경향을 보였으나 편차가 심하여 통계적인 유의성을 보이지는 못했다(Table 8). 갑상선 기능 항진 환자 요오드 배설량에 비해 높은 것으로 여러 연구자에 의해 이미 보고된 바 있다. 갑상선 기능 항진증 환자들은 요오드 섭취량이 적음에도 불구하고 소변중 요오드 배설량이 많고, 갑상선 기능 저하증 환자들은 요오드 섭취가 많으면서도 요오드의 배설의 적은 양상을 볼 수 있는데 이는 각각의 경우 체내 iodine pool의 크기에 따른 보상작용이 아닌가 생각된다. 본 연구대상자의 요오드 배설량은 아프리카 Zaire의 요오드 결핍으로 인한 풍토성 고이터 환자의 요오드 배설량보다 높은 경향을 보였다³⁸⁾³⁹⁾.

7. 요오드 과잉섭취와 갑상선호르몬 기능

요오드 섭취량이 10mg 이상으로 유난히 높은 환자가 2명이 있어 이들의 요오드 배설량을 조사해 본 결과 0.8 ppm으로 10mg 이하를 섭취하는 사람에 비해 월등히 요오드를 많이 배설하였으나(0.5 ppm), 대상자의 수가 워낙 적어 유의성은 없었다. 요오드의 섭취량이 10mg 이상인 대상자의 경우 역시 샘플수가 적어 통계적으로 유의적인 차이는 없었지만 RAUI가 정상이하로 감소하는 경향을 보

이는 것으로 나타나 요오드 독성에 따르는 갑상선의 기능에 이상을 초래할 가능성이 매우 높다고 생각할 수 있다⁵⁾.

8. 물의 요오드 함량

우리의 식생활 가운데에서 식품 못지않게 중요한 것이 식수이다. 식수의 요오드 함량은 물과 접촉하고 있는 암석과 토양의 요오드 함량에 의해 좌우된다. 요오드 함량이 높은 지하수를 식수로 이용하는 중국의 한 마을에서는 주민의 7.3%가 고이터, 28.3%가 갑상선비대증을 가지고 있었다는 보고가 있었다⁴⁰⁾. 한편 Freund등은 식수의 요오드 함량이 1 liter당 1 mg 이상이였을때 갑상선의 요오드 유기화(organification)가 저해된다는 임상실험결과를 발표하였다⁴¹⁾.

미국 Kentucky 동부와 콜롬비아 서부지역의 역학연구에 의하면 강유역, 특히 하류지역의 주민에게 풍토성 갑상선질환이 많이 발생하였다⁴²⁾. 이 지역의 토양은 석탄, 이판암 등으로 이루어져 있는데 이 지역의 물을 쥐에게 먹였을 때 고이터가 발생하였다. 물의 어떤 성분이 고이터를 발생시키는지 정확히 알 수는 없으나 박테리아, polyhydroxyphenol, phenol derivatives(cx. resorcinol)와 같은 물질이 goitrogen으로 작용한 것으로 보고되었다⁴³⁾. 본 연구대상지역인 서해안 지역은 low-lying area로 토양의 퇴적이 지속적으로 이루어지는 곳이며 토양에 유기물이 풍부하여 goitrogen으로 작용할 수 있는 물질이 많으리라 짐작되는 지역이다.

환자들이 거주하고 있는 9개 지역에서 식수로 사용되고 있는 수도물 또는 지하수 sample을 얻어와 이온전극법으로 물에 함유되어 있는 iodide의 농도를 측정한 결과는 Table 9에 나타나 있다. 천안시와 천안군 온양시, 서산군에서는 지하수를 식수로 사용하고 있었다. 수도물도 상수처리장이 위치하고 있는 지역의 Water source에 많은 영향을 받았다고 볼 수 있다.

물의 I⁻ 함량은 천안시의 수도물이 가장 낮은 0.0015 ppm(11.90 nmol/L)이었고, 대천 지하수가 가장 높은 0.0214 ppm(169.84 nmol/L)이었다. 이를 다른 나라에서 보고되었던 자료와 비교해 보면 중국

Table 9. Iodide concentrations of the drinking water

	Iodide conc (ppm)	Kind of Drinking water
Chunan city	0.0015	Public water
Onyang city	0.0126	Public water
Chunan-Kun		
Poongsc	0.0045	Underground water
Sungwhan	0.0134	Public water
Yesan-Kun	0.0142	Underground water
Hongsung-Kun	0.0144	Underground water
Kwangchun		
Daechun	0.0214	Underground water
Asan-Kun	0.0083	Underground water
Seosan-Kun	0.0029	Public water

대륙의 풍토성 고이더 지역인 Chengde Province의 식수중 요오드 함량은 12.71~62.73 nmol/L인 것으로 보고된 바 있고⁴¹⁾ 그리스의 풍토성 고이더 지역 식수중 요오드 함량은 8.73~71.4 nmol/L, 풍토성 고이더 지역이 아닌 곳의 식수내 요오드 함량은 56.34~222.0 nmol/L인 것으로 보고된 바 있다⁴⁵⁾.

대체로 볼 때 지하수의 요오드 함량이 수도물보다 높은 경향을 나타냈으나 숫자로 볼 때 대부분의 환자들이 식수로 사용하는 물이 수도물이었고, 식수나 조리등에 사용된 물등 물의 사용량에 대한 자료수집이 실제로 어려워 물을 통한 요오드 섭취량에 대한 자료는 총 요오드 섭취량에 반영시키지 못한 미흡한 점이 있었다. 앞으로는 물의 섭취량에 대한 자료를 철저히 조사하고 물의 iodide, 또는 total iodine 함량에 대한 분석을 더 예민한 방법을 이용하여 물을 통한 요오드 섭취량에 대한 자료를 얻는 것이 필요하다고 생각된다.

요약 및 결론

갑상선질환 환자 110명과 정상대조군 67명의 요오드 섭취량과 배설량을 조사한 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

갑상선질환 환자와 정상대조군의 요오드 섭취량은 각각 411.5 µg, 220.1 µg으로 환자군은 정상대조군보다 87% 많은 요오드를 섭취하였다. 환자들을

진단별로 나누어 보았을 때 갑상선 기능 저하 환자의 평균 요오드 섭취량이 433.1 µg으로 가장 높았고, 그 다음이 단순갑상선종(411.3 µg), 갑상선 기능 항진증(265.6 µg)이었다. 그러나 편차가 심해 이들 사이에는 통계적으로 유의적인 차이가 없었다.

갑상선 기능 항진증 환자의 소변중 요오드 배설량이 0.6442 ppm으로 가장 높았으며 갑상선 기능 저하증 환자의 것이 0.4025 ppm, simple goiter 환자의 것이 0.3967 ppm이었다. 한편 정상 대조군의 요오드 배설량은 0.5299 ppm이었다. 조사대상자들이 사용하는 식수의 iodide 함량은 적게는 0.0015 ppm에서 많게는 0.0214 ppm으로 지역과 물의 종류(지하수, 수도물)에 따라 차이가 있었다.

비록 추정에 의한 것이지만 본 조사결과 갑상선질환 환자의 요오드 섭취량이 유의적으로 높게 나타난 것으로 보아 요오드의 섭취량이 갑상선질환을 일으키는데 어떠한 역할을 하지 않을까 생각해 볼 수 있으며 앞으로 갑상선질환 유병율과 질환발생 원인에 대한 연구가 다각적으로 이루어질 필요가 있다고 생각된다. 아울러 갑상선질환 환자의 관리와 특히 임신과 출산에 즈음하여 발생하는 갑상선질환 환자관리에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

Literature cited

- 1) Stanbury JB, Hertzler B. Endemic Goiter and Endemic Cretinism. Wiley & Sons, New York, 1980
- 2) Dunn JT, van der Haar F. A practical guide to the correction of iodine deficiency. Internal Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. WHO, 1990
- 3) Wolff J, Chaikoff IL, Goldberg RC, Meier JR. The temporary nature of the inhibitory action of excess iodide on organic iodide synthesis in the normal thyroid. *Endocrinology* 45 : 504, 1949
- 4) Wolff J. Iodide goiter and the pharmacologic effects of excess iodide. *Am J Med* 47 : 101-124, 1969
- 5) Mu L, Derun L, Chengye Q, Peiying Z, Qidong Q, Chunde Z, Quingzhen J, Huaixing W, Eastman CJ, Boyages SC, Collings JK, Jupp JJ, Maberly GF. Endemic goiter in central China caused by excessive iodine intake. *Lancet* 2 : 257, 1987

- 6) Suzuki H, Higuchi T, Sawa K, Ohtake S, Horiuchi Y. Endemic coast goiter in Hokkaido, Japan. *Acta Endocrinol(Copenh)* 50 : 161, 1965
- 7) Nagatake S. Thyroid function in normal Japanese with special reference to iodine intake. *Igaku Agyumi* 720-2, 1970
- 8) Yoshinari M, Okamura K, Tokuyama T, Shiroozu A, Nakashima T, Ionue K, Omae. Clinical importance of reversibility in primary goitrous hypothyroidism. *Br Med J* 287 : 720-2, 1983
- 9) Tajiri J, Higashi K, Morita M, Umeda T, Sato T. Studies of hypothyroidism in patients with high iodine intake. *J Clin Endocrinol Metab* 63 : 412, 1986
- 10) Key TJA, Thorogood M, Keenan J, Long A. Raised thyroid stimulating hormone associated with kelp intake in British vegan men. *J Human Nutr Diet* 5 : 323-326, 1992
- 11) Pennington JT. A review of iodine toxicity reports. *J Am Diet Assoc* 90 : 1571-1581, 1990
- 12) Nelson M, Phillips DIW. Seasonal variations in dietary iodine intake and thyrotoxicosis. *Human Nutr : Appl Nutr* 39A : 213-219, 1985
- 13) Connolly RJ, Vidor GI, Stewart JC. Increase in thyrotoxicosis in endemic goiter area after iodation of bread. *Lancet* i : 500-502, 1970
- 14) Fradkin JE, Wolff J. Iodide-induced thyrotoxicosis. *Medicine* 62 : 1-20, 1983
- 15) 식품미량원소 분석(일본). 중앙법규출판, 1985
- 16) Harrison MT, McFarlane S, Harden, R McG, Wayne E. Nature and availability of iodine in fish. *Am J Clin Nutr* 17 : 73-7, 1965
- 17) Kidd PS, Trowbridge F., Goldsby JB, Nichaman MZ. Sources of dietary iodine. *J Am Diet Assoc* 65 : 420, 1974
- 18) Miles P. Determination of iodide in nutritional beverage products using an ion selective electrode. *J Asso Off Anal Chem* 61 : 1366, 1978
- 19) Moxon RED, Dixon EJ. Semi-automatic method for the determination of total iodine in food. *Analyst* 105 : 344, 1980
- 20) Harland BF, Johnson RD, Blendermann EM, Prosky L, Vanderveen JE, Reed GL, Forbes AL, Roberts HR. Calcium, phosphorus, iron, iodine, and zinc in the "Total Diet". *J Am Diet Assoc* 77 : 16-19, 1980
- 21) Varo P, Saari E, Paaso A, Koivistonon P. Iodine in Finnish foods. *Int J Vit Nutr Res* 52 : 80, 1982
- 22) Wenlock RW, Buss DH, Moxon RE, Bunton NG. Trace nutrients. 4. Iodine in British foods. *Br J Nutr* 47 : 381, 1982
- 23) Van Dokkum W, De Vos RH, Cloughley FA, Hulshof KFAM, Dukel F, Wijsman JA. Food additives and food components in total diets in the Netherlands. *Br J Nutr* 48 : 223, 1982
- 24) Allegrini M, Pennington JT, Tanner JT. Total Diet Study : Determination of iodine intake by neutron activation analysis. *J Am Diet Assoc* 83 : 18, 1983
- 25) Dellavalle ME, Barbano DM. Iodine content of milk and other foods. *J Food Prot* 47 : 678, 1984
- 26) Penninton JT, Young BE, Wilson DB, Johnson RD, Vanderveen JE. Mineral contents in foods and total diets : The Selected minerals in foods survey, 1982-84. *J Am Diet Assoc* 86 : 876, 1986
- 27) Katamine S, Mamiya Y, Sekimoto K, Hoshino N, Totsuka K, Naruse Y, Watabe A, Sugiyama R, Suzuki M. Iodine content of various meals currently consumed by urban Japanese. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 32 : 487, 1986
- 28) Yamada Y, Miyoshi T, Imake M, Yoghimura T. Study on iodine intake in Japanese(Report 1). Digestibility of iodine from the seaweed *Undaria pinnatifida*. *Nippon Eiseigaku Zasshi* 41 : 817, 1986
- 29) Katamine S, Mamiya Y, Sekimoto K, Hoshino N, Totsuka K, Suzuki M. Differences in bioavailability of iodine among iodine-rich food and food color. *Nutr Rep Inter* 35 : 289, 1987
- 30) Pennington JT. Iodine. In : Trace Minerals in Foods(ed. KT Smith), Marcel Dekker, Inc, New York, pp249-289, 1988
- 31) Pennington JT, Young BE, Wilson DB. Nutritional elements in US diets : Results from the Total Diet Study, 1982-86. *J Am Diet Assoc* 89 : 659, 1989
- 32) Morinet et al. *Ann Biol Clin* 33 : 89, 1975
- 33) Orion Research Inc. Laboratory Products Group. Analytical methods guide. Orion Research Inc., Cambridge, MA, 1975

- 34) Bruhn JC, Franke AA. An indirect method for the estimation of the iodine content in raw milk. *Dairy Sci* 61 : 1557-60, 1978
- 35) 김현만 · 이현철 · 박금수 · 주현영 · 김경래 · 홍취수 · 허갑범 · 이상용. 정상인 및 갑상선 질환 환자의 뇨중 옥소배설에 관한 연구. *대한내과학회잡지* 29(5) : 625-31, 1985
- 36) SAS. Statistical Analytical System, Cary, NC, 1990
- 37) Stanbury JB. Iodine. In : Modern Nutrition in Health and Disease(Goodhart and Shils, eds), Lee & Febiger, pp227-237, 1989
- 38) Vanderpas JB, Contempre B, Duale NL. Iodine and selenium deficiency associated with cretinism in Northern Zaire. *Am J Clin Nutr* 52 : 1087-93, 1990
- 39) Thilly C-H, Swennen B, Bourdoux P, Ntambue K, Moreno-Reyes R, Gillies J, Vanderpas JB. The epidemiology of iodine-deficiency disorders in relation to goitrogenic factors and thyroid-stimulating hormone regulation. *Am J Clin Nutr Suppl* 57 : 267S-70S, 1993
- 40) Tai M, Zhi-heng Y, Ti-zhang L, Shi-yang W, Cheng-fang D, Xyan-yang H, Hui-cheng Z, Rong-ning L, Cjeng-yun U. Guo-qiang W, Hui-xhen C, Qi W. High-iodide endemic goiter. *Chin Med K* 95 : 692, 1982
- 41) Freund G, Thomas WC, Bird ED, Kinman RN, Black AP. Effect of iodinated water supplies on thyroid function. *J Clin Endocrinol* 26 : 619, 1966
- 42) Gaitan E. Goitrogens in food and water. *Ann Rev Nutr* 10 : 21-39, 1990
- 43) Gaitan E, Jolley RL, Lindway RH, Cooksey RC, Hill JB. Resorcinol : Final goitrogenic product in water from a goitrogenic well. *Clin Ecol* 5 : 1176-184, 1987/88
- 44) Ma T, Guo J, Wang F. The epidemiology of iodine-deficiency diseases in China. *Am J Clin Nutr Suppl* 57 : 264S-6S, 1993
- 45) Koutras DA, Christakis G, Trichopoulos D, Dakou-Voutetaki A, Kyriakopoulos V, Fontanares P, Livadas DP, Gatsios D, Malamos B. Endemic goiter in Greece : Nutritional status, growth, and skeletal development of goitrous and nongoitrous populations. *Am J Clin Nutr* 26 : 1360-8, 1973