



갑상선암 수술 후 치료 방법에 따른 체중, 체성분과 대사 지표의 변화

노원을지대학교병원 내과¹, 중앙대학교광명병원 내과², 서울대학교 의과대학 내과학교실³, 서울대학교병원 내과⁴, 단국대학교 의과대학 내과⁵, 서울대학교 융합과학기술대학원 분자의학및바이오제약학과⁶

정경연¹, 최훈성², 조선욱^{3,4}, 정현경⁵, 김희진⁵, 박영주^{3,4,6}

The Changes of Weight, Body Composition and Metabolic Parameters According to Treatment Modality in Patients with Thyroid Cancer

Kyong Yeun Jung¹, Hoon Sung Choi², Sun Wook Cho^{3,4}, Hyun Kyung Chung⁵, Hee Jin Kim⁵ and Young Joo Park^{3,4,6}

Department of Internal Medicine, Nowon Eulji Medical Center, Eulji University¹, Seoul, Department of Internal Medicine, Chung-Ang University Gwang-Myeong Hospital², Gwangmyeong, Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine³, Department of Internal Medicine, Seoul National University Hospital⁴, Seoul, Department of Internal Medicine, Dankook University College of Medicine⁵, Cheonan, Department of Molecular Medicine and Biopharmaceutical Sciences, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University⁶, Seoul, Korea

Background and Objectives: Patients with thyroid cancer often have complained of weight gain and fatigue after thyroidectomy, even when they have achieved euthyroidism or mild thyroid stimulating hormone (TSH) suppression. The aim of this study was to identify the changes of weight, body composition and metabolic parameters after thyroidectomy in patients with thyroid cancer according to radioactive iodine (RAI) treatment. **Materials and Methods:** We prospectively recruited 40 women aged 40-60 years who were diagnosed differentiated thyroid cancer and scheduled for thyroidectomy in Seoul National University Hospital from June 2013 to April 2015. In the study group, 19 subjects had RAI treatment: 11 after thyroid hormone withdrawal and 8 after recombinant human TSH (rhTSH). Body composition using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and metabolic parameters were measured at preoperative, postoperative 7 and 12 months. **Results:** There were no significant changes of weight at postoperative 7, 12 months. In subjects without RAI treatment, body fat (%) were significantly lower (37.4 ± 5.5 vs. 34.6 ± 5.5 vs. $35.0 \pm 5.4\%$, $p < 0.001$) and lean mass were higher (33.7 ± 3.7 vs. 35.0 ± 4.0 vs. 34.6 ± 3.8 kg, $p = 0.002$) at postoperative 7, 12 months compared to preoperative. However, there were no significant changes of body composition in subjects with RAI treatment. There were no significant differences between the changes in metabolic parameters including blood pressure, glucose and lipid profiles from preoperative to postoperative 12 months. **Conclusion:** Our study demonstrated that RAI treatment and thyroid function changes after thyroidectomy does not affect adversely on weight, body composition and metabolic parameter.

Key Words: Thyroid cancer, Radioactive iodine, Weight, Body composition, Metabolic parameter

Received October 23, 2025 / Revised November 20, 2025 / Accepted November 20, 2025

Correspondence: Young Joo Park, MD, PhD, Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea

Tel: 82-2-2072-4183, Fax: 82-2-764-2199, E-mail: yjparkmd@snu.ac.kr

Copyright © the Korean Thyroid Association.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

갑상선암 환자들은 수술 후 일정 기간 갑상선호르몬 억제 요법을 시행 받으며 무증상 갑상선기능항진증 상태를 유지하게 된다. 그러나, 상당수의 갑상선암 환자들이 수술 후 갑상선기능이 정상범위 혹은 약간 높게 유지됨에도 체중 증가 및 피로감을 호소하는 경우를 임상에서 흔하게 볼 수 있다. 그러나, 이러한 주관적인 증상 및 체중 변화가 갑상선절제술 자체에 의한 것인지, 수술 후 급격한 갑상선기능의 변화에 의한 것인지 원인에 대하여는 명확하지 않다.

갑상선암 수술 후 체중 증가가 대조군과 비교하여 유의하지 않고 연령 증가에 따라 기대되는 체중 변화 이상으로 증가하지 않는다는 보고들이 있다.¹⁻³⁾ 반면, 갑상선암 수술 3-5년 후 갑상선자극호르몬(thyroid stimulating hormone; TSH) 억제 치료 동안에 유의한 체중증가를 보고한 논문들도 있다.^{4,5)} 갑상선수술 후 체중 변화에 대한 체계적 문헌 고찰 및 메타분석이 보고되었다.^{2,6)} 11개 연구의 메타분석에서 갑상선암 수술 1-2년 후 체중이 0.94 kg으로 유의하게 증가하였으나 수술 3-5년 후에는 0.59 kg 체중증가로 수술 전과 비교하여 통계적으로 유의하지 않음을 보고한 바 있다.²⁾ 17개의 메타분석에서는 갑상선암 환자 1,318명을 포함하여 갑상선종이나 갑상선기능항진증으로 갑상선전절제술을 시행 받은 3,164명 환자들을 대상으로 체중 변화를 분석하였다.⁶⁾ 갑상선수술을 받은 전체 환자에서 평균 2년의 추적관찰 기간 동안 2.13 kg 체중증가를 보였으며, 젊은 연령일수록 체중증가가 더 유의하였으나, 성별이나 수술 후 기간에 따라서는 차이가 없었다. 수술 원인에 따라서는 갑상선암의 경우 수술 후 1.30 kg으로 경미한 체중증가를 보여 준 반면, 갑상선기능항진증으로 수술을 받은 경우 5.19 kg으로 유의하게 더 큰 체중증가를 보여 주었다. 즉, 이전 연구 결과들에서 연령, 성별, 수술 후 기간, TSH 억제 정도 및 방사성요오드 치료 방법 등 임상적 요소들에 따라 갑상선암 수술 후 체중 변화 결과는 다르게 보고되어 왔다.

갑상선암 환자들은 방사성요오드 치료 전후 및 TSH 억제 치료 등으로 인한 급격한 갑상선호르몬의 농도 변화를 경험하게 된다. 갑상선암 환자에서 방사성요오드 치료 방법에 따른 체중 변화를 비교한 연구들이 있다.^{4,5)} 방사성요오드 치료를 받은 갑상선암 환자에서 수술 3-5년 후 체중 변화 비교 시, rhTSH (recombinant human TSH) 투여군은 수술 전과 비교하여 1.7% 체중이 증가한 반면, 갑상선호르몬제 중단군은 3.9% 체중증가를 보여 주어 급격한 갑상선기능저하증이 유발되었던 군에서 체

중증가가 더 유의함을 보고하였다.⁴⁾ 연간 체중 변화 역시 rhTSH 투여군에서 0.34 kg인 반면 갑상선호르몬제 중단군에서는 0.64 kg 체중증가로 두 군 간에 유의한 차이가 있음을 보고하였다. 또한, 한국인 여성 갑상선암 환자에서 갑상선암 수술 후 3-4년째에 유의한 체중증가가 보고 되었는데, 방사성요오드 치료 방법에 따라 나누어 분석하면, 갑상선호르몬제 중단군에서만 유의하게 체중이 증가하였고, rhTSH 투여군에서는 체중증가가 유의하지 않았다.⁵⁾ 방사성요오드 치료 전 준비 방법에 따라 체중 변화를 비교한 연구는 드물지만, 두 논문에서 모두 갑상선호르몬제 중단에 따른 급격한 갑상선기능저하 시기를 경험하였던 군에서 유의한 체중증가 소견을 보여주었다. 따라서, 갑상선수술 후 체중증가에 영향을 주는 인자 중 하나로 방사성요오드 치료 전 급격한 갑상선기능저하증을 고려해 볼 수 있겠다.

갑상선호르몬은 체성분 및 신체 대사 조절에 중요한 인자로 갑상선암 수술 후 갑상선호르몬의 농도 변화는 체중, 체지방, 근육량 및 신체 대사 변화에 영향을 줄 수 있다. 본 연구는 갑상선분화암 환자들을 대상으로 수술 후 방사성요오드 시행 여부에 따른 체중, 체성분 및 대사 지표의 변화를 평가하고자 하였다. 다음으로는 방사성

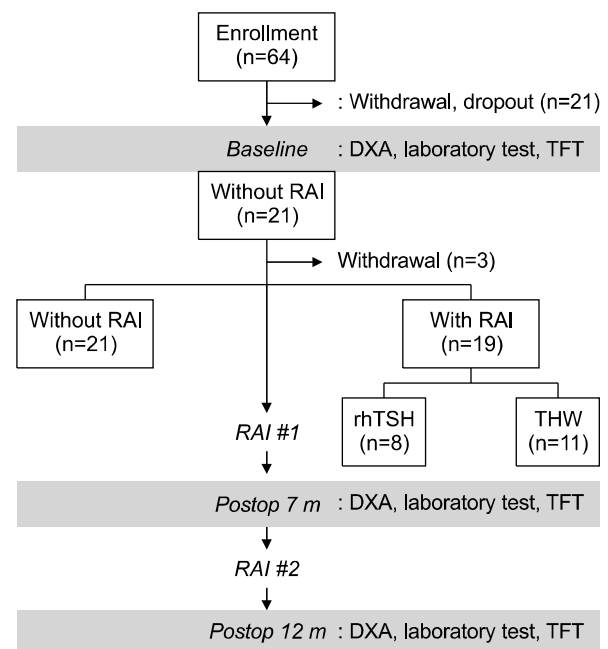


Fig. 1. Study design and protocol. DXA: dual-energy X-ray absorptiometry, Postop 7m: postoperative 7 months, Postop 12m: postoperative 12 months, RAI: radioactive iodine, rhTSH: recombinant human TSH, TFT: thyroid function test, THW: thyroid hormone withdrawal, TSH: thyroid stimulating hormone

요오드 시행 전 방법에 따른 체성분의 변화를 보고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구는 갑상선암 수술 후 치료에 따른 체중 및 대사 지표의 변화를 평가하는 임상연구로 연구 디자인은 Fig. 1과 같다. 2013년 6월부터 2015년 4월까지 본 연구를 위해 모집된 환자는 총 64명이었으며 동의 철회 및 중도 탈락이 24명이었다. 17명은 수술 대기기간 동안 동의를 철회하였고, 4명은 수술이 연기되거나 보류되어 수술 전에 중도 탈락되었다. 또한, 수술 후 방사성요오드 비시행군 중 2명은 인근 병원으로 전원 원하여 중도 탈락되었고, 1명은 수술 후 동의 철회하여 총 40명의 환자에서 연구를 진행하였다.

갑상선절제술 후 임상-병리 소견 및 재발 위험에 따른 위험군 분류에 근거하여 방사성요오드 치료 여부를 결정하였다. 방사성요오드 비시행군이 21명이었고 방사성요오드 시행 군이 19명으로 방사성요오드 치료는 30 mCi 용량으로 총 2회 시행 받았다. 방사성요오드 투여 전 준비 시 11명은 갑상선호르몬제를 중단(갑상선호르

몬제 중단군)하였고, 8명은 rhTSH (rhTSH 군)를 투여 받았다. 갑상선호르몬제 중단군에서는 첫 방사성요오드 투여 4주 전 레보티록신을 liothyronine으로 변경하고, 2주 전 liothyronine을 중단하여 갑상선기능저하증을 유도 하였으며, 두 번째 방사성요오드 투여 전에는 rhTSH를 투여받았다. rhTSH 군에서는 2회 모두 방사성요오드 치료 전 rhTSH를 투여받아 정상 갑상선기능을 유지하도록 하였다. 갑상선기능저하 경험 유무에 따른 분석 시 19명의 방사성요오드 비시행군 및 8명의 rhTSH 군은 갑상선기능저하를 경험하지 않은 군에 해당하였고, 11명의 갑상선호르몬제 중단군은 갑상선기능저하를 경험한 군에 해당하였다.

연구 참여에 동의한 모든 대상자들에서 수술 전, 수술 7, 12개월 후에 일반혈액 및 화학검사, 이중에너지 방사선흡수법(dual energy X-ray absorptiometry; DXA)을 이용한 체성분 평가를 시행하였다.

본 연구는 서울대학교병원 연구윤리심의위원회(the Institutional Review Board; IRB)의 심의를 거쳐 승인받았으며(H-1303-046-473), 연구 대상자에게 연구 목적 및 방법을 설명한 후 동의서를 받아 진행하였다.

Table 1. Baseline clinicopathological characteristics of patients with differentiated thyroid cancer

	Total	Without RAI	With RAI [†]	p
Number of subjects	40	21	19	
Age, years	49.2±5.7	49.1±6.3	49.3±5.1	0.948
Menopause, n (%)	19 (47.5)	12 (57.1)	7 (36.8)	0.199
Weight, kg	57.2±6.7	56.4±7.1	58.1±6.2	0.435
BMI, kg/m ²	22.8±2.6	22.4±2.5	23.4±2.6	0.211
SBP, mmHg	119.1±11.3	116.7±12.0	125.0±13.3	0.056
DBP, mmHg	75.9±8.8	74.1±8.2	80.5±8.8	0.030
Free T3, ng/dL	0.28±0.10	0.29±0.08	0.27±0.12	0.612
Free T4, ng/dL	1.18±0.21	1.17±0.20	1.21±0.22	0.558
TSH*, μ IU/mL	1.73±1.31	1.86±1.63	1.59±0.85	0.711
TSH, median (range)	1.38 (0.34-8.21)	1.45 (0.34-8.21)	1.33 (0.49-3.45)	-
Pathology				
Max tumor size, cm	0.8±0.5	0.7±0.3	1.0±0.6	0.028
ETE, n (%)	16 (40)	2 (9.5)	14 (73.7)	<0.001
LN metastasis, n (%)	12 (30)	1 (4.8)	11 (57.9)	<0.001
Stage I, n (%)	18 (45)	18 (85.7)	0 (0)	<0.001
Stage II, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
Stage III, n (%)	22 (55)	3 (14.3)	19 (100)	
Stage IV, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	

p value by independent t-test.

*Data were logarithmically transformed before analyses.

[†]The RAI group received two timed 30 mCi RAI.

Values are expressed as mean±SD or median (range).

BMI: body mass index, DBP: diastolic blood pressure, ETE: extrathyroidal extension, LN: lymph node, Max: maximal, RAI: radioactive iodine, SBP: systolic blood pressure, TSH: thyroid stimulating hormone

대상자 선정, 제외 기준

2013년 6월부터 2015년 4월까지 서울대학교 병원을 방문하여 갑상선분화암으로 갑상선절제술 시행 예정인 40세 이상 60세 이하의 여성 환자를 모집하였고, 폐경 후 여성의 경우 여성 호르몬을 복용하고 있지 않은 경우만을 포함하였다. 원격전이가 동반, 의심되는 환자, 성분이 불분명한 약물 및 건강식품을 복용하는 자, 체중 감소를 위하여 특별한 식사량 감소 및 운동증가를 계획하고 있는 자, 체질량지수(body mass index; BMI) 30 kg/m² 이상의 비만증인 자, 당뇨병, 조기 폐경, 쿠싱 증후군 등

체중 및 전신 대사에 영향을 미칠 수 있는 병력이 있는 자, 6개월 이내 심근경색증, 심부전, 뇌경색, 뇌출혈 등의 병력이 있었던 자, 간경화증, 만성신부전증이 동반된 자는 모두 제외하였다.

체성분 및 혈액검사

Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) (GE Lunar prodigy, Madison, WI, USA)를 이용하여 체지방률(body fat %), 체지방량(body fat mass), 근육량(lean body mass)을 측정하였다. 혈액검사는 8시간 이상 공복상태에서 채혈하였다. 혈청 free T4와 TSH는 chemiluminescent micro-

Table 2. The postoperative changes of weight, body composition and metabolic parameters in DTC patients according to RAI treatment

	Baseline	Postop 7m	Postop 12m	p
Without RAI (n=18)				
Free T4, ng/dL	1.16±0.22	1.82±0.36 [†]	1.55±0.33 [†]	<0.001
TSH*, μ IU/mL	1.82±1.72	0.26±0.44 [†]	0.27±0.49 [†]	<0.001
SBP, mmHg	116.5±11.9	117.3±9.8	117.8±11.1	0.857
DBP, mmHg	73.2±8.9	73.6±7.5	72.5±9.2	0.899
Weight, kg	56.1±7.2	56.1±7.3	56.0±7.0	0.963
BMI, kg/m ²	22.1±2.4	22.1±2.5	22.0±2.3	0.921
Glucose, mg/dL	95.9±12.9	97.2±8.1	95.8±9.5	0.762
Total cholesterol, mg/dL	197.9±23.4	196.1±25.8	208.1±30.2	0.097
Triglyceride, mg/dL	122.4±39.5	123.3±46.4	112.5±49.6	0.426
HDL cholesterol, mg/dL	26.6±8.3	26.1±11.7	30.4±9.0	0.138
LDL cholesterol, mg/dL	107.7±25.5	97.2±24.3	106.5±25.1	0.252
Fat (%), DXA	37.4±5.5	34.6±5.5 [†]	35.0±5.4 [†]	<0.001
Fat mass (kg), DXA	19.4±6.6	18.7±4.7	18.8±4.7	0.759
Lean mass (kg)	33.7±3.7	35.0±4.0 [†]	34.6±3.8 [†]	0.002
With RAI (n=18)				
Free T4, ng/dL	1.21±0.23	1.65±0.29 [†]	1.52±0.27 [†]	<0.001
TSH*, μ IU/mL	1.60±0.87	0.21±0.40 [†]	0.43±1.08 [†]	<0.001
SBP, mmHg ^a	122.5±11.2	123.0±5.9	119.5±11.3	0.790
DBP, mmHg ^a	78.8±8.7	77.1±6.5	72.5±9.1	0.060
Weight, kg	58.0±6.2	59.0±6.3	58.8±6.4	0.180
BMI, kg/m ²	23.3±2.7	23.7±2.6	23.6±2.8	0.192
Glucose, mg/dL	96.0±12.1	100.8±12.5	100.6±19.4	0.352
Total cholesterol, mg/dL	203.1±32.3	197.8±26.2	203.6±34.0	0.545
Triglyceride, mg/dL	142.1±63.3	125.4±49.5	134.0±112.1	0.678
HDL cholesterol, mg/dL	27.7±9.0	27.8±7.9	29.6±10.8	0.669
LDL cholesterol, mg/dL	109.4±28.7	95.7±24.3	105.5±30.3	0.084
Fat (%), DXA	37.3±4.8	36.9±3.8	36.6±3.8	0.636
Fat mass (kg), DXA	20.9±4.4	20.7±3.4	20.5±3.8	0.817
Lean mass (kg)	34.8±2.9	35.3±3.4	35.2±3.4	0.435

*Data were logarithmically transformed before analyses.

[†]p<0.05 vs. baseline by repeated ANOVA and post-hoc analysis using Bonferroni. Two cases with high postop TSH level and 2 cases without follow up at 12 m were excluded in analysis.

BMI: body mass index, DBP: diastolic blood pressure, DTC: differentiated thyroid cancer, DXA: dual-energy X-ray absorptiometry, HDL: high density lipoprotein cholesterol, LDL: low density lipoprotein, Postop 7m: postoperative 7 months, Postop 12m: postoperative 12 months, RAI: radioactive iodine, SBP: systolic blood pressure, TSH: thyroid stimulating hormone

particle immunoassay 방법으로 Abbott Architect 2000 device (Abbott Diagnostics, Lake Forest, IL, USA)를 이용하여 측정하였다. 혈청 free T3는 radioimmunoassay (BRAHMS, Hennigsdorf, Germany) 방법으로 측정하였다.

통계분석

각 군내에서 시간에 따른 통계학적 차이를 평가하기 위해 SPSS (version 25.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 repeated ANOVA, Bonferroni 사후분석을 시행하였고, $p < 0.05$ 인 경우 통계적인 유의성을 갖는 것으로 판단하였다.

결 과

연구 대상자의 임상병리학적 특성

최종 40명의 대상자와 방사성요오드 비시행군(21명)/시행군(19명)의 수술 전 임상병리학적 특성은 Table 1과 같다. 전체 대상자의 평균 연령은 49.2세였고, 평균 BMI는 22.8 kg/m^2 이었다. 방사성요오드 비시행군 중 2명은 부분절제술을 시행 받았고, 나머지 대상자들은 모두 갑상선전절제술을 시행 받았다. 방사성요오드 시행군에서 종양의 크기가 더 크고($0.7 \text{ vs. } 1.0 \text{ cm}$, $p=0.028$), 갑상선

Table 3. The postoperative changes of weight, body composition and metabolic parameters in DTC patients according to experience of hypothyroid period

	Baseline	Postop 7m	Postop 12m	p
Without hypothyroid period (n=26)				
Free T4, ng/dL	1.19 ± 0.22	$1.76 \pm 0.33^{\dagger}$	$1.54 \pm 0.32^{\dagger}$	< 0.001
TSH*, $\mu\text{IU/mL}$	1.74 ± 1.51	$0.23 \pm 0.39^{\dagger}$	$0.24 \pm 0.42^{\dagger}$	< 0.001
SBP, mmHg	119.3 ± 12.3	118.9 ± 9.2	118.8 ± 11.3	0.967
DBP, mmHg	75.2 ± 9.3	75.2 ± 7.1	73.8 ± 9.2	0.733
Weight, kg	56.9 ± 6.7	56.8 ± 6.6	56.7 ± 6.5	0.904
BMI, kg/m^2	22.5 ± 2.5	22.5 ± 2.4	22.4 ± 2.3	0.825
Glucose, mg/dL	95.4 ± 11.5	97.5 ± 8.8	95.3 ± 9.1	0.292
Total cholesterol, mg/dL	200.9 ± 23.6	198.2 ± 25.4	207.9 ± 31.1	0.094
Triglyceride, mg/dL	128.6 ± 55.7	118.5 ± 45.0	117.7 ± 81.6	0.573
HDL cholesterol, mg/dL	28.1 ± 8.4	27.2 ± 10.7	$31.7 \pm 9.3^{\dagger}$	0.043
LDL cholesterol, mg/dL	109.6 ± 25.8	98.8 ± 24.8	107.4 ± 25.1	0.121
Fat (%), DXA	37.5 ± 5.4	$35.3 \pm 5.3^{\dagger}$	$35.4 \pm 5.1^{\dagger}$	< 0.001
Fat mass (kg), DXA	20.0 ± 6.0	19.4 ± 4.4	19.3 ± 4.4	0.507
Lean mass (kg)	34.2 ± 3.4	$35.1 \pm 3.7^{\dagger}$	$34.9 \pm 3.6^{\dagger}$	0.004
With hypothyroid period (n=10) [‡]				
Free T4, ng/dL	1.16 ± 0.22	$1.67 \pm 0.33^{\dagger}$	$1.51 \pm 0.23^{\dagger}$	< 0.001
TSH*, $\mu\text{IU/mL}$	1.63 ± 0.87	$0.24 \pm 0.50^{\dagger}$	$0.62 \pm 1.44^{\dagger}$	< 0.001
SBP, mmHg	118.1 ± 10.7	122.4 ± 6.6	117.6 ± 10.9	0.218
DBP, mmHg	76.6 ± 8.9	74.7 ± 7.9	68.0 ± 7.1	0.093
Weight, kg	57.6 ± 7.1	59.5 ± 7.8	59.2 ± 7.7	0.057
BMI, kg/m^2	23.1 ± 3.0	23.9 ± 3.3	23.8 ± 3.5	0.052
Glucose, mg/dL	97.3 ± 14.6	102.8 ± 14.0	105.6 ± 24.3	0.343
Total cholesterol, mg/dL	199.9 ± 38.6	194.3 ± 27.3	200.4 ± 34.9	0.747
Triglyceride, mg/dL	142.4 ± 42.4	142.6 ± 52.1	139.2 ± 99.4	0.988
HDL cholesterol, mg/dL	24.2 ± 8.8	26.0 ± 7.3	24.6 ± 9.9	0.464
LDL cholesterol, mg/dL	105.4 ± 31.2	89.2 ± 20.7	101.7 ± 34.9	0.155
Fat (%), DXA	37.0 ± 4.2	36.9 ± 3.2	37.0 ± 3.4	0.989
Fat mass (kg), DXA	20.4 ± 4.2	20.7 ± 3.6	20.8 ± 4.3	0.893
Lean mass (kg)	34.4 ± 3.4	35.2 ± 3.9	35.0 ± 3.9	0.428

*Data were logarithmically transformed before analyses.

[†] $p < 0.05$ vs. baseline by repeated ANOVA and post-hoc analysis using Bonferroni. Two cases with high postop TSH level and 2 cases without follow up at 12m were excluded in analysis.

[‡]Subjects with hypothyroid period are defined as patients with radioactive iodine after thyroid hormone withdrawal. BMI: body mass index, DBP: diastolic blood pressure, DTC: differentiated thyroid cancer, DXA: dual-energy X-ray absorptiometry, HDL: high density lipoprotein cholesterol, LDL: low density lipoprotein, Postop 7m: postoperative 7 months, Postop 12m: postoperative 12 months, SBP: systolic blood pressure, TSH: thyroid stimulating hormone

의 침범(9.5 vs. 73.7%, $p < 0.001$) 및 림프절 전이 비율(4.8 vs. 57.9%, $p < 0.001$)이 더 높았다. 연령, 폐경 여부, 체중, BMI 및 갑상선기능을 포함한 수술 전 임상적 특성에는 두 군 간의 유의한 차이는 없었다.

치료군에 따른 수술 전, 후 갑상선기능 변화

대상군 모두에서 수술 전 갑상선기능은 정상범위였으며 수술 7개월 후 TSH가 $0.23 \pm 0.41 \mu\text{IU/mL}$, 수술 12개월 후 TSH가 $0.35 \pm 0.83 \mu\text{IU/mL}$ 로 수술 전보다 유의하게 억제된 소견이 관찰되었다($p < 0.001$). 방사성요오드 시행 여부에 따라 방사성요오드 비시행군과 시행군으로 나누었을 때 두 군에서 모두 수술 전보다 수술 7, 12개월 후 TSH가 유의하게 억제되었다(Table 2). 방사성요오드 비시행군의 수술 12개월 후 TSH는 $0.27 \pm 0.49 \mu\text{IU/mL}$ 이고, 방사성요오드 시행군의 수술 12개월 후 TSH는 $0.43 \pm 1.08 \mu\text{IU/mL}$ 로 억제되어 있었다. 갑상선기능저하 경험 유무에 따라 두 군으로 나누었을 때에도 두 군에서 모두 수술 7, 12개월 후 TSH는 유의하게 억제되어 있다(Table 3). 단기간의 급격한 갑상선기능저하시기를 경험하지 않았던 군, 즉 방사성요오드 비시행군 및 rhTSH를 사용한 방사성요오드 시행군에서의 수술 12개월 후 TSH는 $0.24 \pm 0.42 \mu\text{IU/mL}$ 였다. 갑상선기능저하를 경험하였던 군, 즉 갑상선호르몬제 중단을 통한 방사성요오드 시행군에서의 수술 12개월 후 TSH는 $0.62 \pm$

$1.44 \mu\text{IU/mL}$ 로 억제되어 있었다.

갑상선암 환자의 수술 후 치료에 따른 체중, 체성분 및 대사 지표 변화

전체 대상자에서 수술 7, 12개월 후 체중은 수술 전과 비교하여 차이가 없었지만, DXA로 측정한 체지방률은 수술 7, 12개월 후 유의하게 감소하였고(37.3 ± 5.1 vs. 35.7 ± 4.8 vs. $35.8 \pm 4.7\%$, $p < 0.001$), 근육량(lean mass, kg)은 유의하게 상승하였다(34.3 ± 3.4 vs. 35.1 ± 3.7 vs. 34.9 ± 3.6 kg, $p = 0.002$). 다음은 방사성요오드 시행 여부(Table 2) 및 갑상선기능저하 경험 유무(Table 3)에 따라 수술 후 체중, 체성분 및 대사 지표 변화를 분석하였다. 방사성요오드 비시행군에서 수술 7, 12개월 후 체중은 유의한 차이를 보이지 않았지만, 체지방률은 수술 7, 12개월 후 수술 전 보다 유의하게 감소하였고(37.4 ± 5.5 vs. 34.6 ± 5.5 vs. $35.0 \pm 5.4\%$, $p < 0.001$), 근육량은 유의하게 상승(33.7 ± 3.7 vs. 35.0 ± 4.0 vs. 34.6 ± 3.8 kg, $p = 0.002$)하였다(Table 2). 반면, 방사성요오드 시행군에서는 수술 전, 수술 7, 12개월 후 체중, BMI 및 체성분 변화 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. 갑상선기능저하 경험 유무에 따라 나누어 분석 시 갑상선기능저하를 경험하지 않았던 군에서는 수술 전, 수술 7, 12개월 후 체중은 유의한 차이를 보이지 않았지만, 체지방률은 수술 7, 12개월 후 유의하게 감소하였고(37.5 ± 5.4 vs. 35.3 ± 5.3 vs. $35.4 \pm$

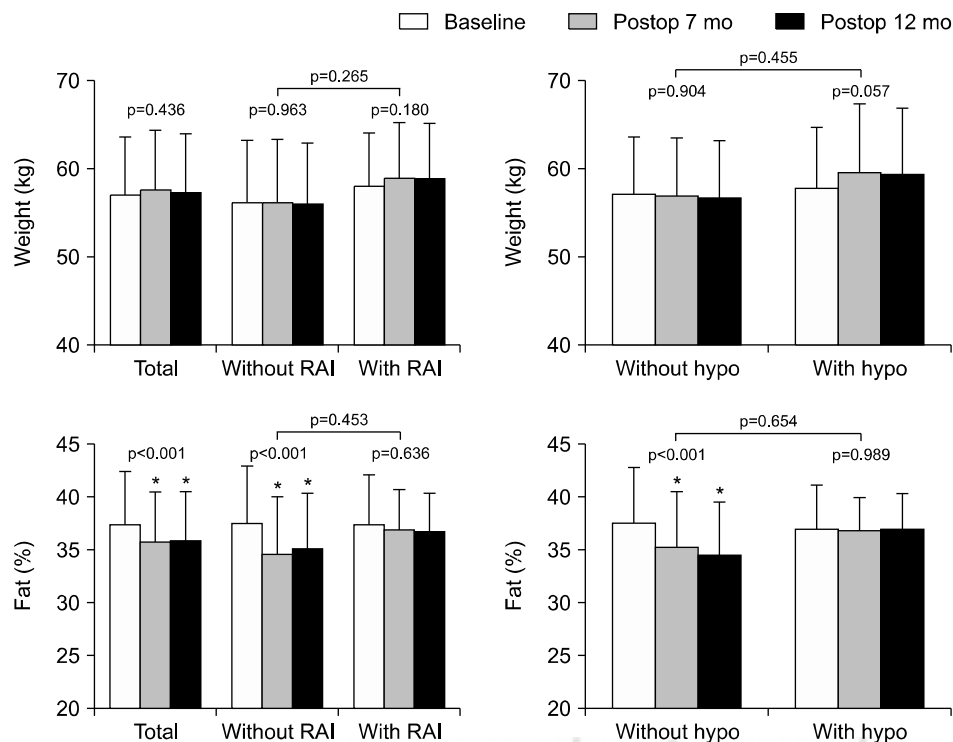


Fig. 2. The comparison of postoperative changes of weight and body fat (%). * $p < 0.05$ vs. baseline by repeated ANOVA and post-hoc analysis using Bonferroni. hypo: hypothyroid period, Postop 7m: postoperative 7 months, Postop 12m: postoperative 12 months, RAI: radioactive iodine

5.1%, $p < 0.001$), 근육량이 유의하게 상승하였다(34.2 ± 3.4 vs. 35.1 ± 3.7 vs. 34.9 ± 3.6 kg, $p = 0.004$) (Table 3). 그러나 갑상선기능저하를 경험하였던 군에서는 수술 7, 12개월 후 체중이 경미하게 증가하는 경향(57.6 ± 7.1 vs. 59.5 ± 7.8 vs. 59.2 ± 7.7 kg, $p = 0.057$)을 보여주었고, 수술 후 체지방률 감소 소견이나 근육량 변화가 관찰되지 않았다.

수술 7, 12개월 후 체중 및 체지방률 변화는 방사성요오드 비시행군과 시행군 두 군 간의 차이가 없었고, 갑상선기능저하 경험 유무에 따른 두 군간 비교 시에도 차이가 없었다(Fig. 2). 체지방률은 방사성요오드 비시행군과, 갑상선기능저하를 경험하지 않았던 군에서만 수술 후 유의하게 감소되었으나, 방사성요오드 비시행군과 시행군 간의 비교 및 갑상선기능저하 경험유무에 따른 두 군 간의 비교 시 유의한 차이가 없었다.

방사성요오드 시행 여부 및 갑상선기능저하 경험 유무에 관련 없이 모든 환자군에서 수축기/이완기 혈압, 공복혈당, 중성지방 및 콜레스테롤 수치는 수술 전, 후 유의한 변화를 보이지 않았다(Tables 2, 3).

고 찰

본 연구에서는 갑상선암 환자에서 수술 7, 12개월 후 체중, 체성분 및 대사 지표 변화를 평가하였다. 갑상선암 수술 후 1년 동안 유의한 체중 변화는 관찰하지 못하였으나, 체지방률 감소 및 근육량 증가를 확인하였다. 방사성요오드 시행 여부 및 갑상선기능저하 경험 유무에 따라 나누어 분석 시 방사성요오드를 시행하지 않은 군이나, 갑상선기능저하를 경험하지 않고 TSH 억제 상태를 유지하고 있는 군에서 수술 후 체지방률 감소 및 근육량이 증가하였다. 그러나 방사성요오드 시행군 및 갑상선기능저하 경험군에서는 수술 후 체성분 변화가 유의하지 않았다.

기존의 연구들에서 갑상선암 수술 후 체중 변화는 TSH 억제 정도와 수술 후 시기, 방사성요오드 시행 방법에 따라 다양하게 보고되었다.¹⁻⁶⁾ 1,318명의 갑상선암 환자를 대상으로 한 메타분석에서 수술 후 평균 2년 추적 관찰 기간 동안 1.3 kg의 체중이 증가한다고 보고하였다.⁶⁾ 그러나, 다른 연구들에서도 갑상선암 수술 후 수술 전과 비교하여 체중이 증가하였으나, 연령에 따른 기대되는 체중 변화를 고려하면 유의한 차이를 보여주지 못하였다.^{1,2)} 본 연구에서도 갑상선암 수술 1년 후 방사성요오드 시행 여부 및 갑상선기능저하 경험 유무에 관련 없이 모든 군에서 유의한 체중증가가 동반되지 않았다.

갑상선암 수술 후 TSH 억제가 이러한 결과에 영향을 주었을 수 있다.

혈중 TSH 농도는 체중증가와 양의 상관관계를 가지며 정상범위 이내에서도 높은 정상범위 TSH에서 BMI가 더 높고, 낮은 정상범위 TSH에서 BMI가 더 낮다고 보고되었다.⁷⁾ 비만여성에서 TSH가 높고, 마른 여성에서 TSH가 유의하게 낮으며, 5% 이상 체중감소 시 유의하게 TSH가 감소하고, 5% 이상 체중 증가 시 TSH가 유의하게 상승한다고 보고하였다.⁸⁾ 또한, 갑상선수술 후 정상범위 TSH로 유지하는 경우보다, TSH가 억제 되는 경우 체중 증가가 적었다.⁹⁾ 따라서, 갑상선호르몬제 복용으로 인한 TSH 억제 정도가 갑상선수술 후 체중 변화에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서 수술 후 1년 간 TSH 억제 정도는 체중증가에 대한 효과를 어느 정도 감소시켰을 것으로 생각된다. 갑상선수술 후 체중 변화에 대한 두 가지 메타분석에 따르면, 수술 2년 이내에 유의한 체중증가가 보고되었고, 3-5년 후에는 유의한 체중증가가 없으며, 수술 후 기간이 짧을수록 체중증가가 더 유의하였다.^{2,6)} 그러나, 두 가지 메타분석은 갑상선암뿐 아니라, 갑상선기능항진증 및 갑상선종으로 수술한 환자들을 모두 포함한 결과로 TSH 억제여부에 따른 차이가 반영되지 않았다. 반면, 갑상선암 환자만을 대상으로 한 보고에 따르면 수술 12개월 후 체중 변화는 관찰되지 않았으며,³⁾ 갑상선암 수술 3-4년 후에는 유의하게 체중이 증가하였고, 대조군의 체중 변화와 비교하여도 유의하게 증가한다는 것이 보고되었다.⁵⁾ 따라서, 갑상선암에서 수술 초반에 재발 방지를 위한 TSH 억제 치료가 수술 1년 이내 체중증가 예방에 영향을 주었을 것이고, 이후 TSH 억제 정도가 완화되며 체중증가가 동반되었을 수 있음을 알 수 있다.

흥미로운 결과는 갑상선암 수술 후 체성분 및 대사 지표의 악화가 있을 것이라는 우려와 다르게, 갑상선기능저하를 경험하지 않았던 군에서 수술 후 체지방률이 감소하고, 근육량이 증가하였다는 것이다. 갑상선호르몬은 체내의 에너지 소비 및 체성분 조절에 중요한 조절 인자로, 갑상선기능항진증에서는 기초대사량이 상승하고, 지방 분해가 증가하여 체지방이 감소하며, 근육량 감소로 체중감소를 유발하게 된다.^{10,11)} 반면, 갑상선기능항진증 치료 시, 기초대사량 감소 및 체지방과 근육량이 증가하며 체중이 회복되게 된다.^{11,12)} 따라서, 갑상선암 수술 후 의인성 갑상선기능항진증 상태에서 기초대사량이 증가하고, 체지방 감소 및 근육량 감소가 동반 될 것으로 예측해 볼 수 있다. 본 연구에서 갑상선암 환자들은 수술 후 TSH 억제상태에서 체지방률이 감소하고 근육

량이 증가하였다. 의인성 갑상선기능항진증 상태에서 근육량 증가에 대한 기전을 명확하게 설명하기는 어려우나, 대사 관련 지표들을 보고자 하는 본 연구의 특성상 연구참여자들이 잘 교육이 되고 적극적인 연구 참여가 체성분 변화의 호전 및 근육량 증가 등에 일부 영향을 미쳤을 수 있겠다.

그러나, 방사성요오드 시행군, 특히 갑상선호르몬제 중단으로 급격한 갑상선기능저하를 경험하였던 군에서는 수술 후 유의한 체지방률 감소 및 근육량 증가가 관찰되지 않았다. 이는 의인성 갑상선기능항진증에서 동반 될 수 있는 기초대사량 상승 및 체지방률 감소가 단기간의 급격한 갑상선기능저하로 인해 상쇄될 수 있음을 시사한다. 이전 연구에서 갑상선암 환자에서 수술 후 갑상선기능 변화에 따른 기초대사량 및 체성분의 변화를 건강한 대조군과 비교하여 보고하였다.¹³⁾ 방사성요오드 치료 전 일시적인 갑상선기능저하 상태에서 건강한 대조군보다 체지방률이 더 높고, 기초대사량이 유의하게 낮음을 보여주었고, 이후 TSH 억제 치료 시 체지방률이 감소하고 기초대사량이 증가하였지만, 대조군과는 차이가 없음을 보고하였다. 또 다른 연구에서도 갑상선 수술 후 TSH 억제 상태를 유지하고 있는 환자들에서 건강한 대조군과 비교하여 기초대사량 및 체성분이 다르지 않았다.¹⁴⁾ 따라서, 이전 보고 및 본 연구 결과를 통해 갑상선암 수술 후 TSH 억제 치료가 체성분에 악영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

갑상선암 수술 후 급격한 갑상선기능 변화는 당 대사 및 지질대사에 영향을 줄 수 있다. 갑상선호르몬이 당과 지질대사를 포함하는 대사 지표들에 영향을 미치며, 갑상선질환에서 인슐린 저항성, 당뇨병 및 심혈관 질환의 위험이 증가한다는 것은 잘 알려져 있다.^{10,15)} 본 연구에서는 갑상선암 수술 후 TSH 억제 치료 1년 동안 혈압, 혈당 및 지질대사에 유의한 변화가 없었다. 또한, 방사성요오드 치료 여부 및 갑상선기능저하의 경험 유무가 결과에 영향을 주지 않았다. 본 연구 결과와 일치하게, 갑상선암 수술 후 10년 이상 장기간 무증상 갑상선기능항진증 상태를 유지하고 있는 환자들에서 당대사 및 지질대사가 정상 갑상선기능과 비교하여 다르지 않았고,¹⁶⁾ 갑상선암 수술 1년 후 공복혈당이 경미하게 상승하고 중성지방이 감소하였지만, 통계적으로 유의하지는 않았다¹⁷⁾ 는 이전 보고들이 있다. 이와 다르게, 6개월간 의인성 무증상 갑상선기능항진증 상태에서 대조군보다 인슐린 감수성(insulin sensitivity)이 더 낮다고 보고한 연구 결과도 있다.¹⁸⁾ 무증상 갑상선기능항진증에서 인슐린 저항성 및 대사 지표 변화에 대한 이전 보고들의 불일치한 결과는

갑상선호르몬제의 복용 기간, 용량 및 TSH 억제 정도에 따른 영향일 수 있지만 일치된 결론을 도출하기는 어렵다. 본 연구에서 갑상선암 수술 후 1년간 의인성 갑상선기능항진증 상태 및 급격한 갑상선기능저하증을 경험하였던 군에서 유의한 대사 지표의 변화를 확인할 수는 없었지만, 통계적 유의성을 보이기에 대상자수가 적었고 추적 기간 또한 짧았다는 점에 대한 고려가 필요하다. 따라서 방사성요오드 치료 전 급격한 갑상선기능저하의 경험은 당대사 및 인슐린 저항성을 악화시키는 방향으로 작용할 수 있지만, 이후 장기간 무증상 갑상선기능항진증 상태의 유지가 대사 지표에 어떠한 영향을 미치는지는 추적관찰이 필요하다.

본 연구의 제한점으로는 연구 대상자 수가 적어 갑상선암 수술 후 환자들의 체중 및 대사 지표 변화를 대표할 수 없다는 점이다. 또한, 체중 및 대사 지표의 변화를 보고자 하는 연구의 특성상 참여 연구 대상자들은 생활습관 개선 및 전반적인 건강관리가 더 잘 되었을 가능성이 있다는 점이다. 즉, 연구 참여 자체가 연구 결과에 미치는 영향에 대한 고려가 필요하다. 또한, 갑상선암 수술 1년 후까지의 전향적 코호트 연구로 갑상선암 치료가 체중 및 대사 지표에 장기적으로 미치는 영향에 대하여는 추가적인 연구가 필요하겠다.

결론

여성 갑상선분화암 환자에서 수술 1년 후 유의한 체중증가는 없었고, 특히, 방사성요오드 비시행군이나, 갑상선기능저하를 경험하지 않은 군에서 체지방률 감소 및 근육량 증가가 관찰되었다. 수술 후 장기간 동안의 체성분 및 대사 지표의 변화 및 기전에 대한 추가적인 연구가 필요하지만, 본 연구 결과는 갑상선암 수술 후 방사성요오드 치료나 이때 동반되는 갑상선호르몬 농도의 급격한 변화가 체성분 및 대사 지표의 악화에 미치는 영향이 적음을 확인할 수 있었다.

중심 단어: 갑상선암, 방사성요오드, 체중, 체성분, 대사 지표

Acknowledgments

본 연구는 서울대학교병원 기부연구(3020160210)의 지원과 한국인체자원은행 사업의 일원인 서울대학교병원 인체자원은행에서 제공한 인체자원과 데이터를 이용하여 수행되었습니다(project No. 2024ER050801). 과제에 도움을 주신 배상태님께 특별한 감사를 드립니다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Orcid

Kyong Yeun Jung: <https://orcid.org/0000-0003-4029-6312>

Hoon Sung Choi: <https://orcid.org/0000-0002-7202-7777>

Sun Wook Cho: <https://orcid.org/0000-0002-7394-3830>

Hyun Kyung Chung: <https://orcid.org/0000-0001-5580-5808>

Hee Jin Kim: <https://orcid.org/0009-0003-5628-4081>

Young Joo Park: <https://orcid.org/0000-0002-3671-6364>

References

- Weinreb JT, Yang Y, Braunstein GD. Do patients gain weight after thyroidectomy for thyroid cancer? *Thyroid* 2011;21(12):1339-42.
- Singh Ospina N, Castaneda-Guarderas A, Hamidi O, Ponce OJ, Zhen W, Prokop L, et al. Weight changes after thyroid surgery for patients with benign thyroid nodules and thyroid cancer: population-based study and systematic review and meta-analysis. *Thyroid* 2018;28(5):639-49.
- Tigas S, Idiculla J, Beckett G, Toft A. Is excessive weight gain after ablative treatment of hyperthyroidism due to inadequate thyroid hormone therapy? *Thyroid* 2000;10(12):1107-11.
- Polotsky HN, Brokhin M, Omry G, Polotsky AJ, Tuttle RM. Iatrogenic hyperthyroidism does not promote weight loss or prevent ageing-related increases in body mass in thyroid cancer survivors. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2012;76(4):582-5.
- Sohn SY, Joung JY, Cho YY, Park SM, Jin SM, Chung JH, et al. Weight changes in patients with differentiated thyroid carcinoma during postoperative long-term follow-up under thyroid stimulating hormone suppression. *Endocrinol Metab (Seoul)* 2015;30(3):343-51.
- Huynh CN, Pearce JV, Kang L, Celi FS. Weight gain after thyroidectomy: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab* 2021;106(1):282-91.
- Nyrnes A, Jorde R, Sundsfjord J. Serum TSH is positively associated with BMI. *Int J Obes (Lond)* 2006;30(1):100-5.
- Reinehr T, Isa A, de Sousa G, Dieffenbach R, Andler W. Thyroid hormones and their relation to weight status. *Horm Res* 2008;70(1):51-7.
- Jonklaas J, Nsouli-Maktabi H. Weight changes in euthyroid patients undergoing thyroidectomy. *Thyroid* 2011;21(12):1343-51.
- Mullur R, Liu YY, Brent GA. Thyroid hormone regulation of metabolism. *Physiol Rev* 2014;94(2):355-82.
- Greenlund LJ, Nair KS, Brennan MD. Changes in body composition in women following treatment of overt and subclinical hyperthyroidism. *Endocr Pract* 2008;14(8):973-8.
- Kim MJ, Cho SW, Choi S, Ju DL, Park DJ, Park YJ. Changes in body compositions and basal metabolic rates during treatment of Graves' disease. *Int J Endocrinol* 2018;2018:9863050.
- Wolf M, Weigert A, Kreymann G. Body composition and energy expenditure in thyroidectomized patients during short-term hypothyroidism and thyrotropin-suppressive thyroxine therapy. *Eur J Endocrinol* 1996;134(2):168-73.
- Samuels MH, Kolobova I, Smeraglio A, Peters D, Purnell JQ, Schuff KG. Effects of levothyroxine replacement or suppressive therapy on energy expenditure and body composition. *Thyroid* 2016;26(3):347-55.
- Gierach M, Gierach J, Junik R. Insulin resistance and thyroid disorders. *Endokrynol Pol* 2014;65(1):70-6.
- Heemstra KA, Smit JW, Eustatia-Rutten CF, Heijboer AC, Frolich M, Romijn JA, et al. Glucose tolerance and lipid profile in longterm exogenous subclinical hyperthyroidism and the effects of restoration of euthyroidism, a randomised controlled trial. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2006;65(6):737-44.
- Izkhakov E, Vaisman N, Barnes S, Barchana M, Stern N, Keinan-Boker L. Body composition, resting energy expenditure, and metabolic changes in women diagnosed with differentiated thyroid carcinoma. *Thyroid* 2019;29(8):1044-51.
- Yavuz DG, Yuksel M, Deyneli O, Ozen Y, Aydin H, Akalin S. Association of serum paraoxonase activity with insulin sensitivity and oxidative stress in hyperthyroid and TSH-suppressed nodular goitre patients. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2004;61(4):515-21.