



갑상선 결절의 초음파 위험도 분류 체계

전북대학교 의과대학 외과학교실 유방·갑상선외과

윤현조, 정형은, 안하림, 강상율, 정성후

Ultrasound Risk Stratification System of Thyroid Nodule

Hyun Jo Youn, Hyeong Eun Jeong, Ha Rim Ahn, Sang Yull Kang, Sung Hoo Jung

Division of Breast · Thyroid Surgery, Department of Surgery, Jeonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

Received November 5, 2023
 Revised November 13, 2023
 Accepted November 14, 2023

Correspondence to:

Sung Hoo Jung
 Division of Breast · Thyroid
 Surgery, Department of Surgery,
 Jeonbuk National University
 Medical School, 20 Geonji-ro,
 Deokjin-gu, Jeonju 54907, Korea
 Tel: +82-63-250-2133
 Fax: +82-63-271-6197
 E-mail: shjung@jbnu.ac.kr

Thyroid nodules are a common medical concern with an increasing prevalence due largely to the widespread use of ultrasonography (US). US is the primary diagnostic tool for identifying thyroid nodules, determining their size and characteristics, guiding fine-needle aspiration (FNA), and diagnosing lymph node metastasis. The most consistent US features indicating a malignancy in thyroid nodules include spiculated margins, microcalcifications, a taller-than-wide shape, and pronounced hypoechogenicity. Based on these imaging findings, clinicians must determine which nodules require further evaluation and which can be monitored over time. Despite the central role of thyroid US in managing these nodules, there is no clear consensus regarding which nodules should undergo US-guided FNA, nor is there a standardized terminology for describing the US features. Consequently, medical societies recommend using US risk stratification systems to standardize reporting and simplify clinical decision-making. This review aims to provide a comprehensive overview of the various US risk stratification systems employed for thyroid nodules, allowing readers to gain a better understanding of how nodules are assessed using these different systems. Furthermore, this study examines the efficacy, weaknesses, and potential pitfalls of these US risk stratification systems and discusses future perspectives for their optimal clinical application in managing thyroid nodules.

Keywords: Ultrasonography, Risk, Thyroid nodule

서론

갑상선 결절은 건강한 성인의 약 50~60%에서 발견되는 흔한 질환으로 대부분 양성이며 수술을 요하는 악성 결절은 5%에 불과하다.(1) 갑상선 결절은 최근 초음파 사용의 확대로 발생률이 증가하고 있는데 갑상선 결절 의심 환자에서 초음파 검사는 갑상선 결절 유무 판정, 갑상선 결절의 암 위험도 판정, 갑상선 결절의 병리학적진단

검사(세침흡인세포검사 또는 증심바늘생검) 대상 결정, 병리학적진단검사 전후의 추적 검사 및 치료 방법 결정, 경부 림프절 전이 진단 및 병리학적진단검사 대상 결정, 갑상선암 환자의 수술 전 평가 및 수술 후 재발 진단 등의 역할을 수행하는 치료 결정을 위한 가장 중요한 진단 도구로 알려져 있다.(2,3) 이러한 역할 중에서 가장 핵심적인 역할은 갑상선 결절의 암 위험도 판정과 갑상선 결절의 병리학적진단검사 대상을 결정하는 것인데 안타깝게도 아직 초음파 소견의 표준화된 용어 정립 및 병리학적진단검사 대상 선정의 명확한 합의

(consensus)가 없는 실정이다.(4)

갑상선 결절의 암 위험도 판정은 현재 국내외 여러 기관에서 제시한 초음파 위험도 분류 체계(risk stratification system) 및 thyroid imaging reporting and data system (TIRADS)이 널리 사용되고 있다.(1,5-10) 국내의 경우 대한갑상선영상의학학회에서 제시한 Korean-TIRADS (K-TIRADS)가 갑상선 결절의 표준적 초음파 진단 체계로 사용되고 있으며,(10) 그 동안 K-TIRADS의 임상적 유용성 및 외국의 여러 TIRADS들과 비교한 많은 연구들이 발표되었다.(11-13)

결절의 초음파 진단에서 초음파 소견을 정의하는 어휘(lexicon) 및 기술어(descriptor)의 용어는 결절의 표준적 초음파 진단을 위한 기본 토대이다. 초음파 소견 기술에서 사용되는 용어는 판독 보고서를 통해 적절한 소통을 가능하게 하는 언어의 역할을 갖고 있으며, 판독의 일치도에 관여하는 핵심적 요인이다. 따라서, 결절의 초음파 소견을 기술하고 진단할 때 사용되는 용어와 그 정의는 주관적 표현이 아닌 표준화된 객관적 용어와 정의를 기반으로 기술되어야 한다. TIRADS에서 사용되는 초음파 어휘는 결절의 암 위험도 분류 혹은 치료 결정을 위한 임상적 유용성을 갖고 있어야 하고, 가능한 판독의 일치도를 높이도록 정의되어야 한다.(14) 갑상선 결절의 초음파 위험도 분류 체계는 세 가지의 주요 목적이 있다. 첫째는 정량적인(quantitative) 암 위험도 평가 방법을 통해 갑상선 초음파 보고 결과를 통일하여(homogenize) 영상학과 전문의와 임상자들 그리고 환자들 사이에 원활한 소통이 이루어지게 하는 것이고 두 번째는 세침흡인세포검사와 같은 병리학적진단검사의 적응증(indication)에 관한 권고안을 제시하는 것이다. 그리고 세 번째는 병리학적진단검사 전후 갑상선 결절 환자의 적절한 관리 및 치료 결정을 위한 정보를 제공하는 것이다.

이에 저자들은 갑상선 결절에 적용되는 다양한 초음파 위험도 분류 체계를 소개하고 각 체계들의 특징, 유용성, 단점 그리고 잠재적인 위험들(potential pitfalls)과 이 시스템들의 갑상선 결절 치료에 있어 적절한 임상적 적용에 대한 향후 전망에 관해 논의하고자 한다.

본 론

1. TIRADS의 역사 및 이해

TIRADS라는 용어는 2009년 칠레의 Horvath 등(15)에 의해 처음으로 사용되었으며, 유방 결절의 암 위험도에 기초한 진단 체계인 breast imaging reporting and data system을 기반으로 하여 유사하게 갑상선 결절의 암 위험도를 예측하는 초음파 진단 체계인 TIRADS가 개발되었다. TIRADS는 초음파 검사로 갑상선 결절의

암 위험도를 정량적으로 예측하여 결절들을 암 위험도에 따라 분류하는 진단 체계로 정의되며, 분류 방식에 따라 초음파 소견들을 결합한 초음파 유형에 기초하여 암 위험도에 따라 결절을 분류하는 유형별 체계(pattern-based system)와 결절에서 관찰되는 개별 초음파 소견을 점수화하여 합산된 점수를 기초로 암 위험도에 따라 결절을 분류하는 점수화 체계(point-based system)의 두 가지 형태로 나눌 수 있다.

유형별 체계에는 American Thyroid Association (ATA) System,(1) British Thyroid Association (BTA) System,(5) American Association of Clinical Endocrinologists (AACE) System,(6) European-TIRADS,(7) K-TIRADS (10)가 있으며, 직관적으로 결절 분류가 가능하여 판독 의사가 초음파 검사를 직접 시행하는 경우 효율적으로 쉽게 사용할 수 있다는 장점을 갖고 있으나, 결절 분류 체계가 너무 복잡한 경우에는 적용이 상대적으로 수월하지 않을 수 있으며 너무 단순하면 결절의 암 위험도 예측 정확도가 감소할 수 있다. 점수화 체계에는 American College of Radiology (ACR)-TIRADS (8)와 Chinese-TIRADS (9)가 있으며, 결절의 암 위험도를 세분화하여 진단 정확도를 높일 수 있는 장점이 있으나, 초음파 소견을 합산하는 다소 복잡한 방식과 결절의 초음파 소견을 직관적으로 점수화하기 어렵다는 단점을 갖고 있다.

TIRADS는 갑상선암 진단에서 선별검사의 역할을 가지며 매우 흔하게 발견되는 갑상선 결절 환자 중에서 암 진단을 위한 병리진단 검사의 대상 환자를 선택하고 결정하는 역할을 갖는다. TIRADS의 병리진단검사 기준이 적절한 진단적 가치를 갖기 위해서는 초음파 소견에 기초하여 최대한 양성 결절들을 제외시켜 불필요한 병리진단검사를 줄이는 역할을 하면서 동시에 임상적으로 수술적 치료 대상이 되는 갑상선암에 대한 적절한 진단 예민도를 갖고 있어야 한다.

갑상선 결절에 대한 각 위험도 분류 체계의 범주(category) 별 크기에 따른 FNA의 적응증은 Table 1과 같다.

2. TIRADS의 종류

국내외 여러 나라에서 각 기관별로 다양한 TIRADS가 소개되어 임상에 적용되고 있는데 그 특징은 다음과 같다.

1) ATA System

American Thyroid Association에서 2016년에 발표한 갑상선 결절의 암 위험도 분류 체계로 양성(benign)부터 높은 의심(high suspicion)까지 5개의 범주로 구성되어 있다.(1) 낭성(cystic) 결절은 양성, 해면 모양(spongiform) 결절은 매우 낮은 의심(very low suspicion)으로 분류되며 낮은 의심(low suspicion)

Table 1. Size Cut-Offs for Performing Fine Needle Aspiration Cytology Recommended by Each Risk Stratification System

	TIRADS 2 or very low risk	TIRADS 3 or low risk	TIRADS 4 or indeterminate risk	TIRADS 5 or high risk	Small nodules <10 mm
K-TIRADS	No	≥2 cm	≥1-1.5 cm	≥1 cm	≥0.5 cm selective case
ACR TIRADS	No	≥2.5 cm	≥1.5 cm	≥1 cm	No
ATA	≥2 cm	≥1.5 cm	≥1 cm	≥1 cm	≥0.5 cm with risk factors
AACE	No	≥2 cm	≥2 cm	≥1 cm	≥0.5 cm with risk factors
EU-TIRADS	No	≥2 cm	≥1.5 cm	≥1 cm	FNA or active surveillance

TIRADS = thyroid imaging reporting and data system; K-TIRADS = Korean-TIRADS; ACR TIRADS = American College of Radiology TIRADS; ATA = American Thyroid Association; AACE = American Association of Clinical Endocrinologists; EU-TIRADS = European-TIRADS.

과 중간 의심(intermediate suspicion) 결절은 에코 정도와 구성(echogenicity and composition)에 따라 결정된다(isoechoic solid or partially cystic - 낮은 의심, hypoechoic solid - 중간 의심). 저에코(hypoechoic) 결절에서 불규칙한 경계(irregular margins: infiltrative, microlobulated), 미세석회화(microcalcification), 비평행 모양(taller than wide shape), 테두리 석회화(rim calcification), 갑상선의 침범(extra-thyroidal extension) 소견은 강한 의심으로 판정하는 근거이다. 206개의 결절을 대상으로 시행한 전향적 연구에서 ATA 체계의 악성율(malignancy rate)은 높은 의심에서 100%, 중간 의심에서 11%, 낮은 의심에서 8%, 매우 낮은 의심에서 2%로 악성 위험도 예측(high 70-90%, intermediate 10-20%, low 5-10%, and very low 3%)과 일치하는 소견을 보였다.(16)

2) BTA System

BTA 체계는 초음파 특징에 따른 악성 위험도에 따라 U1 (정상)부터 U5 (악성)까지 5개의 범주로 구분하고 있다.(5) U2 (양성) 범주는 등에코(isoechoic) 또는 양성 변화를 보이는 약한 고에코(mildly hyperechoic) 결절로 특징되며 U3 (미결정) 범주는 균일하고(homogeneous) 고에코(hyperechoic)의 고형(solid) 결절 또는 고에코 점(echogenic foci)을 갖는 저에코(hypoechoic)의 결절이며 U4 (의심) 범주는 고형의 저에코(solid hypoechoic) 또는 분열된 말초부 석회화(disrupted peripheral calcification)를 갖는 매우 저에코(very hypoechoic)의 결절이 포함된다. 2020년에 보고된 후향적 관찰 연구에서 U1에서 U5의 악성율은 각각 0%, 13.6%, 30.4%, 40%, 100%였다.(17)

3) AACE System

2016년에 발표된 이 체계는 도플러와 탄성초음파(doppler and elastography)를 포함하여 초음파 특징에 따른 악성을 평가와 삽화

가 포함된 도해서(illustrated atlas) 그리고 보고에 따른 권고 사항을 포함하고 있다.(6) 위험도 분류 체계는 낮은, 중간, 높은(low, intermediate, and high) 위험도로 나누는데 낮은 위험도는 양성과 해면 모양(spongiform), 중간 위험도는 의심되는 악성 소견이 없는 약한 저에코와 등에코(mildly hypoechoic and isoechoic)결절, 높은 위험도는 현저한 저에코(marked hypoechoic), 불규칙한(spiculated or lobulated) 경계, 미세석회화(microcalcification), 비평행 모양(taller than wide shape), 갑상선의 침범(extra-thyroidal extension)과 병적 림프절(pathologic lymph node)이 보이는 결절로 정의한다. 598명의 환자를 대상으로 한 연구 결과 낮은 위험도 결절의 88.5%, 중간 위험도 결절의 74.9%가 양성인 반면, 높은 위험도 결절은 84.6%가 악성이었다.(18)

4) European-TIRADS

European-TIRADS도 앞서 소개한 체계와 같이 유형에 따른 위험도 분류 체계로 1부터 5까지 나뉘어진다.(7) 범주 1은 결절이 없는 경우, 범주 2는 양성과 해면상(spongiform) 결절, 범주 3은 악성 의심 소견이 없는 등에코 또는 고에코 결절, 범주 4는 악성 의심 소견이 없는 약간의 저에코(mildly hypoechoic) 결절, 그리고 범주 5는 악성 소견이 보이는 현저한 저에코(marked hypoechogenic) 결절로 분류한다. 7개 연구의 5,672개의 결절을 대상으로 한 메타 분석에서 European-TIRADS 범주 2부터 5의 악성율은 각각 0.5%, 5.9%, 21.4%, 76.1%였다. 또한 범주 5의 악성 결절 발견에 대한 민감도는 83.5%, 특이도는 84.3%, 양성예측율은 76.1%, 악성예측율은 85.4%였다.(19)

5) K-TIRADS

2016년에 발표된 후 2021년에 개정된 K-TIRADS에서 주요 초음파 어휘는 결절의 암 위험도 분류에 사용되는 초음파 소견들을 중심으로 구성(composition), 에코(echogenicity), 방향(orienta-

Table 2. Ultrasound Features and Points of American College of Radiology-TIRADS

Ultrasound feature	Characteristics	Point
Composition	Cystic or almost completely cystic	0
	Spongiform	0
	Mixed cystic and solid	1
	Solid or almost completely solid	2
Echogenicity	Anechoic	0
	Hyperechoic or isoechoic	1
	Hypoechoic	2
	Very hypoechoic	3
Shape	Wider-than-tall	0
	Taller-than-wide	3
Margin	Smooth	0
	Ill-defined	0
	Lobulated or irregular	2
	Extra-thyroidal extension	3
Echogenic foci (choose all that apply)	None or large comet-tail artifacts	0
	Macrocalcifications	1
	Peripheral (rim) calcifications	2
	Punctate echogenic foci	3

TIRADS = thyroid imaging reporting and data system.

tion), 경계(margin), 고에코 점(echogenic foci)의 5개 어휘로 단 순화되었다.(10) K-TIRADS는 총 5개의 범주로 구성되며, 결절의 구성, 에코, 세 가지 암 의심 소견(고에코 점, 비평행 방향, 불규칙한 경계)을 기준으로 높은 의심(K-TIRADS 5), 중간 의심(K-TIRADS 4), 낮은 의심(K-TIRADS 3)으로 분류되고 양성 결절에 특이적인 초음파 유형을 갖는 결절은 양성(K-TIRADS 2) 결절로 분류된다. 전향적, 다기관 연구에서 범주 2부터 5의 악성율은 각각 0.0%, 3.5%, 19.0%, 73.4%이었다. 또한 범주 5의 악성 결절 발견에 대한 민감도는 95.5%, 특이도는 58.6%, 양성예측율은 44.5%, 악성예측율은 96.9%, 정확도는 69.5%였다.(20)

6) ACR-TIRADS

대부분의 다른 위험도 분류 체계와 달리 ACR-TIRADS는 점수화 체계로 구성(composition), 에코(echogenicity), 모양(shape), 경계(margin), 고에코 점(echogenic foci)의 초음파 어휘로 구성된다.(8) 각 어휘에서 초음파 특징은 0부터 3의 점수를 부여 받으며 (Table 2), 각 점수를 합산해 다섯 개의 범주로 분류한다. 범주 1은(0 점) 양성, 범주 2 (2점)는 의심되지 않음(not suspicious), 범주 3 (3 점)은 약간 의심(mildly suspicious), 범주 4 (4-6점)는 중간 의심(moderately suspicious), 그리고 범주 5 (7점 이상)은 높은 의심(highly suspicious)이다. 31,552개의 결절을 대상으로 시행한 체계적 고찰에서 민감도와 특이도는 각각 89% (95% CI 81-93%)와 70% (95% CI 60-78%)였고 area under curve (AUC)는 0.86

(95% CI 0.83-0.89)으로 우수한 결과를 보였다.(21)

7) Chinese-TIRADS

Chinese-TIRADS는 ACR-TIRADS처럼 점수화 체계를 이용하여 1부터 5까지의 범주로 분류한다.(9) 범주 1은 결절이 없는 경우이고 초음파 특징을 -1과 1로 점수를 부여해 합산한다. 수직 방향(vertical orientation), 고형 구성(solid composition), 현저한 저에코(markedly hypoechoic), 미세석회화(microcalcifications), 불규칙한 경계(irregular margins), 갑상선의 침범(extra-thyroidal extension)은 각각 1점이고 혜성꼬리 허상(comet-tail artifact)은 -1점이다. 점수의 합에 따라 범주 2 (-1점)는 양성(benign), 범주 3 (0점)은 양성 의심(probably benign), 범주 4A (1점)는 낮은 의심(low suspicion), 4B (2점)는 중간 의심(moderate suspicion), 4C (3-4점)은 높은 의심(high suspicion), 범주 5 (5점)는 강력한 악성 의심(highly suggestive of malignancy), 범주 6은 조직검사에서 이미 악성으로 판정된 경우로 분류한다. 각 범주의 예상 악성율은 0%, 0%, $\leq 2\%$, 2-10%, 10-50%, 50-90%, $\geq 90\%$ 이다. 최근에 발표된 다기관 연구에 따르면 Chinese-TIRADS의 악성 위험도는 예상 악성율과 일치하는 결과를 보였다.(22)

3. TIRADS의 유용성

갑상선 결절의 적절한 세침흡인세포검사를 위한 5개의 위험도

분류 체계(AACE, ACR, ATA, EU-TIRADS, K-TIRADS)의 정확성에 대한 최근 메타 분석에서 ACR-TIRADS의 진단적 odd ratio가 다른 체계들보다 우수한 결과를 보였다.(23) ACR-TIRADS는 세침흡인세포검사를 위한 악성 결절의 선택에 높은 능력을 보였으나 양성 결절에서는 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다. 2,465개의 갑상선 결절에 대한 ACR, EU-TIRADS 그리고 K-TIRADS의 진단적 가치를 분석한 연구에 따르면 불필요한 세침흡인세포검사 시행율은 ACR-TIRADS (17.3%)가 가장 낮았고, EU-TIRADS (25.2%) 그리고 K-TIRADS (32.1%) 순이었다.(24) 세침흡인세포검사를 시행하지 않은 결절에서 각각 33.1%, 37.7% 그리고 38.2%의 갑상선암을 놓쳤고, 각 TIRADS의 적절한 세침흡인세포검사 적응증을 적용하였을 때 62.6%, 54.6% 그리고 43.9%에서 불필요한 세침흡인세포검사를 피할 수 있었다. Grani 등(25)은 477명의 환자를 대상으로 AACE, ACR, ATA, EU-TIRADS, K-TIRADS의 유용성을 전향적으로 분석하여, 각 체계의 세침흡인세포검사 적응증을 적용하였을 때 조직검사를 17.1%-53.4%까지 감소시켰다고 보고하였다(K-TIRADS: 17.1%, EU-TIRADS: 30.7%, AACE: 34.9%, ATA: 43.8, ACR-TIRADS: 53.4%).

기존의 연구 결과를 종합해볼 때 ACR-TIRADS가 다른 체계에 비해 높은 진단적 정확도를 가지고 있으나 불필요한 세침흡인세포검사 시행은 모든 위험도 분류 체계에서 효과적으로 감소시켰다. 하지만 각 체계 모두 세침흡인세포검사의 적응증을 적용하면 상당한 수의 갑상선암 진단을 놓칠 수 있는 단점이 있다. 따라서 환자의 나이, 성별, 가족력, 결절의 성장 속도, 갑상선의 침범, 악성 의심 림프절 존재 등의 소견을 고려하여 세침흡인세포검사를 시행하는 것이 갑상선암의 진단율을 높이는 중요한 인자라 생각한다.

요약하면 TIRADS는 갑상선 결절의 초음파 소견을 통일(homogenization)함으로써 영상의학과 전문의와 임상 의사의 그리고 환자 사이의 소통을 원활하게 만드는 장점이 있다. 또한 갑상선암 진단을 위한 높은 민감도와 음성예측율(negative predictive values)을 제공하고 불필요한 세침흡인세포검사의 시행을 줄이는 잇점이 있다.

4. TIRADS의 단점 및 위험

모든 TIRADS는 초음파의 일반적인 단점인 시행자간의 판독 차이(Inter-observer discrepancy)가 있을 수 있고, 갑상선 여포암과 갑상선 유두암 여포변이 종양 진단에 낮은 민감도를 보이며 Autonomously functioning/Hot nodules을 배제하는데 낮은 특이도를 보이는 단점이 있다.(26,27) 또한 세침흡인세포검사 시행의 논란이 있는 중간형 위험도 결절(TIRADS 4)의 판정율이 22.2%-56.9%로 높게 보고되고 있다.(28) 이에 더해 미분화암

(anaplastic carcinoma), 림프종(lymphoma), 리델씨 갑상선염(Riedel's thyroiditis)와 같은 미만성 갑상선 종괴에 대한 분류도 고려해야 한다.

남성 또는 출혈성 성분을 가진 갑상선 결절은 시간이 지나면서 크기가 줄어들 수 있는데 그런 경우 비평행 방향 또는 고도의 저에코 등의 소견을 보여 어떤 위험도 분류 체계를 적용하더라도 악성의 고위험군으로 분류될 수 있기 때문에 이전 이미지가 있다면 반드시 참고해 분류하는 것이 좋다. 아급성 갑상선염(subacute thyroiditis) 또한 악성을 시사하는 초음파 소견을 보일 수 있으니 통증 여부와 혈액 검사에서 염증 수치 상승, 갑상선 기능 검사에서 낮은 갑상선 자극 호르몬 등을 확인하는 것이 진단에 도움을 줄 수 있다. EU-TIRADS를 제외한 다른 위험도 분류 체계들은 결절성 질환(nodular disease)과 과증식증(hyperplasia) 사이에 명확한 구별이 되어있지 않아 주의를 요한다.

5. TIRADS의 향후 전망

크기가 증가하는 양성 갑상선 결절 및 수술적 치료가 불가능한 악성 결절의 치료에 최근 많이 사용하고 있는 고주파 소작술(radiofrequency ablation)을 시행하면 초음파 소견의 변화가 있을 수 있어 향후 TIRADS에는 이를 포함한 분류 기준이 필요할 것이다. 또한 앞서 기술한 바와 같이 환자의 나이, 성별, 가족력, 결절의 성장 속도, 갑상선의 침범, 악성 의심 림프절 존재 등의 소견을 고려한 분류가 필요하며, 단일 종양인 경우가 다발성 종양인 경우보다 악성 위험도가 높다는 보고가 있으니 종양의 수도 고려해야 할 것이다.(29) 갑상선 결절의 정확한 악성 위험도 판독에 영상학적 검사의 기술 발전에 따른 탄성 초음파, 4차원 초음파 등의 적용도 적극적으로 고려해야 할 것으로 생각한다.

결 론

갑상선 결절을 가진 환자에서 갑상선 초음파는 갑상선 결절의 암 위험도 판정과 병리학적인단검사 대상을 결정하는 중요한 역할을 담당한다. TIRADS는 갑상선 초음파 유형 또는 소견에 따른 점수에 기초한 초음파 암 위험도 분류 체계로서 다양한 기관에서 개발되어 실제 임상 진료에서 실시간 초음파 검사를 시행하면서 결절 진단이 가능하다는 장점을 갖고 있다. 각 TIRADS의 특징을 잘 이해하고 적절히 적용함으로써 궁극적으로 표준화된 암 위험도 분류 체계를 개발할 수 있을 것이다. 나아가 갑상선 결절 환자에서 초음파 진단이 적절한 치료 결정과 환자 진료에 실질적인 도움을 줄 수 있도록 향후 TIRADS에 관한 지속적인 연구와 개선을 위한 노력이 필요하다.

REFERENCES

- Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, Doherty GM, Mandel SJ, Nikiforov YE, et al. 2015 American Thyroid Association management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer: the American Thyroid Association guidelines task force on thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid* 2016;26:1-133.
- Ha EJ, Lim HK, Yoon JH, Baek JH, Do KH, Choi M, et al.: Korean Society of Thyroid Radiology (KSThR) and Korean Society of Radiology. Primary imaging test and appropriate biopsy methods for thyroid nodules: guidelines by Korean Society of Radiology and National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency. *Korean J Radiol* 2018;19:623-31.
- Mandel SJ. Diagnostic use of ultrasonography in patients with nodular thyroid disease. *Endocr Pract* 2004;10:246-52.
- Rago T, Vitti P. Risk stratification of thyroid nodules: from ultrasound features to TIRADS. *Cancers (Basel)* 2022;14:717.
- Perros P, Boelaert K, Colley S, Evans C, Evans RM, Gerrard Ba G, et al.: British Thyroid Association. Guidelines for the management of thyroid cancer. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2014;81 Suppl 1:1-122.
- Gharib H, Papini E, Garber JR, Duick DS, Harrell RM, Hegedüs L, et al.: AACE/ACE/AME Task Force on Thyroid Nodules. American Association of Clinical Endocrinologists, American College of Endocrinology, and Associazione Medici Endocrinologi medical guidelines for clinical practice for the diagnosis and management of thyroid nodules--2016 update. *Endocr Pract* 2016;22:622-39.
- Russ G, Bonnema SJ, Erdogan MF, Durante C, Ngu R, Leenhardt L. European Thyroid Association guidelines for ultrasound malignancy risk stratification of thyroid nodules in adults: the EU-TIRADS. *Eur Thyroid J* 2017;6:225-37.
- Tessler FN, Middleton WD, Grant EG, Hoang JK, Berland LL, Teefey SA, et al. ACR thyroid imaging, reporting and data system (TI-RADS): white paper of the ACR TI-RADS committee. *J Am Coll Radiol* 2017;14:587-95.
- Zhou J, Yin L, Wei X, Zhang S, Song Y, Luo B, et al. 2020 Chinese guidelines for ultrasound malignancy risk stratification of thyroid nodules: the C-TIRADS. *Endocrine* 2020;70:256-79.
- Ha EJ, Chung SR, Na DG, Ahn HS, Chung J, Lee JY, et al. 2021 Korean thyroid imaging reporting and data system and imaging-based management of thyroid nodules: Korean Society of Thyroid Radiology consensus statement and recommendations. *Korean J Radiol* 2021;22:2094-123.
- Middleton WD, Teefey SA, Reading CC, Langer JE, Beland MD, Szabunio MM, et al. Comparison of performance characteristics of American College of Radiology TI-RADS, Korean Society of Thyroid Radiology TIRADS, and American Thyroid Association guidelines. *AJR Am J Roentgenol* 2018;210:1148-54.
- Yoon SJ, Na DG, Gwon HY, Paik W, Kim WJ, Song JS, et al. Similarities and differences between thyroid imaging reporting and data systems. *AJR Am J Roentgenol* 2019;213:W76-84.
- Na DG, Paik W, Cha J, Gwon HY, Kim SY, Yoo RE. Diagnostic performance of the modified Korean thyroid imaging reporting and data system for thyroid malignancy according to nodule size: a comparison with five society guidelines. *Ultrasonography* 2021;40:474-85.
- Na DG. Clinical application of the 2021 Korean thyroid imaging reporting and data system (K-TIRADS). *J Korean Soc Radiol* 2023;84:92-109.
- Horvath E, Majlis S, Rossi R, Franco C, Niedmann JP, Castro A, et al. An ultrasonogram reporting system for thyroid nodules stratifying cancer risk for clinical management. *J Clin Endocrinol Metab* 2009;94:1748-51.
- Tang AL, Falciglia M, Yang H, Mark JR, Steward DL. Validation of American Thyroid Association ultrasound risk assessment of thyroid nodules selected for ultrasound fine-needle aspiration. *Thyroid* 2017;27:1077-82.
- Arambewela MH, Wijesinghe AM, Randhawa K, Bull M, Wadsley J, Balasubramanian SP. A pragmatic assessment of the British Thyroid Association "U classification" of thyroid nodules with a focus on their follow-up. *Clin Radiol* 2020;75:466-73.
- Negro R, Greco G, Colosimo E. Ultrasound risk categories for thyroid nodules and cytology results: a single institution's experience after the adoption of the 2016 update of medical guidelines by the American Association of Clinical Endocrinologists and Associazione Medici Endocrinologi. *J Thyroid Res* 2017;2017:8135415.
- Castellana M, Grani G, Radzina M, Guerra V, Giovannella L, Deandrea M, et al. Performance of EU-TIRADS in malignancy risk stratification of thyroid nodules: a meta-analysis. *Eur J Endocrinol* 2020;183:255-64.
- Ha EJ, Moon WJ, Na DG, Lee YH, Choi N, Kim SJ, et al. A multicenter prospective validation study for the Korean thyroid imaging reporting and data system in patients with thyroid nodules. *Korean J Radiol* 2016;17:811-21.
- Li W, Wang Y, Wen J, Zhang L, Sun Y. Diagnostic performance of American College of Radiology TI-RADS: a systematic review and meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol* 2021;216:38-47.
- Zhou J, Song Y, Zhan W, Wei X, Zhang S, Zhang R, et al. Thyroid imaging reporting and data system (TIRADS) for ultrasound features of nodules: multicentric retrospective study in China. *Endocrine* 2021;72:157-70.
- Castellana M, Castellana C, Treglia G, Giorgino F, Giovannella L, Russ G, et al. Performance of five ultrasound risk stratification systems in selecting thyroid nodules for FNA. *J Clin Endocrinol Metab* 2020;105:dgz170.
- Xu T, Wu Y, Wu RX, Zhang YZ, Gu JY, Ye XH, et al. Validation and comparison of three newly-released thyroid imaging reporting and data systems for cancer risk determination. *Endocrine* 2019;64:299-307.
- Grani G, Lamartina L, Ascoli V, Bosco D, Biffoni M, Giacomelli L, et al. Reducing the number of unnecessary thyroid biopsies while improving diagnostic accuracy: toward the "right" TIRADS. *J Clin Endocrinol Metab* 2019;104:95-102.
- Castellana M, Piccardo A, Virili C, Scappaticcio L, Grani G, Durante C, et al. Can ultrasound systems for risk stratification of thyroid nodules identify follicular carcinoma? *Cancer Cytopathol* 2020;128:250-9.

27. Castellana M, Virili C, Paone G, Scappaticcio L, Piccardo A, Giovannella L, et al. Ultrasound systems for risk stratification of thyroid nodules prompt inappropriate biopsy in autonomously functioning thyroid nodules. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2020;93: 67-75.
28. Russ G, Trimboli P, Buffet C. The new era of TIRADSS to stratify the risk of malignancy of thyroid nodules: strengths, weaknesses and pitfalls. *Cancers (Basel)* 2021;13:4316.
29. Angell TE, Maurer R, Wang Z, Kim MI, Alexander CA, Barletta JA, et al. A cohort analysis of clinical and ultrasound variables predicting cancer risk in 20,001 consecutive thyroid nodules. *J Clin Endocrinol Metab* 2019;104:5665-72.