

Performance of Artificial Intelligence and Elastography in Thyroid Nodule Diagnosis

Jee-Yeon Park^{1,2}, Sung-Hee Yang^{2,*}

¹Department of Radiological Science, Jangpalpal Internal Medicine Clinic

²Department of Radiological Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: September 02, 2024. Revised: October 24, 2024. Accepted: October 31, 2024.

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze and evaluate the diagnostic performance and utility of elastography and artificial intelligence program in distinguishing between benign and malignant thyroid nodule. In a hospital outpatient clinic, we performed thyroid ultrasound from January 2023 to June 2024, and retrospectively analyzed 126 patients who performed elastography, S-detect, and fine needle aspiration cytology(FNAC) because nodules were found. The analysis of differences based on cytology results showed statistically significant differences in age, nodule size, echogenicity, nodule orientation, margins, shape, presence of calcification, posterior shadowing, K-TIRADS ultrasound interpretation, S-detect results and elasticity contrast index. The ROC curve analysis determined a cut off value for the elasticity contrast index at 2.32, with diagnostic concordance rates of 0.66 for expert interpretation, 0.49 for S-detect, and 0.67 for the elasticity contrast index, indicating superior diagnostic performance with elastography. Thus, elastography may be used as an adjunct tool to minimize unnecessary repeat examinations and the frequency of tissue biopsies in the diagnosis of thyroid nodules.

Keywords: Thyroid nodule, Artificial intelligence program, Elastography, FNAC, Diagnostic performance

I. INTRODUCTION

최근 고해상도 초음파 기기의 발전과 건강에 대한 관심의 증가로 건강검진이 보편화되면서 갑상선 결절(thyroid nodule)의 발견 빈도가 증가하고 있다^[1]. 갑상선 결절은 갑상선 세포가 과증식하면서 생기는 비교적 흔한 질병으로 갑상선 초음파검사의 약 19~67%에서 발견되며 이 중 5~15%는 갑상선암(thyroid cancer)으로 진단 된다^[1-3]. 최근 공개된 2020년 국가암등록통계 자료에 따르면 총 247,952 명의 암 환자 중에서 갑상선암 환자는 29,180명으로 전체의 약 11.8%를 차지하는 것으로 나타났으며 이는 모든 암 종류 중에서 가장 높은 비율을 보인다^[4].

갑상선 결절을 진단하는 방법에는 촉진, 환자의

병력 청취, 초음파검사(ultrasonography), 세침흡인세포검사(Fine Needle Aspiration Cytology, FNAC), 갑상선 기능검사, 갑상선 스캔이 있으며 때로는 컴퓨터단층촬영(computed tomography, CT), 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI) 등을 이용하고 있다^[2,3]. 그 중 갑상선 초음파검사는 비침습적이면서 편리하며 결절의 발견 이외에도 주변 림프절 종대와 주변 조직과의 관계 등 다양한 갑상선 병변을 판별하는데 있어 매우 유용하다고 알려져 있다^[5]. 초음파검사는 갑상선 결절의 악성 가능성을 평가할 때 높은 민감도(sensitivity)를 제공하지만 특이도(specificity)가 상대적으로 낮아 정확한 악성 결절 진단을 위해 세침흡인세포검사 등의 추가 검사가 필요하다^[1,6].

현재까지는 세침흡인세포검사가 갑상선 결절의

* Corresponding Author: Sung-Hee Yang

E-mail: sonoyang@cup.ac.kr

Tel: +82-51-510-0582

진단에 높은 정확도를 보이지만 시술자의 기술과 세포병리 판독자의 경험에 따라 결과가 달라질 수 있다. 또한 초음파에서 보이는 모든 결절에 대해 FNAC를 하는 것은 현실적으로 불가능하며 침습적이고 불필요한 조직검사로 인한 환자의 불편함을 초래할 수 있다^[7,8]. 이러한 한계를 극복하고 갑상선암 진단에 도움을 주기 위해 새로운 영상 기술이 도입되고 있다. 탄성초음파(elastography)는 갑상선 결절의 조직 탄성을 평가하여 악성 가능성을 더 정확하게 판단하는데 도움이 되는 것으로 알려져 있다^[9]. 외부로부터 압력을 가하여 조직의 변형을 측정할 때 부드러운 부분이 단단한 부분보다 더 쉽게 변형된다는 원리에 기초한 새롭게 개발된 컴퓨터 보조진단(Computer-Aided Diagnosis, CAD) 기술이다. 비침습적으로 조직의 단단한 정도를 실시간으로 측정하고 영상화할 수 있는 방법으로 악성 결절이 양성 결절보다 더 단단하다는 특성을 이용하여 단단한 정도(stiffness)와 탄성도(elasticity)를 측정한다^[10]. 특히 탄성대비지수(Elasticity Contrast Index, ECI)는 조직의 탄성 차이 측정에 사용되는 지표로써 갑상선 결절의 악성 정도를 평가하는데 도움을 준다^[11].

최근 많이 활용되고 있는 S-detect 프로그램은 딥러닝을 기반으로 한 인공지능 보조 진단(Deep Learning-based Computer-Aided Diagnosis, DL-CAD) 시스템으로 회색조 2차원 초음파영상을 통해 갑상선 결절의 형태적 특성을 분석하고 시각화하며 이를 통해 양성 또는 악성 가능성을 분류해 주는 프로그램이다^[12]. ECI는 조직의 탄성도를 분석하고 S-detect는 결절의 형태학적 특징을 분석함으로써 검사자의 주관적 판단을 최소화하여 갑상선 결절 진단의 정확성을 높이는데 기여하고 있다.

이에 본 연구에서는 갑상선 결절 진단에서 ECI와 S-detect의 성능을 비교 평가함으로써 이들의 임상적 활용 가능성과 유용성을 검토하고자 하였다. 이를 통해 불필요한 세침흡인세포검사를 줄이는데 도움을 주고 갑상선 결절의 정확한 평가와 치료 전략에 도움을 줄 수 있는 기초자료를 제공하는 것을 목표로 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 대상

본 연구는 2023년 1월부터 2024년 06월까지 건강검진을 위해 부산에 위치한 J 내과의원을 방문한 환자들을 대상으로 하였다. 갑상선 초음파검사를 시행하고 갑상선 결절이 확인된 후 세침흡인세포검사를 받은 환자는 여자 72명, 남자 54명 총 126명으로 분류되었다. ‘아동복지법’에 따른 아동(만 19세 미만)은 제외하였고 연구에 사용된 환자들의 개인정보는 부호화하여 보호되었다. 갑상선 초음파검사를 하기 전 이미 개인정보 제공에 대한 동의가 획득된 정보를 익명화된 상태로 연구에 활용하였다. 초음파영상은 의료영상저장전송시스템(Picture Archiving and Communication System, PACS)에 보관된 자료를 이용하였으며 최종 진단은 전자의무기록(Electronic Medical Record, EMR)을 참조하였다.

2. 연구 방법

2.1. 갑상선 결절 진단

갑상선 결절 진단은 고해상도 초음파(RS85, Samsung Medison, Korea), 주파수 대역폭 2~14 MHz의 선형 탐촉자(LA2-14A, Samsung Medison, Korea)를 이용하였다. 초음파검사는 검사 경력 20년 이상의 ARDMS 자격을 소지한 방사선사가 시행하고 내과전문의가 갑상선 영상 판독 및 데이터 체계(Korean Thyroid Imaging Reporting and Data System, K-TIRADS) 권고안에 따라 초음파영상을 판독하였다^[13]. 갑상선 결절의 최종 진단은 세침흡인세포검사 결과로 확인하였다.

2.2. 탄성초음파 검사

환자는 바로 누운 자세(supine position)에서 검사측 갑상선의 반대쪽으로 목을 돌린 후 턱을 들어 올린 다음 신전(extension)시킨 상태에서 갑상선 결절의 B-mode 초음파영상을 획득하였다. 갑상선 결절에 대해 변형탄성영상법(Strain Elastography, SE)을 적용하여 ECI를 산출하였다. ECI는 Color overlay pattern을 통해 갑상선 결절의 단단한 정도를 정성적으로 분석하며 분석된 결절의 탄성도를

정량적 수치로 제공한다. 정확한 검사를 위해 가장 중요한 것은 동일한 단면을 유지하면서 탐촉자를 가볍게 상하로 움직이는 것이다. 탐촉자를 누르는 것은 1~2 mm 정도면 충분하다. 압박할 때의 속도도 변형 정도에 관여하므로 압력을 조절할 수 있을 정도의 속도로 Fig. 1과 같이 안정된 영상을 획득하였다^[14,15].

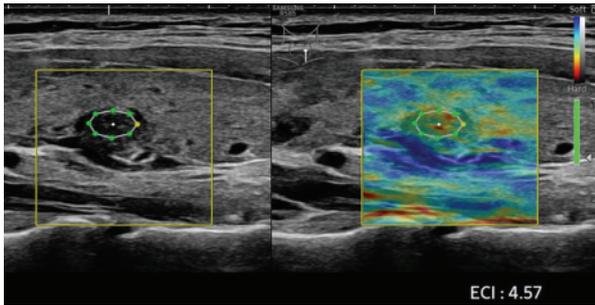


Fig. 1. The image show an hypoechoic nodule in the thyroid. The longitudinal peri-intranodular ECI was 4.57.

2.3. 인공지능 컴퓨터 보조 진단

S-detect는 초음파영상을 분석하는 소프트웨어로 대상 결절에 포인트를 지정하면 자동으로 결절의 경계를 따라 ROI가 설정되며 설정된 ROI에서 갑상선 결절의 내부 구성(composition), 에코 발생의 정도(echogenicity), 결절의 방향 (orientation), 가장자리 (margin), 모양(shape) 등을 분석한다^[13]. 지정된 ROI에서 분석된 결과를 양성 가능성(possibly benign)과 악성 가능성(possibly malignant)으로 Fig. 2와 같이 분류하였다.

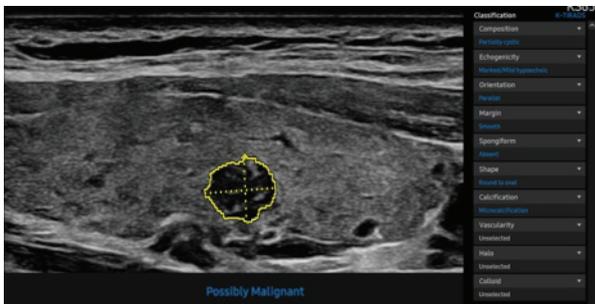


Fig. 2. Thyroid nodules were automatically classified as benign and malignant using S-detect.

2.4. 통계분석

연구 대상자의 특성은 빈도(n)와 백분위(%)로 제시하였으며 FNAC 결과에 따른 변수들과의 차이 분석은 비연속변수는 Chi-square test, 연속변수는 독립표본 t 검정을 시행하였다. 탄성초음파의 임상적 유용성을 알아보기 위해 ROC curve 분석을 시행하였으며 양성예측도(positive predictive value, PPV), 음성예측도(negative predictive value, NPV), 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 곡선아래면적 (Area Under the Curve, AUC)을 산출하였다. ECI의 Cut off value는 FNAC 결과와의 ROC curve 분석을 통해 얻은 민감도와 특이도의 각 좌표점의 Youden's Index를 구하고 값의 최대가 되는 지점을 기준으로 최적의 값을 산출하였다. FNAC 결과에 따른 진단의 일치성(agreement)은 Cohen's Kappa 분석을 시행하였다. 통계분석을 위해 SPSS Version 29.0 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA) 소프트웨어를 활용하였으며 자료의 통계적 유의성은 p value가 0.05 이하로 정의하였다.

III. RESULT

1. 일반적 특성 분석

연구 대상자는 여자 72명(57.1%), 남자 54명(42.9%)으로 전체 126명이었으며 평균연령은 55.98±11.61세로 50대가 40명(31.7%)으로 가장 많았다. 결절의 크기는 평균 1.10±0.81 cm으로 확인되었다. 결절의 내부 성상이 고형성분이면 Solid, 50% 이상 고형성분이면 Predominantly solid, 낭성 성분이 50% 이상이면 Predominantly cystic, 완전 낭성 결절은 Cystic으로 분류하였다. 그 결과 고형성분이 114명(90.5%)으로 가장 많았다. 결절의 에코 발생 정도는 저에코 결절 100명(79.4%), 동등한 에코 결절 26명(20.6%)이며 고에코 결절은 확인되지 않았다. 결절의 방향은 Parallel 83명(65.9%)으로 가장 많았으며 결절의 변연(margin)은 Circumscribed가 58명(46.0%), Not circumscribed 68명(54.0%)이었다. 결절의 모양(shape)은 Oval 51명(40.5%), Round 28명(22.2%), Irregular 47명(37.3%)으로 확인되었다. 석회화는 Presence 84명(66.7%), Absence 42명(33.3%)

이였으며 후방 음영(posterior feature)은 Presence 101명(80.2%)으로 Absence 25명(19.8%) 보다 더 많이 확인되었다.

2. 갑상선 결절 위험인자들의 차이 분석

K-TIRADS 기반 전문의 초음파 판독 소견은 양성 59명(46.8%), 악성 67명(53.2%) 이였으며 S-detect는 양성 58명(46.0%), 악성 68명(54.0%)으로 분석되었다. 최종적으로 FNAC 결과에서 양성 78명(61.9%),

악성 48명(38.1%)으로 분석되었다.

FNAC 결과와 일반적 특성의 차이 분석에서 Age($p=0.016$), Size($p=0.003$), Echogenicity($p=0.001$), Orientation($p<0.001$), Margin($p<0.001$), Shape($p<0.001$), Calcification($p<0.001$), S-detect($p<0.001$), ECI($p<0.001$)에서 유의한 차이를 나타냈으며 Sex($p=0.101$), Composition($p=0.080$)은 유의한 차이를 보이지 않았다. 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Results of differential analysis based on general characteristics [Unit:Person(%)]

Variable	n(%)	FNAC		χ^2/t	p value	
		Benign	Malignancy			
Sex	Male	54(42.9)	29(23.0)	25(19.8)	2.70	0.101
	Female	72(57.1)	49(38.9)	23(18.3)		
Age(year)	≤ 30s	9(7.1)	1(0.8)	8(6.3)	12.20	0.016
	40s	27(21.4)	20(15.9)	7(5.6)		
	50s	40(31.7)	26(20.6)	14(11.1)		
	60s	32(25.4)	21(16.7)	11(8.7)		
	70s ≤	18(14.3)	10(7.9)	8(6.3)		
Size(cm)	< 0.5	30(23.8)	15(11.9)	15(11.9)	15.68	0.003
	0.5 ~ 1.0	48(38.1)	23(18.3)	25(19.8)		
	1.0 ~ 1.5	17(13.5)	13(10.3)	4(3.2)		
	1.5 ~ 2.0	14(11.1)	12(9.5)	2(1.6)		
	2.0 ≤	17(13.5)	15(11.9)	2(1.6)		
Composition	Solid	114(90.5)	67(53.2)	47(37.3)	5.05	0.080
	Predominantly solid	10(7.9)	9(7.1)	1(0.8)		
	Predominantly cystic	2(1.6)	2(1.6)	0(0.0)		
Echogenicity	Hypoechoogenicity	100(79.4)	52(41.3)	48(38.1)	20.16	<0.001
	Isoechoogenicity	26(20.6)	26(20.6)	0(0.0)		
Orientation	Pararell	83(65.9)	63(50.0)	20(15.9)	20.21	<0.001
	Nonpararell	43(34.1)	15(11.9)	28(22.2)		
Margin	Circumscribed	58(46.0)	47(37.3)	11(8.7)	16.68	<0.001
	Not circumscribed	68(54.0)	31(24.6)	37(29.4)		
Shape	Oval	51(40.5)	44(34.9)	7(5.6)	22.86	<0.001
	Round	28(22.2)	15(11.9)	13(10.3)		
	Irregular	47(37.3)	19(15.1)	28(22.2)		
Carcification	Presence	84(66.7)	61(48.4)	23(18.3)	12.27	<0.001
	Absence	42(33.3)	17(13.5)	25(19.8)		
Posterior feature	Presence	101(80.2)	67(53.2)	34(27.0)	4.24	0.039
	Absence	25(19.8)	11(8.7)	14(11.1)		
K-TIRADS		126(100)	59(46.8)	67(53.2)	62.34	<0.001
S-detect		126(100)	58(46.0)	68(54.0)	35.09	<0.001
ECI*		126(100)	1.53±1.03	3.57±1.33	-9.632	<0.001
Total		126(100)	78(61.9)	48(38.1)		

*Elasticity Contrast Index, Unit:Mean±SD

Table 2. Results performed by a radiologist and the diagnostic of K-TIRADS, S-detect and ECI [n=126]

Variable	AUC (95% CI)	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	p value
K-TIRADS	0.86 (0.79-0.92)	97.92	74.36	70.1	98.3	<0.001
S-detect	0.77 (0.69-0.84)	87.50	66.67	61.8	89.7	<0.001
ECI	0.85 (0.77-0.91)	89.58	80.77	74.1	92.6	<0.001

AUC: Area under curve, PPV: positive predictive value, NPV: negative predictive value

3. ROC curve 분석

ROC curve 분석 결과 초음파영상 판독의 AUC는 0.86(95% CI 0.79~0.92, $p<0.001$), S-detect의 AUC는 0.77(95% CI 0.69~0.84, $p<0.001$), ECI의 AUC는 0.85(95% CI 0.77~0.91, $p<0.001$)로 분석되었다. 초음파영상 판독 결과의 민감도는 97.92%, 특이도는 74.36%, PPV 70.1%, NPV 98.3%, S-detect 분석 결과의 민감도는 87.50%, 특이도는 66.67%, PPV는 61.8%, NPV는 89.7%로 나타났다. ECI의 cut off value는 2.32로 민감도는 89.58%, 특이도는 80.77%, PPV는 74.1%, NPV는 92.6%로 나타났다. 결과는 Table 2, Fig. 3와 같다.

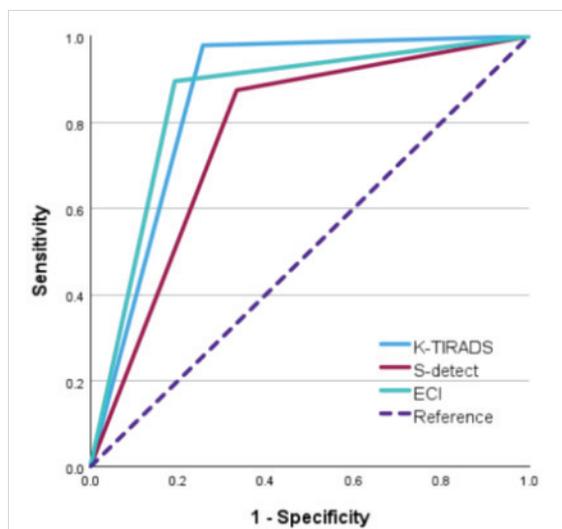


Fig. 3. ROC curve analysis of reading results and K-TIRADS, S-detect and ECI based on result FNAC.

4. 진단 일치도 분석

FNAC 결과를 기준으로 전문의의 초음파 판독 결과(K-TIRADS)와 S-detect, ECI의 진단 일치도 평

가를 위해 Kappa 계수를 산출하였다. 그 결과 K-TIRADS는 0.66(95% CI 0.49~0.84, $p<0.001$)으로 높은 일치도를 나타냈으며, S-detect는 0.49(95% CI 0.31~0.66, $p<0.001$)로 적당한 일치도, ECI는 0.67(95% CI 0.50~0.85, $p<0.001$)로 상당한 일치도를 보였다. 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Diagnostic agreement of K-TIRADS, S-detect and ECI based on FNAC

Variable	Kappa	SE	95% CI	p value
K-TIRADS	0.66	0.09	0.49-0.84	<0.001
S-detect	0.49	0.09	0.31-0.66	<0.001
ECI	0.67	0.09	0.50-0.85	<0.001

SE: Standard error, CI: Confidence interval

IV. DISCUSSION

갑상선 결절은 비교적 느리게 자라고 대부분 양성 결절이며 수술이 필요하지 않은 경우가 많다^[16]. 국가암등록 통계에 따르면 2016년부터 2020년까지 갑상선암의 5년 상대 생존율은 100%로 보고되고 있다^[4]. 따라서 악성 결절이라 하더라도 조기에 발견해 적절한 치료를 진행하게 된다면 다른 악성 종양에 비해 예후가 좋기 때문에 조기 진단이 무엇보다도 중요하다^[17].

갑상선 결절 진단을 위한 초음파검사에서 검사자 간의 진단 차이를 최소화하고 일관된 치료 지침을 제공하기 위해 인공지능 기반 컴퓨터 자동진단 시스템을 접목하는 연구가 활발히 진행되고 있으며 이는 검사자의 경험 수준에 관계 없이 병변의 인식률을 향상시켜 진단의 정확도를 높이는데 기여하고 있다^[18]. 본 연구에서는 갑상선 결절의 세침흡인세포검사 결과를 바탕으로 내과 전문의의 판독 결과와 인공지능 보조진단 프로그램 S-detect, 탄

성초음파를 이용하여 결절 진단의 유효한 보조 진단 도구로서의 가능성을 살펴보고자 하였다.

본 연구에서는 전문의 판독 결과의 정확도가 86%로 가장 높았으며 다음으로 탄성초음파를 활용한 ECI 정확도가 85%로 비교적 높게 나타났다. S-detect는 77%로 비교군 중에서 가장 낮은 정확도로 분석되었다.

Di et. al의 보고에 의하면 ECI의 cut off value는 2.16으로 본 연구 결과 2.32 보다 낮았으며 민감도 90.3%, 특이도 82.9%, 양성예측도 83.7%, 음성예측도 91.2%로 나타나 이는 연구 대상자의 특성이나 진단 기준의 차이에 기인할 수 있으며 ECI가 특정 환경이나 조건에서 갑상선 결절의 악성 가능성을 감별하는데 유용하게 활용될 수 있음을 확인하였다^[19]. 이에 반해 Cong et. al은 S-detect의 악성, 양성 차이 분석에서 $p=0.014$ 로 갑상선 결절 감별진단이 가능하나 ECI는 $p=0.592$ 로 그렇지 않다고 보고하고 있어 모든 경우에 효과적인 감별진단 도구로서의 활용 가능성은 저하될 수 있으며 특히 통계적으로 유의미하지 않은 결과는 ECI가 특정 유형의 갑상선 결절에 대해서만 더 효과적일 수 있음을 시사한다^[20]. 따라서 갑상선 결절의 진단에 있어서 ECI와 같은 탄성초음파 기반 지표의 활용성을 평가할 때는 환자의 특성, 결절의 유형 및 임상적 맥락을 고려해야 할 필요성이 있다.

그럼에도 불구하고 탄성초음파는 비침습적인 방법으로 갑상선 결절의 진단에 유용한 검사라는 것을 선행연구들에서 제시하고 있으며 본 연구 결과 진단의 일치도를 나타내는 Kappa 계수가 0.67로 상당한 일치도를 보여 향후 갑상선 결절 진단 기술의 개발 및 개선 방향을 제시하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다^[21]. Sun et al에 따르면 초음파 검사자의 평가와 S-detect, 탄성초음파의 임상 정보를 결합한 모델이 평가의 정확성을 향상시킬 수 있다고 제안하고 있다^[22]. 본 연구 결과에서도 여전히 전문의 판독이 갑상선 결절 진단의 중요한 기준으로 작용할 수 있음을 보여주며 ECI를 활용한 탄성초음파는 민감도와 특이도에서 비교적 높은 성능을 보였다. 이는 ECI가 갑상선 결절의 진단에서 특히 유용할 수 있음을 시사하며 S-detect는

다른 두 방법에 비해 낮은 정확도를 보였지만 인공지능 기반 진단 도구로서의 발전 가능성을 보여주었다. 따라서 S-detect와 탄성초음파를 함께 병행한다면 진단의 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점은 탄성초음파 검사 시 미세한 압박 정도를 정확하게 측정할 수 있는 객관적인 기준이 없어 검사자 별 탄성도 등급이 달라질 수 있다는 점이다^[23]. 또한 연구 대상자 수가 126명으로 제한적이며 한 지역에서만 수행되어 결과의 일반화에 제한이 있을 수 있다는 점이다. 이러한 한계를 극복하기 위해 다양한 지역, 더 많은 샘플을 포함하는 대규모 연구와 다양한 인구 집단을 대상으로 한 후속 연구가 필요하다. 추가적으로 검사자의 숙련도를 높이기 위한 교육 프로그램이 필요하며 탄성초음파의 객관적인 측정 기준을 마련하고 인공지능 기반 도구의 알고리즘을 개선하여 진단의 정확성을 높이는 연구가 계속되어야 할 것이다.

V. CONCLUSION

본 연구는 갑상선 결절의 진단에 있어서 다양한 진단 도구의 유용성을 평가하였으며 특히 탄성초음파를 활용한 ECI와 전문의 판독 결과가 높은 진단 성능을 나타냈다. 외부에서 압력을 가하여 영상을 얻는 탄성초음파는 검사자에 따라 다양한 결과를 보일 가능성이 있다. 따라서 지금까지의 연구 결과로는 실제 임상적 진단에 적용할 가치가 있는지를 판단하기에 어려움이 있다. 향후 갑상선 결절 진단 방법의 개선과 관련된 연구를 통하여 전문의의 경험과 최신 초음파 기술의 조합이 갑상선 결절 진단의 정확성을 극대화하고 불필요한 세침흡인세 포검사 및 조직검사를 줄여 임상적 적용에 대한 여러 가능성을 기대한다.

Acknowledgement

This paper was supported by RESEARCH FUND offered from Catholic University of Pusan in 2024.

Reference

- [1] Y. J. Park, E. K. Lee, Y. S. Song, S. H. Kang, B.

- S. Koo, S. W. Kim, D. G. Na, S. K. Baek, S. W. Oh, M. K. Lee, S. W. Lee, Y. A. Lee, Y. S. Lee, D. J. Lim, "2023 Korean thyroid association management guidelines for patients with thyroid nodules", *International Journal of Thyroidology*, Vol. 16, No. 1, pp. 1-311, 2023.
<https://doi.org/10.11106/ijt.2023.16.1.1>
- [2] L. Hegedus, "Clinical practice: The thyroid nodule", *The New England Journal of Medicine*, Vol. 351, No. 17, pp. 1764-1771, 2004.
<https://doi.org/10.1056/NEJMcp031436>
- [3] K. H. Kim, E. K. Kim, J. Y. Kwak, M. J. Kim, "Detection and management of thyroid incidentaloma", *Korean Society of Ultrasound in Medicine*, Vol. 27, No. 3, pp. 111-117, 2008.
<https://doi.org/JAKO200810103435312>
- [4] Korea Central Cancer Registry, National Cancer Center, "Annual report of cancer statistics in Korea in 2020", Ministry of Health and Welfare, From URL; <https://www.ncc.re.kr/cancerStatsList.ncc>
- [5] S. Y. Hahn, J. H. Shin, Y. L. Oh, Y. I. Son, "Discrepancies between the ultrasonographic and gross pathological size of papillary thyroid carcinomas", *Ultrasonography*, Vol. 35, No. 3, pp. 220-225, 2016.
<https://doi.org/10.14366/usg.15077>
- [6] W. Tian, S. Hao, Y. Jiang, S. Zhang, L. Guo, D. Luo, "Comparison of diagnostic accuracy of real-time elastography and shear wave elastography in differentiation malignant from benign thyroid nodules", *Medicine(Baltimore)*, Vol. 94, No. 52, e2312, 2015.
<https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002312>
- [7] Y. J. Lee, D. W. Kim, Y. M. Park, H. K. Park, S. J. Jung, D. H. Kim, S. M. Lee, M. K. Oh, "Comparison of sonographic and cytological diagnoses of solid thyroid nodules:emphasis on the discordant cases", *Diagn Cytopathol*, Vol. 43, No. 12, pp. 953-959, 2015. <https://doi.org/10.1002/dc.23363>
- [8] B. R. Haugen, E. K. Alexander, K. C. Bible, G. M. Doherty, S. J. Mandel, Y. E. Nikiforov, F. Pacini, G. W. Randolph, A. M. Sawka, M. Schlumberger, K. G. Schuff, S. I. Sherman, J. A. Sosa, D. L. Steward, R. M. Tuttle, L. Wartofsky, "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*, Vol. 26, No. 1, pp. 1-133, 2016. <https://doi.org/10.1089/thy.2015.0020>
- [9] E. J. Ha, J. H. Baek, "Applications of machine learning and deep learning to thyroid imaging:where do we stand?", *Ultrasonography*, Vol. 40, No. 1, pp. 23-29, 2021. <https://doi.org/10.14366/usg.20068>
- [10] C. K. Zhao, H. X. Xu, "Ultrasound elastography of the thyroid:principles and current status", *Ultrasonography*, Vol. 38, No. 2, pp. 106-124, 2018.
<https://doi.org/10.14366/usg.18037>
- [11] S. Y. Hahn, J. H. Shin, E. Y. Ko, J. M. Bae, J. S. Choi, K. W. Park, "Complementary role of elastography using carotid artery pulsation in the ultrasonography assessment of thyroid nodules: A prospective study", *Korean Journal of Radiology*, Vol. 19, No. 5, pp. 992-999, 2018.
<https://doi.org/10.3348/kjr.2018.19.5.992>
- [12] E. Y. Ko, "S-detect in breast ultrasound: Initial experience", Samsung Medical Center, Medison, Seoul, Korea, From URL;
<http://www.samsung.com/global/business>
- [13] J. Y. Park, Y. I. Cho, S. H. Yang, "Diagnostic Usefulness of Deep Learning Based S-detect Using Thyroid Ultrasonography", *The Journal of Next-generation Convergence Technology Association*, Vol. 8, No. 2, pp. 343-350, 2024.
<https://doi.org/10.33097/JNCTA.2024.08.2.343>
- [14] A. Jha, "Ultrasonographic elasticity contrast index of palpable breast lumps", *Journal of Nepal Medical Association*, Vol. 56, No. 212, pp. 787-790, 2018.
<https://doi.org/10.131729/jnma.3536>
- [15] W. K. Moon, J. M. Chang, N. Cho, "Elastography of the breast:Imaging techniques and pitfalls in interpretation", *ULTRASONOGRAPHY (USG)*, Vol. 30, No. 4, pp.245-249, 2011.
- [16] J. Ophir, B. Garra, F. Kallel, E. Konofagou, T. Krouskop, R. Righetti, T. Varghese, "Elastographic imaging", *Ultrasound in Medicine & Biology*, Vol. 26, No. 1, pp. 23-29, 2000.
[http://doi.org/10.1016/S0301-5629\(00\)00156-3](http://doi.org/10.1016/S0301-5629(00)00156-3)
- [17] Y. Hong, X. Liu, Z. Li, X. Zhang, M. Chen, Z. Luo, "Real-time ultrasound elastography in the

- differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules", *Journal of Ultrasound in Medicine*, Vol. 28, No. 7, pp. 861-867, 2009.
<https://doi.org/10.7863/jum.2009.28.7.861>
- [18] S. H. Yang, J. S. Lee, "Evaluation of breast ultrasound lesion recognition rate using machine learning application", *Nest-generation Convergence Technology Association*, Vol. 7, No. 8, pp. 1261-1267, 2023.
<https://doi.org/10.33097/JNCTA.2023.07.08.1261>
- [19] Z. Di, Z. Li, J. Tian, D. Wang, L. Liu, C. Liu, "The value of elasticity contrast index in the differential diagnosis of thyroid solid nodules", *Ultrasound Quarterly*, Vol. 35, No. 3, pp. 259-263, 2019. <https://doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000457>
- [20] P. Cong, X. M. Wang, Y. F. Zhang, "Comparison of artificial intelligence, elastic imaging, and the thyroid imaging reporting and data system in the differential diagnosis of suspicious nodules", *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, Vol. 14, No. 1, pp. 711-721, 2024.
<https://doi.org/10.21037/qims-23-788>
- [21] J. L. Reverter, F. Vazquez, M. Puig-Domingo, "Diagnostic performance evaluation of computer-assisted imaging analysis system for ultrasound risk stratification of thyroid nodules", *American Journal of Roentgenology*, Vol. 213, No. 1, pp. 169-174, 2019.
<https://doi.org/10.2214/AJR.18.20740>
- [22] P. Sun, Y. Feng, C. Chen, A. Dekker, L. Qian, Z. Wang, J. Guo, "An AI model of sonographer's evaluation + S-Detect + elastography + clinical information improves the preoperative identification of benign and malignant breast masses", *Frontiers in Oncology*, 2022.
<https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1022441>
- [23] S. H. Park, S. J. Kim, E. K. Kim, M. J. Kim, E. J. Son, J. Y. Kwak, "Interobserver agreement in assessing the sonographic and elastographic features of malignant thyroid nodules", *American Journal of Roentgenology*, Vol. 193, No. 5, pp. 416-423, 2009.
<https://doi.org/10.2214/AJR.09.2541>

갑상선 결절 진단에서 인공지능과 탄성초음파의 성능 분석

박지연^{1,2}, 양성희^{2,*}

¹장팔팔내과 영상의학과

²부산가톨릭대학교 방사선학과

요 약

본 연구는 갑상선 결절의 양성과 악성 가능성을 진단하는데 있어서 탄성초음파와 인공지능 프로그램의 진단 성능을 분석하고 유용성을 평가하는데 있다. 일개 병원 외래에서 2023년 1월부터 2024년 6월까지 갑상선 초음파검사를 실시하고 결절이 발견되어 탄성초음파, S-detect, 세침흡인세포검사를 시행한 환자 126명을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 그 결과 세침흡인세포검사 결과에 따른 차이 분석에서 나이, 결절의 크기, 에코발생정도, 결절의 방향, 변연, 모양, 석회화 유무, 후방음영, K-TIRADS 초음파 판독, S-detect의 진단 결과, 탄성대비지수에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. ROC curve 분석 결과 탄성대비지수의 cut off value 는 2.32로 산출되었으며 진단 일치도는 전문의 판독 0.66, S-detect 0.49, 탄성대비지수 0.67로 탄성초음파에서 높은 진단 성능을 나타냈다. 따라서 탄성초음파를 이용한 갑상선 결절의 진단은 불필요한 반복 검사와 조직검사의 빈도를 최소화하기 위한 보조 프로그램으로 활용 가능성이 있을 것으로 판단된다.

중심단어: 갑상선 결절, 인공지능 프로그램, 탄성초음파, 세침흡인세포검사, 진단 성능

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	박지연	장팔팔내과 영상의학과	방사선사
(교신저자)	양성희	부산가톨릭대학교 방사선학과	조교수