








Training of Radiofrequency Ablation for Thyroid Nodules in Korea: Current and Future Perspective

국내의 갑상선 고주파 절제술에 대한 교육: 현황 및 미래 전망

Hye Shin Ahn, MD¹ , So Lyung Jung, MD^{2*} , Jung Hwan Baek, MD³ ,
Jin Yong Sung, MD⁴ , Ji-hoon Kim, MD⁵ 

¹Department of Radiology, Chung-Ang University Hospital, Chung-Ang University College of Medicine, Seoul, Korea

²Department of Radiology, Yeouido St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

³Department of Radiology and Research Institute of Radiology, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea


⁴Department of Radiology and Thyroid Center, Daerim St. Mary's Hospital, Seoul, Korea


⁵Department of Radiology, Seoul National University Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

ORCID iDs

Hye Shin Ahn  <https://orcid.org/0000-0001-7260-7467>

So Lyung Jung  <https://orcid.org/0000-0002-3267-8399>

Jung Hwan Baek  <https://orcid.org/0000-0003-0480-4754>

Jin Yong Sung  <https://orcid.org/0000-0002-8163-4624>

Ji-hoon Kim  <https://orcid.org/0000-0002-6349-6950>

Received June 19, 2023

Revised September 1, 2023

Accepted September 16, 2023

*Corresponding author

So Lyung Jung, MD
Department of Radiology,
Yeouido St. Mary's Hospital,
College of Medicine,
The Catholic University of Korea,
10, 63-ro, Yeongdeungpo-gu,
Seoul 07345, Korea.

Tel 82-2-3779-1019

Fax 82-2-783-5288

E-mail sljung1@catholic.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

Radiofrequency ablation (RFA) is a minimally invasive treatment modality used as an alternative to surgery in patients with benign thyroid nodules and recurrent thyroid cancers. In Korea, RFA for thyroid nodules was first performed in 2002, and a large population study was published in 2008. The Task Force Committee of the Korean Society of Thyroid Radiology (KSThR) developed its first recommendations for RFA in 2009, which were revised in 2012 and 2018. The KSThR guideline was the first guideline for RFA of thyroid nodules worldwide and has become a guideline for physicians to perform thyroid RFA in Korea and other countries around the world. These guidelines have contributed significantly to the establishment and widespread use of RFA worldwide. In addition, since 2015, the KSThR has conducted intensive hands-on courses depending on the level of the participants. In this article, the authors introduce the history of education for RFA conducted by the KSThR and describe the learning curve of RFA and current training programs in Korea, along with future directions for training programs.

Index terms Thyroid; Ultrasound; Radiofrequency Ablation; Thyroid Nodules;
Thyroid Recurrent Cancers; Thyroid Intervention

서론

초음파 유도 고주파 절제술(radiofrequency ablation; 이하 RFA)은 미세 침습 치료술로 갑상선 결절 치료에 있어 그 효과와 안전성이 보고되었다(1-8). 최근 고주파 절제술은 양성 갑상선 결절 및 갑상선 재발암 환자에서 수술을 대체할 수 있는 방법으로 고려되고 있다(9, 10). 양성 갑상선 결절에서 고주파 절제술은 압박 증상이나 미용적 문제를 가진 환자에서 수술을 줄일 수 있는 개인 맞춤형 치료 방법으로 제안될 수 있으며(11, 12), 수술 위험이 높거나 수술을 거부하는 갑상선 재발암 환자를 위한 치료 또는 완화 목적을 위해 시행될 수 있다(11). 또한 원발성 갑상선암 환자에서도 환자가 수술을 거부하거나 수술을 받을 수 없는 경우 고주파 절제술이 치료에 잠재적인 역할을 할 수 있다(11).

갑상선 결절의 진단과 치료를 담당하는 국내 갑상선 영상의학과 의사로 구성된 대한갑상선영상의학회(Korean Society of Thyroid Radiology; 이하 KSThR)는 2009년 갑상선 고주파 절제술에 대한 예비 권고안을 제시한 바 있으며(13), 2012년 적응증과 시술 효과를 중심으로 한 2번째 권고안을 발표했다(14). 2018년에는 권고안을 개정하여 ‘2017 thyroid RFA guideline: KSThR’을 3번째 지침서로 발표하였으며, 이는 국내외에서 고주파 절제술을 시행하는 의사들의 기준으로 자리잡았다(11).

고주파 절제술은 안전하고 효과적인 치료 방법이나, 숙련된 의사에 의해서만 시행될 수 있다. 그러나 국내에서는 대한갑상선영상의학회의 2번째 권고안 발표 직후까지 대면 실습 과정 같은 관련 교육 프로그램이 없었다. 한국에서는 영상의학과 의사가 갑상선 고주파 절제술에 전문의로서 역할을 할 수 있지만, 적절한 교육 프로그램과 영상의학과 의사의 참여가 없다면 그 역할은 다른 전문분야의 비숙련 의사로 대체될 수 밖에 없다. 그러므로 대한갑상선영상의학회는 참가자의 수준에 따라 세분화된 심화 실습 과정을 고안하여 2015년부터 매년 진행해오고 있으며, 이런 대면 실습 과정을 지속하기 위한 노력을 기울이고 있다.

이 종설에서는 갑상선 결절에 대한 고주파 절제술의 학습 곡선을 알아보고, 국내의 갑상선 고주파 절제술 교육 프로그램을 소개하고자 한다. 또한 앞으로의 갑상선 고주파 교육 프로그램의 나아갈 바를 제시해보려 한다.

갑상선 고주파 절제술 교육의 현재

고주파 절제술의 학습 곡선(Learning Curve of RFA)

고주파 절제술은 안전하고 효과적인 시술로 알려져 있으나, 지침서들에서는 시술의 효과와 안전성을 위해 숙련된 시술자가 시술을 시행해야 한다고 기술하고 있다(11, 15). 고주파 절제술에는 학습 곡선(learning curve)이 존재하며, 시술을 시작하는 시술자는 이 점을 알고 있어야만 한다. 학습 곡선을 이루기 위해, 시술자는 감독 하에 적절한 시술 효과를 가지고 안전하게 시술을 진행할 수 있도록 해야 한다. 시술자는 경험 있는 시술자의 도움을 받아 안전하게 시술을 진행할 수 있도록 교육받아야 한다.

시술 효과 측면에서는 증상 완화(미용 점수 또는 압력 완화 점수) 및 결절의 부피 감소를 평가해 볼 수 있다. Dobnig과 Amrein (16)은 오스트리아의 대규모 단일 기관 연구에서 고주파 절제술의 안전성과 효과를 전향적으로 분석하였으며, 시술 성공을 판단하기 위해 부피감소율(volume reduction rate; 이하 VRR)을 분석하여 시술의 학습 곡선이 약 46-100개의 결절을 치료한 시점인, 비교적 이른 시간에 고원기(plateau)에 다다랐다고 보고한 바 있다. Deandrea 등(17)은 시술 경험이 많은 그룹(약 3000건의 고주파 시술 경험)과 적은 그룹(moving-shot 기법을 이용하여 50건의 고주파 시술 경험) 간에 고주파 절제술의 치료 결과를 비교한 바 있으며, 시술 경험이 많은 그룹에서 부피감소율이 좀 더 높았으나 의미 있는 차이는 없었다고 기술하고 있다(시술 후 6개월의 VRR: 77% vs. 66%, $p = 0.07$). 최근의 한 연구에서는 증상 완화(symptom reduction), 부피 감소(volume reduction), 절제율(ablation ratio)을 시술 건수에 따른 3개 그룹(그룹 1: 1-30건, 그룹 2: 31-60건, 그룹 3: 61-90건) 간에 비교하여 고주파 절제술의 학습 곡선을 보고하였다(18). 절제율(ablation ratio)은 Sim 등(19)에 의해 처음 소개된 변수로 절제술 후 추적 관찰에서 결절의 전체 부피에 대한 절제된 부피의 비율로 정의되며, 따라서 결절의 재생장에 대한 예측 인자로 사용될 수 있다. 앞서 소개된 최근 연구 결과에 따르면, 증상 및 미용 점수에는 그룹간에 유의한 차이가 없었지만 초음파로 측정된 모든 변수는 그룹 1과 2 사이에 유의하게 개선되었고 그룹 2와 3은 차이가 없었다(18). 또한 재생장 예측 인자로 사용되는 절제율(ablation ratio)은 그룹 2와 3 사이에서 단독으로 개선되어 30 mL 미만의 작은 결절에서 그룹 2는 57.1% 였으나 그룹 3에서는 94.4%의 높은 중앙값을 보였다. 저자들은 60개 결절 시술 후 적절한 기술적 효과($VRR > 50\%$)에 도달할 수 있으며, 90 건까지 시술 건수가 늘어날 경우 절제율(ablation ratio)이 증가하여 재생장을 및 2번째 고주파 절제술의 필요성을 낮출 수 있다고 제시하였다. 또한 저자들은 시술의 초심자들은 완전히 절제되어 더 높은 절제율에 이를 수 있는 작은 결절부터 시술을 시도하는 것을 추천하고 있다. Kuo 등(20)에 의한 연구에서, 저자들은 누적 합계(cumulative sum)를 이용하여 양성 갑상선 결절에 대한 고주파 절제술의 학습 곡선을 보고하였다. 해당 연구는 고주파 절제술을 시행한 102명의 환자를 대상으로 하였고 치료된 결절의 VRR은 치료를 받은 순서대로 점진적으로 증가하였으며, 이를 바탕으로 저자들은 고주파 절제술에 대한 학습 곡선을 다음과 같이 3단계로 구성하여 제시하였다; 초기 학습 단계(20건 이하), 기술 통합 단계(21-65건), 숙련 단계(65건 초과). Bom 등(21)에 의한 가장 최근 연구는 103명의 단일 시술을 받은 환자에서 학습 곡선을 분석하였으며 앞선 연구들과 비슷하게 시술자가 40건의 시술 후 75%의 환자에서 6개월 후 VRR이 50% 이상에 도달하는 결과를 보였다고 보고하였다.

안전성 측면에서 시술자는 고주파 절제술의 합병증을 고려해야만 한다. Baek 등(22)에 의한 연구에서는 고주파 절제술은 합병증 발생율을 감소시키기 위해 숙련된 시술자에 의해 시행되어야 한다고 권고하고 있다. 저자들은 100건 이상 시술 경험이 있는 숙련된 시술자와 시술 건수가 50건 미만으로 경험이 적은 시술자를 비교하여 숙련된 시술자가 낮은 중증 합병증 발생률을 보인다는 결과를 보고하였다(0.7% vs. 2.9%, $p = 0.007$). 특히 갑상선 재발암에 대한 고주파 절제술은 양성 갑상선 결절의 시술에 비해 합병증 발생률이 유의하게 높다는 메타분석 연구가 있다(23). 그러므로, 시술자는 발생할 수 있는 합병증에 대해 알고, 합병증을 예방할 수 있는 방법들을 숙지하고 있어야만 하겠다.

앞선 내용들을 종합해 보면, 시술자가 안전하고 효과적으로 고주파 절제술을 하기 위해서는 적어도 40-60건의 시술을 시행하는 것이 추천되며, 90건 까지 시술한다면 갑상선 결절의 절제율(ablation ratio)을 높이고 및 부피 감소된 기간을 유지하여 재성장을 예방할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 학습 중인 시술자는 전체 결절을 완전히 절제하여 절제율(ablation ratio)을 높이기 위해 30 mL 이하의 작은 결절을 먼저 시술해 보는 것을 고려할 수 있겠다. 최근에 발표된 대한갑상선학회의 지침에서는, 크기가 증가하는 4 cm보다 큰 결절은, 기관지와 같은 주요 기관에 대한 압박 증상이 심하거나 악성 여부에 대한 임상적 우려가 있는 경우 고주파 절제술 보다 수술적 치료를 먼저 고려하여야 한다고 기술하고 있다(12). 그러므로 학습 곡선 중에 있는 시술을 처음 시작하거나 경험이 적은 시술자는 성공적인 시술을 위해 어떤 결절이 시술에 적합한 지를 숙지해야 하겠다.

국내의 갑상선 고주파 절제술 교육 프로그램(Current RFA Training Programs in Korea)

대부분의 교육 프로그램은 '시술 참관'과 '후속 핸드온'으로 구성된다. 훈련생들은 숙련된 시술자의 시술을 참관하고 시술이 어떤 방식으로 시행되는 지 배우게 된다. 그러나, 고주파 절제술 교육을 위해서는 이론 강의와 실습이 모두 포함되어야 한다. 이론 강의는 고주파 절제술의 기본적인 원칙과 시술 적응증, 치료 전 준비, 치료 후 관리, 기본적인 시술 기법, 그리고 시술의 합병증과 함께 초음파의 경부 해부학으로 구성될 수 있다. 특히 안전한 시술을 위해 훈련생들은 경부 초음파의 해부학을 숙지해야 하며, 이는 신경(반회후두신경, 미주신경, 경부교감신경절 등), 기관, 식도, 경동맥, 내경정맥 등의 열손상을 포함한 다양한 합병증을 예방하기 위해 필요하다. 숙련된 시술자의 기술을 관찰하고 이론 지식을 확인하기 위한 핸드온을 통해 실습이 진행된다. 고주파 절제술의 학습 곡선을 고려하였을 때, 핸드온 실습은 비숙련 시술자에게 추천된다.

국내의 고주파 절제술 교육의 대표적인 프로그램은 내국인 참가자를 대상으로 하는 대한갑상선영상의학회 주관의 '갑상선 영상의학 전문의를 위한 심화 핸드온 코스'로 대한갑상선영상의학회는 이 프로그램을 2015년에 시작하여 2023년까지 7회에 걸쳐 실시하고 있다. 이 프로그램은 하루 동안 진행되며 영상학과 전공의와 전임의 및 고주파 절제술에 대한 심화 지식과 경험을 습득하고자 하는 영상학과 의사들을 대상으로 하고 있다. 우선 고주파 절제술의 기본 원리, 적응증, 치료 전 준비, 치료 후 관리, 기본적인 시술 원리, 합병증 등의 고주파 절제술의 기본 지식 및 경부 해부학에 대해 숙련된 영상학과 전문의가 참가자에게 강의를 하며, 특히 인터랙티브 초음파 해부학 강의는 화상회의 프로그램을 이용하여 정상 구조물의 실시간 시연을 생방송으로 진행하기 때문에 참가자들에게 많은 도움이 될 수 있다. 다음으로 숙련된 영상의학 전문의의 도움을 받아 참가자는 돼지고기 근육 부분과 올리브 타겟으로 구성된 팬텀에 고주파 절제술을 시도하게 된다. 이 핸드온 실습은 2시간 가량 진행되며 참가자들은 안전하게 고주파바늘을 다루는 방법을 배울 수 있게 된다. 이 심화 핸드온 프로그램은 최근에 있었던 COVID-19 유행으로 2020-2021년, 2년간 진행되지 못했으나 대한갑상선영상의학회는 2022년부터 프로그램을 재개해 매년 운영할 계획이다.

이외에도, 국내외 참가자들을 대상으로 '갑상선을 위한 아산 국제 영상의학 전문가 코스

(AirMC)' 등의 교육 프로그램도 진행되고 있다. AirMC 프로그램은 서울아산병원에서 연중 운영되며 참가자들은 시술 관찰, 절제 시술의 라이브 시연, 과정 중 전문가와의 토론 등의 과정을 통해 교육받게 된다.

갑상선 고주파 절제술 교육의 미래

현재 학회들에서 진행되는 고주파 절제술 교육프로그램은 심화 핸드온 코스를 포함하더라도 주로 시술을 시작하거나 경험이 적은 시술자들을 대상으로 구성되고 있다. 그러나, 갑상선 고주파 절제술의 안전성과 효과를 향상시킬 수 있는 새로운 기술들이 소개되고 있는 상황을 고려하여(24), 숙련된 시술자들에게도 각자의 경험 수준에 맞게 구성된 새로운 교육 프로그램이 시급히 도입되어야 한다.

지난 3년여의 COVID-19 대유행으로 많은 대면 교육의 기회가 줄어들었다. 이 기간 동안 대부분의 학회나 교육 프로그램은 비대면 화상회의 프로그램으로 대체되었고, 이는 핸드온과 같은 실습 교육 프로그램을 대신하기에는 역부족이었다. 영상의학과 전문의의 중재시술 훈련을 돕기 위해, 가상현실(virtual reality; 이하 VR)이나 증강현실(augmented reality; 이하 AR)같은 3D 가상 프로그램이 대안으로 도움이 될 수 있다. Uppot 등(25)에 의한 최근 연구에서는 VR과 AR 기술은 소통을 위한 새로운 기술로 영상의학과 훈련을 보완할 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 제시하고 있다. 1996년부터 중재 영상의학을 위한 시뮬레이터 훈련이 도입되었고, 대화형 VR 시뮬레이터의 제작이 제안되었음을 보고한 연구도 있다(26). 의료 영상에서 VR과 AR은 경험이 적은 영상의학과 전문의를 위한 교육을 보완하는 데에 중요하게 활용될 수 있으며, VR과 AR은 향후 고주파 절제술을 포함한 중재 시술을 수행하려는 비숙련 영상의학과 전문의에게 유용한 교육 수단이 될 수 있다. 이제 코로나가 종식되었고 그 동안 소개되었던 새로운 고주파 절제술의 기술들과 기구들 그리고 새로운 지침서들을 소개하고 토론해야 하겠으며, 여러 나라들이 의견을 맞추어 국제적인 지침을 만들어 나갈 때이다.

결론

이 종설에서는 고주파 절제술의 학습 곡선을 설명하고 국내에서 수행되는 국내외 고주파 절제술 교육 프로그램을 소개하였다. 가까운 시일 내에 시술 경험이 많은 영상의학과 의사를 위한 다양한 수준의 교육 프로그램의 도입될 예정이며, VR 및 AR과 같은 3D 가상 프로그램은 경험이 적은 영상의학과 전문의 교육에 도움이 될 수 있다. 이러한 제안에 따라 고주파 절제술 훈련 프로그램이 시행된다면, 갑상선 중재 시술을 하고자 하는 갑상선 영상의학과 전문의에게 큰 도움이 될 것으로 생각한다.

Supplementary Materials

English translation of this article is available with the Online-only Data Supplement at <https://doi.org/10.3348/jksr.2023.0077>.

Author Contributions

Conceptualization, J.S.L.; supervision, J.S.L., B.J.H., S.J.Y., K.J.; writing—original draft, A.H.S.; and writing—review & editing, A.H.S., B.J.H.

Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

Funding

None

REFERENCES

1. Deandrea M, Limone P, Basso E, Mormile A, Ragazzoni F, Gamarra E, et al. US-guided percutaneous radiofrequency thermal ablation for the treatment of solid benign hyperfunctioning or compressive thyroid nodules. *Ultrasound Med Biol* 2008;34:784-791
2. Jeong WK, Baek JH, Rhim H, Kim YS, Kwak MS, Jeong HJ, et al. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: safety and imaging follow-up in 236 patients. *Eur Radiol* 2008;18:1244-1250
3. Kim YS, Rhim H, Tae K, Park DW, Kim ST. Radiofrequency ablation of benign cold thyroid nodules: initial clinical experience. *Thyroid* 2006;16:361-367
4. Spiezia S, Garberoglio R, Milone F, Ramundo V, Caiazzo C, Assanti AP, et al. Thyroid nodules and related symptoms are stably controlled two years after radiofrequency thermal ablation. *Thyroid* 2009;19:219-225
5. Baek JH, Jeong HJ, Kim YS, Kwak MS, Lee D. Radiofrequency ablation for an autonomously functioning thyroid nodule. *Thyroid* 2008;18:675-676
6. Baek JH, Kim YS, Lee D, Huh JY, Lee JH. Benign predominantly solid thyroid nodules: prospective study of efficacy of sonographically guided radiofrequency ablation versus control condition. *AJR Am J Roentgenol* 2010;194:1137-1142
7. Sung JY, Kim YS, Choi H, Lee JH, Baek JH. Optimum first-line treatment technique for benign cystic thyroid nodules: ethanol ablation or radiofrequency ablation? *AJR Am J Roentgenol* 2011;196:W210-W214
8. Jung SL, Baek JH, Lee JH, Shong YK, Sung JY, Kim KS, et al. Efficacy and safety of radiofrequency ablation for benign thyroid nodules: a prospective multicenter study. *Korean J Radiol* 2018;19:167-174
9. Mauri G, Hegedüs L, Bandula S, Cazzato RL, Czarniecka A, Dudeck O, et al. European Thyroid Association and Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe 2021 clinical practice guideline for the use of minimally invasive treatments in malignant thyroid lesions. *Eur Thyroid J* 2021;10:185-197
10. Orloff LA, Noel JE, Stack BC Jr, Russell MD, Angelos P, Baek JH, et al. Radiofrequency ablation and related ultrasound-guided ablation technologies for treatment of benign and malignant thyroid disease: an international multidisciplinary consensus statement of the American Head and Neck Society Endocrine Surgery Section with the Asia Pacific Society of Thyroid Surgery, Associazione Medici Endocrinologi, British Association of Endocrine and Thyroid Surgeons, European Thyroid Association, Italian Society of Endocrine Surgery Units, Korean Society of Thyroid Radiology, Latin American Thyroid Society, and Thyroid Nodules Therapies Association. *Head Neck* 2022;44:633-660
11. Kim JH, Baek JH, Lim HK, Ahn HS, Baek SM, Choi YJ, et al. 2017 thyroid radiofrequency ablation guideline: Korean Society of Thyroid Radiology. *Korean J Radiol* 2018;19:632-655
12. Park YJ, Lee EK, Song YS, Kang SH, Koo BS, Kim SW, et al. 2023 Korean Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules. *Int J Thyroidol* 2023;16:1-31
13. Baek JH, Na DG, Lee JH, Jung SL, Sung JY, Sim JS. *Korean Society of Thyroid Radiology recommendations for radiofrequency ablation of thyroid nodules*. Seoul: Korean Society of Thyroid Radiology 2009
14. Na DG, Lee JH, Jung SL, Kim JH, Sung JY, Shin JH, et al. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules and recurrent thyroid cancers: consensus statement and recommendations. *Korean J Radiol* 2012;13:117-125
15. Papini E, Monpeyssen H, Frasoldati A, Hegedüs L. 2020 European Thyroid Association clinical practice guideline for the use of image-guided ablation in benign thyroid nodules. *Eur Thyroid J* 2020;9:172-185
16. Dobnig H, Amrein K. Monopolar radiofrequency ablation of thyroid nodules: a prospective Austrian single-

center study. *Thyroid* 2018;28:472-480

17. Deandrea M, Sung JY, Limone P, Mormile A, Garino F, Ragazzoni F, et al. Efficacy and safety of radiofrequency ablation versus observation for nonfunctioning benign thyroid nodules: a randomized controlled international collaborative trial. *Thyroid* 2015;25:890-896
18. Russ G, Ben Hamou A, Poirée S, Ghander C, Ménégau F, Leenhardt L, et al. Learning curve for radiofrequency ablation of benign thyroid nodules. *Int J Hyperthermia* 2021;38:55-64
19. Sim JS, Baek JH, Cho W. Initial ablation ratio: quantitative value predicting the therapeutic success of thyroid radiofrequency ablation. *Thyroid* 2018;28:1443-1449
20. Kuo CY, Liu CL, Tsai CH, Cheng SP. Learning curve analysis of radiofrequency ablation for benign thyroid nodules. *Int J Hyperthermia* 2021;38:1536-1540
21. Bom WJ, Joosten FBM, van Borren MMGJ, Bom EP, van Eekeren RRJP, de Boer H. Radiofrequency ablation for symptomatic, non-functioning, thyroid nodules: a single-center learning curve. *Endocr Connect* 2022;11: e210304
22. Baek JH, Lee JH, Sung JY, Bae JI, Kim KT, Sim J, et al. Complications encountered in the treatment of benign thyroid nodules with US-guided radiofrequency ablation: a multicenter study. *Radiology* 2012;262:335-342
23. Chung SR, Suh CH, Baek JH, Park HS, Choi YJ, Lee JH. Safety of radiofrequency ablation of benign thyroid nodules and recurrent thyroid cancers: a systematic review and meta-analysis. *Int J Hyperthermia* 2017; 33:920-930
24. Park HS, Baek JH, Park AW, Chung SR, Choi YJ, Lee JH. Thyroid radiofrequency ablation: updates on innovative devices and techniques. *Korean J Radiol* 2017;18:615-623
25. Uppot RN, Laguna B, McCarthy CJ, De Novi G, Phelps A, Siegel E, et al. Implementing virtual and augmented reality tools for radiology education and training, communication, and clinical care. *Radiology* 2019;291: 570-580
26. Dawson SL, Kaufman JA, Meglin D. An interactive virtual reality/simulator trainer for interventional radiology. *J Vasc Interv Radio* 1996;7:374

국내의 갑상선 고주파 절제술에 대한 교육: 현황 및 미래 전망

안혜신¹ · 정소령^{2*} · 백정환³ · 성진용⁴ · 김지훈⁵

고주파 절제술(radiofrequency ablation)은 미세 침습 치료술의 한 방법으로 양성 갑상선 결절과 갑상선 재발암 환자에서 수술적 치료를 대신하여 이용되고 있다. 국내에서는 2002년 세계 최초로 갑상선 결절에 대한 고주파 절제술을 시작하여, 2008년에는 대규모 연구 결과를 발표하였다. 2009년 대한갑상선영상의학회(Korean Society of Thyroid Radiology)는 고주파 절제술에 대한 첫 권고안을 만들었으며, 2012년과 2018년에 이를 개정하였다. 대한갑상선영상의학회의 지침서는 갑상선 결절의 고주파 절제술에 대한 세계 최초의 지침서로 국내 및 국외에서 갑상선 고주파 절제술을 시행하는 시술자들을 위한 지침이 되었다. 이 지침서들은 한국 및 전 세계 여러 나라에서 고주파 절제술의 확립 및 확산에 크게 기여하였다. 또한 대한갑상선영상의학회는 2015년부터 참가자 수준에 맞춘 고주파 절제술의 심화 실습 과정을 진행하고 있다. 본 종설에서는 대한갑상선영상의학회에서 실시한 고주파 절제술 교육의 역사를 소개하고, 고주파 절제술의 학습 곡선 및 현재 한국에서의 교육 프로그램을 기술한 후 앞으로 나아갈 방향을 제시해보고자 한다.

¹중앙대학교 의과대학 중앙대학교병원 영상의학과,
²가톨릭대학교 의과대학 여의도성모병원 영상의학과,
³울산대학교 의과대학 서울아산병원 영상의학과,
⁴대림성모병원 영상의학과, 갑상선센터,
⁵서울대학교 의과대학 서울대학교병원 영상의학과