

## 부갑상선 선종의 위치 결정과 최소침습 부갑상선 절제술

서울대학교 의과대학 서울대학교병원 외과

서용준 · 김수진 · 이규언 · 윤여규

### Localization of Parathyroid Adenoma and Minimally Invasive Parathyroidectomy: A Review

Yong Joon Suh, Su-jin Kim,  
 Kyu Eun Lee, Yeo-Kyu Youn

Department of Surgery, Seoul National  
 University Hospital and College of  
 Medicine, Seoul, Korea

More than 80% of cases of patients with sporadic primary hyperparathyroidism are caused by a single parathyroid adenoma. Therefore, traditional bilateral neck exploration has been replaced by minimally invasive parathyroidectomy (MIP) in recent years. Benefits of MIP include decreased pain and complications, a shorter length of hospital stay, and improved cosmesis. Preoperative imaging studies for localization and intraoperative PTH assay (IoPTH) play an essential role for in MIP. The standard imaging studies are cervical ultrasound and 99mTc sestamibi scanning (with SPECT/CT), while 4D CT is attracting significant interest. The half-life of PTH is less than 5 minutes and PTH rapidly drops after the resection of target lesions. These characteristics of PTH enable IoPTH. If target lesions are localized by recent imaging studies and IoPTH is adopted, MIP can be performed successfully in patients with primary hyperparathyroidism.

**Key Words:** Primary hyperparathyroidism, Parathyroid adenoma, Minimally invasive surgical procedures

**중심 단어:** 일차성 부갑상선 기능 항진증, 부갑상선 선종, 최소침습 수술

Received July 16, 2014,  
 Revised August 25, 2014,  
 Accepted September 2, 2014  
 Correspondence: **Kyu Eun Lee**  
 Department of Surgery, Seoul National  
 University College of Medicine, 101  
 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea  
 Tel: +82-2-2072-2081  
 Fax: +82-2-766-3975  
 E-mail: kyu.eun.lee.md@gmail.com

## 서론

일차성 부갑상선 기능 항진증의 80~85%는 하나의 부갑상선 선종에 기인한다. 그 외 미만성 부갑상선 증식증이 10~15%이며 선암의 경우 1% 미만이다.(1) 치료를 위해서는 수술적 절제가 필수적이다. Marcocci와 Cetani (2)는 미국 내 여성에서 연간 10만명 당 66명, 남성에서는 10만명 당 25명에서 발생하여 여성에서 3배 정도 높게 나타나는 것으로 보고하였다. 여성과 남성 모두 50세 이상에서 호발하며 해마다 그 발생률이 증가하고 있다.(3)

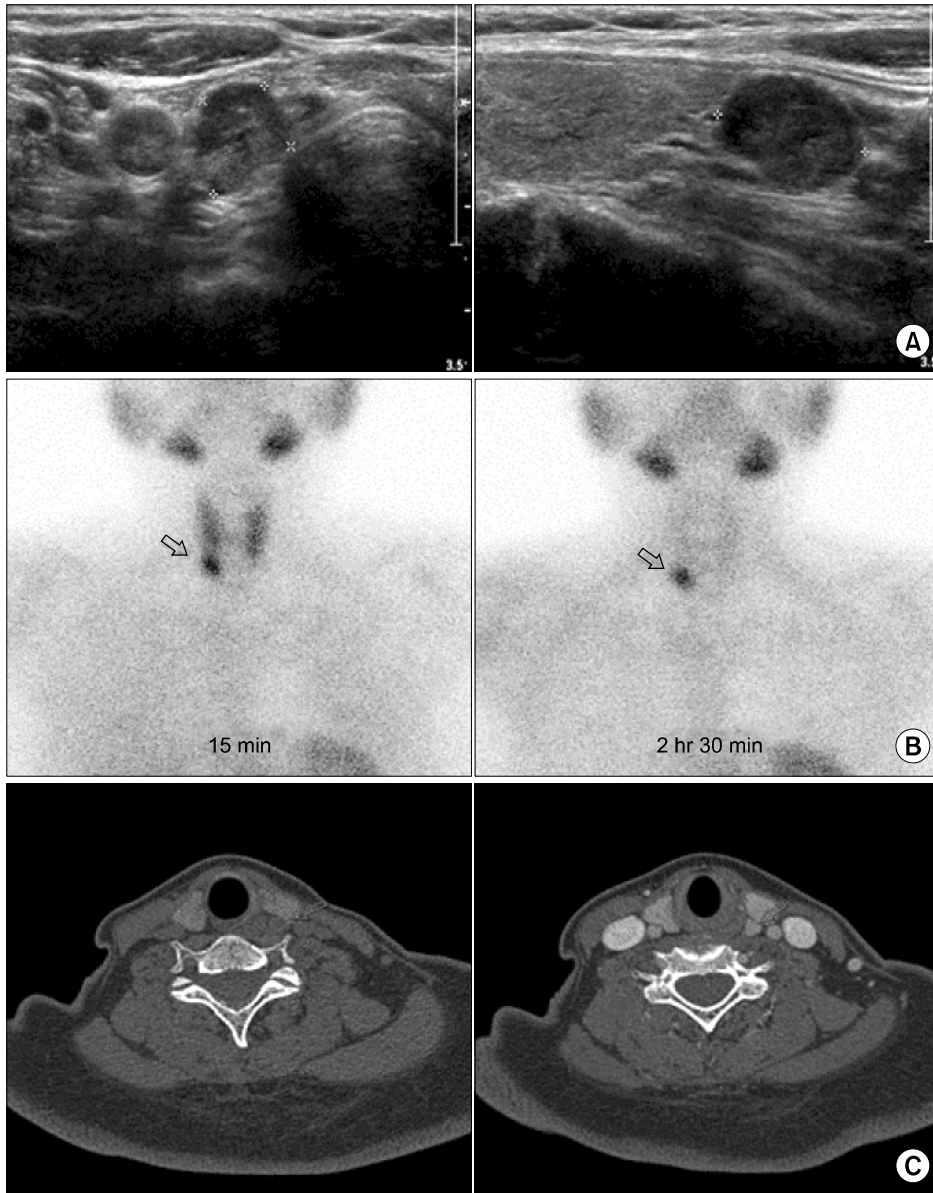
일차성 부갑상선 기능 항진증은 증상이 있는 경우 치료가 요망되지만, 무증상의 경우에도 골밀도가 유지되지 못하고 장기간 추적 관찰하였을 때 3분의 1의 환자들에서 질환이 진행되는 것으로 알려져 있다.(4) 따라서 무증상의 경우도 검사 소견상 이상

이 발견될 경우 수술적 치료의 대상이 된다. 이러한 권고 기준은 1990년, 2002년, 2008년 발표된 바 있으며 현재는 2008년의 3차 국제 워크샵에서 발표한 권고 기준을 따라 혈중 칼슘이 정상 상한선보다 1.0 mg/dL 초과인 경우, 크레아티닌 청소율이 60 mL/min 미만인 경우, 골밀도 검사에서 한 부위라도 T-score가 -2.5 미만이거나 이전 취성 골절(fragility fracture)일 경우, 또는 50세 미만인 경우 수술적 치료를 권고한다(Table 1).(5,6)

증상으로는 복통, 요석, 근 위약감, 골밀도의 감소, 골절, 정신 장애 등이 나타날 수 있다. 심각할 경우에는 심혈관계통의 사망으로 이어질 수 있으나 많은 연구들에서 이러한 위험이 수술적 치료로 호전될 수 있음을 보여 주었다. Deaconson 등(7)은 그들의 연구에서 부갑상선 절제술 시행 후 요석 발생이, Vestergaard와 Mosekilde (8)는 골절 위험이 각각 감소함을 보여 주었다. 또한 Eigelberger 등(9)을 비롯하여 다수의 연구에서 수술 후 일차

**Table 1.** Guidelines for asymptomatic primary hyperparathyroidism

	Criteria for surgery	Surveillance without surgery
Bone mineral density	Surveillance is not feasible.	Every 1~2 years (3 sites)
Serum calcium	T score < -2.5 at any site or previous fragility fracture	Annually
Creatinine clearance	>1.0 mg/dL above upper limit of normal range	Annually
Age	Reduced to <60 mL/min	Not applicable
	<50 years	

**Fig. 1.** Localization studies such as transverse and longitudinal views of ultrasonography (A), 15- and 150-min planar scans of  $^{99m}\text{Tc}$  sestamibi scanning (B), precontrast and 60-second postcontrast sequences of 4D CT (C). Arrows indicate a hyperfunctioning parathyroid gland.

성 부갑상선 기능 항진증 환자들이 경험하는 심리적, 정신적 증상도 호전됨을 보여 주었다.(10,11) Nilsson 등(12)이나 Piovesan 등(13)의 연구를 따르면, 심혈관계통의 사망 위험 역시 줄일 수 있을 것으로 보인다.

## 본 론

### 1) 위치 결정(localization)을 위한 영상학적 검사

최소침습 부갑상선 절제술(minimally invasive parathyroidectomy) 시행을 위해서는 영상학적으로 부갑상선 선종으로 의심되는 병변의 위치를 확인하는 것이 중요하다(Fig. 1). 부갑

상선 선종이 다양한 위치에서 관찰될 수 있어 위치 결정을 위한 검사가 필요하며 이러한 검사로는 경부 초음파, 99mTc sestamibi scanning (with SPECT/CT), CT, 4D CT, MR, 도관 기반(catheter-based) 위치 결정 등이 있다.(14-17) 경부 초음파의 경우는 해석이 초음파 검사자에 의존하며 공기나 뼈가 포함된 해부학적 구조물을 투과할 수 없어 이소성 부갑상선 등을 찾아내기에는 제한점이 있다. 하지만 방사선 피폭이 없고 외과의를 비롯하여 보편적으로 사용 가능한 검사법이다. 주로 12~15 MHz의 변환기(transducer)가 있는 고화질 초음파가 이용된다. 정상 부갑상선은 일반적으로 보이지 않지만, 크기가 큰 경우 저에코성이고 도플러에서 동질의 혈관 테두리와 극 부분의 급양동맥(polar feeding artery)이 보인다. 부갑상선과 함께 갑상선에 대한 검사 역시 가능하여 동반된 갑상선 질환을 발견하기도 한다. 다만, 림프절과의 구별이 어렵고 갑상선에 결절이 많은 경우 부갑상선 선종과 구분하기 힘든 초음파 음영을 만든다는 단점이 있다. 경부 초음파의 민감도는 70~80%, 양성예측도는 93%로 보고된 바 있다.(18,19)

99mTc sestamibi scanning (with SPECT/CT)과 같은 이중 동위원소 이중 시기(dual isotope dual phase) 영상 또한 많이 사용하는 검사법이다.(20) 부갑상선 선종은 미토콘드리아가 풍부한 호산성 세포가 우세한데 sestamibi의 친유성 양이온이 미토콘드리아에 축적되는 특징을 이용한다.(21) 단점으로는 이중 시기 영상이 필요하여 10~15분에 99mTc sestamibi 영상을 얻고 1.5~3시간이 지난 뒤 지연 영상을 다시 한 번 얻어야 한다는 번거로움이 있다. 99mTc sestamibi scanning (with SPECT/CT)는 민감도가 60~80%, 양성예측도가 90%, 방사선 피폭량은 6.7~7.8 mSv로 알려져 있다.(14,18,19,22)

CT나 MR은 이소성 부갑상선을 찾는데 편리한 검사법이지만 민감도가 떨어진다. 2006년 Rodgers 등(23)에 의해 처음 소개된 4D CT는 다검출 CT 기법 (multidetector CT technique)으로 조영제의 주입 전, 주입 후 30 (25)초, 60 (55)초, 90 (120)초의 4 차례 역동적 영상을 얻으며 이를 최고 1 mm 간격의 정밀한 해부학적 영상으로 구현한다. 초음파와 달리 99mTc sestamibi scanning (with SPECT/CT)와, CT 또는 4D CT는 모두 방사선 피폭이 존재하며 특히 4D CT의 경우 갑상선에 그 피폭이 집중되어 젊은 환자에서는 신증을 기해야 한다.(22) 4D CT는 민감도가 90%, 양성예측도가 93%, 방사선 피폭량은 10 mSv라 하였다.(14,18,19,22-24)

도관 기반 위치 결정은 재발하거나 남아 있는 부갑상선 선종을 찾기 위한 검사법이다. 직전 검사나 치료에 영향을 받지 않고 진행이 가능하며 이소성 부갑상선의 광범위한 평가(wide assessment)가 가능하다. 선택적 정맥 채혈, 부갑상선 동맥촬영

술, 초음파나 CT 유도하 세침흡인세포검사 등이 여기에 해당하며 채혈 후에는 급성 부갑상선호르몬 분석(rapid PTH assay)을 시행하게 된다. 선택적 정맥 채혈은 상대정맥, 완두정맥, 내경정맥, 척추정맥, 흉선정맥, 갑상선정맥에서 부갑상선호르몬 분석을 위한 채혈을 시행하며 부갑상선 동맥촬영술은 갑상선동맥에 조영제를 주입하면서 과다혈관 브러시(hypervascular brush)를 확인하여 부갑상선호르몬 분석을 시행하는 기법이다. 이 두 가지 검사는 도관 부상(catheter injury)으로 인한 혈종의 발생, 조영제로 인한 신증, 과민증, 뇌졸중의 발생 위험이 있다. 초음파나 CT 유도하 세침흡인세포검사는 부갑상선호르몬 세척(PTH wash-out) 값과 세포를 동시에 확인할 수 있는 장점이 있지만 영상 유도가 필요하고 7%의 환자에서는 수술 자체를 어렵게 만들 수 있다.(25,26)

최근에는 조영증강 초음파 검사, 3차원 입체 가상 경부 탐색(3D virtual neck exploration), 3차원 입체 대사 영상 통합 평가(3D metabolic and radiologic gathered evaluation) 등과 같은 방법도 소개되고 있어 앞으로 위치 결정이 더 수월해질 것으로 보인다.(27,28)

## 2) 수술 방법

전통적인 방식의 양측 경부 탐색술(bilateral neck exploration)은 갑상선 절제술과 유사한 방식으로 진행된다(Fig. 2A). 전신 마취 하에서 광경근 근육층의 깊이까지 절개가 이루어지면 피판을 들어야 한다. 띠 근육의 정중 절개 후에는 갑상선을 따라 띠 근육을 박리하여 갑상선 주변의 모든 부갑상선을 수술 시야에서 확인하여 절제할 부갑상선을 결정한다.(29) 박리가 광범위하여 출혈 위험이 예상되거나 배액이 필요할 경우에는 배액관을 거치해 두기도 한다. 이에 반해 최소침습 부갑상선 절제술은 수술 전 절제가 필요한 부갑상선의 위치를 영상학적으로 결정한 뒤 전신마취 또는 국소마취 하에서 1~2 cm 정도의 최소 절개선 만으로 수술을 시작한다(Fig. 2B). 절개 뒤에는 정중선을 가른 뒤 병변에 접근하거나 흉쇄유돌기 근육의 내측 경계로 접근할 수도 있다. 수술자에 따라서는 병변의 절개선 직하부 방향으로 박리하면서 접근하기도 한다.(30-34) 최소침습 부갑상선 절제술 시에는 수술 중 측정하는 부갑상선호르몬의 수치 변화를 확인하여야 한다. 이러한 수치의 변화가 일정한 기준을 만족하는 경우 수술을 종료하게 된다. 배액관은 대개 삽입하지 않는다. 수술시에는 부갑상선에 혈류를 공급하는 혈관을 절찰하고 연부 조직을 박리하면서도 되돌이후두신경이 다치지 않도록 하는 것이 중요하다. 생리식염수나 증류수로 수술 부위를 씻어내는 과정은 부갑상선 파종(parathyromatosis)의 가능성으로 인해 금기시된다.(35)

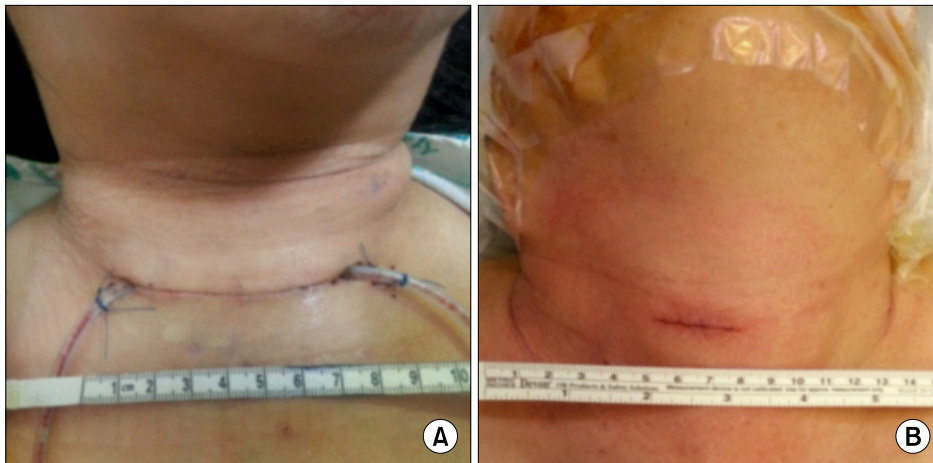


Fig. 2. The incisions of bilateral neck exploration (A) and minimally invasive parathyroidectomy (B).

### 3) 수술 중 부갑상선호르몬 검사(intraoperative PTH assay)

최소침습 부갑상선 절제술에서 수술 중 부갑상선호르몬의 측정은 필수적인 검사이다. 수술적으로 제거한 부갑상선이 제거해야 할 병변이 아닐 수도 있으며 혹은 추가적으로 항진되어 있는 병변이 있을 수도 있기 때문이다. 따라서 부갑상선호르몬의 검사 수치를 수술 중 확인하게 되며 이를 바탕으로 수술의 종료 여부를 판단하게 된다. 하지만 부갑상선호르몬의 반감기는 5분 이내로 알려져 있어 수술 중 부갑상선호르몬 측정을 위해서는 부갑상선호르몬 변화를 신속히 확인할 수 있는 기기가 필요하다.(36) 수술장과 가까운 곳에서 검사가 가능한 현장 현시 검사(point-of-care testing) 기기나 검사 결과 자체를 신속히 보고할 수 있는 Roche cobas e411 analyzer (Roche Diagnostics, Indianapolis, USA)와 같은 기기가 그 예이다. 최근에는 9분 내에 검사 결과를 보고하는 기기도 개발되고 있어 앞으로 수술 중 부갑상선호르몬 검사는 더욱 용이해질 전망이다. 부갑상선호르몬이 반감기가 5분 이내라는 특징과, 간과 콩팥을 통해 빠르게 대사되어 빠져나가는 특징은 수술 중 부갑상선호르몬 감시(intraoperative PTH monitoring)를 할 수 있는 근거가 된다.

2007년 national academy of clinical biochemistry guideline에서는 근거 수준 A/B로 수술 중 부갑상선호르몬 측정을 권고하고 있다.(37) 성공적인 부갑상선 절제술이 이루어졌는지 판단하기 위해 수술 중 부갑상선호르몬 측정을 시행할 경우 정확한 부갑상선호르몬 검사를 위해 혈액 채취 시기와 수술 종료의 판단 기준이 필요하다.(38) 최소침습 부갑상선 절제술 시행하며 수술 종료 시점을 판단하기 위해 사용할 수 있는 기준으로 6개 이상의 criteria가 제시되어 있다. 하지만 대표적으로 Halle, Rome, Vienna, Miami criteria가 사용된다.(39) 특히 Miami criteria는 그 해석이 편리하고 전반적인 정확도가 가장 높아 보편적으로 사용되는 기준이라 할 수 있다. 이 criteria를 해석하기 위해서는

기준점이 되는 절개 전 부갑상선호르몬(baseline PTH)을 먼저 측정하여야 한다. 그리고 부갑상선 절제 직전 부갑상선호르몬을 측정한다. 특히 이 절제 직전의 부갑상선호르몬 수준은 부갑상선을 수술자가 조작함으로써 발생할 수 있는 부갑상선호르몬의 극파(spike)를 측정하는데 용이하다. 그리고 절제 시점으로부터 5분 뒤, 10분 뒤 부갑상선호르몬 수준을 측정한다. 이를 통해 절개 전이나 절제 직전 측정한 부갑상선호르몬 수준에서 10분 뒤 부갑상선호르몬 측정값이 50% 이상 떨어졌을 경우 Miami criteria를 만족하는 것으로 볼 수 있다. 반면, Halle criteria에서는 절제 시점으로부터 15분 뒤 측정한 PTH 값이 정상 범위의 하한선인 35 ng/L 이하로 떨어질 경우, Vienna criteria에서는 절제 후 10분 내에 절개 전 부갑상선호르몬 수준으로부터 50% 이상 떨어질 경우 각각 criteria를 만족하는 것으로 보고 있다. Rome criteria는 절제 직전 부갑상선호르몬 중 가장 높은 값에서 50% 이상 떨어지거나 절제 후 20분에 정상 부갑상선호르몬 수준으로 돌아오거나 또는 절제 10분 후 측정한 부갑상선호르몬이 7.5 ng/L 이하인 경우로 정의하고 있다.

Barczynski 등(39)은 Halle criteria를 적용할 경우 65%의 정확도를 보고하고 있으나, 음성예측도의 경우에는 14.2%로 이는 위음성의 비율이 높았기 때문으로 보인다. Rome criteria 역시 비슷한 문제가 있다. 83.8%의 정확도가 있지만 음성예측도가 26.3%였다. 이들은 이 두 가지 criteria에서 특이도와 양성예측도를 100%로 보고하였다. 또한 Vienna criteria의 accuracy를 92.3%로 보고하였으며 정의에서 예상되듯 Miami criteria와 비슷한 수준의 측정치를 보고하였다. 하지만 Carneiro 등(38)은 Vienna criteria의 경우 86%의 정확도를 보이고 있으며 위음성을 16%로 보고하였던 바 있어 해석에 주의가 필요하다. Leiker 등(36)은 이러한 criteria에 따라 수술을 시행했을 경우, 연령, 체질량지수(body mass index) 등에 따른 부갑상선호르몬 반감기의 다소간 차이에도 불구하고 전체 성공률이 99% 이상이었다고

하였다.

#### 4) 수술 결과

양측 경부 탐색술은 광범위한 절개와 박리로 인한 합병증의 위험이 높다. 즉 영구적 저칼슘혈증은 1~2%에서 발생 가능하다. 최소침습 부갑상선 절제술은 합병증 위험이 거의 없다. 재발의 측면에서 양측 경부 탐색술은 10년 관찰시 1%, 100개월 관찰시에는 3%가 재발하지만 최소침습 부갑상선 절제술은 10년 관찰시 5%, 100개월 관찰시에는 6%가 재발한다.(26,40-42) 양측 경부 탐색술은 입원이 필요한 경우가 종종 있으나, 최소침습 부갑상선 절제술은 입원은 대개 필요하지 않으며 Kunstman 등(14)은 1,471 달러의 의료 비용이 절감된다고 하였다.

최소침습 부갑상선 절제술은 환자의 통증을 감소시키며 미용을 향상시키는 장점이 있다. Slepavicius 등(43)은 전향적 무작위 눈가림 대조군 연구를 통해 양측 경부 탐색술에 비해 최소침습 부갑상선절제술이 재발이나 합병증에서 차이가 없으면서 수술 후 통증이 적고 진통제 요구량이 적으며 환자의 미용적 만족도가 높다고 보고하였다. 다만, 이들은 수술 중 부갑상선호르몬 측정을 위해 사용하였던 측정 장비의 한계로 실제 수술 시간에 더해 부갑상선호르몬 검사 보고를 기다리는 데 30분이 소요되었고 이로 인해 전체 수술 시간에서는 두 군 간 유의한 차이를 확인하지 못하였다고 하였다. 지금은 현장 현시 검사 장비나 Roche cobas e411 analyzer (Roche Diagnostics, Indianapolis, USA)와 같은 기기의 등장으로 수술 중 부갑상선호르몬 검사를 위한 소요 시간이 더욱 줄어들고 있어, 기술의 발전과 함께 수술 시간의 단축이 가능할 것이다. Miccoli 등(44)은 비디오보조 수술법(video-assisted procedure)으로 최소침습 부갑상선절제술을 시행하여 수술 시간을 단축하였고 수술 후 2일까지의 통증을 유의하게 낮추었으며 6개월까지의 추적 관찰 결과에서는 수술 상처에 대한 환자의 미용적 만족도가 유의하게 높였다고 보고하였다. 최근에는 Rio 등(45)이 보다 많은 환자에서 수술 시간이 단축되고 수술 후 통증이 낮음을 보여 주었다.

## 결 론

다양한 영상 검사로 수술 전 위치 결정을 시행하고 수술 중 부갑상선호르몬 감시를 적용하여 수술 종료 여부를 결정하게 될 경우, 일상성 부갑상선 기능 항진증에서 부갑상선 선종에 대한 최소침습 부갑상선 절제술을 성공적으로 시행할 수 있다.

## REFERENCES

1. Bilezikian JP, Silverberg SJ. Clinical practice. Asymptomatic primary hyperparathyroidism. *N Engl J Med* 2004;350:1746-51.
2. Marcocci C, Cetani F. Clinical practice. Primary hyperparathyroidism. *N Engl J Med* 2011;365:2389-97.
3. Pallan S, Rahman MO, Khan AA. Diagnosis and management of primary hyperparathyroidism. *BMJ* 2012;344:e1013.
4. Silverberg SJ, Shane E, Jacobs TP, Siris E, Bilezikian JP. A 10-year prospective study of primary hyperparathyroidism with or without parathyroid surgery. *N Engl J Med* 1999;341:1249-55.
5. Bilezikian JP, Khan AA, Potts JT Jr. Third International Workshop on the Management of Asymptomatic Primary Hyperthyroidism. Guidelines for the management of asymptomatic primary hyperparathyroidism: summary statement from the third international workshop. *J Clin Endocrinol Metab* 2009;94:335-9.
6. Langdahl BL, Ralston SH. Diagnosis and management of primary hyperparathyroidism in Europe. *QJM* 2012;105:519-25.
7. Deaconson TF, Wilson SD, Lemann J Jr. The effect of parathyroidectomy on the recurrence of nephrolithiasis. *Surgery* 1987;102:910-3.
8. Vestergaard P, Mosekilde L. Parathyroid surgery is associated with a decreased risk of hip and upper arm fractures in primary hyperparathyroidism: a controlled cohort study. *J Intern Med* 2004;255:108-14.
9. Eigelberger MS, Cheah WK, Ituarte PH, Streja L, Duh QY, Clark OH. The NIH criteria for parathyroidectomy in asymptomatic primary hyperparathyroidism: are they too limited? *Ann Surg* 2004;239:528-35.
10. Pasieka JL, Parsons L, Jones J. The long-term benefit of parathyroidectomy in primary hyperparathyroidism: a 10-year prospective surgical outcome study. *Surgery* 2009;146:1006-13.
11. Caron NR, Pasieka JL. What symptom improvement can be expected after operation for primary hyperparathyroidism? *World J Surg* 2009;33:2244-55.
12. Nilsson IL, Aberg J, Rastad J, Lind L. Endothelial vasodilatory dysfunction in primary hyperparathyroidism is reversed after parathyroidectomy. *Surgery* 1999;126:1049-55.
13. Piovesan A, Molineri N, Casasso F, Emmolo I, Ugliengo G, Cesario F, et al. Left ventricular hypertrophy in primary hyperparathyroidism. Effects of successful parathyroidectomy. *Clin Endocrinol (Oxf)* 1999;50:321-8.
14. Kunstman JW, Kirsch JD, Mahajan A, Udelsman R. Clinical review: Parathyroid localization and implications for clinical management. *J Clin Endocrinol Metab* 2013;98:902-12.
15. Lappas D, Nossios G, Anagnostis P, Adamidou F, Chatzigeorgiou A, Skandalakis P. Location, number and morphology of parathyroid glands: results from a large anatomical series. *Anat Sci Int* 2012;87:160-4.
16. Phitayakorn R, McHenry CR. Incidence and location of ectopic abnormal parathyroid glands. *Am J Surg* 2006;191:418-23.
17. O'Doherty MJ, Kettle AG. Parathyroid imaging: preoperative localization. *Nucl Med Commun* 2003;24:125-31.
18. Cheung K, Wang TS, Farrokhhyar F, Roman SA, Sosa JA. A meta-analysis of preoperative localization techniques for pa-

- tients with primary hyperparathyroidism. *Ann Surg Oncol* 2012;19:577-83.
19. Mohebbati A, Shaha AR. Imaging techniques in parathyroid surgery for primary hyperparathyroidism. *Am J Otolaryngol* 2012; 33:457-68.
20. Eslamy HK, Ziessman HA. Parathyroid scintigraphy in patients with primary hyperparathyroidism: 99mTc sestamibi SPECT and SPECT/CT. *Radiographics* 2008;28:1461-76.
21. Erbil Y, Kapran Y, İşsever H, Barbaros U, Adalet I, Dizdaroğlu F, et al. The positive effect of adenoma weight and oxyphil cell content on preoperative localization with 99mTc-sestamibi scanning for primary hyperparathyroidism. *Am J Surg* 2008; 195:34-9.
22. Mahajan A, Starker LF, Ghita M, Udelsman R, Brink JA, Carling T. Parathyroid four-dimensional computed tomography: evaluation of radiation dose exposure during preoperative localization of parathyroid tumors in primary hyperparathyroidism. *World J Surg* 2012;36:1335-9.
23. Rodgers SE, Hunter GJ, Hamberg LM, Schellingerhout D, Doherty DB, Ayers GD, et al. Improved preoperative planning for directed parathyroidectomy with 4-dimensional computed tomography. *Surgery* 2006;140:932-40.
24. Beland MD, Monchik JM. 4D CT--A diagnostic tool to localize an occult parathyroid adenoma in a patient with primary hyperparathyroidism. *Med Health R I* 2012;95:157-8.
25. Henry J-F, Taïeb D, Slycke S. Parathyroid Localization and Imaging. In: Hubbard J, Inabnet WB, Lo CY, editors. *Endocrine Surgery*. London: Springer; 2009. pp. 235-52.
26. Karakas E, Müller HH, Schlosshauer T, Rothmund M, Bartsch DK. Reoperations for primary hyperparathyroidism--improvement of outcome over two decades. *Langenbecks Arch Surg* 2013;398:99-106.
27. Agha A, Hornung M, Rennert J, Uller W, Lighvani H, Schlitt HJ, et al. Contrast-enhanced ultrasonography for localization of pathologic glands in patients with primary hyperparathyroidism. *Surgery* 2012;151:580-6.
28. D'Agostino J, Diana M, Vix M, Nicolau S, Soler L, Bourhala K, et al. Three-dimensional metabolic and radiologic gathered evaluation using VR-RENDER fusion: a novel tool to enhance accuracy in the localization of parathyroid adenomas. *World J Surg* 2013;37:1618-25.
29. Allendorf J, DiGorgi M, Spanknebel K, Inabnet W, Chabot J, Logerfo P. 1112 consecutive bilateral neck explorations for primary hyperparathyroidism. *World J Surg* 2007;31:2075-80.
30. Harris R, Ryu H, Vu T, Kim E, Edeiken B, Grubbs EG, et al. Modern approach to surgical intervention of the thyroid and parathyroid glands. *Semin Ultrasound CT MR* 2012;33:115-22.
31. Udelsman R, Lin Z, Donovan P. The superiority of minimally invasive parathyroidectomy based on 1650 consecutive patients with primary hyperparathyroidism. *Ann Surg* 2011;253:585-91.
32. Rajeev P, Stechman MJ, Kirk H, Gleeson FV, Mihai R, Sadler GP. Safety and efficacy of minimally-invasive parathyroidectomy (MIP) under local anaesthesia without intra-operative PTH measurement. *Int J Surg* 2013;11:275-7.
33. Kunstman JW, Udelsman R. Superiority of minimally invasive parathyroidectomy. *Adv Surg* 2012;46:171-89.
34. Henry JF, Thakur A. Minimal access surgery - thyroid and parathyroid. *Indian J Surg Oncol* 2010;1:200-6.
35. Shen WT. Parathyromatosis and parathyroid cancer. *Cancer Treat Res* 2010;153:105-16.
36. Leiker AJ, Yen TW, Eastwood DC, Doffek KM, Szabo A, Evans DB, et al. Factors that influence parathyroid hormone half-life: determining if new intraoperative criteria are needed. *JAMA Surg* 2013;148:602-6.
37. Nichols JH, Christenson RH, Clarke W, Gronowski A, Hammett-Stabler CA, Jacobs E, et al; National Academy of Clinical Biochemistry. Executive summary. The National Academy of Clinical Biochemistry Laboratory Medicine Practice Guideline: evidence-based practice for point-of-care testing. *Clin Chim Acta* 2007;379:14-28.
38. Carneiro DM, Solorzano CC, Nader MC, Ramirez M, Irvin GL 3rd. Comparison of intraoperative iPTH assay (QPTH) criteria in guiding parathyroidectomy: which criterion is the most accurate? *Surgery* 2003;134:973-9.
39. Barczynski M, Konturek A, Hubalewska-Dydejczyk A, Cichon S, Nowak W. Evaluation of Halle, Miami, Rome, and Vienna intraoperative iPTH assay criteria in guiding minimally invasive parathyroidectomy. *Langenbecks Arch Surg* 2009;394:843-9.
40. Udelsman R. Approach to the patient with persistent or recurrent primary hyperparathyroidism. *J Clin Endocrinol Metab* 2011;96:2950-8.
41. Iacobone M, Ruffolo C, Lumachi F, Favia G. Results of iterative surgery for persistent and recurrent parathyroid carcinoma. *Langenbecks Arch Surg* 2005;390:385-90.
42. Schneider DF, Mazeh H, Chen H, Sippel RS. Predictors of recurrence in primary hyperparathyroidism: an analysis of 1386 cases. *Ann Surg* 2014;259:563-8.
43. Slepavicius A, Beisa V, Janusonis V, Strupas K. Focused versus conventional parathyroidectomy for primary hyperparathyroidism: a prospective, randomized, blinded trial. *Langenbecks Arch Surg* 2008;393:659-66.
44. Miccoli P, Bendinelli C, Berti P, Vignali E, Pinchera A, Marcocci C. Video-assisted versus conventional parathyroidectomy in primary hyperparathyroidism: a prospective randomized study. *Surgery* 1999;126:1117-21.
45. Rio PD, Vicente D, Maestroni U, Totaro A, Pattacini GM, Avital I, et al. A comparison of minimally invasive video-assisted parathyroidectomy and traditional parathyroidectomy for parathyroid adenoma. *J Cancer* 2013;4:458-63.