



· 综述 ·

# 超声检查在甲状旁腺疾病诊疗中的临床应用

张俊花

河北医科大学附属石家庄市中医医院功能科, 河北 石家庄 050051

[摘要] 随着现代科技的发展, 超声检查已成为诊断甲状旁腺疾病的一种常规、有效的方法, 在甲状旁腺占位性病变治疗中也是一种有效的辅助手段。甲状旁腺疾病分为甲状旁腺功能亢进症、甲状旁腺功能减退症及无功能性甲状旁腺病变。该文就超声在甲状旁腺功能亢进症诊疗方面的临床应用作一综述。

[关键词] 超声检查; 甲状旁腺疾病; 甲状旁腺功能亢进症; 介入治疗

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2019.04.012

中图分类号: R582.1; R445.1 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2019)04-0271-05

**Clinical application of ultrasound in diagnosis and treatment of parathyroid diseases** ZHANG Junhua (Department of Functions, Shijiazhuang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China)

Correspondence to: ZHANG Junhua E-mail: 13933022012@163.com

[Abstract] With the development of modern science and technology, ultrasound has become a routine and effective method for examining parathyroid diseases and an effective assistant means in treatment of parathyroid space-occupying lesions. Parathyroid diseases are divided into hyperparathyroidism, hypoparathyroidism and nonfunctional parathyroid diseases. This article reviewed the clinical application of ultrasonography in the diagnosis and treatment of hyperparathyroidism.

[Key words] Ultrasonography; Parathyroid diseases; Hyperparathyroidism; Interventional therapy

甲状旁腺功能亢进主要是甲状旁腺分泌过多甲状旁腺激素 (parathyroid hormone, PTH), 导致机体骨骼、肾脏、神经、消化及心血管系统等病变或发生钙磷代谢紊乱的一种内分泌疾病。随着科学技术的迅猛发展, 超声检查对甲状旁腺功能亢进症的诊断及治疗越来越重要。

## 1 甲状旁腺解剖及生理

甲状旁腺是扁椭圆形小腺体, 位于甲状腺两侧后壁, 周围解剖关系复杂, 包括血管、气管、食管、淋巴结、肌肉及结缔组织等。作为人体较小的内分泌腺, 甲状旁腺分泌的PTH是调节人体钙磷代谢、使血钙维持在正常水平的重要激素。Lappas等<sup>[1]</sup>的尸检报告称942具尸体共发现3 796枚甲状旁腺, 平均每具4枚, 5%的个体具有5枚甲状旁腺, 2%的个体则仅有3枚腺体。甲状旁腺异位发生率约15%<sup>[2]</sup>: 多位于前纵隔和胸腺内

(23%)、气食管旁沟(18%), 其次异位于颈动脉鞘(8%)、甲状腺体内(2%)<sup>[3]</sup>。

## 2 正常甲状旁腺超声影像图

甲状旁腺主要由大量的主细胞、少量的嗜酸性细胞和基质构成, 主细胞排列较紧密, 胞质内富含脂肪颗粒, 而基质中也含脂肪组织, 因此可推断甲状旁腺与富含脂肪颗粒的脂肪肝成像原理类似, 超声表现为均匀增强回声。近年来, 许多学者<sup>[4-5]</sup>研究结果表明甲状旁腺超声表现为边界清晰、质地均匀的高回声小结, 其回声高于邻近正常甲状腺组织, 大小约3 mm×3 mm~12 mm×7 mm, 平均6.1 mm×4.2 mm, 形态多样, 可表现为椭圆形、类圆形、半月形、泪滴形、条索形及不规则形等。

## 3 甲状旁腺病变声像图表现

甲状旁腺功能亢进症是临床高钙血症的

基金项目: 石家庄市科学技术研究与发展指导计划(第一批)(181460443)。

通信作者: 张俊花 E-mail: 13933022012@163.com

常见原因, 常分为原发性甲状旁腺功能亢进症 (primary hyperparathyroidism, PHPT)、继发性甲状旁腺功能亢进症 (secondary hyperparathyroidism, SHPT) 和三发性甲状旁腺功能亢进症 (tertiary hyperparathyroidism, THPT)。过去临床上以PHPT较为常见, 但随着透析技术的广泛应用, 慢性肾脏疾病患者生存率显著提升, SHPT和THPT发病率逐年增加。PHPT病理学分型腺瘤最常见 (约占80%~85%), 大部分为单个腺瘤, 少数可为多发腺瘤; 甲状旁腺增生其次 (约占10%~15%), 往往累及所有腺体; 腺瘤引起者少见 (占2%~3%)<sup>[6]</sup>。甲状旁腺无功能性囊肿较多见, 临床上一般不引起血钙、血磷的变化。SHPT是慢性肾功能衰竭患者常见的并发症之一, SHPT患者甲状旁腺常表现为不同程度的增生, 可累及多枚腺体。THPT是指严重肾脏疾病透析后或肠吸收障碍导致的低血钙症继发甲状旁腺功能亢进基础上, 甲状旁腺受到长期的强烈刺激, 腺体增生1个或数个发展为功能自主的甲状旁腺腺瘤。

### 3.1 甲状旁腺腺瘤声像图表现

甲状旁腺腺瘤表现为形态规整、包膜光滑整齐、欠均质低回声包块, 上对腺体腺瘤表现为甲状腺体部后方与甲状腺长轴平行的椭圆形实性占位性病变, 下对腺体腺瘤表现为甲状腺下缘及下后方、甲状腺下血管后方实质占位性病变, 彩色多普勒超声检查显示血供丰富, 呈绕行血流及深入肿块内部支状血流信号, 血供多来源于甲状腺下动脉<sup>[7]</sup>, 当肿瘤较大压迫甲状腺被膜时, 可见与甲状腺组织间一致密回声光带将其与甲状腺组织分界开。

### 3.2 甲状旁腺增生声像图表现

甲状旁腺增生主要发生于慢性肾病晚期长期血液透析患者, 由于 $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 缺乏、低钙、高磷血症等导致慢性肾衰患者多有不同程度的甲状旁腺增生。声像图表现与腺瘤相似, 常为多发, 累及多枚腺体, 表现为甲状腺背侧1~4个不等椭圆形或类圆形低回声、低回声与高回声共存、高回声结节等, 无明显包膜, 内可见钙化。孟晓暄等<sup>[8]</sup>对54例SHPT患者的研究结果表明, 随着全段甲状旁腺激素 (intact parathyroid hormone,

iPTH) 水平的增高, 碱性磷酸酶升高, 甲状旁腺增大、回声减低且不均匀, 出现钙化及局部无回声区, 血流丰富, 超声剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 表现为腺体硬度增加且分布不均 (平均值: 6.20~17.35 kPa; 最大值: 10.25~23.83 kPa)。糜晓瀛等<sup>[9]</sup>的研究中178例SHPT患者检出增生腺体599枚, 病理学检查符合率约96.2%, 超声对下位甲状旁腺增生的灵敏度高于上位腺体, 且甲状旁腺体积之和与PTH、血清钙呈正相关, 并在一定程度上反映SHPT的严重程度, 可为临床治疗和术前定位提供参考依据。

### 3.3 甲状旁腺癌声像图表现

甲状旁腺癌可呈分叶状、圆形或椭圆形低回声肿块, 常向周围浸润, 边界不清。有研究<sup>[10-11]</sup>报道甲状旁腺癌具有以下特征: ① 瘤体体积通常较大, 多 $>15\text{ mm}$ ; ② 形态饱满, 可呈分叶状, 纵横比常 $\geq 1$ ; ③ 内部回声不均匀, 可伴钙化或囊性变; ④ 常可侵犯周围组织, 表现为包膜增厚、粗糙或与周围组织分界不清; ⑤ 瘤体内部血管呈放射状分布, 无明确主供血动脉等。与甲状旁腺腺瘤或甲状旁腺增生相鉴别, 后者瘤体通常体积较小, 很少超过 $15\text{ mm}$ , 形态多为比较规则的椭圆形, 纵横比通常 $<0.5$ , 甲状旁腺腺瘤的典型血供为扩张的甲状腺上动脉或下动脉分支经瘤体一极进入瘤内并于瘤体边缘形成血管弓<sup>[12]</sup>。

### 3.4 甲状旁腺囊肿声像图表现

甲状旁腺囊肿约占甲状腺及甲状旁腺疾病的0.6%<sup>[13]</sup>, 声像图表现为边界清晰的椭圆形或类圆形囊性包块, 包膜完整, 内部囊液较清亮, 囊肿多挤压正常甲状旁腺组织呈“月牙状”, 较大囊肿可压迫周围组织。根据血清学, 钙、磷、PTH等的检测可将有功能与无功能甲状旁腺囊肿鉴别开。

## 4 超声在甲状旁腺疾病术前定位诊断中的应用

PHPT是一种以甲状旁腺病变分泌过多PTH为特征的内分泌病症, 一经明确诊断, 外科手术切除是最有效的治疗手段。精确的术前定位、定性对提高PHPT患者微创手术成功率有着重要意义, 而高频超声及联合核素显像是目前临床

上最常用、最有效的方法。1项研究<sup>[14]</sup>对160例接受甲状旁腺切除术的患者进行回顾性分析,结果表明超声正确诊断74%的甲状旁腺肿大患者,并且准确定位甲状旁腺腺瘤,是疑诊为PHPT患者的首选检查。Hara等<sup>[15]</sup>及Sidhu等<sup>[16]</sup>的研究表明超声在甲状旁腺良恶性病变的鉴别诊断上具有优势。<sup>99m</sup>Tc-甲氧基异丁基异腓(<sup>99m</sup>Tc-MIBI)双时相显像对超声不能定位的异位甲状旁腺腺瘤采取的检查,Fang等<sup>[17]</sup>提出核素显像对于鉴别甲状旁腺良恶性病变并不具有特异性。近年来,随着超声技术的迅速发展,高频、高分辨率的超声新技术广泛应用于浅表器官的检查,提高了超声对甲状旁腺疾病的检查准确率。Huppert等<sup>[12]</sup>的研究显示高分辨率超声探测甲状旁腺疾病的准确率、特异度及阳性预测值分别为70%~90%、90%~98%及86%~98%。超声的不足之处在于:①诊断准确率依赖于超声医师的经验和仪器性能;②甲状旁腺异位病灶或多个腺体受累时超声诊断率较低;③甲状腺背侧多发结节或Zuckermandl结节病变影响诊断准确率<sup>[18]</sup>。

李秀梅等<sup>[19]</sup>对18例难治性PHPT患者的73枚结节进行术前定位诊断,发现高频超声、超声造影及<sup>99m</sup>Tc-MIBI SPECT/CT显像灵敏度和准确率分别为98.59%、94.37%、78.87%和97.26%、94.52%、78.08%。高频超声与超声造影诊断效能优于<sup>99m</sup>Tc-MIBI SPECT/CT显像,与<sup>99m</sup>Tc-MIBI SPECT/CT显像联合后可进一步提高定位的准确率(98.63% vs. 100.00%),三者联合后可对难治性PHPT作出较为全面的术前定位诊断。

## 5 多模式超声及多学科团队合作在甲状旁腺病变诊治中的应用

章建全等<sup>[20]</sup>采用二维超声、彩色多普勒、超声造影这3种检查模式结合PTH水平,总结甲状旁腺腺瘤的综合超声表现以期早期发现甲状旁腺腺瘤。有学者<sup>[21]</sup>总结经病理学检查诊断的32枚甲状旁腺囊肿的二维超声、彩色多普勒、超声造影及三维容积重建等超声影像表现,并在超声引导下经皮穿刺抽液进行理化分析,研究结果发现充分掌握甲状旁腺病变的超声影像表现有利于提高该病超声诊断符合率。

甲状旁腺疾病除局部病变外,有时可致全身

改变,诊断过程中常同时涉及内分泌外科、内分泌科、骨质疏松科、骨科、泌尿科、超声科、核医学科、放射科及病理科等学科,而手术治疗又常涉及内分泌外科、胸外科、耳鼻咽喉科、血管外科、整形外科、麻醉科及重症监护治疗病房(intensive care unit, ICU)等。因此多学科团队合作模式显得尤为重要,以提高治愈率,延长生存期,减少并发症,改善预后。东苏塞克斯医疗信托基金会(East Sussex Healthcare Trust)成立的甲状旁腺多学科小组收集全年甲状旁腺功能亢进转诊患者,经多学科小组会议共收集79例。患者治疗从诊断筛选、会诊转诊到手术治疗、术后随访等历经了内分泌科、病理科、超声科、核医学科、放射科等多个相关科室。该过程提高了影像评估和转诊途径的效率,使患者得到更适当的治疗,对患者有明显的益处<sup>[22]</sup>。Walsh等<sup>[23]</sup>对42例接受甲状旁腺切除术的透析依赖性SHPT采用多学科合作的方法进行围手术期管理,涉及超声科、放射科、内分泌外科、胸外科、麻醉科及护理等医护一体化模式,结果为严重不良事件的发生率减少至1/4,住院时间缩短了近2天。陈曦等<sup>[24]</sup>对2例复杂性PHPT患者诊治过程中涉及影像科、内分泌科、普外科、胸外科、神经外科、泌尿外科、病理科甚至产科等多学科会诊,并且在整个诊治、随访过程中多次动态地进行多学科会诊,最终使患者术后血生化指标维持在正常范围,提高了患者生存质量。

## 6 超声引导下介入治疗

介入治疗是指在超声介导下短期内迅速破坏甲状旁腺的微创治疗,包括无水乙醇注射术(percutaneous ethanol injection therapy, PEIT)、射频消融术(radiofrequency ablation, RFA)、微波消融术(microwave ablation, MWA)、激光消融术(laser ablation, LA)和高强度聚焦超声(high intensity focused ultrasound, HIFU)等。介入治疗对药物难治性PHPT、手术风险大不能耐受手术及不愿接受全身麻醉的患者较为适用。

PEIT是超声引导下经皮注射纯度99.5%乙醇溶液迅速破坏病变甲状旁腺组织,达到治疗的目的。朱莉敏等<sup>[25]</sup>经PEIT治疗56例SHPT,结

果治疗后血清PTH水平明显下降,表明该方法治疗SHPT疗效确切,具有重要临床应用价值。但由于PEIT消融不彻底,容易复发,存在应用的局限性。

RFA是一种热凝固疗法,利用热能损毁甲状旁腺组织和间质内血管,射频电流局限于消融电极周围,受阻抗及血流灌注影响较大。杨政等<sup>[26]</sup>对15例尿毒症合并SHPT患者进行RFA治疗,共消融37枚甲状旁腺,术后近期疗效确切、安全。程艳等<sup>[27]</sup>对30例SHPT患者在超声引导下对增生的甲状旁腺组织进行RFA治疗,术后所有患者均未复发,表明超声引导下RFA是治疗SHPT的一种安全有效的方法,其操作简单、疗效确切、创口小、可反复操作,具有广阔的应用前景。治疗过程中最常见的并发症为喉返神经损伤,目前需要克服的难题是如何在不损伤其他重要结构的前提下完整地消融甲状旁腺。

MWA原理是将频率为915、2 450 MHz的电磁波传输至靶区,靶区组织吸收大量微波能,经过一系列化学反应产生热效应,使局部温度短时间内升至60~100℃,导致蛋白质变性、脂质层溶解、组织细胞凝固坏死,从而达到治疗目的。其特点是对组织的加热效果不受电阻和传导性的影响,高温热场均匀,凝固区坏死彻底,受大血管影响小,可以提高对大结节消融效果。于明安等<sup>[28]</sup>对6例PHPT患者的6个结节进行MWA治疗,患者PTH和血钙测值明显降低。并在后来的研究中对19例SHPT患者24个结节行MWA治疗,对比术后患者PTH及血钙、血磷、碱性磷酸酶测值变化,证实MWA作为一种微创技术治疗持续/复发性SHPT是安全和有效的<sup>[29]</sup>。

LA原理是激光通过纤细柔韧的石英光纤传输至生物组织,将光能转化热能损毁组织,还可通过组织气化、熔融、喷射机高温分解等组织消融实现目标组织凝固或切割。LA的生物学效应受激光的波长、功率、脉冲持续时间等物理特性,以及靶组织自身的光热物理特性影响,目前LA仅局限于甲状旁腺腺瘤患者的消融研究。2001年Bennedbaek等<sup>[30]</sup>用LA治疗药物治疗无效的PHPT患者,其实验室指标降至正常。Adda等<sup>[31]</sup>对3例甲状旁腺腺瘤患者行LA治疗,临床

症状减轻。但是LA治疗效果与腺瘤体积有关,其远期疗效及安全性有待进一步研究。

HIFU原理是利用超声波的方向性、聚焦性和软组织穿透性,通过超声聚焦换能器将超声波的声能聚焦在体内靶组织,使温度瞬间升至60℃以上,通过高温效应、机械效应及空化效应使靶区内细胞发生凝固性坏死,达到灭活组织的目的,具有无创、无疤及无放射线污染的特点。Kovatcheva等<sup>[32]</sup>用HIFU技术治疗4例良性PHPT患者,在第2次HIFU治疗后所有患者的血清钙水平均下降,3例患者的血清钙水平降至正常。Kovatcheva等<sup>[33]</sup>对经HIFU治疗的13例PHPT患者的长期疗效和安全性进行评估,在HIFU治疗1个月后甲状旁腺大小和PTH水平显著下降、9个月后钙浓度显著下降,3例患者在1年后完全缓解,9例患者获得良好的疾病控制,治疗的耐受性较好,只有部分患者有短暂性不良反应(声带活动性受损、皮下水肿等)。但目前临床上HIFU治疗SHPT的相关研究较少,其治疗的有效性仍需要进一步的探究。

## 7 小 结

超声检查是甲状旁腺疾病的最适用检查手段,高频超声、彩色多普勒、弹性成像、超声造影及三维立体超声等多模式超声影像与超声引导下穿刺活检相结合的诊断思路可提高甲状旁腺病变的定位、定性诊断符合率。随着医疗新技术的发展,超声引导下甲状旁腺微创操作(主要包括药物注射及热消融)逐渐成为甲状旁腺功能亢进症的重要辅助治疗手段<sup>[34]</sup>,其在局部麻醉下完成,创伤相对较小,可以用于不能耐受或不愿行外科手术的患者。但如何客观地评估其安全性和有效性、减少不良反应和严重并发症依然是临床值得关注的问题,该类技术的广泛应用和推广还有待进一步的多学科团队合作、不断改进操作细节,以及长期随访患者和经验总结。

## [参 考 文 献]

- [1] LAPPAS D, NOUSSIOS G, ANAGNOSTIS P, et al. Location, number and morphology of parathyroid glands: results from a large anatomical series [J]. *Anat Sci Int*, 2012, 87(3): 160-164.
- [2] PHITAYAKORN R, MCHENRY C R. Incidence and location

- of ectopic abnormal parathyroid glands [J]. *Am J Surg*, 2006, 191(3): 418-423.
- [3] POWELL A C, ALEXANDER H R, CHANG R, et al. Reoperation for parathyroid adenoma: a contemporary experience [J]. *Surgery*, 2009, 146(6): 1144-1155.
- [4] 张俊花, 沈江晁, 吕京敏. 正常甲状旁腺超声图像特点及位置分析 [J]. *临床超声医学杂志*, 2019, 21(7): 540-543.
- [5] XIA C, ZHU Q, LI Z, et al. Study of the ultrasound appearance of the normal parathyroid using an intraoperative procedure [J]. *J Ultrasound Med*, 2019, 38(2): 321-327.
- [6] BHANU MURTHY R, SRIHARI V, LAKSHMI NARAYANA M. Parathyroid adenoma in a young male with multiple fractures and varied clinical features [J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2014, 66(1): 114-117.
- [7] 张俊花, 薛改琴. 彩色多普勒超声对原发性甲状旁腺肿瘤的诊断价值 [J]. *中国药物与临床*, 2015, 15(4): 507-509.
- [8] 孟晓暄, 梁 蕾, 卢一艳, 等. 不同程度继发性甲状旁腺功能亢进的超声及剪切波弹性成像特征研究 [J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34(5): 399-403.
- [9] 糜晓瀛, 郑哲岚. 超声对继发性甲状旁腺功能亢进的应用价值 [J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34(12): 1070-1073.
- [10] 高 远, 王 静, 方凌云, 等. 高频超声诊断甲状旁腺瘤2例并文献复习 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2015, 24(7): 622-623.
- [11] FANG C, KONSTANTATOU E, MULHOLLAND N J, et al. A retrospective review of the role of B-mode and color Doppler ultrasonography in the investigation of primary hyperparathyroidism: features that differentiate benign from malignant lesions [J]. *Ultrasound*, 2018, 26(2): 110-117.
- [12] HUPPERT B J, READING C C. Parathyroid sonography: imaging and intervention [J]. *J Clin Ultrasound*, 2007, 35(3): 144-155.
- [13] ROSSI E D, REVELLI L, GIUSTOZZI E, et al. Large non-functioning parathyroid cysts: our institutional experience of a rare entity and a possible pitfall in thyroid cytology [J]. *Cytopathology*, 2015, 26(2): 114-121.
- [14] ARORA S, BALASH P R, YOO J, et al. Benefits of surgeon-performed ultrasound for primary hyperparathyroidism [J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2009, 394(5): 861-867.
- [15] HARA H, LGARASHI A, YANO Y, et al. Ultrasonographic features of parathyroid carcinoma [J]. *Endocr J*, 2001, 48(2): 213-217.
- [16] SIDHU P S, TALAT N, PATEL P, et al. Ultrasound features of malignancy in the preoperative diagnosis of parathyroid cancer: a retrospective analysis of parathyroid tumours larger than 15 mm [J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(9): 1865-1873.
- [17] FANG S H, LAL G. Parathyroid cancer [J]. *Endocr Pract*, 2011, 17(Suppl 1): 36-43.
- [18] WON H J, WON H S, KWAK D S, et al. Zuckerkindl tubercle of the thyroid gland: correlations between findings of Anatomic dissections and CT imaging. [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2017, 38(7): 1416-1420.
- [19] 李秀梅, 李 军, 王宏桥, 等. 高频超声、超声造影与<sup>99m</sup>Tc-MIBI SPECT/CT在难治性甲状旁腺功能亢进术前定位中的比较 [J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2018, 15(7): 522-529.
- [20] 章建全, 张 超, 刘 灿, 等. 甲状旁腺腺瘤的多模式高频超声影像及诊断思维 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2009, 18(3): 246-249.
- [21] 赵璐璐, 章建全. 多模式超声在无功能性甲状旁腺囊肿诊断中的应用 [J]. *海军医学杂志*, 2018, 39(2): 155-157, 161.
- [22] HANCOX S H, SINNOTT J D, KIRKLAND P, et al. Setting up a parathyroid multidisciplinary team meeting: one year's experience, outcomes and learning points [J]. *J Laryngol Otol*, 2018, 132(3): 252-256.
- [23] WALSH N J, CATEN A J, WHITE J J, et al. Protocol driven outcomes in renal parathyroid surgery [J]. *Head Neck*, 2019, 41(4): 880-884.
- [24] 陈 曦, 陈海珍. 原发性甲状旁腺功能亢进症二例 [J]. *临床外科杂志*, 2018, 26(6): 416-419.
- [25] 朱莉敏, 艾 红, 程 荣, 等. 超声引导下无水乙醇治疗继发性甲状旁腺功能亢进的应用价值 [J]. *中国超声医学杂志*, 2015, 31(4): 373-375.
- [26] 杨 政, 唐志红, 余 力. 超声引导下经皮穿刺射频消融治疗尿毒症SHPT15例疗效分析 [J]. *浙江医学*, 2015, 37(4): 342-343, 347.
- [27] 程 艳, 孙长丽, 樊一筠, 等. 超声引导下经皮射频消融治疗慢性肾衰继发性甲状旁腺功能亢进疗效分析 [J]. *中华全科医学*, 2018, 16(8): 1300-1302.
- [28] 于明安, 董雪娟, 穆梦娟, 等. 微波消融治疗原发性甲状旁腺功能亢进的初步临床探讨 [J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2016, 15(7): 491-494.
- [29] 于明安, 姚 力, 彭丽丽, 等. 超声引导下微波消融持续/复发性继发甲旁亢的临床研究 [J]. *中国超声医学杂志*, 2017, 33(3): 202-205.
- [30] BENNEDBAEK F N, KARSTRUP S, HEGEDÜS L. Ultrasound guided laser ablation of a parathyroid adenoma [J]. *Br J Radiol*, 2001, 74(886): 905-907.
- [31] ADDA G, SCILLITANI A, EPAMINONDA P, et al. Ultrasound-guided laser thermal ablation for parathyroid adenomas: analysis of three cases with a three year follow up [J]. *Horm Res*, 2006, 65(5): 231-234.
- [32] KOVATCHEVA R D, VLAHOV J D, SHINKOV A D, et al. High-intensity focused ultrasound to treat primary hyperparathyroidism: a feasibility study in four patients. [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 195(4): 830-835.
- [33] KOVATCHEVA R, VLAHOV J, STOINOV J, et al. US-guided high-intensity focused ultrasound as a promising non-invasive method for treatment of primary hyperparathyroidism. [J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(9): 2052-2058.
- [34] 程 晨, 张丽娜, 王宁宁, 等. 超声引导下微创治疗严重继发性甲状旁腺功能亢进症 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2016, 9(4): 428-433.