

超声对继发性甲状旁腺功能亢进诊断价值研究进展

杜雨珊, 宋涛*

新疆医科大学第一附属医院腹部超声诊断科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年12月27日; 录用日期: 2024年1月21日; 发布日期: 2024年1月31日

摘要

继发性甲状旁腺功能亢进(secondary hyperparathyroidism, SHPT)已成为慢性肾脏病(Chronic Kidney Disease, CKD)的主要并发症之一, 其发病机制复杂, 随着病情发展, 大量PTH释放入血作用于体内的靶器官后, 会出现关节疼痛、贫血等并发症, 严重影响生活质量和增加心血管死亡率, 所以, 甲状旁腺切除术对改善患者的预后十分重要, 手术前常采用影像学方法对增生甲状旁腺的数量、大小及位置进行精准判断。鉴于此, 本文就超声对继发性甲状旁腺功能亢进患者的术前诊断价值的相关研究进展做一综述。

关键词

继发性甲状旁腺功能亢进, 甲状旁腺切除术, 超声

Progress of the Preoperative Diagnostic Value of Ultrasound for Secondary Hyperparathyroidism

Yushan Du, Tao Song*

Department of Abdominal Ultrasound Diagnosis, First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Dec. 27th, 2023; accepted: Jan. 21st, 2024; published: Jan. 31st, 2024

Abstract

Secondary hyperparathyroidism (SHPT) has become one of the main complications of chronic kidney disease (CKD), and its pathogenesis is complex. With the progression of the disease, a sub-

*通讯作者。

stantial amount of parathyroid hormone (PTH) is released into the bloodstream and exerts its effects on target organs within the body, leading to joint pain, anemia, and other complications that significantly impact quality of life and elevate cardiovascular mortality rates. Consequently, parathyroidectomy plays a crucial role in enhancing patient prognosis. Prior to surgery, imaging techniques are frequently employed to accurately assess the number, size, and location of hyperplastic parathyroid glands. In light of this context, this article provides a comprehensive review on the advancements made in utilizing ultrasonography for preoperative diagnosis of secondary hyperparathyroidism.

Keywords

Secondary Hyperparathyroidism, Parathyroid Gland Excision, Ultrasound

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

继发性甲状旁腺功能亢进(secondary hyperparathyroidism, SHPT)是由于肾功能衰竭患者长期透析、活性维生素 D₃ 水平降低以及小肠吸收功能障碍等原因导致肾小球滤过率随着病情进展逐渐降低,从而引起患者机体内血钙降低、血磷增高,进一步刺激甲状旁腺增生、甲状旁腺激素(parathyroid hormone, PTH)分泌异常增多,随着 PTH 大量释放入血,继而作用于体内的靶器官,最终导致甲状旁腺功能过度亢进[1]。据文献报道,超 70%的晚期慢性肾脏病(Chronic Kidney Disease, CKD)患者被诊断为 SHPT,会出现关节疼痛、骨折、全身瘙痒、贫血、异位钙化等并发症,严重影响生活质量。所以,SHPT 的治疗对改善患者的预后十分重要。病程初期活性维生素 D 制剂、钙模拟物和降磷管理可有效降低 PTH 浓度。如果 SHPT 发展至药物治疗无反应,则可能需要进行甲状旁腺切除术[2]。

手术前采用影像学方法对增生甲状旁腺的数量、大小及位置进行精准判断,对于手术方案的制定起到至关重要的作用。术前定位的影像学检查包括超声、核素显像、CT 及 MRI。据以往文献总结中可得知,超声相较于其他三种影像学检查,对于常规解剖位置的甲状旁腺判断效果更佳且价廉、检查禁忌症少,成为了 SHPT 术前诊断的首选检查方式[3]。但超声在检测异位甲状旁腺方面受到限制,诊断出现假阳性或假阴性不可避免[4]。尽管国内外有关超声诊断 SHPT 的准确性报道屡见不鲜,但探讨其对 SHPT 的术前诊断价值的报道却不多见。本综述通过介绍 SHPT 的发病机制和病理生理、对比 SHPT 的影像学诊断优缺点,收集分析超声对 SHPT 术前诊断价值和应用的文献,探讨超声在 SHPT 术前诊断中的应用价值,旨在为临床更好地应用超声对 SHPT 进行诊断提供一定理论参考依据。

2. SHPT 的发病机制

2.1. 高磷血症

在肾衰竭的早期阶段,肾磷排泄减少(伴随着血清磷水平的增加),再加上活性维生素 D₃ 的合成减少(伴随维生素 D 介导的钙从肠道摄入的减少),导致血清磷水平升高。随着 CKD 的进展,肠道、肾脏和骨骼对磷的处理变得越来越失调,适应性反应变得不适应,肾磷排泄也越来越受损,磷和钙失衡加剧,PTH 水平升高,最终导致 SHPT,故磷的滞留成为 SHPT 发生和发展的关键因素。高磷血症还能抑制肾脏 1 α -羟化酶的表达,影响活性维生素 D₃ 的生成,并进一步刺激甲状旁腺增生[5]。另外高磷血症可直接

刺激甲状旁腺组织增生, 促进 PTH 分泌[6]。

2.2. 钙代谢紊乱

调节 SHPT 分泌的关键因子为血清钙, CKD 时常伴严重的钙代谢紊乱, 维持正常的血钙浓度就需要持续刺激甲状旁腺分泌更多的 PTH, 从而导致增生性甲状旁腺组织[7]。而增生的甲状旁腺腺体会使细胞表面的维生素 D 受体(VDRs)和钙离子敏感受体(CASRs)数量大幅度减少。随着肾功能衰竭加重, 这种减少会加剧甲状旁腺对钙离子和骨化三醇的抵抗, 最终发展为 SHPT。

2.3. 低维生素 D 水平

PTH 是肾脏中维生素 D 活化为 1,25-二羟基维生素 D (1,25D)的主要刺激剂。反过来, 1,25D 施加负反馈以下调 PTH 的表达。在甲状旁腺中, 1,25D 可能是通过减少细胞周期调节因子 c-myc mRNA 和 TGF- α 的表达并诱导 p21 作为细胞周期抑制剂的方式抑制细胞增殖, 而 CKD 患者维生素 D 水平明显降低, 其抗甲状旁腺增殖能力减弱, 继而出现甲状旁腺增生[8]。

3. SHPT 的影像学检查方法

3.1. 超声

超声检查对 SHPT 甲状旁腺增生病灶有较高的诊断率, 准确性可达 88.0% [9], 并且能清晰地显示病变腺体的个数、大小、周围毗邻关系、血流特征及精确的位置等。而甲状旁腺体积和在一定程度上也反映了 SHPT 的严重程度, 为临床治疗和术前定位提供了很好的参考依据。并且, 超声检查简便易行, 价格便宜, 普及率高, 对于临床怀疑 SHPT 患者, 常常首选高频彩色多普勒超声检查。

但有文献中[10]指出, 超声检查受检测者的主观因素及经验影响较大, 还受检测机器的客观条件限制。另外, 位于甲状腺实质内、颈动脉鞘、纵隔、胸骨、锁骨后等部位的病灶通常不能及早发现。患者的颈部短胖也极易对超声检查的结果造成影响, 增加漏诊风险[11]。靠近甲状腺背侧外凸型甲状腺结节以及位于甲状旁腺区的颈部淋巴结在超声上往往与病变较难区别, 容易误诊[12]。

3.1.1. 正常甲状旁腺超声声像图表现

不同文献中所报道的正常甲状旁腺在超声上的回声不一致。多数文献认为正常甲状旁腺在超声上表现为中等回声, 大部分呈类圆形或椭圆形, 少部分呈分叶状, 边界多清晰; 也有文献报道部分正常人群表现为低回声, 分析其原因可能为在判断回声时所选取的参照标准不同[13]。此外, 还有文献报道甲状旁腺的超声表现为均匀高回声, 主要是由于其组成成分中的嗜酸细胞及基质均含有丰富的脂质颗粒, 且主细胞排列呈粗梁状致密结构[14]; 另外也有研究对 220 例正常人群甲状旁腺行检查, 结果表明正常甲状旁腺为边界清晰、分布均匀的稍高回声小结节, 以椭圆形居多, 部分内部可出现放射状、条索状或星点状的彩色血流信号。因此, 基于不同参照标准对正常甲状旁腺的超声表现描述可能不尽相同, 超声医师应结合医院实际检测情况判断正常甲状旁腺的超声图像特征。

3.1.2. SHPT 的超声声像图表现

(1) 大部分呈类圆形或椭圆形的结节, 内部多为低回声, 常低于正常甲状腺回声, 增生的甲状旁腺与甲状腺之间常出现由二者包膜所组成的强回声带, 在超声检查时可通过这一特征进行区分; 也有部分病变腺体内部出现低回声与混合回声等表现; (2) 增生的甲状旁腺大多表现为点状血流信号, 较大的腺体中可见较丰富的血流信号, 有时呈一条或多条短棒状, 有时呈放射状或轮辐状。随着病情的进展及血 PTH 水平的升高, 增生腺体内的血流信号更丰富; (3) 增生的甲状旁腺内部钙化灶形态多样, 可呈点状、短棒状或半环状, 较少出现粗大钙化[15]。

3.2. 核素显像

目前核素显像中应用较广泛的核素为 ^{99m}Tc -MIBI, 其为亲脂络合物, 主要作用于细胞的线粒体内。由于增生的甲状旁腺代谢率高, 故其对 ^{99m}Tc -MIBI 吸收率较高, 同时其清除时间较甲状腺时间长。这些特点可以将增生的甲状旁腺同甲状腺及其他非甲状旁腺组织进行较好区分, 对增生的甲状旁腺具有较高的敏感性[16]。另外, 核素显像受解剖位置影响小, 综上所述决定了其在异位甲状旁腺检测中的重要地位。但核素的局限性在于功能轻度异常或者血 PTH 值升高不显著的病灶较难显影, 并且此项检查价格较为昂贵, 开展范围又相对局限, 因此核素显像并不推荐作为 SHPT 患者术前首选的检查方式。

3.3. CT

CT 可以提供腺体的精确解剖位置及其大小, 并对较难检查到的异位的甲状旁腺可以描绘其精确解剖位置[17], 但是特异性低, 并且 CT 对软组织分辨力较低, 对于小的结节敏感度较低, 需要薄层扫描才有可能检出病灶。CT 检查因上述不足限制其成为 SHPT 患者术前首选的检查方式[18]。

3.4. MRI

MRI 与 CT 和超声检查相比具有更高的敏感性, 并且具有良好的组织分辨率, 尤其适用异位于纵隔的甲状旁腺的检测, 也可用于疾病复发的手术患者。研究发现, 对于常规位置甲状旁腺检测的符合率三者联合诊断 $> \text{MRI} > \text{超声} > \text{CT}$, 但差异不存在统计学意义, 而对异位于其他解剖位置的甲状旁腺 MRI 诊断的符合率高于超声及 CT 检查, 且差异有统计学意义, 这表明 MRI 对甲状旁腺病灶的诊断准确率较超声和 CT 检查更高, 并且不存在辐射风险, 是 SHPT 患者术前定位的有效检查方法[19]。但 MRI 相较于 CT 与超声不仅成本更高, 检查时间也更长, 因此临床应用较少[20]。

4. SHPT 的治疗

关于 SHPT 的手术指征, 改善全球肾脏病预后组织(kidney disease: improving global outcomes, KDIGO)慢性肾病矿物质和骨骼疾病(chronic kidney disease mineral and bone disorder, CKD-MBD)诊断、评估、预防和治疗临床实践指南 2017 年更新中建议: 严重 SHPT 的 CKD 患者, 当药物治疗失败导致血清钙、磷水平持续升高时, 或者当药物治疗因不良反应不能耐受时, 建议进行 PTX [19]。2021 年中国《慢性肾脏病继发甲状旁腺功能亢进外科临床实践中国专家共识》关于 SHPT 手术指征建议: (1) 临床表现, 包括骨痛、骨质疏松、肌痛、皮肤瘙痒等严重影响生活质量; (2) 对钙敏感受体激动剂、维生素 D 及其类似物等药物抵抗, 内科治疗无效的高钙血症或高磷血症; (3) 持续性 iPTH $> 800 \text{ pg/mL}$; (4) 超声检查提示至少 1 个甲状旁腺增大并且直径 $> 1 \text{ cm}$ 或最大体积 $> 500 \text{ mm}^3$ 或 ^{99m}Tc -MIBI 扫描显示高密度浓缩影; (5) 甲状旁腺热消融、无水乙醇注射等治疗无效。符合(1) (2) (4)伴持续性 iPTH $> 600 \text{ pg/mL}$ 或(2) (3) (4)或(4) (5)均建议手术[21]。综上, 目前在 SHPT 的手术指征上, 总体上围绕生化指标异常、药物耐药、疾病症状和影像学证据等四方面展开。

5. 超声在 SHPT 的诊断应用中与临床检验指标相关性

临床检验指标一定程度上可监测病情。研究[22]显示肾功能不全可致 iPTH 于体内积聚; 慢性肾病不同阶段 iPTH 水平之间差异有统计学意义[23]; iPTH 还可预测甲旁亢相关骨骼系统疾病的发生。上述研究说明 iPTH 对于疾病程度判定及疾病预后判断具有一定价值。而慢性肾功能不全导致血钙、血磷、血红蛋白等指标变化也可影响甲状旁腺激素的分泌[24], 血钙、血磷等指标影响 SHPT 患者机体分泌, 研究发现骨特异性碱性磷酸(alkaline phosphatase, ALP)与高运转骨病组织形态学改变相关, 其与疾病的相关性较 iPTH 更佳, 可作为预测继发性甲旁亢患者预后情况的重要因素。临床检查指标作为甲状旁腺功能亢进的

监测指标, 一定程度仅可反映临床检验时病情[25], 因为临床检验指标一定程度上受血液透析、药物治疗等因素影响, 长期进行治疗的患者用检验指标难以精准检测疾病进展、判定预后。而超声特点表现出了病情进展的累积效果, 不受血液透析、药物治疗等因素影响。有文献表明甲状旁腺体积与增生状态有密切联系。甲状旁腺体积和在一定程度上反映了 SHPT 的严重程度, 为临床治疗和术前定位提供了很好的参考依据。

综上所述, 超声成像可能是评估 SHPT 严重程度的有用且相对稳定的工具。然而, 相关研究在分组和分级方面没有统一的标准, 这导致了一些争议。此外, 尚未就哪些特征是不可抑制 iPTH 水平的独立因素得出最终结论, 也没有建立包括临床和超声参数的预测模型来评估 SHPT 的严重程度。

6. 超声对 SHPT 诊断研究进展

甲状旁腺切除手术是治疗 SHPT 的主要方式, 临床上通常采用影像学方法判断增生甲状旁腺的数量、大小及位置, 从而进一步制定更适合患者的手术方案。据前文所述, 核素显像、CT 及 MRI 均不推荐作为 SHPT 术前诊断的首选检查方式, 且以往研究结果显示, 与其他三种影像学检查方式相比, 超声具有对常规解剖位置的甲状旁腺检出率较高、价廉且检查禁忌症少等优点, 成为 SHPT 术前诊断的首选检查方式。但超声在检测异位甲状旁腺方面受到限制, 诊断过程中可出现假阳性或假阴性结果, 根据文献得知, 超声诊断 SHPT 的假阳性率为 1.8%, 而假阴性率可达 32.5% [26]。因此, 充分了解超声在 SPTH 术前诊断的影像学特点, 对提高超声的临床应用价值具有积极意义。

6.1. 弹性成像

SHPT 患者存在一些体积较大、形态不规则的病灶, 经常伴随内部回声不均匀、血供丰富或钙化等表现, 难以通过常规超声与恶性肿瘤相鉴别, 而弹性成像可以通过组织硬度的评分结合二维图像来判断良恶性, 具有更高的准确性[27]。南京医科大学附属第二医院超声科报道超声应变弹性成像的诊断正确率为 96.94%, 平均 SR 值为 2.67 ± 1.23 , 且 SR 值与腺体最大直径呈显著正相关。由于 SHPT 的手术指征之一为增生甲状旁腺最大体积 $\geq 10 \text{ mm}^3$, 由此该研究将患者分为 A、B 两组, 其中 A 组均 SR 值显著大于 B 组 SR 值; 该研究另将患者分为低回声腺体组和等回声或高回声腺体组对 SR 值进行比较, 发现低回声腺体 SR 值显著大于等回声或高回声组 SR 值。以上研究结果提示 SR 在一定程度上与甲状腺直径和回声强度相关, 弹性评估可作为常规超声的有利补充[28]。另外, 也有文献报道称, 超声弹性成像技术可作为常规超声的重要补充对甲状旁腺增生和甲状旁腺腺瘤进行鉴别诊断。

6.2. 超声造影

常规超声在评估 SHPT 的严重程度时敏感性较低, 因为它不能显示动态灌注特性, 超声造影可以弥补常规超声的不足, 并且可以在甲状旁腺功能亢进症发生之前检测到结节性增生性甲状旁, 因为超声造影的一个主要特征是组织血管化和血流的高度动态可视化。声功率低的超声造影可以更好地检测到微循环, 并且可以动态检测毛细血管灌注, 更接近病理[29]。众所周知, 声诺维允许在低声功率下进行连续成像, 从而提供更简单, 更准确的微循环描述, 这是无法通过常规超声评估的, 并且根据文献中报道可知, 甲状旁腺的位置不会影响造影增强模型的结果。由此可知, 超声造影的模型和定量参数不仅可以鉴别良恶性肿瘤, 而且可以用来评估 SHPT 的严重程度。

6.3. 超声引导下穿刺活检

细针穿刺细胞学检查是一种廉价、简单、创伤小的手术, 应尽可能在所有病变中进行, 以避免不必要的手术, 具有更高的准确性, 但对于一些高度怀疑恶性或伴有周围组织转移的病灶并不适用, 容易引

起种植转移[30]。

7. 小结

超声已经是临床上检查甲状旁腺病变的最重要手段, 其应用范围已经从单纯术前检查逐步扩大到外科手术中进行引导、定位和检测, 可有效帮助手术医师提高手术切除准确率并减少手术过程带来的副损伤[31]。首先, 术前超声造影可帮助了解增生甲状旁腺的微循环灌注状态并与甲状腺结节进行对比, 从而初步区分病变的良恶性和边界, 可有效避免手术过程中切除区域过大或过小造成的影响; 其次, 术中超声引导下细针穿刺活检对甲状旁腺病变的定性诊断准确性高, 可协助临床外科医师确定最合适患者的手术治疗方式; 最后, 常规超声对术后患者进行随访检查可监测及早期发现患者 SHPT 是否复发, 使复发患者及早进行治疗。

但超声检查作为影像学检查方法之一, 其也具有一定局限性, 并不能适用于所有场合。一是超声检查未发现病变的甲状旁腺, 但患者血清 PTH 水平远高于 600 pg/ml, 临床高度怀疑为 SHPT 时; 二是患者过于肥胖导致颈部粗短, 严重影响到超声检测操作时。因此出现上述情况时, 需要联合 CT、MRI 等其它影像学检查来提高 SHPT 的检出率。

目前, 超声引导无水乙醇穿刺注射技术和超声引导下经皮微波、射频消融技术均已成为治疗原发性甲状旁腺亢进的新兴和热门技术[32], 其在 SHPT 中的诊断价值和治疗介质都值得我们进一步探讨。

参考文献

- [1] 邓晓清, 李治荣. 慢性肾脏病伴继发性甲状旁腺功能亢进的研究进展[J]. 中国医药, 2022, 17(5): 784-788.
- [2] Hyder, R. and Sprague, S.M. (2020) Secondary Hyperparathyroidism in a Patient with CKD. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, **15**, 1041-1043. <https://doi.org/10.2215/CJN.13411119>
- [3] 贾芳. 超声在肾性继发性甲状旁腺功能亢进术前定性定位诊断的应用价值[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2019.
- [4] 郝丽, 赵明, 王华杰, 等. 肾性继发性甲状旁腺功能亢进的手术治疗及术后复发的预防[J]. 医学综述, 2022, 28(2): 296-300. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-2084.2022.02.015>
- [5] Rastogi, A., Bhatt, N., Rossetti, S., et al. (2021) Management of Hyperphosphatemia in End-Stage Renal Disease: A New Paradigm. *Journal of Renal Nutrition*, **31**, 21-34. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2020.02.003>
- [6] Centeno, P.P., Herberger, A., Mun, H.C., et al. (2019) Phosphate Acts Directly on the Calcium-Sensing Receptor to Stimulate Parathyroid Hormone Secretion. *Nature Communications*, **10**, Article No. 4693. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12399-9>
- [7] Van Der Plas, W.Y., Noltes, M.E., Van Ginhoven, T.M., et al. (2020) Secondary and Tertiary Hyperparathyroidism: A Narrative Review. *Scandinavian Journal of Surgery*, **109**, 271-278. <https://doi.org/10.1177/1457496919866015>
- [8] Naveh-Many, T. and Volovelsky, O. (2020) Parathyroid Cell Proliferation in Secondary Hyperparathyroidism of Chronic Kidney Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article No. 4332. <https://doi.org/10.3390/ijms21124332>
- [9] Kawakami, K., Takeshita, A., Furushima, K., et al. (2017) Persistent Fibroblast Growth Factor 23 Signalling in the Parathyroid Glands for Secondary Hyperparathyroidism in Mice with Chronic Kidney Disease. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 40534. <https://doi.org/10.1038/srep40534>
- [10] Carrillo-López, N., Panizo, S., Alonso-Montes, C., et al. (2016) Direct Inhibition of Osteoblastic Wnt Pathway by Fibroblast Growth Factor 23 Contributes to Bone Loss in Chronic Kidney Disease. *Kidney International*, **90**, 77-89. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2016.01.024>
- [11] Shilo, V., Levi, I.M.Y., Abel, R., et al. (2017) Let-7 and MicroRNA-148 Regulate Parathyroid Hormone Levels in Secondary Hyperparathyroidism. *Journal of the American Society of Nephrology*, **28**, 2353-2363. <https://doi.org/10.1681/ASN.2016050585>
- [12] 赖敏永. 继发性甲状旁腺功能亢进患者中应用超声诊断的临床价值分析[J]. 黑龙江医药, 2022, 35(3): 536-539.
- [13] Hamada, C., Fukui, M., Sakamoto, T., et al. (2003) Evaluation of Parathyroid Hyperplasia by Ultrasonographic Examination in Patients with End-Stage Renal Failure before and at Initiation of Dialysis. *Nephrology (Carlton)*, **8**, 116-120.

- <https://doi.org/10.1046/j.1440-1797.2003.00145.x>
- [14] 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. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-6978.2019.07.022>
- [15] (2020) Parathyroid Glands in Chronic Kidney Disease. Springer International Publishing, Cham.
- [16] 张凌, 罗西, 李辉, 等. 维持性血液透析患者甲状旁腺超声筛查的临床价值[J]. 海南医学, 2019, 30(1): 67-69. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-6350.2019.01.021>
- [17] 李军. 慢性肾功能不全继发难治性甲状旁腺功能亢进超声表现与临床检验指标相关性研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛大学, 2018.
- [18] Strambu, V., Bratucu, M., Garofil, D., et al. (2019) The Value of Imaging of the Parathyroid Glands in Secondary Hyperparathyroidism. *Chirurgia*, **114**, 541-549. <https://doi.org/10.21614/chirurgia.114.5.541>
- [19] Hyder, R. and Sprague, S.M. (2020) Secondary Hyperparathyroidism in a Patient with CKD. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, **15**, 1041-1043. <https://doi.org/10.2215/CJN.13411119>
- [20] 易建玮, 易加朝, 吴荣兴, 等. MRI 在维持性血液透析患者甲状旁腺增生术前定位的诊断价值[J]. 放射学实践, 2021, 36(7): 852-856. <https://doi.org/10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.07.006>
- [21] Strambu, V., Bratucu, M., Garofil, D., et al. (2019) The Value of Imaging of the Parathyroid Glands in Secondary Hyperparathyroidism. *Chirurgia*, **114**, 541-549. <https://doi.org/10.21614/chirurgia.114.5.541>
- [22] 贺青卿, 田文. 慢性肾脏病继发甲状旁腺功能亢进外科临床实践中国专家共识(2021 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2021, 41(8): 841-848.
- [23] 余键涛, 夏发达, 戴斌, 等. 2022 版美国内分泌外科医师协会《继发性及三发性甲状旁腺功能亢进症确定性外科治疗指南》外科部分解读[J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31(11): 1405-1413. <https://doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.001>
- [24] 赵国栋, 谢荣章, 叶伙梅, 林炳柱, 李金成. 全段甲状旁腺激素联合钙磷测定在慢性肾脏病患者中的应用价值. 海南医学, 2017, 28(6): 915-916.
- [25] 蒋南, 孙献印, 曹军英. 超声造影参量成像评估继发性甲状旁腺功能亢进严重程度的价值[J]. 临床超声医学杂志, 2022, 24(8): 588-592. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-6978.2022.08.007>
- [26] 郭德明. 慢性肾功能不全患者血清甲状旁腺激素水平的变化分析[J]. 中国临床新医学, 2016, 9(9): 811-812.
- [27] 涂文君, 张薇娜, 彭梅. 高频超声和^{99m}Tc-MIBI 核素扫描在继发性甲状旁腺功能亢进症诊断中的价值分析[J]. 山东医药, 2018, 58(14): 55-57.
- [28] 吴迎春, 吕康泰. 超声应变弹性成像在继发性甲状旁腺增生术前评估中的应用价值[J]. 实用临床医药杂志, 2021, 25(21): 107-110. <https://doi.org/10.7619/jcmp.20212353>
- [29] 郭良云, 刘伟佳, 刘燕娜, 等. 超声弹性成像技术在鉴别诊断甲状旁腺增生和腺瘤中的应用价值[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(11): 976-979. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-0101.2020.11.004>
- [30] Liang, X.X., Li, F., Gao, F., et al. (2016) The Value of the Model and Quantitative Parameters of Contrast-Enhanced Ultrasound in Judging the Severity of SHPT. *BioMed Research International*, **2016**, Article ID: 6064526. <https://doi.org/10.1155/2016/6064526>
- [31] 李卓原, 卜锐, 陆健斐, 等. 高分辨力超声术前评估病变甲状旁腺的声像图特征[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(11): 785-788. <https://doi.org/10.12117/jccmi.2021.11.006>
- [32] Adrian, C., David, G., Pablo, A., et al. (2020) Parathyroid Glands in Chronic Kidney Disease. Springer, Cham.