

24MHz 甚高频超声在雄激素性脱发患者头皮检查中的成像特征分析



柯茜茜¹, 赵霞¹, 郑齐超¹, 吴猛¹, 谢君²

1. 武汉大学中南医院综合超声医学科 (武汉 430071)
2. 武汉大学中南医院皮肤科 (武汉 430071)

【摘要】目的 探讨 24 MHz 甚高频超声 (VHFU) 在雄激素性脱发 (AGA) 患者头皮检查中的成像特征及应用效果。**方法** 选取 2023 年 6 月至 2024 年 6 月于武汉大学中南医院就诊的 AGA 患者为研究组, 招募同期健康人群作为对照组, 采用 24 MHz VHFU 观察并测量 2 组受试者表皮及真皮厚度、回声特征, 毛囊内径、毛囊间距; 超微血流显像评估头皮血流信号、测量收缩期峰值流速 (PSV)、舒张末期流速 (EDV) 及阻力指数 (RI), 并比较组间差异。**结果** 共纳入 120 例研究对象, 研究组和对照组各 60 例。研究组毛囊内径增宽、毛囊低回声区、点状血流占比高于对照组, 毛囊间距、毛囊内径大于对照组, 而 PSV、EDV 低于对照组 ($P < 0.05$)。研究组男性脱发时间及表皮厚度大于女性 ($P < 0.05$)。**结论** VHFU 可清晰显示皮下毛囊结构、判断 AGA 患者毛囊状态及血供情况, 为临床诊断 AGA 提供一种新的高分辨力、无创性可视化工具。

【关键词】 雄激素性脱发; 甚高频超声; 超微血流显像

【中图分类号】 R758.71; R445.1 **【文献标识码】** A

Analysis of imaging characteristics of 24 MHz very high-frequency ultrasound in scalp examination of patients with androgenetic alopecia

KE Qianqian¹, ZHAO Xia¹, ZHENG Qichao¹, WU Meng¹, XIE Jun²

1. Department of Ultrasound, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China

2. Department of Dermatology, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China

Corresponding author: XIE Jun, Email: xiejunz@sina.com

【Abstract】Objective To explore the imaging characteristics and application of 24 MHz very high-frequency ultrasound (VHFU) in scalp examination of patients with androgenetic alopecia (AGA). **Methods** AGA patients who visited Zhongnan Hospital of Wuhan University from June 2023 to June 2024 were selected as the study group, and healthy adults were recruited as the control group during the same period. The epidermal and dermal thickness, echo characteristics, inner diameter of hair follicles, and hair follicle spacing of the subjects in both groups were observed and measured by using 24 MHz VHFU. The scalp blood flow was evaluated by superb microvascular imaging, the peak systolic velocity (PSV), end diastolic velocity (EDV), and resistance index (RI) were measured, and the differences between the two groups were compared. **Results** A total of 120 subjects were included, with 60 in the study group and 60 in the control group. The proportions of widened hair follicle inner diameter, hypoechoic hair follicles, and punctate blood flow were higher in the study group than in the control group. The hair follicle

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202501138

基金项目: 湖北省自然科学基金面上项目 (2022CFB223)

通信作者: 谢君, 博士, 主任医师, Email: xiejunz@sina.com

yxxz.whzhnmhj.com

spacing and inner diameter were larger in the study group than in the control group, while the PSV and EDV were lower ($P < 0.05$). In the study group, the duration of male hair loss and epidermal thickness were greater than those of females ($P < 0.05$). **Conclusion** VHFU can clearly display the subcutaneous hair follicle structure, determine the hair follicle status and blood supply of AGA patients, and provide a new high-resolution and non-invasive visualization tool for the clinical diagnosis of AGA.

【Keywords】 Androgenetic alopecia; Very high-frequency ultrasound; Superb microvascular imaging

雄激素性脱发 (androgenetic alopecia, AGA) 是临床上常见的非瘢痕性脱发疾病, 其发病始于青春期或青春后期, 以毛囊进行性微小化为主要病理特征^[1]。男性AGA患者多表现为前额发际线后移, 伴或不伴头顶头发进行性变细、稀疏; 女性患者则以头顶头发稀疏为主要临床表现^[2]。皮肤镜可辅助诊断AGA, 但存在皮下不可视的局限性。近年来, 超声探头频率不断提高使超声图像分辨率显著提升, 能够清晰显示皮肤各层次及皮肤附属器结构^[3]。目前国内应用的甚高频超声 (very high frequency ultrasound, VHFU) 频率可达24 MHz及以上^[4-5]。作为一种无创性检查工具, VHFU不仅可清晰观察皮肤及皮下组织, 还能通过超微血流显像评估血流灌注, 其在皮肤疾病的诊断及疗效评价中具有重要应用价值, 有望成为临床关键的辅助诊断工具^[6-7]。本研究采用24MHz VHFU对AGA患者头皮毛囊状态及血供进行评估, 旨在为24MHz VHFU在AGA临床评估中的应用提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择2023年6月至2024年6月于武汉大学中南医院就诊的AGA患者作为研究组。纳入标准: ①年龄18~60岁, 经专科医师门诊诊断为AGA; ②男性患者Hamilton-Norwood分级4~7级或女性患者Ludwig分级2~3级^[1]。排除标准: ①就诊前1个月内外用药物治疗或6个月内系统口服药物治疗; ②失访; ③妊娠、哺乳期女性; ④超声检查图像不清晰。

同期招募健康成人作为对照组。纳入标准: ①年龄18~60岁; ②无脱发、斑秃等疾病; 排除标准: ①超声检查图像不清晰; ②失访。本研究获武汉大学中南医院医学伦理委员会审批 (批号: 临研伦 [2022094])。

1.2 超声检查

采用Logiq E11超声诊断仪 (美国通用电气

公司), 配备L6-24探头, 频率24 MHz, 由2名经过皮肤高频超声培训的超声科医师进行检查。AGA患者早期脱发多出现于头顶及双侧额部发际线区, 头顶区毛发直径较粗且走形清晰, 利于超声图像显示。研究组选择头顶秃发区, 对照组选取对应头顶非秃发区进行检查。受检者采用俯卧位, 将头发分开充分暴露头皮, 涂抹适量耦合剂并放置导声垫, 将探头垂直于头皮表面进行检查。

1.3 资料收集

通过电子病历系统收集患者年龄、性别、脱发时间。通过头皮二维超声图像, 观察并记录毛囊内径是否增宽 ($> 4 \text{ mm}$)、是否存在与毛囊结构相连的皮下低回声区、表皮厚度、真皮厚度、头皮厚度 (表皮+真皮厚度)、毛囊内径 (毛囊峡部)、毛囊间距 (不同毛囊间测量3次取平均值); 利用超微血流显像显示头皮层血流并测量血流频谱, 包括分支状/点状血流、动脉血流收缩期峰值流速 (peak systolic velocity, PSV)、舒张末期流速 (end diastolic velocity, EDV)、血流阻力指数 (resistance index, RI)。

1.4 统计学分析

采用SPSS 19.0软件进行数据分析。计数资料以例数和百分比 ($n, \%$) 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。计量资料均符合正态分布, 以均数和标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验, 因头皮及真皮厚度与年龄密切相关^[8], 为避免年龄混杂因素影响, 以上2个参数组间比较时采用校正年龄的协方差分析。采用Bland-Altman法评估观察者间与观察者内厚度测量的一致性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

共纳入120例研究对象, 研究组与对照组各60例。研究组毛囊内径增宽、毛囊低回声区及点状血流患者比例高于对照组, 毛囊间

距、毛囊内径大于对照组，而 PSV、EDV 低于对照组，差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，见表 1。

2.2 研究组不同性别头皮检查结果比较

研究组中，男性平均年龄大于女性 ($P < 0.05$)，且男性脱发时间及表皮厚度大于女性，差

异有统计学意义 ($P < 0.05$)，见表 2。

2.3 重复性分析

对 2 名医师测量的真皮厚度、毛囊间距进行观察者内及观察者间重复性分析。Bland-Altman 散点图显示观察者内和观察者间所测量的参数具有良好的重复性，见图 1。

表 1 两组患者基线资料及超声图像特征 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1. Baseline data and ultrasound features between two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

指标	对照组 (n=60)	研究组 (n=60)	χ^2/t 值	P 值
年龄 (岁)	29.15 ± 5.25	27.07 ± 7.51	1.760	0.081
性别*			4.000	0.261
男	28 (46.67)	33 (55.00)		
女	32 (53.33)	27 (45.00)		
毛囊内径增宽*			13.297	< 0.001
否	52 (86.67)	34 (56.67)		
是	8 (13.33)	26 (43.33)		
毛囊低回声区*			23.831	< 0.001
无	50 (83.33)	24 (40.00)		
有	10 (16.67)	36 (60.00)		
血流情况*			9.480	0.002
分支状	56 (93.33)	44 (73.33)		
点状	4 (6.67)	16 (26.67)		
头皮厚度 (mm)	1.88 ± 0.29	1.86 ± 0.34	0.202	0.840
表皮厚度 (mm)	0.18 ± 0.04	0.19 ± 0.03	-1.248	0.214
真皮厚度 (mm)	1.69 ± 0.29	1.67 ± 0.34	0.348	0.728
毛囊间距 (mm)	0.85 ± 0.12	0.93 ± 0.17	-2.850	0.005
毛囊内径 (mm)	0.36 ± 0.09	0.49 ± 0.20	-4.583	< 0.001
PSV (cm/s)	2.99 ± 0.95	2.62 ± 0.66	2.469	0.015
EDV (cm/s)	1.39 ± 0.42	1.23 ± 0.26	2.678	0.008
RI	0.53 ± 0.04	0.52 ± 0.05	0.807	0.421

注：*计数资料以例数和百分比 (n, %) 表示；PSV.收缩期峰值流速；EDV.舒张末期流速；RI.血流阻力指数。

表 2 研究组不同性别头皮检查结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2. Comparison of scalp examination results between different genders in the study group ($\bar{x} \pm s$)

项目	男性 (n=33)	女性 (n=27)	t/F 值	P 值
年龄 (岁)	28.85 ± 7.97	24.89 ± 6.39	2.135	0.037
脱发时间 (年)	4.03 ± 3.28	2.46 ± 1.70	2.255	0.028
头皮厚度 (mm) *	2.01 ± 0.33	1.69 ± 0.28	0.049	0.825
表皮厚度 (mm)	0.20 ± 0.01	0.17 ± 0.04	3.341	0.001
真皮厚度 (mm) *	1.81 ± 0.33	1.52 ± 0.28	0.163	0.687
毛囊间距 (mm)	0.96 ± 0.18	0.89 ± 0.14	1.672	0.100
毛囊内径 (mm)	0.48 ± 0.19	0.49 ± 0.22	-0.077	0.939
PSV (cm/s)	2.64 ± 0.73	2.60 ± 0.58	0.232	0.817
EDV (cm/s)	1.22 ± 0.30	1.24 ± 0.19	-0.399	0.691
RI	0.53 ± 0.01	0.51 ± 0.05	1.379	0.173

注：*校正年龄的协方差分析；PSV.动脉血流收缩期峰值流速；EDV.舒张末期流速；RI.血流阻力指数。

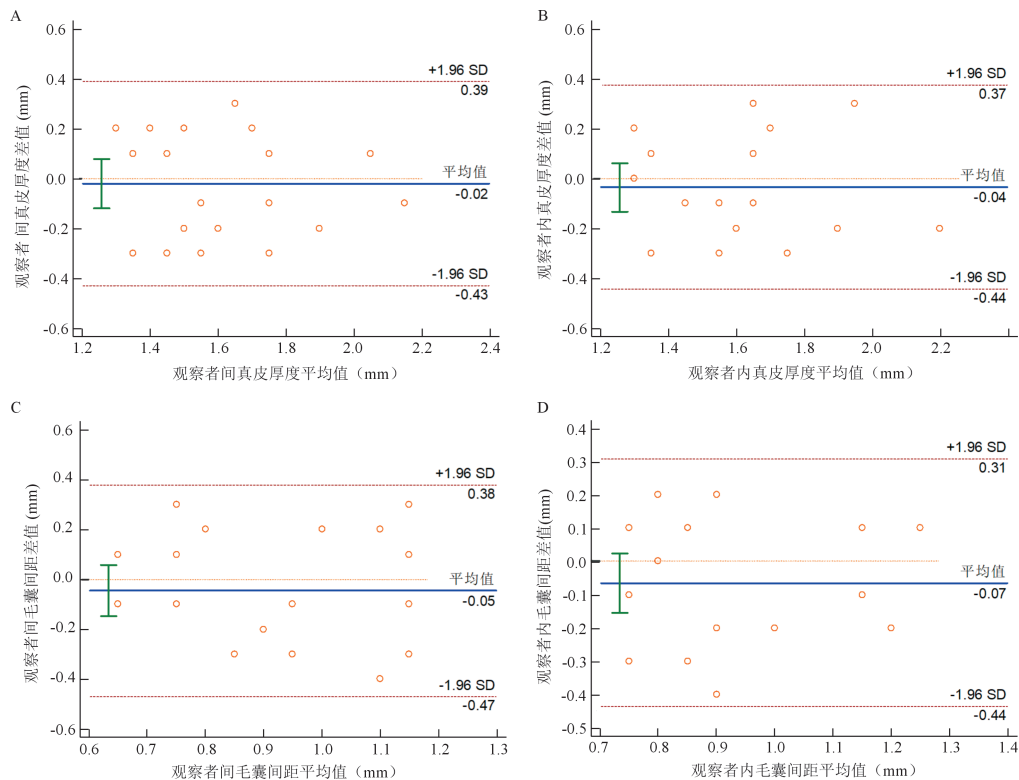


图1 真皮厚度、毛囊间距重复性分析

Figure 1. Repeatability analysis of dermal thickness and hair follicle spacing

注: A. 观察者间测量真皮厚度散点图; B. 观察者内测量真皮厚度散点图; C. 观察者间测量毛囊间距散点图; D. 观察者内测量毛囊间距散点图。

3 讨论

皮肤镜是皮肤科应用最广泛的诊断工具,可观察表皮、真皮浅层及两者交界处的颜色和结构,包括毛干、毛囊开口等。然而皮肤镜观察到的图像为水平重叠图像,难以精确定位层次。VHFU是一种对浅表器官进行断面成像的技术,能清晰显示表皮、真皮及皮下软组织,可提供亚毫米级的解剖信息,弥补皮肤镜在垂直方向上不可视的局限性。高频超声图像中,表皮层呈线状高回声,真皮层呈稍高回声,皮下软组织呈低回声,内可见条带状或网状分隔^[9]。甚高频探头可清晰显示头皮毛囊结构,表现为真皮层内斜行分布、长短不一的线状低回声,并对脱发患者毛囊进行在体可视化评估^[10-11]。对于脱发重、病程长,且皮肤镜下未观察到毛囊开口的患者,VHFU能够清晰显示皮下是否存在毛囊结构,为疾病分期提供可靠依据。

AGA发病受遗传、雄激素水平、压力、生活习惯等多种因素调控。毛囊微环境改变会损伤毛囊干细胞的增殖分化功能,导致脱发现象^[12]。研究显示,雄激素受体、II型5 α -还原酶活性在前

额及顶部脱发区的表达水平明显高于枕部毛囊,雄激素与脱发区易感毛囊结合会导致毛囊萎缩、毛发变细、生长周期缩短,逐渐呈现秃发外观^[13]。

本研究中AGA患者均为中重度脱发,不同性别AGA患者头皮厚度、真皮厚度、毛囊间距、毛囊内径及血流无明显差异。AGA患者毛囊间距、毛囊内径均大于健康人群。AGA患者脱发区毛发减少、毛干直径粗细不一,脱发部位出现大量细毛、毳毛,在超声图像中表现为毛囊间隔增大,毛囊直径差异性增大,部分毛囊增宽。中部增宽、长径变短的毛囊为“小卵形毛囊”,可能代表毛囊处于休止期^[14]。本研究观察到AGA患者部分毛囊增宽,可能与休止期毛囊增多导致生长期/休止期比例下降有关。Kinoshita-Ise等^[14]发现额部纤维化性脱发、扁平苔藓患者存在真皮中部毛囊周围低回声,本研究中AGA患者头皮中毛囊低回声区占比较多,原因可能包括:①毛囊周围炎症的存在。AGA严重程度与头皮油脂分泌旺盛程度呈正相关,脂肪酸合成过多破坏毛囊微环境,导致亲脂性细菌增殖活跃,引起头皮慢性炎症^[15-16];患者头皮存在氧化应激,活性氧水平增高,激活NF- κ B等炎症信号通路^[17];此外,雄

激素信号激活可以上调 IL-6 等炎症因子的表达, 促进成纤维细胞增殖和细胞外基质分泌, 吸引炎症细胞浸润, 进一步加重局部炎症反应。②毛囊周围、真皮层纤维化。二氢睾酮可诱导 TGF- β 1、TGF- β 2 等细胞因子表达增加, 促进成纤维细胞向肌成纤维细胞转化, 增加胶原蛋白合成能力的同时抑制基质金属蛋白酶表达, 减少胶原蛋白降解, 导致真皮层纤维沉积^[18]; 而且二氢睾酮可导致 Wnt/ β -catenin 通路活性减低, 影响成纤维细胞的分化与功能, 导致细胞外基质代谢失衡, 促进纤维化^[19]。

与皮肤镜相比, VHFU 能够提供清晰的毛囊结构断面图像。探头频率与图像分辨率成正比, 与成像深度成反比。24 MHz 频率成像深度约 6~8 mm, 由于分辨率限制, 该频率对于微型化的毛囊无法识别。研究显示, 70 MHz 超高频超声可检测出单个微型化毛囊。50 MHz 高频超声可清晰显示表皮下低回声带及真皮层, 多用于皮肤老化及鲍温病等疾病的研究, 然而其最大成像深度约为 3 mm, 无法显示皮下软组织浅层及毛囊结构全貌^[20]。因此, 在头皮及毛囊评估中, 24 MHz 频率超声是一种较为合适的选择。

VHFU 可实现毛囊周围血供的量化评估。毛囊血供不足可能导致毛囊提前进入休止期, 缩短生长周期^[21], 毛囊血供的实时、无创性评估能够为治疗效果评估及随访提供重要参考信息。本研究应用超微血流显像技术客观评估 AGA 患者的毛囊血供, 该新型超声成像技术依托多算法优化微血管结构显像, 可高敏感度识别低速血流信号^[22]。AGA 患者 PSV、EDV 均显著低于健康人群, 提示患者毛囊血供减少, 与既往研究结果一致^[23]。且随着病程延长, AGA 组皮下点状血流征象患者比例增多, 可能与慢性炎症反应导致真皮层内血供逐渐减少有关^[24-25]。本研究证实 VHFU 相关测量参数具有良好的组内及组间观察者重复性, 为该技术在临床脱发诊疗中的推广应用提供了可靠性支撑。

本研究存在一定局限性。首先, 本研究为单中心研究, 未能覆盖不同诊疗水平机构的患者, 可能存在选择偏倚。其次, 纳入的 AGA 患者为中重度脱发者、样本量较小, 一定程度上影响数据的全面性及可信度。另外, 未将超声结果与皮肤镜、组织病理表现进行关联性分析。未来需要多

中心、大样本的进一步研究, 明确超声成像特征的诊断及鉴别效能。

综上, VHFU 可清晰显示皮下毛囊结构, 其无创性和实时性能对 AGA 患者毛囊直径、毛囊密度等指标精准量化, 有效弥补皮肤镜检查的局限性, 而且毛囊血供评估能够为临床辅助诊断、治疗选择及随访监测提供重要依据。随着影像技术持续发展, VHFU 有望在皮肤病临床诊疗领域得到更深入且广泛的应用。

伦理声明: 本研究获武汉大学中南医院医学伦理委员会审批 (批号: 临研伦 [2022094])

作者贡献: 文献查阅: 柯茜茜、赵霞; 文章撰写与修改: 柯茜茜、赵霞; 文章审阅: 谢君、郑齐超、吴猛; 基金支持: 谢君

数据获取: 本研究中使用和 (或) 分析的数据可联系通信作者获取

利益冲突声明: 无

致谢: 不适用

参考文献

- 1 中国医师协会美容与整形医师分会毛发整形美容专业委员会. 中国人雄激素性脱发诊疗指南[J]. 中国美容整形外科杂志, 2019, 30(1): 2-6. [Hair Plastic and Aesthetic Surgery Professional Committee, Aesthetic and Plastic Surgery Branch, Chinese Medical Doctor Association. Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of androgenetic alopecia[J]. Chinese Journal of Aesthetic and Plastic Surgery, 2019, 30(1): 2-6.]
- 2 中华医学会整形外科学分会中国雄激素性脱发诊断与治疗指南制订工作组, 整形美容专业国家级医疗质量控制中心, 中国整形美容协会毛发医学分会, 等. 2023 中国临床实践指南: 雄激素性脱发诊断与治疗[J]. 中华整形外科杂志, 2024, 40(1): 1-20. [The Working Group for the Formulation of the Diagnosis and Treatment Guidelines for Androgenetic Alopecia in China, the National Medical Quality Control Center for Plastic and Aesthetic Surgery, the Hair Medicine Branch of the China Association of Plastic and Aesthetic Surgery, et al. 2023 Chinese clinical practice guidelines: diagnosis and treatment of androgenetic alopecia[J]. Chinese Journal of Plastic Surgery, 2024, 40(1): 1-20.]
- 3 中华医学会超声医学分会浅表器官及血管学组, 中国中西医结合学会皮肤性病专业委员会, 上海超声诊疗工程技术研究中心, 等. 皮肤疾病超声检查指南(2022 版)[J]. 中华超声影像学杂志, 2022, 31(7): 553-578. [Superficial Organs and Blood Vessels Group of the Ultrasound Medicine Branch of the Chinese Medical Association, Dermatology and Venereology Professional Committee of the Chinese Society of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shanghai Engineering Research Center for Ultrasound Diagnosis and Treatment, et al. Guidelines for ultrasound examination of skin diseases (2022 Edition)[J]. Chinese Journal of Ultrasound Imaging, 2022, 31(7): 553-578.]
- 4 Schwaiger H, Reinholz M, Poetschke J, et al. Evaluating the therapeutic success of keloids treated with cryotherapy and intralesional corticosteroids using noninvasive objective measures[J]. Dermatol Surg, 2018, 44(5): 635-644.
- 5 Li CX, Guo LH, Wang PR, et al. ALA-PDT combined with holmium laser

- therapy of postoperative recurrent extramammary Paget's disease[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2019, 27: 92–94.
- 6 Wortsman X, Wortsman J, Matsuoka L, et al. Corredoiira, sonography in pathologies of scalp and hair[J]. *Br J Radiol*, 2012, 85(1013): 647–655.
 - 7 Wortsman X, Carreno L, Ferreira-Wortsman C, et al. Ultrasound characteristics of the hair follicles and tracts, sebaceous glands, montgomery glands, apocrine glands, and arrector pili muscles[J]. *J Ultrasound Med*. 2019, 38(8): 1995–2004.
 - 8 中国整形美容协会毛发医学分会,中华医学会皮肤性病学分会激光技术应用研究中心,中华医学会医学美学与美容学分会,等. 中国头皮抗衰专家共识[J]. *实用皮肤病学杂志*, 2020, 13(6): 321–325. [The Hair Medicine Branch of the Chinese Association of Plastic and Reconstructive Surgery, the Laser Technology Application Research Center of the Dermatology and Venereology Branch of the Chinese Medical Association, the Medical Aesthetics and Cosmetology Branch of the Chinese Medical Association, et al. Chinese expert consensus on scalp anti-aging[J]. *Journal of Practical Dermatology*, 2020, 13(6): 321–325.]
 - 9 Van Mulder TJ, de Koeijer M, Theeten H, et al. High frequency ultrasound to assess skin thickness in healthy adults[J]. *Vaccine*. 2017, 35(14): 1810–1815.
 - 10 Kavali CM, Nguyen TQ, Zahr AS, et al. A randomized, double-blind, split-body, placebo-controlled clinical study to evaluate the efficacy and tolerability of a topical body firming moisturizer for upper arm rejuvenation[J]. *Aesthet Surg J*, 2021, 41(6): 472–483.
 - 11 Mikiel D, Polańska A, Zaba R, et al. Suitability of highfrequency ultrasonography (20 MHz) in evaluation of various forms of primary cicatricial alopecia in relation to trichoscopy-pilot study[J]. *Skin Res Technol*, 2021, 27(5): 774–784.
 - 12 方慧敏,汪振星,孙家明. 脱发性疾病的发生机制及干细胞治疗研究进展[J]. *中华整形外科杂志*, 2022, 38(8): 946–950. [Fang HM, Wang ZX, Sun JM. Advances on the patnogenesis of alopecia and stem cell therapy[J]. *Chinese Journal of Plastic Surgery*, 2022, 38(8): 946–950.]
 - 13 Choi MH, Yoo YS, Chung BC. Biochemical roles of testosterone and epitestosterone to 5 alpha-reductase as indicators of male-pattern baldness[J]. *J Invest Dermatol*, 2001, 116(1): 57–61.
 - 14 Kinoshita-Ise M, Ohyama M, Ramjist JM, et al. Ultra high frequency ultrasound with seventy-MHz transducer in hair disorders: development of a novel noninvasive diagnostic methodology[J]. *J Dermatol Sci*, 2021, 102(3): 167–176.
 - 15 Yi Y, Li X, Jia J, et al. Effect of behavioral factors on severity of female pattern hair loss: an ordinal logistic regression analysis[J]. *Int J Med Sci*, 2020, 17(11): 1584–1588.
 - 16 叶新,宋欣,刘馨阳,等. 青年女性雄激素性脱发相关影响因素分析[J]. *重庆医学*, 2024, 53(1): 69–72, 78. [Ye X, Song X, Liu XY, et al. Analysis of influencing factors of female androgenetic alopecia in young women[J]. *Chongqing Medical Journal*, 2024, 53(1): 69–72, 78.]
 - 17 马晓敏,梁丹妮,张凯云,等. 氧化应激对雄激素性脱发的发病机制及其研究进展[J]. *中国美容医学*, 2025, 34(2): 189–192. [Ma XM, Liang DN, Zhang KY, et al. The pathogenesis and research progress of oxidative stress on androgenic alopecia[J]. *Chinese Journal of Aesthetic Medicine*, 2025, 34(2): 189–192.]
 - 18 Soma T, Tsuji Y, Hibio T. Involvement of transforming growth factor-beta2 in catagen induction during the human hair cycle[J]. *J Invest Dermatol*, 2022, 118(6): 993–997.
 - 19 Leirós GJ, Attorresi AI, Balañ ME. Hair follicle stem cell differentiation is inhibited through cross-talk between Wnt/ β -catenin and androgen signalling in dermal papilla cells from patients with androgenetic alopecia[J]. *Br J Dermatol*, 2012, 166(5): 1035–1042.
 - 20 Sciolla B, Digabel JL, Josse G, et al. Joint segmentation and characterization of the dermis in 50 MHz ultrasound 2D and 3D images of the skin[J]. *Comput Biol Med*, 2018, 103: 277–286.
 - 21 Deng Z, Chen M, Liu F, et al. Androgen receptor-mediated paracrine signaling induces regression of blood vessels in the dermal papilla in androgenetic alopecia[J]. *J Invest Dermatol*, 2022, 142(8): 2088–2099. e9.
 - 22 Song Y, Xing H, Zhang Z, et al. Detection of carotid atherosclerotic intraplaque neovascularization using superb microvascular imaging: a Meta-analysis[J]. *J Ultrasound Med*, 2021, 40 (12): 2629–2638.
 - 23 邹宝,平媛媛,李雪,等. 轻度雄激素性秃发毛囊超声图像特点及其临床应用价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2022, 38(8): 881–884. [Zou B, Ping YY, Li X, et al. Sonographic features and ciinical value of hair follicles in mild androgenic alopecia by super sonography[J]. *Chinese Journal of Ultrasound Medicine*, 2022, 38(8): 881–884.]
 - 24 Kim GW, Jung HJ, Ko HC, et al. Dermoscopy can be useful in differentiating scalp psoriasis from seborrheic dermatitis[J]. *Br J Dermatol*, 2011, 164(3): 652–656.
 - 25 Giavedoni P, Matinenz C, Polipnik S, et al. Assessment of sclerodermaid chronic graft-versus-host disease with colour doppler ultrasound[J]. *Acta Derm Venereol*, 2021, 101(2): adv00395.

收稿日期: 2025年01月24日 修回日期: 2026年03月14日
 本文编辑: 杨室淞 曹越

引用本文: 柯茜茜,赵霞,郑齐超,等. 24MHz甚高频超声在雄激素性脱发患者头皮检查中的成像特征分析[J]. 医学新知, 2026, 36(6): 707–712. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202501138.

Ke QQ, Zhao X, Zheng QC, et al. Analysis of imaging characteristics of 24 MHz very high-frequency ultrasound in scalp examination of patients with androgenetic alopecia[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2026, 36(6): 707–712. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202501138.