

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.12.018
网络首发 https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250826.1047.004(2025-08-26)

剪切波弹性成像在儿童睾丸微石症中的应用价值^{*}

崔晓颖,蒋贤辉[△],洪逸翔,黄芹芹
(杭州市儿童医院特检科,杭州 310014)

[摘要] **目的** 探讨剪切波弹性成像(SWE)技术对评估睾丸微石症(TM)患儿睾丸实质硬度的应用价值。**方法** 回顾性选取 2023 年 8 月至 2025 年 4 月该院超声诊断为 TM 的 90 例患儿作为观察组,根据超声分级分为Ⅰ级 30 例、Ⅱ级 30 例、Ⅲ级 30 例。另选择同期健康儿童 50 例作为对照组。分别采用常规二维超声及 SWE 技术检测,比较各组间睾丸中央区实质杨氏模量(YM)值的差异。绘制受试者操作特征(ROC)曲线评估右侧睾丸中央区 YM 值对Ⅱ级、Ⅲ级 TM 患儿的诊断效能。探讨睾丸实质硬度与 TM 分级间的相关性。**结果** 观察组 TM 各分级与对照组间双侧睾丸中央区 YM 值比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),其中Ⅱ级、Ⅲ级双侧睾丸中央区 YM 值均高于对照组($P<0.05$)。右侧睾丸中央区 YM 值诊断Ⅱ级、Ⅲ级 TM 的截断值分别为 3.2 kPa、3.6 kPa,ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.80、0.93。双侧睾丸中央区 YM 值与 TM 超声分级均呈正相关($P<0.05$)。**结论** SWE 检测 TM 患儿的睾丸实质硬度可在一定程度上反映 TM 分级。**[关键词]** 剪切波弹性成像;超声分级;儿童;睾丸微石症
[中图法分类号] R726.9 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)12-2828-04

Application value of shear wave elastography in children with testicular microcystis^{*}

CUI Xiaoying,JIANG Xianhui[△],HONG Yixiang,HUANG Qinqin
(Department of Special examination, Hangzhou Children's Hospital,
Hangzhou, Zhejiang 310014, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of shear wave elastography (SWE) technology in evaluating the elastic changes of the testicular parenchyma in children with testicular microlithiasis (TM). **Methods** A total of 90 children diagnosed with TM by ultrasound in this hospital from August 2023 to April 2025 were selected as the observation group and divided into 30 cases of grade I, 30 cases of grade II and 30 cases of grade III according to the ultrasound classification. Another 50 healthy children of the same period were selected as the control group. Conventional two-dimensional ultrasound and SWE technology were respectively used for detection, and the differences in Young's modulus (YM) values of the parenchyma in the central testicular area among each group were compared. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the diagnostic efficacy of the YM value in the central area of the right testicle for children TM with grade II and grade III. To explore the correlation between the hardness of testicular parenchyma and TM grade. **Results** The comparison of the YM values in the central area of bilateral testicles between each TM grade in the observation group and the control group showed statistically significant differences ($P<0.05$). Among them, the YM values in the central area of bilateral testicles in grade II and grade III were higher than those in the control group ($P<0.05$). The cut-off values of the YM value in the central area of the right testicle for diagnosing grade II and grade III TM were 3.2 and 3.6 kPa respectively, and the areas under the ROC curve were 0.80 and 0.93 respectively. The YM values in the central area of both testicles were positively correlated with the TM ultrasound grade ($P<0.05$). **Conclusion** The hardness of testicular parenchyma in children with TM detected by SWE can reflect the TM grade to a certain extent. **[Key words]** shear wave elastography; ultrasound grading; children; testicular microlithiasis

随着人们健康意识日益提高及高频超声的使用, 睾丸微石症(testicular microlithiasis, TM)的检出率

^{*} 基金项目:浙江省杭州市生物医药和健康产业发展扶持科技专项(2022WJC170)。 [△] 通信作者, E-mail:jiangxianhui80@163.com。

正逐年升高^[1]。临床上 TM 一般无明显症状,多为良性,往往因其他原因就医行超声检查时偶然发现。欧洲泌尿外科协会(European Association of Urology, EAU)最新指南指出,复杂性 TM(包括睾丸萎缩、隐睾病史或肿瘤家族病史)会增加睾丸肿瘤及不育的风险,引起了临床广泛关注^[2]。TM 的诊断主要依靠超声检查,常规超声可检出睾丸结石的大小、数量及血流动力学变化,但在反映睾丸实质内部变化及微小血流显示等方面较困难^[3]。CT 辐射对儿童的性腺有一定的危害,MRI 检查存在不能检出微石、价格昂贵、操作时间长等不足,使其在 TM 的诊断与随访中存在较大局限性。因此,临床仍需寻找更优的方法以进行 TM 的评估。

剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)是一种可以检测组织内部硬度信息的新型超声技术,已广泛应用于甲状腺、肝脏等临床领域^[4]。本研究拟采用 SWE 技术评价不同分级的 TM 患儿睾丸实质弹性变化特征,探讨睾丸实质硬度与 TM 分级之间的相关性,以期为儿童 TM 的评估及随访提供一种新的客观辅助诊断方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性选取 2023 年 8 月至 2025 年 4 月于本院经阴囊彩超检查确诊为 TM 的 90 例患儿作为 TM 组。纳入标准:双侧睾丸均符合典型 TM 诊断标准^[5];排除标准:既往有睾丸扭转、睾丸占位、睾丸及附睾炎症、睾丸附件扭转、外伤史及先天性发育异常等疾病。根据超声单个切面观察到的微石数量,进一步分级为Ⅰ级(微石数量 5~10 个)、Ⅱ级(微石数量 11~20 个)、Ⅲ级(微石数量>20 个),各 30 例^[6]。选取同期于本院儿童保健科就诊的 50 例健康儿童(年龄 7~16 岁)作为对照组。纳入标准:影像学检查及实验室检查均无明显异常;排除标准:既往有 TM、睾丸扭转、睾丸占位、睾丸及附睾炎症、睾丸附件扭转、外伤史及先天性发育异常等疾病。本研究已通过本院伦理委员会批准[审批号:(2023)年伦理(临研)第(07)号],免除患儿监护人知情同意。

1.2 方法

受检者取仰卧位放松平静呼吸,完全显露阴囊,首先充分观察睾丸位置、形态等一般情况,观察无明显异常指征后对睾丸行超声检查。采用法国 Super-sonic Imagine 公司 Aixplorer 型超声诊断仪,选用 L15-4 线阵探头,探头频率范围 4~15 MHz,配有 SWE 软件系统。检查者应尽量避免自身手部力量对睾丸施加压力,将探头轻轻放置在阴囊表面进行二维超声检查,先取右侧睾丸进行纵切面扫查,记录长径和厚径,再进行横切面扫查,记录睾丸宽径,计算睾丸体积=长×宽×厚×0.71。然后在睾丸纵切面进行杨氏模量(Young's modulus, YM)值检测,启动 SWE 模式,待图像稳定后(彩色框完全充填均匀)冻结图像,选取睾丸实质中央区即包膜下 0.5~1.0 cm 处作为感兴趣区(region of interest, ROI),圆形 ROI 直径约 3~5 mm。设备自动测量该部位的 YM 值。重复检测 3 次,取其平均值。用同样的方法对左侧睾丸进行测量。

1.3 统计学处理

采用 SPSS29.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 Bonferroni 检验;偏态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,多组间比较采用 Kruskal-Wallis 检验。绘制受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估诊断性能,并计算 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC),获得截断值。相关性采用 Spearman 等级相关性分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组一般资料及双侧睾丸中央区 YM 值的比较

TM 各分级与对照组间年龄、身高、体重、BMI、右侧睾丸体积、左侧睾丸体积比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);TM 各分级与对照组间右侧睾丸中央区 YM 值及左侧睾丸中央区 YM 值比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),其中Ⅱ级、Ⅲ级右侧睾丸中央区 YM 值及左侧睾丸中央区 YM 值高于对照组($P < 0.05$),Ⅰ级与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 两组一般资料及睾丸中央区 YM 值的比较

组别	对照组	TM Ⅰ级	TM Ⅱ级	TM Ⅲ级	F/H	P
年龄[M(Q ₁ , Q ₃), 岁]	11.00(10.00, 12.00)	11.00(10.75, 13.00)	11.00(10.00, 13.00)	11.00(10.00, 12.00)	2.284	0.516
身高($\bar{x} \pm s$, m)	1.50±0.08	1.47±0.09	1.51±0.09	1.50±0.10	1.328	0.268
体重($\bar{x} \pm s$, kg)	44.45±6.04	43.00±5.86	45.63±7.45	45.05±5.94	0.960	0.414
BMI[M(Q ₁ , Q ₃), kg/m ²]	19.23(18.65, 20.71)	19.31(18.69, 20.59)	19.19(18.73, 21.08)	19.22(18.71, 21.15)	0.282	0.963
右侧睾丸体积[M(Q ₁ , Q ₃), mL]	4.85(2.30, 6.32)	3.20(2.14, 6.48)	4.82(3.27, 6.84)	4.03(2.62, 6.19)	2.479	0.479

续表 1 两组一般资料及睾丸中央区 YM 值的比较						
组别	对照组	TM I级	TM II级	TM III级	F/H	P
左侧睾丸体积[M(Q ₁ ,Q ₃),mL]	4.56(2.31,6.04)	3.37(2.45,6.49)	4.84(3.15,7.49)	3.45(2.16,6.60)	2.858	0.414
右侧睾丸中央区 YM 值($\bar{x}\pm s$,kPa)	2.80±0.55	2.93±0.65	3.62±0.78 ^a	4.80±1.41 ^a	37.455	<0.001
左侧睾丸中央区 YM 值($\bar{x}\pm s$,kPa)	2.87±0.54	3.02±0.70	3.58±0.75 ^a	4.93±1.52 ^a	35.945	<0.001

^a: $P<0.05$,与对照组比较。

2.2 ROC 曲线分析

右侧睾丸中央区 YM 值诊断 TM 分级为 II 级的截断值为 3.2 kPa (灵敏度为 76.0%, 特异度为

70.0%), AUC 为 0.80, 右侧睾丸中央区 YM 值诊断 TM 分级为 III 级的截断值为 3.6 kPa (灵敏度为 96.0%, 特异度为 73.3%), AUC 为 0.93, 见图 1。

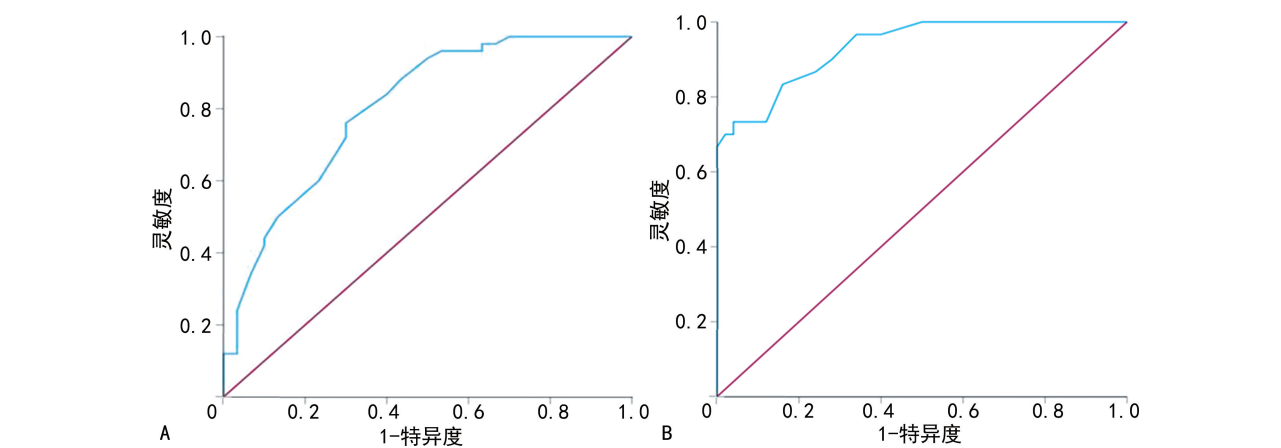


图 1 TM 患儿不同超声分级右侧睾丸中央区 YM 值的 ROC 曲线分析

2.3 超声分级与睾丸中央区 YM 值的相关性

右侧睾丸中央区 YM 值与 TM 患儿超声分级呈正相关($r=0.609, P<0.001$), 左侧睾丸中央区 YM 值与 TM 患儿超声分级呈正相关($r=0.595, P<0.001$)。

3 讨 论

TM 是阴囊超声检查中一种相对常见的疾病, 主要表现为睾丸实质内的强光点回声, 无后方声影, 直径 1~3 mm, 发病原因可能与曲细精管上皮细胞脱落、钙质沉积或者局部炎症有关。TM 可发生于任何年龄, 通常无明显临床症状。近年来关于 TM 与睾丸纤维化、男性不育、潜在肿瘤风险等相关的报道越来越多, 引起临床学者的重视^[7]。成人 TM 多由儿童 TM 发展而来, 而有关儿童 TM 的研究较少。随着临床对 TM 的认识不断加深, 部分指南提示需要长期监测 TM 患者肿瘤风险, 尤其是儿童群体^[2,8]。高频超声对 TM 的诊断及随访有一定优势, 但有研究发现脉冲多普勒检查 TM 与正常睾丸内动脉最大流速、阻力指数等均无明显差异^[9]。对 TM 的研究仍处于探索阶段, 临床仍需进行大量的实验寻求新的客观依据评价 TM 病程进展。SWE 是一种利用剪切波的物理特性以评价组织硬度的超声新技术, 该技术可对人体多种器官弹性信息进行成像并对硬度量^[10]。随着 SWE 技术的发展, 关于 SWE 在睾丸中应用的报道越

来越多。SWE 在儿童睾丸鞘膜积液、睾丸肿瘤、睾丸及附睾炎症、睾丸扭转等疾病诊断中都有重要价值^[11-13]。这弥补了常规影像学检查在睾丸病变诊断中的不足, 可以更加直观地提供临床睾丸硬度信息以辅助诊断。

有研究表明睾丸实质上部(腹侧)、中央区和下部(背侧)的硬度存在差异且上部和下部的硬度均高于中央区, 并提出可以认为睾丸中部的弹性模量值更加符合睾丸实质真实硬度值^[14-15]。因此本研究统一选择睾丸实质中央区作为 ROI 以减小位置对于弹性模量值测量的影响, 结果显示, TM 超声分级为 II 级、III 级右侧睾丸中央区 YM 值及左侧睾丸中央区 YM 值均高于对照组, 相关性分析结果也显示睾丸中央区 YM 值与 TM 患儿超声分级呈正相关。这表明随着 TM 患儿睾丸内微石数量的增加, SWE 检测的睾丸中央区 YM 值增加。轻度 TM 患儿可能由于微石数量较少所引起的睾丸实质变化不明显, 故 TM 分级为 I 级的睾丸中央区 YM 值与对照组比较差异无统计学意义($P>0.05$)。分析本研究中 II 级以上 TM 患儿睾丸中央区 YM 值升高的原因: 一方面 TM 是曲细精管内由胶原蛋白等结缔组织包裹钙化灶沉积形成, 而钙化灶及周边结缔组织的硬度比睾丸实质的硬度更大^[16-17]; 另一方面随着曲细精管沉积物阻塞程度加重可引起曲细精管内压升高和睾丸供血改变, 继而影响

睾丸实质硬度增加^[18]。睾丸中央区 YM 值随着 TM 分级的提高而增加,提示睾丸实质硬度与微石数量关系密切,也间接表明 SWE 技术有助于判断 TM 患儿睾丸的实质受损程度,使用该技术检测得到的睾丸中央区 YM 值为诊断 TM 提供一定的科学依据。多数研究结果表明,SWE 检测的不同侧别间的睾丸硬度比较,差异无统计学意义($P>0.05$)^[19-20]。故本研究绘制右侧睾丸中央区 YM 值诊断Ⅱ级、Ⅲ级 TM 患儿的 ROC 曲线,结果显示右侧睾丸中央区 YM 值对Ⅱ级 TM、Ⅲ级 TM 的诊断效能均较高,弥补了二维超声分级的不足,提高了临床诊疗效率,为临床诊断提供更加清晰、客观的结果。

本研究具有一定的局限性:为单中心研究,还需进一步开展多中心研究,积累样本量,扩大研究对象年龄范围;部分患儿不配合可能会造成图像质量欠佳,比较依赖于操作者的熟练水平。

综上所述,通过 SWE 检测的 TM 患儿睾丸实质硬度可在一定程度上反映与 TM 分级的关系,提示该技术在 TM 诊断等方面临床应用的可行性,有可能为儿童 TM 的评估及随访提供一种新的客观辅助诊断方法。

参考文献

[1] LEBLANC L,LAGRANGE F,LECOANET P, et al. Testicular microlithiasis and testicular tumor:a review of the literature[J]. Basic Clin Androl,2018,28:8.

[2] GNECH M,VAN UITERT A,KENNEDY U, et al. European Association of Urology/European Society for paediatric urology guidelines on paediatric urology: summary of the 2024 updates[J]. Eur Urol,2024,86(5):447-456.

[3] 庞昆,陈静,孙延岭,等. 睾丸微石症的研究进展[J]. 东南大学学报(医学版),2019,38(4):732-736.

[4] 杨倩玫,蒋瑶,范正鹏,等. 剪切波弹性成像技术评估卒中伴发上肢肌痉挛患者屈肌肌群硬度变化的应用价值[J]. 重庆医学,2023,52(22):3425-3428,3433.

[5] AOUN F,SLAOUI A,NAOUM E, et al. Testicular microlithiasis: systematic review and clinical guidelines[J]. Prog Urol,2019,29(10):465-473.

[6] 高若影,乔晓红. 儿童睾丸微石症的研究进展[J]. 临床儿科杂志,2024,42(12):1056-1062.

[7] 牛之彬,杨屹,侯英,等. 儿童睾丸微石症的临床特点 [J]. 中华实用儿科临床杂志,2017,32

(23):1800-1802.

[8] RICHENBERG J,BELFIELD J, RAMCHANDANI P, et al. Testicular microlithiasis imaging and follow-up: guidelines of the ESUR scrotal imaging subcommittee[J]. Eur Radiol,2015,25(2):323-330.

[9] 黄莉,殷艳. 睾丸微石症超声诊断的随访价值[J]. 南通大学学报(医学版),2012,32(3):238-239.

[10] 郑直. 剪切波弹性成像临床应用进展[J]. 齐齐哈尔医学院学报,2023,44(12):1166-1170.

[11] 李保卫,王坤,张文晓,等. 实时剪切波弹性成像技术对精索静脉曲张患者睾丸生精功能的评价[J]. 滨州医学院学报,2022,45(2):141-143.

[12] 聂丽丽,贺新建. 二维超声联合剪切波弹性成像在男童中枢性性早熟诊疗中的临床价值[J]. 临床超声医学杂志,2024,26(7):578-582.

[13] 郭峻梅,高虹,易欣,等. 超声及超声弹性成像在儿童睾丸疾病中的应用进展[J]. 医学综述,2020,26(15):3057-3061.

[14] 刘克,刘颖,穆维娜,等. 超声弹性成像分析不同年龄健康男性睾丸硬度的变化规律[J]. 中国性科学,2021,30(8):8-11.

[15] 邱少东,陈菲,罗燕华,等. 观察超声弹性成像定量分析技术在睾丸微石症诊断中的应用价值[J]. 中国介入影像与治疗学,2012,9(4):282-285.

[16] 刘灵川,夏建克,朱张茜,等. 声触诊组织成像定量技术在睾丸的初步应用[J]. 中国男科学杂志,2022,36(6):73-77.

[17] 周元,杨凯华,韩明丽,等. 超声对儿童睾丸微石症的诊断价值[J]. 临床超声医学杂志,2015,17(4):266-268.

[18] DINKELMAN-SMIT M. Management of testicular microlithiasis[J]. Eur Urol Focus, 2021,7(5):940-942.

[19] TROTTMANN M,MARCON J,D'ANASTASI M, et al. Shear-wave elastography of the testis in the healthy man-determination of standard values[J]. Clin Hemorheol Microcirc,2016,62(3):273-281.

[20] 邝斌,李明星. 声触诊组织成像定量技术评价正常成人睾丸生精功能[J]. 中国医学影像技术,2019,35(1):117-120.