

✧ 生殖泌尿影像学

Shear wave elastography in quantitative evaluation of penile corpus cavernosum hardness

CHENG Hao^{1,2}, YANG Lin³, RUAN Litao^{1*}

(1. Department of Ultrasound Medicine, 3. Department of Urology, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China;

2. Department of Ultrasound Medicine, Shaanxi Provincial Tumor Hospital, Affiliated Hospital of Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

[Abstract] **Objective** To explore of value of real-time shear wave elastography (SWE) in quantitative evaluation of corpus cavernosum hardness. **Methods** Totally 150 healthy volunteers were divided into 5—12 years old group, 13—18 years old group, 19—30 years old group, 31—50 years old group and 51—70 years old group. Young's modulus of the corpus cavernosum was measured quantitatively with SWE imaging function. **Results** The hardness of penile cavernosum increased with the increase of age. Young's modulus was (9.05 ± 0.85) kPa in 5—12 years old group, (11.01 ± 1.34) kPa in 13—18 years old group, (12.03 ± 0.85) kPa in 19—30 years old group, (16.33 ± 1.56) kPa in 31—50 years old group and (24.46 ± 1.81) kPa in 51—70 years old group. **Conclusion** SWE can be used for quantitative measurement of Young's modulus of corpus cavernosum, which is noninvasive, simple, safe and has important clinical application value.

[Keywords] penis; corpus cavernosum; ultrasonography

DOI: 10.13929/j.1003-3289.201811086

剪切波弹性成像定量评价阴茎海绵体硬度

程 颢^{1,2}, 杨 林³, 阮骊韬^{1*}

(1. 西安交通大学第一附属医院超声科, 3. 泌尿外科, 陕西 西安 710061;

2. 西安交通大学附属陕西省肿瘤医院超声科, 陕西 西安 710061)

[摘 要] **目的** 探讨实时剪切波弹性成像(SWE)定量评价阴茎海绵体硬度的价值。**方法** 收集 150 名健康志愿者, 根据年龄分为 5~12 岁组、13~18 岁组、19~30 岁组、31~50 岁组、51~70 岁组。采用 SWE 成像功能定量测量其阴茎海绵体的杨氏模量值。**结果** 随年龄增大, 其阴茎海绵体硬度值增加, 5~12 岁组为 (9.05 ± 0.85) kPa、13~18 岁组为 (11.01 ± 1.34) kPa、19~30 岁组为 (12.03 ± 0.85) kPa、31~50 岁组为 (16.33 ± 1.56) kPa、51~70 岁组为 (24.46 ± 1.81) kPa。**结论** SWE 技术定量测量阴茎海绵体杨氏模量值无创、简便、安全, 有重要临床应用价值。

[关键词] 阴茎; 海绵体; 超声检查

[中图分类号] R697.1; R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2019)06-0891-04

阴茎海绵体在勃起中发挥着重要作用。研究^[1-2] 滑肌细胞的含量会持续降低, 当平滑肌细胞数量改变表明, 随着年龄增长和睾酮水平降低, 阴茎海绵体内平 时, 阴茎海绵体硬度也会发生变化, 因此通过评估阴茎

[基金项目] 西安交通大学第一附属医院临床重点项目(XJTU1AF-CRF-2016-015)。

[第一作者] 程颢(1986—), 男, 陕西西安人, 在读硕士, 主治医师。研究方向: 浅表器官的超声诊断与超声介入。E-mail: 170421725@qq.com

[通信作者] 阮骊韬, 西安交通大学第一附属医院超声科, 710061。E-mail: ruanlitao@163.com

[收稿日期] 2018-11-16 **[修回日期]** 2019-04-22

海绵体的硬度可以间接反映阴茎海绵体平滑肌细胞的含量。超声剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 可定量评价活体组织硬度, 目前已广泛用于乳腺^[3]、甲状腺^[4]、肝脏^[5]、前列腺^[6]等疾病的诊断和鉴别诊断。本研究采用 SWE 量化评估不同年龄段男性阴茎海绵体的硬度, 旨在探讨 SWE 评估海绵体硬度的可行性, 为今后对勃起功能障碍 (erectile dysfunction, ED) 的研究奠定基础。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2016 年 11 月—2019 年 3 月在本院体检、就诊的无男性相关疾病的 150 名志愿者, 年龄 5~70 岁, 平均 (30.6±18.9) 岁。纳入标准: 血压、血脂和血糖均正常, 无吸烟史, 国际勃起功能指数问卷表-5 (international index of erectile function 5, IIEF-5) 量表评分为 22~25 分^[7] (即勃起功能正常)。排除标准: ED、阴茎器质性病变, 有阴茎外伤史及先天畸形者。根据年龄将志愿者分为 5 组, 每组 30 名: 5~12 岁组 (儿童组), 平均年龄 (8.9±2.1) 岁; 13~18 岁组 (青春组), 平均年龄 (15.6±1.7) 岁; 19~30 岁组 (成年-已婚组), 平均年龄 (24.5±4.0) 岁; 31~50 岁组 (中年组), 平均年龄 (41.1±5.6) 岁; 51~70 岁组 (中老年组), 平均年龄 (60.6±5.9) 岁。本研究经我院伦理委员会批准 (伦理号: XJTU1AF2016LSL-047), 所有受试者或其监护人均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用声科 Aixplorer 超声诊断系统, Superlinear SL4-15 探头, 频率 14.0 MHz。保持检查室安静、舒适。对年龄 <18 岁者允许家属留检查室陪同。嘱受检者仰卧, 放松、均匀呼吸, 单手食指尽量只接触阴茎头部, 将阴茎背侧轻贴于腹壁, 固定阴茎, 对阴茎尽可能无压力。将探头轻置于阴茎腹侧, 首先以二维超声模式扫查阴茎, 清晰显示阴茎海绵体组织结构后冻结图像; 用耦合剂填充探头与阴茎腹侧接触面, 尽量减少探头自身重力与检查者手部力量对阴

茎产生的压力, 观察阴茎海绵体, 通常双侧阴茎海绵体对称, 二维超声表现为均匀的中等回声, 之后将图像切换至 SWE 模式, 图像优化调节至 “std”, 观察阴茎海绵体横切面及纵切面, 并各储存 3 帧实时图像。

1.3 图像分析 采用 Q-Box 软件, 在双侧阴茎海绵体中段横、纵切面图像上取样框内色彩填充最完整 (油画样填充、无马赛克样伪像点) 时, 分别选取 3 个直径为 3 mm 的圆形 ROI, ROI 应完全位于海绵体组织内。测量 3 次杨氏模量值, 取平均值。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 19.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。以 Kolmogorov-Smirnov 检验对数据进行正态性检验, 采用 Levene 检验方差齐性, 数据总体服从正态分布, 但方差不齐。采用 Kruskal-Wallis H 检验比较 5 组间及组内横切面左侧、右侧阴茎海绵体, 纵切面左侧、右侧阴茎海绵体杨氏模量值, 两两比较采用 Games-Howell 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

不同年龄组内横切面左侧、右侧阴茎海绵体, 纵切面左侧、右侧阴茎海绵体杨氏模量值比较总体差异无统计学意义 (P 均 > 0.05; 表 1)。5~12 岁组杨氏模量值为 (9.05±0.85) kPa, 13~18 岁组为 (11.01±1.34) kPa, 19~30 岁组为 (12.03±0.85) kPa, 31~50 岁组为 (16.33±1.56) kPa, 51~70 岁组为 (24.46±1.81) kPa。不同年龄组间横切面左侧、右侧阴茎海绵体, 纵切面左侧、右侧阴茎海绵体杨氏模量值总体差异有统计学意义 (P 均 < 0.001), 随着年龄增加, 杨氏模量值逐渐升高, 两两比较差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05; 表 1、图 1)。

3 讨论

实时 SWE 是一种无创评估组织硬度的超声技术, 已在肝脏、乳腺、甲状腺等许多领域中显示了其有效性和优越性^[3-6]。目前将实时 SWE 应用于阴茎海绵

表 1 不同年龄组健康志愿者阴茎海绵体杨氏模量值比较 (kPa, $\bar{x} \pm s$, n=30)

组别	横切面		纵切面		H 值	P 值
	左侧阴茎海绵体	右侧阴茎海绵体	左侧阴茎海绵体	右侧阴茎海绵体		
5~12 岁组	9.01±0.42	8.52±1.17	9.69±0.51	9.09±0.98	0.084	0.968
13~18 岁组	11.06±0.32	10.02±0.07	11.19±1.70	10.19±0.52	0.387	0.763
19~30 岁组	12.19±0.65	12.02±0.93	12.13±0.64	11.95±0.90	0.091	0.965
31~50 岁组	16.36±1.43	16.27±1.53	16.30±1.71	16.40±1.62	0.282	0.838
51~70 岁组	21.03±1.87	21.61±2.06	21.69±1.64	21.70±1.64	0.595	0.619
H 值	125.31	121.89	126.25	125.55	—	—
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	—	—

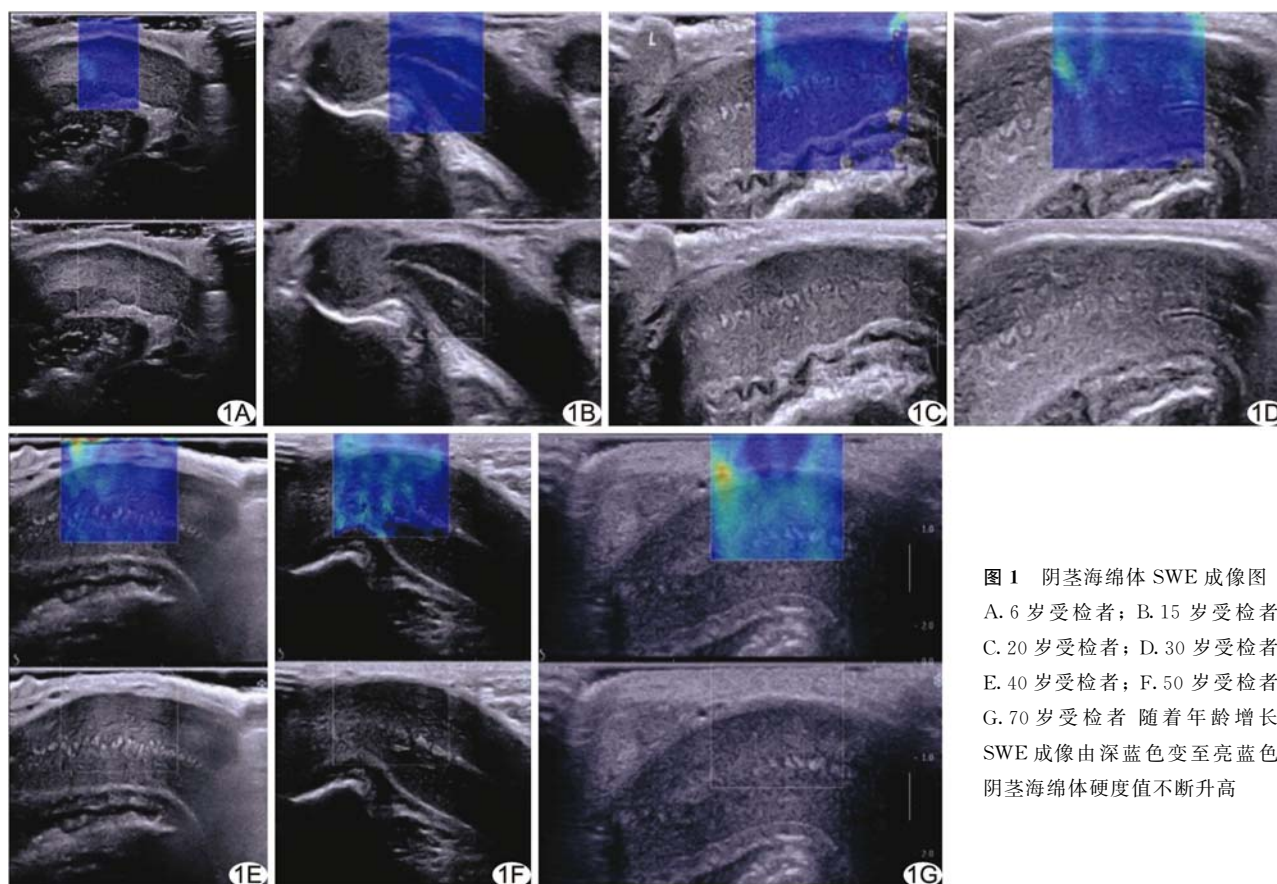


图 1 阴茎海绵体 SWE 成像图
A. 6 岁受检者; B. 15 岁受检者;
C. 20 岁受检者; D. 30 岁受检者;
E. 40 岁受检者; F. 50 岁受检者;
G. 70 岁受检者 随着年龄增长,
SWE 成像由深蓝色变至亮蓝色,
阴茎海绵体硬度值不断升高

体的研究报道尚不多见。张佳杰等^[8]利用 SWE 对健康中老年人阴茎海绵体进行分组评价,发现存在阴茎海绵体组织退化的中年及老年组阴茎海绵体的杨氏模量值差异有统计学意义($P < 0.05$),且阴茎海绵体 SWE 测得的杨氏模量值与患者睾酮水平呈正相关。Riversi 等^[9-10]对部分阴茎曲度较大患者进行常规超声检查,未发现其阴茎具有明显器质性改变,而 SWE 成像显示部分区域内表现出较大的硬度值;对上述区域进行局部注射,可在一定程度上缓解症状,但该技术是否可以作为常规方法目前尚无定论。

目前评价阴茎海绵体结构和成分主要方法有^[11-13]:①阴茎海绵体造影术,该技术需向阴茎海绵体内注射活性药物,如前列地尔等,有使阴茎异常勃起及发生海绵体纤维化等不良反应的可能;②阴茎海绵体活检术,此为检测阴茎海绵体含量的“金标准”,可直观显示阴茎海绵体内平滑肌含量及胶原纤维成分,但患者依从性差、操作复杂、为有创检查,术后可有阴茎疼痛,且有发生血肿的可能。本研究发现,SWE 成像可量化评价阴茎海绵体杨氏模量值随年龄增长而增加的趋势,本研究中 5~12 岁杨氏模量值为(9.05 ± 0.85)kPa,13~18 岁为(11.01 ± 1.34)kPa,19~30 岁

为(12.03 ± 0.85)kPa,31~50 岁为(16.33 ± 1.56)kPa,51~70 岁为(24.46 ± 1.81)kPa。SWE 显示,随受检者年龄增加,阴茎海绵体颜色由蓝色变为亮蓝色(图 1),表明年龄与杨氏模量值之间存在正相关。为减少人为误差,本研究对阴茎海绵体中段进行了不同方位的 SWE 成像(横向、纵向扫查),并在相同部位不同时间留存的 3 幅图片上分别进行重复测量,以平均值为最终检测结果,发现不同年龄段内横切面左侧、右侧,纵切面左侧、右侧阴茎海绵体杨氏模量值总体比较差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。

本研究样本几乎覆盖各个年龄段,弥补了既往研究中存在的儿童、青春发育期及中老年人样本量不足的缺陷。本研究的分组依据如下:①随着年龄增长,阴茎海绵体内平滑肌密度降低,且胶原组织纤维化含量减少^[14];②研究^[15-16]表明,随着年龄增长,阴茎胶原含量增加,且与 SWE 杨氏模量值呈正相关;③不同年龄段阴茎海绵体内平滑肌密度不同,且年龄增长同步伴随各种慢性疾病的出现,阴茎海绵体组织会逐渐发生退化性改变等^[17-18]。

此外,2005 年已有研究^[19]显示阴茎海绵体平滑肌密度的降低和细胞外胶原密度的变化在 ED 的发病

机制中起重要作用。Turkay 等^[20]发现 ED 患者与健康人群的阴茎海绵体硬度差异有统计学意义。采用 SWE 无创、量化评判阴茎海绵体硬度可为阴茎疾病诊断提供重要临床信息。今后将采用 SWE 技术评估 ED 患者阴茎硬度及疗效。

本研究的局限性:未对 50 岁以上中老年患者进行全面评价,故不能完全排除器质性阳痿患者;样本量偏少,下一步将继续扩大样本量并进行睡眠勃起检查^[21],以排除偏倚。

总之,本研究发现,随着年龄增长,阴茎海绵体硬度升高。SWE 技术定量测量阴茎海绵体硬度可作为一种能够定量、无创、快捷评价阴茎海绵体硬度的新方法。

[参考文献]

- [1] Handelsman DJ. Mechanisms of action of testosterone-unravelling a Gordian knot. *N Engl J Med*, 2013, 369(11):1058-1059.
- [2] 贾继浩,高国浑,刘斌,等.勃起功能障碍患者及不同年龄与正常人阴茎海绵体平滑肌组织学观察. *中国男科学杂志*, 2003, 17(1): 32-33.
- [3] Athanasiou A, Tardivon A, Tanter M, et al. Breast lesions: Quantitative elastography with supersonic shear imaging—preliminary results. *Radiology*, 2010, 256(1):297-303.
- [4] Monpeyssen H, Correias JM, Tramalloni J, et al. Correlations between shear wave elastography of thyroid nodules and cytological data study about 157 patients. *Eur Congr Radiol*, 2011, 26(12):1051-1056.
- [5] Cassinotto C, Lapuyade B, Mouries A, et al. Non-invasive assessment of liver fibrosis with impulse elastography: Comparison of supersonic shear imaging with ARFI and FibroScan®. *J Hepatol*, 2014, 61(3):550-557.
- [6] Barr RG, Memo R, Schaub CR. Shear wave ultrasound elastography of the prostate: Initial results. *Ultrasound Q*, 2012, 28(1):13-20.
- [7] Rosen RC, Riley A, Wagner G, et al. The international index of erectile function (IIEF): A multidimensional scale for assessment of erectile dysfunction. *Urology*, 1997, 49(6):822-830.
- [8] 张佳杰,邢晋放,李凡,等.剪切波超声弹性成像评价阴茎海绵体硬度. *中国医学影像技术*, 2015, 31(2):279-281.
- [9] Riversi V, Tallis V, Trovatielli S, et al. Real time-elastostonosonography of the penis in patients with Peyronie's disease. *Arch Ital Urol Androl*, 2012, 84(3):174-177.
- [10] Richards G, Goldenberg E, Pek H, et al. Penile sonoelastography for the localization of a non-palpable, non-sonographically visualized lesion in a patient with penile curvature from peyronie's disease. *J Sex Med*, 2014, 11(2): 516-520.
- [11] 李宏军.勃起功能障碍的诊治进展与共识. *中国性科学*, 2011, 20(1):4-6, 22.
- [12] 陈世涛.阴茎海绵体平滑肌细胞的鉴定分析进展. *中国男科学杂志*, 2010, 24(6):70-72.
- [13] 苏瑞,吴蓉.超声诊断在阴茎疾病中的应用价值. *中华男科学杂志*, 2018, 24(2):163-167.
- [14] Abidu-Figueiredo M, Costa WS, Chagas MA, et al. Age-related changes in the concentration of elastic fibers in different regions of the rabbit penis. *Acta Cir Bras*, 2013, 28(5):378-384.
- [15] Qiao XH, Zhang JJ, Gao F, et al. An experimental study: Quantitatively evaluating the change of the content of collagen fibres in penis with two-dimensional Shear Wave™ Elastography. *Andrologia*, 2017, 49(5). doi: 10.1111/and.12653. Epub 2016 Jul 12.
- [16] Wespes E, Goes PM, Schiffmann S, et al. Computerized analysis of smooth muscle fibers in potent and impotent patients. *J Urol*, 1991, 146(4):1015-1017.
- [17] 盖凌,杨丹彤,孙慧清,等.青春男性性发育研究. *中华男科学*, 2002, 8(5):353-355, 366.
- [18] 朱江,李颖毅,张辉.男性泌尿系统疾病患者性功能障碍调查. *中国性科学*, 2016, 25(5):23-25.
- [19] Bastos AL, Francisco JS, Cardoso LM. Compositional changes of collagen and glycosaminoglycans in the tunica albuginea and corpus cavernosum from the human penis during the fetal and postnatal periods. *J Urol*, 2005, 173(3):1039-1043.
- [20] Turkay R, Inci E, Yenice MG, et al. Shear wave elastography: Can it be a new radiologic approach for the diagnosis of erectile dysfunction. *Ultrasound*, 2017, 25(3):150-155.
- [21] Elhanbly SM, Abdel-Gawad MM, Elkholy A, et al. Nocturnal penile erections: A retrospective study of the role of RigiScan in predicting the response to sildenafil in erectile dysfunction patients. *J Adv Res*, 2018, 14:93-96.