

超声弹性成像应变率比值法在小儿睾丸鞘膜积液中的应用

聂丽丽, 张帅, 杨璐, 赵真, 樊艳辉, 贺新建

河北省儿童医院 超声诊断科, 河北 石家庄 050031

[摘要] 目的 探讨超声弹性成像 (Ultrasound Elastography, UE) 应变率比值 (Strain Rate Ratio, SR) 法在小儿睾丸鞘膜积液中的应用价值。方法 选取50例1~5岁单侧睾丸鞘膜积液患儿为研究对象, 分为术前组和术后组, 另选取50例1~5岁健康儿童为对照组, 分别行二维超声、彩色多普勒血流显像及UE定量分析检查, 比较术前组、术后组及对照组睾丸体积 (Testicular Volume, TV)、形态、血流分布、睾丸内动脉阻力指数 (Resistance Index, RI) 以及双侧睾丸SR, 探讨术前组SR与各项指标的相关性。结果 术前组患侧睾丸内动脉RI高于对侧及对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 术后RI较术前降低, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。术前组、术后组及对照组TV组内及两组间比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。术前组SR (对侧/患侧) 明显高于术后组及对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 术后组SR (对侧/患侧) 与对照组比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。SR与积液体积、发病时间及睾丸内动脉RI均呈正相关 ($P<0.001$)。结论 UE的SR法可反映鞘膜积液侧睾丸与对侧睾丸间的硬度差异, 为临床中检测睾丸硬度、评估术后睾丸恢复情况提供有效的定量评估指标。

[关键词] 超声弹性成像; 应变率比值法; 睾丸鞘膜积液; 睾丸硬度

Application of Strain Rate Ratio Method of Ultrasonic Elastography in Children with Testicular Hydrocele

NIE Lili, ZHANG Shuai, YANG Lu, ZHAO Zhen, FAN Yanhui, HE Xinjian

Department of Ultrasound Diagnostics, Hebei Children's Hospital, Shijiazhuang Hebei 050031, China

Abstract: Objective To investigate the application value of strain rate ratio (SR) method of ultrasonic elastography (UE) in children with testicular hydrocele. **Methods** Fifty children aged 1-5 years with unilateral testicular hydrocele were selected as the research subjects, and they were divided into preoperative group and postoperative group. Another fifty healthy children aged 1-5 years were selected as the control group. Two-dimensional ultrasound, color Doppler flow imaging and UE were performed for quantitative analysis. Testicular volume (TV), morphology, blood flow distribution, internal testicular artery resistance index (RI) and bilateral testicular SR in preoperative, postoperative and control groups were compared. The correlation between the SR and various indexes in the preoperative group was discussed. **Results** RI of the internal testicular artery of the affected side of the preoperative group was higher than that of the contralateral side and control group, the difference was statistically significant ($P<0.05$), and RI of the postoperative side was lower than that before surgery, the difference was statistically significant ($P<0.05$). There was no significant difference in TV within and between preoperative group, postoperative group and control group ($P>0.05$). SR in preoperative group (contralateral/affected side) was significantly higher than that in postoperative group and control group, the difference was statistically significant ($P<0.05$). There was no significant difference in SR (contralateral/affected side) between the postoperative group and the control group ($P>0.05$). SR was positively correlated with fluid volume, disease time and internal testicular artery RI ($P<0.001$). **Conclusion** The SR method of UE can reflect the hardness difference between lateral testis with hydrocele and the contralateral testis. This method is expected to provide an effective quantitative evaluation index for testing testicular hardness and evaluating testicular recovery after operation in clinic.

Key words: ultrasonic elastography; strain rate ratio method; testicular hydrocele; testicular hardness

[中图分类号] R445.1

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2023.12.017

[文章编号] 1674-1633(2023)12-0090-05

引言

在小儿阴囊疾病中, 鞘膜积液是患病率较高的外科疾病之一, 是儿童无痛性阴囊肿胀的常见病因^[1]。当积液较多、张力较大时可能对睾丸的血供造成不利影

响, 严重时可导致睾丸萎缩, 使其变硬^[2]。目前关于睾丸硬度评估的研究较少, 超声作为一种简便、直观、高效、无辐射的检查方法, 已成为临床诊断和评估睾丸病变的首选^[3]。近年来发展的超声弹性成像 (Ultrasound

Elastography, UE)是可以检测组织硬度的一项新技术,主要有应变弹性成像和剪切波弹性成像,其在乳腺、甲状腺等器官中广泛应用^[4-5],但在小儿睾丸疾病中的应用鲜有报道。应变弹性成像根据量化指标来对图像质量进行评估,包括释放频率、压力度,而剪切波弹性成像无可评估图像质量的量化指标,图像选取需依赖操作者的临床经验,相比之下应变弹性成像较易获取满意的弹性图像^[6]。因此,本研究拟采用应变率比值(Strain Rate Ratio, SR)法对鞘膜积液侧睾丸和对侧睾丸UE声像图的特点进行分析,比较双侧睾丸硬度差异,探讨该技术在小儿睾丸鞘膜积液中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2020年3月至2021年9月以“无痛性阴囊肿胀”为主诉,就诊于河北省儿童医院,经专科查体及超声检查初步诊断为睾丸鞘膜积液,最后经手术证实的男性患儿50例为观察对象,均获得满意随访。其中左侧20例,右侧30例;年龄1~5岁,平均 (2.8 ± 1.5) 岁;发病时间(自发现阴囊包块起)1~24个月,平均 (9.2 ± 4.8) 个月,按术前及术后3个月分术前组及术后组。纳入标准:①单侧睾丸鞘膜积液;②患侧睾丸超声表现为“三面环水”征;③液性暗区长径 ≥ 3 cm,短径 ≥ 1.5 cm;④诊断明确后均于两周内接受手术治疗。排除标准:①交通性鞘膜积液;②合并精索鞘膜积液;③合并其他阴囊疾病的鞘膜积液;④睾丸肿瘤;⑤有阴囊手术史。同时选取50名健康体检儿童为正常对照组,年龄1~5岁,平均 (2.7 ± 1.3) 岁。本研究经本院伦理委员会批准(2019025),所有患者均由家属签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

使用PHILIPS EPIQ7彩色超声诊断仪(具备UE功能),线阵高频探头,频率为4~18 MHz(含定量分析功能),选用小器官检查条件,预设UE彩标图为红色代表硬度较大区域,蓝色代表硬度较小区域,绿色代表中间硬度区域。患儿仰卧位,安静状态下(无法配合患儿需家属安抚或熟睡),首先对双侧睾丸进行常规二维及彩色超声检查,二维超声观察各组双侧睾丸位置、大小、形态以及患侧鞘膜积液的范围,测量睾丸及积液3个径线,通过仪器软件计算术前组、术后组以及对照组双侧睾丸体积(Testicular Volume, TV)与鞘膜积液体积。采用彩色多普勒血流显像(Color Doppler Flow Imaging, CDFI)观察各组双侧睾丸血流分布情况(量程均为1.9 cm/s),通过脉冲多普勒测量睾丸内动脉阻力

指数(Resistance Index, RI),测量3次取平均值。UE检查:探头横切显示双侧睾丸短轴切面,采用手法加压,探头与阴囊表面垂直,同时进行细微振动,振动频率保持在每秒2次^[7],压放力量大小以保持显示器上的“压力指导显示条”充满2/3以上为宜,待图像稳定3~5 s后冻结图像,观察双侧睾丸UE声像图特点,选取双侧睾丸实质中央部分为感兴趣区,面积约5 mm²,先勾画对侧睾丸,再勾画患侧睾丸,由仪器计算SR(对侧/患侧),测量时应使双侧睾丸尽量位于同一水平,测量3次取平均值(图1)。采用同样方法测量术前组、术后组及对照组各参数,同时将弹性图像动态图储存于机器硬盘,以上所有操作均由同一名具有5年以上超声诊断工作经验且经过专业培训的医师完成。

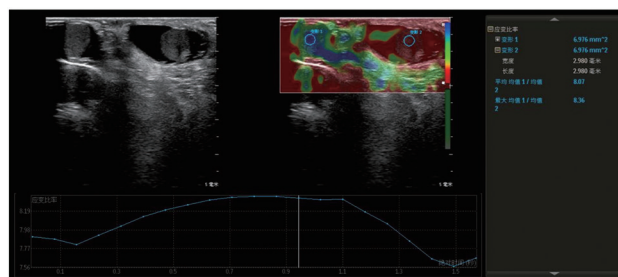


图1 双侧睾丸SR(对侧/患侧)测量图

重复性检验:随机抽取20例受试者测量超声弹性图像,同一观察者间隔1周重复测量弹性成像SR,同时请另一位具有5年以上工作经验的超声医师测量分析,分别得出观察者内及观察者间差异,分析观察者内及观察者间SR结果的一致性。

1.3 统计学分析

采用SPSS 26.0软件进行数据分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验;相关性采用Pearson和Spearman分析;重复性检验采用组内相关系数(Intraclass Correlation Coefficients, ICC)分析法,ICC>0.75认为重复性较好。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 二维及彩色超声表现

患侧睾丸术前16例受压呈长梭形,28例呈扁椭圆形,6例呈椭圆形;患侧睾丸术后、对侧及对照组睾丸均呈椭圆形。患侧睾丸术前CDFI表现:21例星点状血流信号 ≤ 3 处(图2);24例短棒状血流信号 ≤ 3 处;5例短棒状血流信号 >3 处。患侧睾丸术后、对侧及对照组CDFI表现:均表现为短棒状血流信号 >3 处。术前组患侧睾丸内动脉RI高于对侧及对照组,差异有统计学意义($t=13.801, t=12.112, P<0.05$),见表1;术后患侧RI较术前明显减低,差异有统计学意义($t=12.093$,

收稿日期:2023-06-01

基金项目:河北省医学科学研究课题计划(20190854)。

通信作者:贺新建,主任医师,主要研究方向为心脏超声。

通信作者邮箱:hexinjian03@sina.com

$P<0.05$), 见表2。TV术前组、术后组及对照组组内与两组间比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 见表1~3, 无发育不良睾丸。睾丸鞘膜积液平均体积为 (18.22 ± 7.29) mL。

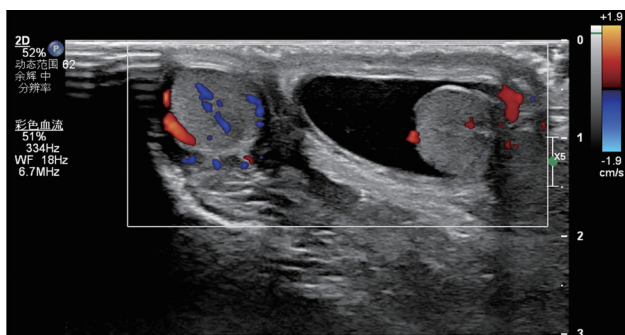


图2 患侧睾丸术前二维及彩色超声图

注: 患侧睾丸呈“三面环水”特征, 睾丸内显示星点状血流信号处 <3 , 对侧睾丸显示短棒状血流信号处 >3 。

2.2 睾丸UE声像图特点及定量分析

正常睾丸实质中心区域为蓝色, 边缘区域为绿色, 见图3; 鞘膜积液侧睾丸实质呈均一红色, 见图4。术前组SR(对侧/患侧)明显高于对照组及术后组, 差异均有统计学意义 ($t=19.900, t=19.824, P<0.05$), 见表1~2; 术后组SR(对侧/患侧)接近正常, 与对照组比较, 差异无统计学意义 ($t=1.766, P>0.05$), 见表3。

2.3 术前组SR与各项指标的相关性分析

SR与积液体积、发病时间及睾丸内动脉RI呈正相关 ($P<0.001$), 与睾丸体积及年龄均无相关性 ($P>0.05$), 见图5~7与表4。

表1 术前组与对照组TV、RI及SR比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	TV/mL		RI		SR (对侧/患侧)
	患侧	对侧	患侧	对侧	
术前组	0.69 ± 0.19	0.62 ± 0.17	$0.78 \pm 0.09^*$	0.60 ± 0.04	4.56 ± 1.25
对照组	0.62 ± 0.16	0.63 ± 0.15	0.59 ± 0.06	0.60 ± 0.06	1.02 ± 0.04
P值	0.073	0.826	0.012	0.436	0.001

注: *与对侧比较 $P<0.05$; TV: 睾丸体积; RI: 阻力指数; SR: 应变率比值。

表2 术前组与术后组睾丸体积、RI及SR比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	TV/mL		RI		SR (对侧/患侧)
	患侧	对侧	患侧	对侧	
术前组	0.69 ± 0.19	0.62 ± 0.17	$0.78 \pm 0.09^*$	0.60 ± 0.04	4.56 ± 1.25
术后组	0.65 ± 0.16	0.62 ± 0.17	0.60 ± 0.05	0.59 ± 0.04	1.04 ± 0.04
P值	0.203	1.000	0.013	0.231	0.001

注: *与对侧比较 $P<0.05$; TV: 睾丸体积; RI: 阻力指数; SR: 应变率比值。

表3 术后组与对照组睾丸体积、RI及SR比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	TV/mL		RI		SR (对侧/患侧)
	患侧	对侧	患侧	对侧	
术后组	0.65 ± 0.16	0.62 ± 0.17	0.60 ± 0.05	0.59 ± 0.04	1.04 ± 0.04
对照组	0.62 ± 0.16	0.63 ± 0.15	0.59 ± 0.06	0.60 ± 0.06	1.02 ± 0.04
P值	0.538	0.826	0.324	0.163	0.081

注: TV: 睾丸体积; RI: 阻力指数; SR: 应变率比值。

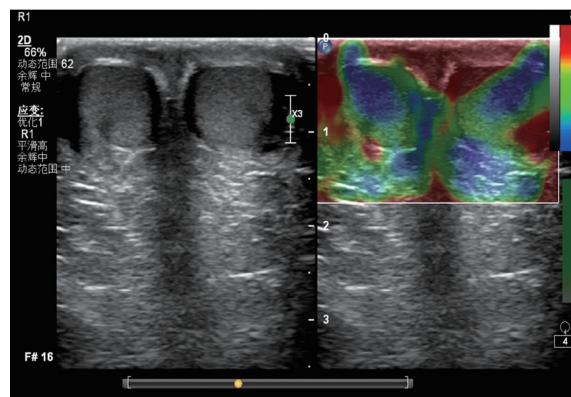


图3 正常双侧睾丸短轴UE声像图

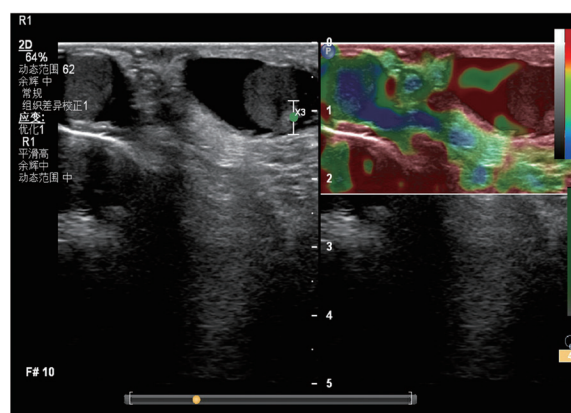


图4 单侧睾丸鞘膜积液, 双侧睾丸短轴切面UE声像图

2.4 重复性检验

对于SR值, 同一观察者组内ICC为0.945, 不同观察者组间ICC为0.912, 表明重复性良好。

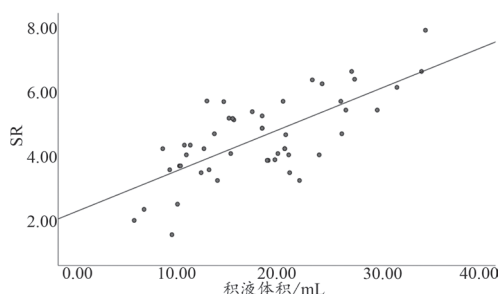


图5 SR (对侧/患侧) 与积液体积相关性分析
注: SR: 应变率比值。

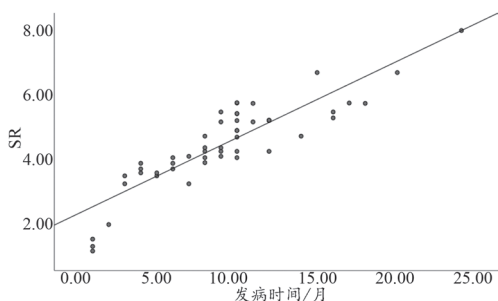


图6 SR (对侧/患侧) 与发病时间相关性分析
注: SR: 应变率比值。

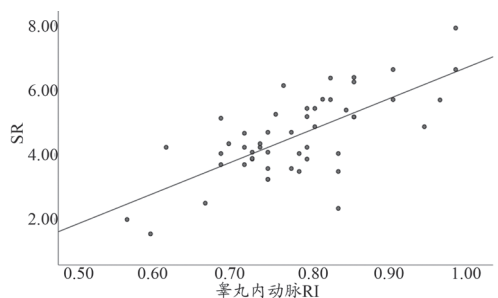


图7 SR (对侧/患侧) 与睾丸内动脉RI相关性
注: SR: 应变率比值; RI: 阻力指数。

表4 术前组SR与各项指标的相关性分析

指标	r值	P值
积液体积/mL	0.712	<0.001
发病时间/月	0.883	<0.001
TV/mL	-0.151	0.295
年龄/岁	-0.024	0.866
睾丸内动脉RI	0.701	<0.001

注: SR: 应变率比值; TV: 睾丸体积; RI: 阻力指数。

3 讨论与结论

睾丸鞘膜积液是由各种原因导致睾丸鞘膜的分泌或吸收功能失常, 鞘膜囊内液体过量积聚而形成的病症, 积液长期压迫睾丸, 使睾丸血液循环发生障碍, 造成睾丸发育不良^[8]。目前临床医师对睾丸大小及硬度的检测主要依靠触诊, 且主要根据医师的主观感觉, 但当积液量较多时, 触及睾丸较为困难, 无法准确判断出睾丸硬度及发育情况。UE 声像图能反映睾丸及周边组织的相

对硬度, 应变弹性成像是通过施加压力使组织发生形变, 由于不同组织间弹性系数不同, 组织发生形变的程度不同, 通过仪器计算组织内部位移, 形成弹性彩色图像来反映组织硬度, 可计算出病变周围组织与病变处的 SR, SR 越大, 表明测量处病变组织的硬度越大^[9]。SR 作为半定量指标, 能够较为客观地评估病变组织的硬度^[10], 为临床检测睾丸硬度提供了一种便捷、无创的新方法。

本研究中患侧 TV 术前与对侧比较、术前与术后及对侧组比较均无显著性差异, 这与方志伟^[11]的研究结果一致, 而邱颖等^[12]研究的 90 例睾丸鞘膜积液中, 压力 >15 cmH₂O 的 54 例患侧 TV 明显小于对侧, 考虑可能的因素为积液压力的大小或积液时间长短差异所造成的睾丸压迫性损伤不同。本研究中术前组 45 例 (90%) 显示血流信号 ≤ 3 处, 表明术前多数患侧睾丸血流信号有所减少, Bitcon 等^[13]研究结果也显示, 鞘膜积液会影响睾丸微循环, 鞘膜积液量的增加可使睾丸血流灌注受损, CDFI 表现为血流信号减少。睾丸内动脉 RI 增加, 可能为鞘膜积液的压力效应引起静脉或淋巴流出道的阻塞, 导致舒张期血流减少或缺失, 进而增加血管阻力, 且 RI 的增加可能预示着睾丸缺血^[14]。

本研究中弹性成像检查结果显示术前患侧睾丸实质呈均一红色, SR 高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 表明患侧睾丸较正常睾丸硬。生物组织的硬度主要取决于其分子构成与解剖结构, 硬度的改变与组织的异常病理状态有关, 当组织内有病变时, 其硬度会发生明显变化^[15-16]。鞘膜积液使阴囊内压力升高, 压迫睾丸实质及供血血管, 导致睾丸缺血、缺氧、代谢障碍, 影响睾丸正常发育, 严重者可导致睾丸萎缩^[17]。Vaos 等^[18]研究表明, 鞘膜积液压力增加会导致睾丸形态发育畸形, 可能提示长期的生育风险。Li 等^[19]研究发现, 当对侧正常 TV 随年龄增加时, 鞘膜积液侧的 TV 不会增加, 这一发现证实了鞘膜积液对睾丸生长的不良影响。而本研究从睾丸硬度方面分析患侧睾丸与对侧睾丸的差异, 为研究鞘膜积液对睾丸的影响增加了更为客观的量化指标。有研究认为, 鞘膜积液影响睾丸发育的机制, 源于积液对睾丸的压迫性损伤、睾丸细胞对高蛋白含量液体的应激反应等因素, 睾丸组织病理学的改变表现为基底膜增厚、间质纤维化和生精细胞组织紊乱等, 此病理改变可导致睾丸硬度增加以及睾丸内动脉 RI 增高^[20]。而术后积液消失, 阴囊内压力降低, 睾丸血供增加, 纤维组织不再增生, RI 减低, 睾丸组织结构逐渐恢复正常^[21], 睾丸硬度由硬变软直至恢复正常, SR 由高减低至恢复正常, UE 声像图上呈现的以蓝色为主。

Dandapat 等^[22]报道, 鞘膜积液的持续时间与睾丸的变化有直接关系, 鞘膜积液持续时间越长, 体积越

大,压力效应和病理变化就越大。本研究的相关性分析中,SR与积液量、发病时间及睾丸内动脉RI呈显著正相关,即积液量越多、时间越长,睾丸内血管阻力越高,SR值越高,睾丸越硬,与文献^[22]报道相符。因此,在判断睾丸硬度时,可以将上述因素作为参考,为评估睾丸的病变情况提供帮助。

本研究也存在一定局限性:①鞘膜积液本身可能会减弱外部施加的压力,使睾丸实际受到的压力减小,所产生的形变减小,最终得到的SR值偏大,积液量越大,影响越大,后续有待进一步研究如何除此影响及消除影响后的SR;②样本量较小,后续研究将加大样本量,观察鞘膜积液对睾丸损伤的影响,寻找鞘膜积液下SR临界值及其所对应的睾丸硬度下的病理改变程度,以便为临床提供手术时机参考。

综上所述,UE检查中的SR法能反映出患侧睾丸与正常睾丸间硬度的差异,SR与鞘膜积液量、发病时间及睾丸内动脉RI呈正相关。因此UE可为临床医师检测睾丸硬度、间接评估睾丸病变情况以及术后恢复情况提供依据。

[参考文献]

- [1] Patoulas I, Koutsogiannis E, Panopoulos I, *et al.* Hydrocele in pediatric population[J]. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, 2020, 63(2): 57-62.
- [2] 顾绍栋,王瑛琦,罗洪. 经脐单通道与两孔腹腔镜治疗小儿鞘膜积液的比较[J]. *中华腔镜泌尿外科杂志(电子版)*, 2020, 14(5): 351-355.
Gu SD, Wang YX, Luo H. Comparison of single-port and two-port laparoscopic extraperitoneal patent processus vaginalis ligation in the treatment of pediatric hydrocele[J]. *Chin J Endourol (Electron Ed)*, 2020, 14(5): 351-355.
- [3] 杨会,余晓梅,杨国梁,等. 超声在诊断隐睾、隐睾合并先天性肾脏和尿路畸形及术后评估中的应用[J]. *中国医疗设备*, 2022, 37(7): 80-83.
Yang H, Yu XM, Yang GL, *et al.* Application of ultrasonography in diagnosis and postoperative evaluation of cryptorchidism and cryptorchidism combined with CAKUT[J]. *China Med Devices*, 2022, 37(7): 80-83.
- [4] 廉祎,黄瑛. 乳腺病变剪切波弹性模量与病理基础的相关性研究[J]. *中国医疗设备*, 2021, 36(1): 83-86.
Lian Y, Huang Y. Correlation between shear wave elastic modulus and pathological basis of breast lesions[J]. *China Med Devices*, 2021, 36(1): 83-86.
- [5] 孙迎燕,姚丽红,唐杰露,等. 乳腺癌超声弹性成像与TLR9、Her-2和ER的相关性[J]. *中国医疗设备*, 2021, 36(2): 65-68.
- [6] Sun YY, Yao LH, Tang JL, *et al.* Correlation between the ultrasound elastography of breast cancer and TLR9, Her-2 and ER[J]. *China Med Devices*, 2021, 36(2): 65-68.
- [7] 梁铭,欧冰,吴嘉仪,等. 剪切波弹性成像和应变弹性成像对乳腺癌诊断价值的研究[J]. *中国超声医学杂志*, 2019, 35(4): 310-312.
Liang M, Ou B, Wu JY, *et al.* The value of shear-wave elastography and strain elastography in the diagnosis of breast cancer[J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2019, 35(4): 310-312.
- [8] 陈言,丁洁,杨蕊. 应变式弹性成像与剪切波弹性成像在乳腺肿块良恶性判断中的应用价值研究[J]. *中国实验诊断学*, 2022, 26(4): 484-487.
Chen Y, Ding J, Yang R. Study on the application value of strain elastography and shear wave elastography in the determination of benign and malignant breast masses[J]. *Chin J Lab Diagn*, 2022, 26(4): 484-487.
- [9] 张新荣,陈朝晖. 睾丸鞘膜积液的中医药治疗概况[J]. *现代中西医结合杂志*, 2018, 27(25): 2847-2850.
- [10] 詹伏兰,徐文君,王金宏,等. S-Detect联合弹性成像辅助常规超声诊断乳腺肿瘤的价值[J]. *中国综合临床*, 2022, 38(4): 320-326.
- [11] 吴芳芳,何丹青,王玲. SR法联合二维灰阶超声在腮腺肿块良恶性诊断中的价值[J]. *安徽医学*, 2022, 43(6): 699-702.
- [12] 方志伟. 小儿鞘膜积液对睾丸发育影响的临床研究[D]. 汕头:汕头大学,2018.
Fang ZW. Clinical study of influence of hydrocele on testicular development in children[D]. Shantou: Shantou University, 2018.
- [13] 邱颖,白东升,叶辉,等. 小儿睾丸鞘膜积液鞘膜腔压力对睾丸体积的影响[J]. *中国微创外科杂志*, 2019, 19(5): 403-406.
Qiu Y, Bai DS, Ye H, *et al.* Effects of hydrostatic pressure of vaginal cavity on testicular volume in children with hydrocele[J]. *Chin J Min Inv Surg*, 2019, 19(5): 403-406.
- [14] Bitcon C, White J, Cox A, *et al.* Case - Tension hydrocele: a rare cause of acute scrotal pain[J]. *Can Urol Assoc J*, 2020, 14(7): 341-342.
- [15] Turgut AT, Unsal A, Ozden E, *et al.* Unilateral idiopathic hydrocele has a substantial effect on the ipsilateral testicular geometry and resistivity indices[J]. *J Ultrasound Med*, 2006, 25(7): 837-43.
- [16] Kwon SJ, Jeong MK. Advances in ultrasound elasticity imaging[J]. *Biomed Eng Lett*, 2017, 7(2): 71-79.
- [17] Lin H, Chen Y, Xie S, *et al.* A dual-modal imaging method combining ultrasound and electromagnetism for simultaneous measurement of tissue elasticity and electrical conductivity[J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2022, 69(8): 2499-2511.

下转第100页