

海绵体动脉管径舒缩比值在动脉型阴茎勃起障碍超声诊断中的应用^{*}

贾慧军^{1,3} 林雪^{2,3} 张翠红^{1,3} 庞雪芹^{1,3} 宋悦^{1,3} 李虹^{1,3} 张丹青^{1,3} 王进⁴ 朱朝辉⁴ 杨亚利^{1,3}

【摘要】 目的:探讨阴茎双功能多普勒超声(penile duplex doppler ultrasound, PDDU)新指标海绵体动脉管径舒缩比值(diastolic contraction ratio, DCR)在动脉型阴茎勃起功能障碍(erection dysfunction, ED)分型诊断中的价值。**方法:**将 2018 年 7 月—2021 年 12 月来我院行 PDDU 检查并经阴茎海绵体动脉或静脉造影确诊分型的 ED 患者,分为动脉型组(32 例)、静脉型组(25 例)和非血管性组(25 例)。注射药物后在阴茎达到最大硬度时测量双侧阴茎海绵体动脉收缩期管径(a)、舒张期管径(b)、b/a(DCR)和收缩期峰速(PSV)、舒张末期峰速(EDV)、阻力指数(RI)等参数,探讨各组 DCR 差异性及其在动脉型 ED 中的诊断界值及准确率。**结果:**应用 PDDU 传统标准正确诊断动脉型 ED 27 例和静脉型 ED 21 例,血管性 ED 分型诊断的灵敏度、特异度和准确率分别为 77.1%、89.4% 和 84.4%。动脉型组 DCR 值显著低于静脉型组和非血管性组(均 $P < 0.05$),而静脉型组与非血管性组间 DCR 值差异无统计学意义($P > 0.05$)。DCR 值与 PSV 呈正相关($r = 0.51, P < 0.05$)。将 $DCR \leq 1.11$ 作为诊断阴茎海绵体动脉功能不良的标准时,诊断灵敏度、特异度分别为 88.0% 和 87.5% (AUC = 0.934),与传统 PDDU 诊断标准比较,灵敏度更高($P < 0.05$),特异度无明显差异($P > 0.05$)。**结论:**DCR 可作为 ED 患者 PDDU 分型诊断的新参数, $DCR \leq 1.1$ 作为动脉型 ED 的诊断标准,其诊断准确率高于 PDDU 诊断。

【关键词】 勃起功能障碍; 阴茎双功能多普勒超声; 阴茎海绵体注射血管活性药物试验; 动脉硬化

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.07.009

【中图分类号】 R697 **【文献标志码】** A

Application of diastolic contraction ratio of cavernous artery in ultrasonic diagnosis of arterial penile erectile dysfunction

JIA Huijun^{1,3} LIN Xue^{2,3} ZHANG Cuihong^{1,3} PANG Xueqin^{1,3} SONG Yue^{1,3}
LI Hong^{1,3} ZHANG Danqing^{1,3} WANG Jin⁴ ZHU Zhaohui⁴ YANG Yali^{1,3}

(¹Department of Ultrasound Medicine, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430022, China; ²Department of Radiology, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology; ³Hubei Provincial Key Laboratory of Molecular Imaging, Clinical Medical Research Center of Imaging Medicine, Hubei Province; ⁴Department of Urology, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology)

Corresponding author: YANG Yali, E-mail: yangyl2000@hust.edu.cn

Abstract Objective: To investigate the value of the new index of penile duplex doppler ultrasound(PDDU), cavernous artery diameter diastolic contraction ratio(DCR), in the diagnosis of arterial erection dysfunction(ED). **Methods:** ED patients who came to our hospital from July 2018 to December 2021 for PDDU examination and were confirmed by penile cavernous artery or venography were divided into arterial group($n = 32$), venous group($n = 25$) and non-vascular group($n = 25$). Systolic tube diameter(A), diastolic tube diameter(B), B/A(DCR), systolic peak velocity(PSV), end diastolic peak velocity(EDV), resistance index(RI) and other parameters of bilateral penile cavernous artery were measured when the penis reached the maximum hardness after injection. The differences of DCR in each group and the diagnostic cutoff value and accuracy of DCR in arterial ED were investigated.

^{*}基金项目:华中科技大学自主创新研究基金(No:2172019kfyXKJC073)

¹华中科技大学同济医学院附属协和医院超声医学科(武汉,430022)

²华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科

³湖北省影像医学临床医学研究中心分子影像湖北省重点实验室

⁴华中科技大学同济医学院附属协和医院泌尿外科

通信作者:杨亚利, E-mail: yangyl2000@hust.edu.cn

引用本文:贾慧军,林雪,张翠红,等.海绵体动脉管径舒缩比值在动脉型阴茎勃起障碍超声诊断中的应用[J].临床泌尿外科杂志,2023,38(7):525-531. DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2023.07.009.

Results: Twenty-seven cases of arterial ED and 21 cases of venous ED were correctly diagnosed by PDDU. The sensitivity, specificity and accuracy of vascular ED were 77.1%, 89.4% and 84.4%, respectively. The DCR value of patients with arterial ED was significantly lower than that of the venous group and the non-vascular group ($P < 0.05$), but there was no statistical significance in the DCR value between the venous group and the non-vascular group ($P > 0.05$). DCR value was positively correlated with PSV ($r = 0.51$, $P < 0.05$). When $DCR \leq 1.11$ was used as the standard for diagnosis of penile cavernous artery dysfunction, the sensitivity and specificity were 88.0% and 87.5% ($AUC = 0.934$). Compared with the traditional diagnostic criteria of PDDU, the sensitivity was higher ($P < 0.05$), and the specificity was not significantly different ($P > 0.05$). **Conclusion:** DCR can be used as a new parameter for the classification and diagnosis of PDDU in ED patients. $DCR \leq 1.11$ is a diagnostic criterion for arterial ED, and its diagnostic accuracy is higher than that of PDDU.

Key words erectile dysfunction; penile duplex doppler ultrasound; intracavernous injection; arterosclerosis

阴茎勃起功能障碍(erectile dysfunction, ED)是最常见的男性性功能障碍,在不同人群中患病率为 2.3%~53.4%^[1-2]。约 75% 的 ED 病因源于血管性病变,其中以海绵体动脉供血不足为表现的动脉型 ED 因诊断困难、治疗复杂、预后差,是血管性 ED 诊疗的难点^[3-4]。选择性阴茎动脉造影是诊断动脉型 ED 的金标准^[5],但其有创、耗时、昂贵,且会造成一定的痛苦,不利于病情随访和疗效监测,因此一般不建议作为常规首选检查^[6]。阴茎双功能多普勒超声(penile duplex doppler ultrasound, PDDU)通过海绵体注射药物诱导阴茎勃起(ICI 试验),观测勃起后海绵体动脉和背深静脉的血流动力学情况,被公认为是诊断血管性 ED 的一线方法。目前 PDDU 指标对动脉型 ED 的诊断准确率最高约为 92%,但对部分动脉型 ED 的诊断价值有限^[7-9],因此寻找更好的诊断指标或完善当前诊断标准对临床治疗甚至手术方式的选择具有重要意义^[10]。本研究提出勃起后海绵体动脉管径舒缩比值(diastolic contraction ratio, DCR)这一新参数,并探讨其在动脉型 ED 中的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集 2018 年 7 月—2021 年 12 月来华中科技大学同济医学院附属协和医院就诊并经勃起功能国际问卷-5(International Index of Erectile Function, IIEF-5)评估为 ED(IIEF-5 评分 ≤ 21)^[11]的男性患者,经询问病史、体格检查、常规血液检查、激素检测及常规超声检查后排除阴茎先天性发育异常、阴茎海绵体钙化、硬结病及动脉硬化等相关疾病。患者均进行详细的 PDDU 检查,并最终经海绵体静脉造影或选择性阴茎动脉造影结合临床确诊 ED 类型。排除混合血管性 ED 患者,入组患者分为动脉型组、静脉型组和非血管性组。

1.2 仪器与方法

1.2.1 PDDU 检查 应用美国 Philips IU22 型超声诊断及 12-5 高频相控阵浅表探头,探头频率 5~12 MHz。嘱咐患者放松、平卧,将阴茎扶直且背侧轻贴于腹壁,尽量避免不必要的按压与牵拉。探

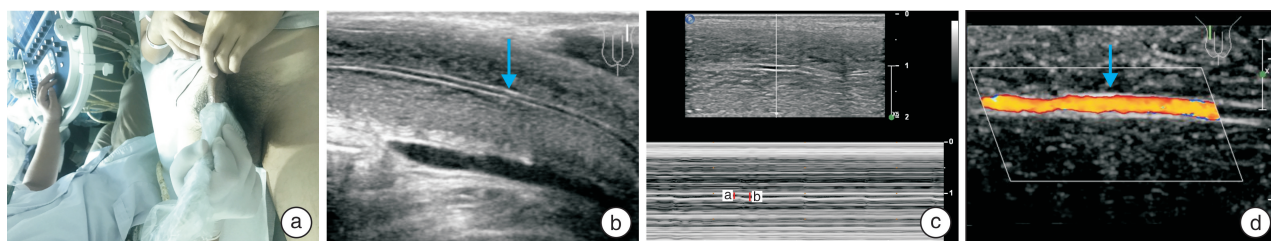
头置于阴茎根部,从根部向阴茎头侧连续长轴及短轴扫查,观察阴茎解剖结构和内部回声,除外海绵体纤维化、血管壁钙化、硬结病及双侧阴茎动脉狭窄等患者(图 1)。常规消毒铺巾,阴茎根部用橡胶带扎紧,于一侧阴茎海绵体注射血管活性药物前列地尔注射液 4 mL,轻揉阴茎使药物快速弥散。去掉扎带,观察阴茎勃起状态,评估最大勃起硬度。必要时可嘱咐患者性幻想及局部刺激,以达到最大勃起状态。药物注射后,将探头置于阴茎海绵体根部,选取距海绵体动脉分出部位约 1~2 cm 处的较平直段^[12],应用 M 型模式测量海绵体动脉收缩期管径(a)与舒张期管径(b),并测算 DCR,计算公式为 $DCR = b/a$ (图 1c)。根据前期研究结果^[13],将 11~15 min 时间段作为测量时间窗,每侧海绵体动脉连续测量 3 次,取平均值。同一取样位置,取样容积于血管腔内,获取动脉血流频谱,注意取样线与血管纵径夹角 $< 60^\circ$,取样容积不超过血管管径的 2/3(建议 0.5 mm),适当调小壁滤波,连续 3 个以上相似、稳定的频谱被认为有意义。测量收缩期血流峰值速度(PSV)及舒张末期血流峰值速度(EDV),计算阻力指数(RI)值,公式为 $RI = (PSV - EDV)/PSV$,重复 3 次取平均值。检查结束后,患者留置观察 40 min,阴茎转为疲软状态且无不适方可离开^[14-15]。

PDDU 传统分型诊断标准^[7]为:①动脉型 ED: 双侧海绵体动脉平均 $PSV < 25$ cm/s, $EDV < 3$ cm/s;②部分动脉型 ED: PSV 在 25~35 cm/s, $EDV < 3$ cm/s;③静脉型 ED: $PSV > 35$ cm/s, $EDV > 5$ cm/s 或 $RI < 0.75$;④部分静脉型 ED: $PSV > 35$ cm/s, EDV 在 3~5 cm/s 或 RI 在 0.75~0.9;⑤非血管型 ED: $PSV > 35$ cm/s, $EDV < 3$ cm/s, $RI > 0.9$ 。本研究中进行 PDDU 传统标准诊断动脉型 ED 的准确率研究时,仅当符合①时,认为诊断结果为动脉型 ED。

1.2.2 海绵体静脉造影或选择性阴茎动脉造影 所有患者使用数字减影血管造影仪(AXIOM Artic DFC; 西门子,慕尼黑,德国)和双筒注射器(Dongjia 2000,江苏,中国)进行造影检查。海绵体

静脉造影:患者进行ICI试验,阴茎完全勃起后,以10~90 mL/min的注射速度在海绵体内注射30~100 mL碘沙醇注射液(Visipaque 320;GE Healthcare, Chalfont St. Giles, England)。拍摄后前位图像和45°斜位片,观察有无静脉漏。静脉型ED表现为阴茎静脉引流的显著强化,静脉引流的无强化或弱强化则排除静脉型ED诊断。选择性阴茎动脉造影:患者仰卧位,局麻下选取腹股沟韧带下2~4 cm股动脉搏动处为穿刺点,使用动脉鞘(5F, Terumo, 日本)穿刺成功后经股动脉逆行刺入动脉

导管(5F, Terumo, 日本),在监视下将导管插入穿刺侧髂内动脉,然后进入阴部内小动脉,以2 mL/s的速度注射2~10 mL碘沙醇注射液后,连续快速摄片。再将导管退至对侧髂动脉后,进入对侧髂内动脉及阴部内小动脉,同法注射造影剂并摄片,X线片上应能清晰观察到阴部动脉、阴茎背动脉、阴茎海绵体动脉及其分支。动脉型ED表现为造影剂漏出。多普勒超声检查由超声医学科医生进行,海绵体造影及选择性阴茎动脉造影由放射科医生进行。采用“双盲法”以减少诊断怀疑偏倚。



a:药物注射后探头置于阴茎根部;b:显示阴茎海绵体动脉管腔(蓝色箭头);c:计算管径舒缩比值($DCR=b/a$);d:观察并测量其内血流(蓝色箭头)。

图1 高频超声检查

1.3 统计学方法

应用SPSS 22.0统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示,计数资料以例数(%)表示。82例患者临床指标测量结果均符合正态分布。动脉型ED组、静脉型ED组与非血管型ED组的组间均值采用完全随机方差分析,组间均值两两比较采用LSD-*t*检验。采用Spearman相关分析,分析DCR与PSV、EDV的关系。以1-特异度为横坐标,以灵敏度为纵坐标,做DCR的受试者工作特征(ROC)曲线。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用Bland-Altman方法分析观察者内部和观察者之间的一致性。

2 结果

2.1 一般临床资料

研究期间我院共确诊血管性ED患者274例,排除临床资料不全者129例,排除海绵体纤维化、血管壁钙化、硬结病及双侧阴茎动脉狭窄、变异等患者45例,排除混合血管性ED18例,最终经选择性阴茎动脉造影及临床确诊为动脉型ED患者32例,经海绵体静脉造影确诊为静脉型ED患者25例,另外,经PDDU、海绵体静脉造影及临床综合诊断确诊为非血管型ED患者25例。82例患者年龄18~53岁,平均(28.7 ± 7.6)岁,ICI实验注射后均经历了膨胀期、勃起期及消退期,药物依从性100%。各组患者临床指标结果见表1。

2.2 各组患者PDDU传统标准分型诊断结果

各组患者PDDU常规参数测量结果见表2。

应用PDDU传统诊断标准,分型诊断ED的结果见表3,其灵敏度、特异度和准确率分别为77.1%、89.4%和84.4%。各组患者典型PDDU及造影表现见图2~4。

表1 各组患者临床指标测量结果

指标	例(%), $\bar{X} \pm S$		
	动脉型组 (32例)	静脉型组 (25例)	非血管型组 (25例)
年龄/岁	31.8 ± 9.8	25.2 ± 6.1	27.4 ± 8.6
病程/周	35.6 ± 11.7	28.7 ± 10.6	20.4 ± 6.3
IIEF-5 评分/分	12 ± 2	15 ± 4	17 ± 5
ICI最大硬度	I~III	II~IV	II~IV
IBM/(kg/m ²)	25.1 ± 5.7	22.3 ± 4.8	22.6 ± 4.1
糖尿病	5(15.6)	3(12.0)	2(8.0)
高血压	9(28.1)	6(24.0)	4(16.0)
服用PDE5Is	14(43.8)	8(32.0)	9(36.0)

表2 各组患者PDDU测量结果

指标	$\bar{X} \pm S$		
	动脉型组 (32例)	静脉型组 (25例)	非血管型组 (25例)
PSV/(cm/s)	23.4 ± 4.2	63.5 ± 14.1	66.2 ± 16.3
EDV/(cm/s)	2.8 ± 0.8	8.4 ± 3.9	1.5 ± 1.8
RI	0.87 ± 0.03	0.86 ± 0.07	0.98 ± 0.03
a/mm	0.95 ± 0.13	1.06 ± 0.10	1.05 ± 0.14
b/mm	1.02 ± 0.11	1.28 ± 0.16	1.26 ± 0.17
DCR	1.08 ± 0.03	1.20 ± 0.08	1.21 ± 0.09

2.3 动脉型组、静脉型组、非血管型组 ED 患者 DCR 值的整体随机分析及组间两两比较

3 组患者 DCR 值测量结果见表 2。3 组 DCR 均值做随机方差分析,比较差异有统计学意义($F=34.282, P<0.05$)。进一步做 3 组 DCR 值组间均值 LSD- t 检验的两两比较,动脉型组 DCR 值显著低于静脉型组($t=3.78, P<0.05$)和非血管型组($t=5.90, P<0.05$),而静脉型组与非血管型组 DCR 值比较差异无统计学意义($P=0.531$)。

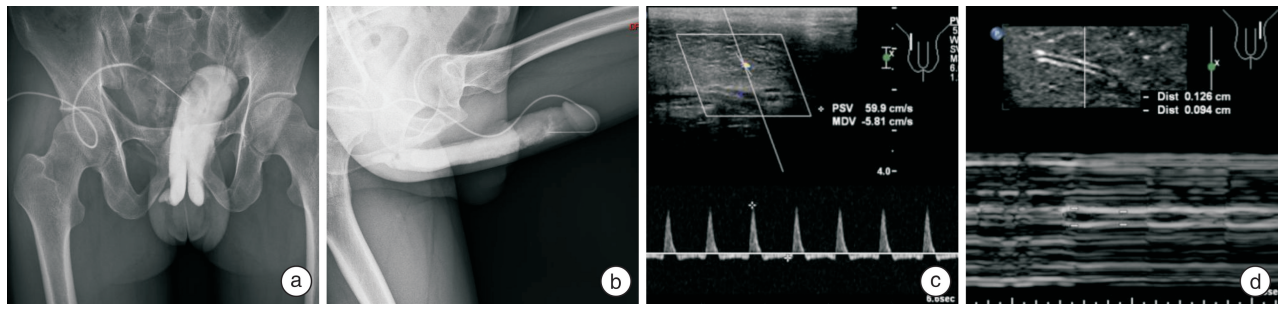
2.4 DCR 值与传统超声参数相关性

DCR 与传统超声诊断参数间相关性分析结果

表明,DCR 与 PSV 呈正相关($r=0.51, P<0.05$),与 EDV 无显著相关性($r=0.04, P=0.78$)。见图 5。

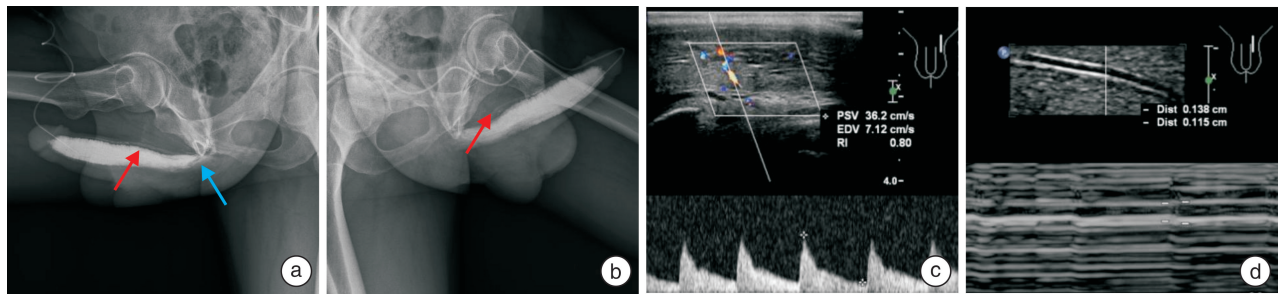
表 3 应用 PDDU 传统标准的诊断结果 例

组别	传统 PDDU 分型诊断					合计
	动脉型	可疑动脉型	静脉型	可疑静脉型	非血管型	
动脉型组	27	3	1	1	0	32
静脉型组	0	0	21	2	2	25
非血管型组	0	0	2	2	21	25
合计	27	3	24	5	23	82



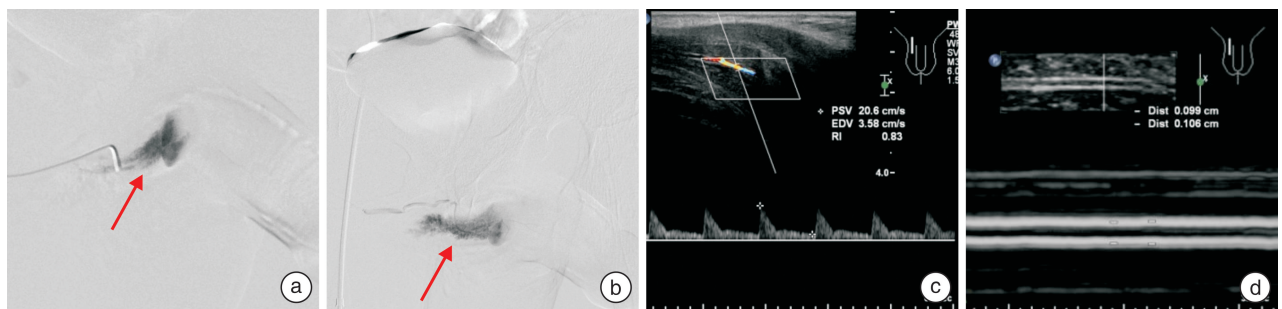
患者,男,28 岁,阴茎勃起不坚 1 年余,IIEF-5 评分 17 分,ICI 试验中阴茎最大勃起硬度 IV 级,诊断为非血管型 ED。a、b:阴茎海绵体静脉造影正位片和侧位片示阴茎静脉未见造影剂显示,提示阴茎海绵体动脉功能良好;c:PDDU 海绵体动脉血流频谱示 PSV>35 cm/s,EDV<3 cm/s;d:海绵体动脉 M 型曲线示 b=1.26 mm,a=0.94 mm,DCR=1.34。

图 2 非血管型 ED 典型病例



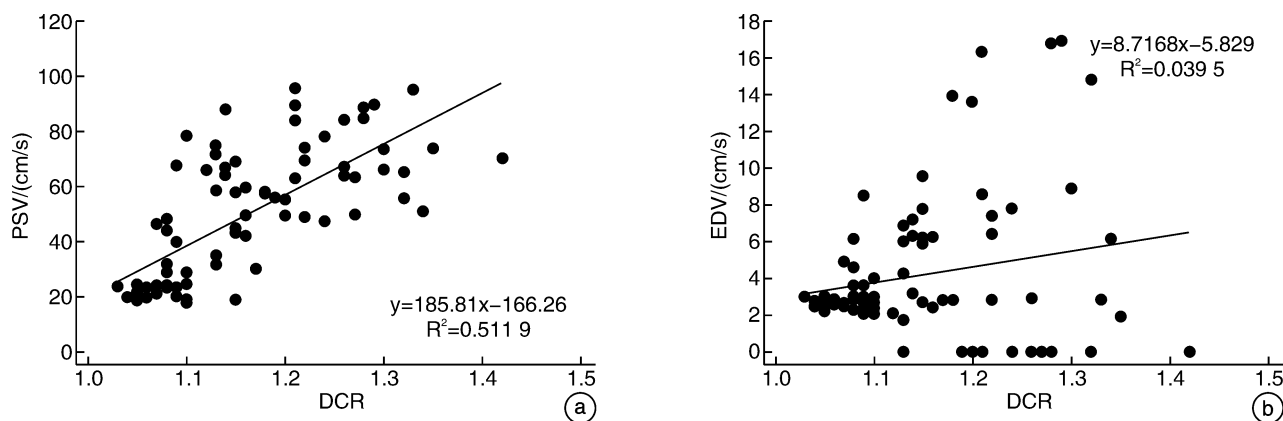
患者,男,42 岁,阴茎勃起不坚 6 年余,IIEF-5 评分 16 分,ICI 试验中阴茎最大勃起硬度 III 级,诊断为静脉型 ED。a、b:海绵体静脉造影示背深静脉(红色箭头)、脚静脉(蓝色箭头)可见造影剂显影;c:PDDU 海绵体动脉血流频谱示 PSV>35 cm/s,EDV>5 cm/s;d:海绵体动脉 M 型曲线示 b=1.38 mm,a=1.15 mm,DCR=1.20。

图 3 静脉型 ED 典型病例



患者,男,35 岁,阴茎不能勃起 3 年余,IIEF-5 评分 13 分,ICI 试验中阴茎最大勃起硬度 II 级,诊断为动脉型 ED。a、b:选择性阴茎动脉造影示海绵体动脉狭窄(红色箭头);c:PDDU 海绵体动脉血流频谱示 PSV<25 cm/s,EDV 在 3~5 cm/s;d:海绵体动脉 M 型曲线示 b=1.06 mm,a=0.99 mm,DCR=1.07。

图 4 动脉型 ED 典型病例



a:DCR 与 PSV 呈正相关;b:DCR 与 EDV 无显著相关性。

图5 DCR 与 PSV、EDV 相关性

2.5 DCR 诊断动脉型 ED 的诊断界值及准确率

ROC 回归分析显示,以 DCR 值等于 1.11 为界,DCR $\leq$ 1.11 表示阴茎海绵体动脉功能不良,其灵敏度、特异度、准确率分别为 88.0%、87.5% 和 90.5%,AUC 面积为 0.934(图 6)。统计结果提示,与 PDDU 传统诊断方法相比,DCR $\leq$ 1.11 诊断方法的灵敏度更高($P<0.05$),而特异度无明显差异($P>0.05$),提示 DCR 可以作为诊断动脉型 ED 的新指标。DCR $\leq$ 1.11 诊断方法的 Kappa 值为 0.752,提示其一致性均较高。

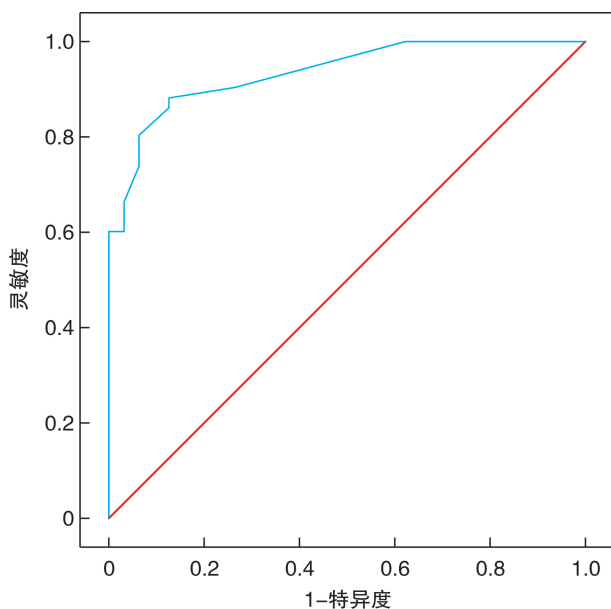


图6 DCR 的 ROC 曲线

3 讨论

阴茎勃起是一系列神经血管活动,受自主神经和躯体神经共同支配。交感副交感神经在骨盆内汇合形成海绵体神经,进入阴茎尿道海绵体和阴茎头,调节海绵体血流,动脉充血致阴茎膨胀勃起,而静脉回流致阴茎疲软^[16-17],所以阴茎动脉供血功能

是否正常对维持阴茎勃起功能至关重要。

研究发现,动脉性 ED 与心血管疾病具有共同的危险因素,包括肥胖、高血压、代谢综合征、糖尿病和吸烟^[18]。二者也有共同的潜在病理机制,包括血管内皮功能障碍、炎症和动脉粥样硬化。ED 患者发生冠心病的比例明显高于无 ED 者,且动脉型 ED 症状比心血管症状发生得更早,ED 是冠心病和心血管疾病的显著预测因子,其准确诊断对临床早期干预心血管病变有重大价值^[19-20]。最近,有研究提出低密度脂蛋白/高密度脂蛋白比值(LDL/HDL)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)甚至平均血小板压积(MPV)都可能是预测和诊断动脉型 ED 的有力指标^[21-23]。

动脉型 ED 的诊断金标准为海绵体动脉造影,因其侵入性及操作有一定难度,限制了其临床开展及普及。自 1985 年 Lue 等^[24]采用彩色多普勒超声技术观察阴茎血流动力学以来,彩色多普勒超声检查愈来愈多地应用于 ED 的诊断,因为其具有微创、可重复性等特点,已成为临床评估阴茎血管功能及鉴别动脉型与静脉型 ED 的首选方法^[25]。动脉型 ED 的分型诊断现在依赖临床检查、超声结果并结合患者对治疗的反应,综合评估后做出最终诊断。

目前较为公认的诊断动脉型 ED 的标准为:PSV <25 cm/s 提示动脉功能不良,即动脉型 ED,PSV 在 25~35 cm/s 为可疑动脉功能不良,PSV >35 cm/s 应认为动脉功能正常,诊断阴茎静脉漏的标准为 EDV ≥ 5 cm/s。迄今为止,人们将阴茎海绵体 PSV、EDV、加速时间、海绵体动脉加速指数、血管阻力、海绵体动脉内膜-介质厚度等参数用于评估 ED 患者的血管状态,但实际上,目前临床上广泛应用的参数仍是 PSV、EDV 和 RI 值^[24,26-27]。人们越来越希望提高 PDDU 诊断标准的准确率,甚至取代有创的选择性阴茎动脉造影。有学者提出 CA-OI 概念,即通过测算 ICI 试验中阴茎硬度最大时海绵体动脉的曲折性来评价其功能,认为海

海绵动脉越曲折,其功能越差,其灵敏度为 100%,特异度为 78%^[28]。但这仅从海绵体动脉粥样硬化与动脉型 ED 之间的相关性来论证^[29],而忽略了海绵体动脉血流灌注及动力学等因素的影响。国内学者^[30]应用剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)技术诊断动脉型 ED,通过剪切波估计阴茎组织硬度,并利用 SWE 值定量显示阴茎动脉供血情况,研究显示 SWE 截断值小于 10.05 kPa 时可评估阴茎动脉供血超过 30 cm/s,提示阴茎动脉功能正常,其灵敏度为 83.8%,特异度为 87.2%,但 SWE 的测量对超声设备软件配置和检查者技能有一定要求,限制了其在基层医疗机构的临床应用。

动脉为富有弹性的结缔组织与肌肉所形成的管路,当大量血液进入正常动脉将使动脉压力变大而使管径扩张,当血流灌注不足或动脉硬化等因素,这种管径扩张会减弱甚至消失^[31]。而且现在 M 型超声时间分辨率极高,能清晰反映正常海绵体动脉规律性地收缩和舒张,双侧管壁和探头之间的距离也随之改变,在超声显示器屏上呈现出随血管规律性运动而双侧管壁上下摆动的一系列亮线,当血流灌注不足或动脉硬化等因素导致管壁搏动减弱甚至消失时,相应 M 型超声诊断仪上能显示出双侧管壁的摆动减弱甚至消失。基于此,本研究提出应用 ICI 试验中阴茎海绵体动脉管径收缩率来诊断动脉型 ED,具有一定的参考价值。本研究结果提示 DCR 值与阴茎海绵体动脉 PSV 呈正相关,说明 DCR 与动脉血流状态联系紧密。将 DCR = 1.11 作为分界线,当 DCR ≤ 1.11 时,考虑为动脉型 ED,其灵敏度、特异度和准确率分别为 88.0%、87.5% 和 90.5%,ROC 曲线比较的结果也证实了这一结论,而且应用 DCR 值诊断动脉型 ED 较传统 PDDU 方法灵敏度更高,所以避免了“部分动脉型 ED”这一误区。因此,DCR 值可以作为诊断动脉型 ED 的新指标,其将帮助临床医师更准确地诊断动脉型 ED,从而将选择性阴茎动脉造影仅作为一种治疗动脉型 ED 的手段。

本研究存在以下局限性:首先,操作时间窗较窄,往往依赖于操作者的熟练程度,初学者往往无法在 5 min 内完成 6 次阴茎海绵体动脉流速和 3 次 DCR 的测量,且一定程度上受切面及偏移角的影响。我们建议在超声诊断仪中增加计算双侧 DCR 的测量模块,加快测量效率。其二,本组入选病例是进行 PDDU 并进一步接受静脉或动脉造影检查的确诊患者,不包括检查项目不全及最终诊断为混合血管性 ED 的患者,样本存在选择偏倚,对其灵敏度及特异度产生影响,因此下一步会收集更多病例,并将 DCR 值结合传统 PDDU 诊断所有类型 ED 的灵敏度、特异度进行分析,以减小样本的选择偏倚。

综上所述,海绵体动脉 DCR 值可作为血管性 ED 的 PDDU 分型诊断新指标。当 DCR ≤ 1.11 时,考虑为动脉型 ED,与 PDDU 传统分型诊断指标相比,其灵敏度及准确率更高。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Salonia A, Bettocchi C, Boeri L, et al. European Association of Urology Guidelines on Sexual and Reproductive Health-2021 update: Male sexual dysfunction [J]. Eur Urol, 2021, 80(3): 333-357.
- [2] Capogrosso P, Ventimiglia E, Boeri L, et al. Age at First Presentation for Erectile Dysfunction: Analysis of Changes over a 12-yr Period [J]. Eur Urol Focus, 2019, 5(5): 899-905.
- [3] Guo LQ, Liu YQ, Sun WD, et al. Significance of platelet distribution width as a severity marker of erectile dysfunction [J]. Andrologia, 2017, 49(3): e12628.
- [4] McCabe MP, Sharlip ID, Lewis R, et al. Incidence and prevalence of sexual dysfunction in women and men: a consensus statement from the Fourth International Consultation on Sexual Medicine 2015 [J]. J Sex Med, 2016, 13(2): 144-152.
- [5] Speel TGW, van Langen H, Wijkstra H, et al. Penile duplex pharmaco-ultrasonography revisited: Revalidation of the parameters of the cavernous arterial response [J]. J Urol, 2003, 169(1): 216-220.
- [6] 贾慧军, 庞雪芹, 宋悦, 等. 药物性阴茎双功能超声在诊断双干背深静脉漏中的价值 2019 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2019, 34(10): 782-790.
- [7] Aversa A, Crafa A, Greco EA, et al. The penile duplex ultrasound: How and when to perform it? [J]. Andrology, 2021, 9(5): 1457-1466.
- [8] Sikka SC, Hellstrom WJ, Brock G, et al. Standardization of vascular assessment of erectile dysfunction: Standard operating procedures for duplex ultrasound [J]. J Sex Med, 2013, 10(1): 120-129.
- [9] Nascimento B, Miranda EP, Terrier JE, et al. A Critical Analysis of Methodology Pitfalls in Duplex Doppler Ultrasound in the Evaluation of Patients With Erectile Dysfunction: Technical and Interpretation Deficiencies [J]. J Sex Med, 2020, 17(8): 1416-1422.
- [10] 石臣坤, 智二磊, 陈慧兴, 等. 可膨胀性人工海绵体植入术储水囊放置方法改良 30 例报告 2022 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2022, 37(5): 359-363.
- [11] Arthur L Burnett, Commentary RE: The international index of erectile function (IIEF): a multidimensional scale for assessment of erectile dysfunction [J]. Urology, 2020, 11(145): 308-309.
- [12] Pagano MJ, Stahl PJ. Variation in Penile Hemodynamics by Anatomic Location of Cavernosal Artery Imaging in Penile Duplex Doppler Ultrasound [J]. J Sex Med, 2015, 12(9): 1911-1919.
- [13] Wang J, Wang J, Liu Q, et al. Time-effect of Penile Color Duplex Doppler Ultrasound for Diagnosing Vas-

- cular Erectile Dysfunction, 2020 [J]. Med Ultrason, 2020, 22(1):37-42.
- [14] Bassiem MA, Ismail IY, Salem TA, et al. Effect of Intracavernosal Injection of Prostaglandin E1 on Duration and Rigidity of Erection in Patients With Vasculogenic Erectile Dysfunction: Is It Dose Dependent? [J]. Urology, 2021, 148:173-178.
- [15] Sikka SC, Hellstrom WJG, Brock G, et al. Standardization of Vascular Assessment of Erectile Dysfunction Standard Operating Procedures for Duplex Ultrasound [J]. J Sex Med, 2013, 10(1):120-129.
- [16] Dean RC, Lue TF. Physiology of penile erection and pathophysiology of erectile dysfunction, 2005 [J]. Urol Clin North Am, 2005, 32(4):379-395.
- [17] Clement P, Giuliano F. Anatomy and physiology of genital organs-men [J]. Handb Clin Neurol, 2015, 130:19-37.
- [18] Gandaglia G, Briganti A, Montorsi P, et al. Diagnostic and therapeutic implications of erectile dysfunction in patients with cardiovascular disease, 2016 [J]. Eur Urol, 2016, 70(2):219-222.
- [19] Uddin SMI, Mirbolouk M, Dardari Z, et al. Erectile Dysfunction as an Independent Predictor of Future Cardiovascular Events: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis [J]. Circulation, 2018, 138(5):540-542.
- [20] Azab SS, El Din Hosni H, El Far TA, et al. The Predictive Value of Arteriogenic Erectile Dysfunction for Coronary Artery Disease in Men [J]. J Sex Med, 2018, 15(6):880-887.
- [21] Li M, Ma Z, Zhang XL, et al. Significance of blood lipid parameters as effective markers for arteriogenic erectile dysfunction [J]. Andrology, 2020, 8(5):1086-1094.
- [22] Wang XS, Guo LQ, Xiao ZY, et al. Mean platelet volume might be an effective indicator of arterial erectile dysfunction [J]. Asian J Androl, 2018, 21(1):62-66.
- [23] Caretta N, De Rocco Ponce M, Minicuci N, et al. Penile doppler ultrasound predicts cardiovascular events in men with erectile dysfunction [J]. Andrology, 2019, 7(1):82-87.
- [24] Lue TF, Hricak H, Marich KW, et al. Vasculogenic impotence evaluated by high-resolution ultrasonography and pulsed Doppler spectrum analysis [J]. Radiology, 1985, 155(3):777-781.
- [25] Aversa A, Crafa A, Greco EA, et al. The penile duplex ultrasound: How and when to perform it? [J]. Andrology, 2021, 9(5):1457-1466.
- [26] Chiou RK, Pomeroy BD, Chen WS, et al. Hemodynamic patterns of pharmacologically induced erection: evaluation by color Doppler sonography [J]. J Urol, 1998, 159(1):109-112.
- [27] Bertolotto M, Campo I, Sachs C, et al. Sonography of the penis/erectile dysfunction [J]. Abdom Radiol (NY), 2020, 45(7):1973-1989.
- [28] Yildirim D, Bozkurt IH, Gurses B. A new parameter in the diagnosis of vascular erectile dysfunction with penile Doppler ultrasound: cavernous artery undulation index [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2013, 17(10):1382-1388.
- [29] Del Corso L, Moruzzo D, Conte B. Tortuosity, kinking, and coiling of the carotid artery: expression of atherosclerosis or aging? [J]. Angiology, 1998, 49(5):361-371.
- [30] Zhang JS, Zhou W, Zhang YY, et al. A Novel Method to Quantify Penile Arterial Blood Supply Using Shear Wave Elastography During Penile Duplex Ultrasound in Men with Erectile Dysfunction [J]. Med Sci Monit, 2022, 28:e935232.
- [31] 邓京平, 白文俊, 毛迅. 血管性勃起功能障碍患者阴茎血流动力学的变化 2005 [J]. 中国男科学杂志, 2005, 19(2):42-44.

(收稿日期:2022-09-14)