RigiScan 阴茎硬度测量仪在勃起功能障碍评估中的研究进展*

黄燕平[1]　卢慕峻[1]

［摘要］ 阴茎勃起功能障碍(ED)是男性最常见疾病之一,RigiScan 阴茎硬度测量仪是评估 ED 的重要检测工具,其应用对 ED 的诊断和病因鉴别发挥重要作用。随着 RigiScan 的广泛应用,越来越多的临床研究正深入探索其在 ED 具体病因诊断和治疗效果评估中的价值。本文将全面综述 RigiScan 在 ED 诊断与评估中的研究进展。

［关键词］ RigiScan;勃起功能障碍;阴茎硬度检测;诊断评估
doi:10.13201/j.issn.1001-1420.2018.08.004
［中图分类号］ R698.1　　［文献标识码］ A

Progress of RigiScan application in the evaluation of erectile dysfunction

HUANG Yanping　LU Mujun
(Department of Andrology, Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai Institute of Andrology, Shanghai, 200001, China)
Corresponding author: LU Mujun, E-mail: lumujun@163.com

Abstract Erectile dysfunction(ED) is one of the most common diseases in men. RigiScan, a monitor of penile rigidity, is an important testing tool for evaluating ED. RigiScan application plays an important role in the diagnosis or differentiation diagnosis of ED. With the widespread use of RigiScan, more and more clinical researches are exploring RigiScan's value in the identification of ED specific causes and evaluation of therapeutic effects. This review will provide a comprehensive elaboration of RigiScan's application progress in the diagnosis and evaluation of ED.

Key words RigiScan; erectile dysfunction; penile rigidity test; diagnosis and evaluation

早在 1940 年,心理学家就已开始研究夜间睡眠与阴茎勃起的关联。1965 年,Fisher 报道了睡眠快速动眼期(rapid eye movement, REM)的勃起现象,后期陆续有研究探索 REM 睡眠相关的勃起(sleep related erection, SRE)发生机制,并且认为如果勃起功能障碍(erectile dysfunction, ED)的男性有正常夜间勃起活动,其病因可能为心因性。1970 年 Karacan 报道了夜间勃起对 ED 的诊断及预测价值。1985 年 Bradley 和 Timm 发明 RigiScan 阴茎硬度测量仪,其检测的参数包括阴茎勃起的次数及每次勃起维持时间、阴茎胀大周径及径向硬度、累计勃起时间及平均勃起硬度和周径变化。因 RigiScan 可在家中自行检测,能尽量让患者达到"自然"勃起状态,使得夜间阴茎胀大试验(nocturnal penile tumescence and rigidity, NPTR)获得更精准的测量。1989 年 Kirkeby 报道了正常男性 NPTR 数据。1990 年 Harris 报道了视觉性刺激勃起对 ED 的病因诊断价值,同年 Chung 则将视觉性刺激勃起与夜间勃起参数进行对比分析。本文就 RigiScan 阴茎硬度测量仪在临床中应用进展进行综述。

1　RigiScan 阴茎硬度测量仪的检测方式

RigiScan 阴茎硬度测量仪有 2 种检测模式:夜间(nocturnal)模式和刺激(provocative)模式。夜间模式主要用于夜间睡眠状态下连续监测,刺激模式主要用于清醒状态下通过视听性刺激(audiovisual sexual stimulation, AVSS)监测。RigiScan 阴茎硬度测量仪主要测试并记录阴茎的径向硬度和胀大程度,其主要通过根部和头部阴茎套圈内的伸缩钢丝来实现,而钢丝的控制主要靠机器内部的微型电动马达牵引。每个阴茎套圈每 15 s 测试 1 次,阴茎套圈以 4 盎司(114 g)的线性拉力轻柔地绕住阴茎,然后突然放松,恢复到无负载状态,实现胀大程度测试。胀大程度测试与之前的基线比较,当胀大程度比基线增加 6 mm 以上时,表示能够勃起。RigiScan 阴茎硬度测量仪的控制器每隔 30 s 测试 1 s。胀大程度测试后,阴茎套圈以 10 盎司(283.5 g)的线性拉力围住阴茎 1 s,此时拉力能够记录特定

* 基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号 81771577);上海市教委高峰高原学科(编号"双百人计划-研究型医师"20161415);上海交通大学医学院附属仁济医院临床科研创新培育基金(编号 PYXJS16-009)
[1] 上海交通大学医学院附属仁济医院男科 上海市男科学研究所(上海,200001)
通信作者:卢慕峻,E-mail:lumujun@163.com

的反应,实现硬度测试。NPTR 监测一般需要受试者有连续 6 h 以上睡眠(建议保持 8 h 睡眠),且应避免饮酒和服用药物(如安眠药和苯二氮卓类)。AVSS 检测方式差异性较大,各检测中心在测试时间、设置视听性刺激方式及是否提前服用磷酸二酯酶-5 抑制剂(phosphodiesterase 5 inhibitor,PDE5i)等流程上并不统一。有研究建议保持阴茎疲软状态 15 min,观看影片 20 min[1];有研究则建议看 3 部 5 min 影片共 15 min[2];但也有作者建议观看影片 30 min[3]。国内有文献报道在初始化 15 min 后,观看影片 45 min[4,5]。笔者建议初始化后,观看影像的时间在 30～40 min 为宜[6]。NPTR 检测和 AVSS 检测在临床应用上各有优势,2 种检测结果的相关性较高。目前多数观点认为,AVSS 检测具有简单、实用、快捷及费用低等特点,适合一般 ED 患者的初步病因筛查[3]。NPTR 检测特点是价格偏高、耗时长及过程复杂等,但检测结果的客观性和准确性可能更高[5]。

2 RigiScan 阴茎硬度测量仪的诊断标准

目前 RigiScan 阴茎硬度测量仪的诊断标准并不统一。Campbel-Walsh 泌尿外科学[7]推荐的 NPTR 正常参考标准是 1992 年 Cilurzo 等的研究参数,即监测 2～3 个晚上,每晚勃起频次为 4～5 次,平均勃起时间>30 min,根部膨胀周径>3 cm,头端膨胀周径>2 cm,阴茎头端及根部最佳勃起硬度均>70%。欧洲男性勃起功能障碍诊断与治疗指南推荐的 NPTR 正常参考标准为:至少监测 2 个晚上,有 1 次头端勃起硬度>60%且维持时间超过 10 min 即认为勃起功能在正常范围[8]。另有研究认为,"正常"的勃起功能应该是 8 h 的睡眠监测过程中有 3～6 次勃起事件,平均持续勃起时间为 10～15 min。头端勃起硬度>70%,持续时间至少 10 min[9]。目前国内暂无 NPTR 正常参考标准,通常参考 Campbel-Walsh 泌尿外科学及欧洲泌尿协会的性功能障碍指南的参考标准。有研究提示在年轻、健康的男性中阴茎头端硬度>60%应考虑是正常勃起功能的标志[10],甚至有观点认为 55%～60%的根部勃起硬度以及 50%的头端勃起硬度就足以获得满意的阴道插入[11]。综合各项研究的参考标准,"最佳勃起"的参数似乎被认为是判断正常 NPTR 参数的重要指标。AVSS 检测目前并无统一的正常参考标准,大多数临床中心均参考 NPTR 的诊断标准。Wang 等[12]研究了 1 169 例 18～67 岁经 AVSS 检测的 ED 患者,发现根部硬度超过 60%的维持时间>8.75 min,头端平均硬度>43.5%,根部硬度>50.5%可作为 AVSS 检测阴茎勃起硬度正常的参考标准,且口服 PDE5i 后的 AVSS 检测对鉴别心理性和器质性 ED 更加客观准确。然而,因 ED 人群选择偏倚较大,AVSS 的诊断标准制定仍有待于进一步研究。笔者曾将国际勃起功能指数(international index of erectile function-5,IIEF-5)评分与 AVSS 的检测参数进行比较,发现 AVSS 检测到有效勃起后,头端勃起硬度超过 60%的时间>9 min 或阴茎根部勃起硬度超过 60%的时间>19 min 可能排除 ED 的诊断。然而,单独的 IIEF-5 评分指标可能增加了此诊断标准的局限性[6]。

3 RigiScan 阴茎硬度测量仪对 ED 病因诊断与疗效评估

NPTR 和 AVSS 是 ED 病因检测的 2 种重要手段。传统观念认为 NPTR 是鉴别心理性和器质性 ED 的金标准[13]。因此,NPTR 广泛应用于临床排查心理性 ED[14]、性功能的法医鉴定[3,15]以及心理性 ED 的脑功能研究[16,17]等。传统观点通常认为 NPTR 不能明确器质性病因的类型,如不能区分神经性、血管性和内分泌性 ED,特别是不能有效区分血管性病因的具体类型[18]。甚至有研究认为 NPTR 鉴别心理性 ED 也存在一定的局限性,如只有在病史提示心理性 ED 及无显著心血管危险因素的情况下,正常的 NPTR 的参数诊断心理性 ED 价值较大[18,19]。

随着近年来 RigiScan 阴茎硬度测量仪应用的增加,越来越多的研究正积极探索其诊断具体器质性病因的价值。目前多数研究侧重在探索 RigiScan 对外伤后 ED 评判[20,21]、手术前后勃起功能评估[22,23]以及代谢综合征对 ED 病情影响的严重程度[24]等方面的应用价值。NPTR 与阴茎海绵体血流多普勒超声(color doppler duplex ultrasound,CDDU)检测参数对比是当前研究的热点之一。阴茎头端及根部的勃起硬度与阻力指数(resistance index,RI)呈正相关,与舒张末期流速(end diastolic velocity,EDV)呈负相关[19]。对严重心理性 ED 患者,CDDU 的检测可能存在不准确性,而 NPTR 可能对 CDDU 反应不佳或过度反应的患者诊断价值较高[25]。Wylie 等[26]比较了 43 例平均年龄(58.3±10.4)岁 ED 患者的 NPTR 及 CDDU 参数,发现 NPTR 对动脉性 ED 诊断价值较高[收缩期峰值流速(PSV)≤35 cm/s],对静脉性 ED 诊断的特异性较低(EDV≥4.5 cm/s)。Elhanbly 等[27]研究 95 例 ED 患者发现,动脉性 ED 的 NPTR 参数高于静脉性 ED 的 NPTR 参数,混合型 ED 则最低。NPTR 根部参数在动脉性和静脉性 ED 差异无统计学意义,静脉性 ED 和混合型 ED 最佳勃起维持时间比较差异无统计学意义。当最佳勃起维持时间<11.5 min,诊断静脉性 ED 的可能性最大,但不能排除动脉供血不足的因素。也就

是当最佳勃起维持时间＞11.5 min，没有必要行静脉性 ED 的诊断检查。此外研究同时也发现，头端的勃起硬度和维持时间的诊断意义高于根部的诊断意义。Melman 等[28]研究发现自我评估勃起功能与客观勃起参数存在较大的差异。IIEF 评分在治疗评估及效果随访方面是重要的工具，但不能取代 NPTR 客观检测对 ED 的诊断。Bahouth 等[29]研究发现，NPTR 检测结果与 EndoPAT 检测血管内皮功能的结果相关性较高，提示 NPRT 参数可用于鉴别内皮功能障碍相关性 ED。

与 NPTR 检测比较，AVSS 检测的研究数据相对较少。Martins 等[2]研究发现，AVSS 阳性反应强烈提示心理性 ED 的表现，结合患者病史及血管活性药物注射试验，AVSS 是一种初步、无创排查心理性 ED 的有效检测方式。Mizuno 等[3]比较了 43 例同时接受 NPTR 及 AVSS 检测的数据，发现 AVSS 检测区分心理性 ED 的敏感度是 71%，特异度是 92%，总体准确率是 77%。综合结论提示，AVSS 检测是一种简单、实用及廉价的检测手段，其检测准确性与 NPTR 检测具有可比性，应该成为一种 ED 初步病因筛查的选择方式。

在 ED 治疗效果评估方面，RigiScan 硬度测试应用非常广泛。目前研究主要侧重在按需服用 PDE5i 的效果评估[1,30]、海绵体血管活性药物注射后效果[31]、不同类型 PDE5i 效果对比[32]、长期服用 PDE5i 停药后效果持续时间评估[33]、前列腺癌根治术（radical prostatectomy，RP）后勃起功能评价[34]或 RP 术后治疗效果评估[35]、骨盆骨折尿道损伤后勃起功能康复效果[36]等。

4　RigiScan 阴茎硬度测量仪的局限与挑战

虽然 RigiScan 硬度检测已获得广泛推广，但实际应用中仍然存在一定的局限性。首先，NPTR 或 AVSS 不能检测阴茎的轴向硬度，即不能有效判断插入阴道的硬度，同时其与 IIEF 评分可能不符，影响对 ED 严重程度的鉴别；再者，RigiScan 硬度检测可重复性相对较差，连续检测结果差异可能较大。有研究提示 NPTR 对鉴别心理性 ED 存在一定的误差率，且这种误差的比率可能高达 63%，虽然该研究评估心理性 ED 的方法有待商榷[37]。此外，假阴性率或阳性率的问题难以避免，如睡眠状态不佳、年老、焦虑或抑郁患者，NPTR 出现的假阴性率偏高，影响判断的准确性。多发性硬化的年轻 ED 患者 NPTR 可能是正常的，即出现假阳性，也有些正常男性可能存在 NPTR 参数的变异性。

总之，RigiScan 阴茎硬度测量仪是评估男性勃起功能的有效工具。尽管存在标准不统一及检测局限性等问题，RigiScan 硬度测试仍然是 ED 诊断、病因鉴别及疗效评估的重要方式。未来需要有更多的研究来支持和探索其在 ED 具体病因诊断及鉴别中的应用价值。

［参考文献］

1　Soh J，Naya Y，Ushijima S，et al. Efficacy of sildenafil for japanese patients with audio-visual sexual stimulation（avss）test by the rigiscan plus［J］. Arch androl，2006，52（3）：163－168.

2　Martins F E，Reis J P. Visual erotic stimulation test for initial screening of psychogenic erectile dysfunction：A reliable noninvasive alternative? ［J］. J Urol，1997，157（1）：134－139.

3　Mizuno I，Fuse H，Fujiuchi Y，et al. Comparative study between audiovisualsexual stimulation test and nocturnal penile tumescence test using rigiscan plus in the evaluation of erectile dysfunction［J］. Urol Int，2004，72（3）：221－224.

4　赵丽萍，洪仕君，徐建春，等. 阴茎勃起功能障碍的检测及法医学鉴定［J］. 昆明医学院学报，2011，32（3）：27－32.

5　文双纶，马金涛，陈利生，等. 阴茎硬度测试仪进行夜间勃起和视听性性刺激两种检查方法的比较［J］. 中国男科学杂志，2009，23（5）：24－27.

6　黄燕平，刘炜，张涛，等. 视听性刺激勃起检测（avss）对勃起功能障碍诊断价值的临床研究［J］. 中国男科学杂志，2017，31（5）：24－28.

7　II ALB. Evaluation and management of erectile dysfunction［M］. In：ALAN J. WEIN LRK，ALAN W. PARTIN，CRAIG A. PETERS，ed. Campbell-walsh urology Elsevier，2016：643－668.

8　Hatzichristou D G，Hatzimouratidis K，Ioannides E，et al. Nocturnal penile tumescence and rigidity monitoring in young potent volunteers：Reproducibility，evaluation criteria and the effect of sexual intercourse［J］. J Urol，1998，159（6）：1921－1926.

9　Jannini E A，Granata A M，Hatzimouratidis K，et al. Use and abuse of rigiscan in the diagnosis of erectile dysfunction［J］. J Sex Med，2009，6（7）：1820－1829.

10　Udelson D，Nehra A，Hatzichristou D G，et al. Engineering analysis of penile hemodynamic and structural-dynamic relationships：Part i-clinical implications of penile tissue mechanical properties［J］. Int J Impot Res，1998，10（1）：15－24.

11　Guay A T，Heatley G J，Murray F T. Comparison of results of nocturnal penile tumescence and rigidity in a sleep laboratory versus a portable home monitor［J］. Urology，1996，48（6）：912－916.

12　Wang T，Zhuan L，Liu Z，et al. Audiovisual sexual stimulation and rigiscan test for the diagnosis of erectile dysfunction［J］. Chin Med J，2018，131（12）：1465－1471.

13　Wasserman M D，Pollak C P，Spielman A J，et al. The differential diagnosis of impotence. The measurement of nocturnal penile tumescence［J］. JAMA，1980，243（20）：

2038－2042.

14 Elhanbly S, Elkholy A, Elbayomy Y, et al. Nocturnal penile erections: The diagnostic value of tumescence and rigidity activity units[J]. Int J Impot Res, 2009, 21(6): 376－381.

15 Cai L, Jiang M, Wen Y, et al. Forensic identification for erectile dysfunction: Experience of a single center[J]. Urology, 2015, 86(1): 68－71.

16 Cera N, Delli Pizzi S, Di Pierro E D, et al. Macrostructural alterations of subcortical grey matter in psychogenic erectile dysfunction[J]. PloS One, 2012, 7(6): e39118.

17 Cera N, Di Pierro E D, Ferretti A, et al. Brain networks during free viewing of complex erotic movie: New insights on psychogenic erectile dysfunction[J]. PloS One, 2014, 9(8): e105336.

18 Basar M M, Atan A, Tekdogan U Y. New concept parameters of rigiscan in differentiation of vascular erectile dysfunction: Is it a useful test? [J]. Int J Urol, 2001, 8(12): 686－691.

19 Allen R P, Engel R M, Smolev J K, et al. Comparison of duplex ultrasonography and nocturnal penile tumescence in evaluation of impotence[J]. J Urol, 1994, 151(6): 1525－1529.

20 Jeon S W, Yoo K H, Kim T H, et al. Correlation of the erectile dysfunction with lesions of cerebrovascular accidents[J]. J Sex Med, 2009, 6(1): 251－256.

21 Suh D D, Yang C C, Clowers D E. Nocturnal penile tumescence and effects of complete spinal cord injury: Possible physiologic mechanisms[J]. Urology, 2003, 61(1): 184－189.

22 Iacono F, Giannella R, Somma P, et al. Histological alterations in cavernous tissue after radical prostatectomy [J]. J Urol, 2005, 173(5): 1673－1676.

23 Bannowsky A, Schulze H, van der Horst C, et al. Nocturnal tumescence: A parameter for postoperative erectile integrity after nerve sparing radical prostatectomy [J]. J Urol, 2006, 175(6): 2214－2217.

24 Andersson D P, Ekström U, Lehtihet M. Rigiscan evaluation of men with diabetes mellitus and erectile dysfunction and correlation with diabetes duration, age, bmi, lipids and hba1c[J]. PloS One, 2015, 10(7): e0133121.

25 Aschka C, Himmel W, Ittner E, et al. Sexual problems of male patients in family practice[J]. J Fam Pract, 2001, 50(9): 773－778.

26 Wylie K R, Davies-South D, Steward D, et al. A comparison between portable ultrasound(midus) and nocturnal rigiscan when confirming the diagnosis of vascular organic erectile disorder[J]. Int J Impot Res, 2006, 18(4): 354－358.

27 Elhanbly S, Elkholy A. Nocturnal penile erections: The role of rigiscan in the diagnosis of vascular erectile dysfunction[J]. J Sex Med, 2012, 9(12): 3219－3226.

28 Melman A, Fogarty J, Hafron J. Can self-administered questionnaires supplant objective testing of erectile function? A comparison between the international index of erectile function and objective studies[J]. Int J Impot Res, 2006, 18(12): 126－129.

29 Bahouth Z, Zreik R, Graif A, et al. Endothelial function assessment in patients with erectile dysfunction[J]. Isr Med Assoc J, 2015, 17(11): 682－686.

30 Yaman O, Tokatli Z, Akand M, et al. Characteristics of sildenafil erections in healthy young men[J]. Asian J Androl, 2005, 7(4): 395－398.

31 Ogrinc F G, Linet O I. Evaluation of real-time rigiscan monitoring in pharmacological erection[J]. J Urol, 1995, 154(4): 1356－1359.

32 Gokce A, Demirtas A, Halis F, et al. The effects of phosphodiesterase type 5 inhibitors on penile rigidity variables during a period with no sexual stimulation: A laboratory setting double-blind study[J]. BJU Int, 2011, 107: 264－267.

33 Mathers M J, Klotz T, Brandt A S, et al. Long-term treatment of erectile dysfunction with a phosphodiesterase-5 inhibitor and dose optimization based on nocturnal penile tumescence[J]. BJU Int, 2008, 101(9): 1129－1134.

34 Taniguchi H, Kawa G, Kinoshita H, et al. Recovery of erectile function after nerve-sparing laparoscopic radical prostatectomy in japanese patients undergoing both subjective and objective assessments[J]. J Sex Med, 2012, 9(7): 1931－1936.

35 Bannowsky A, Schulze H, van der Horst C, et al. Recovery of erectile function after nerve-sparing radical prostatectomy: Improvement with nightly low-dose sildenafil[J]. BJU Int, 2008, 101: 1279－1283.

36 Peng J, Zhang Z, Cui W, et al. Role of nocturnal penile erection test on response to daily sildenafil in patients with erectile dysfunction due to pelvic fracture urethral disruption: A single-center experience[J]. Urology, 2014, 84(6): 1389－1394.

37 Jefferson T W, Glaros A, Spevack M, et al. An evaluation of the minnesota multiphasic personality inventory as a discriminator of primary organic and primary psychogenic impotence in diabetic males[J]. Arch Sex Behav, 1989, 18(2): 117－126.

（收稿日期：2018-07-16）