

## 动态轮廓眼压计与眼压测量

程玲艳 段宣初

五十年来, Goldmann 压平眼压计(Goldmann applanation tonometer, GAT)一直被认为是眼压(introcular pressure, IOP)测量的“金标准”,很少有临床医生关注它的局限性。其实早在 20 世纪 50 年代 GAT 发明时, Goldmann 就明确指出了自己设备的缺陷,该设备的精确度在角膜厚度为 520 微米时最佳,而当角膜厚度偏离这个点时,设备的精确度就逐渐下降。近年来的研究也证实了这一点,使我们认识到角膜厚度在人群中的差异与用 GAT 测得的眼压较真实眼压偏高或偏低之间存在密切联系。一些研究甚至指出:至少有一部分青光眼患者由于其角膜厚度较薄, GAT 测得的眼压读数偏低而被误诊为正常眼压性青光眼(normal tension glaucoma, NTG)<sup>[1]</sup>。

为了尽量减少角膜厚度对 GAT 测量造成的影响,眼科医生通常用各种不同的角膜测厚仪测量中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT),通过校正公式计算真实眼压值。尽管如此,用于矫正 CCT 差异所用的测厚仪和校正公式仍然不尽精确、不够可靠,因而很难被普遍接受<sup>[2,3]</sup>。

PASCALTM 动态轮廓眼压计(dynamic contour tonometry, DCT)在这种困境中应运而生,被认为是能够精确测量眼压的第一种医疗设备。该设备由瑞士微技术 AG 公司(Swiss Microtechnology AG, Switzerland)开发<sup>[4]</sup>,于 2004 年开始应用于临床。它消除了传统压平眼压计测得眼压估计值常常遇到的角膜厚度和硬度的影响。这种功能得益于一种“传感探头(sensor)”的应用,它与角膜弧度相吻合,因而能够通过一种内置式压力传感器的方法直接测量眼压。

### 一、仪器测量原理

DCT 的传感探头实际上就是一个整合在接触头端表面中心的电子压力感受器。这种眼压计的头端

是凹陷的,设计曲率半径为 10.5mm<sup>[5]</sup>,接触时角膜适应测量头弧度,在测量头边缘发生变形,而接触部位无角膜变形(即角膜两侧力量平衡<sup>[6]</sup>),从而杜绝切线及弹性变形力的影响。可适用于角膜厚度为 300~700 $\mu\text{m}$ ,曲率半径为 5.5~9.2mm 间的被检查者。压力读数以 100 赫兹的频率取样并数字化,资料被传输到一个以微处理器为基础的控制单元,计算并显示测量的压力值。在整个测量过程中,仪器都可以显示角膜正确定位的声音信号,该信号能够随检测到的压力大小的改变而改变。压平及压陷式眼压计均会导致明显的角膜变形,角膜会产生相应的弹性回复力,因而明显影响眼压计读数。DCT 由于测量部位角膜无明显变形,故测得的眼压值较 GAT 准确。

### 二、具体操作方法

PASCAL 动态轮廓眼压计装配在裂隙灯上,其操作方法与 Goldmann 压平眼压计相似,不同之处在于它只须单键操作且仪器会自动显示眼压读数,这样就避免了人工读数造成的误差。其具体操作如下:

①被检查者角膜表面麻醉(无需荧光染色),连接主机及固定底板套件,将主机固定在裂隙灯中轴适配器上。②安装测量头套及传感探头(sensor)。③让被检查者处于裂隙灯检查位置,从侧面观察将测量头靠近被检查眼。顺时针方向轻转蓝色旋钮(大约 10 度),打开 DCT 眼压计,等候液晶显示屏闪亮。④通过左侧的目镜观察,小心向前推动裂隙灯直到测量头接触角膜。确认压力传感器位于泪液接触面中央,而且泪液接触面未超出测量头的范围。⑤保持连续清晰的声音,默数 5 到 7 秒(5 个声音起伏周期)。⑥测量完成,将 DCT 迅速撤离被检查者角膜,在两声提示音后读取测量结果。

三、测量参数眼压脉动振幅的临床意义及其影响因素

测量完毕后显示屏上会出现以下参数:① IOP (P): 表示测到的眼压值 ② OPA (A): 表示眼压脉动振幅(ocular pulse amplitude, OPA) ③ Q: 表

示测量值可信度(其中 1=最佳; 2,3=可接受; 4=怀疑; 5 差)④ #000329 表示测量记录序号。其中 OPA 是眼压波动曲线中最大值与最小值之间的差值, 它的正常范围在 1~3mmHg, 可通过连接计算机显示 OPA 的波动情况。OPA 在正常眼压性青光眼(NTG)患者中偏低<sup>[7,8]</sup>, 而在原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma, POAG)及高眼压症(ocular hypertension, OHT)患者中偏高<sup>[9,10]</sup>。这点对于早期诊断 NTG 和 POAG 有较大意义。因为这两类青光眼早期眼压波动较大, 根据眼压早期诊断较为困难。而根据视野及眼底表现确诊时, 疾病已达晚期, 视力及视野的损害已不可恢复。因此, 在临床上我们可以将患者的眼压脉动振幅(OPA)作为参考指标之一, 进而提高早期诊断这两类疾病的准确率。

此外, OPA 决定于眼内灌注压及眼压, 后者会受到小梁手术的影响。由于决定小梁切除术成败的关键在于滤过泡的形成, 而对滤过泡成败及术后前景的预测又十分困难, 因此若有一种临床参数能够作为术后早期预测手术远期效果的指标, 则对青光眼术后的随访提供了很大帮助。Von Schulthess<sup>[11]</sup>等人研究发现, 小梁切除术后 OPA 值较术前降低大于 2.0mmHg 的患者, 比 OPA 值较术前降低小于 2.0mmHg 的患者在术后 3 个月内有更大的可能性不发生任何并发症。因此得出结论: 小梁切除术后, 较早期的 OPA 值降低超过 2.0mmHg 可以作为术后能够很好地控制眼压的诊断参数。他同时推测, 在那些术后前景乐观的患者中, OPA 值较大幅度地下降反映了房水外流阻力的降低, 而那些术后 OPA 值下降不明显的患者之所以前景不太乐观, 主要是由于这些患者手术伤口愈合的生物学差异所致。这是因为较高的 OPA 值反映了眼球壁压力的波动振幅较大, 后者导致手术伤口成纤维细胞被激活, 最终导致滤过泡瘢痕化而使手术失败。

Schmidt KG<sup>[12]</sup>等研究发现, 局部应用抗青光眼药物也会导致 OPA 的变化。例如, 碳酸酐酶抑制剂在降低高眼压型开角型青光眼患者眼压的同时, 也会引起 OPA 的升高。用药后 OPA 升高, 可以提高原发性开角型青光眼的诊断率。但另一些研究结果表明, 高眼压者或正常人使用抗青光眼药物致眼压下降后 OPA 并无变化<sup>[9]</sup>。OPA 的变化是否真正取决于局部药物的使用或者说眼压的下降是否是 OPA 变化的主要因素还值得研究。

#### 四、仪器的精确度及其优缺点

Kniestedt<sup>[13]</sup>等通过一个实验性 DCT 设备测量眼压并和人尸体眼上的直接眼内压力计测量进行比较, 同时还使用了两种目前常用的眼压计进行眼压测量, 分别是 Goldmann 压平式眼压计(GAT)和气动眼压计(pneumatometry, PTG)。结果表明: DCT 最接近直接压力计读数, 即“真正”的眼压。所有 DCT 的测量线性偏差都小于 0.5mmHg。相反, 无论是 GAT 还是 PTG, 偏差几乎达到 4mmHg。从而, 证实了 DCT 的精确度优于 GAT 和 PTG。

可重复性, 也就是观察者内压力计读数的变异性。Kniestedt<sup>[14]</sup>等评估了三种设备分别连续 5 次测量的结果, 读数显示: DCT 变异程度最小, 95% 的可信区间为  $\pm 1.28\text{mmHg}$ , 而 GAT 和 NCT 则分别是  $\pm 1.65\text{mmHg}$  和  $\pm 1.81\text{mmHg}$ 。Kaufmann<sup>[15]</sup>对 DCT 与 GAT 的变异性进行比较后得出: DCT 的观察者内变异程度为 0.65mmHg, 而 GAT 为 1.1mmHg ( $P=0.008$ ); DCT 的观察者间变异程度为 0.44mmHg, GAT 为 1.28mmHg ( $P=0.017$ )。

DCT 与 GAT 及 NCT 最大的不同在于其稳定性更强, 角膜厚度和特性的改变以及压迫角膜力量的大小均不会影响测量结果。当眼压在 5~60mmHg 时, DCT 的眼压测量值最为准确, 误差  $\leq \pm 0.7\text{mmHg}$ 。而 GAT 测量结果普遍低于真实眼压值, 平均偏差在 4mmHg。NCT 测量值也低于真实眼压值, 其测量误差随眼压值的升高而明显增加<sup>[14]</sup>。DCT 在连续测量同一只眼睛以及保持同一压力的不同眼睛的可重复性比 GAT 或 NCT 都要好。另外, Kotecha<sup>[16]</sup>等在对 130 例青光眼或色素播散综合征的患者进行研究后发现, 年轻人的 DCT 读数较 GAT 读数高, 而老年人群情况刚好相反。随着年龄增加, 角膜的生物学特性发生了相应的变化如角膜硬度增加、弹性降低等, 这使 GAT 测得的眼压偏高; 相反, DCT 对于角膜特性的这种改变却不敏感。从而可以推论, DCT 测量受角膜的生物学特性影响较小。

正是由于 DCT 的设计原理及这些特性使其具有了传统眼压计所没有的优点: (1)它每秒能收集一百个眼压值, 记录的是眼压的动态数据而非静态数据, 因而能够提供眼部短期压力波动的整个范围。(2)数字显示结果, 避免读数偏差。(3)精确测量动态眼压脉动振幅(OPA)。(4)自动评估测量质量。(5)能够自动校准。(6)储存最近 10 条测量结果, 便于查询。(7)测量不受角膜性质影响, 能准确测量 Lasik 术后眼压。(8)设有安全警示音, 可以避免因暴力接触角膜而引起的角膜损伤。

角膜曲率均不影响 DCT 及 GAT 的测量结果, 但 CCT 会明显影响 GAT 而不会影响 DCT 的测量。事实上, 影响 DCT 测量的因素的确较少, 它只限于不能配合检查如眼球震颤和低视力等而无法固视的患者。

#### 五、DCT 与 CCT 之间的相关性研究

Burvenich<sup>[17]</sup>等在对 294 只眼的中央角膜厚度 (CCT) 进行测量后分别用非接触眼压计 (non-contact tonometer, NCT) 和 DCT 测量其眼压值, 然后进行回归分析, 得出结论: NCT 与 CCT 的相关系数为 0.49, 证实用直线回归线分析 NCT 与 CCT 之间的相关性是可行的, 并且得出厚角膜测得的 IOP 读数较薄角膜高。而 DCT 与 CCT 的相关系数仅为 0.05, 从而证明: DCT 测得的眼压与 CCT 之间无明显关系, 即中央角膜厚度对 DCT 眼压测量值无影响。

Kniestedt<sup>[14]</sup>等进一步对健康志愿者中 DCT、GAT 以及 NCT 测量数据与角膜厚度的关系进行了分析, 得出后两者的测量数据与角膜厚度明显相关。角膜厚度每增加 10 $\mu\text{m}$ , 眼压测量值平均增加 0.35 mmHg。与此相反, 角膜厚度不同的志愿者 DCT 测量数据始终未见明显波动, 显示仅该眼压测量法不受角膜厚度影响。Goldmann 压平式眼压计测量数据与角膜厚度之间不存在线性相关关系, 因此无法应用简单的单阶列线图依据角膜厚度校正其测量值。Doyle 等<sup>[18]</sup>在另一项研究中指出, 在结构正常的薄角膜人群中, DCT 能够提供比 GAT 更加精确的眼压测量值, 而在厚角膜人群中, DCT 较 GAT 的这种优势似乎并不那么明显。

Kirstein<sup>[4]</sup>等研究表明, 平均角膜厚度在 545 $\mu\text{m}$  的观察者中, DCT 测量值比 GAT 大约高 1.7 mmHg。

#### 六、DCT 对 Lasik 术后青光眼危险性的评估

对于已行 Lasik 手术的患者来说, GAT 测得的 IOP 值较实际眼压值低 3 ~ 5 mmHg。此法的系统误差较为明显, 在评估 Lasik 术后青光眼危险性时可能会导致漏诊, 而 Lasik 手术对 DCT 测量法精确度的影响却不明显。Duba<sup>[19]</sup>等研究发现: 未经手术眼 GAT 测出的眼压与 CCT 值有明显相关性, 即角膜越厚 GAT 测得的眼压值越高, CCT 每增加 100 $\mu\text{m}$ , GAT 测出的眼压平均增加 3 mmHg。而在角膜切削术后, GAT 测出的眼压比术前值平均低 2.5 ~ 7 mmHg, 与 CCT 值无明显相关性。相反, DCT 测得的眼压值术前和术后无显著差异。从而得出 DCT 测量 Lasik 术后的眼压值比 GAT 更可靠。因此, 相

对于压平角膜压力测量法较为可靠、与角膜厚度无关且不受 Lasik 手术影响的眼压来说, 动态轮廓眼压测量法是一种颇有价值的方法。

Burvenich<sup>[17]</sup>等人对 Lasik 术前及术后 NCT 与 DCT 的测量值进行了比较, 得出已行 Lasik 术患者的角膜厚度及角膜本身的特性对 DCT 读数并不造成影响 ( $R=0.045$ )。Lasik 手术后第 6 周, DCT 的测量值大致等于术前眼压值, 平均改变为 0, 而 NCT 测量值均比术前低。

#### 七、展望

DCT 的操作方法与 GAT 相似, 但其测量的精确度和操作的简便性却显著提高。这种新设备具有将 IOP 检测数字化的美好前景, 加之可测量 OPA, 因此可为某些类型青光眼的早期诊断提供帮助。

其次, DCT 消除了眼压测量过程中的系统误差, 可很好地取代以正确地测量青光眼患者的眼压。随着屈光手术后角膜厚度的改变, DCT 在对此类患者青光眼的筛检具有更加显著的优势。

DCT 也广泛适用于角膜厚度偏离平均值、GAT 无法准确测量眼压的病例。DCT 测量头的轮廓决定了它能够准确测量 (含义是测量的系统误差  $< 0.5$  mmHg) 角膜曲率半径在 5.5 mm ~ 9.2 mm 间, 厚度在 300 ~ 700 $\mu\text{m}$  间被检眼的眼压。在此范围之外仪器的误差会增大, 而绝大多数非病理性角膜均符合 DCT 测量要求。目前尚需进一步研究明确的是 DCT 测量对青光眼治疗的指导作用。此外该技术在鉴别薄角膜及厚角膜患者开角型青光眼、高眼压症及正常眼压性青光眼中的作用也仍待研究。

#### 参 考 文 献

- Morad Y, Sharon E, Hefedz L, et al. Corneal thickness and curvature in normal-tension glaucoma. *Am J Ophthalmol*, 1998, 125: 164-168
- Bhan A, Browing AC, Shah S, et al. Effect of corneal thickness on intraocular measurements with the pneumotonometer, Goldman Applanation Tonometer, and Tono-Pen. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2002, 43: 1389-1392
- Feltgen N, Leifert D, Funk J. Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direct intracameral IOP readings. *Br J Ophthalmol*, 2001, 85: 85-87
- Kirstein EM, Husler A. Evaluation of the Orssengo-Pye IOP corrective algorithm in LASIK patients with thick corneas. *Optometry*, 2005, 76: 536-543
- Kniestedt C, Lin S, Choe J, et al. Clinical comparison of contour and applanation tonometry and their relationship to pachymetry. *Arch Ophthalmol*, 2005, 123: 1532-1537
- Kanngiesser H, Kniestedt C. Tonometry in change: from indentation and applanation to contour adaptation. *Ophthalmologie*, 2005, 102: 849-855
- Schmidt KG, Ruckmann AV, Mittag TW, et al. Reduced ocular pulse

- amplitude in low tension glaucoma is independent of vasospasm. *Eye*, 1997, 11:485-488
- 8 Schmidt KG, Von Ruckmann, Geyer O, et al. Effect of nifedipine on ocular pulse amplitude in normal pressure glaucoma. *Klin Monatsbl Augenheilk*, 1997, 210:355-359
  - 9 Mittag TW, Serle J, Schumer R, et al. Studies of the ocular pulse in primates. *Surv Ophthalmol*, 1994, 38:183-190
  - 10 Schmidt KG, Von Ruckmann A, Mittag TW. Ocular pulse amplitude in ocular hypertension and open-angle glaucoma. *Ophthalmologica*, 1998, 212:5-10
  - 11 Von Schulthess SR, Kaufmann C, Bachmann LM, et al. Ocular pulse amplitude after trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2006, 244:46-51
  - 12 Schmidt KG, Von Ruckmann A, Becker R, et al. Ocular pulse amplitude, intraocular pressure and beta blocker/carbonyl anhydrase inhibition in combined therapy of primary open angle glaucoma. *Klin Monatsbl Augenheilk*, 1999, 215:361-366
  - 13 Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Accuracy of dynamic contour tonometry compared with applanation tonometry in human cadaver eyes of different hydration states. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2005, 243:359-366
  - 14 Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Dynamic contour tonometry: A comparative study on human cadaver eyes. *Arch Ophthalmol*, 2004, 122:1287-1293
  - 15 Kaufmann C, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2004, 45:3118-3121
  - 16 Kotecha A, White ET, Shewry JM, et al. The relative effects of cornea thickness and age on Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry. *Br J Ophthalmol*, 2005, 89:1572-1575
  - 17 Burvenich H, Burvenich E, Vincent. Dynamic contour tonometry (DCT) versus non-contact tonometry (NCT): a comparison study. *Bull Soc Belge Ophtalmol*, 2005, (298):63-69
  - 18 Doyle A, Lachkar Y, et al. Comparison of dynamic contour tonometry with Goldmann applanation tonometry over a wide range of central cornea thickness. *J Glaucoma*, 2005, 14:288-292
  - 19 Duba I, Wirthlin AC. Dynamic contour tonometry for post-LASIK intraocular pressure measurement. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 2004, 221:347-350

(收稿时间: 2006-07)

---

## 招聘广告

---

### 河源市东源光明眼科医院诚聘英才

河源市东源光明眼科医院是一所现代化的眼专科医院,面积约6000平方米,位于河源市黄金地段,交通便利。医院设有眼科门诊、急诊、准分子激光治疗中心、白内障超声乳化治疗中心、视光中心、白内障、青光眼病区、眼底病区、检验中心及管理 etc 科室。现面向全国招聘如下眼科专业人员:主任医师二人,副主任医师四人,主治医师五人,视光医师二人,护士十人。要求对眼科相关专业熟练,有相关工作经验,证件齐全,可变更执业注册地点;主任、副主任医师要求能在本院担当学科带头人,主治医师要求在诊病、手术都有特点和独到之处,熟练掌握小切口白内障超声乳化手术者优先;眼科护理专业人员要求工作经验二年以上,有良好的沟通技巧。福利待遇:年薪6万-20万元;硕导、博士、硕士等特殊人才享受特殊人才津贴。医院提供吃住,配偶可以随迁,为员工办理社会保险,其它详情面议。有意者请将身份证、毕业证、职称证、资格证、执业证等相关证件复印件、个人简历及家庭关系、联系方式、近期免冠照片一张于近期寄到我院人事科。

联系人: 张院长 13902639900 吴院长: 13923686242 朱医生: 0762-3319555

地址: 广东省河源市源城区长塘路31号 邮政编码: 517000 网址: [www.dyeye.com](http://www.dyeye.com) [www.dyeye.cn](http://www.dyeye.cn) E-mail: [hywfyz@126.com](mailto:hywfyz@126.com)

(本广告长期有效,资料恕不退还)