

# CT 检查联合计算机三维重建指导泪道手术研究进展

郭思睿<sup>1,2</sup>, 莫亚<sup>2</sup>

1. 成都中医药大学 眼科学院, 四川 成都 610072
2. 成都中医药大学附属医院 眼科, 四川 成都 617002

**摘要:** 计算机三维重建技术通过临床 CT 图像采集和特定软件分析对患者泪道的构造和解剖结构进行准确的定位, 实现有效的术前评估并制定虚拟手术计划, 逐渐成为泪道手术的术前诊断及制定手术方式的重要依据。近年来已有越来越多的临床研究证实计算机三维重建技术在泪道手术的实施中发挥重要指导作用并在未来具有巨大的发展前景。本文综述计算机辅助三维重建技术在泪道手术中应用的研究进展, 以期增强眼科医生对三维重建技术在泪道手术中使用的深入了解, 为患者实行更精确和个性化的术前评估, 以便提高手术安全性并取得更好的手术效果。

**关键词:** 泪道手术; 鼻泪管; CT 检查; 计算机三维重建

**中图分类号:** R779.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3770(2024)04-0175-08

**引用格式:** 郭思睿, 莫亚. CT 检查联合计算机三维重建指导泪道手术研究进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2024, 38(4): 175-182. GUO Sirui, MO Ya. Computer-aided 3D reconstruction based on CT imaging for guidance in lacrimal duct surgery[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2024, 38(4): 175-182.

## Computer-aided 3D reconstruction based on CT imaging for guidance in lacrimal duct surgery

GUO Sirui<sup>1,2</sup>, MO Ya<sup>2</sup>

1. College of Ophthalmology, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610072, Sichuan, China
2. Department of Ophthalmology, Hospital of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610072, Sichuan, China

**Abstract:** By means of clinical CT image acquisition and specific software analysis, the structure and anatomical landmarks of the duct can be accurately identified, resulting in an effective preoperative evaluation and the subsequent formulation of a virtual surgical plan, becoming important bases for preoperative diagnosis and formulation of lacrimal duct surgery. Increasing clinical research has definitively demonstrated computer-aided three-dimensional reconstruction technology's important guiding role in lacrimal surgery, presenting prospects for significant future development. This review provides a detailed analysis of the research progress on computer-aided three-dimensional reconstruction technology in lacrimal surgery, granting ophthalmologists a more profound comprehension of said technology's usage in the context of lacrimal surgery. This technology facilitates increasingly accurate and personalized preoperative evaluation for patients, ultimately raising surgical safety and improving surgical outcomes.

**Key words:** Lacrimal duct surgery; Nasolacrimal duct; CT imaging; Three-dimensional reconstruction

对泪道解剖结构的清楚认识是实施泪道手术、提高手术疗效的必要前提<sup>[1]</sup>。医学影像学技术的发展为泪道手术实施提供了重要支持, 早期作为泪道病诊断“金标准”的数字减影造影技术(digital subtraction dacryocystography, DS-DCG)<sup>[2]</sup>由于图像重叠与面部骨骼的解剖关系复杂, 并不适合用于指导手术。泪道造影结合二维 CT 可清晰显示骨性泪道和其他鼻眼相关解剖结构的图像, 但此种检查以多层二维图像呈现, 尚需眼科医生对手术病灶及其与周围组织的关系进行想象<sup>[3]</sup>。

计算机辅助三维重建的模型技术在临床医学领

域中应用广泛, 在眼科疾病的诊断与治疗中也起到良好的辅助作用, 目前主要应用于与眼部骨性解剖结构相关的眼病中<sup>[4-5]</sup>。在 CT 检查的基础上用计算机辅助三维重建技术对获得的图像进行立体重建, 对患者实行更精确和个性化的术前评估和虚拟手术规划, 提高手术安全性并取得更好的手术效果。已有研究通过对比 DS-DCG、核磁共振泪道造影及泪道 CT 造影(CT-dacryocystography, CT-DCG)联合三维重建等泪道影像学检查方法, 认为 CT-DCG 联合三维重建具有分辨率高、解剖结构层次空间清楚、检查便捷的优势, 对外伤性鼻泪管骨折、先天或获得性

收稿日期: 2023-03-28

基金课题: 四川省中医药管理局项目(2023MS596)

通信作者: 莫亚。E-mail: moyaya5286@cdutcm.edu.cn

所致泪道阻塞的诊断都具有较大价值和意义<sup>[6]</sup>。

近年来泪道手术术式较前更为多样化且手术技术不断进步,目前国内尚未有研究进一步整理三维重建技术在泪道手术中的应用情况。为阐明计算机三维重建技术在泪道手术中的应用价值,研究对相关文献进行挖掘和整理,以期为临床实践和推广提供理论支持。

## 1 鼻泪系统的三维重建

鼻泪系统与鼻及副鼻窦之间存在着错综复杂的解剖关系,鼻泪系统分为骨性泪道和膜性泪道,其中骨性泪道系统位于上颌窦内侧壁内,通过膜性泪道系统的软组织开口进入下鼻道,其解剖结构具有隐蔽性和复杂性<sup>[7]</sup>。CT 检查联合三维重建使鼻泪系统骨性结构得到直观展示<sup>[8]</sup>,术前通过临床 CT 图像采集和特定软件分析对患者泪道的构造和解剖结构进行准确定位,标记泪道中特定的手术标志结构,预测手术过程中的风险,使医生能够精确找到并切开泪囊,增加手术成功率。

### 1.1 先天性鼻泪管阻塞的 CT 三维重建

CT 检查联合三维重建目前主要应用于先天性鼻泪管阻塞,先天性鼻泪管阻塞多见于儿童,泪道探通术是患儿鼻泪管阻塞轻症的常用治疗方法<sup>[9]</sup>,若阻塞的原因是下鼻甲骨性突出进入鼻泪管,或感染(如泪囊炎)导致鼻泪管水肿,普通泪道探通治疗可能不会成功<sup>[10]</sup>。如果保守治疗方法失败则须考虑侵入性手术治疗,侵入性手术术式优先考虑微创技术。CT 检查在骨性泪道诊断中具有重要价值,考虑到儿童复杂的骨性泪道结构,仅靠单纯的 CT 平面图像进行微创手术困难较大。患儿除鼻泪管阻塞外还可合并有泪道结构畸形、颜面部畸形等,计算机三维重建技术或可帮助医生制定和实行个性化的泪道重建手术。韩立坡等<sup>[11]</sup>通过对单侧先天性鼻泪管阻塞患儿行鼻泪管 CT 联合三维重建检查,发现与成人原发获得性鼻泪管阻塞不同的是,儿童先天性泪道阻塞患侧鼻泪管起始段扩张较健侧明显。进一步采用单平面 CT 测量、CT 多平面重组测量及 CT 联合三维重建测量等观察先天性泪囊囊肿患儿的骨性鼻泪管,均观察到患儿骨性鼻泪管起始段解剖特点与健侧相比扩大更明显<sup>[12-14]</sup>。目前 CT 检查联合三维重建应用于先天性鼻泪道阻塞的国内外报道仍较少,这与患儿基数小及婴幼儿尚不能完全配合检查等原因相关,未来仍存在较大研究空间。

### 1.2 获得性鼻泪管阻塞的 CT 三维重建

获得性鼻泪管阻塞的主要临床表现为溢泪及泪

囊炎,鼻泪管狭窄是原发性获得性鼻泪管阻塞发生的关键因素,当鼻泪管的直径较窄时,泪液流通的阻力增大,分泌物积聚导致鼻泪管黏膜粘连。在计算机三维重建技术被应用于泪道检查前,探讨骨性鼻泪管的解剖参数与获得性鼻泪管阻塞之间是否具有相关性时,成人骨性鼻泪管的相关解剖数据测量研究通常围绕尸体解剖和 CT 平面图像展开。

#### 1.2.1 成人尸头鼻泪管参数测量

对尸头进行标本切割和测量可以准确测量骨鼻泪管的形态学和形态计量学参数,但存在年龄范围较窄(老年人居多)、样本量较少<sup>[15]</sup>、标本解剖困难<sup>[16]</sup>、制作耗时等问题。随着我国可视人体计划的提出和发展,数字铣切技术被用于对人体标本进行精确的数字化模型建立<sup>[17]</sup>。李岩等<sup>[18]</sup>通过冠状位逐层铣切新鲜尸头采集图像,切削精度达微米级,图像分辨率为 2210 万像素。此种数据集弥补了直接进行尸头标本测量的不足,对微细器官结构的定位、形态和空间相对位置都得到极其清晰地显示,但此种数据集难以实现多标本制作,其国内外制作数量均有限,进行图像数据对比研究具有局限性。

#### 1.2.2 患者及正常人鼻泪管 CT 测量

CT 平面图像研究从横断面、冠状面、矢状面三个角度进行观察测量和辅助诊疗,可获得的样本量更大,但缺点是对鼻泪管的解剖数据收集并不全面且存在误差。Lin 等<sup>[19]</sup>通过 CT 平面测量对比正常人种族间的鼻泪管形态学差异,在测量中需要通过设置标志点或线来排除 CT 检查过程中颈部屈曲与面部转向带来的误差。而三维重建出的立体图像在数据收集和避免误差中更具优势,刘欣等<sup>[20]</sup>综述鼻泪管阻塞性疾病中应用 CT 平面图像测量鼻泪道相关解剖参数的研究进展,认为相比通过经线、面积等解剖参数计算,通过三维重建进行的鼻泪管体积测量更立体和直接。王素贞等<sup>[21]</sup>为评估患者泪囊长轴与骨性鼻泪管夹角与鼻泪管阻塞发生的相关性,除在 CT 二维平面进行测量外,将患者 CT 图像上传在 PACS 工作站上对鼻泪管的结构图进行三维重建,使得他们的测量变得更为直观,并能实现具体化医生的术区结构想象,但此种三维重建有一定的局限性,只能在冠状位进行观察,不能自由转动方向和角度。使用单一的 CT 平面图像指导手术时无法呈现出鼻泪管周围组织的空间位置。周浩等<sup>[22]</sup>通过 CT-DCG 检查测量骨性鼻泪管变化对鼻泪管阻塞的影响,认为 CT-DCG 能够显示静脉上下泪小管,有利于术前规划和术中决策,但辅助手术仍需医生据此进行三维想象。

### 1.2.3 患者及正常人鼻泪管 CT 联合三维重建测量

CT 联合三维重建技术尤其适用于对鼻泪管空间体积的测量,通过计算机直接产生测量结果而避免了人工算式干预造成的误差。在数学建模基础上设计的自动化三维重建软件则为临床应用提供了平台,Jañez-Garcia 等<sup>[23]</sup>设计了用于检测 CT 图像上鼻泪管边界体重建及自动分割的软件,鼻泪管轴是根据多边形建模以及多次多项式计算确定的。此研究所展示的全自动测量在客观性、灵敏度、再现性和速度方面对比人工进行 CT 三维重建模式都有所提高,能使鼻泪管重建在常规临床实践中更易于执行。

需要强调的是,我们在临床实践中发现三维重建的精确度与 CT 扫描图像的质量密切相关,图像的层数与重建的精确度呈正比,图像的厚度与精确度呈反比,薄层 CT 的重建图像更逼真,反之,粗糙的重建结果不能完整呈现出泪道的精细解剖结构,因此要求进行计算机三维重建的 CT 的扫描厚度应为 1 mm 以下的薄层扫描,否则重建成果将不足以支持数据测量。Park 等<sup>[24]</sup>使用 Image J 程序<sup>[25]</sup>将选定的 CT 二维图像重建为三维图像用于测量鼻泪管容积,但由于计算机断层 CT 的扫描厚度为 2 mm,因此其对鼻泪管进行三维重建的数据缺乏准确性。Lee 等<sup>[26]</sup>采用螺旋 CT (SOMATOM Definition AS+) 对尸头进行扫描,扫描参数为 0.75 mm 和 120 kV。薄层 CT 使 Mimics (version 20.0, Materialise) 软件实现精确的 3D 建模,让体积测量更为可靠。另外,经笔者实践, Mimics、3Dslicer (4.6.2 版) 等<sup>[27]</sup>软件不但可以做出准确的立体重建,还可自行调整重建模型的颜色,实现更为逼真的重建效果 (图 1,2)。

由于 CT-DCG 检查还原的三维重建对扫描厚度要求较高,患者所接受的射线暴露比普通 CT 检查更高,李莹等<sup>[28]</sup>对比了 CT-DCG 检查中接受普通扫描与联合三维重建患者所暴露的辐射剂量,认为普通扫描不仅可以减少辐射剂量暴露,而且得到有效 CT 的比例更高,三维重建更适用于复杂性泪道阻塞疾病或病程较长的病例,同时认为 CT 检查联合三维重建与 MRI 相比在显示骨质结构上更有优势,对临床判断患者是否存在骨性鼻泪管狭窄以及确定手术造瘘位置有更大帮助。笔者认为,患者在行 CT-DCG 检查时对易受辐射的人体部位需做好重点防护,以减少辐射损伤。



图 1 患者 CT-DCG 检查冠状位

Figure 1 CT-DCG examination of the coronary position of the patient



图 2 使用 3D Slicer 软件进行 CT-DCG 三维重建

Figure 2 CT-DCG 3D reconstruction by 3D Slicer software

## 2 泪道相关手术中的三维重建应用

### 2.1 泪囊鼻腔吻合术 (dacryocystorhinostomy, DCR)

在鼻腔内窥镜的协助下,泪道手术逐渐由鼻腔入路替代传统的皮肤入路,为保证手术质量,对鼻泪管的解剖结构的掌握需要更为全面和精确<sup>[29]</sup>。三维重建可以作为术前准备项目快速安全地协助规划手术,并在必要的病例中提供彻底的术后随访。

#### 2.1.1 国外 CT 检查联合三维重建在 DCR 手术中的运用

对于泪道和泪道周围软组织或骨性解剖位置因不同病因出现继发性改变的患者,普通 CT 中常规的骨性标志无法用于术中定位,联合三维重建后可精确实行术中定向导航。Ali 等<sup>[30]</sup>以继发性获得性泪道梗阻患者为研究对象,所有患者均接受了由 StealthStation™ (美敦力,美国) 系统进行的 CT 检查联合三维重建,并在基于重建结果的手术导航引导下进行了动力内镜 DCR,证实了此方式可实现精确的泪囊和鼻泪管定位。在内镜下泪道解剖结构有改变位置附近导航时,可确保定位系统的正确性。术前的泪道三维重建和术中泪道定位使得手术在最大程度上安全和精确地进行,避免并发症。

CT 检查联合三维重建不但可以更加直观地显示泪道部分的全程走行,还可以让手术医生自由旋转图像并调整图像透明度(图 3),以通过不同角度观察术区。Alañón 等<sup>[3]</sup>使用 Horos<sup>®</sup> 处理器<sup>[31]</sup>进行 CT DICOM 格式图像的三维体重建,用于 DCR 的术前规划和术中即时观察,此软件允许手术医生在 3 个空间平面上进行更好的感知操作,与二维图像相比提供了更高的准确性和安全性。

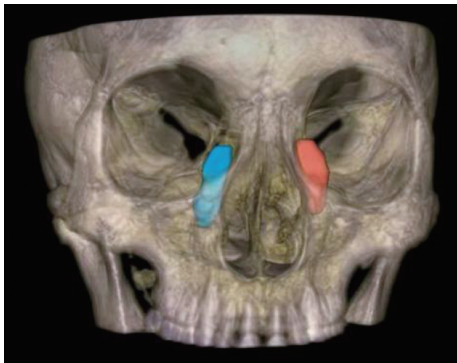


图 3 使用 3D Slicer 软件调整重建图像透明度  
Figure 3 Adjust the transparency of the reconstructed image by using 3D Slicer software

### 2.1.2 国内 CT 检查联合三维重建在 DCR 手术中的运用

国内由范先群教授领导的团队首先提出将 CT 检查三维重建应用于泪道手术规划中,并且创造了对鼻泪管首先进行二维分割,再由分割得到的二维轮廓线重建鼻泪管三维模型的新方法,此方法不仅实现了正常鼻泪管的分割和重建,对于骨折后的鼻泪管也可以得到其分割后的三维重建结果,能准确测量出鼻泪管的倾斜角度、长度和管道直径,给予临床医生重要的手术指导<sup>[32-33]</sup>。该团队近年来致力于推广人工智能手术内镜导航系统,目前主要应用于眼肌疾病诊疗及整形<sup>[34]</sup>,将三维体重建与 3D 打印技术相结合,产出了逼真的解剖模型,极大地提高了手术的成功率并减少术后并发症。若在 DCR 手术中应用,未来将可用于指导机器人手术或定制鼻泪管植入物生产。

CT 联合三维重建对 DCR 手术的术前规划与阻塞定位具有指导作用,术前规划和精准定位是实行精准微创的 DCR 手术的关键步骤。刘冬冬<sup>[35]</sup>对进行鼻腔入路 DCR 手术的慢性泪囊炎患者进行了 CT-DCG 联合三维重建,认为其能明确诊断慢性泪囊炎患者泪道阻塞部位,并对鼻腔入路 DCR 的手术操作有引导作用;陈涛等<sup>[36]</sup>认为对 CT 图像进行三维重建处理能够全面显示骨性鼻泪管形态等,能够帮助判断泪道阻塞的位置;罗忠等<sup>[37]</sup>也通过研究证

实 CT 联合三维重建技术对泪道阻塞的不同阻塞部位检出的符合率较高,可帮助拟定手术方案。除了阻塞位置定位准确,CT-DCG 联合三维重建的重要价值还体现在术中及术后的相关指标。黄叶平<sup>[38]</sup>为评估皮肤入路、鼻腔入路 DCR 手术疗效,以 CT-DCG 联合三维重建作为术前检查方式,发现在三维图像引导下进行的精准内路 DCR 手术无皮肤切口,术中更直观、微创,手术时间、住院时间更短,术后病人疼痛感更轻。

### 2.2 泪道逆行置管术

泪道逆行置管术操作简便、不改变泪道鼻腔的解剖结构且费用低廉,适用于不需要进行更具复杂性和设备要求更高的经鼻入路 DCR 的患者。泪道逆行置管术的手术成功率相对 DCR 较低,因此更需谨慎评估患者的鼻泪管条件。有研究发现 CT 联合三维重建技术更适用于泪道长度短、直径大的患者,可有效提高手术成功率和临床治愈率<sup>[39-40]</sup>;高亚莉等<sup>[41]</sup>通过临床病例对照进行的以泪道 CT 三维重建指导泪道逆行置管手术治疗鼻泪管阻塞的研究结果也再次证实了使用泪道 CT 三维重建测量筛选合适的手术患者的高效性和准确性。

### 2.3 泪道外伤整形修复术

外伤造成的上颌骨额突骨折及骨性鼻泪管塌陷常合并泪囊窝塌陷、内眦韧带断裂、泪囊移位及内眦畸形。泪道外伤整形修复术前行 CT 检查联合三维重建检查有助于手术医生判断眼眶骨折及泪囊损伤情况,人体骨性结构的三维重建相较软组织则更具优势,为泪道微创操作及手术安全提供保障。潘荣海等<sup>[42]</sup>在治疗单侧外伤性鼻泪管阻塞伴泪囊移位患者时,术前利用 CT-DCG 联合三维重建评估泪囊位置、造口处骨折情况及骨质厚薄、鼻黏膜损伤状态,避免了行鼻外径路手术时存在面部瘢痕、骨窗制作困难及眶内并发症风险。周希彬等<sup>[43]</sup>对面中部骨折致外伤性慢性泪囊炎患者进行 CT-DCG 联合三维重建检查,并根据检查结果显示的特点选定外路微小切口泪囊鼻腔吻合术合并内眦畸形整形术作为手术方式,发现 CT-DCG 联合三维重建检查不仅能充分评估骨性鼻泪管损伤情况和面中部骨折的具体表现,还能及时发现颅底骨折并发脑脊液漏以对症处理,可见 CT-DCG 联合三维重建检查对于指导外伤整形修复术的实施有重要临床价值。

### 2.4 鼻背缩窄截骨术

鼻背缩窄截骨术是一种外鼻整形手术,手术操作不当容易造成患者鼻泪管的局部损伤。基于此,Sarialtun 等<sup>[44]</sup>通过构建三维重建模型测量外侧截骨

线至泪道系统的安全距离以确认截骨不会对泪道造成损伤;郑志峰<sup>[45]</sup>通过对实施鼻背缩窄截骨术并出现或未出现鼻泪管损伤的患者分组进行骨性鼻泪管相关参数测量,对比后发现术前行 CT 三维重建能精确指导鼻背缩窄截骨术的安全操作,降低对鼻泪管的损伤;刘玥等<sup>[46]</sup>应用 CT 三维重建对鼻背缩窄截骨术患者泪道系统的相关参数进行检测,并在三维模型上进行全方位研究,认为 CT 三维重建不仅可以有效预防术后泪道系统损伤,而且对术后泪道系统损伤的诊断也具有重要参考价值。上述研究表明三维重建在面部整形手术中也有极大发展空间。

## 2.5 功能性鼻泪管解压术

功能性鼻泪管解压术是 2017 年提出的治疗慢性泪囊炎的新术式,目前仍在探索其可行性,尚未在临床中推广应用。传统鼻内镜下泪囊鼻腔吻合术虽能达到良好的临床效果,但不能完全避免由于术中对膜性泪道组织破坏而出现的术后并发症<sup>[47]</sup>。为进一步探索新术式,李晓辉等<sup>[48]</sup>首先通过图像处理软件进行慢性泪囊炎的 CT-DCG 图像三维重建,然后在图像上对泪囊、鼻泪管进行模拟“切削”减压,认为功能性鼻泪管解压术能够保留膜性泪道结构的完整性,避免因切开泪囊造成的肉芽增生、瘢痕形成等并发症。该团队在进一步的研究中对 10 例成人冷冻尸头模拟了鼻泪管解压手术,发现此种新术式能保留泪道的虹吸功能<sup>[49]</sup>,为其在临床中的试行奠定了基础。

## 3 总结

综上所述,CT 检查与计算机三维重建技术的结合将泪道疾病的诊疗趋向于“个性化”和“精准化”的发展,CT 检查联合计算机三维重建技术主要在解剖位置的空间测量及术区精准定位、手术规划方面取得了较大进展。重建模型为临床提供了技术指导、缩短手术时长并降低出血量,有利于推广精准微创外科理念,为个性化治疗创造了条件。此外,三维重建技术可使患者清楚直观地了解病情及治疗过程,满足患者对于创伤小和术后恢复快的诉求,减少医疗纠纷。现已有多种影像工作站用于支持临床医生更便捷地进行图像处理工作,并且更方便进行人员培训。笔者认为可将此技术应用于医学教育中,用于指导年轻眼科医师加深对泪道复杂解剖结构和手术步骤的认识。

由于目前尚无成熟的完全自动化影像三维重建系统出现,进行三维重建过程中需要人工干预才能保证重建图像的精确性,因此实施建模人员均需要

经过专业培训。与此同时,三维重建的精确度与 CT 的扫描厚度密切相关,需要影像扫描设备可进行 1 mm 以下的薄层扫描,因而对设备要求较高,在基层医院中进行普及尚存在难度。

泪道病的患者基数较小,样本量的限制使得三维重建技术的应用价值仍需进一步的临床证据支持。作为人工智能导航系统及机器人手术的必须准备,CT 检查结合三维重建是医学影像学与计算机技术相结合的成果,可管窥出其在泪道手术未来的发展中将会占据重要地位。

## 参考文献:

- [1] 甘蕾英, 刘琪, 王耀华, 等. CT-泪道造影术(CT-DCG)在泪道阻塞性疾病中的临床应用[J]. 眼科新进展, 2019, 39(3): 264-266. doi: 10.13389/j.cnki.rao.2019.0059
- [2] KIRCHHOF K, HÄHNEL S, JANSEN O, et al. Gadolinium-enhanced magnetic resonance dacryocystography in patients with Epiphora[J]. J Comput Assist Tomogr, 2000, 24(2): 327-331. doi:10.1097/00004728-200003000-00027
- [3] ALAÑÓN FERNÁNDEZ FJ, ALAÑÓN FERNÁNDEZ M, ALAÑÓN CÚRDENAS F, et al. Improvements in planning lacrimal surgery using DICOM Horos® viewer 3D images[J]. Arch De La Sociedad Española De Oftalmol Engl Ed, 2021, 96(10): 509-514. doi:10.1016/j.oftale.2020.12.010
- [4] 蒋薇. 眼眶 MRI 三维重建技术的建立及其在 TAO 中的应用[D]. 广州: 南方医科大学, 2017
- [5] 冯礼冬. CT 三维重建眼眶解剖测量与相关疾病 CT 诊断[D]. 厦门: 厦门大学, 2014
- [6] 李树权. 鼻泪管的影像学检查进展[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2014, 35(5): 697-699
- [7] 徐玉亭, 严明. 泪道内窥镜在泪道疾病中应用的研究进展[J]. 武汉大学学报(医学版), 2021, 42(6): 1023-1026. doi: 10.14188/j.1671-8852.2019.0585
- [8] CHEN XH, XIE MQ, WANG JY, et al. Role of computed tomographic dacryocystography in lacrimal path damage

- [J]. *J Clin Otorhinolaryngol Head Neck Surg*, 2014, 28 (11): 810-813
- [9] 吕萍, 李丹丹, 宋伟, 等. 鼻内镜辅助下鼻泪道再通术治疗新生儿期泪囊炎[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2023, 37(2): 71-74. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.530  
 LYU Ping, LI Dandan, SONG Wei, et al. Nasolacrimal duct recanalization under nasal endoscopy for neonatal dacryocystitis[J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2023, 37(2): 71-74. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.530
- [10] Petris C, Liu D. Probing for congenital nasolacrimal duct obstruction[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 7(7): CD011109. doi:10.1002/14651858.CD011109.pub2
- [11] 韩立坡, 张诚玥, 王凤仙, 等. 先天性鼻泪管阻塞鼻泪管发育的解剖特征研究[J]. *国际眼科杂志*, 2021, 21(9): 1641-1643. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.9.30  
 HAN Lipo, ZHANG Chengyue, WANG Fengxian, et al. Anatomical characteristics of nasolacrimal duct development in congenital nasolacrimal duct obstruction[J]. *International Eye Science*, 2021, 21(9): 1641-1643. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.9.30
- [12] 张诚玥, 于刚, 吴倩, 等. 先天性骨性鼻泪管发育异常的影像学观察[J]. *中华眼科杂志*, 2014, 50(12): 911-914. doi:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2014.12.008  
 ZHANG Chengyue, YU Gang, WU Qian, et al. Radiographic observation of nasolacrimal canal in congenital nasolacrimal canal agenesis[J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 2014, 50(12): 911-914. doi:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2014.12.008
- [13] 王争, 王凤仙, 韩立坡, 等. CT 多平面重组技术对先天性骨性鼻泪管发育异常的解剖特点[J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*, 2021, 29(1): 32. doi:10.3969/J.ISSN.1005-328X.2021.01.012  
 WANG Zheng, WANG Fengxian, HAN Lipo, et al. Anatomic feature research of congenital nasolacrimal canal dysplasia on CT multiplanar reconstruction[J]. *Chinese Journal of Strabismus & Pediatric Ophthalmology*, 2021, 29(1): 32. doi:10.3969/J.ISSN.1005-328X.2021.01.012
- [14] 韩立坡, 张诚玥, 王凤仙, 等. 先天性泪囊突出骨性鼻泪管解剖特征分析[J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*, 2021, 29(3): 21-23. doi:10.3969/J.ISSN.1005-328X.2021.03.007  
 HAN Lipo, ZHANG Chengyue, WANG Fengxian, et al. Analysis of anatomic characteristics of bone nasolacrimal duct in congenital dacryocyst protrusion[J]. *Chinese Journal of Strabismus & Pediatric Ophthalmology*, 2021, 29(3): 21-23. doi:10.3969/J.ISSN.1005-328X.2021.03.007
- [15] Ali MJ, Schicht M, Paulsen F. Morphology and morphometry of lacrimal drainage system in relation to bony landmarks in Caucasian adults: a cadaveric study[J]. *Int Ophthalmol*, 2018, 38(6): 2463-2469. doi:10.1007/s10792-017-0753-6
- [16] 闫帅. 内眦区域组织结构的局部解剖及三维可视化建模[D]. 西宁: 青海大学, 2018
- [17] 徐雪彬, 王星, 李琨, 等. 中国学龄前男童连续薄层标本数据集建立及可视化[J]. *解剖学报*, 2020, 51(6): 924-928. doi:10.16098/j.issn.0529-1356.2020.06.018  
 XU Xuebin, WANG Xing, LI Kun, et al. Data set and visualization of continuous thin layer specimen of Chinese preschool boys[J]. *Acta Anatomica Sinica*, 2020, 51(6): 924-928. doi:10.16098/j.issn.0529-1356.2020.06.018
- [18] 李岩, 马琼杰, 李颖, 等. 鼻内泪囊鼻腔造口术相关结构冠状切面断层解剖学观察[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2019, 33(7): 625-627. doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2019.07.012  
 LI Yan, MA Qiongjie, LI Ying, et al. Sectional anatomical observation of coronal plane of dacryocystorhinostomy related structures[J]. *China Industrial Economics*, 2019, 33(7): 625-627. doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2019.07.012
- [19] Lin ZH, Kamath N, Malik A. Morphometric differences in normal bony nasolacrimal anatomy: comparison between four ethnic groups[J]. *Surg Radiol Anat*, 2021, 43(2): 179-185. doi:10.1007/s00276-020-02614-4
- [20] 刘欣, 莫亚, 黄秀蓉. 在鼻泪管阻塞性疾病中应用 CT 测量鼻泪道相关解剖参数的研究进展[J]. *国际眼科杂志*, 2020, 20(4): 646-650  
 LIU Xin, MO Ya, HUANG Xiurong. Advances in CT-based anatomical parameters of nasolacrimal duct in nasolacrimal duct obstructive diseases[J]. *International Eye Science*, 2020, 20(4): 646-650
- [21] 王素贞, 王杰, 王宁利, 等. 慢性泪囊炎患者泪囊长轴与骨性鼻泪管夹角的研究[J]. *国际眼科杂志*, 2021, 21(1): 137-139. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.1.27  
 WANG Suzhen, WANG Jie, WANG Ningli, et al. Study on the angle between the long axis of lacrimal sac and bony nasolacrimal duct in patients with chronic dacryocystitis[J]. *International Eye Science*, 2021, 21(1): 137-139. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.1.27
- [22] 周浩, 李雷激. 应用 CT 泪道造影评估骨性鼻泪管形态变化与鼻泪管阻塞发生的相关性[J]. *昆明医科大学学报*, 2018, 39(10): 46-50. doi:10.3969/j.issn.1003-4706.2018.10.010  
 ZHOU Hao, LI Leiji. The angle between the bony nasolacrimal duct and the nasal base plane in patients with nasolacrimal duct obstruction: an CT angiographic study of lacrimal duct[J]. *Journal of Kunming Medical University*,

- 2018, 39(10): 46-50. doi:10.3969/j.issn.1003-4706.2018.10.010
- [23] Jañez-García L, Saenz-Frances F, Ramirez-Sebastian JM, et al. Three-dimensional reconstruction of the bony nasolacrimal canal by automated segmentation of computed tomography images [J]. *PLoS One*, 2016, 11(5): e0155436. doi:10.1371/journal.pone.0155436
- [24] Park JH, Huh JA, Piao JF, et al. Measuring nasolacrimal duct volume using computed tomography images in nasolacrimal duct obstruction patients in Korean [J]. *Int J Ophthalmol*, 2019, 12(1): 100-105. doi:10.18240/ijo.2019.01.16
- [25] Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis [J]. *Nat Methods*, 2012, 9(7): 671-675. doi:10.1038/nmeth.2089
- [26] Lee S, Lee UY, Yang SW, et al. 3D morphological classification of the nasolacrimal duct: anatomical study for planning treatment of tear drainage obstruction [J]. *Clin Anat*, 2021, 34(4): 624-633. doi:10.1002/ca.23678
- [27] 方威扬, 林东鑫, 寇万福, 等. 医学图像三维重建系统的研究进展 [J]. *中国医学物理学杂志*, 2022, 39(7): 823-827. doi: 10.3969/j.issn.1005-202X.2022.07.006  
FANG Weiyang, LIN Dongxin, KOU Wanfu, et al. Advances in medical image three-dimensional reconstruction system [J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2022, 39(7): 823-827. doi: 10.3969/j.issn.1005-202X.2022.07.006
- [28] 李莹, 胡健, 贾亮. 泪道 CT 造影中联合三维重建的价值和辐射剂量研究 [J]. *解放军医学院学报*, 2020, 41(7): 662-665. doi:10.3969/j.issn.2095-5227.2020.07.002  
LI Ying, HU Jian, JIA Liang. Value of 3D reconstruction in CT-dacryocystography and its radiation exposure [J]. *Academic Journal of Chinese PLA Medical School*, 2020, 41(7): 662-665. doi:10.3969/j.issn.2095-5227.2020.07.002
- [29] 王刚, 胡金旺, 陶伟, 等. 泪囊在鼻内镜泪囊鼻腔造口术中的解剖学研究及临床应用 [J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2015(6): 26-28. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2015.210  
WANG Gang, HU Jinwang, TAO Wei, et al. Anatomy of lacrimal sac to endoscopic transnasal dacryocystorhinostomy [J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2015(6): 26-28. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2015.210
- [30] Ali MJ, Singh S, Naik MN, et al. Interactive navigation-guided ophthalmic plastic surgery: the utility of 3D CT-DCG-guided dacryolocalization in secondary acquired lacrimal duct obstructions [J]. *Clin Ophthalmol*, 2017, 11: 127-133. doi:10.2147/OPHTH.S127579
- [31] Rosset A, Spadola L, Ratib O. OsiriX: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images [J]. *J Digit Imaging*, 2004, 17(3): 205-216. doi: 10.1007/s10278-004-1014-6
- [32] 刘扬, 肖彩雯, 范先群, 等. 泪道手术中鼻泪管的三维重建研究 [J]. *生物医学工程学杂志*, 2012, 29(5): 803-809  
LIU Yang, XIAO Caiwen, FAN Xianqun, et al. A research on three-dimensional reconstruction of nasolacrimal duct in lacrimal surgery [J]. *Journal of Biomedical Engineering*, 2012, 29(5): 803-809
- [33] 刘扬. 计算机辅助泪道手术规划技术的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012
- [34] 范先群, 周慧芳, 李寅炜. 内镜导航辅助眼眶深外侧壁减压术 [J]. *中华眼科杂志*, 2019, 55(11): 875. doi:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2019.11.018  
FAN Xianqun, ZHOU Huifang, LI Yinwei. Endoscopic navigation assisted decompression of deep lateral wall of orbit [J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 2019, 55(11): 875. doi:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2019.11.018
- [35] 刘冬冬. 螺旋 CT 多平面重组技术在鼻泪管阻塞性疾病中的应用 [D]. 青岛: 青岛大学, 2019
- [36] 陈涛, 吴小平, 陈亮, 等. 256 排螺旋 CT 后处理技术对泪道阻塞的术前价值研究 [J]. *江西医药*, 2019, 54(5): 560-562. doi:10.3969/j.issn.1006-2238.2019.5.043  
CHEN Tao, WU Xiaoping, CHEN Liang, et al. Study on the preoperative value of 256-slice spiral CT postprocessing technology in lacrimal duct obstruction [J]. *Jiangxi Medical Journal*, 2019, 54(5): 560-562. doi:10.3969/j.issn.1006-2238.2019.5.043
- [37] 罗忠, 董万江, 陈龙, 等. 多层螺旋 CT 多平面重组对泪道阻塞的术前诊断价值分析 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2019, 17(10): 11-13. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2019.10.004  
LUO Zhong, DONG Wanjiang, CHEN Long, et al. Preoperative diagnostic value of multi-slice spiral CT multi-planar reconstruction for lacrimal duct obstruction [J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2019, 17(10): 11-13. doi:10.3969/j.issn.1672-5131.2019.10.004
- [38] 黄叶平. CT 泪道造影引导下精准内、外路泪囊鼻腔吻合手术疗效的对比研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2020
- [39] 李劲, 彭伟, 肖琼, 等. 应用 CT 三维成像技术指导微创手术治疗慢性泪囊炎 [J]. *华中科技大学学报(医学版)*, 2013, 42(3): 330-332. doi: 10.3870/j.issn.1672-0741.2013.03.021  
LI Jin, PENG Wei, XIAO Qiong, et al. Application of three-dimensional imaging of multi-slice spiral CT in mini-invasive treatment of chronic dacryocystitis [J]. *Acta Medicinæ Universitatis Scientiæ et Technologiæ Huazhong*, 2013, 42(3): 330-332. doi:10.3870/j.issn.1672-

0741.2013.03.021

[40] 罗传斌. CT 三维成像技术引导下实施慢性泪囊炎微创手术的疗效观察[J]. 四川医学, 2014, 35(9): 1191-1192. doi:10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2014.09.061

LUO Chuanbin. Clinical observation of minimally invasive surgery for chronic dacryocystitis under the guidance of CT three-dimensional imaging technology [J]. *Sichuan Medical Journal*, 2014, 35 (9): 1191-1192. doi: 10.16252/j.cnki.issn1004-0501-2014.09.061

[41] 高亚莉, 李劲, 周秀珍. 泪道 CT 三维成像技术在鼻泪管阻塞中的应用[J]. 中国实用眼科杂志, 2015, 33(5): 511-514. doi:10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2015.05.016

GAO Yali, LI Jin, ZHOU Xiuzhen. Implication of the lacrimal three-dimensional CT imaging technology in nasolacrimal duct obstruction surgery[J]. *Chinese Journal of Practical Ophthalmology*, 2015, 33(5): 511-514. doi:10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2015.05.016

[42] 潘荣海, 李明新, 杨代慧, 等. 外伤性鼻泪管阻塞伴泪囊移位的手术探讨[J]. 临床眼科杂志, 2021, 29(1): 62-64. doi:10.3969/j.issn.1006-8422.2021.01.015

PAN Ronghai, LI Mingxin, YANG Daihui, et al. Surgical treatment of traumatic nasolacrimal duct obstruction with lacrimal sac displacement [J]. *Journal of Clinical Ophthalmology*, 2021, 29(1): 62-64. doi:10.3969/j.issn.1006-8422.2021.01.015

[43] 周希彬, 王立华, 陶海, 等. 基于骨性鼻泪管走向的泪道 CT 造影三平面重组技术在面中部骨折致外伤性慢性泪囊炎诊治中的应用[J]. 解放军医学院学报, 2022, 43(10): 1049-1054. doi: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.10.010

ZHOU Xibin, WANG Lihua, TAO Hai, et al. Application of three-plane reconstruction of CT dacryocystography based on trend of nasolacrimal canal in diagnosis and treatment of traumatic chronic dacryocystitis caused by midfacial fracture [J]. *Academic Journal of Chinese PLA Medical School*, 2022, 43 (10): 1049-1054. doi: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.10.010

[44] Sarialtun Y, Ortak T, Öz C, et al. Radiological assessment of the lateral osteotomy line-lacrimal system distance on three-dimensional models [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2019, 47 (10): 1608-1616. doi: 10.1016/j.jcms.2019.07.026

[45] 郑志峰. 64 排螺旋 CT 三维重建技术在鼻背缩窄截骨术中的应用[J]. 蚌埠医学院学报, 2017, 42(1): 99-101. doi: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2017.01.031

ZHENG Zhifeng. Application of 64-slice spiral CT 3 D reconstruction technique in the nasal dorsum narrow osteotomy [J]. *Journal of Bengbu Medical College*, 2017, 42 (1): 99-101. doi: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2017.01.031

[46] 刘玥, 许建强, 黄杰. 鼻背缩窄截骨术中泪道系统的三维重建研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2016, 30(17): 1381-1384. doi: 10.13201/j.issn.1001-1781.2016.17.010

LIU Yue, XU Jianqiang, HUANG Jie. Three-dimensional reconstruction of lacrimal passage system in osteotomy of nasal dorsum constriction [J]. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2016, 30 (17): 1381-1384. doi: 10.13201/j.issn.1001-1781.2016.17.010

[47] 赵春晨, 邵渊, 龚继涛. 经鼻内镜鼻腔泪囊开放术治疗慢性泪囊炎[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2015, 29(5): 50-51. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2015.159

ZHAO Chunchen, SHAO Yuan, GONG Jitao. Endoscopic endonasal dacryocystorhinostomy in treatment of chronic dacryocystitis [J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2015, 29 (5): 50-51. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2015.159

[48] 李晓晖, 刘智献, 王鹏, 等. 鼻泪管解压术治疗慢性泪囊炎的影像学研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2017, 31(4): 290-292, 296. doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2017.04.010

LI Xiaohui, LIU Zhixian, WANG Peng, et al. Imaging study of nasolacrimal duct decompression for chronic dacryocystitis [J]. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2017, 31 (4): 290-292, 296. doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2017.04.010

[49] 刘智献, 李晓晖, 武勇进, 等. 功能性鼻泪管解压术治疗慢性泪囊炎的可行性研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2020, 34(7): 651-654. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2020.07.018

LIU (Zhi) (SuoXian), LI Xiaohui, WU Yongjin, et al. Feasibility study of functional nasolacrimal duct decompression for chronic dacryocystitis [J]. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 2020, 34 (7): 651-654. doi:10.13201/j.issn.2096-7993.2020.07.018

(编辑:曾婕)