北京华康普美科技有限公司 www.hkpromed.com

·专题笔谈·

射频手术技术在眼整形外科的应用

张洋 张昆 马小力

射频手术技术（Radiosurgery）是应用高频电波进行组织切开和凝止血的手术切口技术[1]。从二十世纪八十年代起，国外开始在某些需精确切开的手术中应用此技术[2,3]。眼部及整形外科对手术精确性的特殊要求使得该项技术得以更广泛的应用[4~6]。

在射频手术技术中，通过选择适当的波形和频率，术者可以在基本不对周围组织产生损伤的前提下，进行皮肤和深部组织的切割；通过选择正确的波形和恰当的电极，术者还可以在切割过程中获得良好的止血效果。最小化的周围组织损伤和良好的止血效果保证了术中组织挫伤小、术后伤口愈合佳。

一、射频技术的发展史

Irving Ellman 医生最早发明了射频技术。Ellman 医生是一位齿科从业医生兼电子工程师。在 1973 年，他发明了 3.8 兆赫兹高频电磁波的 4 种治疗波形技术并获得了专利。该设备最早采用的是固态设计，但由于存在射频波的泄漏，使频率输出在 3.4～3.8 兆赫兹之间波动。1995 年，Ellman 国际公司使用 Ellman 专利技术设计了双频输出射频（Surgitron Dual Frequency）装置，该装置分别产生输出频率为 4.0 和 1.7 兆赫兹的恒定电磁波。4 兆赫兹的射频输出，在切割组织的过程中产生很少的外周热量，对周围组织的损伤达到最小化；而 1.7 兆赫兹的射频则具有较好的凝止血效果。

Ellman 发明的射频手术技术最初应用在齿科领域中[7]，随后又被用于切除皮肤病变[8]。现在射频技术被广泛应用于外科和美容等领域[9~12]。神经外科医生应用射频技术治疗 discogenic 后背疼痛（treatment of discongenic low back pain）[13]，皮肤科医生使用它去除面部毛细血管扩张[14]。眼科医生将射频技术应用于视网膜手术中引流网膜下液[15]及眼整形手术[16~20]中。使用过该项技术的眼科医生，特别是眼整形医生认为在绝大多数眼整形手术中，射频技术可以替代传统的手术刀技术，手术效果确实可靠，缩短手术后恢复时间。

二、射频手术技术的原理

射频手术技术是应用高频无线电波通过组织进行切开和凝止血的手术技术。刀头即发射极发射的 4 兆赫的无线电波（领率高于 AM 低于 FM）使细胞内水分子快速振荡，细胞内含水组织迅速气化引起以细胞为单位的破坏，进而产生组织切开作用[21]。因此，射频手术技术可认为是在细胞水平的组织切开技术，故又称其为“细胞刀”。

射频手术技术切开过程中，刀头不需要与组织物理接触，仅仅刀头接近被切割组织便可完成组织切开。由于射频技术所特有的细胞水平的组织切开，仅造成电极尖端组织的细胞汽化，形成线状的细胞破坏，因此切口相当光滑，切口的形状和深度可以精确地控制[22]，能更好的满足眼整形外科对手术精确性的要求。与传统手术刀、电刀和激光刀相比，射频刀头呈丝线状，体积小，操作灵活，对术野遮挡少，更适合于手术显微镜下操作。

切口周围的组织损伤程度是判断切口优良的重要指标。以电为能量的手术切口技术引起切口周围组织损伤都是通过热产生的[23]。正电极即射频刀头的直径、射频发射的能量、射频刀头与组织接触的时间等因素可以影响射频刀在切开组织过程中对其周围组织产生的热量。改变这些因素可以得到不同的切割和凝止血效果。增加切割刀头的直径，加大射频发射的能量，延长切割刀头与组织接触的时间都将产生更多的外周热量，增加切口外周组织的损伤[21]。

射频输出的波形和频率也影响外切口周围热量的产生[24,25]。通过输出波形的变化，可以获得临床所需的单纯切开、混合切/凝和凝止血功能模式[26]（见表 1）。“切开”模式的波形为完全整流滤过波形（fully rectified filtered waveform），是一

作者单位：110001 沈阳，中国医科大学附属第一医院眼科（张洋，马小力）；新疆自治区克孜勒苏柯尔克孜自治州人民医院（张昆）

通讯作者：张洋，E-mail：goatyang@hotmail.com

北京华康普美科技有限公司 www.hkpromed.com

种连续波。其对切口周围产生的热量最少，切开作用最大（90%），凝止血作用最小（10%），用于皮肤的切开。“混合切/凝”模式的波形为完全整流波形（fullyrectified waveform），是非连续波。其产生一定程度的外周热量，切开和凝止血效果相等（各占 50%），多用于皮下组织切割分离。应用混合切/凝模式，在完成切开的同时，对切口的小血管和渗出性出血有较好的凝止血效果。“止血”模式的波形为部分整流波（partially rectified waveforn），是间断更大的非连续波。其产生最多的外周热量，凝止血效果最大（90%），切开作用最小（10%），用于深部组织切割分离和凝止血。

表 1 双频射频装置（Surgitron Dual Frequency）模式及其参数

模式	输出波形	输出频率	最大输出能量
切割	90%切割波形 10%电凝波形	4.0MHz	120W
切/凝	50%切割波形 50%电凝波形	4.0MHz	90W
凝止血	10%切割波形 90%电凝波形	4.0MHz	60W
电灼	火花隙 (spark-gap)	4.0MHz	45W
双极	10%切割波形 90%电凝波形	1.7MHz	120W

射频输出的频率影响切凝生物效应。与低频相比，高频在切割和止血过程中外周产热更少、对周围组织的损伤也更小，切开效果明显。Maness 及其同事[24]在用大鼠的舌作为研究对象进行的研究中发现，4 兆赫高频电流比 2.8 和 1.7 兆赫的造成外周组织损伤更小。他们还证明与完全整流波相比，连续的波形即整流滤过波形引起的副损伤更小。Olivar 和其同事[25]在显微镜下观察并评估了使用不同的手术切割技术在输卵管成形术中对切除的输卵管周围健康组织的损伤程度。他们发现在射频技术与电烙术及其它几种激光切割技术比较中，射频技术引起的周围组织热损伤最小。

射频技术还具有优良的凝止血效果。低能量的射频产生脱水和凝止血作用。发射极向被作用组织发射凝止血模式的射频波，被作用组织细胞内的水分子相互振荡摩擦产生内部热，引起细胞内脱水，组织收缩而达到凝止血效果[27]。电刀凝止血原理是刀头产热并向组织内传导，引起组织收缩产生凝止血效果。与电刀从外向内热传导的凝止血原理相反，射频凝止血被作用组织自身产热，产生的热由内向外传导，故对周围组织的损伤小，凝止血的效果好。而且，与 4.0 兆赫兹的输出频率相比，1.7 兆赫兹的输出频率可获得更好的凝止血效果[28]。由 Ellman 双频射频装置输出的 1.7 兆赫兹的双极电凝被广泛的应用于止血条件复杂、技术要求高的领域，如颅脑外科，获得了良好的效果。临床使用证明在同等凝止血条件下，射频凝止血所需的能量小，被作用的组织无或仅有很轻微的碳化作用。射频凝止血效果可靠、副损伤轻，不仅保证了术野清晰和解剖层次的分明，还减少了术中对周围组织误损伤的可能，缩短了手术时间。

三、射频手术技术在眼整形外科中的应用

由于射频技术具有切割精确、切口周围的组织损伤最小化、凝止血效果良好、切割时不需对组织施加压力、操作灵活、有多种切割凝止血刀头供术者根据手术需要进行选择、可在显微镜下操作等优点，使其在外科领域，特别是在整形外科中具有特殊的应用价值。

1. 皮肤切口：为使出血最小可以选用不同类型的波形和电极。例如眼睑皮肤切口可以选用较细的 A-8 金属丝电极（直径 0.007 英寸），切割模式，能量设置为 40%。这种连续波形可产生最小的周围热量，切口和手术刀切口一样愈合良好[17]（表 2）。

表 2 电极型号的选择

手术步骤	电极	模式
皮肤切口	A-10 或 A-8	切割
活检	A-10	切割
软组织	Empire 针形电极	止凝血或切/凝
结膜	A-8 或 Empire 针形电极	止凝血或切/凝
倒睫	倒睫电极	低能量的止凝血

A-10 电极更细（直径 0.004 英寸）、外周产热更少，但易弯曲，操作较难控制。切除肿瘤可使用该电极，选用切割模式，能量设置为 40%。该技术可最大消除切口周围组织的损伤，有利于病理检查时精确评估肿瘤和正常组织的边界[22]。

在取耳后皮肤植片时，使用 A-8 电极，混合切/凝模式，50%的能量，可以减少出血且伤口愈合良好。混合切/凝模式为完全整流波形，比切割模式的完全整流滤过波形产生更多的外周热量具有更好的止血效果。止血效果的改善缩短了手术时间。

北京华康普美科技有限公司 www.hkpromed.com

2. 软组织切割：在皮下组织切割分离过程中，具有良好止血效果的流畅切割是射频技术的价值所在。为获得最佳的止血效果，应使用完全整流波形（混合切/凝模式）或部分整流波形（凝止血模式），并选用较粗的电极（如 Empire 针形电极）[24]。凝止血模式可产生更好的闭合血管效果。如组织过于坚韧，则选择混合切/凝模式。Empire 针形电极具有多种用途。电极外围为绝缘材料，中央为发射极，其尖端裸露，形成锥形刀头。分离切割皮下软组织时，最好使用刀头的锥尖部，而止血时可使用圆锥的侧面接触出血点。较大的血管出血使用 1.7 兆赫的低频双极电凝止血效果更好。

经皮肤切口进行的眼睑手术是常见的眼整形手术。在使用 A－8 电极行皮肤切口之后，其余的切割均使用 Empire 针形电极，凝止血模式，可以将出血减至最少，迅速暴露提上睑肌健膜和睑板。分离切割同时的凝止血作用使术野暴露充分，解剖结构清晰，加快了手术速度。如果使用 Empire 针形电极“凝止血”或“混合切/凝”模式的切口不够平滑，可选用 A－8 电极的“凝止血”或“混合切/凝”模式。

在经皮肤入路的上睑下垂矫正术中，使用剪刀从结膜下分离 Müller 肌极易出血。使用 Empire 针形电极可以在基本不出血的情况下将肌肉与结膜分离。任何出血几乎都可通过在“凝止血”模式使用 Empire 针形电极的侧面接触出血点止血。在角膜附近操作时，使用角膜保护罩是必要的。因为外周产热少，结膜的缺损很少发生，一旦发生，可使用 7－0 铬线缝合。

3. 睑板：射频技术可以在最少出血的情况下切割睑板[16]。在 Hughes 手术中，可使用 A－8 电极的“混合切/凝”模式制作睑板结膜瓣。显微镜下切除睑板肿瘤时，可使用 A－10 电极的“切割”模式，该电极可容易的切除睑板上的肿瘤，并使肿瘤和正常睑板组织的边界损伤最小。

手术刀去除睑结膜制作睑板条带是较易出血的，影响手术操作。在“凝止血”模式使用 Empire 针形电极可轻松的在不出血的状态下刮除睑结膜和睑缘上皮。

4. 结膜：经结膜下睑成形术中，可在“切/凝”模式下使用 A－8 电极制作结膜切口。为矫正泪点外翻可使用同一模式将泪小点后的结膜行椭圆形切除。该模式也可用于 Hughes 手术中制作结膜瓣时的结膜切口。

5. 脂肪：在眼睑成形术中最好在“凝止血”模式下使用 Empire 针形电极去除脂肪。为将出血减少至最低程度，使用 Empire 针形电极的侧面增加组织的接触面积、延长接触时间以增加外周产热，加强止血效果。对于较大血管的止血，最好选用双极模式下的双极电凝。该模式为 1.7 兆赫兹的输出频率，可产生更有效的止血效果。

6. 倒睫：破坏倒睫睫毛毛囊达到根治倒睫的目的。使用直径 0.004 英寸的电极插入睫毛根部，在“凝止血”模式、能量小于或等于 10% 的条件下，迅速的踏几次脚踏开关。睫毛根部发白或睫毛可以在没有任何阻力的情况下被去除证明倒睫的毛囊已被破坏。

去除成组的倒睫，可使用 A－8 电极、切/凝模式下切除做睫的毛囊组织，同时后徙皮肤，以免皮肤的汗毛或皮肤自身接触角膜。暴露的创口以肉芽组织愈合。

7. 毛细血管扩张：射频手术技术可消除眼睑和面部的毛细血管扩张[14]。射频手术技术术中疼痛轻微，可以不需麻醉或仅需涂少量的表面麻醉剂，避免了局部注射麻醉造成的血管变形。A－8 电极凝止血或切/凝模式接触扩张的毛细血管表面皮肤，能量从最低开始增加至扩张的毛细血管变白，沿血管走行每隔 1～2 毫米重复操作。少量出血或上皮缺损很快自行愈合，一般不需特殊处理。个别部位可能需多次重复治疗。

8. 泪囊鼻腔吻合术：射频技术还可用于经鼻或经皮泪囊鼻腔吻合术[29]。与常规的皮肤切口一样，使用 A－8 电极切割皮肤。在“凝止血”模式下使用 Empire 针形电极切割至泪前脊。在骨开窗后，可使用 A－8 电极在“凝止血”或“切/凝”模式切开泪囊和鼻腔粘膜，然后吻合泪囊和鼻腔粘膜。采用该技术出血少，术野非常清晰，比用电灼器能更好的保护泪囊和鼻粘膜。

射频手术技术能在良好止血条件下精细切开皮肤和深层组织，切口挫伤最小化，术野清晰，操作灵活，可在显微镜下操作，术后不适少，术后疤痕更小，极有可能替代手术刀和普通的电刀，成为眼部手术的常规操作技术。

参 考 文 献

1 Sherman JA. Oral Radiosurgery. An Illustrated linical Guide.

北京华康普美科技有限公司 www.hkpromed.com

2nd ed. London: Martin Dunitz Ltd, 1997
2 Kalkwarf KL, Krejci RF, Wentz FM. Healing of electropsurgical incisions in gingiva: early histologic observations in adult men. J Prosthet Dent, 1981, 46: 662 - 669
3 Toombs EL, Peck GL. Electrosurgical treatment of etretinateresistant Darier's disease. J Dermatol Surg Oncol, 1989, 15: 1277 - 1280
4 Waldman SR. Cutaneous procedures: Management of superficial skin lesions in a cosmetic surgery practice. In: Stucker FJ, ed. Plastic and reconstructive surgery of the head and neck. Proceedings of the fifth international symposium. American Academy of Facial Plastic and Reconstructive Surgery. Part 13/Chapter 120. Philadelphia: BC Decker, 1991, 595 - 598
5 Javate RM, Campomanes BS, Co ND, et al. The endoscope and the radiofrequency unit in DCR surgery. Ophthal Plast Reconstr Surg, 1995, 115: 54 - 58
6 Hofmann A, Wüstner M, Ciric B. Radiowave surgery case report. Int J Aesthetic Restorative Surg, 1996, 4: 131 - 132
7 Goldstein AA. Radiosurgery in dentistry. Journal Dentaire du Québec Dental Journal, 1977, 14: 1 - 18
8 Wyre HW, Stolar R. Extirpation of warts by a loop electrode and cutting current. J Dermatol Surg Oncol, 1977, 3: 520 - 522
9 Cresswell CC. Introduction to electrosurgery. J Br Podiatric Med, 1992, 47: 11 - 15
10 Kainz C, Tempfer C, Sliuta G, et al. Radiosurgery in the management of cervical intraepithelial neoplasia. J Reprod Med, 1996, 41: 409 - 441
11 Nikolayev MP, Ulyanov YP, Kutin GA, et al. Role of radiosurgery in otorhinolaryngology. Int Med J, 1998; 11/12: 933 - 935
12 Brown JS. Radio surgery for minor operations. Cosmetic Dermatol, 2000, July: 33 - 36
13 Yeung AT, Morrison PC, Felts MS, Carter JL. Intradiscal thermal therapy for discogenic low back pain. In: Savitz MH, Chiu JC, Yeung AT, eds. The Practice of Minimally Invasive Spinal Technique. 1st ed. Lima, Ohio: AAMISMS Education, LLC, CSS, 2000, 237 - 242
14 Harris DR, Noodleman R. Using a low current radiosurgical unit to obliterate facial telangiectasias. J Dermatol Surg Oncol, 1991, 17: 383 - 384
15 Gallenga PE, Mastropasqua L, Carpineto P. Drainage of subretinal fluid with a radiosurgical instrument: a preliminary report. Retina, 1998, 18: 555 - 556
16 Dutton JJ, Tawfik HA, KeBacker CM, Lipham WJ. Anterior tarsal V - wedge resection for cicatricial entropion. Ophthal Plast Reconstr Surg, 2000, 16: 126 - 130
17 Bosniak S, Zilkha MC. Cosmetic radio - blepharoplasty. Int J Aesthetic Restorative Surg, 1995, 3: 53 - 56
18 Raus P, Mertens E. Evaluation of radiosurgery as a cosmetic surgery technique. Int J Aesthetic Restorative Surg, 1997, 5: 96 - 100
19 Hurwitz JJ, Johnson D, Howarth D, Molgat YM. High - frequency radio wave electrosection of full - thickness eyelid tissues. Can J Ophthalmol, 1993, 28: 28 - 31
20 Murube J, Murube E. Treatment of dry eye by blocking the lacrimal canaliculi. Surv Ophthalmol, 1997, 40: 463 - 480
21 Brown JS. Radio - surgery. In: Minor Surgery. A Text and Atlas. 3rd ed. London: Arnold. Co - published in USA: New Youk: Oxford University Press, 1999, 300 - 326
22 Turner RJ, Cohen RA, Voet RL, et al. Analysis of tissue margins of cone biopsy specimens obtained with "cold knife", CO_2 and Nd: YAG lasers and a radiofrequency surgical unit. J Reprod Med, 1992, 37: 607 - 610
23 Saidi MH, Setzler FD, Sadler RK, et al. Comparison of office loop electrosurgical conization and cold knife conizatio. A Am Assoc Gynecol Laparosc, 1994, 1: 135 - 139
24 Maness WL, Roeber FW, Clark RE, et al. Hostologic evaluation of electrosurgery with varyig frequency and waveform. J Prosthet Dent, 1978, 30: 304 - 308
25 Olivar AC, Forouhar FA, Gillies MS, Servanski DR. Transmission electron microscopy: evaluation of damage in human oviducts caused by different surgical instruments. Ann Clin Lab Sci, 1999, 29: 281 - 285
26 Sherman JA. Waveform types and proerties. In: Oral Radiosurgery, an Illustrated Clinical Guide. 2nd ed. London: martin Dunitz Ltd, 1997, 9 - 14
27 Gupta PJ. Ambulatory hemorrhoid therapy with radiofrequency coagulation. Clinical practice paper. Rom J Gastroenerol, 2005 Mar, 14 (1): 37 - 41
28 Pollack SV. Electrosurgical outputs and their effects. In: electrosurgery of the Skin. New York: Churchill Livingstone, 1991, 21 - 23
29 Javate RM, Pamintuan FG. Endoscopic radiofrequency - assisted dacryocystorhinostomy and the Griffiths collar button: operative techniques. Oculopastic Orbital Reconstr Surg, 1998, 1: 73 - 80

(收稿日期: 2005-06)