DOI：10.12287/j.issn.2096-8965.20200115

组织间隙内镜外科技术概念及探索

张英，李青峰*

（上海交通大学医学院附属第九人民医院整复外科，上海 200011）

【摘要】组织间隙内镜外科（Tissue Interspace Endoscopic Surgery，TIES）是应用于体表软组织、肌间隙、脂肪筋膜间隙、面部器官等部位的内镜手术。相关探索已有近40余年历史，但一直没有提出明确的概念，缺乏针对性系统性技术研发，发展较缓慢。当代微创精准医疗引领着外科前沿技术，本文结合内镜技术进展，对组织间隙内镜技术的应用前景进行了梳理，并首次提出组织间隙内镜外科TIES概念，对其在临床的应用、发展趋势、存在的问题等进行回顾和技术展望。

【关键词】组织间隙；内镜；微创；内镜外科

中图分类号：R622，R-1　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**2096-8965(2020)01-0090-06

The concept and application of tissue interspace endoscopy surgery

Zhang Ying, Li Qingfeng*

(Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200011, China)

【Abstract】Tissue Interspace Endoscopy Surgery (TIES) is applicable to endoscopic surgery, including superficial soft tissues, muscular spaces, fatty fascia spaces, and facial organs. The related exploration has a history of nearly 40 years, but no definite concept has been put forward, lack of targeted and systematic technology research and the development is slow. Contemporary minimally invasive precise medicine leads the cutting-edge technology of surgery. Based on the progress of endoscopic technology, this paper summarizes the application prospect of TIES, and first propose the concept of TIES. Its clinical application, development trend and existing problems were reviewed and technical prospects were presented.

【Keywords】Tissue interspace; Endoscopy; Minimally invasive surgery; Endoscopy surgery

内镜外科（Endoscopic Surgery）是外科医生运用医学内镜对人体体腔、脏器及难以观察到的部位进行直接观察、诊断、手术治疗。内镜发展至今已有200年历史，实现了几个世纪以来广大医生梦想观察人体内部结构的夙愿，随着内镜设备不断创新进步，从最初“单眼技术”的目镜观察，到当今3D高清图像交流，更是推动了微创外科医疗迅猛发展。如今医疗领域几乎无一不受益于内镜及微创技术所带来的变革与进步。内镜已成为外科技术领域一项实用、有效的基本技术。

内镜系统是集光学、机械、电子等高精尖技术于一体的仪器，最初应用于人体自然腔道手术（Natural Orifice Translumenal Endoscopic Surgery，NOTES），自20世纪90年代首例腹腔镜胆囊切除术成功后，内镜外科在普外科、胸外科、妇产科、骨科、泌尿外科等学科领域发展迅速[1]。20世纪90年代，我国内镜外科开始快速发展[2]。2019年《亚洲内镜外科》杂志报道，仅2017年日本腹腔镜胆

通讯作者：李青峰（1964–），男，上海人，博士生导师，主要从事整形与修复重建外科的临床与基础研究。 E-mail: dr.liqingfeng@yahoo.com

囊手术占所有胆囊手术的89.5%（32 178/35 946），术后探查比例显示，腹腔镜胆囊切除术为0.04%，相比传统开放式手术的3.4%大为降低。这一数据充分表明腔镜手术应用的广泛性和有效性[3]。

没有自然腔道或体腔的人体组织间隙内的内镜手术发展相对比较缓慢。影响其发展的主要原因有：首先，软组织、肌间隙、眶及面部器官等无自然体腔或腔道存在，提供容纳内镜的空间有限，操作难度大，如何获得高清图像、保持清晰视野等一直是挑战性技术难题。其次，非自然腔道部位多位于体表，需要皮肤切口，如何避免传统手术创伤，又达到外观要求，此类手术要求较高；再者术区弧度存在，更增加了技术难度。没有自然腔道的组织间隙内镜手术，最基本的操作要求是根据人体自然解剖结构特征，在微创理念下，借助器械，人工创造出一个用于完成操作的内部空间，该技术的进步必将不断推动创伤、肿瘤等手术微创、精准发展。

本文结合内镜技术进展，对组织间隙内镜在临床应用、发展趋势、存在问题等方面进行回顾和研究，并首次提出组织间隙的内镜外科（TIES）概念。

1 内镜发展背景

最早出现的医用内镜可追溯到公元前460~375年间，Hippocrates发明的一种直肠诊视器，与今天所用的内镜非常相似。19世纪，内镜进入快速发展阶段，1806年德国Bozzini用烛光反射光和管道系统来观察女性尿道的方法，为硬性内镜首创。1853年“内镜之父”法国医生德索米奥创制了第一个内镜[4]。根据内镜器械主要特征，近代内镜发展经历了4个阶段：

1.1 第一阶段

硬式内镜（1806–1932年）为第一代内镜。特征是镜身主体不可弯曲或扭转，进入机体的深度和距离有限，由德国人Philipp Bozzini首创，早期的光源主要为蜡烛、松节油等，后期爱迪生发明的白炽灯成为主要光源，多用于泌尿系统检查。1879年柏林泌尿外科医生Nitze在内镜前端含一个棱镜，制成了第一个含光学系统的内镜（即膀胱镜）[5]。1895年Rosenhein研制含有光学结构、灯泡、有刻度的外壁三层整体式内镜结构，1911年Elsner式胃镜对镜头做出改进，推动内镜在腹腔中的应用发展。1989年Chow和Okutsu[6]将内镜应用于腕筋膜切开术，开启了组织间隙内镜技术在整形外科的应用，1926年Moored对口周部位开展内镜手术，促进了组织间隙内镜技术不断发展[7]。

1.2 第二阶段

半屈式内镜阶段（1932–1957年），由Schindler在1932年首创，名为wolf-Schlndler式胃镜，直径为12 mm，长为77 cm，光学系统由48个透镜组成，特征是前端可屈性，可用于内脏生理弯曲部位，克服了硬式内镜不足。此胃镜可在胃内有一定范围的弯曲，能清晰地观察胃粘膜图像[8]。

1.3 第三阶段

光导纤维内镜阶段（1957年后），是第二代内镜。1954年，英国的Hopkins和Kapany发明了光导纤维技术。1957年，Hirschowitz在美国胃镜学会上展示了自行研制的光导纤维内镜，实现了远距离观察图像，而且导光纤维更细软，术者可灵活的操作，同时可连接激光探头，并将图像成像于显示屏，内镜实现突破性发展。60年代初，Karl与Hopkins合作研发柱状透镜系统，为内镜图像质量带来质的飞跃；Karl研发的与内镜分开的体外冷光照明技术，引领内镜技术进入全新角度[9]。近10年，随着附属装置的不断改进，如手术器械、摄像系统的发展，使纤维内镜不但可用于诊断，且可用于手术治疗。Isse在1994年报道了一例采用4 mm 30°角内镜进行眉下垂修复（Brow Lift），小切口下进行软组织内分离提升、肌肉松解，极大降低了手术损伤神经血管的风险[10]。

1.4 第四阶段

电子电视内镜（1983年后）为第三代内镜。1983年Welch Allyn公司研制成功了电子摄像式内镜。主要由内镜、电视信息系统、电视监视器三个主要部分组成[11]。镜身前端安装电荷耦合器件（Charge Coupled Device，CCD），将所记录下的图像以电讯号方式传至电视信息处理系统，然后把信号转变成为电视显像机上可看到的图像。比普通光导纤维内镜的图像清晰、逼真、可供多人同时观看。Karl在2005年研发了LED照明系统，2011年CMOS视频技术、3D摄像系统等问世，使电子内镜系统可为手术提供更准确、安全、便利的操作，同时可提供远程观看，技术指导。

1997年由Eguchi首次将电子内镜应用于眼内疾病手术。内镜系统由20–G探头手柄、视频处理器、监视器和光源组成。手柄长约200 cm，重量约400 g，20–G直径约0.89 mm，视角为55°，固定

焦距约0.5~10 mm。图像聚焦到CCD转换器上，20-G像素为80 000点，CCD采到的图像以电子信号的形式传到视频处理器，再转换成电视信号。可观察许多眼内结构，如虹膜后表面、睫状体、人工晶体及周边视网膜等[12]。Kamran As'adi在2014年报道了采用组织间隙内镜分离技术，在颈部软组织自然解剖结构内植入扩张器，修复面部烧伤疤痕的经验[13]。可见电子内镜提供高清晰图像促进了组织间隙内镜发展。

2 内镜关键技术发展

内镜关键技术主要包括图像采集、图像后处理和照明方式。

2.1 图像采集系统

一般包括成像镜头、微型图像传感器、采集和处理电路。Hopkins教授发明的柱状透镜使内镜的图像传输成为可能，微型图像传感器中，电荷耦合元件（Charge Coupled Device，CCD）和金属氧化物半导体元件（Complementary Metal-Oxide Semiconductor，CMOS）两大类组成数字摄像头的重要组成部分。当代数字化信号传输输出分辨率1 920×1 080，水平分辨率超过1 000线，能清晰再现人体内部器官的表面及其结构。采集和处理电路中现场可编程逻辑门阵列（Field Programmable Logic Gate Array，FPGA）和数字信号处理（Digital Signal Processing，DSP）技术软件的完善不仅提高了视频系统的图像质量，降低系统附生的光学缺陷如光纤内镜的莫尔条纹，更在最大程度上提高了设备操作精度，简洁的菜单式操作界面亦为使用者提供了极大的便利。

2.2 图像后处理

1991年推出三晶片模拟信号摄像头，使得图像质量得到空前提高。降噪算法、i-scan或智能分光比色技术（Fuji Intelligent Chromo Endoscopy，FICE）、自发荧光成像技术（Auto Fluorescence Imaging，AFI）、PPD图像增强技术等在提升图像质量方面发挥了关键作用。

2.3 照明方式

1960年，Karl Storz首创通过导光束将外部光源导入内镜，弥补了经远端安装白炽灯作为光源的不足，“冷光照明技术”沿用至今。90年代初，配有视频输入口的卤素光源，可根据视频影像调节光照度，减少光晕；随后氙气灯问世，使色彩更加自然真实；2000年，高效率LED光源能提供3万小时使用寿命和高强度照明，实现了4K摄像技术的高要求。

3 组织间隙内镜外科在多学科实践中的进展

3.1 面部肌间隙手术

眉下垂、眉间及眼周细纹是一种普遍发生的衰老表现，美观需求、视物障碍、头疼等问题困扰着病人。传统手术设计采用冠状切口从一侧耳部到另一侧，切口长，出血多，损伤神经风险高，术后并发症包括感觉减退和异常、血肿、脱发等。相比之下内镜前额提升术优势明显，只需小切口，减少出血，更适合头发稀少及秃发患者。

Isse在1994年首先报道了采用内镜进行61例眉下垂修复（Brow Lift）。对切口设计、入路方式及效果评价等进行详细阐述。采用4 mm 30°角关节内镜（Arthroscope），将传统冠状切口缩小为4个切口，每个仅2 cm。小切口下，用拉钩形成空间，内镜可视化下广泛分离至眶上缘、鼻根区，暴露保护眶上神经血管束、滑车上神经血管束。定量定位去除皱眉肌、降眉间肌，彻底松解骨膜黏附；双侧颞区在颞上线下2 cm进行骨膜下分离，安全保护面神经颞支和血管，可充分松解颞区和前额外侧皮瓣，该切口可同时联合进行面中部提升。

随着组织间隙内镜技术不断探索积累，现在可视化操作下分离更加细致化：经颞区切口可将面中部颧脂肪垫、眼轮匝肌下脂肪复位，改善颊轮廓、法令纹和面中部下垂；对眶上缘处的弓状韧带（Arcus Marginals）、外眦韧带融合点（Tendon Conjoint）及筋膜黏附（Fascial Condensation）充分松解，前额提升效果也更加彻底，提出眉上升2~4 mm，需要切口到固定距离为8~10 mm数据依据[14-16]。

内镜协助面下部和颈部提升（Lower Face and Neck Lift）适合希望能拥有良好颏颈角（Cervicomental Angle）而无需去除大量皮肤的年轻患者。小切口约2 cm隐藏在颏下皱褶和耳后，手术在可视下清晰去除颏部和面下部堆积的脂肪（Bulge Fat），及收紧和固定颈阔肌（Suspensory Suture）[17]。

2019年Shtraks报道内镜在面部组织间隙内应用具有可靠长期效果[18]。结论来自作者对患者手术后5-15年的随访。采用面中部评分标准（Validated Midfacial Scales）和公认美学评分系统（Global Aesthetic Scoring Systems）认为面部支持韧带（如Zygomatic and Orbicularis Retaining Ligaments）损伤越

小，越获得长久美学改善。对此内镜技术提供的可视化操作无疑对面部精细结构保护更具有独特的优势。

目前面颈部组织间隙内镜手术，需要拉钩等器械形成间隙，对远位和有弧度的部位存在很大技术难度。术后出现问题如眉不对称或运动不协同，这和Arcus Marginals松解不彻底及肌肉切除量不对称有关；面神经损伤偶有发生，但小于1%。2018年Heather报道的1 200例内镜面部提升中仅1例在第三次修复中发生永久性面瘫，内镜手术安全性较传统手术有很大进步[19]。

3.2 单器官结构的实践

乳房增大手术多用于腋下切口，避免了乳房下皱襞和乳晕切口疤痕。长拉钩提供胸大肌下空腔，可视化操作使放置假体位置精确性提高，及时止血和低创伤使术后血肿、疼痛减少，不对称性比例减低。19世纪90年代多采用盐水假体，相比传统腋下切口，长度减小为2~2.5 cm[20]。当今假体已改为定形硅凝胶假体（Shaped Gel Implant），内镜协助乳房增大术可降低术后疼痛、血肿等并发症[21]。2019年Hanjo Kim对内镜腋下切口和传统乳房下皱襞切口术后包膜挛缩、错位发生、血肿、感染及伤口恢复等进行评估，认为内镜腋下切口乳房增大术在切口缩小条件下，效果等同于下皱襞切口，尤其适合亚洲女性选择[22]。2020年Liu等[23]对21例（42只乳房）包膜狭窄患者随访13月，证实内镜协助腋下小切口是一项松解假体包囊挛缩的有效技术。

鼻部手术涉及2个重要因素即手术设计方案合理性和手术操作精准度。传统开放式手术（Open Rhinoplasty）提供清晰视野，直视下操做，但手术时间长、发生瘀斑水肿、疤痕、感染几率高。闭合式手术（Closed Technique）虽然明显降低了术后并发症，但从精准角度上没有开放式手术的优势。内镜引入鼻修复手术无疑将开放式和闭合式手术优势进行了有效结合。Guncel在2018年报道了312例内镜协助闭合式鼻修复，专用鼻微小拉钩，采用软骨下切口（Infracartilaginous Incison），术后经Rhinoplasty Outcome Score（ROS）评分获得出色满意度[24, 25]。对于鼻截骨修复歪鼻、驼峰、鼻骨粉碎性骨折，闭合式切口内镜提供精确定位是传统开放手术无法比拟的。

3.3 体表肌肉结构操作

腹壁腹直肌腱膜松弛或伴有腹直肌分离患者，采用内镜协助进行腱膜肌肉的收紧[26]。2006年Martin采用腹部皮下充入8 mmHg CO_2，流动速度为1L/min，提供可视化空腔。手术按照三角分布原则设计3切口，长度在0.5~1 cm，放置内镜器械，间断8字缝合，双交织结（Double Fisherman Knot）缝合方法。相比传统开放手术，手术后并发症如下肢血栓、肺不张等发生率极低，一般1–2周进行日常活动。术后有12%~30%问题主要包括裂隙复发（Dehiscence）等。因裂隙很小，不影响美观无需处理[27]。

3.4 骨性管腔软组织内结构实践

眼眶可视化无疑提高术者对眶壁骨折端清晰辨别、疝出的眶内容物完整归位、眼外肌和重要神经血管得到保护，避免传统手术后复视、眼球运动受阻及眼窝凹陷纠正不到位，极大提高了手术准确度，但骨性管腔软组织内形成较大空腔仍存在极大技术难度[28]。目前，鼻内镜下（Endoscopic Transnasal Approaches）可进行眶内侧壁骨折复位、减压、脓肿引流及肿物活检、囊肿去除，尤其眶内壁深部组织修复创伤小、手术准确度高[29, 30]。结膜内镜经下睑结膜联合泪阜区切口（Endoscopic Transcaruncular and Transconjunctival Approach）采用4 mm，0°内镜，对暴力性骨折导致的内侧壁和眶下壁骨折可进行联合修复，避免传统术式所致的皮肤眼内角疤痕和鼻内镜筛骨部切口导致术后鼻出血等并发症[31]。

3.5 皮肤软组织结构实践

内镜提供的可视化操作同样应用在创伤修复领域。如扩张器植入、肌瓣及脂肪筋膜瓣获取。相比传统开放手术，内镜手术具有切口小，层次清晰，术后并发症少，住院时间及痊愈时间短等优势，促进了创伤修复手术向微创外科（Minimal Invasive Surgery）的发展，但面临的挑战性技术难题仍是如何在组织间隙内开展内镜手术，20世纪90年代已开始展开相关研究。

Kamran As'adi等[13, 32]在2014年报道42例采用内镜分离技术在颈部植入扩张器修复面部烧伤疤痕的经验。采用4 mm直径、30°、17 cm长内镜，小切口设计在距离下颌缘5~7 cm病损内，由于切口远离扩张器埋植区，避免了切口愈合不良对扩张的影响，可进行早期扩张，快速扩张。术中皮下注入生理盐水提供可视化空腔（Optical Cavity），无需其他牵引拉钩，仅用内镜手柄（Endoscopic Sheath）、

分离器械及止血电针完成手术。可视化提供清晰视野，保证分离层面安全均匀，可充分检查扩张器是否存在微小渗漏、褶皱，极大降低术后血肿、感染、扩张器渗漏裂开的并发症。

内镜协助各类肌瓣的获取手术极大减少了切口长度。传统开放手术股薄肌获取（Gracilis Muscle Flaps）切口约32 cm，内镜手术需2个切口总共7 cm。内镜引导背阔肌瓣制备中，在肌瓣近端需开放切口，远端在内镜协助下进行肌瓣分离，将传统切口的15~20 cm减少到6 cm，且肌瓣获取准确性高，可及时止血，极大减少了并发症[33]。四肢深部脂肪筋膜瓣获取在传统手术有很大难度，内镜提供放大视野，使得脂肪筋膜瓣容易辨认且无需增加额外切口[34]。

4 组织间隙内镜外科TIES概念的明确和展望

我们提出组织间隙内镜外科概念，是针对应用于体表软组织内、肌间隙、脂肪筋膜间隙、面部器官等的内镜手术，有别于自然腔道内镜手术（NOTES）。相关探索已有近40年历史，一直没有提出明确概念，缺乏针对性系统性技术研发，发展较缓慢。当代微创精准医疗引领外科前沿技术，TIES概念的明确，应时代所需，亦是手术发展需要。建立TIES技术体系，改进内镜设备及软件等，对促进创伤外科、肿瘤、体表器官再造修复等具有重要意义。TIES特点及技术发展趋势：（1）应用在组织间隙，非自然腔道或体腔，解决创伤修复、肿瘤手术、体表器官再造及修复等；（2）内镜设备需要更微型化，以适应微小间隙，将传统手术转向微创化、精准个性化治疗；（3）图像采集功能实现微间隙内高清化，多镜头组合、3D成像技术、高端数据传输技术等结合，将成为新一代TIES技术特征；（4）内镜材质结构独特性：既有一定硬度，也有较好弹性，适合有弧度的术区应用。

参考文献

[1] DUBOIS F, BERTHELOT G, LEVARD H. Laparoscopic cholecystectomy: Historic perspective and personal experience[J]. Surg Laparosc Endosc, 1991, 1(1): 52-57.

[2] 马奇,李文鹏.内窥镜外科技术在整形外科的应用回顾与展望[J]. 现代实用医学, 2015, 27(1): 6-7.

[3] MASAFUMI INOMATA, HIDEFUMI SHIROSHITA, HIROKI UCHIDA, et al. Current status of endoscopic surgery in Japan: the 14th national survey of endoscopic surgery by the Japan society for endoscopic surgery[J]. Asian J Endosc Surg, 2020, 13(1): 7-18.

[4] GORDEN A. The history and development of endoscopic surgery in endoscopic surgery for gynaecologist[M]. London: Saunders, 1993: 3-7.

[5] MARLOW J. Hisory of laperoscopy, optics, fiberoptics, and instrumentation[J]. Clinical Obstetrics and Gyaeeolngy, 1976, 19(2): 261-275.

[6] CHOW J C. Endoscopic release of the carpal ligament: a new technique for carpal tunnel syndrome[J]. Arthroscopy, 1989, 5(1): 19-24.

[7] MOORE I A. Historical survey of peroral endoscopy[J]. Br Med J, 1926, 1(3398): 278-282.

[8] KNYRIM K, SEIDLITHZ H, VALKIN N, et al. Related articles perspectives in "electronic endoscopy" past, present and future of fibers and CCDs in medical endoscopy[J]. Endoscopy, 1990, 22(1): 2-8.

[9] EVANGELOU H A, KAY C L. A review of the technical and clinical aspects of virtual endoscopy[J]. Endoscopy, 1996, 28(9): 768-775.

[10] ISSE N G. Endoscopic facial rejuvenation: endoforehead, the functional lift[J]. Aesthetic Plast Surg, 1994, 18(1): 21-29.

[11] YAGUCHI S,KORA Y,TAKAHASHI H, et al. A new endoscope for ophthalmic microsurgery[J]. Ophthalmic Surg, 1992, 23(12): 838-841.

[12] EGUCHI S, KOHZUKA T, ARAIE M. Stereoscopic ophthalmic microendoscope system[J]. Arch Ophthalmol, 1997, l15 (10): 1336-1338.

[13] KAMRAN AS'ADI, SEYED HAMID SALEHI, SAEED SHOAR, et al. Endoscopic-assisted neck tissue expansion in reconstruction of facial burn injuries[J]. J Craniofac Surg, 2014, 25(2): 455-459.

[14] LIANG M, NARAYANAN K. Endoscopic ablation of the frontalis and corrugator muscles: a clinical study[J]. Plast Surg Forum, 1992, 15: 54-56.

[15] QUATELA V C, CHOE K S. Endobrow-midface lift[J]. Facial Plast Surg, 2004, 20(3): 199-206.

[16] ISSE N G. Endoscopic facial rejuvenation[J]. Clin Plast Surg, 1997, 24 (2): 213-231.

[17] LYNNE A M, GLYN J. Application endoscopic technique in aesthetic plastic surgery[J]. Plastic Surgery Nursing, 1995, 15(3): 149-157.

[18] SHTRAKS J P, FUNDAKOWSKI C, YU D H, et al. Investigation of the longevity of the endoscopic midface lift[J]. JAMA Facial Plast Surg, 2019, 21(6): 535-541.

[19] HEATHER L, VITO C Q. Endoscopic Browplasty[J]. Facial Plast Surg, 2018, 34: 139-144.

[20] KOLKER A R, AUSTEN W G JR, SLAVIN S A. Endoscopic-assisted transaxillary breast augmentation: minimizing complications and maximizing results with improvements in patient selection and technique[J]. Ann Plast Surg, 2010, 64(5): 667-673.

[21] PARK S H, SIM H B. Endoscopic transaxillary prepectoral conversion for submuscular breastimplants[J]. Arch Plast Surg, 2018, 45(2): 158-164.

[22] LEE D W, KIM S J, KIM H. Endoscopic transaxillary versus inframammary approaches for breast augmentation using shaped implants: a matched case-control study[J]. Aesthetic Plast Surg, 2019, 43(3): 563-568.

[23] LIU C, CHEN Y Z, XU Y J, et al. Transaxillary endoscopic approach to capsular contracture following previous breast augmentation: operative technique and clinical outcome[J]. Aesthetic Plast Surg, 2020, 44(1): 28-34.

[24] GUNCEL O, BILGE K A. Does videoendoscopy provide three dimensional vision in closed rhinoplasty? [J]. Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, 2018, 71(1): 72-78 .

[25] HANS B, JOHANNA M. Endoscopic guided rhinoplasty[J]. Facial Plast Surg, 2013, 29(2): 133-139.

[26] ZUKOWSKI M L, ASH K, SPENCER D, et al. Endoscopic intracorporeal abdominoplasty: a review of 85 cases[J]. Plast Reconstr Surg, 1998, 102(2): 516 -527.

[27] MARTIN I, LEONARDO, CLAUDIA C M, et al. Endoscopic abdominoplasty an alternative approach[J]. Ann Plast Surg, 2006, 57(5): 489-494.

[28] MOHSCN B K, Endoscopy in the field of oculo-facial plastic surgery[J]. Journal of Current Ophthalmology, 2018, 30: 99-101.

[29] SHI W, JIA R, LI Z, et al. Combination of transorbital and endoscopic transnasal approaches to repair orbital medial wall and floor fractures[J]. J Craniofac Surg, 2012, 23(1): 71-74.

[30] BEIGI B, VAYALAMBRONE D, KASHKOULI M B, et al. Combined external and endonasal approach to fronto-ethmoidal mucocele involving the orbit[J]. J Curr Ophthalmol, 2016, 28(1): 37-42.

[31] CHANG M, YANG S W, PARK J H, et al. Using the endoscopic transconjunctival and transcaruncular approach to repair combined orbital floor and medial wall blowout fractures[J]. J Craniofac Surg, 2017, 28(4): 963-966.

[32] ELSHAER W M, ENAB A A, ELMANAWI H M. Endoscopic tissue expansion placement in face and neck burn scar reconstruction[J]. Burns, 2011, 37(3): 474-479.

[33] SEIFY H, SIGURDSON L, SHERIF A, et al. Endoscopic harvest of four muscle flaps: safe and effective techniques [J]. Ann Plast Surg, 2002, 48(2): 173-179.

[34] HALLOCK G G. Adipofascial flap harvest using endoscopic assistance[J]. Ann Plast Surg, 1997, 38(6): 649-652.

［收稿日期］ 2020–12–2

（上接第 89 页）

[15] DONATI A R C, SHOKUR S, MORYA E, et al. Long-term training with a brain-machine interface-based gait protocol induces partial neurological recovery in paraplegic patients[J]. Sci Rep, 2016, 6: 30383.

[16] SHOKUR S, O'DOHERTY J E, WINANS J A, et al. Expanding the primate body schema in sensorimotor cortex by virtual touches of an avatar[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2013, 110(37): 15121-15126.

[17] BENABID A L, COSTECALDE T, ELISEYEV A, et al. An exoskeleton controlled by an epidural wireless brain-machine interface in a tetraplegic patient: a proof-of-concept demonstration[J]. Lancet Neurol, 2019, 18(12): 1112-1122.

[18] COLLINS J J, DE LUCA C J. Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories[J]. Exp Brain Res, 1993, 95(2): 308-318.

[19] ROHM M, SCHNEIDERS M, MUELLER C, et al. Hybrid brain-computer interfaces and hybrid neuroprostheses for restoration of upper limb functions in individuals with high-level spinal cord injury[J]. Artificial Intelligence in Medicine, 2013, 59(2):133-142.

[20] KRAUS D, NAROS G, BAUER R, et al. Brain-robot interface driven plasticity: Distributed modulation of corticospinal excitability[J]. Neuroimage, 2016, 125: 522-532.

[21] 米格尔・尼科莱利斯 . 脑机穿越: 脑机接口改变人类未来[M]. 浙江: 浙江人民出版社, 2015.

[22] ZHENG M X, HUA X Y, FENG J T, et al. Trial of contralateral seventh cervical nerve transfer for spastic arm paralysis[J]. N Engl J Med, 2018, 378(1): 22-34.

［收稿日期］ 2020–12–01