

## • 专家共识 •

# 癫痫外科手术技术专家共识——第五篇： 岛叶癫痫外科手术技术专家共识



中国抗癫痫协会青年委员会，谭启富癫痫外科发展专项基金管理委员会，北京神经科学学会脑功能性疾病与认知发育专业委员会，国家儿科及小儿外科专业医疗质量控制中心，《癫痫杂志》编辑部

## 执笔

郭强 (广东三九脑科医院)，陈子怡 (中山大学附属第一医院)，彭镜 (中南大学湘雅医院)，乔梁 (首都医科大学宣武医院)，张昭 (首都医科大学附属北京天坛医院)，隋立森 (广东省中医院)，刘强强 (上海交通大学医学院附属瑞金医院)，李少春 (广东三九脑科医院)，刘畅 (首都医科大学附属北京儿童医院)

岛叶深藏于其他脑叶之下，岛叶癫痫不论是在精准定位还是在完整切除致痫区上均面临着较大的难度，风险也高<sup>[1, 2]</sup>。这使得医学上对岛叶癫痫的探索与认识相较于其他脑叶更滞后。在过去的二十年里，立体定向颅内电极的置入技术飞速发展，这为岛叶皮质脑电信号的采样提供了巨大便利，而岛叶癫痫的外科治疗在世界范围内也得到了越来越多的关注和开展<sup>[3-5]</sup>。尽管如此，目前在不同医院、不同癫痫中心甚或不同外科医生之间，对岛叶相关外科手术技术及术后并发症防治措施仍缺乏一致的理念或实践标准。鉴于此，中国抗癫痫协会青年委员会组织相关专家，在国内外临床证据的基础上，结合我国各中心专家经验和实际情况，讨论并撰写《岛叶癫痫外科手术技术专家共识》，旨在规范神经外科医师开展岛叶癫痫外科手术技术，并为神经内科、儿童神经科、神经电生理科、神经护理和神经康复等医师的工作提供参考。

岛叶的联系广泛，功能也极其复杂，包括对自主神经调节，对躯体状态监测，对体感、听、味、嗅觉信息整合，以及对思维、情感、社会情绪整合加工等<sup>[2]</sup>。电刺激岛叶后部皮质可以产生体感症状，而刺激岛叶较前方的皮质则会引发内脏感觉症状<sup>[6]</sup>。总体上，后岛叶皮质接收身体状态相关的信息传入，中部岛叶则将信息和身体内部状态进行整合，而前岛叶进一步处理上述信息，并与参与认知和情绪控制的区域相互作用，最终赋予其复杂

的情感色彩。岛叶损伤已被证明会引起多种认知障碍，尤其是语言障碍。尽管优势侧岛叶损伤常常伴随着各种类型的失语障碍，但岛叶在语言加工中的确切作用仍不清楚<sup>[7, 8]</sup>。岛叶的某些功能存在偏侧化现象，例如，语言加工功能位于优势半球，在自主神经的调节功能上，右侧半球岛叶处理交感神经效应，左侧半球岛叶则处理副交感神经效应<sup>[9-11]</sup>。

致痫灶局限于纯岛叶皮质的患者少见，临床上更常见的是岛叶-岛盖癫痫，因此在岛叶癫痫的症状学、影像学 and 电生理学描述时，多是针对这一更广义的概念<sup>[2]</sup>。总体来说，岛叶癫痫在药物难治性癫痫中占比仍较少，三级癫痫中心调查的病例中占比仅不到 3%<sup>[12, 13]</sup>。尽管单纯岛叶癫痫发生率不高，但岛叶皮质却是致痫网络的常见受累部位之一。例如，86% 的颞叶癫痫放电可以传播到岛叶皮质<sup>[14]</sup>。在药物难治的颞叶内侧性癫痫，经过标准前颞叶切除术后再次复发后，相当一部分与颞叶癫痫附加症有关，其中约 4.2% 涉及岛叶。只有在前颞叶切除之余，增加对岛叶等颞叶以外结构的切除，才能获得良好的发作控制<sup>[15-18]</sup>。

此外，本共识所针对的是病因稳定无进展的病例，且致痫灶对岛叶的解剖结构修饰不严重。对于岛叶肿瘤、血管畸形或少数重度皮质发育畸形导致严重的岛叶解剖结构变异者，由于病变的特殊属性，其外科综合治疗策略、手术切除范围以及手术操作技巧也有所不同，并不纳入本共识。受限于岛叶癫痫发生率较少，诊断与治疗的门槛较高，目前对于岛叶癫痫的探索尤其是立体定向脑电图 (stereoelectroencephalography, SEEG) 探索依然有限，外科技术也存在着局限性。本专家共识仅为当

DOI: 10.7507/2096-0247.202409002

基金项目：国家自然科学基金面上项目 (82071448)

通信作者：郭强，Email: guoqiang999brain@163.com；赵国光，Email: ggzhao@vip.sina.com；梁树立，Email: 301\_1sjwk@sina.cn



下行业内主流专家的学术性意见, 临床实践时仍需根据患者具体情况而定。

## 1 岛叶癫痫临床特点概述

**临床问题 1: 岛叶癫痫的电-临床症状学特点是什么?**

**推荐意见 1:** 岛叶癫痫发作症状有一些自身独特的表现, 包括口咽喉部不适、躯体感觉异常、自主神经症状、面部及肢体强直、过度运动、语言障碍等; 其症状学定位在岛叶内呈现出一定程度的聚类分布。岛叶起源的癫痫放电易于迅速扩散至其他脑区, 从而产生多种发作症状。根据癫痫放电的起源部位大致可将岛叶癫痫聚类为五种互有重叠的电-临床亚组: 背侧前部、背侧中前部、背侧后部、腹侧后部和腹侧前部亚组。岛叶癫痫的头皮脑电图缺乏特异性, 发作间期脑电图癫痫放电多呈慢波和尖慢波, 可以分布在外侧裂周围, 也可位于侧裂上或侧裂下; 在发作期脑电图往往同样难以定侧与定位(推荐比例 96.8%, 反对比例 3.2%)。

岛叶与临近甚至远隔脑组织有着复杂的纤维联系。岛叶起源的癫痫放电易于迅速扩散至其他脑区, 而起源于其他脑区的癫痫放电同样可迅速扩散至岛叶, 从而产生多种发作表现及放电形式<sup>[2, 14, 19]</sup>。

岛叶癫痫的发作症状学具有一些独特的临床表现, 这包括口咽喉部不适、躯体感觉异常或疼痛、自主神经症状(心动过速或过缓、呼吸窘迫、唾液增多、恶心呕吐、面色潮红、出汗、尿急等)、运动症状(面部及肢体强直、过度运动)、语言障碍等<sup>[14, 20-24]</sup>。根据目前研究, 在岛叶和岛盖癫痫发作中大致存在五种互有重叠的电-临床发作亚组: ①背前部亚组(主要涉及岛前中短回的背侧部分和覆盖其上的额盖), 以缺乏先兆(或认知先兆)为特征, 具有早期过度运动行为; ②背前中前部亚组(主要涉及岛中、后短回的背侧部分和覆盖的额盖), 以突出的额盖征为特征, 包括喉部感觉、流涎、口面肌运动和其他内脏感觉或体征; ③背侧后部亚组(主要涉及岛前长回的后部和覆盖其上的顶盖), 以突出的躯体感觉、疼痛、味觉、反射成分和强直/肌张力障碍姿势为特征, 也可能会引起过度运动行为; ④腹侧前亚组(与颞叶边缘结构紧密相连), 以上腹部感觉和带有手势示意的情绪先兆为特征<sup>[9, 20]</sup>; ⑤腹侧后部亚组(主要是涉及岛后长回和覆盖的颞盖), 以听觉体征和明显的强直/肌张力障碍姿势为特征。应注意, 由于岛叶是大脑皮质网络

中的重要节点, 不能把岛叶视为一个孤立的结构来分析其症状学, 很多时候, 岛叶癫痫的放电会沿着岛叶所属的网络传导至额叶、颞叶等, 从而引起不同的症状<sup>[2, 14, 24]</sup>。

岛叶-岛盖癫痫头皮脑电图在发作间期可见癫痫样放电多呈慢波或尖慢波, 以外侧裂周围分布模式最为常见, 有时也有在外侧裂以上或以下分布者。前岛叶致痫区异常波多位于额极和前颞区, 而后岛叶致痫区异常波多位于中颞区, 向前颞和/或中央区传导。放电多数情况分布在致痫区同侧; 有时候表现为双侧癫痫样放电, 但以病变侧为优势; 偶尔, 发作间期脑电完全正常<sup>[2]</sup>。发作期起始节律往往起始于额、颞和/或中央区导联, 多表现为背景活动消失, 随后逐渐演变为低波幅快节奏律起端为主, 但往往受发作期各种运动带来的肌电伪差干扰。一侧岛叶放电有时可迅速传导至对侧, 进而表现为弥漫性放电, 难以明确侧别<sup>[2]</sup>。由于岛叶癫痫与其他脑叶的紧密联系, 其他脑区的癫痫可误诊为岛叶癫痫。皮质一期评估诊断的颞叶癫痫中, 有 12% 可经 SEEG 证实为岛叶癫痫<sup>[14]</sup>。

## 2 岛叶的解剖

**临床问题 2: 岛叶的大体解剖、血供、细胞构筑及纤维联系各有什么特点?**

**临床问题 2-1: 岛叶的大体解剖与血供特点是什么?**

**推荐意见 2:** 岛叶是位于大脑深部的倒三角形结构, 与额、颞、顶叶相邻。岛叶分为岛前小叶和岛后小叶, 其沟回从前下部向后上方呈放射状走行。岛叶皮质往深部依次为最外囊、屏状核、外囊、壳和苍白球、内囊、尾状核及丘脑。大脑中动脉 M2 段沿岛叶表面走行, 岛叶皮质的血液供应主要来自 M2 发出的岛叶动脉, 岛叶动脉特点是数量多, 管径细。岛叶动脉分支可分为短支、中长支和长支: 短支占 85%~90%, 供应岛叶; 中长支约占 10%, 供应屏状核和外囊; 长支占 3%~5% 供应放射冠(推荐比例 100%, 反对比例 0.0%)。

岛叶呈倒立的三角形, 位于外侧裂深部, 以前环岛沟、上环岛沟和下环岛沟为界, 与额、顶和颞叶分隔并被它们覆盖。岛叶的沟回从岛叶前下部呈放射状向后上方走行。位于中部的岛中央沟将岛叶分为岛前小叶和岛后小叶。岛前小叶由岛前回、岛横回和三条岛短回(前、中、后短回)组成, 而岛后小叶由两条岛长回(前、后长回)组成。岛顶为岛叶凸面最高点, 也是其最外侧点。岛极位于

岛顶的前下,为岛叶最前下点,而三条岛短回即在此汇集形成岛阈。岛叶皮质下的薄层白质称为最外囊,再往深部依次是屏状核、外囊、壳和苍白球、内囊、尾状核及丘脑等结构<sup>[25]</sup>。

大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)是岛叶及相关结构主要供血动脉,可分为4段,包括蝶骨段(M1)、脑岛段(M2)、岛盖段(M3)和皮质段(M4)。大脑中动脉M2段发出岛叶皮质动脉为岛叶供血。M2分支呈扇形分布于岛叶表面的脑沟内,沿途发出很多供应皮质和皮质下白质的岛叶皮质动脉,各分支供应区不重叠。绝大多数岛叶皮质动脉短小,仅供应岛叶皮质和最外囊,并不向内囊区域供血;部分中等大小的动脉也仅供应屏状核和外囊;位于岛叶后部的个别较长的穿动脉(约占岛叶动脉的10%)<sup>[26]</sup>,穿入岛叶并延伸至放射冠,在术中解剖辨认困难,却必须全力保护,以避免术后功能障碍。最外侧豆纹动脉从M1发出,是岛叶手术的重要标志。外侧豆纹动脉供应壳核、苍白球和内囊,其与岛叶皮质动脉之间无交通支,因而外囊则为两者供血区域分水岭。M3段从环岛沟向岛盖皮质内侧面走行,终止于外侧裂表浅部,主要供血于岛盖内侧面。大脑半球上外侧面顶枕沟以前的大部分则是M4段供应区。岛叶的引流静脉大部分汇入大脑中深静脉系统,少部分汇入外侧裂的大脑中浅静脉,而后者走行变异较大。术中保护较大的引流静脉和保护动脉同等重要,应在手术计划中予以充分整合考虑<sup>[26, 27]</sup>。

**临床问题 2-2: 岛叶的细胞构筑与纤维联系有什么特点?**

**推荐意见 3:** 岛叶皮质根据颗粒细胞的含量分为三个逐渐过渡的区域:颗粒区、乏颗粒区和无颗粒区,这三个区域由外向内围绕岛阈呈近同心圆状分布,从岛叶后背侧到前腹侧颗粒细胞含量逐渐减少。岛叶通过多种联系纤维与大脑其他结构形成广泛的连接,进行信息传递交流。前腹侧旧皮质区参与情绪和情感行为信息的加工;后背侧新皮质区参与同侧颞顶枕区域的感觉网络整合(推荐比例96.8%,反对比例0.0%)。

在细胞构筑上,大脑皮质第IV层为颗粒层。按照颗粒细胞含量多少,岛叶皮质可分为三部分:后背侧新皮质区(颗粒区)、中间过渡区(乏颗粒区)、前腹侧旧皮质区(无颗粒区)。三个区的分布并非遵循岛叶脑沟脑回的大体解剖形态规律,而是沿着岛叶后背侧朝前腹侧方向逐渐过渡,形成围绕岛阈的近同心圆状细胞构筑梯度。

岛叶的联系纤维包括钩束、下额枕束、外囊、弓状束等。通过白质纤维,岛叶皮质与大脑各结构形成广泛的联系。其中,前腹侧旧皮质区与杏仁核、眶额区皮质联系,有助于对情绪情感行为信息的加工;后背侧新皮质区则与岛盖、第一躯体感觉区(S I)、第二躯体感觉区(S II)联系,整合同侧颞顶枕的感觉网络。

### 3 岛叶癫痫 SEEG 电极置入手术技术

**临床问题 3: 术前评估中如何合理设计 SEEG 电极置入以实现岛叶皮质的覆盖?**

**推荐意见 4:** 根据对解剖-电-临床关联分析的需要、是否射频热凝、血管分布情况以及团队经验等具体情况,来选择适当的电极置入方案,通常采取直插法与斜插法相结合的方式,通过一组电极阵列(通常2~7根)实现对岛叶及岛盖结构最大效率的覆盖(推荐比例100%,反对比例0.0%)。

岛叶癫痫是 SEEG 电极置入最重要的适应证之一<sup>[14]</sup>。除非存在影像明确的致病性病灶(如局灶性脑皮质发育不良、低级别肿瘤等),岛叶致痫皮质的切除原则上需要 SEEG 探测信息作为指引。

岛叶不同区域的皮质可能有着不同的放电表现,因此,岛叶的电极置入应该尽可能充分覆盖。由于岛叶深埋在额颞顶深部,其表面尚有密集的侧裂静脉和大脑中动脉分支分布,因此电极置入存在着一定难度和风险。电极置入路径可用水平正交或斜行置入法。水平正交方向电极置入又称直插法,最早由 Talairach 描述<sup>[28]</sup>,电极的置入方向由外侧的额、顶、颞盖部进入,向内进入岛叶皮质,方向大体垂直于正中矢状面,其电极在颅内的行程较短,采集面兼顾岛叶皮质和岛盖部,但不足之处在于每根电极仅1~2个触点位于岛叶皮质,需要置入更多的电极来充分覆盖岛叶皮质;斜行置入又称斜插法,入路点一般位于额上回或顶上小叶区域,斜向穿越白质进入岛叶皮质,电极在颅内的行程较长,将有较多电极触点对岛叶皮质覆盖,但缺少对岛盖部的探测<sup>[29-32]</sup>。在实践中,往往采取直插法与斜插法相结合的方式,通过一组电极阵列(通常2~7根)完成对岛叶及岛盖结构最大效率的覆盖。此外,在有些病例中,尚需双侧岛叶均置入电极。

总之,所用电极阵列方案、路径轨迹以及置入技术的个体化选择,取决于对解剖-电-临床关联分析的需要、是否射频热凝、血管分布情况以及团队

既往经验等<sup>[29]</sup>。

#### 4 岛叶癫痫 SEEG 引导下射频热凝毁损 (radiofrequency thermocoagulation, RFTC) 治疗技术

**临床问题 4-1: 岛叶癫痫采用 SEEG 引导下 RFTC 的疗效与安全性如何?**

**推荐意见 5:** RFTC 治疗岛叶癫痫, 总体上报道病例较少, 其疗效和安全性还需要进一步评判。近期的临床研究中, 通过增加岛叶电极数量, 约一半患者可达到无发作, 虽然极少出现永久并发症, 但仍有较多患者存在短暂性神经功能障碍, 包括轻度偏瘫、构音障碍、感觉减退、味觉障碍等。在 RFTC 治疗效果不佳时, 患者依旧保留着进一步开颅手术切除的机会 (推荐比例 90.3%, 反对比例 3.2%)。

诸多微创手术技术已应用于岛叶癫痫的治疗, 包括 RFTC、磁共振成像引导的激光间质热疗激光间质热疗术 (MRI guided laser interstitial thermotherapy, MRgLITT) 和神经调控等<sup>[20]</sup>。在应用 SEEG 定位致痫区的同时, 置入的记录电极可通过射频电流发生器, 进行 SEEG 引导下的 RFTC, 从而治愈或减少癫痫发作。近年来该技术在国内外逐步开展, 其中致痫区较为局限的岛叶癫痫就是适应证之一。近期的较小样本临床研究中, 通过增加岛叶电极的数量, RFTC 治疗岛叶癫痫, 平均随访 5.4 年, 可使 53% 的患者获得无发作, 但约 42% 的患者存在短暂的神经功能缺陷 (如轻度偏瘫、构音障碍、感觉减退、味觉障碍), 极少出现永久并发症<sup>[20, 33]</sup>。而且, 在 RFTC 治疗效果不佳时, 患者依旧保留着进一步开颅手术切除的机会。在岛叶 RFTC 时, 还应注意避免血管凝闭引起梗塞, 以及热凝处电极粘连、电极拔除引起的脑出血。RFTC 相关技术流程细节详见《立体定向脑电图引导射频热凝毁损治疗药物难治性癫痫的中国专家共识》<sup>[34]</sup>。

**临床问题 4-2: SEEG 引导下 RFTC 治疗岛叶癫痫如何保障安全性?**

**推荐意见 6:** 控制 RFTC 靶点与周围血管距离 >2 mm, 热凝消融时实时监测患者运动、语言功能。毁损靶点数较多、毁损体积较大将增大神经功能风险 (推荐比例 90.3%, 反对比例 0.0%)。

由于岛叶皮质周围血管极其丰富, 在选择 RFTC 靶点时, 一定要遵循安全原则: 构成靶点的两个电极触点配对不得与动脉、静脉血管相重叠, 且最好与血管保持 >2 mm 的距离<sup>[35]</sup>。RFTC 尽可能

在患者清醒状态下进行, 以便更好地监测语言、运动功能。此外, 神经功能缺陷与 RFTC 毁损靶点数较多和 RFTC 毁损体积较大有关。有学者认为, RFTC 的最佳毁损体积不超过 2 cm<sup>3</sup>, 方能最大程度兼顾疗效与安全性<sup>[33]</sup>。

#### 5 岛叶癫痫各外科治疗方式及选择

**临床问题 5: 岛叶癫痫外科治疗方式及其选择原则是什么?**

**推荐意见 7:** 岛叶癫痫的外科治疗方式有开颅手术切除、RFTC、神经调控治疗等。目前开颅手术切除仍是岛叶癫痫的主流治疗方式, 而 RFTC 与其的优劣比较尚有待更多的研究积累。不论选择何种治疗方式, 均应谨慎对待, 以保障患者在功能安全的前提下获益, 切勿超出团队自身能力范围之外勉强施治 (推荐比例 90.3%, 反对比例 6.5%)。

由于岛叶位置深在, 被额颞顶叶盖部覆盖, 并与密集的大脑中动脉分支血管密切相关, 因此岛叶癫痫的手术治疗蕴含着高难度和高风险<sup>[36]</sup>, 在过去一直鲜有开展。直到 1992 年, Yasargil 等<sup>[37]</sup>报道了包括 80 个岛叶肿瘤在内的 177 例旁边缘系统肿瘤的大型研究系列。在手术后, 92.5% 的患者癫痫发作得到控制, 且并发症很少。此后, 陆续有岛叶癫痫手术报道, 证明岛叶致痫皮质切除的安全性与有效性<sup>[38-41]</sup>。此外, 根据 SEEG 监测结果而进行个体化局限性切除手术将较全岛叶皮质切除更加易于施行并可提高安全性<sup>[42]</sup>。在 44 例岛叶-岛盖致痫皮质切除报道中, 77% 的患者最终获得了无发作, 而 7% 的患者出现了术后永久性功能障碍<sup>[43, 44]</sup>。对于在该领域进行手术的外科医生来说, 存在一个较长的“学习曲线”<sup>[42]</sup>。必须认识到, 一台不成功的岛叶切除手术, 不仅可能术后发作控制效果不佳, 甚至可能为患者神经功能造成难以挽回的后果。而在经验丰富的外科团队, 术后功能缺陷的发生几乎可以完全避免<sup>[21]</sup>。因此, 岛叶癫痫切除性手术的开展更应慎重。

目前尚缺乏关于诸如 RFTC 等微创治疗与开放性手术的对照研究, 而现有的诸多报道中两类技术所适应的患者群也存在差异。总体而言, 与开放手术相比, RFTC 微创治疗的癫痫发作控制率较低, 而且神经功能缺损的发生率也并不少见, 尽管其中大多数神经功能缺损是暂时性的<sup>[13]</sup>。对岛叶癫痫而言, 开颅手术切除仍为主流治疗方式, 而 RFTC 相较于其的优劣有待更多的研究积累。不论选择何种治疗方式, 均应谨慎对待, 以保障患者在功能安

全的前提下获益,切勿超出团队自身能力范围之外勉强施治。

在无法安全切除致痫区的情况下,神经调控也是另一类可行的选择。然而,不论是迷走神经刺激、脑深部电刺激或反应性神经刺激,虽然均有望显著减少癫痫发作的次数,但极少能完全消除癫痫发作。与手术切除有较大可能完全消除癫痫发作相比,神经调控的疗效明显不如手术,因此手术切除应被视为药物难治性岛叶癫痫的一线外科治疗手段,只有在无法进行切除手术时才应考虑使用神经调控<sup>[45-47]</sup>。而此种情况下,转诊至更高水平的癫痫中心可能是对患者更有利的选择。

## 6 岛叶癫痫切除性手术技术

**临床问题 6: 岛叶癫痫手术应当如何选择入路并进行充分切除?**

**推荐意见 8:** 建议采取改良翼点入路,暴露外侧裂全长。岛叶皮质切除可经侧裂入路或经盖部入路。一般多采取经侧裂入路,在保护盖部皮质不受损伤下充分分离侧裂全长、显露全部岛叶皮质。利用大脑中动脉分支血管形成的间隙,对岛叶脑回逐一、分块行软膜下吸除。当盖部皮质也是致痫网络的一部分且并非功能区的时候,可行经盖部入路岛叶皮质切除(推荐比例 93.5%,反对比例 0.0%)。

患者采取仰卧位,患侧肩下垫枕,头部转向健侧约 45°。头皮切口多采取改良翼点入路切口。逐层开颅,骨窗范围应能暴露外侧裂全长:蝶骨嵴并非必须咬除,在随后的解剖侧裂操作中已有充分空间来显露岛叶前界;骨窗后界以能充分显露顶盖部甚至达缘上回为宜。岛叶皮质切除可有经侧裂入路和经盖部入路<sup>[48-50]</sup>。

经侧裂入路:一般多采取此入路,利用脑叶间的自然通道直达岛叶,这样可以使解剖层次更为清晰,全部岛叶皮质显露更充分,而且避免了损伤盖部皮质。经侧裂入路对手术医师的显微解剖素养要求较高。首先需要仔细、充分地锐性+钝性分离侧裂,尽可能保持蛛网膜层次清晰,以利于岛叶皮质的显露。若需行全岛叶皮质切除术,一般应解剖分离出侧裂全段才能满足显露的要求,否则将显著增加对盖部皮质的牵拉损伤<sup>[41]</sup>。其中前环岛沟和下环岛沟相对容易显露,而上环岛沟的显露较为困难,往往需牵拉额顶盖。为了显露上环岛沟,在手术中可调整体位和显微镜视角,以减少对额顶盖的牵拉。充分显露岛叶后,可以根据术者习惯使用两种切除方式:①利用大脑中动脉分支血管形成的

间隙,对岛叶脑回逐一、分块行软膜下吸除,形成一个蜂巢样术腔,并在深部的最外囊层面形成相互连通;②首先对 M2 各分支下的岛叶动脉短穿支进行电极灼烧、离断,充分游离 M2 段血管,使血管“骨骼化”,之后则可在 M2 动脉间隙间或将 M2 血管牵拉致一侧进行岛叶皮质切除。两种方法均需注意保护外侧豆纹动脉、大脑中动脉 M2 段各主干以及岛叶后叶上方向放射冠供血的长穿支。最终完成全部岛叶皮质的“镂空”切除。岛叶皮质软膜下吸除操作可使用吸引器吸除,也可考虑使用超声吸引(采用低功率强度)<sup>[50]</sup>,提高效率,并减少因电凝热损伤而导致的血管痉挛。

经盖部皮质入路:经盖部入路岛叶切除多应用于当盖部皮质也是致痫网络的一部分的时候,而且多处于非优势半球,或盖部皮质属于非功能区。盖部皮质与致痫区和功能区的关系在术前评估阶段即应明确。首先应对盖部皮质行软膜下吸除,吸除操作应在大脑中动脉 M4 段各分支之间进行。盖部切除后即暴露出所要切除区域的岛叶皮质,继而将岛叶皮质行软膜下吸除<sup>[50]</sup>。造瘘过程中,不仅要保护功能区的皮质以及相关白质纤维,还要保护脑表面回流静脉以及中央区动脉,因此,盖部造瘘所暴露的空间是比较有限的。此外,如果是颞岛叶切除且仅需切除岛叶腹侧的局部皮质(如岛顶等),亦可考虑不分离侧裂,待前颞叶(包括颞盖)切除后,直接将随之暴露出来的岛叶皮质在软膜下吸除<sup>[51]</sup>。岛叶皮质软膜下吸除操作可使用吸引器吸除,也可考虑使用超声吸引(采用低功率强度)<sup>[50]</sup>,提高效率,并减少因双极电凝热损伤而导致的血管痉挛。

**临床问题 7: 岛叶癫痫的切除性手术中如何确定切除深度?**

**推荐意见 9:** 岛叶皮质切除深度应严格把握,切除深度的判定可依据各岛叶脑沟的沟底作解剖标志,亦即蛛网膜嵌入皮质深部的盲端(推荐比例 93.5%,反对比例 3.2%)。

岛叶皮质切除深度应严格把握,岛叶前部切除过深将进入屏状核至基底核,岛叶后部切除过深甚至会损伤内囊后肢导致术后肢体偏瘫。除三条环岛沟外,岛叶各脑回之间尚有脑沟,切除深度的判定可依据各岛叶脑沟的沟底作解剖标志,亦即蛛网膜嵌入皮质深部的盲端<sup>[51]</sup>。此外,岛叶各个脑沟之中,岛中央沟位置固定,深度最深,也可在术中将岛中央沟底部作为整个岛叶切除深部的解剖标志。经验丰富的医生,也可以通过在显微镜下观察

灰质与白质的交界来判断切除深度。近年来有学者提出了另一种方式来保持精准的切除深度,即在 SEEG 电极置入阶段,采取 3~4 根电极以斜插法方式置入至岛叶皮质,在 SEEG 监测完毕后并不急于拔除电极,而是作为其后切除手术中的内侧界指引标志<sup>[45]</sup>。这种由电极组成的“兜底栅栏”能防止术者切除过深,可能对早期开展此类手术的医生有帮助。但是仅仅为了增加手术解剖标记而刻意置入、形成栅栏状的电极阵列,其利与弊有待商榷。相较于岛叶前部,岛叶后部手术的难度与风险要显著更高:其致病皮质更难于充分切除,而术后运动功能并发症发生率也更高。

#### 临床问题 8: 岛叶癫痫的切除性手术中,哪些血管应当保护?

**推荐意见 10:** 岛叶癫痫切除性手术中,应注意保护好外侧裂静脉、大脑中动脉 M1 段的外侧豆纹动脉、M2 段主干、M2 段的长穿动脉以及较大的深静脉,以避免引起术后梗塞、水肿及严重的神经功能障碍(推荐比例 100%,反对比例 0.0%)。

术中外侧裂静脉、岛叶血管的保护对患者的神经功能结局有显著影响。在分离外侧裂及牵拉脑组织过程中,保护外侧裂静脉与保护动脉同样重要。术中要准确辨识岛叶皮质穿支动脉(短穿动脉、长穿动脉)和外侧豆纹动脉。外侧豆纹动脉起源于大脑中动脉 M1 段,位于岛阈内侧。岛阈位于中动脉 M2 分叉处,术中准确辨认中动脉分叉后,不再向内进行操作,便可达到保护外侧豆纹动脉目的。大脑中动脉 M2 段在岛叶皮质表面走行,手术切除操作均应在血管走行的间隙中进行。由 M2 段发起、进入岛叶皮质的短穿支可凝断,但位于岛叶后部、向上供应半卵圆中心的长穿支以及 M2 段各主要分支要严密保护<sup>[26, 27]</sup>。岛叶皮质的小回流静脉经辨识清楚后一般可凝断,但是较大的大脑中深静脉系统以及侧裂回流静脉仍应予以妥善保护。

#### 临床问题 9: 岛叶癫痫的切除性手术中,需要结合哪些现代神经外科技术手段?

**推荐意见 11:** 神经导航、术中 MRI、术中电生理监测及电刺激等现代神经外科辅助手段可以使得岛叶致病皮质切除更为精准、安全,但岛叶显微解剖知识与操作技能仍必不可少(推荐比例 90.3%,反对比例 0.0%)。

在岛叶致病皮质切除过程中,可以通过神经导航、术中 MRI、术中电生理监测及神经电刺激等技术辅助功能皮质和功能纤维的保护,提高手术安全性。这其中术中电生理监测,尤其是运动诱发电位

(motor evoked potentials, MEP) 非常重要,其可以判断运动通路的完整性。帮助外科医生实时监测和保护患者的运动和感觉功能。但是必须强调,现代神经外科各项先进技术虽为手术医师提供了重要的指引和保障,但永远不能完全替代医师对岛叶显微解剖的熟悉以及术中细致轻柔的显微操作<sup>[50]</sup>。

#### 临床问题 10: 岛叶癫痫的切除性手术中,是否有必要结合术中唤醒技术?

**推荐意见 12:** 岛叶癫痫的切除性手术通常不需要结合术中唤醒技术。对于同时涉及优势半球侧盖部的岛叶-岛盖切除手术,采取术中唤醒下手术可监测保护语言功能。是否运用术中唤醒技术,要视切除区域所涉及的功能能否被妥善监测、患者配合程度等具体情况而定(推荐比例 96.8%,反对比例 0.0%)。

岛叶癫痫的切除性手术通常不需要结合术中唤醒技术。对于优势半球侧的岛叶-岛盖手术可以采取术中唤醒下手术,其主要目的是为了监测保护岛叶皮质及盖部的语言功能<sup>[52, 53]</sup>。术中唤醒的流程和技术细节可参考《唤醒状态下切除脑功能区胶质瘤手术技术指南(2018 版)》<sup>[54]</sup>。然而,必须认识到,单纯岛叶皮质切除往往不会留下永久的语言功能障碍,或者仅仅出现轻微、短暂的语言障碍(详见后述),而大多数永久性神经功能损伤是由于血管损伤所致血供不足造成,通过术中唤醒的监测手段并不能起到预警作用(除非涉及到优势半球侧的盖部皮质切除)。此外,清醒下手术还存在其他限制,如患者的不适感及躁动影响显微操作、儿童患者难以配合、术中癫痫发作风险等<sup>[50]</sup>。基于这些原因,是否运用术中唤醒技术应酌情考虑。

## 7 手术并发症的处理与预防

#### 临床问题 11: 岛叶的切除性手术可能会有哪些并发症?

**推荐意见 13:** 一侧岛叶皮质切除后并发症主要是脑梗死相关的对侧肢体运动功能障碍,其次是语言障碍。术后短期并发症发生率较高,永久性并发症发生率相对低。应根据并发症的发生原因(术中功能区损伤、术后脑水肿、术后脑缺血)而选择合适的药物及康复治疗计划(推荐比例 96.8%,反对比例 0.0%)。

对于药物难治性癫痫患者,部分或完全切除岛叶皮质后,大多数患者不会出现重大的永久性神经心理功能障碍,但可能会对特定的认知功能产生轻微的下<sup>[42]</sup>。总体而言,岛叶癫痫外科术后神经功



能并发症发生率为 42.5%，其中大多数属于运动功能障碍。永久性并发症发生率占 7.8%，同样以运动功能障碍为主（5%），其次是言语障碍（1.4%）<sup>[13]</sup>。术后若出现运动、语言、认知等功能障碍，可能与术中功能区损伤、术后脑水肿、脑缺血等有关。应根据功能障碍的原因适时调整药物。病情稳定情况下尽早进行功能障碍评估，有针对性地制定康复计划。

### 临床问题 12：岛叶癫痫切除性手术中如何避免术后梗死的发生？

**推荐意见 14：**对外侧豆纹动脉、M2 段的长穿动脉的清晰识别及保护是避免术后梗死发生的关键。术中应用罂粟碱棉片湿敷（约 0.5 g/L）侧裂区的动脉，在术后可酌情给予钙离子阻滞剂（尼莫地平）（推荐比例 96.8%，反对比例 0.0%）。

岛叶病变手术后偏瘫和言语障碍大多数是短暂性，极少数为永久性。永久性的偏瘫和言语障碍均伴有豆纹动脉供血区的梗死。术中外侧豆纹动脉的损伤将导致术后内囊和基底节区梗死；而位于上下环岛沟交界区的长穿动脉闭塞会导致放射冠区的梗死<sup>[50]</sup>。因此，对相关血管的清晰识别及保护是避免术后梗死发生的关键。术前影像学检查，如 MRA、DSA 等，可初步判断外侧豆纹动脉的解剖位置<sup>[55]</sup>；术中可沿着 M1 段反向寻找、确认外侧豆纹动脉，将其作为岛叶前部切除的内侧界限；在处理岛叶皮质时尽可能显露和确认 M2 段及其分支，以便识别和切断起源于 M2 段的短穿动脉，而在岛叶后部 M2 段发出的长穿动脉应予以保留<sup>[56]</sup>。

由于术中反复操作刺激了侧裂血管，在术中及术后可能会出现血管痉挛，此时在术中肉眼可见 M2 段的血管及分支明显变得纤细，管径缩小，可呈串珠样。有部分学者在术中应用罂粟碱棉片湿敷（约 0.5g/L）侧裂区的动脉，一般湿敷 3~5min 后可见痉挛明显改善<sup>[57]</sup>。然而，目前仍缺乏较充分的证据来支持术中局部使用罂粟碱的合理性、有效性与安全性。术后可酌情给予钙离子阻滞剂（尼莫地平）抗脑血管痉挛<sup>[58]</sup>。术后改善血流动力学治疗包括血液稀释、扩血容量以及提高血压等方式，有可能改善脑血管痉挛后的缺血情况，但仍缺乏足够证据，且易引起心力衰竭、肺水肿等并发症<sup>[59]</sup>。

### 临床问题 13：优势侧岛叶癫痫手术后是否会出现语言功能损害，如何避免和处理？

**推荐意见 15：**单纯的岛叶皮质切除往往不会留下永久的语言功能障碍，或者仅仅出现轻微、短暂的言语障碍（多与优势半球手术相关）；岛叶切

除术中额、颞盖部语言功能区受损、弓状束受损则可能引起语言障碍，因此应注意保护上述结构（推荐比例 100%，反对比例 0.0%）。

岛叶癫痫术后语言障碍多与优势半球手术相关。尽管岛叶皮质也有参与到语言加工中，但是单纯的岛叶皮质切除往往不会留下永久的语言功能障碍，或者仅仅出现轻微、短暂的言语障碍（多与优势半球手术相关），并在术后一段时间恢复<sup>[13, 42, 50]</sup>。这是因为岛叶属于非必须但相关的语言功能皮质，其功能可以被充分代偿<sup>[52, 60]</sup>。岛叶癫痫术后的语言功能障碍更多可能系以下情况：额、颞盖部语言功能区受损所致运动或理解性语言障碍，弓状束受损所致失语，因此在手术操作时应注意对盖部功能皮质以及深部白质纤维束的保护；此外，岛叶/岛盖部损伤还可能导致构音障碍，多可在短期内恢复。

#### 审稿专家（按姓氏笔画排序）

王丰（福建医科大学附属第一医院）、王逢鹏（福建医科大学附属厦门弘爱医院）、王海祥（清华大学玉泉医院）、王爽（浙江大学医学院附属第二医院）、王超（空军军医大学唐都医院）、史建国（山东大学附属儿童医院）、朱海涛（南京脑科医院）、朱敏伟（哈尔滨医科大学附属第一医院）、乔梁（首都医科大学宣武医院）、刘长青（首都医科大学附属北京朝阳医院）、刘婷红（首都医科大学附属北京儿童医院）、许新科（广州市妇女儿童医疗中心）、孙家行（哈尔滨医科大学附属第二医院）、李经辉（昆明医科大学第一附属医院）、李涛（大连医科大学附属第一医院）、张凯（首都医科大学附属北京天坛医院）、陈子怡（中山大学附属第一医院）、林一聪（首都医科大学宣武医院）、郭强（广东三九脑科医院）、桑林（北京丰台医院）、梁建民（吉林大学白求恩第一医院）、梁树立（首都医科大学附属北京儿童医院）、彭镜（中南大学湘雅医院）、谢涵（北京大学第一医院）、谭泊静（首都儿科研究所附属儿童医院）

#### 外审专家（按姓氏笔画排序）

李勇杰（香港大学深圳医院）、杨辉（陆军军医大学第二附属医院）、张国君（首都医科大学附属北京儿童医院）、周文静（清华大学玉泉医院）、赵国光（首都医科大学宣武医院）、徐纪文（上海交通大学医学院附属瑞金医院）

**利益冲突声明** 所有作者无利益冲突。

#### 参考文献

- 1 中国抗癫痫协会. 临床诊疗指南·癫痫学分册. 北京: 人民卫生出版社, 2023.
- 2 张建国, 栾国明. 癫痫外科学(第3版). 北京: 人民卫生出版社, 2023.
- 3 Bourdillon P, Ryvlin P, Isnard J, *et al.* Stereotactic

- electroencephalography is a safe procedure, including for insular implantations. *World Neurosurgery*, 2017, 99: 353-361.
- 4 Alomar S, Mullin JP, Smithason S, *et al*. Indications, technique, and safety profile of insular stereoelectroencephalography electrode implantation in medically intractable epilepsy. *Journal of Neurosurgery*, 2018, 128(4): 1147-1157.
  - 5 Ryvlin P, Picard F. Invasive investigation of insular cortex epilepsy. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 2017, 34(4): 328-332.
  - 6 Stephani C, Fernandez-Baca Vaca G, Maciunas R, *et al*. Functional neuroanatomy of the insular lobe. *Brain Structure & Function*, 2011, 216(2): 137-149.
  - 7 Gasquoine PG. Contributions of the insula to cognition and emotion. *Neuropsychology Review*, 2014, 24(2): 77-87.
  - 8 Afif A, Minotti L, Kahane P, *et al*. Middle short gyrus of the insula implicated in speech production: intracerebral electric stimulation of patients with epilepsy. *Epilepsia*, 2010, 51(1): 206-213.
  - 9 Wang H, McGonigal A, Zhang K, *et al*. Semiologic subgroups of insulo-opercular seizures based on connectional architecture atlas. *Epilepsia*, 2020, 61(3): 984-994.
  - 10 Meyer S, Strittmatter M, Fischer C, *et al*. Lateralization in autonomic dysfunction in ischemic stroke involving the insular cortex. *Neuroreport*, 2004, 15: 357-361.
  - 11 Oppenheimer SM, Gelb A, Girvin JP, *et al*. Cardiovascular effects of human insular cortex stimulation. *Neurology*, 1992, 42: 1727-1732.
  - 12 Singh R, Principe A, Tadel F, *et al*. Mapping the insula with stereoelectroencephalography: the emergence of semiology in insula lobe seizures. *Annals of Neurology*, 2020, 88: 477-488.
  - 13 Obaid S, Chen JS, Ibrahim GM, *et al*. Predictors of outcomes after surgery for medically intractable insular epilepsy: a systematic review and individual participant data meta-analysis. *Epilepsia Open*, 2023, 8(1): 12-31.
  - 14 Isnard J, Guenot M, Sindou M, *et al*. Clinical manifestations of insular lobe seizures: a stereo-electroencephalographic study. *Epilepsia*, 2004, 45(4): 1079-1090.
  - 15 Barba C, Rheims S, Minotti L, *et al*. Temporal plus epilepsy is a major determinant of temporal lobe surgery failures. *Brain*, 2016, 139(Pt 2): 444-451.
  - 16 BarbaC, Barbatig, MinottiL, *et al*. Ictal clinical and scalp EEG findings differentiating temporal lobe epilepsies from temporal 'plus' epilepsies. *Brain*, 207, 130(Pt7): 1957- 1967.
  - 17 Ryvlin P, Kahane P. The hidden causes of surgery-resistant temporal lobe epilepsy: extratemporal or temporal plus? *Current Opinion in Neurology*, 205, 18(2): 125-127.
  - 18 KahaneP, BarbaC, RheimsS, *et al*. The concept of temporal 'plus' epilepsy. *RevNeurol(Paris)*, 2015, 171(3): 267.
  - 19 Lüders HO. *Textbook of epilepsy surgery*. United Kingdom: Informa Healthcare, 2008.
  - 20 Ryvlin P, Nguyen DK. Insular seizures and epilepsies: Ictal semiology and minimal invasive surgery. *Current Opinion in Neurology*, 2021, 34(2): 153-165.
  - 21 Dylgjeri S, Taussig D, Chipaux M, *et al*. Insular and insulo-opercular epilepsy in childhood: an SEEG study. *Seizure*, 2014, 23: 300-308.
  - 22 Mazzola L, Mauguière F, Isnard J. Electrical stimulations of the human insula: their contribution to the ictal semiology of insular seizures. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 2017, 34(4): 307-314.
  - 23 Peltola ME, Trébuchon A, Lagarde S, *et al*. Anatomoelectroclinical features of SEEG-confirmed pure insular-onset epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 2020, 105: 106964.
  - 24 Aljafen BN. Insular epilepsy, an under-recognized seizure semiology. A review for general neurologist. *Neurosciences (Riyadh)*, 2020, 25(4): 262-268.
  - 25 孙涛. 岛叶癫痫. 2013: 人民卫生出版社.
  - 26 Türe U, Yaşargil MG, Al-Mefty O, *et al*. Arteries of the insula. *Journal of Neurosurgery*, 2000, 92(4): 676-687.
  - 27 Tanriover N, Rhoton AL Jr, Kawashima M, *et al*. Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure. *Journal of Neurosurgery*, 2004, 100(5): 891-922.
  - 28 Talairach J, Bancaud J. Stereotaxic approach to epilepsy. *Progr Neurol Surg*, 1973, 5: 297-354.
  - 29 Isnard J, Taussig D, Bartolomei F, *et al*. French guidelines on stereoelectroencephalography (SEEG). *Neurophysiologie Clinique*, 2018, 48(1): 5-13.
  - 30 Surbeck W, Bouthillier A, Weil AG, *et al*. The combination of subdural and depth electrodes for intracranial EEG investigation of suspected insular (perisylvian) epilepsy. *Epilepsia*, 2011, 52(3): 458-466.
  - 31 Cardinale F, Miserocchi A, Moscato A, *et al*. Talairach methodology in the multimodal imaging and robotics era //In: Scarabin J-M (ed). *Stereotaxy and epilepsy surgery*. John Libbey Eurotext, London, 2012: 245-272.
  - 32 Chilukuri AS, Awkwayena E, Abel TJ. Insulo-opercular stereoelectroencephalography exploration in children and young adults: Indications, techniques, and safety. *Epilepsia Open*, 2022, 7(4): 729-736.
  - 33 Mullatti N, Landre E, Mellerio C, *et al*. Stereotactic thermocoagulation for insular epilepsy: lessons from successes and failures. *Epilepsia*, 2019, 60(8): 1565-1579.
  - 34 中国医师协会神经外科分会功能神经外科学组, 中国抗癫痫协会, 国家神经外科手术机器人应用示范项目专家指导委员会. 立体定向脑电图引导射频热凝毁损治疗药物难治性癫痫的中国专家共识. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(29): 2276-2282.
  - 35 Takayama Y, Kimura Y, Iijima K, *et al*. Volume-based radiofrequency thermocoagulation for pediatric insulo-opercular epilepsy: a feasibility study. *Operative Neurosurgery*, 2022, 23(3): 241-249.
  - 36 Rey-Dios R, Cohen-Gadol AA. Technical nuances for surgery of insular gliomas: lessons learned. *Neurosurgical Focus*, 2013, 34(2): E6.
  - 37 Yarsargil M, Von Ammon K, Cavazos E, *et al*. Tumours of the limbic and paralimbic systems. *Acta Neurochirurgica*, 1992, 118(1): 40-52.
  - 38 Duffau H, Capelle L, Lopes M, *et al*. Medically intractable epilepsy from insular low-grade gliomas: improvement after an extended lesionectomy. *Acta Neurochirurgica*, 2002, 144(2): 563-573.
  - 39 Chevrier M-C, Bard C, Guilbert F, *et al*. Structural abnormalities in patients with insular/peri-insular epilepsy: spectrum, frequency, and pharmacoresistance. *American Journal of Neuroradiology*, 2013, 34(10): 2152-2156.
  - 40 von Lehe M, Wellmer J, Urbach H, *et al*. Insular lesionectomy for refractory epilepsy: management and outcome. *Brain*, 2009, 132(4): 1048-1056.
  - 41 Yasargil MG, Krisht AF, Ture U, *et al*. Microsurgery of insular gliomas, part II: opening of the sylvian fissure. *Contemporary Neurosurgery*, 2002, 24(8): 1-6.

- 42 Laoprasert P, Ojemann JG, Handler MH. Insular epilepsy surgery. *Epilepsia*, 2017, 58(Suppl 1): 35-45.
- 43 Bouthillier A, Weil AG, Martineau L, *et al.* Operculoinular cortectomy for refractory epilepsy. Part 1: Is it effective? *Journal of Neurosurgery*, 2019, 20(1): 1-10.
- 44 Bouthillier A, Weil AG, Martineau L, *et al.* Operculoinular cortectomy for refractory epilepsy. Part 2: Is it safe? *Journal of Neurosurgery*, 2019, 20(1): 1-11.
- 45 Jobst BC, Gonzalez-Martinez J, Isnard J, *et al.* The insula and its epilepsies. *Epilepsy Currents*, 2019, 19(1): 11-21.
- 46 Wu C, Sharan AD. Neurostimulation for the treatment of epilepsy: a review of current surgical interventions. *Neuromodulation*, 2013, 16(1): 10-24.
- 47 Jobst BC, Kapur R, Barkley GL, *et al.* Brain-responsive neurostimulation in patients with medically intractable seizures arising from eloquent and other neocortical areas. *Epilepsia*, 2017, 58(6): 1005-1014.
- 48 孙涛. 岛叶癫痫. *中华神经外科杂志*, 2014, 30(10): 976-978.
- 49 Scarabin JM, Seigneuret E, Pasqualini E, *et al.* The tailored cortectomies//Scarabin JM, Mercier P, Guénot M, *et al.* Stereotaxy and Epilepsy Surgery. United Kingdom: John Libbey Eurotext Limited, 2012: 307-311.
- 50 Malak R, Bouthillier A, Carmant L, *et al.* Microsurgery of epileptic foci in the insular region. *Journal of Neurosurgery*, 2009, 110(6): 1153-1163.
- 51 郭强, 王良波, 张伟, 等. 立体脑电图引导外科治疗颞岛型颞叶癫痫附加症. *中华神经外科杂志*, 2018, 34(12): 1217-1221.
- 52 Duffau H, Taillandier L, Gatignol P, *et al.* The insular lobe and brain plasticity: lessons from tumor surgery. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 2006, 108(6): 543-548.
- 53 Meyer FB, Bates LM, Goerss SJ, *et al.* Awake craniotomy for aggressive resection of primary gliomas located in eloquent brain. *Mayo Clinic Proceedings*, 2001, 76(7): 677-687.
- 54 中国脑胶质瘤协作组, 中国医师协会脑胶质瘤专业委员会. 唤醒状态下切除脑功能区胶质瘤手术技术指南(2018版). *中国微侵袭神经外科杂志*, 2018, 23(8): 383-388.
- 55 Saito R, Kumabe T, Inoue T, *et al.* Magnetic resonance imaging for preoperative identification of the lenticulostriate arteries in insular glioma surgery. Technical note. *Journal of Neurosurgery*, 2009, 111(2): 278-281.
- 56 Dasenbrock HH, See AP, Smalley RJ, *et al.* Frameless stereotactic navigation during insular glioma resection using fusion of three-dimensional rotational angiography and magnetic resonance imaging. *World Neurosurgery*, 2019, 126(2): 322-330.
- 57 张戈. 岛叶胶质瘤的显微外科手术治疗. *中华显微外科杂志*, 2005, 28(3): 278-279.
- 58 韩正中, 谷佳, 韩宇涵, 等. 显微外科治疗岛叶胶质瘤的疗效分析. *局解手术学杂志*, 2019, 28(12): 949-953.
- 59 Loan JJM, Wiggins AN, Brennan PM. Medically induced hypertension, hypervolaemia and haemodilution for the treatment and prophylaxis of vasospasm following aneurysmal subarachnoid haemorrhage: systematic review. *British Journal of Neurosurgery*, 2018, 32(2): 157-164.
- 60 Duffau H, Bauchet L, Lehericy S, *et al.* Functional compensation of the left dominant insula for language. *Neuroreport*, 2001, 12(10): 2159-2163.

收稿日期: 2024-08-20 修回日期: 2024-09-03