

# 神经外科锁孔显微手术中国专家共识

中华医学会神经外科学分会锁孔显微手术专家共识编写组

## 一、概述

显微神经外科始于 20 世纪 60 年代初期,显微技术的应用使神经外科手术疗效得到了极大提高,手术创伤较肉眼直视手术大为减少,显微手术因而得以广泛应用,成为神经外科的一种基本技术。50 多年来,随着显微手术经验的积累、显微技术的提高、显微器械的改进以及神经影像学技术的进步,使显微手术有可能也有必要进一步微创化,从而出现了锁孔(keyhole)显微神经外科技术。因此,锁孔神经外科(keyhole neurosurgery)是现代显微手术技术、神经影像技术、神经内镜技术等与现代微创手术理念相结合的产物,是显微神经外科迈向微创神经外科的代表技术之一。

锁孔外科的概念由 Wilson 于 1971 年首先提出,并倡导改进传统的开颅方法,进一步发挥显微神经外科技术的优越性。但是, Wilson 的意见经 20 年后才被接受,主要是因为他主张的小骨窗只是为了节省手术时间,而非现在锁孔外科的真正含义。1991 年 Fukushima 等<sup>[1]</sup>首次报道采用 3 cm 直径的骨窗经纵裂夹闭前交通动脉动脉瘤;1999 年德国 Perneczky 等<sup>[2]</sup>发表了锁孔神经外科手术概念的专著,标志着该项技术已走向成熟。

神经外科锁孔显微手术是以精湛的显微神经外科技术为基础,根据局部解剖及病灶特点,借助“锁孔”效应,通过精准设计,在理想显露和处理病灶的过程中合理地缩小开颅骨窗,减少不必要的颅内结构显露或操作的一项微创显微手术新技术。“锁孔”效应具有小而关键的含义,锁孔骨窗是其形象的概括。锁孔入路(keyhole approach)切口及骨窗的大小是按需所取,符合“处理病灶足够大、开颅创伤尽量小”的原则。在现有的技术条件下,对大多深部病灶而言,3 cm 直径以下的骨窗已能满足显微手术的操作要求,通常可采用 4 cm 长的头皮切口及

2.5 cm 左右的颅骨骨窗来完成手术治疗。

锁孔显微手术的小范围显露和微创操作在保证手术质量及疗效的前提下,可减少手术损伤及术后感染等并发症;简捷的入路不仅减少开颅时间,而且使术者将时间和精力更多地集中于病灶的处理上,可进一步提高手术质量;能够缩短患者的康复周期,减轻护理工作的负担,节省治疗费用。此外,锁孔显微手术可带来较好的外观,增加患者对手术的信心。

为了规范与推广神经外科锁孔显微手术技术,中华医学会神经外科学分会组织相关专家和学者撰写了《神经外科锁孔显微手术中国专家共识》,希望通过此共识提高对神经外科锁孔显微手术技术的认识,规范其操作,推动中国微创神经外科的健康发展。

## 二、锁孔显微手术的术前准备

锁孔显微手术是显微手术技术的发展,除了需要一些精巧设计的手术器械外,还要求术者具有娴熟的显微外科操作技巧和丰富的临床经验。

1. 锁孔显微手术入路的设计:详尽的术前设计是手术成功的关键,需考虑到从手术切口直至关颅过程的每一步,个体病灶的特性及局部解剖特点是锁孔入路选择的重要依据。进行高难度手术时也需要考虑到各种特发状况下的备选方案。

锁孔显微手术入路的应用解剖研究可提高术者对锁孔入路下器械操作的适应性,熟悉颅内解剖结构及各锁孔入路下的显露范围,增加术者对锁孔显微手术的信心,可作为临床应用前的基础培训。

2. 手术器械的要求:(1)手术显微镜:显微镜是锁孔显微手术的基本要求。因为手术骨窗狭小,需不断调节显微镜的视角,改变照明光线投射范围,具有电磁锁调节功能的手术显微镜可较好地满足要求。(2)显微器械的改进:枪式杆状器械可有效增加操作的可视空间,避免术者或器械本身对显微镜下视野的影响。在锁孔显微手术时,尽量采用杆状或窄翼的显微剪刀、剥离子或动脉瘤夹持器等,使用刀头前端微弯的显微剪。现有的肿瘤切除设备,如超声吸引器、射频刀、激光刀等都具有杆状或头部尖

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2017.06.003

通信作者:兰青,215004 苏州大学附属第二医院神经外科,

Email:szlq006@163.com

细的操作手柄,用于锁孔入路下肿瘤的切除较为方便。(3)动力系统:手术时可用磨钻先磨出一个直径 3 mm 大小的颅孔,再用铣刀形成 2.0~2.5 cm 直径的小骨瓣,再磨除骨窗缘的内板,以扩大视野。8~10 cm 长、远端直径为 0.3 cm 左右的显微磨钻手柄较适合于锁孔入路下前、后床突的磨除以及内听道后壁的打开等深部骨质的磨除操作。(4)自动牵开器:锁孔显微手术因操作空间狭小,通常仅由一位手术者进行操作。自动牵开器可固定术野暴露范围,省去助手的牵拉显露,不影响操作视野,也是手术必备的器械之一。以床旁支撑杆固定的牵开器最为有利,蛇形牵开臂调控方便,应避免使用固定于颅骨的牵开器。(5)神经内镜:神经内镜的发展和完善为锁孔显微手术提供了有利条件,可在视野效果不佳的情况下引入神经内镜辅助手术<sup>[3-7]</sup>。直径为 2~4 mm 的神经内镜可为深部病灶提供一个明亮、详尽的图像,且越接近病灶,图像放大效果越好、越清晰。成角内镜还可使显微镜下难以发现的视觉盲点得以显露,可减少对正常组织的牵拉和损伤,并提高手术疗效。(6)头颅固定架:头颅固定架的使用可避免术中头部发生移动,又可提供一个合适的头位,有利于减少术中对脑组织的牵拉。(7)电动控制的手术床:该手术床有利于在术中随时调整头位及体位的角度,以适应不同方向显微镜下观察的需要,并使术者保持舒适的体姿。

在锁孔入路下可同时进行多种器械的操作,如 2 个脑压板、2 个吸引器管、双极电凝或持夹钳等,必要时还可引入神经内镜进行观察和内镜下操作,满足了显微手术的基本空间操作要求。

3. 术区处理及消毒:锁孔显微手术头皮切口一般约为 4 cm,术前无需常规剃发。剃发范围可在手术切口周围 1 cm,或将头发向二边梳理后在发纹间设计切口。需先清洁头发,术前碘伏刷洗术区后再常规消毒。可用无菌薄膜粘敷术区,以隔离周围头发。以无菌记号笔进行切口画线标识。

### 三、锁孔显微手术的常规入路

1. 眶上锁孔入路 (supraorbital keyhole approach) (Ⅲ级推荐<sup>[8-11]</sup>,Ⅳ级推荐<sup>[12-13]</sup>):(1)头位:仰卧位,Mayfield 头架固定头位,头部按病灶位置向对侧旋转 10°~60°,如显露同侧额叶内侧份及大脑中动脉 M1、M2 段时,仅需旋转 10°~20°;鞍上、鞍后区的病变需旋转 20°~40°;前颅底中线部病变如嗅沟脑膜瘤需旋转 40°~60°;头部后仰 10°~15°,使额叶因重力后倾而离开前颅底,减少术中牵

拉;头部向对侧轻度侧屈 5°~15°,有利于对侧入路手术,也可手术医生提供一个较为舒适的操作方向。(2)切口:取眉毛内切口,内起眶上孔外侧缘,外止于眉毛外缘处,注意保护眶上神经,眉毛无需剃除。以敷贴封闭睑裂,术侧眉毛以碘伏刷洗后再常规消毒,以无菌大纱布覆盖眉毛四周,手术薄膜贴敷固定,再常规手术铺巾。切开皮肤,以眼睑拉钩向后上方牵拉,单极电刀分离皮下及额部筋膜,在额上线切开额肌筋膜 2 cm,额部骨膜以半圆形自额上线切开剥离翻转,基底位于眶上缘。钝性剥离额肌,推至额上线后 1.0~1.5 cm 处,以缝线牵拉悬吊切口上方的组织,显露术区。(3)开颅:用磨钻在额骨颧突处(关键孔处)磨出约 3 mm 大小的骨孔,注意骨孔应位于额线的后方,位置不可过低,以免磨穿眶壁。然后用铣刀沿此孔平眶顶向后铣出约 2.0 cm×2.5 cm 大小的骨瓣,尽量避免打开额窦。如果额窦开放,应严密修补,可用明胶海绵及骨蜡予以封闭,必要时使用胶水加固。磨除眶上骨窗缘的内板,以获得更大的视野。前颅底的一些骨嵴突起,可经硬膜外磨除。术野用无菌生理盐水清洗后,周边铺盖无菌辅料。在显微镜下瓣状剪开硬膜,基底位于眶缘。用脑压板轻抬额叶底面,不断吸除脑脊液,使脑压下降;进一步向颅底方向探查,显露和打开视交叉池、颈动脉池等,进一步释放脑脊液,使脑组织塌陷,并因自身重力倾离颅底,腾出有效操作空间。(4)关颅:严密缝合硬膜,不放置引流管。用颅骨锁或连接片固定骨瓣。分层缝合骨膜及肌筋膜,用金属美容缝线连续皮内缝合,有利于减少手术疤痕。(5)显露范围:眶上锁孔入路能有效显露额叶底面、前床突、视神经管、嗅沟、嗅束、视神经、视交叉、动眼神经、前交通动脉、大脑前动脉 A1 段、垂体柄、鞍膈、鞍背、后床突、基底动脉顶端、大脑后动脉 P1 段、小脑上动脉近段、脑桥上部的前面以及脚间池;也可显露同侧额叶前内侧、颈内动脉、大脑中动脉 (M1、M2 段、部分 M3 段)、脉络膜前动脉、后交通动脉、对侧颈内动脉内侧面、大脑前动脉 A1 及 A2 近端、大脑中动脉 M1 及 M2 近端。

2. 翼点锁孔入路 (pterional keyhole approach) (Ⅲ级推荐<sup>[14]</sup>,Ⅳ级推荐<sup>[15-16]</sup>):(1)头位:头略后仰,使额叶借重力倾离眶顶;头位按需向对侧旋转 30°~60°。病灶位置越往前,向对侧旋转的角度就越大。头向对侧侧曲 15°,以补偿中颅底向上的倾斜角度。以头架固定头部。(2)开颅:围绕关键孔外侧 2 cm 左右的翼点,做沿发际前缘长约 4~5 cm

的弧形切口。切开皮肤、皮下组织、颞肌筋膜,分离皮瓣并牵开。经过翼点沿肌纤维走行方向切开颞肌,分离后用乳突撑开器撑开。暴露的颅骨中央可见一骨性凹陷,为蝶骨嵴在颅骨表面的标志,在蝶骨嵴颅底部磨出直径约 3 mm 的骨孔,由此铣下直径约 2.5 cm 的骨瓣,磨除蝶骨嵴外侧  $1/2 \sim 2/3$ ,必要时可至眶上裂外侧缘。硬膜打开前的准备同眶上锁孔入路。以蝶骨嵴为中心瓣状剪开硬膜,向前牵开,暴露外侧裂,通常显露额叶与颞叶比为 1:1,亦可根据手术需要调整,通过手术切口的上下移动改变骨瓣位置及对额、颞叶的显露范围。对前交通动脉动脉瘤,通常使侧裂位于骨窗的外侧  $1/3$ ,骨窗下显露的脑组织  $2/3$  为额叶、 $1/3$  为颞叶,可打开侧裂减少额底牵拉时的张力,但无需牵拉颞叶;对大脑中动脉动脉瘤或外侧指向的后交通动脉动脉瘤,一般将侧裂置于骨窗中间,打开侧裂后可对颞叶稍作牵拉,以充分显露手术视野。(3)关颅:基本同前,发际内切口可进行常规缝合。(4)显露范围:翼点锁孔入路对颅底血管、神经结构的显露与标准翼点入路相近,显露范围包括:①前循环动脉:同侧后交通动脉、脉络膜前动脉、颈内动脉分叉、眼动脉、大脑中动脉 M1-M4 段、大脑前动脉 A1 及 A2 近端,也可显露对侧大脑前动脉 A1 及 A2 近端、大脑中动脉 M1 及 M2 近端、颈内动脉内侧及分叉处;②后循环动脉:基底动脉顶端、小脑上动脉近端、大脑后动脉 P1 段、P2a 段;③前颅窝底、鞍上、鞍旁、鞍后、海绵窦上壁、海绵窦外侧壁前部、蝶骨嵴、额极、颞极、中颅窝底前部、脚间池、桥前池等区域。

3. 颞下锁孔入路 (subtemporal keyhole approach) (IV 级推荐<sup>[17]</sup>):(1)头位:仰卧位,患侧肩下垫高,头向病灶对侧旋转约  $90^\circ$ ,使颞弓基本处于水平位;头后仰  $15^\circ$ ,以免压迫气管;向对侧侧屈  $15^\circ$ ,以补偿中颅底向上的倾斜角度。该头位可因脑组织重力使颞叶倾离颅底,减少术中牵拉。以头架固定头部。(2)开颅:皮肤切口位于耳屏前约 1 cm 处,起于颞弓上缘,上行约 4 cm 直切口。切开皮肤,分离皮下组织,注意避免损伤面神经额支和颞浅动脉。“Y”形切开颞肌筋膜,牵开显露,纵形切开颞肌向两侧牵拉显露颞骨鳞部,在颞弓根部后上方钻孔,以铣刀取下直径约 2.0~2.5 cm 的小骨瓣。硬膜打开前的准备同眶上锁孔入路。瓣状剪开硬膜,翻向颞下方。轻抬颞底,逐步释放脑脊液,降低颅内压后逐渐深入,显露小脑幕裂孔缘。(3)关颅:基本同前。(4)显露范围:抬起颞底可显露中脑下部、脑桥

上部的外侧、大脑后动脉 P2 段及其分支、动眼神经;在小脑幕下切迹区可显露滑车神经幕上部分。滑车神经后方切开小脑幕游离缘并悬吊,可显露小脑上动脉、滑车神经、小脑上部、脑桥下部的部分区域。牵开动眼神经和滑车神经之间的小脑幕缘,可显露基底动脉顶部、同侧及对侧大脑后动脉 P1 段。向前方还可显露同侧视束、颈内动脉、后交通动脉、脉络膜前动脉、丘脑穿动脉、大脑后动脉、垂体柄。

4. 枕下正中锁孔入路 (median suboccipital keyhole approach) (IV 级推荐<sup>[18]</sup>):(1)头位:俯卧位,头前屈约  $30^\circ$ ,使颈项交界处充分伸展。以头架固定头部。(2)开颅:取枕下正中切口,起于枕骨大孔下方 1 cm 垂直向上,约长 4 cm。切开头皮,沿中线锐性分离,乳突撑开器撑开,显露枕部颅骨。由枕骨大孔后缘向上,打开直径约 2.5 cm 的骨窗。硬膜打开前的准备同眶上锁孔入路。“X”形切开硬脑膜,枕窦烧闭或丝线缝扎,打开枕大池蛛网膜,上抬小脑扁桃体,分离与延髓之间的蛛网膜粘连,经小脑延髓裂显露第四脑室。(3)关颅:基本同前。硬脑膜紧密缝合,必要时进行修补。(4)显露范围:枕下正中锁孔入路可显露小脑扁桃体和下蚓部、小脑后下动脉、第四脑室、脑桥和延髓背侧。

5. 乙状窦后锁孔入路 (retrosigmoid keyhole approach) (IV 级推荐<sup>[19-20]</sup>):(1)头位:侧俯卧位,头位在侧位基础上向对侧旋转  $10^\circ \sim 20^\circ$ ,以提供一个可较少牵拉小脑半球而顺利打开小脑脑桥角池的直视角度。术中可根据病灶位置,通过调节手术床的左、右倾斜度来调整视角。以头架固定头部。(2)开颅:从乳突根部后方约 1.5~2.0 cm 处向下做长约 4 cm 的直切口,上端始于枕外粗隆与乳突根部的交界线。切开头皮及肌肉,乳突撑开器撑开,于乳突后方打开约 2.5 cm 直径的骨窗,上方至横窦下缘水平,外侧至乙状窦后缘。如有乳突气房打开,以骨蜡封闭。硬膜打开前的准备同眶上锁孔入路。瓣状剪开硬膜,基底位于乙状窦侧,将小脑下外侧向内侧牵开,逐步深入,打开小脑延髓外侧池,释放脑脊液降低颅内压,解剖小脑脑桥角池、小脑延髓外侧池蛛网膜,显露相关解剖结构。(3)关颅:基本同前。硬脑膜紧密缝合,必要时予以修补。(4)显露范围:乙状窦后锁孔入路可显露三叉神经、面神经、听神经、后组脑神经、脑桥外侧及前外侧面、小脑半球外侧面、椎动脉、小脑后下动脉。对于后组脑神经处的病灶,手术切口及骨窗位置可相应下移。

6. 经纵裂、胼胝体锁孔入路 (interhemispheric



transcallosal keyhole approach) (Ⅳ级推荐<sup>[21]</sup>): (1) 头位: 半坐位, 头正中位, 头部与水平线夹角为 45°。打开骨瓣后, 头位可向手术侧偏斜, 以使大脑半球倾离中线, 减少术中牵拉。以头架固定头部。(2) 开颅: 中线旁 1 cm, 直线形切口约 4 cm 长。切口前后位置依病灶部位而定。用磨钻于中线旁磨出一直径约 3 mm 的颅孔, 铣取约 2 cm 的小骨瓣, 中线侧显露出矢状窦边缘。硬膜打开前的准备同眶上锁孔入路。瓣状切开硬膜, 翻向中线侧, 分离矢状窦旁的蛛网膜, 注意避免损伤粗大的回流静脉。必要时可分离静脉表面蛛网膜, 使静脉有一段游离, 以增加可移位度。用脑压板向外侧牵开大脑半球, 逐渐深入, 纵行切开胼胝体 2 cm 以内, 进入侧脑室体部。(3) 关颅: 基本同前。(4) 显露范围: 经纵裂、胼胝体入路可显露大脑前动脉 A2 远段、侧脑室体部、第三脑室、丘脑等结构。

#### 四、锁孔显微手术技巧

1. 颅内操作的有效空间: 有限暴露及狭小空间极易造成手术操作的困难, 不适当的脑组织牵拉又会造成更严重的脑损伤, 应引起注意。

锁孔显微手术的一个重要步骤是术中降低颅内压, 增加颅腔内的操作空间。最行之有效的方法是打开脑池释放出脑脊液, 使脑组织自行回缩。对一些颅内压较高的患者, 如脱水剂效果不佳, 还可先穿刺脑室释放脑脊液。对一些颅内巨大占位性疾病, 局部脑池已受压消失, 术中估计难以释放脑脊液者, 可术前腰椎穿刺蛛网膜下腔置管, 术中放出脑脊液, 降低颅内压。也有学者常规术前行腰大池置管引流术, 术中放出脑脊液减压。

锁孔显微手术应用于颅底手术时, 关键在于手术骨窗局限于颅底部分, 如眶上锁孔入路切口隐于眉毛中, 骨窗直达眉弓上; 颞下锁孔入路将颞肌分离后向两侧撑开, 避免了常规手术入路时颞肌瓣向颞底牵拉, 受颞弓的阻挡而影响中颅底的术野显露。锁孔入路去除的是以往无效的结构破坏与组织显露部分, 而保留了真正所需的有效操作空间。

2. 动脉瘤术中出血的控制: 锁孔显微手术夹闭动脉瘤的步骤与常规的显微手术基本无区别, 即使是对出血汹涌的破裂动脉瘤的处理, 也与常规显微手术一样。具备在手术显微镜下正确应对各类术中意外出血经验的术者, 可用相同的方法处理锁孔显微手术遇到的出血 (Ⅱ级推荐<sup>[22]</sup>, Ⅲ级推荐<sup>[23-26]</sup>, Ⅳ级推荐<sup>[27-28]</sup>)。

锁孔显微手术中有效控制载瘤动脉是动脉瘤手

术成功的关键, 载瘤动脉及动脉瘤颈的分离显露尤为重要。在锁孔入路下可按序进行各部位的分离及显露, 有效控制载瘤动脉后再对动脉瘤颈进行分离。但在载瘤动脉控制前发生动脉瘤破裂也是在所难免, 遇到汹涌出血时, 可使用 2 个吸引器进行操作, 较大的吸引头可用于动脉瘤破口处的血液吸除, 较小的吸引头可用于清除术野积血, 术野清晰后快速分离及临时阻断载瘤动脉, 或在可能的情况下直接分离出动脉瘤颈予以夹闭。切忌以棉片不适当地压迫动脉瘤破口, 使出血积聚颅内, 导致急性脑膨出, 必要时可初步夹闭动脉瘤体, 控制出血后再调整动脉瘤夹。

3. 脑深部大肿瘤 ( $\geq 3$  cm) 的手术策略: 锁孔显微手术时, 因“锁孔”的放大效应对深部结构可获得理想的术区视野。颅内越是深在的部位, 通过调整显微镜角度, 在小骨窗下获得的视野范围越大, 越有利于手术操作。通过手术显微镜角度的转换, 可按需观察到术野的各个部位。

对于直径  $\geq 3$  cm 的脑深部大肿瘤, 因病灶周围神经、血管结构众多, 常规手术也通常采用分块切除病灶的方法。因此, 直径为 2 cm 左右的骨窗基本可以满足此类手术的要求, 不会增加切除肿瘤的手术时间。肿瘤分块切除后的手术残腔可提供一个逐渐增大的手术空间, 并在瘤内减压以后, 可使周边肿瘤组织逐步游离进入中心视野, 最终予以全切除 (Ⅳ级推荐<sup>[4,29]</sup>)。射频刀、激光刀、超声吸引器的应用为分块切除脑深部大的肿瘤提供了有利条件, 可以大大缩短手术时间。

采用颞下锁孔入路时, 磨除岩尖骨质后可切开小脑幕处理颅后窝部分病灶; 采用乳突后锁孔入路时, 磨除内听道后壁可切除内听道内残留的肿瘤; 采用经眉弓或翼点锁孔入路时, 可磨除前床突或沿动眼神经走行切开海绵窦, 进行肿瘤切除。对跨前、中颅窝或中、后颅窝的巨大肿瘤, 联合锁孔入路是一种良好选择, 避免了单一入路下操作的复杂性 (Ⅳ级推荐<sup>[30-31]</sup>)。对巨大肿瘤的锁孔入路手术, 可依据具体的状况进行个体化设计。

4. 病灶的准确定位: 锁孔入路下只能从单一方向到达病灶部位, 不可能在术中更换手术途径, 因此, 术前病灶的精确定位是锁孔显微手术成功的前提。绝大多数病灶均有固定的颅内解剖位置, 如各个部位的动脉瘤、鞍区肿瘤、小脑脑桥角病灶、脑室内病灶、松果体区肿瘤等, 均无需另行定位, 即可选择一种有效的锁孔入路进行手术。

神经导航系统为个体化的锁孔入路设计提供了很大的帮助,尤其对脑实质内小病灶的精确定位、对大肿瘤手术切除进程的了解可提供指导,减少不必要的颅内探查。

5. 手术切口的正确处理:经眉弓锁孔入路手术时,尽管眉毛内的皮肤切口较短小,相对于发际内的切口,其仍暴露在外,不适合应用于眉毛浅淡的患者;若皮下组织或皮肤对合不好时,也易造成眉部外观的缺陷。在切口切开分离过程中应尽量减少烧灼,防止术后组织的萎缩。切口缝合时应仔细逐层对合,最后可用无创金属缝线进行切口的皮下连续缝合,必要时以胶带进一步拉合皮肤切口。术后需及时换药,以防切口渗血结痂,影响愈合。因眉部皮下组织疏松,容易有皮下积液,一旦发生,应及时予以加压包扎或穿刺引流。

在颅底锁孔手术时,各锁孔入路有可能打开额窦、乳突气房、岩骨气房、前床突气房等,需进行相应的颅底修补,以防术后脑脊液漏的发生。

6. 对初期开展锁孔显微手术者的建议:对初涉锁孔显微手术者,不应强求骨窗的微小,以其水准达到力所能及的微创,即符合了微创理念。骨窗可从大至小,循序渐进,以逐步适应。也可先采用大切口、小骨窗,必要时可迅速以铣刀扩大骨窗范围,改为常规术式。通过基础解剖操作训练,以熟悉锁孔显微手术的方法及各入路的适应证,是提高术者的信心、保障手术安全的有效途径。

### 五、锁孔显微手术的局限性

综上所述,锁孔显微手术可满足绝大多数神经外科手术的基本要求,作为一种微创技术可进一步予以应用。但必须认识到锁孔显微手术是在丰富显微手术经验基础上的产物,在临床应用中应有一个显微解剖培训及逐步适应、提高的过程。

在锁孔入路下,手术操作的自由度受限,手术操作角度基本恒定,难以随时改变手术入路的方向;术中动脉瘤破裂出血时,多数情况下需术者自行对出血进行控制和动脉瘤的夹闭,助手的配合空间有限,所以术前的设计及准备应充分。如在术前判断可能需从多个角度进行手术操作时,大骨瓣开颅手术更为适宜。例如对瘤壁钙化僵硬的巨大动脉瘤,在一个锁孔入路下难以显露其全貌;对基底动脉远端动脉瘤,可能需经额下、额外侧或颞下多方位探查、操作等。对蛛网膜下腔出血严重或意识障碍较深的患者,术后有脑血管痉挛或颅内高压的可能,应早期行大骨瓣开颅,必要时可行去骨瓣减压术;对近脑皮

质表面的大肿瘤或动静脉畸形须显露病灶全貌,大骨瓣开颅更加适合;对术后高血压难以缓解的手术,大骨瓣开颅更为有利。

随着科技成果的层出不穷,锁孔显微手术技术也在不断地发展与完善。近几年建立的复合手术平台、3D 打印颅脑实体模型模拟手术均使锁孔显微手术的开展得到越来越有力的保障。精准的术前设计及个体化的手术处理是锁孔显微手术成功的前提与保障。由于本专家共识受篇幅的限制,不能在此一一介绍,可参考相关书籍进行必要的准备。

**学术指导(按姓氏汉语拼音排序)** 王硕(首都医科大学附属北京天坛医院)、张建宁(天津医科大学总医院)、张亚卓(北京市神经外科研究所)、赵继宗(首都医科大学附属北京天坛医院)、周定标(解放军总医院)、周良辅(复旦大学附属华山医院)

**共识专家组成员(按姓氏汉语拼音排序)** 陈礼刚(西南医科大学附属医院)、陈书达(浙江省人民医院)、黄光富(四川省人民医院)、黄楹(天津市环湖医院)、康德智(福建医科大学附属第一医院)、兰青(苏州大学附属第二医院)、李刚(山东大学齐鲁医院)、李新钢(山东大学齐鲁医院)、刘志雄(中南大学湘雅医院)、漆松涛(南方医科大学南方医院)、沈炯琪(台中荣民总医院)、田新华(厦门大学附属中山医院)、王国良(广州军区总医院)、王向宇(暨南大学附属第一医院)、王镛斐(复旦大学附属华山医院)、王运杰(中国医科大学附属第一医院)、游潮(四川大学华西医院)、于炎冰(卫计委中日友好医院)、岳树源(天津医科大学总医院)、张东(首都医科大学附属北京天坛医院)、张建民(浙江大学医学院第二附属医院)、张俊廷(首都医科大学附属北京天坛医院)、张世忠(南方医科大学珠江医院)、张喜安(南方医科大学南方医院)、赵卫国(上海交通大学附属瑞金医院)、赵元立(首都医科大学附属北京天坛医院)

### 参 考 文 献

- [1] Fukushima T, Miyazaki S, Takusagawa Y, et al. Unilateral interhemispheric keyhole approach for anterior cerebral artery aneurysms[J]. Acta Neurochir Suppl (wien), 1991, 53 (53): 42-47. DOI: 10.1007/978-3-7091-9183-5\_8.
- [2] Pernerczy A, Müller-Forell W, Lindert VE, et al. Keyhole concept in neurosurgery: With endoscope-assisted microsurgery and case studies[M]. Stuttgart & New York: Thieme, 1999.
- [3] Stadie AT, Reisch R, Kockro RA, et al. Minimally invasive cerebral cavernoma surgery using keyhole approaches - solutions for technique-related limitations[J]. Minim Invasive Neurosurg, 2009, 52(1): 9-16. DOI: 10.1055/s-0028-1103305.
- [4] Igressa A, Pechlivanis I, Weber F, et al. Endoscope-assisted

- keyhole surgery via an eyebrow incision for removal of large meningiomas of the anterior and middle cranial fossa[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 129: 27-33. DOI: 10.1016/j.clineuro.2014.11.024.
- [5] Ho CL, Hwang PY. Endoscope-assisted Transorbital Keyhole Surgical Approach to Ruptured Supratentorial Aneurysms[J]. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg, 2015, 76(5): 376-383. DOI: 10.1055/s-0035-1547358.
- [6] Charalampaki P, Filippi R, Welschehold S, et al. Tumors of the lateral and third ventricle: removal under endoscope-assisted keyhole conditions[J]. Neurosurgery, 2008, 62(6 Suppl 3): 1049-1058. DOI: 10.1227/01.neu.0000333770.58693.ed.
- [7] Kelly DF, Griffiths CF, Takasumi Y, et al. Role of Endoscopic Skull Base and Keyhole Surgery for Pituitary and Parasellar Tumors Impacting Vision[J]. J Neuroophthalmol, 2015, 35(4): 335-341. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000321.
- [8] Zhang MZ, Wang L, Zhang W, et al. The supraorbital keyhole approach with eyebrow incisions for treating lesions in the anterior fossa and sellar region[J]. Chin Med J (Engl), 2004, 117(3): 323-326.
- [9] Telera S, Carapella CM, Caroli F, et al. Supraorbital keyhole approach for removal of midline anterior cranial fossa meningiomas: a series of 20 consecutive cases[J]. Neurosurg Rev, 2012, 35(1): 67-83; discussion 83. DOI: 10.1007/s10143-011-0340-7.
- [10] Wongsirisuwan M, Ananthanandorn A, Prachasinchai P. The comparison of conventional pterional and transciliary keyhole approaches: pro and con[J]. J Med Assoc Thai, 2004, 87(8): 891-897.
- [11] Park HS, Park SK, Han YM. Microsurgical experience with supraorbital keyhole operations on anterior circulation aneurysms[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2009, 46(2): 103-108. DOI: 10.3340/jkns.2009.46.2.103.
- [12] Czirjók S, Szeifert GT. The role of the superciliary approach in the surgical management of intracranial neoplasms[J]. Neurol Res, 2006, 28(2): 131-137. DOI: 10.1179/016164106X97991.
- [13] Reisch R, Perneczky A. Ten-year experience with the supraorbital subfrontal approach through an eyebrow skin incision[J]. Neurosurgery, 2005, 57(4 Suppl): 242-255; discussion 242-255.
- [14] Kang HJ, Lee YS, Suh SJ, et al. Comparative Analysis of the Mini-pterional and Supraorbital Keyhole Craniotomies for Unruptured Aneurysms with Numeric Measurements of Their Geometric Configurations[J]. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg, 2013, 15(1): 5-12. DOI: 10.7461/jeen.2013.15.1.5.
- [15] Cheng WY, Lee HT, Sun MH, et al. A pterion keyhole approach for the treatment of anterior circulation aneurysms[J]. Minim Invasive Neurosurg, 2006, 49(5): 257-262. DOI: 10.1055/s-2006-954575.
- [16] 兰青, 朱卿, 陈爱林, 等. 翼点锁孔手术处理颅内动脉瘤[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(39): 3209-3212. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.39.012.
- [17] Taniguchi M, Perneczky A. Subtemporal keyhole approach to the suprasellar and petroclival region: microanatomic considerations and clinical application. [J]. Neurosurgery, 1997, 41(3): 592-601. DOI: 10.1097/00006123-199709000-00017.
- [18] 兰青, 钱志远, 陈坚, 等. 锁孔入路显微手术切除后颅窝肿瘤的疗效分析[J]. 中华医学杂志, 2005, 85(4): 219-223. DOI: 10.3760/j.issn:0376-2491.2005.04.003.
- [19] Daming C, Yiwen S, Bin Z, et al. Large vestibular schwannoma resection through the suboccipital retrosigmoid keyhole approach[J]. J Craniofac Surg, 2014, 25(2): 463-468. DOI: 10.1097/SCS.0000000000000528.
- [20] Mostafa BE, El SM, Youssef AM. The keyhole retrosigmoid approach to the cerebello-pontine angle: indications, technical modifications, and results[J]. Skull Base, 2008, 18(6): 371-376. DOI: 10.1055/s-0028-1087220.
- [21] Lan Q, Dong J, Huang Q. Minimally invasive keyhole approaches for removal of tumors of the third ventricle[J]. Chin Med J (Engl), 2006, 119(17): 1444-1450.
- [22] Yu LH, Yao PS, Zheng SF, et al. Retractorless Surgery for Anterior Circulation Aneurysms via a Pterional Keyhole Approach[J]. World Neurosurg, 2015, 84(6): 1779-1784. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.07.055.
- [23] Chalouhi N, Jabbour P, Ibrahim I, et al. Surgical treatment of ruptured anterior circulation aneurysms: comparison of pterional and supraorbital keyhole approaches[J]. Neurosurgery, 2013, 72(3): 437-441; discussion 441-442. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3182804e9c.
- [24] Zheng SF, Yao PS, Yu LH, et al. Keyhole Approach Combined With External Ventricular Drainage for Ruptured, Poor-Grade, Anterior Circulation Cerebral Aneurysms [J]. Medicine (Baltimore), 2015, 94(51): e2307. DOI: 10.1097/MD.0000000000002307.
- [25] Fischer G, Stadie A, Reisch R, et al. The keyhole concept in aneurysm surgery: results of the past 20 years [J]. Neurosurgery, 2011, 68(1 Suppl Operative): 45-51; discussion 51. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31820934ea.
- [26] Paladino J, Mrak G, Mikli P, et al. The keyhole concept in aneurysm surgery--a comparative study: keyhole versus standard craniotomy[J]. Minim Invasive Neurosurg, 2005, 48(5): 251-258. DOI: 10.1055/s-2005-915599.
- [27] Yamahata H, Tokimura H, Tajitsu K, et al. Efficacy and safety of the pterional keyhole approach for the treatment of anterior circulation aneurysms[J]. Neurosurg Rev, 2014, 37(4): 629-636. DOI: 10.1007/s10143-014-0562-6.
- [28] Lan Q, Gong Z, Kang D, et al. Microsurgical experience with keyhole operations on intracranial aneurysms[J]. Surg Neurol, 2006, 66 Suppl 1: S2-9. DOI: 10.1016/j.surneu.2006.06.039.
- [29] Li Z, Lan Q. Retrosigmoid keyhole approach to the posterior cranial fossa: an anatomical and clinical study[J]. Eur Surg Res, 2010, 44(1): 56-63. DOI: 10.1159/000264636.
- [30] Zhu W, Mao Y, Zhou LF, et al. Keyhole approach surgery for petroclival meningioma[J]. Chin Med J (Engl), 2006, 119(16): 1339-1342.
- [31] Zhu W, Mao Y, Zhou LF, et al. Combined subtemporal and retrosigmoid keyhole approach for extensive petroclivallmeningioma surgery: report of experience with 7 cases[J]. Minim Invasive Neurosurg, 2007, 50(2): 106-110. DOI: 10.1055/s-2007-984384.

(收稿: 2016-09-19 修回: 2016-12-21)

(本文编辑: 刘岩红)