

## 使用工具、方法和技术

### Cygnus PFS 图像引导系统

Cygnus PFS 图像引导系统由 Compass 国际公司制造 (Compass 国际公司地址: Cascade Business Park, 919 37<sup>th</sup> Avenue, NW, Rochester, MN 55901; 电话: 800/933-2143; 传真: 507/281-1736)。此系统包括控制单元、磁发射器和接收器、安装支架、电缆、指示器端和抽吸器端、主机系统、规划软件和防护式便携箱。

### 背景

1908 年, Horsley 和 Clarke (6) 使用希腊语 "stereo" (三维) 和 "taxis" (安排) 创造了词语 "stereotaxis" (立体定位), 用来描述他们将大脑映射到笛卡儿参考框架内数学化定义的空间的方法。"stereotaxis" 中包括的 "taxis" 在拉丁文中是触摸的意思。大约 65 年以后, 人们同意将这些方法应用到人类外科手术。关于 "stereotaxis" (立体定位) 的一些精彩评论也已经出版(2)。所有的立体定位都需要使用参考框架来定义立体定位的空间。在古典的基于框架的立体定位中, 立体定位空间的定义与执行数据采集前严格固定到患者头骨上的外部框架或环相关。Kelly 等人将交互式体积测定图像引导外科手术的基础建立在基于框架的立体定位之上。

### 无框架图像引导外科手术

在过去的几年中, 随着计算机技术的快速发展, 无框架立体定位技术也取得了进步。在无框架立体定位中, 计算机使用解剖结构

或附带的基准标志点生成的皮肤表面复制允许立体定位空间参照这些表面标志点。图像引导的交互特征使得在外科手术进行的同时可以通过计算机追踪无菌的指示器来识别无边界的目标和体积。外科手术中使用了多种不同的追踪指示器的技术; 这些技术包括超声图形追踪(1, 12, 13)、机械臂(11, 16)或接合臂(5, 10)追踪、发光二极管(15)或被动标志点(4)光学追踪和磁场定位。在一些方法中, 当使用机械臂(11)对显微镜进行追踪或从附加的发光二极管或被动标志点(4, 15)对显微镜进行光学追踪, 显微镜焦点即成为指示设备。

Compass Cygnus PFS 系统通过对磁场内部设备的追踪将立体定位外科手术空间与成像数据库相关联。所用的小型追踪磁体可以容易地放置在 3 点式头部支架上。随着计算机计算能力的指数性增长, 配置非常轻便的系统已经成为可能。

### 系统描述

Compass Cygnus PFS 系统是便携式无框架立体定位系统, 放置于轮式耐冲击便携箱中 (图 1)。



图 1. 处于便携箱中的便携式 Cygnus PFS 图像引导系统。系统的操作平台是 LINUX, 安装

于 300-MHz 的 Dell Latitude 便携式计算机 (我的计算机使用的是老式的 233-MHz 微处理器)(Dell, Round Rock, TX)。控制单元的尺寸稍大于计算机, 连接于计算机、发射器和接收器上 (图 2)。直流磁场发射器通过一个可调节的 L 型支架安装在 3 点式头部支架 (如 Mayfield 头部支架; OMI Medical, Cincinnati, OH) 的外部星型接口上。接收器是一个较小的单元, 夹在带有钝金属探头的一次性塑料指示器组件 (图 3) 之上。可以使用短的抽吸器端来替代钝探头。系统带有 2 条接收器导线, 一条用于无菌配置, 另一条在手术区内与无菌探头或抽吸器端一起使用。可以使磁场处于待用状态, 以避免和其它设备 (即用于层脑电图记录的层脑电图仪) 发生干涉。该公司最近已经开始生产带有专用接收器和导线的更长的直线式或接合式抽吸器端。



图 2. 用于在外科手术前进行规划和外科手术中进行导航的便携式计算机, 显示在 Cygnus 电磁控制单元之上。

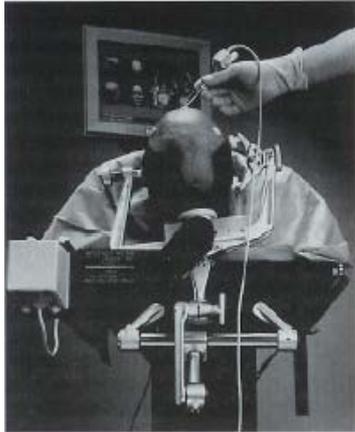


图3. 外科配置举例，显示了通过 L 支架放置在头部支架上的电磁场源。外科医生手中所拿的是放置在电磁接收器上的探头。图像背景中显示了可选的纯平监视器。

建议在使用计算机断层成像 (CT) 或磁共振成像进行体积采集时使用 3mm 或更小的层面厚度。成像数据可以通过以太网下载或使用独立的 DAT (数字式音频磁带) 光驱下载到 DAT 上。系统还带有用于备份数据的 Zip 驱动器。可以在 Dell 便携式电脑屏幕上执行规划和外科手术中的图像的导航。手术室中可以配置独立的、高分辨率且带有立架的纯平监视器 (作为选件)。

### 外科手术前和手术中的配置

Cygnus 系统配置有清晰简明的操作手册 (我在准备此篇评论之前, 只阅读过 1 次操作手册)。磁共振成像和 CT 的校准和安装操作由 Compass 工作人员在系统交付期间执行。扫描协议与其它无框架立体定位系统相似。当通过 DAT (数字式音频磁带) 传输数据时, 必须为每个患者准备独立的磁带。备份磁带拷贝的方式与通常相同, 只是这里的数据来自 GE 扫描设备 (General Electric, Milwaukee, WI)。制定外科手术规划时只需使用便携式电脑和 DAT 磁带驱动器, 我的外科手术规划是晚上在家中制定的。使用磁带下载时每个研究只需几分钟

时间。通过屏幕提示可以选择定位方向、体积研究的顶部和底部层面、图像参数水平。尽管鼠标垫非常方便灵活, 有时还是不能得到理想的图像对比度和亮度水平, 特别是对于较薄的 CT 图像。确认了图像系列之后, 程序将自动显示皮肤表面的复制图。与其它系统相比, 此系统可以生成 4 幅独立的表面复制图像, 即两幅侧面视图、一幅前视图和一幅后视图。用于编辑复制图像的选项不是很多。这里存在一个问题, 即在侧面视图之外, CT 头部支架覆盖了了解剖标志点, 或者相对次要的基准标记的区域, 不能对 CT 头部支架进行编辑。对于基准标记来说, 这不是严重的问题, 因为在轴向层面可以进行精确定位。我发现同时显示 3 或 4 幅头部复制视图时可以快速选择基准标志点, 因为定位所有的基准点时都不需要对单一的头部分制视图进行操作或旋转。当选择了复制的基准点时, 相应的轴向层面将显示在屏幕的右半部分。然后就可以使用键盘上的“S” (向上) 和“D” (向下) 来调节层面的选择。基准/标志点的配位只能在采集扫描的平面 (通常是轴向平面) 中执行。在执行了 3 个或 8 个基准或定位点的图像配位之后, 此图像即可在手术示范室中使用。手术前数据采集和规划总共所需的时间约为 10~20 分钟。在将来的版本中将会支持轨迹和体积规划, 这种规划不可避免地会增加规划时间。手术的当天, 将便携式电脑放置在控制单元之上并与之连接。将接收器的电缆和发射器、磁体的电缆连接到控制单元之上。当将头部固定于 3 点式固定架上之后, 将支架和磁体连接到头部支架外部的星型接口上。之后系统即可用于患者配位。接收器及其指示器都将用于配位。执行了基准点配位之后, 估计在患者和图像之间存在的配位错误

将显示在一个读出器上。可以删除或重新配位错误的基准点。一个非常有用的功能是可以以平行的轴向平面 (在标题“Show Registration on Images” [显示图像配位] 之下) 显示图像空间和估计的实际空间中的基准配位之间的差异。系统还将显示均方根误差以决定是接受还是拒绝。即使进行重新配位和校正, 平均的配位时间也会维持在 5 分钟之内。之后, 当探头在头部和脸部的标志点上移动时, 可以通过光学确定解剖精度。在从非无菌接收器上断开前, 将系统设置为暂停或待机状态。当患者准备完成并放置好束带之后, 将无菌的接收器和电缆拿到相关区域之内并将导线连接到控制单元上。此时, Cygnus 系统即可用于外科手术导航。

### 优点

Compass Cygnus PFS 系统的工作状态非常好。这对于使用便携式计算机操作的系统来说是不容易的。Dell 便携式计算机的屏幕图像非常清晰, 尽管明显不如专用监视器那么清晰。使用便携式计算机时, 追踪和图像更新的速度非常惊人。尽管目前软件更新对于基于工作站的大型系统来说非常快, 但据我了解, 无框架系统更多地用于确定位置, 而不是用于快速更新动态指示器运动。这里需要考虑关于对所有系统的配位和定位精度的干涉问题。基于臂的系统 and 光学追踪系统都是非常精确的, 而基于声音的探头追踪系统就没有那么受欢迎。后者的声音传导容易受温度和湿度影响并因而发生错误。类似地, 手术室中的金属物体能够对基于磁场的系统 (如 Compass Cygnus PFS 系统) 的精度产生负面影响。但我认为这并不构成主要问题。我们小组将 Cygnus PFS 系统与用于 3 点式头骨固定的 Mayfield 头部支架 (OMI Medical)

一起使用。开始时，我们观察到在最靠近 Mayfield 头部支架的头部下侧存在一些基准配位错误，我们认为这些错误来源于金属干涉。Cygnus 系统的“显示配位”功能对于估计错误的来源是非常有用的工具。经过仔细的分析，我们终于明白这些基准点精度降低的主要原因是重力使头皮发生了偏移（甚至在固定的、不能移动的区域），而不是头部支架的金属干涉。常用于外科领域的其它类型金属设备包括牵引器系统。尽管 Cygnus 使用手册建议不要使用金属牵引器系统，但有几次我们还是使用了 Budde halo 系统 (OMI Medical) 或 Leyla bar 系统 (V. Mueller, Deerfield, IL)。在大多数情况下，精度没有受到影响。但是，仅有的几次使用并不能排除牵引器系统对于外科手术进行中的精度影响。我们已经减少了与 Cygnus 系统一起使用牵引器系统的次数。我们曾经执行了两次层脑电图实验，其间发现对脑电图或 Cygnus 系统精度没有产生任何明显的负面影响。

然而，Cygnus 系统最大的优点是在手术过程中并不引人注目。不能过分强调这一优点。磁体安装在头架上并为盖帘所覆盖。处于磁场中系统部件只有接收器电缆、接收器和探头。可以随时拿起探头并将其放置于手术区中。在屏幕上立即可以看到相关的信息。系统中没有可以激活的脚踏板。使用抽吸器探头替换探头是非常有益的，因为抽吸器是神经外科中使用最普遍的工具。通过使用抽吸器，外科医生、助理、护士和麻醉人员就可以在成像研究中在线观察抽吸器探头。抽吸器探头非常短，目前最长的版本很受欢迎。对基于臂的系统这样使用抽吸器探头将是不方便和不切实际的。光学追踪系统可以追踪探头、双极镊子和一些其它工具，但是在追踪照相机和被追踪

的仪器之间必须不存在视线障碍。在大多数手术室的环境下，这是不容易持久地实现的。Cygnus 系统不存在视线障碍的问题。

### 结论

Cygnus PFS 图像引导系统是一种精确的、用户友好的、节约成本的无框架立体定位工具。可以进行快速安装，而且在手术期间非常不引人注目，占用的手术室空间很小。其简便的操作是基于使用磁场来反应立体定位空间的。人们会考虑到由于金属物体可以干涉磁场，从而降低立体定位的精度，但是我在使用系统的 1 年多时间里并没有发现这是一个重要的问题。随着一些小的软件和硬件的添加，Cygnus 系统将更加突出。除了 Cygnus 系统以外，我还广泛地接触到了以下无框架系统：ISGWand (ISG Technologies, Toronto, Ontario, Canada), Radionics OAS (Radionics, Burlington, MA) 和 StealthStation (Sofamor Danek Group, Memphis, TN)。

**Christopher R. Mascott**

*New Orleans, Louisiana*

### 参考文献

1. Barnett H, Kormos DW, Steiner CP, Weisenberger J, Intraoperative localization using an armless, frameless stereotactic wand. *J Neurosurg* 78:510-514;1993
2. Gildenberg PL, Tasker RR (eds): *Textbook of Stereotactic and Functional Neurosurgery* New York, McGraw-Hill, 1998
3. Goerss SJ, Kall BA: Automated stereotactic positioning system. *Appl Neurophysiol* 50:100-106;1987
4. Gumprecht HK, Wadena DC, Lomonta CB: Brain Lab Vector Vision Neuronavigation System; Technology and clinical experience in 131 cases, *Neurosurgery* 44a:97-105;1999
5. Guthrie BL, Adler JR Jr: Computerassisted preoperative planning, interactive surgery and frameless stereotaxy. *Clin Neurosurg* 38:112-131;1992
6. Horsley V, Clarke RH; The structure and function of the cerebellum examined by a new method. *Brain* 31:45-124;1908
7. Kelly PJ, Kall BA, Goerss SJ: Results of computerized topography-based computerassisted stereotactic resection of metastatic intracranial tumors. *Neurosurgery* 22:7-17;1988
8. Maciunas RJ, Galloway RL Jr, Latimer J, Cobb C, Zaccharias E, Moore A, Mandava VR: An independent application accuracy evaluation of stereotactic frame systems. *Stereotact Funct Neurosurg* 58:103-107;1992
9. Maurer CR Jr, Aboutanos GB, Dawant BM, Gadamsetty, Margolin RA, Maciunas RJ, Fitzpatrick JM; effect of geometrical distortion correction in MR on image registration accuracy. *J Comput Assist Tomogr* 20:666-679;1996

10. Olivier A, Germano IM, Cukier A, Peters T, Frameless stereotaxy for surgery of the epilepsies, Preliminary experience Technical note. J Neurosurg 81:629-633;1994
11. Pillay P, Wei H, A frameless stereotactic microscope for image-guided surgery. Stereotact Funct NEUROSURG 64:841995 (ABSTR)
12. Reinhardt H, Meyer H, Amrein E; Acomputer-guided surgery. Stereotact Fur Surg Res 20:51-58,1988
13. Roberts DW, Strohhahn JW, Hatch J, Murray W, Kettenberger H: A frameless stereotactic integration of computerized topographic imaging and the operating microscope. J, Neurosurg 65:545-549;1986
14. Rousu J, Kohls PE, Kall B, Kelly PJ: Computer-assisted image-guided surgery using the Regulus Navigator, Stud Health Technol Inform 50:103-109;1998
15. Smith KR, Frank KJ, Bucholz RD, The Neurostation: A highly accurate minimally invasive solution to frameless stereotactic neurosurgery. Comput Med Imaging Graph 18:247-256,1994
16. Watanabe E, Watanabe T, Manaka S, MayanagiY, Takakurak; Three-dimensional digitizer (Neuronavigator); New equipment for CT-guided stereotactic surgery. Surg Neurol 27:543-547; 1987

**备注**

本文是 Mascott 经历了 1 年的使用之后，对一个新的便携式图像

引导系统作出的评价。系统具有便携的优点，这对于在不同医院执行手术和可能受到无力购置新的图像引导外科平台的医院约束的外科医生来说是非常重要的。由于系统是基于个人计算机的，所以不要指望图像质量和图像处理能力达到工作站的水平。我们需要工作站提供的所有图像投影和工具吗？可能会。我所认识的大多数外科医生在外科手术期间都只使用轴向、矢状和冠状图像的标准阵列，而不使用三维复制或其它视图。就像 Mascott 所写的那样，当便携式计算机的内存和处理速度提高时将会出现改进的软件。成本低于其它图像导航系统的 Cygnus PFS 系统将会为许多人所注意。此平台是否能够满足不断变化的外科手术的需求目前还不得而知。

**Douglas Kondziolka**  
*Pittsburgh, Pennsylvania*

此间的意见对于神经外科来说不是必需的。除非特别说明，评论人员都没有对此产品进行个人投资，并且不会因为其所作的评论而获得经济上的收入。

**Douglas Kondziolka**  
*Pittsburgh, Pennsylvania*