



赵继宗,中国科学院院士,神经外科医学家。现任国家神经系统疾病临床医学研究中心主任,首都医科大学附属北京天坛医院教授、主任医师。长期从事神经外科学临床和基础研究工作。

展望未来:神经网络外科

赵继宗^{1,2}

1. 国家神经系统疾病临床研究中心,北京 100070

2. 首都医科大学附属北京天坛医院,北京 100070

进入21世纪,现代科学技术迅猛发展,神经外科领域基于神经网络科学和数字化脑成像技术的神经调控领域,将神经外科学推向神经网络外科(neural networks surgery)新的阶段。神经网络外科不仅为难治性神经系统疾患提供了更安全可靠的方法,同时也为神经外科学开启一扇通往脑科学研究大门^[1-2]。

1 3个维度推动神经外科学发展

百年神经外科发展经历经典神经外科时期、显微神经外科时期和微创神经外科时期3个阶段,脑解剖与认知发现、医学影像革新和医疗器械的3个维度,是推进神经外科学不断前进的源动力。神经网络外科是3个维度在21世纪的结晶。

20世纪80年代,伴随电子计算机X射线断层扫描(Computed Tomography, CT)、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)、数字减影血管造影(Digital Subtraction Angiography, DSA)、单光子发射计算机断层显像(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)及正电子发射断层扫描(Positron Emission Tomography, PET)等现代神经影像设备的应用,拓宽了神经科疾病的诊治范围,提高了诊治的效果。同时,在利用反映脑解剖成像的CT、MRI和弥散张量成像技术(Diffusion Tensor Imaging, DTI)等为依据构建的大脑结构性网络与反映脑功能的脑电图(Electroencephalography, EEG)、脑磁图(Magnetoencephalography, MEG)、功能性磁共振成像(Function Magnetic Resonance Imaging, fMRI)和PET结合,显示脑结构成像与其功

能性网络之间的关系,形成一门新科学领域——神经网络。目前,关于大脑网络的研究主要集中在大脑疾病(如精神分裂症、帕金森症、阿尔茨海默病等)的预测和诊断、大脑结构与功能性网络的动力学分析、脑的损伤以及与临床相结合的研究。

神经调控技术始于20世纪60年代脑深部刺激(deep brain stimulation, DBS)治疗顽固性疼痛。1997年,美国FDA批准DBS治疗帕金森病,国内外相继开展该项技术治疗帕金森病、特发性震颤和其他肌张力障碍疾病。基于神经网络研究神经导航技术,神经调控手术中精确定位大脑神经网络及其关键节点,完成治疗神经功能性疾病,产生了神经网络外科。神经网络外科的出现为神经外科学推向新的发展阶段。

2 神经调控技术孕育神经网络外科

神经调控手术是通过植入装置,以电或化学方式改变神经系统中信号传递,激发、抑制或控制神经元或神经网络的活动并产生治疗效果。利用大脑皮层、脑神经或大脑深部相接触的程序或设备,治疗各种难治性神经系统疾病,如慢性疼痛(面部、躯体、传入神经阻滞、幻肢症状)、运动障碍(帕金森氏病、肌张力障碍、Tourette综合征)、癫痫等疾病。使用最广泛的大脑电刺激类型是迷走神经刺激(VNS),深部脑刺激(DBS)和运动皮层刺激(MCS)。

神经调控疗法具有介入和手术特性。神经调控突显了神经外科从传统的切除或消融病灶向“网络外科”过渡。

目前,微创神经外科用网络外科方式,利用功能神经影像和神经导航设备,手术前应用脑功能磁共振影像制定手术计划。手术中应用各种神经电生理技术躯体感觉诱发电位(Somatosensory Evoked Potentials SSEPs);运动神经诱发电位(Motor Evoked Potentials MEPs);脑干听觉诱发电位(Brainstem Auditory Evoked Potentials BAEPs)及血流动力学监测技术,监测术中处于危险状态的脑功能区,指导切除脑病灶。在显微神经外科解剖的基础上,利用纤维解剖技术和磁共振示踪成像技术,

探讨大脑白质束指导手术入路^[5]。

3 网络神经外科发展前景

网络神经外科面临的重大挑战是探索脑功能可塑性和神经修复。

神经网络分析不仅可以描绘脑神经连接基本方式,更重要的是可以直观模拟脑病变及其对神经可塑性造成的影响^[4-6]。网络神经外科可以准确预测脑内病变或手术导致的脑功能损伤,术后病人神经功能损伤和神经功能可塑性,有助于医生将更好地计划手术,决定脑病灶切除范围和预判术后的恢复。

神经网络研究结合神经解剖学,将以整体方式模拟大脑功能。局灶性胶质瘤不仅在肿瘤周围的限制区域干扰了整个大脑的功能和有效连接,而且手术治疗本身也可能引起大范围功能连接的改变。这意味着脑肿瘤外科不是一种局部手术,而应该认为是一种脑神经网络手术。

神经外科麻醉可以保障唤醒手术的安全,在开颅切除癫痫病灶和肿瘤的过程中唤醒病人,定位肢体运动及语言功能定位,在保证最大程度切除病灶同时避免损伤关键功能结构。手术中直接电刺激(direct electrical stimulation, DES)仍然是实时研究结构-功能相关性最直接的手段。神经外科医生通过唤醒手术,可以研究皮层和皮层下神经网络。近期有研究报告指出:手术中采用DES发现语音和语言皮层和皮层下网络动态和空间分布,并由可代偿的基本节点和结构构成。这使神经外科医师能够在优化切除脑病灶的同时保护脑功能,也有独特的机会开展基础认知神经科学的研究^[7]。近年文献报道:采用DBS技术电刺激大脑深部结构-伏隔核(Nuttin, Sturm 和 Rasmussen),丘脑下脚(Jimenez)和后内侧下丘脑(Franzini, Broggi),可以改善强迫症(OCD)或抑郁症患者的生活。采用DBS技术电刺激也可改善持续性植物病人的状态。

脑机接口(brain-computer interface, BCI)是在人脑与计算机或其它电子设备之间建立直接的交流和控制通道,通过这种通道可以改善偏(截)瘫残



赵继宗院士为《科技导报》“2020全国科技工作者日专刊”题词

疾病人与外界交流或控制外部环境的能力。将刺激电极植入盲人的大脑视、听皮层传达视、听觉感知,可望改善病人的视觉和听觉。侵入式脑机接口系统需要通过手术在脑部植入芯片和电极辅助病人康复。脑机接口为康复医学开辟一条新路。

神经外科学直接面对人类病患大脑,脑网络外科使得在人脑最深或最困难的地方安全操作成为可能,也为脑认知研究打开一扇窗,为人脑认知功能定位与重塑提供直接证据。21世纪以生命科技为代表的第四次科技革命车轮滚滚向前。学科交叉,医理融合、医工融合是生命科技取得革命性突破的方向。作为一名临床医师,应积极投入到生命科学的临床研究,努力探索未知领域。只有不断的学习更多交叉学科的知识,勇攀医学高峰,才能不断推动临床医学前行造福于人类。

参考文献 (reference)

[1] Sakas D E, Email Panourias I G, Simpson B A. An introduction to neural networks surgery, a field of neuromodulation which is based on advances in neural networks science and digitised brain imaging[J]. Operative Neuromod-

ulation, 2007, doi: 10.1007/978-3-211-33081-4_1.

- [2] Henderson J M. “Connectomic surgery”: Diffusion tensor imaging (DTI) tractography as a targeting modality for surgical modulation of neural networks[J]. Front Integr Neurosci, 2012, doi: 10.3389/fnint.2012.00015.
- [3] Güngör A, Serhat B, Erik H. The white matter tracts of the cerebrum in ventricular surgery and hydrocephalus[J]. Journal of Neurosurgery, 2017, 126: 2–28.
- [4] Alexandra J. Advances and future directions in brain mapping in neurosurgery[J]. Neurosurg Focus, 2020, 48(2): E1.
- [5] Hart M G, Ypma R J, Romero-Garcia R, et al. Graph theory analysis of complex brain networks: New concepts in brain mapping applied to neurosurgery[J]. Journal of Neurosurgery, 2016, 124: 1665–1678.
- [6] Hart M G, Price S J, Suckling J. Functional connectivity networks for preoperative brain mapping in neurosurgery [J]. Journal of Neurosurgery, 2016, 26: 1–10.
- [7] Shervin R. Story of awake mapping and speech and language localization: From modules to networks[J]. Neurosurg Focus, 2019, 47(3): E4.

赵继宗

(2020年5月于北京)

(责任编辑 卫夏雯)