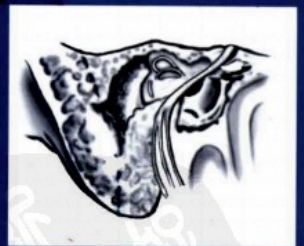
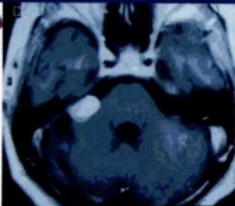
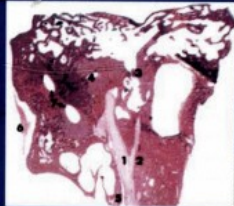


神经耳科及侧颅底外科学



主编 韩东一



科学出版社

www.sciencep.com

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

神经耳科及侧颅底外科学

主 编 韩东一

科学出版社

北 京



内 容 简 介

本书共两篇二十五章。第一篇为神经耳科学,介绍神经耳科学的解剖、生理及基础研究方法;神经耳科学的临床诊治,包括神经耳科学的临床症状、神经生理学诊断方法、神经放射学诊断方法、常见疾病,以及神经耳科学的耳神经内外科治疗与康复。第二篇为侧颅底外科学,介绍侧颅底的解剖、侧颅底手术方法的沿革、手术的组织重建、颞骨肿瘤和侧颅底肿瘤的伽马刀放射外科及其他放射外科、后组脑神经麻痹的康复以及侧颅底外科中脑神经的术中监测等。

本书全面、系统地介绍了神经耳科及侧颅底外科领域的最新学术成果,图文并茂,深入浅出,可供耳鼻咽喉-头颈外科,神经内、外科医生及相关研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

神经耳科及侧颅底外科学 / 韩东一主编. —北京:科学出版社,2008

ISBN 978-7-03-021710-3

I. 神… II. 韩… III. ①神经耳科学②颅-外科学 IV. R764.4 R651.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 056124 号

策划编辑:黄 敏 / 责任编辑:黄相刚 / 责任校对:钟 洋

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 8 月第一次印刷 印张:70 3/4 插页:1

印数:1—2 000 字数:1 654 000

定价:298.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

新华书店
PDG

《神经耳科及侧颅底外科学》编写人员

主 编 韩东一

副 主 编 (按姓氏笔画排序)

王秋菊 刘良发 杨仕明 吴子明

武文明 黄德亮 翟所强 戴 朴

编 者 (按姓氏笔画排序)

于 飞 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

于丽玫 中国聋儿康复中心

于黎明 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

马 林 解放军总医院放射科

王大君 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

王国建 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

王林杰 航天医学工程研究所

王荣光 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

王秋菊 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

王洪田 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

王嘉陵 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

方耀云 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

申卫东 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

冯 勃 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

巩若箴 山东省立医院

朱庆文 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

刘 军 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

刘 穹 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

刘良发 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

李为民 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

李华伟 上海复旦大学医学院附属五官科医院

李庆忠 上海复旦大学医学院附属五官科医院

李兴启 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

李宝民 解放军总医院神经外科

杨仕明 解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

吴子明	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
余新光	解放军总医院神经外科
邹艺辉	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
张 媛	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
张素珍	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
陈 雷	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
武文明	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
周其友	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
郑杰夫	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
孟祥贵	解放军总医院神经外科
赵 辉	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
郝 昕	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
袁 虎	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
袁永一	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
袁慧军	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
顾 瑞	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
郭明丽	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
黄冬雁	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
黄德亮	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
韩东一	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
韩维举	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
雷 磊	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
翟所强	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
裴静琛	航天医学工程研究所
冀 飞	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科
戴 朴	解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科

编写秘书	吴子明	王凌燕
绘 图	杨贵舫	

序 一

神经耳科学及侧颅底外科学作为新兴的边缘学科,是现代耳科学中最具生命力和发展前景的。神经耳科学研究与耳相关的听、平衡和耳神经的基础科学及临床的诊治与预防。侧颅底因为有许多重要的神经血管结构相毗邻,因而此区域许多病变以前都被认为是无法手术治疗,曾经只是一门由少数高度专业化的医疗中心才能胜任的极富危险性的专业学科。近年来,随着颅底显微解剖学、手术器械、影像学诊断技术、显微外科技术、脑神经监护技术、导航技术以及颅底修复重建技术等的发展,侧颅底外科成为最具挑战力和最有活力的新兴学科之一。

解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科仅就 10 年期间已完成耳神经及侧颅底病变的外科治疗达 2000 多例,成为国内治疗此类病例最多的单位之一,有些治疗水准已达到国际先进水平,积累了很多有价值的临床资料和临床经验。

目前,国内迫切需要较为全面反映这一领域新进展的书籍,以利这一领域医生的培养和提高。因此,该书的出版有迫切的临床需要。该书内容充实、资料丰富,很有参考价值,切合国内相关专业的医务工作者需要,特作此序,关注并推荐。

中国科学院院士

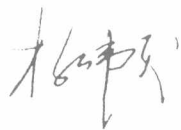


2008 年春于上海

序 二

神经耳科学是介于耳科学、神经内科学和眼科学之间的边缘学科,是现代耳科学中最具生命力和发展前景的一门学科。它研究与耳相关的听、前庭和耳神经的基础科学及临床的诊治与预防。其兴起与发展是由于该学科中所致疾病的高发生率、高危害性以及诊断、治疗的困难与可探索性。侧颅底病变位置深在,解剖关系复杂,涉及面广,手术难度大。随着影像学诊断技术和显微外科手术技术的不断发展,侧颅底病变的诊断、治疗也取得了很大进展。过去难以发现的疾病得以被及时发现,过去难以治疗之症得以治愈,手术禁区也不断被突破。我国在这方面的研究起步较晚,虽然许多手术已经施行,但成功率低,并发症发生率高,如何提高手术治愈率,保障患者术后生存质量已成为神经外科、耳鼻咽喉-头颈外科、口腔颌面外科以及应用解剖学等专科工作者努力的方向。神经耳科及侧颅底外科是衡量耳鼻咽喉-头颈外科水准的重要标志,近年发展非常迅速,越来越受到耳神经学科医师的重视。

这本《神经耳科及侧颅底外科学》包括神经耳科学的解剖、生理及基础研究方法,以及神经耳科学的临床诊治;侧颅底外科学则对内、外科治疗进行了深入的阐述。该书的编者有丰富的临床经验,在基础研究方面也有很深的造诣,同时广为汲取国内外先进的经验,全书内容充实,资料丰富,有很高的参考价值,可满足国内从事神经耳科及侧颅底外科临床医生和基础研究人员需要。



2008 年春于北京

序 三

在耳鼻咽喉-头颈外科蓬勃发展的历程中,神经耳科学及侧颅底外科学作为有代表性的交叉学科,像一朵绚丽的花朵装饰着学科发展五彩缤纷的春天,她体现了今天耳科学发展的活力,代表着明天的发展方向。颅底外科是以颅脑与眼、耳、鼻、咽部结构交界区域的解剖、生理和疾病为主要研究对象的一门三级学科,颅底病变的诊断、手术与康复治疗是其主要的研究内容。

神经耳科学主要研究与耳相关的听、前庭和耳神经的基础科学及临床的诊治与预防。该书就神经耳科学的解剖,听觉与前庭生理,病理机制及基础研究进行了全面的论述;也对神经耳科学的临床症状、诊断方法、常见疾病以及内外科治疗与康复进行全面、系统的阐述。侧颅底外科是颅底外科的一个分支和重要组成部分,它的范围包括在颅底下面沿眶下裂和岩枕裂各做一延长线,向内交角于鼻咽顶,向外分别指向颧骨和乳突后缘,两线之间的三角形区域。侧颅底外科主要涉及与侧颅底骨面相邻或穿入其骨面生长的所有良性或恶性肿瘤的治疗。该书就侧颅底的解剖学、手术方法的沿革、手术的组织重建、颅底肿瘤的放射治疗、后组脑神经麻痹的康复以及脑神经的术中监测等进行了详细的阐述。

韩东一教授是已故姜泗长院士的学生,继承并发展了姜院士的学术思想。韩教授重视科室人才梯队建设,临床与基础研究并举,并注重新方法、新技术的国内推广与国际交流,为该书的编写奠定了雄厚的基础。

这本《神经耳科及侧颅底外科学》推陈出新、图文并茂,结合了解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科自己的临床经验和国外在相关领域的新进展,为我国耳鼻咽喉-头颈外科医生提供了一本较好的参考书,也必将推动我国神经耳科学及侧颅底外科学的发展。

韩陆民

2008年春于北京

前 言

神经耳科及侧颅底外科是近几年发展迅速的一个分支学科,特别是曾一度被认为是手术禁区的侧颅底外科在近年发展尤为迅速。这些发展与影像诊断进步、手术器具的改进、术中监测技术应用以及手术进路的不断改进等有关。耳神经及侧颅底解剖结构复杂,该区域病变的外科手术难度高、风险大,常把对这一领域疾病的诊断及治疗作为衡量耳鼻咽喉-头颈外科水准的重要标志之一。本书集合了解放军总医院耳鼻咽喉-头颈外科的集体智慧,将其整理和提炼,并结合国内外有关资料,同时也邀请了国内相关领域的部分专家参与编写,为完成本专著奠定了雄厚的基础。

本书包括两篇:第一篇为神经耳科学,该部分首先介绍神经耳科学有关的解剖、生理及基础研究方法,分别对神经耳科有关的解剖学、听觉与前庭生理、病理机制及基础研究和神经耳科学分子生物学研究方法进行翔实、全面的论述;然后介绍神经耳科学的临床诊治,这一部分分别对神经耳科学相关的临床症状、神经耳科学相关的神经生理学诊断方法、神经耳科学相关的神经放射学诊断方法、神经耳科学相关的常见疾病、神经耳科的耳神经外科治疗以及神经耳科的耳神经内外科治疗与康复进行全面、系统的阐述。第二篇为侧颅底外科学,就侧颅底的解剖学、侧颅底手术方法的沿革、手术的组织重建、颞骨肿瘤、颅底肿瘤的伽马刀放射外科及其他放射外科、颅底肿瘤的放射治疗、后组脑神经麻痹的康复以及侧颅底外科中脑神经的术中监测进行了深入的阐述。

本书从基础到临床,涵盖了国内外的最新进展,不仅是耳鼻咽喉-头颈外科医生的有用教材,也可为相关学科如神经外科医生提供参考。

本书的编写得到王正敏院士、杨伟炎教授和韩德民教授的热情关心和指导,并为本书作序,在此表示诚挚的谢意。

因本书编者较多,各章文字风格有所不同;加之编者水平所限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

韩东一

2008年春于北京

目 录

第一篇 神经耳科学

第一章 神经耳科解剖学	(3)
第一节 人类脑干听觉系统	(3)
第二节 中枢前庭系统的解剖	(7)
第三节 中枢听觉系统的发育	(19)
第二章 听觉前庭生理学	(38)
第一节 耳和听觉神经系统生理	(38)
第二节 中枢听觉分辨的机制	(62)
第三节 前庭系统的生理	(67)
第三章 神经耳科学病理机制及基础研究	(100)
第一节 与神经耳科学相关的分子遗传学机制	(100)
第二节 内耳疾病的基因治疗	(134)
第三节 神经耳科疾病的基因诊断	(140)
第四节 哺乳动物内耳毛细胞再生的实验研究	(148)
第五节 基因芯片技术在耳蜗基因功能与耳聋基因诊断中的应用	(165)
第六节 搏动性耳鸣:诊断及治疗进展	(172)
第四章 神经耳科学临床症状	(193)
第一节 听力损失	(193)
第二节 前庭疾病的症状	(207)
第三节 耳鸣	(213)
第四节 耳痛	(222)
第五节 耳神经疾病在神经眼科的表现	(231)
第六节 耳石和半规管功能障碍	(239)
第五章 神经耳科学神经生理学诊断方法	(258)
第一节 静态姿势描记法	(258)
第二节 动态姿态平衡测试	(261)
第三节 前庭诱发的肌源性电位检查	(270)
第四节 眼震电图	(276)
第五节 听功能的客观检查	(285)
第六章 神经耳科学神经放射学诊断方法	(320)
第一节 小脑脑桥角影像学	(320)

第二节 侧颅底影像学·····	(329)
第三节 面神经影像学·····	(344)
第四节 诊断及治疗性脑血管造影·····	(358)
第五节 听皮层活动的功能成像·····	(377)
第七章 神经耳科学常见疾病·····	(394)
第一节 耳蜗性听力损失·····	(394)
第二节 老年性聋·····	(408)
第三节 梅尼埃病·····	(418)
第四节 自身免疫性感音神经性聋·····	(433)
第五节 听神经病·····	(439)
第六节 儿童眩晕·····	(447)
第七节 良性阵发性位置性眩晕·····	(452)
第八节 前庭神经炎·····	(461)
第九节 老年性眩晕·····	(466)
第十节 中枢听觉处理障碍的评估与治疗·····	(472)
第十一节 偏头痛·····	(486)
第十二节 发作性疾病·····	(494)
第十三节 颅内压增高·····	(501)
第十四节 血管压迫综合征·····	(508)
第十五节 颈部本体感受器障碍与颈性眩晕·····	(522)
第十六节 与头颈部肿瘤相关的副肿瘤综合征·····	(527)
第十七节 小脑脑桥角表皮样囊肿·····	(532)
第十八节 小脑脑桥角少见肿瘤·····	(539)
第十九节 颅后窝及颅底脑膜瘤·····	(555)
第二十节 颅后窝脑实质性肿瘤·····	(562)
第二十一节 颅后窝蛛网膜囊肿的耳神经学表现·····	(577)
第二十二节 中耳炎的面神经及颅内并发症·····	(580)
第二十三节 脑血管畸形·····	(593)
第二十四节 脑膜炎的耳科和神经耳科后遗症·····	(608)
第二十五节 大前庭水管综合征·····	(614)
第八章 神经耳科学的耳神经外科治疗·····	(644)
第一节 耳神经外科并发症·····	(644)
第二节 听神经瘤·····	(652)
第三节 听神经瘤手术中内镜的应用·····	(728)
第四节 前庭神经切断术·····	(731)
第五节 侧颅底外科中脑神经的术中监测·····	(739)
第九章 面神经疾病·····	(763)
第一节 面神经解剖及病理生理·····	(763)
第二节 面神经外科的概述·····	(785)

第三节	面神经的电生理检查·····	(789)
第四节	急性面神经麻痹·····	(796)
第五节	面神经肿瘤·····	(817)
第六节	医源性面神经损伤的预防及处理·····	(829)
第七节	面神经麻痹病人的康复及眼球保护·····	(842)
第八节	周围性面瘫的外科治疗·····	(848)
第十章	神经耳科学的耳神经内外科治疗与康复·····	(865)
第一节	前庭系统病的药物治疗·····	(865)
第二节	感音神经性聋的内科治疗·····	(867)
第三节	助听器及听觉辅助器件·····	(869)
第四节	植入式助听装置·····	(886)
第五节	人工耳蜗植入前及植入后评估·····	(898)
第六节	人工耳蜗植入技术·····	(910)
第七节	成人人工耳蜗植入·····	(918)
第八节	儿童人工耳蜗植入·····	(924)
第九节	人工耳蜗再次植入·····	(930)
第十节	听觉脑干植入·····	(933)
第十一节	前庭康复·····	(944)

第二篇 侧颅底外科学

第十一章	侧颅底的解剖学和有关手术径路·····	(963)
第十二章	颞骨恶性肿瘤切除术·····	(975)
第一节	颞骨恶性肿瘤及其治疗方法·····	(975)
第二节	颞骨恶性肿瘤外科手术术式·····	(977)
第三节	手术切除颞骨恶性肿瘤存在的问题·····	(982)
第十三章	侧颅底手术的有关问题·····	(984)
第十四章	颈静脉孔区肿瘤·····	(995)
第一节	颈静脉孔解剖·····	(995)
第二节	颈静脉孔区肿瘤的类型及症状·····	(996)
第三节	颈静脉球瘤·····	(996)
第四节	神经鞘瘤·····	(1003)
第五节	脑膜瘤·····	(1004)
第六节	颈静脉孔区其他肿瘤·····	(1005)
第十五章	斜坡及鞍旁间隙肿瘤处理·····	(1007)
第十六章	颞骨及颅底损伤·····	(1019)
第一节	解剖学、组织学及分类·····	(1019)
第二节	颞骨骨折的诊断·····	(1023)
第三节	颞骨损伤的并发症·····	(1025)
第十七章	颞部脑膨出·····	(1030)

第十八章	耳源性颅底骨髓炎	(1035)
第十九章	岩尖病变	(1044)
第二十章	颞骨弥漫性骨质病变	(1060)
第二十一章	颅脊椎连接异常	(1067)
第一节	颅脊椎连接区相关的外科解剖学	(1067)
第二节	先天性和获得性的颅脊椎连接异常	(1068)
第三节	颅脊椎连接区肿瘤	(1070)
第四节	颅脊椎连接的手术入路	(1074)
第二十二章	侧颅底及相关颅底区域肿瘤的立体定向放射外科治疗	(1079)
第一节	伽马刀治疗	(1079)
第二节	其他放射外科技术	(1083)
第二十三章	侧颅底及相关颅底区域放射治疗的并发症	(1086)
第二十四章	后组脑神经麻痹的康复	(1094)
第一节	吞咽	(1094)
第二节	耳神经颅底外科手术后的神经功能缺陷	(1095)
第三节	后组脑神经麻痹的评价	(1096)
第四节	后组脑神经麻痹的治疗	(1099)
第二十五章	侧颅底及相关颅底区域的软组织重建	(1107)
第一节	颅底外科简史	(1107)
第二节	颅底缺损的分类	(1108)
第三节	脑膜缺损修补	(1108)
第四节	软组织缺损修复	(1109)
第五节	带蒂转移肌皮瓣	(1110)
第六节	显微血管游离肌皮瓣	(1111)
第七节	组织瓣选择	(1114)
第八节	颅底外科展望	(1115)

第一篇

神经耳科学

第一章 神经耳科解剖学

第一节 人类脑干听觉系统

本章从几个与临床相关的视角论述了人类脑干听觉系统。共分为四个部分:首先,描述了人类独特的脑干听觉通路;其次,论述了脑干结构如何产生脑干诱发电位;第三,分析了脑干如何将来自耳蜗的信息进行分析和转换;最后,对目前所了解的由于听力下降导致的中枢退行性改变的类型和程度进行了探讨。

一、脑干地形图及蜗神经传导径路

人类脑干听觉通路起始于桥脑延髓接合处,由此,耳蜗神经分成两支进入脑干,终止于蜗神经核。自耳蜗至蜗核的神经纤维为听觉的第1级神经元,其胞体位于螺旋神经节。蜗神经核复合体由蜗神经背核和蜗神经腹核两部分组成。蜗神经背核为一扁平结构,在脑干背侧表面围绕下小脑脚,呈弯曲状;蜗神经腹核为一沿中小脑脚尾部的边缘向外侧延伸的致密结构。蜗神经腹核又分为蜗神经前腹核和蜗神经后腹核两部分。耳蜗神经进入蜗神经腹核的中心,它的轴突分支支配蜗神经背核和腹核。在脑干系统中,上橄榄复合体位于离蜗神经核不远的头(嘴)内侧。上橄榄内侧核是明显突起的板状核,而上橄榄外侧核则为小的、结构紧密的细胞群。橄榄体周围细胞包绕内侧核和外侧核,形成一个通过脑干嘴侧的约1cm的细胞柱。在脑桥外侧不再被中小脑脚包裹处,听觉通路向外侧展开变成平坦而表浅的轴突带,即外侧丘系。一些小细胞簇散在于外侧丘系内,这些小细胞簇是低级丘系核的遗迹。外侧丘系背核是发出外侧丘系背侧连合的独特细胞群。外侧丘系终止于下丘。下丘是一个大而不规则的球形核团,通过丘联合与对侧下丘连接。

既往通过对比研究显示,人和猫的听觉中枢大小相近,但是,由于人类脑干的总体积大,因此听觉中枢通路相对被拉长。通过对连续的数字化组织学切片进行计算机重建,可以对人类脑干听觉通路的长度进行精确测量。结果显示,在人类蜗神经腹核,神经元的轴突到达同侧上橄榄复合体的距离大约为10mm,到达对侧上橄榄复合体的距离大约为25mm,到达对侧外侧丘系上缘的距离大约为40mm,到达对侧下丘中心的距离大约为45mm。由此可见,人类脑干对一个瞬时刺激产生的反应是由动作电位波沿有髓鞘轴突传递4.5cm的距离构成。相比之下,猫从蜗神经中心到对侧下丘中心的总长度还不到2cm。

二、诱发电位的产生

听性脑干诱发反应(evoked auditory brainstem responses, EABR)被普遍认为是一群轴突同步放电的结果。因为人的耳蜗神经和脑干通路比其他动物长得多,因此无法应用动

物研究结果来分析人类脑干电位的起源。实际上,人的 EABR 各波起源与动物确有不同。研究发现,低等哺乳动物耳蜗神经只产生单一的波,而人类耳蜗神经产生两个 EABR 的早期电位,即 I 波和 II 波。通过手术中将线形电极直接放置在听神经上进行记录发现:I 波在耳蜗内产生,可能来自接触耳蜗毛细胞的周围神经的兴奋,II 波来自内听道平面的耳蜗神经。通过偶电极定位研究发现,产生于短声刺激后的动作电位波——II 波,在颞骨和硬膜内间隙之间传导。临床研究支持这一发现:一例伴有典型的脑干神经胶质增生的戈谢病(Gaucher's disease)患者,他的 EABR 的 I 波和 II 波存在,而所有的后续波消失。

手术中在人类脑干表面直接进行记录,发现 III、IV 和 V 波来源于脑干结构。当电极置于蜗神经核上,可以记录到与经头皮记录一致的 III 波。通过偶电极记录也得出同样的结论,即 III 波来自位于斜方体内的蜗神经核发出的轴突所产生的连续动作电位。临床研究也发现,低位脑干肿瘤或脱髓鞘病变可以影响或者使 III 波消失。

由于 IV 波和 V 波出现较晚,因此,可以假定两者是高位脑干电活动的反应。手术中将电极放置在脑桥背侧表面,可以记录到与头皮记录一致的 IV 波和 V 波,也支持上述假说。为了精确定位这两个波的起源,有人根据人类脑干传导通路的长度和 IV、V 波潜伏期之间的关联来推断轴突传导速率。当假设 IV 波和 V 波来自受刺激耳对侧的上橄榄复合体时,可以得到与已知的第 VIII 脑神经轴突传导速率最匹配的结果。下丘遭到破坏性病变之后,IV 波和 V 波仍存在,也说明这两个波来自橄榄复合体平面,而不在更高位的脑干。

脑干听觉系统由两条平行而独立的路径组成。一方面,许多轴突离开蜗神经核后直接到达对侧下丘,当它们经过斜方体和外侧丘系时不发生任何突触联系。另一方面,一些到达下丘的通路在经过中间脑干核(如橄榄体内、外侧核和橄榄旁细胞群)时发生突触联系。有人猜想,IV 波和 V 波的潜伏期非常接近的原因是由于相互平行的无突触和有单一突触联系的传导通道之间产生了电活动。通过一个突触联合时,动作电位波延迟大约 0.7 毫秒,这一时间恰是 IV 波和 V 波潜伏期的距离差。通过在蜗神经核上植入听觉脑干装置后记录的 EABR 结果,也支持 IV 波和 V 波来自 EABR 的平行的传导通路。由于肿瘤切除以后,第 VIII 脑神经的连续性被打断,因此,外周产生的 EABR 消失,电刺激直接作用在蜗神经核上。这种脱离蜗神经核的直接的轴突活动,避开了耳蜗的机械动力学的作用,以及在毛细胞平面的突触和在蜗神经核内的突触,所有这些在正常情况下都发生在 III 波之前。在记录声诱发的 ABR 时,可以认知的波峰在时间上与 ABR 的 III、IV 和 V 波相符。如果刺激率从 100 次/秒增加到 200 次/秒,IV 波的波峰不改变,而 V 波的波峰迅速衰减,说明这两个波峰是由不同径路产生的,而不是由同一径路上相连的两个结构产生的。另外,由于 V 波的产生包含突触连接,因此,具有频率敏感性。

三、脑干信息处理

(一) 蜗神经核

耳蜗的活动只有通过听神经来表达。听神经在进入蜗神经腹核中心时,开始分为升支和降支,升支进入蜗神经前腹核,降支进入后腹核并继续向后进入背核;腹核的神经支配密集,而背核的突触末梢则非常稀疏。蜗神经核的不同区域内,分布的神经元类型亦不同,其