

耳组织学

HISTOLOGY OF THE EAR

主 编 / 孙建和 杨仕明



人民军医出版社
PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

耳组织学

Histology of the Ear

主 编 孙建和 杨仕明

副主编 郭维维 徐金操 袁 伟

编 者 (以姓氏笔画为序)

于 宁 解放军总医院耳鼻咽喉研究所
王海霞 福建中医药大学附属省人民医院耳鼻喉科
邓安春 第三军医大学新桥医院耳鼻咽喉科
冯 勃 解放军总医院耳鼻咽喉头颈外科
刘慧占 解放军总医院耳鼻咽喉研究所
孙建和 解放军总医院耳鼻咽喉研究所
李 利 连云港市第一人民医院耳鼻咽喉科
李 琦 第三军医大学南方医院耳鼻咽喉头颈外科
李丽贤 厦门中医院耳鼻咽喉头颈外科
杨仕明 解放军总医院耳鼻咽喉头颈外科
张 岩 吉林大学白求恩第一医院耳鼻咽喉头颈外科
张延平 中国人民解放军第 309 医院耳鼻咽喉科
林 琳 中国医学科学院整形外科医院整形 7 科
侯 赞 兰州大学第一医院耳鼻咽喉头颈外科
袁 伟 第三军医大学西南医院耳鼻咽喉头颈外科
郭维维 解放军总医院耳鼻咽喉研究所
徐金操 解放军第二炮兵总医院耳鼻咽喉科
谭祖林 解放军空军总医院耳鼻咽喉科



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

耳组织学/孙建和,杨仕明主编. —北京:人民军医出版社,2015.2

ISBN 978-7-5091-7813-3

I. ①耳… II. ①孙… ②杨… III. ①耳—人体组织学 IV. ①R322.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 306976 号

策划编辑:杨磊石 文字编辑:黄栩兵 责任审读:杨磊石

出版发行:人民军医出版社

经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱

邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927292

网址:www.pmmp.com.cn

印刷:北京天宇星印刷厂

装订:胜宏达印装有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:22·彩页 12 面 字数:548 千字

版、印次:2015 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

印数:0001—2800

定价:118.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

内容提要

编者以耳组织学为主题,从细胞、亚微、超微和分子水平,分 30 章详细阐述了耳各部分组织结构、形态、成分及相应的生理功能,重点介绍了外耳、中耳的鼓室、咽鼓管及耳蜗的组织结构、血管分布和神经支配,耳蜗迷路、螺旋器,耳蜗细胞骨架结构和生物化学成分,外毛细胞动力蛋白、神经递质、膜性结构、液体腔隙及听觉感受机制,前庭迷路、位觉斑、位觉砂、壶腹嵴及前庭血管分布、神经支配、内淋巴管和内淋巴囊的组织结构;并介绍了近年来国内外在耳发育方面的最新研究成果及耳组织相关研究技术。本书描述精准,图文并茂,理论性、实践性、指导性强,是耳科医师、研究生、相关技术人员和研究人员开展耳科基础研究和临床研究的重要读物。

前言

随着科学技术的发展和进步,各个学科迅猛发展,科研成果层出不穷,近几十年来在耳科领域取得了很大进步。因此,我们结合自己的工作经验和科研成果,总结和吸收国内外耳科领域先进的科学技术和科研成果,以人耳各个部分组织学系统描述为基础,结合动物实验观察,尤其是进行噪声、耳毒性药物和遗传性聋动物实验等研究,积累了大量有关人、豚鼠、大鼠、小鼠、灰鼠、猴、猪、狗、猫、兔、蝙蝠、鸡等耳的解剖、组织、细胞、亚细胞和细胞超微结构,以及分子生物学方面的资料。通过对耳各部分的组织结构全面、系统、详细地阐述,使我们在认识 and 了解耳的组织结构和功能方面积累了丰富的知识。

近年来,各种医学出版物大量出版发行,但利用国内材料编著耳组织学专著尚属首次。因此,为编著本书,我们与许多医学科技人员共同努力,花费了多年的精力,终于完成了。本书汇集了国内几十年来的耳科科研成果,这些资料对医学生,研究生,解剖学、组织学和耳鼻咽喉科专业人员具有重要的参考价值。

本书以耳组织学为起点,从细胞、亚微、超微和分子水平阐述耳的各部分组织结构、形态、成分和相应的生理功能,《耳组织学》分为30章,第1章介绍国内外耳组织形态学研究概况、内容与方法。第2至4章介绍外耳、鼓室、咽鼓管及中耳的血管和神经支配等组织结构,这部分的组织结构涵盖上皮组织、结缔组织、肌组织和神经组织四大组织的基本特征。第5至14章描述耳蜗各个部分的组织结构、血管和神经支配。特别详细地描述了耳蜗迷路、螺旋器,耳蜗细胞骨架结构和蛋白成分,重点描述了外毛细胞动力蛋白,耳蜗的神经支配,耳蜗的神经递质,耳蜗的血管分布,耳蜗膜性结构及耳蜗的液体腔隙。提出了听觉感受声音的结构机制和新的听觉理论供学术讨论。第15至20章叙述前庭迷路,前庭器官位觉斑,位觉砂,壶腹嵴,前庭的血管和神经支配,并详细地描述了内淋巴管和内淋巴囊的组织结构。以上耳蜗和前庭组织的结构以上皮组织、结缔组织和神经组织为主,均不含肌组织。第21至24章展示耳组织的发育,详细介绍近几年来国内外在耳发育方面的研究成果。第25至30章较为详细地介绍耳组织的研究技术,为耳科医师、研究生、技术人员和研究人员提供耳组织的研究技术,便于提高和发展。

由于我们的工作经验和水平有限,加之耳的组织解剖结构复杂,在编写方面难免有不当之处,错误在所难免,敬请各位同行提出宝贵意见。

中国人民解放军总医院 孙建和 杨仕明

2014年3月18日

目 录

第 1 章 总论	(1)
第一节 耳组织形态学研究概况	(1)
一、国外研究概况	(1)
二、我国研究概况	(3)
第二节 组织学研究内容与方法	(5)
一、研究内容	(5)
二、研究方法	(6)
第 2 章 外耳和鼓室	(8)
第一节 外耳	(8)
一、耳廓	(8)
二、外耳道	(9)
三、鼓膜	(10)
第二节 鼓室	(11)
一、听小骨	(12)
二、鼓室横纹肌	(12)
三、圆窗膜	(13)
四、鼓室和乳突气房	(14)
五、鼓室黏膜	(14)
六、水通道蛋白在中耳腔的表达	(15)
第 3 章 咽鼓管	(17)
一、解剖特点	(17)
二、发育特点	(18)
三、表面活性样物质板层体	(19)
四、生理功能	(20)
第 4 章 中耳血管分布和神经支配	(24)
第一节 血管分布	(24)
一、动脉系统	(24)
二、静脉系统	(26)
第二节 神经支配	(27)
一、感觉神经	(27)
二、面神经	(29)

第5章 耳蜗	(37)
一、解剖特点	(37)
二、耳蜗迷路	(40)
第6章 螺旋器	(42)
第一节 概述	(42)
一、螺旋器大体结构特征与功能	(42)
二、螺旋器精细结构特征与功能	(43)
第二节 感觉细胞静纤毛	(44)
一、数量及排列	(45)
二、静纤毛间连接	(46)
三、静纤毛运动的物质基础	(47)
第三节 感觉细胞	(48)
一、内毛细胞	(48)
二、外毛细胞	(49)
第四节 支持细胞	(52)
一、细胞质内含有微丝的支持细胞	(52)
二、细胞质内不含微丝的支持细胞	(55)
第五节 细胞间连接	(58)
一、紧密连接	(58)
二、粘连连接	(59)
三、桥粒连接	(59)
四、缝隙连接	(59)
第六节 网状板	(60)
第7章 耳蜗细胞骨架结构和蛋白成分	(63)
第一节 感觉毛细胞骨架结构和蛋白成分	(63)
一、肌动蛋白及其结合蛋白	(63)
二、微管蛋白及其结合蛋白	(64)
三、钙结合蛋白与钙依赖性调节蛋白	(65)
四、prestin 蛋白	(65)
第二节 支持细胞骨架结构和蛋白成分	(66)
一、肌动蛋白及其结合蛋白	(66)
二、微管蛋白及其结合蛋白	(66)
三、中间微丝	(66)
四、钙结合蛋白	(67)
五、缝隙连接蛋白	(67)
六、紧密连接复合体	(67)
第三节 其他蛋白成分	(67)
一、细胞外基质蛋白	(67)

二、通道蛋白	(68)
第 8 章 外毛细胞动力蛋白	(72)
一、结构特点	(72)
二、分布特点	(72)
第 9 章 支配耳蜗的神经	(77)
第一节 支配耳蜗神经的特点	(78)
一、传入神经纤维	(78)
二、传出神经纤维	(80)
三、螺旋神经节	(80)
四、交感神经	(82)
第二节 听觉神经中枢通路	(82)
一、听觉传入通路	(82)
二、听觉传出通路	(86)
第三节 内毛细胞的神经支配	(87)
一、I 型传入神经纤维和 I 型螺旋神经节细胞	(87)
二、内毛细胞传出神经纤维分布	(88)
第四节 外毛细胞神经支配	(90)
一、II 型传入神经纤维和 II 型螺旋神经节细胞	(90)
二、外毛细胞传出神经分布	(91)
三、外毛细胞神经末梢突触相互联系	(93)
第五节 耳蜗的交感神经支配	(93)
第 10 章 耳蜗的神经递质	(96)
第一节 耳蜗传入神经突触的递质	(97)
一、毛细胞神经递质的认定	(97)
二、谷氨酸假说	(98)
三、耳蜗内谷氨酸的分布	(98)
四、耳蜗谷氨酸受体的类型	(98)
五、谷氨酸的释放	(101)
六、谷氨酸物质的失活和补充	(101)
七、耳蜗谷氨酸-谷氨酰胺循环	(102)
第二节 耳蜗传出神经突触的递质	(103)
一、乙酰胆碱	(103)
二、 γ -氨基丁酸	(106)
三、多巴胺	(107)
四、脑啡肽	(108)
五、强啡肽	(109)
六、钙调素基因相关肽	(110)
[附] 部分与交感神经有关的物质	(110)

第 11 章 耳蜗血供	(112)
第一节 内耳血管	(112)
一、动脉系统	(112)
二、静脉系统	(114)
第二节 耳蜗血管解剖分区	(115)
一、耳蜗血供和血管	(115)
二、耳蜗蜗轴大的血管	(115)
三、毛细血管床	(116)
四、离子运输专用血管区	(117)
第三节 螺旋韧带和螺旋凸	(117)
一、细胞排列特点	(117)
二、成纤维细胞及其解剖分区	(118)
三、专门运输离子的纤维细胞	(119)
第四节 血管纹	(119)
一、边缘细胞	(120)
二、中间细胞	(121)
三、基底细胞	(121)
第 12 章 耳蜗膜性结构	(124)
第一节 前庭膜	(124)
一、结构特点	(124)
二、重要酶分布	(126)
三、主要功能	(127)
第二节 盖膜	(129)
一、结构特点	(129)
二、纤维类型	(132)
三、盖膜下间隙	(132)
四、主要生物化学成分	(133)
五、生理功能	(133)
第三节 基底膜	(134)
一、结构特点	(135)
二、基膜长度和宽度	(137)
三、主要功能	(138)
[附] 耳蜗膜性结构功能的相互关系	(138)
第 13 章 耳蜗液体腔隙结构特点及其液体与功能	(140)
第一节 液体腔隙结构特点	(140)
一、前庭阶	(140)
二、鼓阶	(140)
三、膜蜗管	(140)

四、Corti 隧道	(141)
五、Nuel 间隙	(142)
六、外隧道	(142)
第二节 耳蜗腔隙液体与主要生理功能	(144)
一、腔隙液体	(144)
二、主要生理功能	(146)
第 14 章 听觉功能	(148)
第一节 既往学术思想	(148)
一、Helmholtz 共振学说	(148)
二、盖膜共振学说	(150)
三、频率学说	(151)
四、行波学说	(151)
五、频率-部位学说	(152)
六、电池学说	(152)
七、双元感觉理论	(152)
八、耳蜗放大器学说	(152)
九、排放学说	(152)
第二节 新的学说思想	(153)
一、滤波学说	(153)
二、膜电位学说	(154)
三、电话学说	(155)
第三节 听觉的神经传导及其中枢识别	(156)
第 15 章 前庭感受器及其功能	(159)
一、前庭感受器	(159)
二、前庭功能	(162)
第 16 章 位觉斑	(165)
一、椭圆囊和椭圆囊斑	(165)
二、球囊和球囊斑	(166)
三、感觉上皮构造	(166)
四、位觉斑感觉毛细胞	(167)
五、位觉斑支持细胞	(168)
六、微纹	(169)
七、耳石膜	(170)
八、位觉斑移行上皮	(171)
九、前庭暗细胞	(171)
十、椭圆囊和球囊壁细胞	(171)
第 17 章 位觉砂	(174)
一、主要成分和形态	(174)

二、耳石的形成和吸收	(175)
三、耳石再生	(176)
四、耳石的功能	(179)
第 18 章 壶腹嵴	(182)
一、形态特点	(182)
二、十字隆突	(182)
三、壶腹嵴感觉上皮	(183)
四、壶腹嵴支持细胞	(184)
五、终帽	(185)
六、半月面	(185)
七、壶腹嵴移行上皮	(186)
八、半规管壁细胞	(187)
九、副嵴	(188)
[附] 前庭研究进展概要	(188)
第 19 章 前庭血管和神经	(191)
一、前庭血管	(191)
二、前庭神经	(192)
第 20 章 内淋巴管和内淋巴囊	(197)
第一节 概述	(197)
一、结构特点	(197)
二、主要功能	(198)
第二节 豚鼠内淋巴管和内淋巴囊	(199)
一、内淋巴管	(199)
二、内淋巴囊	(199)
第三节 小鼠内淋巴管和内淋巴囊	(201)
一、近端部	(201)
二、中间部或多皱褶部	(202)
三、远端部	(203)
第四节 人内淋巴管和内淋巴囊	(204)
一、研究概况	(204)
二、结构特点	(204)
三、内耳液体微循环理论	(205)
第五节 水通道蛋白	(206)
一、发现和命名	(206)
二、分型及其在内耳的表达	(206)
三、各种组织分布及亚细胞定位比较	(209)
四、内淋巴囊液体调节机制	(211)
第 21 章 耳组织起源和形态发生	(215)

第一节 概述	(215)
一、细胞分化	(215)
二、组织类型	(215)
三、细胞分类	(216)
第二节 耳组织起源	(216)
一、无脊椎动物	(216)
二、脊椎动物	(217)
第三节 耳的形态发生	(219)
一、鳃器的发生与演变	(219)
二、外耳形态	(220)
三、中耳形态发生	(222)
四、内耳形态发生	(222)
第 22 章 耳的发育	(224)
第一节 耳囊感觉斑的形成	(224)
一、前庭和耳蜗形成期	(224)
二、感觉细胞分化期	(224)
三、内耳发育时程	(225)
第二节 耳蜗血管纹的发育	(227)
第三节 毛细胞和支持细胞的发育	(227)
一、产生时间	(228)
二、基因调控作用	(230)
第四节 前庭发育及其调控因子	(234)
第 23 章 毛细胞和支持细胞的发育机制	(239)
第一节 概述	(239)
一、耳囊来源细胞的演变	(239)
二、毛细胞和支持细胞的产生	(240)
第二节 基因调控作用	(240)
一、参与感觉前体细胞增殖期调控的主要基因	(241)
二、参与毛细胞分化调控的主要基因	(242)
三、参与支持细胞形成调节的主要基因	(245)
第三节 毛细胞纤毛的发育	(245)
一、小鸡基底乳头纤毛的发育	(246)
二、哺乳动物耳蜗纤毛发育	(247)
三、前庭系统纤毛发育	(247)
四、纤毛束极性的产生	(248)
五、纤毛间的连接	(248)
第四节 影响毛细胞纤毛发育的因素	(248)
一、影响动纤毛发育的基因	(248)

二、影响纤毛连接发育的基因	(249)
三、影响纤毛极性的因素	(250)
第 24 章 大鼠耳蜗毛细胞的发育	(255)
第一节 出生后不同时期螺旋器毛细胞形态和静纤毛排列	(255)
一、出生后第 1 天	(255)
二、出生后第 7 天	(257)
三、出生后第 14 天	(257)
四、出生后第 21 天	(258)
第二节 出生后第 1 天螺旋器离体培养不同时间毛细胞形态和静纤毛排列	(261)
一、培养 4d 后	(261)
二、培养 7d 后	(261)
三、培养 9d 后	(262)
四、培养 14d 后	(262)
第三节 影响内耳发育的因素	(263)
第 25 章 豚鼠内耳标本火棉胶制片技术	(266)
一、标本采取和固定	(266)
二、脱钙	(267)
三、脱水和去汞盐处理	(267)
四、浸胶包埋	(268)
五、切片	(268)
六、染色和封固	(271)
第 26 章 内耳 Tissue-Tek OCT 包埋恒低温切片技术	(273)
一、概述	(273)
二、操作步骤	(274)
三、切片染色和结果	(275)
四、操作要点	(279)
第 27 章 内耳显微解剖和铺片技术	(281)
一、内耳显微解剖和铺片技术	(281)
二、戊二醛、锇酸双重固定染色法	(282)
三、螺旋器毛细胞 DNA 分布 Feulgen 反应技术	(283)
四、毛细胞静纤毛硝酸银染色技术	(284)
五、耳蜗内外毛细胞琥珀酸脱氢酶染色技术	(284)
六、耳蜗传出神经乙酰胆碱酯酶亚铁氰化铜染色技术	(286)
七、内耳组织荧光染色技术	(287)
八、耳蜗毛细胞凋亡碘化丙啉和鬼笔环肽联合染色技术	(288)
第 28 章 内耳扫描电镜样本制备技术	(291)
一、一般原理及主要特征	(291)
二、标本制备操作程序	(292)

三、样本制备要求	(292)
四、基本操作方法	(292)
五、应用注意事项	(299)
第 29 章 透射电镜内耳样本制备技术	(302)
一、一般程序	(302)
二、具体操作步骤	(303)
第 30 章 免疫电镜内耳组织样本制备技术	(310)
一、基本原理	(310)
二、兔抗水通道蛋白 1 染色步骤	(311)
三、谷氨酸免疫组织化学染色步骤	(314)
英汉词汇对照表	(318)
彩图	(339)

组织胚胎学属于生物学范畴,是一门医学基础学科,组织胚胎学实际上包括组织学(histology)和胚胎学(embryology)两门科学,组织学研究人体的微细结构及其功能关系,胚胎学研究人体的发生。

近几十年来,国外耳组织学研究取得了长足的进步,为深入开展耳科基础和临床研究,特别是为许多临床应用技术的研究和开发提供了理论根据和实践经验。在这些方面,我国毫不逊色,同样取得了令人赞叹的成就。

第一节 耳组织形态学研究概况

一、国外研究概况

长时间以来,耳组织和解剖学研究一直落后于其他的感觉系统研究,其原因是内耳组织结构复杂,检查技术比较困难。又因为内耳是悬浮在机体骨质包裹的液体内的组织。因此,研究和观察内耳组织需要专门的技术:①将整个耳蜗组织解剖出来,制备螺旋器/基底膜复合体铺片,即通常所说的耳蜗铺片(surface preparation);②整个耳蜗辐射状切片。

(一)螺旋器形态研究

听觉感受器官为螺旋器(spiral organ),又称为 Corti 器或柯蒂器(organ of Corti),是由 Alphonse Corti 首先用耳蜗铺片和切片描述了这个器官。他绘制的图片尽管有死后自溶的人为假象,但是,确实提供了许多膜迷路结构的重要细节,以后人们以他的名字命名这个器官为 Corti 器。

Corti 的工作激发了其他科技和研究人员的兴趣及进一步的研究和探索工作,包括 Resner, Deiters, Böettcher, Claudius, Hensen, 特别是 Retzius, 他们都提供了螺旋器精美的细节图片。相比较而言, Retzius 提供的螺旋器结构图片更加精细,与用现代技术所获得的螺旋器显微图片没有什么差别。

(二)耳蜗显微解剖和铺片技术研究

Corti 于 1851 年发表了“哺乳动物耳器官的研究”一文。主要工作是对猫和狗耳蜗的 Corti 器观察,因为当时获得和保存新鲜人的耳蜗标本非常困难,由于变性自溶,人耳蜗螺旋神经节根本没有办法识别。他用的组织学技术是显微解剖(microdissection)和耳蜗铺片技术。

30 年后, Retzius 在他 1884 年出版的具有里程碑的“*Das Gehörorgan der Wirbelthiere*”著作中非常精确地描述了人的螺旋器。结合耳蜗切片和耳蜗铺片技术, Retzius 描述了人耳蜗

支持细胞和感觉细胞的不规则形貌,以及一些重要的结构细节。他还描述了基底膜的长度和内、外毛细胞数目的定量资料。

19 世纪早期,人内耳的形态学研究主要是用石蜡或火棉胶包埋连续切片的材料进行的。在欧洲和美国收集了大量的人颞骨连续切片,19 世纪 30 年代早期,Guild 建立和采用了人颞骨连续切片耳蜗描摹翻造法(method of cochlear graphic reconstruction from serial section in the human temporal bones),后来由 Schuknecht 进一步改进制片技术,并撰写了一些有关欧洲和美国颞骨收集和研究方面非常全面的综述性文章,先后出版了两版“*Pathology of the Ear*”,人颞骨病理形态学的研究得到了很大的发展,对耳科临床的诊断和治疗起到了推动作用。

20 世纪 50 年代和 60 年代早期,由于显微技术的发展和兴起,Bredberg 和 Hawkins 将耳蜗铺片技术应用人耳蜗的研究,获得了许多人耳蜗铺片的表面结构信息。

(三)内耳超微结构研究

Spoendlin 应用猫耳蜗建立的“耳蜗表面包埋块方法”(block-surface method),在光镜和透射电镜之间搭起了一座技术桥梁,随后在人耳蜗病理形态学的研究方面也发挥了很大作用。用塑料包埋后的耳蜗,使用这种技术不丢失耳蜗中的结构,可以研究整个蜗管、蜗轴和螺旋神经节,可以进行内、外毛细胞计数和绘制耳蜗细胞图,可以选择在立体显微镜或相差显微镜低倍下发现的病理变化区域,并按要求进行定位切片,进一步用于透射电镜的超薄切片,在电镜下观察内耳的超微结构变化。

1969 年以来,Lim 根据铺片技术制备的标本借助扫描电镜观察技术进行超微结构观察,使用这种技术在低倍下可以扫描整个耳蜗,一旦发现感兴趣的区域就可以对其放大,在较高倍的放大倍数下观察内、外毛细胞的静纤毛及其相应的各种内耳病理变化。

Smith C. A. 和 Vernon J. A. 编著的 *Handbook of Auditory and Vestibular Research Methods* 不单单详细系统地介绍了耳组织解剖、耳组织光镜和电子显微镜标本的制备和观察技术,还系统全面地描述了耳的生理、组织化学和生物化学实验技术,为人类进行耳组织研究提供技术和理论支持。

第二次世界大战以后,在 20 世纪 50 年代早期,Engström & Wersäll 首先应用透射电子显微镜对内耳进行了观察。随后,一些研究者相继开展了内耳超微结构方面的研究。1964 年,Kimura 应用透射电镜观察技术描述了人螺旋器的超微结构,也提供了尸检后人耳蜗组织良好的图像。透射电镜是在细胞和超微结构水平上研究人耳组织病理学的强有力的工具,因为透射电镜可以直接地给出比光镜分辨率高出数百倍的生物材料的图片资料。但是,一个超薄切片内所包含的细胞物质与整个组织细胞体积相比较要小得多,一张单个的图片并不能代表任何细胞类型的整个结构,几十张图片也不能代表整个耳蜗和螺旋器不同部位的病理变化,因此,应该广泛地取材,尽可能多地观察才能避免不必要的误解,获得全面完整的内耳形态学信息。

扫描电镜(scanning electron microscope, SEM)观察分析后的标本也可以用于透射电镜(transmission electron microscope, TEM)进一步观察。主要是在 SEM 下观察到的感兴趣的耳蜗和前庭区域,需要进一步观察毛细胞和静纤毛的内部结构时可以采用这样的方法,但是,由 SEM 观察后的样品再用于 TEM 观察时,所获得的超微结构图像不如直接取材制备的 TEM 样品所获得的超微结构图像质量高。不过这两种技术结合应用确实可以同时获得耳蜗

表面和内部的超微结构信息。

在此期间,还建立了一些更为复杂的技术用于耳蜗形态学研究。Bagger Sjöbäck 建立了冷冻断裂技术,Anniko 建立了显微探针分析技术,Veldman 和 Huizing 建立了免疫组织化学技术等。

Imrich Friedmann 和 John Ballantye 编著了内耳超微结构图谱 *Ultrastructural Atlas of the Inner Ear*, Harada Y. 编著了 *Atlas of the Ear by Scanning Electron Microscopy*。Peter Dallos 等编著了 *The Cochlea*, Ruth Anne Eatock 等编著了 *Vertebrate Hair Cells* 等专著。这些专著都详尽系统地描述了人和动物耳的显微和超微结构及与听觉功能的关系,是非常有参考价值的书籍。

二、我国研究概况

(一) 颞骨组织结构研究

近 50 年来,我国耳形态学研究取得了长足的发展。1950 年,姜泗长教授在国内率先开展了人颞骨病理研究,制作了国内第一套火棉胶包埋颞骨切片以来,经过不懈的努力,建成了资料完整的人类颞骨库,收集人颞骨 500 多副,制成颞骨连续切片 600 多套;完成了各种耳解剖和组织学的观察,还重点研究了 Mondini 先天性内耳畸形、白血病、迷路炎、颞骨转移癌、听神经瘤、脑血管意外、星形细胞瘤、耳硬化症、粘连性中耳炎等疾病的颞骨病理变化。方耀云等进行了老年前期和老年期高血压动脉硬化内耳血管图像分析和耳蜗微循环的观察,研究了老年性聋、内听道血管以及人螺旋神经节脂褐素分布和年龄之间的关系。姜泗长教授主持制作了国人颞骨组织病理幻灯片,相继出版了《耳鼻咽喉科实验技术》《耳组织学及相关方法学》《头颈解剖及颞骨外科》和《耳解剖学与颞骨组织病理学》。尤其是《耳解剖学与颞骨组织病理学》系统地介绍了耳发生学、解剖学、组织病理学、颞骨手术训练和人颞骨多种疾病及耳与颞骨的研究方法、耳聋动物实验、光镜、电镜、组化、免疫组化、计算机图像分析在耳形态学上的应用,使耳形态学由定性发展到定量,为耳科学及颞骨组织病理学的医疗、教学和科研奠定了基础。

(二) 听小骨研究

田钟瑞等(1979)测量了 100 套听小骨,锤骨平均重量为 21.82mg,砧骨为 24.63mg,镫骨为 3.07mg。锤骨平均长度为 7.96mm,锤骨头长度为 4.15mm,锤骨柄长度为 4.72mm。砧骨平均长度为 6.99mm,由关节面至短突平均长度为 5.16mm,体的平均厚度为 2.13mm。镫骨平均高度为 3.43mm,头至前脚与足板相接处为 2.92mm,头至后脚与足板相接处为 2.92mm。随后周其炽(1980)对 85 具锤骨、79 具砧骨、55 具镫骨进行了测量。纪平等(1982)测量了胎儿的听小骨。这些测量都为临床手术提供了可靠的数据。

(三) 耳蜗研究技术的引进和发展

20 世纪 70 年代,戴淑宏等将耳蜗铺片技术用于耳聋防治研究工作中,并于 1981 年在国内介绍了全耳蜗铺片技术,相继获得了豚鼠耳蜗基底膜长度和毛细胞数目的一些数据,使国内耳形态学研究增加了新的研究手段。随后,丁大连先后举办各种耳蜗研究技术学习班,并出版了《豚鼠内耳解剖检验技术手册》《内耳形态学》和《内耳科学》,推动了我国耳形态学技术和理论的普及和发展。

(四) 豚鼠耳蜗基底膜长度和毛细胞计数研究

曾一同等用豚鼠耳蜗标本,按照火棉胶切片方法制备耳蜗连续切片标本,每片厚 20 μ m,