

主 编 于立身
副主编 陈太生
于 刚
谢溯江

前庭功能检查技术

QIANTINGGONGNENG
JIANCHA JISHU

第2版
第1次印刷

前庭功能检查技术

主编 王树强 副主编 王树强 王树强 王树强
王树强 王树强 王树强 王树强

人民卫生出版社

前庭功能检查技术

主 编 于立身

副主编 陈太生 于 刚 谢溯江

编 者 (以编写章节先后为序)

于立身 (空军航空医学研究所)

陈太生 (天津市第一中心医院)

肖瑞春 (北京市同仁医院)

殷善开 (上海交通大学附属第六人民医院)

林 鹏 (天津市第一中心医院)

董 红 (天津市第一中心医院)

孙士平 (山东省淄博市中心医院)

王 娜 (北京老年病医院)

谢溯江 (空军航空医学研究所)

于 刚 (山东省立医院)

王志斌 (第二军医大学药学院)

李真真 (第二军医大学药学院)

审 校 刘童军

第四军医大学出版社·西安

图书在版编目 (CIP) 数据

前庭功能检查技术/于立身主编. —西安: 第四军医大学出版社, 2013. 1

ISBN 978 - 7 - 5662 - 0310 - 6

①前… II. ①于… III. ①前庭试验 IV. ①R770. 42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 017768 号

qiantinggongnengjianchajishu

前庭功能检查技术

出版人: 富 明 责任编辑: 土丽艳 朱德强

出版发行: 第四军医大学出版社

地址: 西安市长乐西路 17 号 邮编: 710032

电话: 029 - 84776765 传真: 029 - 84776764

网址: <http://press.fmmu.sn.cn>

制版: 新纪元文化传播

印刷: 陕西天意印务有限责任公司

版次: 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 50 字数: 1100 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 5662 - 0310 - 6/R · 1171

定价: 260.00 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

前 言

《前庭功能检查技术》一书曾于1994年由人民军医出版社出版，笔者曾在前言中预测，“可以展望，前庭学在我国正在进入一个大发展时期”，可喜的是，17年后我国前庭学研究从基础到临床已经全面展开。

十几年来，前庭学发生了很大变化，已经成为人体空间定向、人体平衡、眩晕等领域不可缺少的研究基础。视频眼震图（videonystagmography, VNG）的问世和得到迅速、广泛应用，前庭神经系统的七条神经通路和三级控制中枢的确认，前庭神经系统频率特性的认定和相应检查技术的发展，前庭诱发肌源性电位和动态平衡仪的临床广泛应用等为临床眩晕病症诊治取得新进展提供了有力支持。

本书在1994年版的基础上对国内外十几年来对各种前庭功能检查，特别是新的检查技术和方法临床应用经验作了概括的总结。第一篇仍然是前庭神经系统结构特点及生理功能，详细介绍了前庭神经系统的神经通路和三级控制中枢，对与临床相关密切的有关前庭生理新进展作了详细介绍。第二篇是本书的重点，比1994年版有较大的改变。除了详细介绍了传统的前庭功能检查技术、方法，以及它们的新近发展外，特别详细地介绍了近年来发展的新的前庭功能检查技术和方法，如前面提到的各种检查技术和方法。第三篇是本书新增设的临床篇，包括几种相关的临床病症的前庭功能检测，如，前庭功能检查结果临床评定、良性阵发性位置性眩晕、运动病、飞行空间定向障碍、儿童注意缺陷多动障碍、老年人摔倒和前庭康复等。这些问题中有的的是临床上常见和临床医生特别关心的问题，如良性阵发性位置性眩晕和前庭康复；有些与前庭系统关系密切，但专门论及其前庭功能检查很少的问题，如运动病、儿童注意缺陷多动障碍和老年人摔倒；再是与航空医学关系密切的，但从来没有从前庭功能检查角度进行过论述的问题，如飞行空间定向障碍。第四篇是依据天津市第一中心医院和天津市耳鼻喉科研究所陈太生主任等多年临床前庭功能检查积累的大量案例整理、提炼出来的前庭功能检查图谱。尽管还需要完善和充实，总是一种新的尝试，深信经过从事前庭学的同仁们不断努力，不久一定会有一本完整、新颖、服务于临床的前庭功能检查图谱问世。

前庭功能检查技术还在继续发展，新的技术必定出现，可以展望，功能与影像相结合的新技术、方法和多频段或全频段的前庭功能检查技术、方法不久就会问世并服

务于临床。让我们迎接前庭功能检查新局面的到来！

《前庭功能检查技术》能以全新面貌问世，要特别感谢中国人民解放军第四军医大学出版社和关心、支持我的同仁、朋友及家人。

我已年过八旬，书写、编辑、制表、绘图等都要自己去做，尽管我仍然有一颗年轻的心，但毕竟力不从心，书中难免有错，请广大读者谅解和批评指正。

于立身

2012 年 12 月

1994 年版前言

前庭神经系统是人空间定向、保持人体平衡的重要系统，它与人体其他系统在组织上和功能上有着极其广泛的联系，并且相互影响。

前庭神经系统功能异常和病理变化是眩晕的重要原因。人体有关系统功能异常和病理过程可直接、间接地影响前庭神经系统的功能状态。因此，前庭神经系统的功能检查和评定是各种眩晕病症的必要、不可缺少的手段。

由于前庭神经系统结构和功能复杂，不能靠一两种检查方法探测出其全面的功能状态。那种认为前庭功能检查只是“鉴定前庭器病变”的片面观点应当改变，而建立系统、动态评定前庭功能的观点，才能改变目前临床前庭功能检查效果不佳的状况。

眼震电图（ENG）技术的出现和发展，电子计算机的应用，使前庭功能检查走向了高层次的发展，但与临床实际需要仍相差甚远。

当前，深化、提高和发展前庭功能检查的总趋势是设备、方法上的综合、量化、自动化，更重要的是诊断评定上的定位化。

前庭功能检查的目的应当是：

- (1) 客观证实病人的主诉、症状和体征；
- (2) 为眩晕病人定位诊断提供有价值的信息；
- (3) 为确定病因提供信息；
- (4) 探查特殊病因机制。

欲达到这些目的，目前从前庭学理论上、技术上尚有许多困难，但纵观前庭学发展趋势，是一定可以实现的。从当前前庭学发展水平来看，前庭功能检查能达到：①明确前庭神经系统功能状态是否异常或有无病损；②作出一定程度的定位评定；③对病因评定提供有价值的信息。

目前我国已有了前庭功能检查的国产化设备，如 VTS 型系列化前庭功能检查设备；前庭基础理论、正常人前庭功能、新的检查方法等研究，以及临床前庭学的研究都正在开展，有的已经达到可以与国外相媲美的程度。可以展望，前庭学在我国正在进入一个大发展时期。

为了读者深入掌握前庭功能检查方法和评定技术，本书将前庭神经系统组织结构、生理功能作为第一篇简要叙述，在第二篇中着重介绍各种系列化前庭功能检查方法和前庭功能检查结果的分析和评定，在第三篇中集中介绍国产化前庭功能检查设备，特

别是 VTS-Ⅲ型集控式前庭功能检查系统的性能、使用方法，以及对眼震电图计算机分析技术作重点介绍。

需要指出，听力检查是评定前庭神经系统功能不可缺少的一项重要检查。因听力检查已有统一、公认的检查方法和程序，在本书中不再重复。

本书是根据作者 20 余次授课讲稿整理而成，由于编著者水平所限，所述内容难免有错误之处，敬请批评指正。

空军航空医学研究所 于立身

1994 年 3 月

目 录

第一篇 基础篇

前庭神经系统结构特点及生理功能

第一章	前庭感受器的组织结构	(2)
第二章	前庭神经纤维与前庭神经节的结构和功能	(24)
第三章	前庭控制和信息处理中枢	(36)
第四章	前庭神经系统通路	(73)
第五章	眼运动系统结构和功能	(80)
第六章	前庭系统生理	(94)
第七章	前庭觉、视觉、本体觉功能相互作用	(116)
第八章	前庭后象	(119)
第九章	前庭适应	(121)
第十章	前庭代偿	(125)
第十一章	前庭系统的频率带宽特性	(134)

第二篇 技术篇

前庭功能检查方法和技术

第一章	前庭功能检查项目分类和要求	(153)
第二章	眼动记录技术	(161)
第三章	自发性眼震	(183)
第四章	以眼、头、体位变化引发的眼震试验	(191)
第五章	视眼动功能试验	(205)
第六章	旋转试验	(226)
第七章	温度试验	(258)
第八章	前庭耳石功能检查	(318)
第九章	垂直半规管功能检查	(336)

第十章	前庭诱发肌源性电位	(342)
第十一章	人体姿态控制检查	(369)
第十二章	高频前庭功能检查	(424)

第三篇 临床篇

几种相关的临床病症前庭功能检测

第一章	前庭功能检查结果临床评定	(492)
第二章	良性阵发性位置性眩晕	(497)
第三章	运动病	(512)
第四章	飞行空间定向障碍	(531)
第五章	儿童注意缺陷多动障碍	(538)
第六章	老年人摔倒	(545)
第七章	前庭康复	(557)

第四篇 图谱

各种前庭功能检查图谱

第一章	常见眩晕性疾病前庭试验图谱	(592)
第二章	一些前庭中枢性眩晕疾病的前庭功能试验图谱	(707)
第三章	头颅外伤前庭损伤图谱	(749)
第四章	不同频带前庭功能损伤图谱	(757)
索引		(781)

第一章

前庭感受器的组织结构

前庭感受器又称前庭器官，是前庭神经系统接受外界运动信息的部分。它是内耳的组成部分，属于对称性器官。相对于人体其他外在感觉器官，前庭器官属于人体的内感受器。

第一节 前庭器官的构成

前庭器官由三对半规管——水平半规管（又称外半规管）、前垂直半规管（又称上半规管）、后垂直半规管和两对前庭囊——椭圆囊和球囊组成（图 1-1-1）。半规管和前庭囊有骨、膜半规管和前庭囊之分。

膜迷路内含内淋巴液（endolymph），膜迷路与骨迷路之间含外淋巴液（perilymph），外淋巴液经耳蜗导水管与脑脊液相通，内淋巴液由耳蜗螺旋韧带的血管纹分泌，通过前庭导水管与内淋巴囊相通，内、外淋巴液互不相通（图 1-1-2），且淋巴液成分和比重各不相同。内淋巴液含 K^+ 高，外淋巴液含 Na^+ 高（图 1-1-3）。迷路中的内、外淋巴液发挥两种作用，一是机械作用，最大程度地减少大气压变化对内耳敏感性的

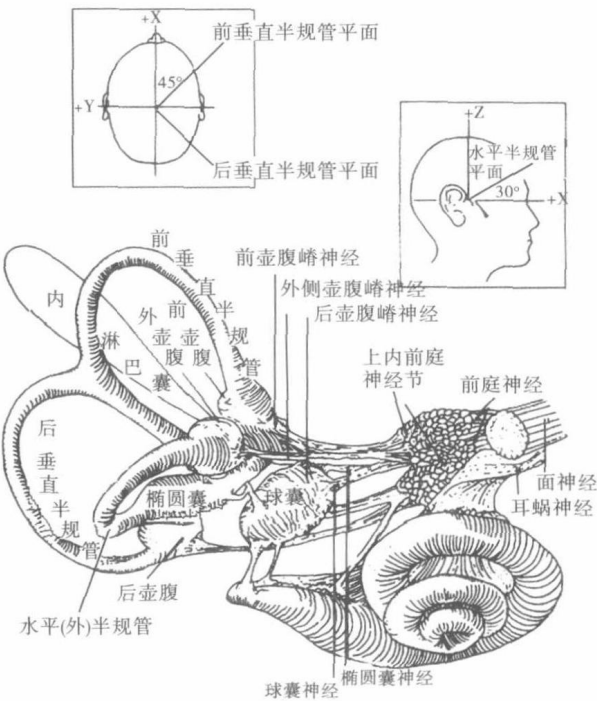


图 1-1-1 前庭感受器构成
(引自 Correia and Guedry, 1978)

影响，使半规管感受角加速度引起的内淋巴液动态变化；二是生物力学作用，使内淋巴液、外淋巴液和细胞内成分之间产生电子化学梯度变化，实施毛细胞换能和神经冲动传递（Rabbit R. D., et al., 2004）。内淋巴液的密度和黏滞性对前庭半规管和耳石器的生理反应有很大影响。正常状态下，可反映内淋巴液这些特性的参数，称之为前庭反应时间常数（time constant, τ ），它分为短时间常数（ τ_2 ）和长时间常数（ τ_1 ）。半规管的长、短时间常数分别为 13.2s 和 0.006s，耳石器的长、短时间常数分别为 5 ~ 40 μ s 和 0.1 ~ 4 μ s（Rabbit R. D., et al., 2004）。

在临床上，半规管的长时间常数可以用旋转后眼震试验方法取得（见第二篇），而耳石器的时间常数，因为极其短暂目前还没有临床方法能够测得。

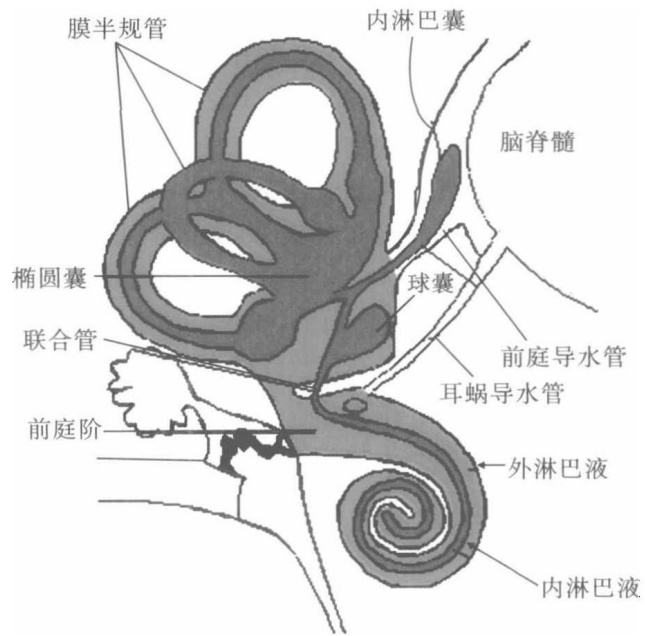


图 1-1-2 迷路内、外淋巴液

（改制自 www.conquerchiarri.org, 2008）

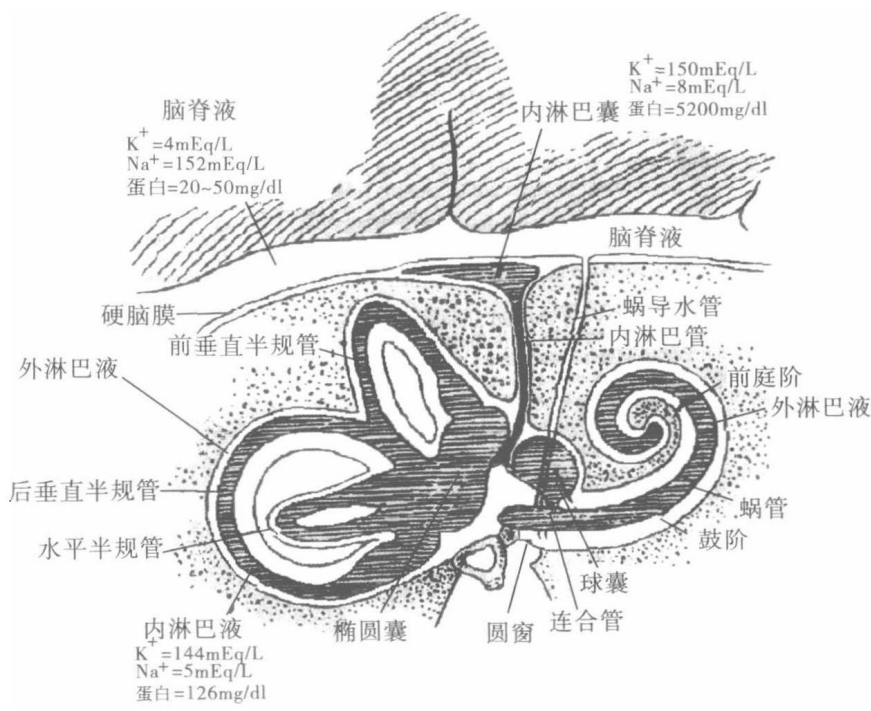


图 1-1-3 内、外淋巴液成分

（整理自 Schuknecht, 1974; Baloh R. W. and Honrubia V., 2001）

第二节 前庭器官的解剖空间位置

前庭器官，又称前庭感受器，即三对半规管和两对前庭囊分别位于头的三个轴向平面内、颅骨矢状线的两侧（图 1-1-4a, b）。水平半规管位于横轴（肩肩轴，Y 轴向）平面内，头直立位时后仰 $24^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，即当头前倾 30° 时与地平面平行。Della Santina C. C. 等人（2005）通过对 44 份迷路用计算机成像法测量，水平半规管前端位于外耳道口与眼外眦连线（Reid's 基线）向上约 20° ，前垂直半规管位于与矢状线约成 45° 角的矢状平面内，后垂直半规管位于与冠状线成 45° 角的冠状平面内。一侧的前垂直半规管与对侧的后垂直半规管相平行。两前垂直半规管与颅骨矢状线各成 45° 角，呈“V”形排列，两后垂直半规管也与颅骨矢状线各成 45° 角，但呈“^”形排列。

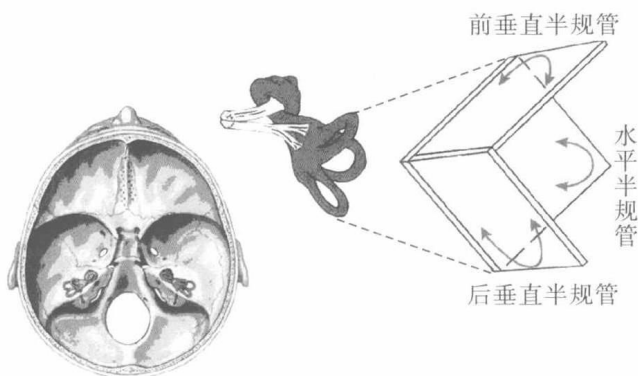


图 1-1-4a 前庭感受器的空间位置 (A)

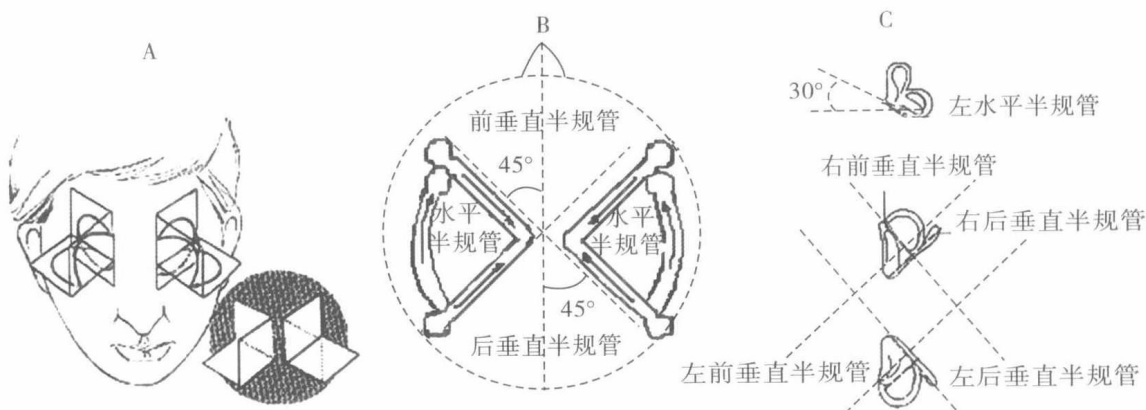


图 1-1-4b 前庭感受器的空间位置 (B)

(改制自 Savundra and Luxon, 1997; Hain T. C., Ramaswamy T. S. and Hillman M. A., 2000)

A. 三只半规管的空间位置呈相互垂直；B. 三对半规管壶腹位置和引起各半规管兴奋的内淋巴液流动方向（管内的箭头）；C. 水平半规管在头直立位时约上仰 30° ，一侧前垂直半规管与另侧后垂直半规管相平行的空间关系位置

从图 1-1-5 可以进一步了解各半规管的空间位置的关系。

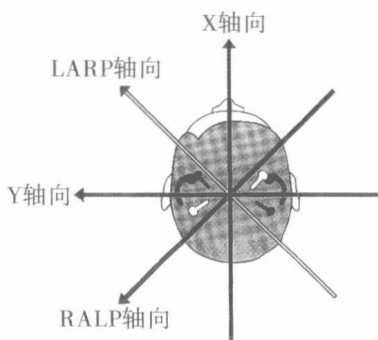


图 1-1-5 从上方看头的轴向

(Halmagyi G. M., Curthoys I. S., Aw S. T. and Jen J. C., 2004)

LARP: 左前-右后垂直半规管平面轴向; RALP: 右前-左后垂直半规管平面轴向

总体看, 三对半规管互呈 90° 角。Della Santina C. C. 等人 (2005) 经精细测量得出: 前垂直半规管与水平半规管之间的夹角为 $90.6^\circ \pm 6.2^\circ$, 前、后垂直半规管之间的夹角为 $94.0^\circ \pm 4.0^\circ$, 水平半规管与后垂直半规管之间的夹角为 $90.4^\circ \pm 4.9^\circ$ 。就是说, 三对半规管的空间位置不是严格的相互垂直, 由此, 头在一轴向平面内转动时各半规管都会受到某种程度的刺激, 但以在该轴向平面的半规管受刺激为主。

两囊即椭圆囊和球囊的空间位置互呈 90° 。椭圆囊位于冠状平面内, 与水平半规管相平行, 球囊位于矢状平面内 (图 1-1-6)。

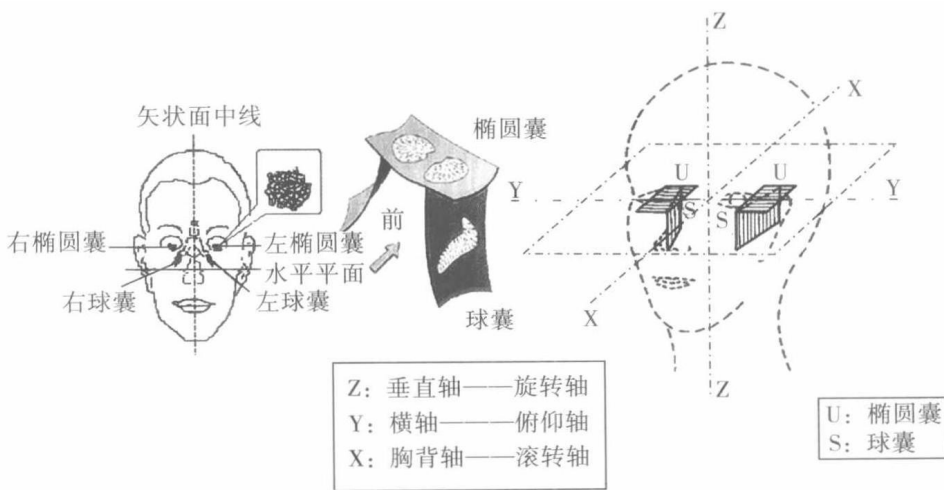


图 1-1-6 椭圆囊和球囊的空间位置

(改制自 Correia and Guedry, 1978)

从图 1-1-7 可以看出各半规管与前庭囊的关系。前庭感受器之所以能接受三维空间六个自由度的角运动和线运动的刺激, 正是由于它们的上述解剖空间位置特点所决定的。

清楚了解和掌握前庭感受器的空间位置特点, 对病人病症、主诉的分析会有帮助, 如病人主诉“向前翻转”或“向后翻转”, 我们就可以知道是病人的两侧前垂直半规管或两侧后垂直半规管受累所致; 病人主诉“旋转感觉”, 我们就可以知道病人一侧

水平半规管受累；病人主诉“向一侧滚转”，我们就可以知道是病人一侧前、后垂直半规管受累所致。

做头脉冲试验（head impulsive test, HIT）和良性阵发性位置性眩晕（BPPV）的耳石复位手法治疗都需要明确了解各半规管的空间位置才能有效实施。

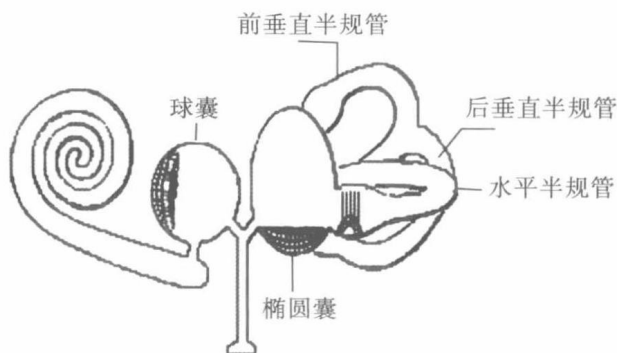


图 1-1-7 半规管与两囊之间的空间位置关系
(引自 Frenzel H., 1955)

第三节 前庭感受器的形态结构

前庭感受器分为两部分，一是半规管系统，二是前庭囊耳石器系统。它们的形态结构不同，但又有共同特点，即都有相类似的毛细胞结构，半规管是有毛细胞纤毛伸入的壶腹嵴胶顶，耳石器官是有毛细胞纤毛伸入的胶质膜（图 1-1-8）。

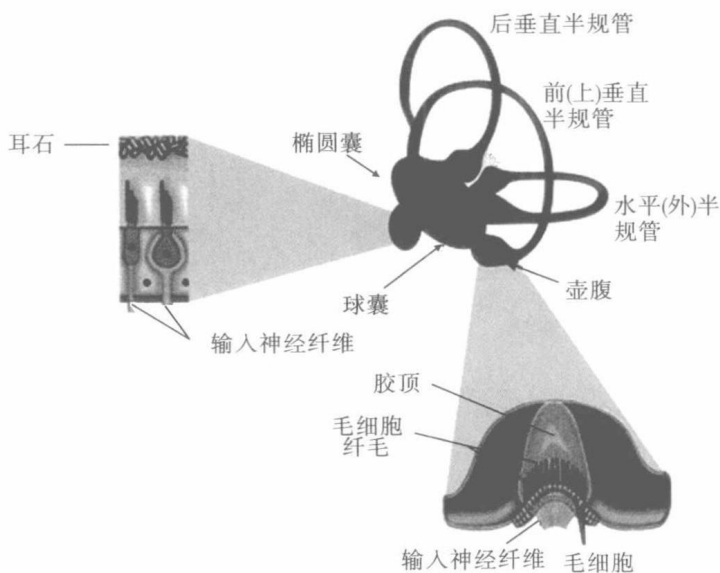


图 1-1-8 前庭感受器形态特点

(整理自 Eatock and Hurley, 2003; Eatock, et al., 2002; Hurley, et al., 2006; Limon, et al., 2005; Woollorton, et al., 2007)

一、半规管的形态结构

半规管是一半环状管，约为圆周的 2/3，由外向内分别为骨半规管和膜半规管。骨半规管内径约为 1mm，膜半规管内径约为 0.3mm，壶腹处比管的内径大一倍。膜半规管壶腹内有一镰状隆起，称壶腹嵴，该嵴约等于壶腹直径的 1/3，是感受角加速度的感受器。

水平半规管长 1.4 ~ 1.6cm，水平弓向外后方；前垂直半规管长 1.8 ~ 2.0cm，内腔狭窄，弓向上方，壶腹在半规管前下端；后垂直半规管长 2.2cm，内径较阔，弓向后方，壶腹在半规管前上端。三个半规管各有两个脚，一脚膨大，称壶腹脚，感受器壶腹嵴胶顶位于其中；另一脚为单脚，前、后垂直半规管的单角并为一脚，称总脚。故三只半规管共有五个管口，都与椭圆囊相通（图 1-1-8）。水平半规管壶腹在半规管前内端与椭圆囊相通，前、后垂直半规管壶腹分别在该半规管的前下端和前上端与椭圆囊相通。

二、前庭囊耳石器的形态结构

前庭耳石器由椭圆囊和球囊组成。椭圆囊是一微扁而略长的椭圆形状囊，向后与三只半规管相连，向前以椭圆囊管与球囊相连（图 1-1-2 ~ 图 1-1-7）。在其上端底部与前壁有一囊斑，长 3mm，宽 2.5mm，呈白斑状，面积为 4.2 ~ 4.9mm²，由感觉上皮组成，厚 30 ~ 50μm，是主要感受水平面内的重力和惯性力的感受器（图 1-1-9）。球囊是一扁平梨状囊，较椭圆囊小，位于椭圆囊的前下方，其下端以连合管与耳蜗管相连，其后方与椭圆囊和内淋巴管相接（图 1-1-2 ~ 图 1-1-7）。在球囊前上壁有一卵圆形增厚区，为球囊囊斑，面积为 2.08 ~ 2.44mm²，由感觉上皮组成，是感受矢状平面内重力变化和惯性力（线加速度）的感受器（图 1-1-9）。

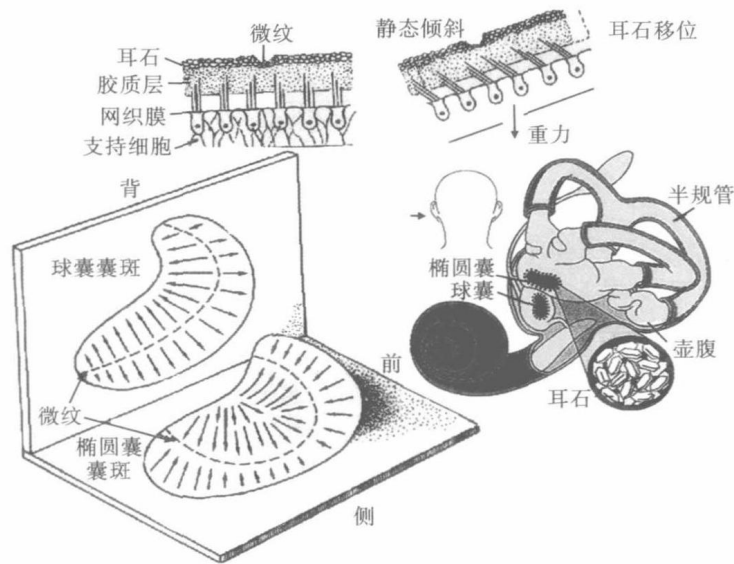


图 1-1-9 椭圆囊和球囊结构
(改制自 Barber H. O. and Stockwell C. W., 1976)

三、前庭半规管和耳石器官的内、外淋巴液系统

前庭半规管和前庭耳石器分别构成半规管壶腹嵴胶顶 - 内淋巴液系统和耳石器囊斑 - 内淋巴液系统。

膜半规管与骨半规管之间充满外淋巴液，是由血液和脑脊液经超级过滤形成，其中 K⁺ 浓度低，Na⁺ 浓度高。各膜半规管内充满内淋巴液，是由血管纹耳蜗边缘细胞和前庭暗细胞生成，经内淋巴囊排出。内淋巴液 K⁺ 浓度高，而 Na⁺ 浓度低，壶腹嵴胶顶与内淋巴液的比重相等（图 1-1-10），由此构成半规管壶腹嵴胶顶 - 内淋巴液系统。