

PHACOEMULSIFICATION

徐 庆 编著
上海科技教育出版社

白内障

超声乳化吸除术

白内障

徐庆 编著

奚渭清 审阅

李海生 主校

上海科技教育出版社

超声乳化吸除术



Y111
J38
F0
J8

图书在版编目(CIP)数据

白内障超声乳化吸除术/徐庆编著. —上海:上海科技教育出版社, 2000.7(2001.4重印)
ISBN 7-5428-2108-3

I. 白… II. 徐… III. 白内障—内障摘除术, 超声乳化 IV. R779.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 49582 号

责任编辑 方婷嫒

电脑制图 柏金喜

白内障超声乳化吸除术

徐庆 编著

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号 邮政编码 200233)

各地新华书店经销 常熟市文化印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 8 字数 210 000

2000 年 7 月第 1 版 2001 年 4 月第 2 次印刷

印数 3 001—5 100

ISBN 7-5428-2108-3/R·133

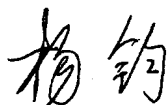
定价:18.00 元

序

自从1966年Kelman发明了白内障超声乳化吸除仪以来,白内障超声乳化吸除术经历了近20年的徘徊,终于在20世纪80年代得到了飞速的发展,并日趋成熟和完善。目前已是国际上一种先进的白内障手术治疗方法,符合当今微创手术技术的发展趋势,因而备受眼科医师的青睐。

近年来随着我国经济实力的迅猛提高,在社会各方及眼科医师的艰苦努力下,克服了手术仪器设备价格昂贵、技术操作复杂及国人白内障手术时机偏晚等诸多不利因素,终于使白内障超声乳化吸除术在我国得到了普及和发展。现已成为手术治疗白内障的首选方式,为我国大规模的防盲、治盲工作增加了一项新方法。

徐庆副教授师从奚渭清、李海生教授,从事眼科临床和教学工作十余年,尤其擅长眼科的各种显微手术,自1994年起即成功地开展了白内障超声乳化吸除术,是我国较早开展此项手术的眼科医师之一。鉴于我国目前有关这方面的专著较少,作者在参阅了大量国内外文献资料的基础上,结合自己的临床实践经验,编撰成此书。本书比较系统地介绍了白内障超声乳化吸除术的发展、超声乳化吸除仪的结构和原理、手术操作技术的原理和方法,并介绍了手术并发症的处理方法及眼前节玻璃体切割术。作者理论联系实际,全书语言简洁流畅,图文并茂,具有较强的实用性、科学性及系统性,可供临床眼科医师学习和参考。本书是一部眼科青年医师在跨世纪的历史时期积极奋进的力作,它的出版显示了我国眼科事业的兴旺发达和后继有人,也必将对普及和提高这项新技术产生深远影响,特此为序。



2000年1月于北京

前 言

21 世纪即将来临,随着人民生活水平的不断提高,我国正逐渐进入老龄化社会,由于白内障致盲将直接影响到老年人生活质量而成为社会关注的热点,因此如何高质量、高效率、规模化地“治盲”,将是我国眼科界在今后相当长的时间内要致力开展的重点工作之一。

白内障的治疗,确实而有效的方法仍是手术治疗。20 世纪 60 年代初,Kelman 经过多年的曲折探索和艰苦努力,终于在 1966 年发明了第一台白内障超声乳化吸除仪,并于一年后用于临床,从而在白内障现代囊外摘除术的基础上开创了白内障超声乳化吸除术,为白内障的手术治疗翻开了崭新的一页。在众多工程师和临床医师将近 30 年的不懈努力下,大量高科技成果,如计算机程序设计及控制、压电晶片或陶瓷的制作和液流自动注吸平衡等技术的运用,使得白内障超声乳化吸除仪的性能和安全性不断提高,而一系列全新概念的手术操作技术的发明,使得白内障超声乳化吸除术发展到现在已相当成熟,成为在很大程度上不同于白内障现代囊外摘除术的一项先进的真正意义上的小切口“微创”手术方式。白内障超声乳化吸除术迅速兴起,并日趋成熟而为各国眼科医师所接受,现已成为手术治疗白内障的首选方式。

我们是于 1994 年开展白内障超声乳化吸除术及小切口折叠式人工晶状体植入术的,在从白内障现代囊外摘除术转向白内障超声乳化吸除术的过程中,有成功的经验,也有失败的教训。为了推动白内障超声乳化吸除术在我国的普及和发展,并能和正准备或已开展此项手术的眼科同道相互切磋、共同提高,特编写此书,以供参考。

本书参阅了大量的国内外文献资料,并结合笔者一些有限的

临床实践经验编撰而成。全书共分十四章,电脑绘制的插图 96 幅,旨在全面而系统地介绍超声乳化吸除仪的工作原理、乳化机制、前房内水流动力学特点、各种相关参数的意义以及如何在手术操作中正确合理地设置和运用,并结合插图对各种手术操作技术的原理、方法和实际操作中的合理运用进行了详细的阐述。书中还就眼前节玻璃体切割技术作了介绍。

在本书的编撰过程中得到了我的恩师奚渭清、李海生教授的悉心指导和修改,在此表示衷心的感谢。并感谢柏金喜先生、吴瑞明先生精湛的电脑绘图技术绘制本书插图。

最后,感谢轶德贸易发展有限公司的郑宏彪先生对我的支持,他对促成本书的出版起到了重要的作用。还要感谢一直对我国眼科事业的发展作着不懈努力的 Alcon 和 Storz 公司的鼎力相助。并向香港飞鸣(仪器)有限公司表示感谢。

由于本人的学识有限,书中难免有疏漏和错误之处,恳请各位前辈和同道不吝指正。

徐 庆

上海第二医科大学附属第九人民医院

1999 年 7 月

目 录

第一章 白内障超声乳化吸除仪及其性能	1
第一节 超声乳化吸除仪各系统的组成、功能及用途	1
第二节 泵的种类、机械构造、工作原理和特点	13
第三节 有关仪器性能的参数及意义	17
第四节 灌注瓶高度、流量、负压和上升时间之间的相互 关系	20
第五节 超声乳化吸除仪的顺应性、排放系统和浪涌现象 ..	26
第六节 常用的各种超声乳化吸除仪	33
第二章 前房内的流体动力学	38
第一节 前房内水流的流动状态与跟随能力	38
第二节 前房内水流的流速、流量与吸引力的关系	40
第三节 流体动力学在手术中的运用	41
第三章 手术病例的选择	43
第一节 晶状体混浊的分类系统	44
第二节 核硬度分级标准	49
第三节 白内障超声乳化吸除术的适应证和禁忌证	51
第四章 术前准备及术后处理	53
第一节 术前准备	53
第二节 术后处理与随访	70
第五章 麻醉	72
第一节 表面麻醉	73
第二节 浸润麻醉及神经阻滞麻醉	75
第六章 切口、缝合与角膜散光	86
第一节 白内障手术切口的应用解剖	87
第二节 自闭性角膜活瓣切口	88

第三节	巩膜隧道切口	90
第四节	透明角膜切口	94
第五节	角膜侧切口	96
第六节	切口的形状及其缝合对角膜散光的影响	98
第七章	连续弧线形撕囊术	103
第一节	晶状体囊及晶状体悬韧带的组织与解剖	104
第二节	连续弧线形撕囊术的力学原理	105
第三节	连续弧线形撕囊术的方法	108
第四节	几种特殊情况下的连续弧线形撕囊术	115
第八章	水分层技术	118
第一节	晶状体的分层	119
第二节	水分离技术	121
第三节	水分界技术	123
第九章	超声乳化吸除技术	125
第一节	手术相关的解剖	126
第二节	基本操作技术与手法	128
第三节	槽沟的雕刻技术	130
第四节	核转动及分割技术	138
第五节	1/4 核块的乳化吸除技术	146
第六节	核壳的乳化吸除技术	151
第七节	经典的超声乳化吸除技术	153
第八节	几种特殊白内障病例的超声乳化吸除技术	161
第十章	皮质吸除及后囊膜抛光技术	170
第一节	皮质吸除技术	170
第二节	后囊膜抛光技术	174
第十一章	折叠式人工晶状体及其植入方法	176
第一节	折叠式人工晶状体的材料、特性及种类	177
第二节	折叠式人工晶状体的样式、植入器械和植入 方法	181
第三节	折叠式人工晶状体的优缺点	186

第十二章	眼前节玻璃体切割技术	188
第一节	玻璃体的组织解剖和理化特性.....	190 190
第二节	眼前节玻璃体切割技术.....	194 194
第三节	眼前节玻璃体切割术的操作注意点.....	197
第十三章	常见并发症的预防及处理	203
第一节	术中并发症及其预防和处理.....	203
第二节	术后并发症及其预防和处理.....	222
第十四章	灌注液和粘弹剂的选择	230
第一节	眼内灌注液的选择.....	230
第二节	粘弹剂的选择.....	235

第一章 白内障超声乳化吸除仪及其性能

多年来,眼科手术医师有一个梦想,就是“经一个小切口将白内障摘除,随后经原切口植入人工晶状体,术毕切口不缝合,术后病人可以立即回家康复,并在术后第一天就获得满意的视力”。为了实现这个梦想,1960年,当Kelman还是住院医师的时候,就开始了小切口摘除白内障的尝试和研究,经过多年的曲折探索和艰苦努力,终于在1966年发明了第一台白内障超声乳化吸除仪,并于一年后用于临床,从而开创了白内障超声乳化吸除术。在众多工程师和临床医师将近30年的不懈努力下,白内障超声乳化吸除仪的性能和安全性不断提高,发展到现在已相当成熟。

第一节 超声乳化吸除仪各系统的组成、功能及用途

当今的白内障超声乳化吸除仪主要由五大系统组成,它们分别是超声乳化系统、灌注吸引系统、眼前节玻璃体切割系统、电凝系统及控制系统。由于功能上的不可分割性,其中超声乳化系统及眼前节玻璃体切割系统必须分别要与同一个灌注吸引系统连接在一起,并由控制系统控制调制才能进行正常的运作。

一、超声乳化系统

超声乳化系统主要由超声手柄及超声探针组成(图1-1A)。超声手柄的外壳由质轻、耐用的钛合金制成,可耐高温高压消毒。手柄内装有超声振荡发生器,并设有灌注及吸引管道。超声手柄的后端有一根接有插头的电缆线,可与主机面板上的超声乳化功能(U/S)插座接驳,该端另有一个灌注管线接口和一个吸引管线接口,分别用来和灌注、吸引管线相接。超声手柄的前端为一个直接连接在超声振荡发生器上的金属接口,该接口同时又是手柄内

吸引管道的开口,其内壁刻有螺纹线借此旋入并固定超声探针,接口的四周有一圈间隙,是手柄内灌注管道的开口。超声手柄外壳的前端也刻有螺纹线,借此旋上并固定硅胶套管。

装在超声手柄内的超声振荡发生器有两种:一种是磁伸缩式(magnetostrictive)超声振荡发生器,它是由一组层叠排列在一起的金属圆薄片构成,通过控制电流的大小来改变电磁场的强度,使金属片以超声频率作伸缩运动而产生超声振荡,因其功效低、产热高,并容易使超声探针失去原有的共振调谐,在新一代超声乳化吸除仪上已不采用;另一种是压电式(piezoelectrical)超声振荡发生器,它是由高精度陶瓷或石英晶片构成,通电后晶片产生压电效应,将电能转换成超声振荡。因此,超声手柄的功能就像一个能量转换器,它先将电能转换成超声振荡能,尔后将超声振荡能转换成机械振动能并传递到超声探针上,使得超声探针沿本身长轴的方向按超声振荡的频率作往复的机械振动,以此切削乳化核组织。

各种超声乳化吸除仪的超声振荡发生器发出的超声振荡频率是不同的,一般为 $20 \sim 80\text{kHz}$,以如此高频率振动的超声探针,在切削乳化核组织时能够使核处于相对静止的状态,从而减小了对晶状体悬韧带完整性的影响。经典的超声乳化吸除仪的超声振荡发生器发出的超声振荡频率为 40kHz ,此时超声探针在空气中的轴向冲程约为 $1.31 \times 10^{-5}\text{mm}$,在液体中的轴向冲程约为 $2.62 \times 10^{-5}\text{mm}$ 。根据超声波的声学定义,超声波是听不见的,因此常常有人把超声手柄工作时发出的嘶嘶声当成“超声”是错误的,实际上这是由超声探针在流体(空气或液体)中高速振动而产生的谐波泛音。对于每一台确定的超声乳化吸除仪其超声振荡频率是一个常数,但可以通过调节超声探针的轴向冲程的长度(即超声探针轴向往复振动的幅度)来调节超声能量的大小。目前有的超声乳化吸除仪的超声振荡发生器的超声振荡频率也是可调的,这极大地提高了超声乳化吸除术的安全性,并扩大了手术适应证的范围。

为了保证超声探针的切削乳化效率,超声手柄还有一个重要

的设计特点,就是在荷载下(即在雕刻/乳化期间,超声探针实际接触核组织的时候)保持超声探针轴向冲程长度的能力。这实际上是一个当共振系统发生变化时,如何保持变化后的共振系统具有原有的共振调谐的问题。当超声探针空载时,超声探针产生的共振功率和超声振荡发生器的输出功率是一致的,但在实际手术中当超声探针和实际接触到的核组织组成一个新的共振系统时,如果超声振荡发生器的输出功率不能随着这种变化的情况而进行调整,那么超声探针和实际接触到的核组织所组成的这个新的共振系统,就不能保证超声振荡发生器的输出功率完全转变为超声探针的共振功率,而使超声探针的切削乳化效率降低。为了克服这个问题,仪器内一般设置有自动调整系统,该系统能够通过实时采样来跟踪共振系统的变化,并随着超声探针上荷载的变化实时调整超声振荡发生器的输出功率,以“不断介入调节”的方式自动予以补偿调整,使其在任何荷载情况下具有稳定的共振调谐,以确保超声探针的切削乳化效率。

超声探针(图 1-1B)是一根空心的金属细针管,外径约 1mm,内径约 0.9mm。当超声振荡频率为 40kHz 的超声乳化吸除仪工作时,在超声探针上将产生约 $70\text{kg}/\text{mm}^2$ 的应力,对核组织将产生约 25kg 的冲力,因此超声探针必须用轻质、高强度而耐磨的钛合金制成。超声探针的顶端一般制成斜面呈 15 度、30 度或 45 度的吸引口,它具有切削乳化、吸持和吸引的功能,另一端以外螺纹口和超声手柄前端的金属接口相连。不同角度的探针具有不同的用途,15 度的探针其吸引口的截面积最小,因而最容易被堵塞,主要用于吸持核组织及乳化吸除软核;45 度的探针其吸引口的截面积最大,因而切削作用最佳,适用于雕刻核组织及乳化硬核;而 30 度的探针则兼有两者的特点。故可根据个人的习惯、所用的超声乳化吸除技术及核的硬度,选择不同角度的探针进行手术。在现代白内障超声乳化吸除术中,由于要进行核分割操作,因此最常用的是 45 度的探针,以利于雕刻槽沟。此外,有些超声探针的顶端还设计成扁平状或喇叭口状,以提高超声探针的切削乳化效率。

在手术中,由于高速振动及与水摩擦,超声探针可产生极高的热量,这会灼伤眼组织,因此,在超声探针的外面,还要套上用来隔热的硅胶套管(图 1-1C),以保护眼组织不受热灼伤。另外,在靠近硅胶套管顶端的两侧开有两个相对 180 度的导流口,这可使从超声手柄前端的金属接口四周间隙中,不定向流出的灌注液能够左右分流,定向流出。硅胶套管的后端的口径较大,内壁刻有螺纹线,以此可旋于超声手柄外壳前端的螺纹口上。套上硅胶套管后,超声探针的顶端要略露出一些,露出端从超声探针斜面开口的后缘起计,距离硅胶套管的顶端约 1mm 为妥,以便超声探针能够直接接触核组织,并可防止硅胶套管妨碍超声探针的运作。为了防止术中眼外的空气进入前房形成的气泡影响手术观察和操作,有的硅胶套管内还设计有一个套管状垫圈,以增加硅胶套管安装后接缝处的密闭性。

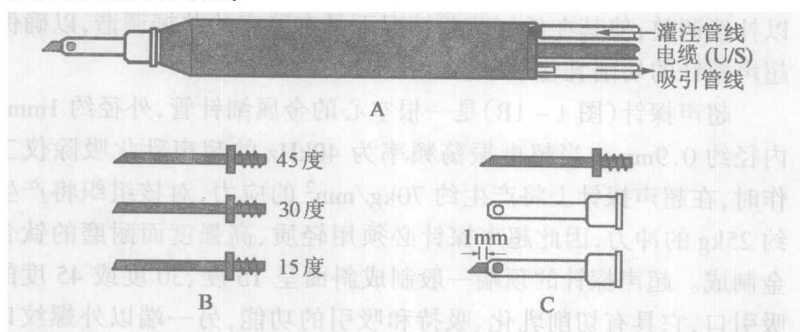


图 1-1 超声手柄、超声探针及硅胶套管

A. 超声手柄; B. 各种角度的超声探针; C. 硅胶套管

超声乳化系统是超声乳化吸除仪的主要功能系统,白内障超声乳化吸除术就是以此系统的正常运作来切削乳化核组织,但迄今为止,对超声乳化碎核的作用机制还存在一些争论。通常认为它的作用机制有 3 个:①声粉碎作用(acoustic breakdown),超声探针作超声振动时,其产生的最大超声振动能量密度可达 $3 \times 10^{-3} \text{W/cm}^2$,以此可产生声粉碎作用而将核组织粉碎;②空穴作用(cavitation),超声振动的空穴作用是超声探针在液体中高速振

动时,其尖端的加速度可达 $2.4 \times 10^6 \text{mm/s}^2$,由于振动的速度太快,以致于超声探针周围的液体来不及跟随流动,以填补在超声探针周围瞬间产生的空隙而形成了空穴小泡,在微观水平上,这些微小空泡的爆聚会产生相当高的热能和震荡波,以此将核组织粉碎;③机械粉碎作用(mechanical effect),沿轴向高速振动的超声探针像风镐一样直接切削和振动粉碎核组织。超声探针作轴向机械振动时产生的震荡波,在前房的液体中是沿探针的轴向向前呈放射状传播的,如图 1-2 所示,因此手术时探针应与角膜内皮保持一定的距离,并且不应直接指向角膜内皮,防止引起角膜内皮的超声损伤。

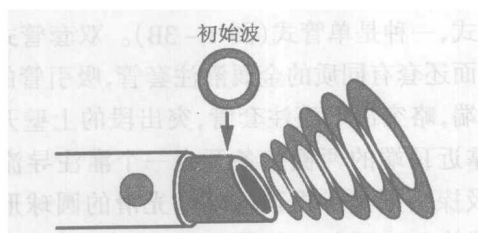


图 1-2 超声震荡波在液体中
传播方向及方式

二、灌注吸引系统

灌注吸引系统是由泵、注吸手柄(或超声手柄)内设的注吸管道、注吸探头(或超声探针)、硅胶套管、灌注瓶、灌注管线、吸引管线、灌注阀门、返流阀门及集液袋(盒)所组成,严格地讲还应包括前房,因此在术前测试灌注吸引系统的功能时,要在硅胶套管外再套上一个测试舱,用来代替前房。灌注管线与吸引管线由极富弹性且不易老化的硅橡胶制成,与注吸手柄(或超声手柄)相接的管口分别装有耐高温高压的高强度塑料制成的插入式插头及接口,用来与注吸手柄(或超声手柄)上的灌注管线接口及吸引管线接口连接。灌注吸引管线的连接线路是灌注管线的一头与灌注瓶连接后,装有插入式插头的另一头,经主机上的灌注阀门通往注吸手柄(或超声手柄)与手柄上的灌注管线接口连接;装有插入式接口吸引管线的一头与注吸手柄(或超声手柄)上的吸引管线接口相连后

通往返流阀门及泵,而后另一头置入集液袋(盒)内。该系统中最主要的部分是泵、注吸手柄及探头,泵将在下一节里作详细介绍,本节主要介绍注吸手柄及探头(图 1-3)。

(一) 注吸手柄(图 1-3A) 其外壳由质轻而耐用的钛合金制成,可耐高温高压消毒,内设灌注及吸引管道,手柄的前端设有拧转式卡扣或 O 型环扣式插口,用来接驳注吸探头。手柄的后端设有一个灌注管线接口和一个吸引管线接口,分别用来和灌注吸引管线连接。

(二) 注吸探头 也是由质轻而耐用的钛合金制成,并可耐高温高压消毒。其外形及功能均与超声探针不同,主要有两种设计:一种是双套管式,一种是单管式(图 1-3B)。双套管式注吸探头是在吸引管的外面还套有同质的金属灌注套管,吸引管的顶端是一光滑圆球形的盲端,略突出于灌注套管,突出段的上壁开有一个吸引口,灌注套管靠近顶端的两侧壁各开有一个灌注导流口,相向 180 度;单管式注吸探头则是一根顶端是呈光滑的圆球形盲端的吸引管,靠近其顶端的上壁开有一个吸引口,在吸引管外再套一个与超声探针上完全一样的硅胶套管,用来定向导流灌注液,套上硅胶套管后,吸引管的顶端要突出于硅胶套管以露出吸引口(图 1-3C)。

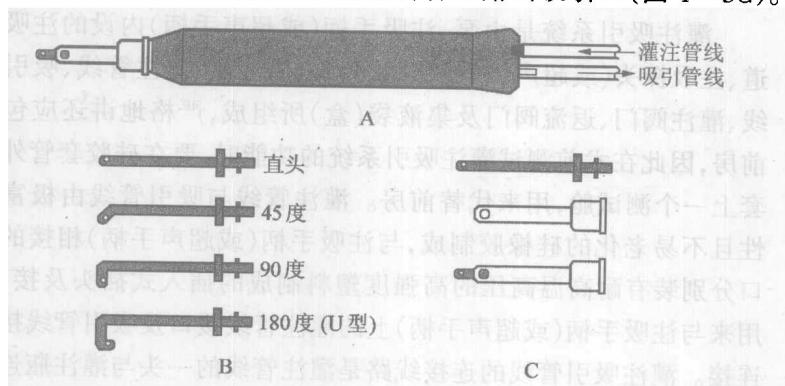


图 1-3 注吸手柄、注吸探头及硅胶套管
A. 注吸手柄; B. 各种单管式注吸探头; C. 硅胶套管

这两种注吸探头的吸引口有 0.2mm、0.3mm、0.5mm 及 0.7mm 多种口径,用来满足吸除皮质、核壳及抛光后囊膜等不同的操作要求。注吸探头后端设有拧转式卡扣或 O 型环扣式插口,以此与手柄前端相应的接口连接。除了直的探头外,还有 45 度、90 度和 180 度(U 型)的探头(图 1-3B),用来吸除直的探头难以进入区域(如 12:00 方位)的皮质。此外,还有一种新型的设计,即将注吸手柄设计成两个独立的灌注和吸引手柄,分别接有灌注和吸引探头,从 2:00 及 11:00 两个方位的角膜侧切口进入前房进行操作,这样既克服了直的探头易受到切口的限制而难以进入某些区域吸除皮质的难题,又避免了 45 度、90 度和 180 度(U 型)探头在使用时对后囊膜完整性的威胁。灌注吸引系统的主要功能,是维持前房深度、灌注清洗前房、吸除皮质、利用灌注液返流冲开手术中误吸的眼内组织(如囊膜及虹膜等)和借循环流动的灌注液来冷却超声探针,以及控制前房内液体的温度。

三、眼前节玻璃体切割系统

眼前节玻璃体切割系统主要由切割动力系统及眼前节玻璃体切割器组成。眼前节玻璃体切割系统的切割动力,由超声乳化吸除仪主机内的转化型直流电马达或气压动力系统提供。眼前节玻璃体切割器为气动往复前进式切割头(图 1-4),其手柄由金属或胶木制成,由金属制成的手柄可反复消毒使用,而由胶木制成的只限一次使用。手柄的前端是一根顶部为盲端的金属细管,在靠近顶部约 1mm 处开有一个吸引切割孔,管内设有一根可往复运动的金属内管,其开放的顶端边缘开有锋利的刀刃,内管在向前推进时与外管吸引切割孔的边缘产生剪切作用,借其顶端锋利的刀刃将吸入外管吸引切割孔内的眼组织切断,同时将切下的组织通过内管吸除。手柄的后端有两根硅橡胶制成的管线,均由极富弹性而不易老化的硅橡胶制成,管口分别装有耐高温高压的高强度塑料制成的插入式接头及接口,一根为切割动力管线,该管较细,其管口装有插入式接口,用来与超声乳化吸除仪主机面板上的眼前节玻璃体切割功能(VIT)接口接驳;另一根为吸引管线,其管口装有

插入式接头,用来与灌注吸引系统的吸引管线连接。在眼前节玻璃体切割器外管的外面还套有一个由金属制成的灌注导流管,用来将灌注液导入眼内,灌注导流管的末端接有一根管口装有插入式接口的硅橡胶管线,用来与灌注吸引系统的灌注管线连接。有些超声乳化吸除仪的眼前节玻璃体切割器的灌注导流套管可退下,适合于双手操作,有些则不能,而只能用于单手操作。眼前节玻璃体切割系统的主要功能是用来切除术中脱入前房内的玻璃体,还可用来切除软的核组织及皮质。

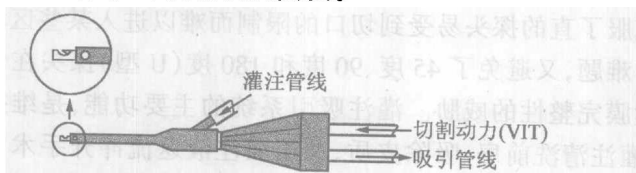


图 1-4 眼前节玻璃体切割器

四、电凝系统

超声乳化吸除仪主机内装有双极电凝器,用来止血和关闭结膜切口。双极电凝头有两种设计,一种外形像一把镊子;另一种外形则像双套管一样,在一根内电极的外面再套一个套管样的外电极。这两种电凝头的末端均有双联插头,可与电凝头插座连接。电凝头插座有两根各接一插头的电线与主机上的电凝器(Coag)插座接驳。镊子式电凝头主要用于精确的电凝止血及关闭结膜切口,套管式电凝头则用于巩膜表面较为广泛区域的电凝止血。

五、控制系统

超声乳化吸除仪的控制系统主要由机械控制系统、电子控制系统和计算机程序控制系统及屏幕显示系统所组成。新一代的超声乳化吸除仪在打开电源开关后,按下主机面板或遥控器上的功能选择键,便可以任意选用和切换有关的工作模式,并可在屏幕上显示出当前所选用的工作模式及在该模式下的各种参数。当选定了一个工作模式后,在仪器所允许的范围内,可以通过调节键或调节旋钮来调节各种参数的设置,从而实时控制仪器的工作状态,也