

主编 | 刘保松



尖峰白内障 手术技术



本书赠 13 个
网络增值视频



人民卫生出版社



网络
增值服务
ONLINE SERVICES

尖峰白内障 手术技术



主 编 刘保松

副 主 编 祁勇军

编 者 (以姓氏笔画为序)

元 力 北京大学人民医院

刘永松 昆明医科大学附属延安医院

刘保松 尖峰眼科医院

安小玲 哈尔滨爱尔眼科医院

祁勇军 广东省中医院珠海医院

杨 阳 昆明医科大学附属延安医院

肖 扬 首都医科大学附属北京朝阳医院

陈 旭 上海爱尔眼科医院

侯宪如 北京大学人民医院

高 敏 首都医科大学附属北京朝阳医院

崔红平 同济大学附属东方医院

主编助理 安小玲

绘 图 刘笑言

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

尖峰白内障手术技术 / 刘保松主编 . —北京 : 人民卫生出版社 , 2016

ISBN 978-7-117-22082-8

I. ①尖… II. ①刘… III. ①白内障 - 内障摘除术
IV. ①R779.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 094520 号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

尖峰白内障手术技术

主 编: 刘保松

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 三河市潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 8.5

字 数: 207 千字

版 次: 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-22082-8/R · 22083

定 价: 55.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

序

白内障是我国第一位致盲眼病。目前中国需要手术的白内障患者多达 1100 万人,占我国视力残疾总人数的 56.7%。2015 年中国完成了 240 万例白内障手术,白内障手术率(CSR)达到 1750 例/百万人口,但防盲工作仍任重道远。

为了提高白内障手术效率,刘保松院长经过多年潜心研究,在日本眼科同行预劈核理念的基础上,独辟蹊径,发明了针尖辅助预劈核白内障手术方法(Cystotome-assisted prechop technique, CAP),在国内,被称为尖峰预劈核技术。尖峰技术的引人之处在于,只运用简单易得的截囊针和劈核钩,通过巧妙的手法就可以将白内障核预劈成 4~6 块,使白内障超声乳化手术变得便捷而简单,提高了手术效率。尖峰预劈核技术也非常适合非超声乳化的手法小切口白内障手术,可以使手术切口更小,速度更快。*Journal of Cataract and Refractive Surgery* 于 2015 年 1 月刊发表了题为 *Cystotome-assisted prechop technique* 的文章,使得尖峰预劈核技术得到了世界认可。

尖峰劈核技术虽有一定的学习曲线,但这项技术简捷易行,熟练掌握后可以降低手术成本,简化手术步骤,加快手术进程,有效减少超声乳化能量,降低手术并发症的发生,提高手术效率,改善术后效果,适合实施大批量白内障手术,对于基层医院的眼科医师是非常值得学习的技术,符合“适当、能负担、可接近”三原则。

为推广这项技术,刘保松院长联合了国内众多知名眼科医生,创立了微信网络学习平台和微信公众号“尖峰眼科学院”,以“平等交流、快乐共享”的原则为基层眼科医生提供了丰富而实用的眼科资源,为中国眼科事业的发展增添了精彩的一笔!

今天,刘保松院长将自己多年的手术技巧集结成书,编著出版《尖峰白内障手术技术》,这是送给广大眼科医生的一份珍贵的礼物。

衷心祝贺此书的出版,并祝愿有更多的眼科医生能掌握尖峰预劈核白内障手术技术,使中国更多的白内障患者重见光明!

姚克

2016 年 8 月

前言

尖峰白内障手术技术,就是我发明的针尖预劈核技术的别称,这项技术的产生和命名,其实还有一个小故事。

我从1996年开始做超声乳化以来,一直在探索一种简单、快速、安全的手术方法,曾经做过许多尝试,1998年还自创了一种用折弯的针头代替劈核钩的针尖劈核法。

2004年,看到日本 Akahoshi 教授的预劈核手法,给我启发,根据我一直在做的针尖劈核技术,我研究总结出了另一种完全不同的手术方法——针尖预劈核技术(cystotome-assisted prechop technique)。这个技术最大的优点是可以处理硬核与超硬度核,不仅适用于超声乳化,也适合小切口 ECCE 手术。在掌握了针尖预劈核技术之后,不仅可以大大缩短手术的时间,更可以增加手术的安全性。熟练应用这项技术以后,我没有在超乳阶段破过一个后囊,手术效率也大为提高,曾经一天实施 131 台白内障手术。2015 年 1 月, *J Cataract Refract Surg* 刊发了 *Cystotome-Assisted Prechop Technique*,使尖峰预劈核技术成为少数被世界眼科界所承认的由中国医师原创的手术方式。

但针尖预劈核技术在旁人特别是初学者眼里是有点不可思议,成为我个人的手术特点标志,虽然每一个看到这个手术的人都赞叹不已,但没人敢于尝试,我都打算让这项技术随着我的退休而归隐了。

2013 年以来,飞秒激光白内障手术成为白内障手术的新热点。飞秒激光辅助白内障手术,主要是通过激光将晶状体核预劈开,减少了超声乳化的能量,增加手术的安全性,和我的针尖预劈核技术有异曲同工之妙,但由于飞秒激光设备昂贵,操作复杂,基层医院难以普遍推广,这时很多医师对于手法预劈核的兴趣突然提高了。2013 年 5 月全国眼科医师会议期间,几位眼科主任到现场看了我的手术,非常惊奇,都表示要回去练习针尖预劈核技术,我与北京朝阳医院的肖扬主任、广东省中医院珠海医院的祁勇军主任、昆明医科大学附属延安医院的杨阳主任、上海同济大学附属东方医院的崔红平主任、上海九院的周激波主任组成了一个白内障手术技术讨论群,一起交流手术细节。2 周后祁主任上传了一例非常成功的针尖预劈核手术,在短时间内成功掌握了针尖预劈核技术,让我们都有了推广这项技术的信心。当天晚上,我们一起商议在将这项技术命名为“尖峰预劈核白内障技术”,将我们的讨论群改为尖峰白内障技术群,让更多的医师加入到练习这个技术的群里来一起学习进步,这就是尖峰眼科学院微信群的前身。

尖峰群成立后,致力于为基层眼科医师提供一个学习、交流、提高的平台,自成立开始,就受到国内眼科医师的热烈欢迎,经过不断扩大,已建立起两个 500 人的在线交流群和一个微信公众号,到目前为止已有 31 000 余眼科从业人员关注并经常阅读。

尖峰群不仅有眼科基层医师参与,也有国内最顶尖的眼科大家在免费为眼科医师们讲课,上海上征医院魏锐利教授的加入是群内发展的里程碑事件,他规范了讲课的形式,使群内每周两次课程的授课规范化。群内每周二、四晚上定期讲授的大课、日常丰富的病例讨论、随时的文献分享、平等对话的氛围让每一个在群内的医师都受益匪浅,特别是肖扬主任、郝晓军主任对于每个病例严谨的治学态度,树立了尖峰群的严谨治学、平等共享的风气。

群里人再多,也无法满足所有想学习尖峰预劈核技术的医师,特别是基层医师的需要。我萌生出一个想法,决定写一本关于尖峰预劈核技术的书,一本不同于一般的专著的书。由于尖峰技术本身就是原创,加上尖峰预劈核处理各种并发症和复杂病例的技巧,书的原创性和实用性更高,特别适合基层医院的医师阅读联系。附带的手术录像资料更有利于基层医院的医师练习。

在此感谢广东省中医院珠海医院的祁勇军主任、北京朝阳医院的肖扬主任、昆明医科大学附属延安医院的杨阳主任、上海同济大学附属东方医院的崔红平主任参与此书的写作。

特别感谢哈尔滨爱尔眼科医院的安小玲副院长,为此书的编写工作付出了大量努力!

由于尖峰白内障技术问世不久,还请广大眼科医师与我交流并指正。

刘保松

2016 年 6 月

目 录

第一章 超声乳化仪的工作原理	1
第一节 超声能量发生系统	1
第二节 液流控制系统	5
第三节 玻璃体切割模式	9
第二章 超声乳化手术技术的演变	11
第三章 超声乳化劈核技术	21
第一节 劈核技术的种类与比较	21
第二节 超声乳化劈核技术在微切口手术中的应用	24
第三节 预劈核技术	25
第四章 白内障超声乳化手术的基本操作技术	29
第五章 人工晶状体屈光度数测算	38
第一节 术前生物学测量	38
第二节 人工晶状体屈光度数计算公式	40
第三节 准分子激光近视治疗术后人工晶状体屈光度数的计算	42
第六章 尖峰预劈核技术	46
第一节 历史回顾	46
第二节 水平雕刻技术	47
第三节 针尖劈核术	48
第四节 尖峰预劈核技术	48
第五节 尖峰预劈核小切口改良技术	52
第七章 复杂白内障手术技巧	53
第一节 外伤性白内障	53
第二节 先天性白内障	60
第三节 晶状体脱位与人工晶状体脱位	64
第四节 与玻璃体切除相关的白内障	69
第八章 超声乳化术中并发症	74
第一节 切口灼伤	74
第二节 撕囊意外	75
第三节 后囊膜破裂	78

第四节	晶状体悬韧带损伤	84
第五节	角膜内皮损伤和后弹力层撕脱	86
第六节	虹膜脱出及损伤	88
第七节	皮质残留	89
第八节	驱逐性脉络膜出血	90
第九章	合并青光眼的白内障	92
第一节	合并原发性开角型青光眼的白内障	92
第二节	合并闭角型青光眼的白内障	93
第三节	小梁切除术联合白内障超声乳化吸除及人工晶状体植入术	93
第四节	Ahmed 减压阀植入联合白内障超声乳化吸除及人工晶状体植入	94
第十章	尖峰撕囊碎核镊预劈核技术	98
第一节	尖峰撕囊碎核镊技术产生背景	98
第二节	尖峰撕囊碎核镊预劈核技术	99
附:Charles David. Kelman 自传摘录		104
参考文献		114

超声乳化仪的工作原理

目前临床上使用的超声乳化仪种类繁多,但其基本结构相同。超声能量发生系统和液流控制系统是超声乳化仪工作的技术核心。超声能量发生系统由电脑控制,并通过换能器(通常为压电晶状体)将电信号转换为机械能进而在术眼中产生超声能量,超声能量能够克服晶状体的惯性排斥并将其乳化。液流控制系统则能够在一个封闭、稳定的环境中将乳化的晶状体组织清除并以平衡盐溶液取而代之。

第一节 超声能量发生系统

利用超声波能量粉碎乳化并吸除晶状体核的灵感来源于牙科医师应用超声波频率纵向振动金属针头来剔除牙垢。Charles Kelman 正是采用这种原理,将针头的振动和抽吸管道相结合设计出中空超声乳化针头。

一、超声能量产生的基本原理

(一) 换能器

换能器将超声脉冲电信号转换为机械能并在术眼中释放超声能量。主要有磁致伸缩性换能器和压电换能器两种。

磁致伸缩性换能器是基于围绕线圈的层叠磁性薄片,由高频电流通过线圈产生的磁场激发振动。磁致伸缩性换能器的优点为非接触激发,从而避免了电流和换能器接触导致的衰减。这些换能器、耦联结构以及整个手柄都很牢固,可以抵抗机械性损伤,使用寿命长。它们的主要缺点是相对低效。只有一小部分输入能量转换为机械能,大部分转换为热能。温度升高不仅有组织灼伤的风险,同时随着温度的上升换能器效率会下降。

压电换能器以压电逆转现象为基础。压缩的结晶片能够产生电流,反之,电流也可以使这些结晶片伸缩,在高频电流的作用下结晶片以同一频率发生振动。结晶片安装在“角”上,“角”是管径逐渐缩小的一段管道,其末端连接超声乳化针头。“角”的功能类似放大器,可以产生足够的能量进行乳化作用。压电晶状体的优点包括高效率、几乎没有热能的产生、无需额外的冷却。它们体积较小,允许快速运动和精确控制。新机型使用数字输入生成能量,使控制更精确、迅速。许多新的手柄使用多个晶片,从而提高反应性和提供足够的能量乳化成熟的硬核。缺点主要表现在晶片电流连接处以及多层晶片之间的连接处,晶片结构脆性较大,这种特性限制了换能器的寿命,也可能因意外的机械性损伤和产生的振动而变脆和

损坏。

(二) 调谐

任何物质都有其固定的振动频率,在该频率下它可以自然地振动,这就是所谓的共振频率。在该频率的激发下发生的振动,振幅转换成机械能的效率最高,而其他能量形式的转化(如热能)将减至最低。

在白内障超声乳化操作过程中,针头内部将通过阻力不一致的物质。房水比软核阻力小,而软核比硬核阻力小。因此,随着超声乳化针头通过平衡盐溶液进入硬核,共振频率必须调整,以防止低效乳化。低效乳化将延长超声乳化时间,增大功率,进而增加热量的产生。

所有现代超声乳化系统都有一个内置反馈系统不断进行调整,以调谐振动频率至最佳的共振频率。这是系统中央处理器的一项功能。超声乳化仪读取超声乳化针头阻力变化后,对冲程长度或者频率进行细微的调整。AMO Sovereign 系统每 20 微秒调谐 1 次,在 Alcon Infiniti 系统是 100 次/秒。调谐越频繁,乳化效率越高。

(三) 超声能量的产生

能量的产生主要依靠冲程长度和频率之间的交互作用。

频率被定义为针头的移动速度,它由机器的生产商决定。目前,大部分机器运行的频率在 28 700~45 000Hz。该频率范围内对晶状体核乳化的效率最高。较低的频率将会导致低效率,而较高的频率则产生过多的热量。如前所述,因为超声乳化针头需要对不同的物质进行操作,所以调谐是至关重要的。计算机能够通过检测负荷的变化识别电阻的改变,从而做出适当的反应,依靠机器内的运算公式对超声乳化针头的冲程长度及频率作出精细的调整。在使用 Alcon Infiniti 超声乳化仪中“智能脉冲”程序时,如果使用的超声能量的冲击持续时间小于 20 毫秒,进行预设能量冲程之前就会产生一个 1/2 预设能量的低功率脉冲(最大功率的 10%)。其作用为感受核碎片的排斥力并调整冲程以提供一个合适的能量。

冲程长度被定义为针头运动的距离。一般为 2~6mil(千分之一英寸)(0.05~0.15mm)。冲程长度过长容易产生多余的热量。冲程长度的大小取决于超声乳化能量第 3 档控制踏板的幅度。踩下踏板可使针头简谐运动的振幅成比例增加。

二、超声能量的生物学效应

超声能量作用于人体组织可以产生一系列生物学效应,其中冲击钻效应和空穴效应是超声能量粉碎晶状体组织主要的生物物理学基础。

(一) 冲击钻效应

冲击钻效应能量是超声乳化针头直接作用于晶状体核的机械物理冲击。该效应通过超声乳化针头快速向前加速、克服惯性穿透晶状体核并使针头与晶状体核之间紧密接触而实现。

(二) 空穴效应

超声乳化针头在房水中以超音速振动时,将会产生高压和低压区域。低压是由针头向后运动产生的,将溶解在溶液中的气体完全吸出,从而形成 25.4^{-5}mm 大小的微泡。针头向前运动产生了一个同等强度的高压区域,高压区内微泡被压缩并破裂。微泡破裂将产生 7204°C 的温度和 75 000PSI 的冲击波(图 1-1-1)。所有产生的微泡中 75% 发生破裂,聚集形成强大的冲击波,并沿着超声乳化针头斜面方向放射状向前传播。另外 25% 的微泡太大以

至于不能破裂,这些微泡会在冲击波中被消除。空穴效应能量位于超声乳化针头斜面指向的方向,因而术者能控制冲击波及微泡产生的方向。

三、超声乳化能量的释放

超声乳化能量的释放分为连续和非连续两种模式。

在连续释放模式中,踏板进入第 3 档后即持续有超声能量释放。最常使用的是线性控制方式(图 1-1-2)。线性控制是指在预设范围内,通过调整踏板 3 档的幅度来控制能量输出的水平,能量输出以百分数表示,100% 即为输出能量的仪器额定值。当设定输出能量为 80% 时,踏板第 3 档从开始到底的全程会相应地线性变化输出 0~80% 的超声能量。

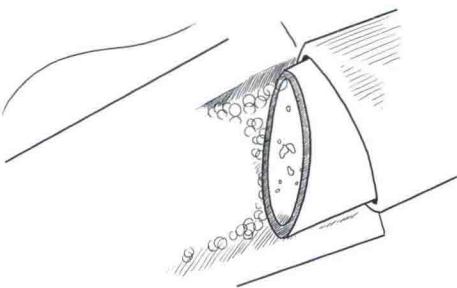


图 1-1-1 空穴效应

超声乳化针头超音速前后振动分别产生高压和低压区域,低压区域内生成的微泡在高压作用下破裂,释放强大冲击波乳化晶状体物质

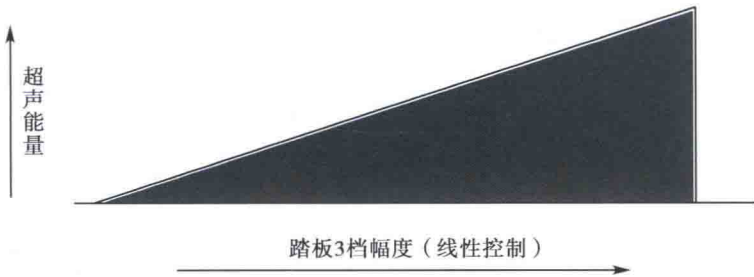


图 1-1-2 连续释放模式

踏板进入 3 档即持续有超声能量释放,线性控制方式中能量随踏板幅度增加而增加

非连续释放模式主要包括 3 种形式——爆破、脉冲和超脉冲。爆破模式是一种能量固定的模式,随着踏板 3 档幅度的加深,间歇期(此期间仅进行抽吸)逐渐缩短,最终过渡至连续超声模式。在脉冲超声模式下,工作期和间歇期均为恒定,随着踏板 3 档幅度的加深,超声能量逐渐增强(图 1-1-3)。所谓超脉冲模式,就是指能量的工作期和间歇期都非常短,标准短脉冲模式为 50 毫秒,而超脉冲只有 5 毫秒。

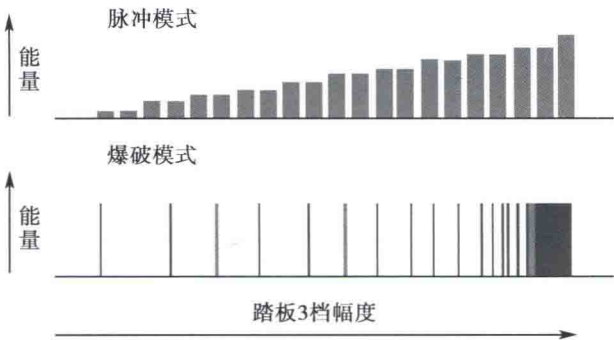


图 1-1-3 非连续释放模式

随着踏板 3 档幅度的逐渐加深,脉冲模式中超声能量逐渐增强,爆破模式中能量维持恒定而能量释放间歇期逐渐缩短

四、超声乳化能量的调整

超声乳化过程最理想的效果是使用尽可能小的能量来实现对核的乳化。多余的能量强

度产生的热量会导致继发性组织损伤,额外的空穴效应能量也会损伤角膜内皮细胞、虹膜并破坏血-房水屏障。超声乳化能量的调整可以通过改变超声乳化能量的大小、持续时间、传递方式来实现。

(一) 调整超声乳化能量的大小

超声乳化针头的冲程长度与其所释放的能量成正比。冲程长度由踏板 3 档的幅度来控制,当设定为线性的乳化模式时,踩下踏板能够增加针头的冲程,也意味着能量的加大。

(二) 调整超声乳化能量的持续时间

使用超声乳化能量的持续时间对传递到眼前段的总能量有着显著的影响。这就需要使用能量调制。例如,连续超声模式使用 1 分钟,那么有效超声乳化时间就是 1 分钟;而如果设定为每秒 10 个脉冲的脉冲模式,那么有效超声乳化时间就是 30 秒,传递到眼前段的能量就是连续超声模式的 1/2。

在超声乳化操作如劈核时,采用脉冲模式下尽可能短的工作时间,可以减少作用于眼前段的能量。另外,利用脉冲或超脉冲模式吸除表层核提高了手术操作的安全性。当表层核被乳化吸除后,由于浪涌的缘故,后囊膜就暴露在超声乳化针头处并且可能靠近针头。利用脉冲模式可以维持较深的前房以便操作,这是因为脉冲模式下能量持续时间和间歇期交替存在。在无能量的间歇期,表层核向超声乳化针头靠拢,出现阻塞,抽吸停止。在开始下一次脉冲能量之前灌注液加深前房,这样能够维持更深、更稳定的前房。

Abbott Medical Optics (AMO) 引入了超脉冲超声乳化 WhiteStar 系统。在这个系统里,短促的能量爆破之间存在极短的抽吸间期。这些爆破能量释放的开/关时间关系称为“占空比”。在一个脉冲周期中,能量激活的时间仅占整个周期的一部分(图 1-1-4)。例如:一个占空比是 50% 的脉冲,开/关时间可能是 4 毫秒开/8 毫秒关,或 6 毫秒开/12 毫秒关。对于前者脉冲周期是 12 毫秒,而后者是 18 毫秒。可以看出相同的占空比下,超声能量激活时间可能有很大不同。占空比的设置取决于术者。Alcon Infiniti 系统超声能量最高脉冲频率设置为 100pps,占空比为 5%~95%;而 B&L Millennium 超声能量最高脉冲频率为 120pps,占空比为 10%~90%。

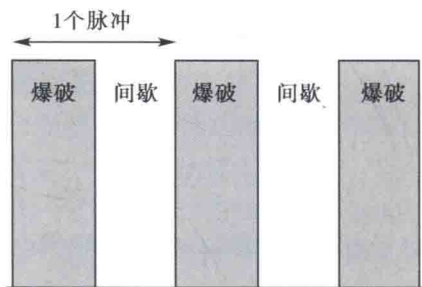


图 1-1-4 占空比

一个脉冲周期中爆破时间和间歇时间交替,构成不同的占空比

(三) 调整超声乳化能量的传递方式

通过选择不同的超声乳化针头可以改变超声能量的强度、流量或两者的结合。正如前面所提到的,能量聚集在超声乳化针头斜面方向。0°针头直接在它前面聚集冲击钻效应和空穴效应。30°针头则将能量聚集在超声乳化针头开口 30°方向。Kelman 针头在针头杆部拐角前方提供大范围、强力的空穴效应力量。这种超声乳化针头最适于硬核超声乳化。喇叭口型超声乳化针头空穴效应能量位于针头斜面开口处,因此超声能量的聚集度高,针头的宽开口使碎片处理更容易。针头的窄“颈”像一个节流阀,通过增加流出阻力从而减少浪涌的出现。

对超声波波形进行优化能够改变超声能量的释放方式,有助于乳化白内障碎片的同时改进核块的跟随性。传统的超声波波形是方形,B&L Millennium 应用的是“圆形波”。这种

调整改变了超声波脉冲的轮廓,所以在脉冲周期模式下脉冲可以从低能量开始逐渐强化到最大预置能量,低能量增强了核碎块向超声乳化针头的移动,从而更易引起堵塞,高能量则增强核碎块的乳化能力。AMO Sovereign 和 Signature 系统设计了一种称为 ICE (增强控制和效率)的脉冲方式:在每个超声脉冲初始有一个极短的微爆破能量,这个“冲击”幅度可以达到脉冲总能量的 12%,当超声能量增加时,它可以增加、减少或保持不变。其目的在于当超声乳化针头工作时,使碎片与针头保持细微的距离,这样就可以有效地乳化碎片而不发生阻塞(图 1-1-5)。

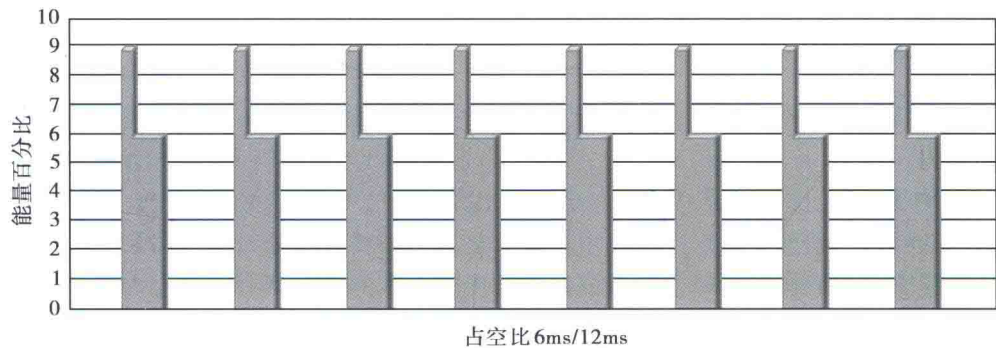


图 1-1-5 Whitestar® ICE 模式

每个脉冲初始有一个极短的微爆破能量,使碎片与针头保持细微的距离,避免发生完全阻塞

扭动模式超声乳化技术是 Alcon 公司在 Infiniti 机器上研发出的超声乳化针头可做侧向扭转运动的技术。OZil 扭动超声手柄既有纵向运动又有扭转运动。纵向运动就如同以 40kHz 频率震动的标准超声乳化针头。扭转运动则是以 32kHz 频率、振幅为 1 个弧度进行的扭转振动(图 1-1-6)。扭转运动可以随手术不同时需要单独使用或与纵向运动联合使用。它需要使用 15° 或 30° 的 Kelman 超声乳化针头来提高乳化效率。扭转运动将最大程度减少核块震颤,增加核块跟随性。但是,在偶然情况下,低功率超声乳化会导致晶状体核碎屑阻塞超声乳化针头,该情况下可以改用纵向超声模式进行乳化。



图 1-1-6 扭动模式
OZil 扭动超声手柄,Torsional 针头

第二节 液流控制系统

液流控制系统的基本作用就是保持液体流入和流出的平衡,维持恒定的前房容积,从而形成一个稳定而深的前房,同时,保持眼内压在生理范围之内。

一、灌注

灌注压是驱动液体流动的压力差。在重力灌注系统中,输液瓶与术眼之间的高度差产生灌注压。在输液泵系统中,输液泵的工作压力决定灌注压。

当机器的流速增加时,从前房流出的液体流量也相应增加,这要求灌注量相应增多以维持眼内环境的稳定性。因此,当机器的流速增加时,灌注瓶的高度也应升高,否则就会发生前房不稳定。灌注管的直径和弹性在灌注压调控中没有太大的意义,因为重力势能和动能的大小在灌注瓶方面很少发生改变。

二、抽吸

抽吸系统能够清除眼内乳化的晶状体组织,同时平衡灌注压力以保持眼内压维持在生理范围之内。

(一) 抽吸设置

包括抽吸速率和抽吸水平。

抽吸速率:即流量,是指每分钟通过抽吸管道的液体体积,以立方厘米 / 分钟为单位 (ml/min)。在蠕动泵中抽吸速率取决于泵的转速。流量决定着超声乳化针头把物质吸引至针头前端的力量。流量的调整可影响前房内超声乳化的速度。因此,如果超声乳化过快,应减慢流速;相应地,如果超声乳化速度太慢,则应增加流速。

抽吸水平:即负压,以毫米汞柱 (mmHg) 为单位计量,它定义为管道内产生的负性压力。一旦超声乳化针头阻塞,负压决定了超声乳化针头对核块握持力的大小。

(二) 负压的形成

负压的形成源于负压泵。负压泵有 3 种类型:流量泵、真空泵以及混合动力泵。

流量泵的代表是蠕动泵。该泵由一系列的滚珠组成,可持续挤压抽吸管道,使管道内液体单向流动形成负压。泵的转速决定了流量。该泵的重要优势之一是可以独立控制抽吸速率和抽吸水平(图 1-2-1)。

真空泵的主要代表是文丘里泵。在文丘里泵中,压缩气体通过文丘里管时产生负压,与文丘里管相连的刚性集液盒连接到抽吸管道(图 1-2-2)。压缩气体通过文丘里管的速度形成了不同水平的负压,再将负压通过集液盒传输到抽吸管道,这就形成了不同的负压值。真空泵可以直接控制负压水平,而流量则依赖于负压水平设置,因此,该泵无法独立控制抽吸速率。

泵的基本类型经过现代化改进,促进了新的类型的产生,即混合动力泵。该泵通过涡流槽和涡流杆之间特定的运动方式挤压液流产生负压,能够同时

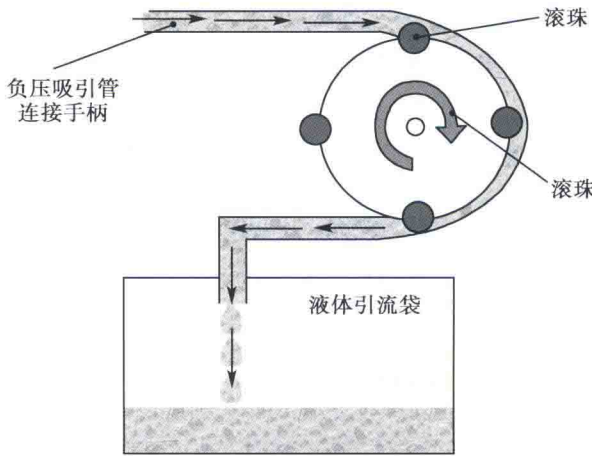


图 1-2-1 蠕动泵

由一系列的滚珠组成,可持续挤压抽吸管道,使管道内液体单向流动形成负压

像真空泵或流量泵一样工作,具有很好的灵活性和响应能力。混合动力泵的代表是 Allergan Sovereign 蠕动泵或博士伦公司 Concentrix 泵。某些机器(如 AMO Signature 和 B&L Stellaris)会提供两种泵以供术者选择。

(三) 流量控制

精确控制抽吸量非常困难,因为在超声乳化手术当中存在很多因素会影响液体流出的体积和流速,这些因素包括切口大小、超声乳化针头的直径、套管直径、泵的类型和设置、抽吸管道的直径和顺应性等等。此外,计算机软件的设计在控制流出量和流速上也有重要作用。

切口大小是决定液体流出量的一个重要变量。这其实是套管 - 切口相互关系所控制的泄漏量。切口大小的选择要建立在超声乳化针头和套管的选择上。这样可以在尽量减少切口液体泄漏的同时提高前房稳定性。如果对选定的超声乳化针头和套管而言切口过大,导致过多液体流出,就需要增加液体灌注量以维持前房深度。增加灌注流量不仅损害角膜内皮细胞,且术中进一步改变灌注流量会导致前房容积的突然变化,这会造成前房不稳定,并增加后囊膜破裂的危险。如果切口太小,套管被压迫变形,会导致灌注量不足从而使前房稳定性下降,此外,灌注量减少时冷却能力下降,可能会引起切口灼伤。

在整个超声乳化过程中需要平衡几个方面的作用:使核碎片远离超声乳化针头的超声乳化能量的作用、吸引核碎片向超声乳化针头移动的抽吸作用以及将核碎片握持在超声乳化针头的负压的作用。一般而言,低流速减慢眼内操作,而高流速高负压则加快眼内操作。在对较硬或较大的核刻槽时,低流速低负压有利于避免损伤邻近的虹膜或前囊膜组织,而在超声粉碎核块时,高流速高负压有利于增加对核块的握持力,提高手术效率。

三、泄压

通常在超声乳化或灌注和抽吸(irrigation/aspiration, I/A)过程中,有些不希望抓到的组织会被吸入针头,这些被吸住的物质需要立即释放。而泄压装置正是通过降低抽吸管道的负压来完成释放。当术者从 2 档或 3 档抬起脚踏,泄压装置就会启动,空气或液体就会流入抽吸管。目前大多数装置使用液体达到泄压的目的。液体流入到抽吸管中,从而降低负压并使不需要的物质释放。

有些机器,为了获得选定的负压水平也会启动泄压装置。可控的泄压装置阻止更高负压的产生并按要求保持预设的负压水平。

四、双手灌注和抽吸

灌注和抽吸分离的双手套管由 Peter Brauweiler 引进欧洲,目前已经被广泛接受。在该项技术中,用类似穿刺口的小切口放置套管。小切口和更小的套管可控制液体进出流量,从而保证前房的稳定性。交换双手套管就能到达操作困难的皮质区域。双手技术尤其适用于

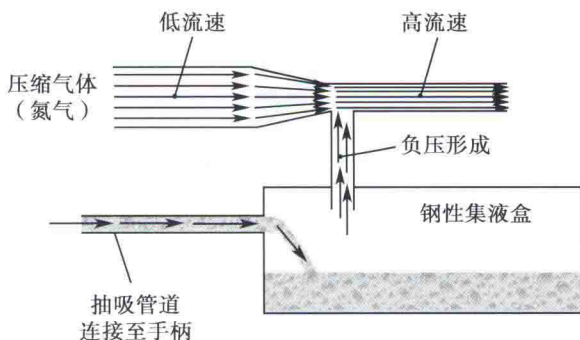


图 1-2-2 文丘里泵

压缩气体通过文丘里管时产生负压,并通过钢性集液盒抽吸管道

复杂状况下皮质的移除。当后囊撕裂时,可以通过调整抽吸针头的位置和减少前房内液体波动,最大限度地减少玻璃体前界膜破裂而需行玻璃体切除术的风险。此外,在悬韧带断裂的病例中,抽吸套管灵活的可操作性可以安全有效地吸除皮质从而避免悬韧带的进一步破坏。

五、浪涌

(一) 浪涌的成因

当超声乳化针头阻塞时,液流立即中断,负压快速上升到最大预设值。阻塞的碎片被乳化后,阻塞解除,在高水平负压下流量立即恢复到预设值。此时会产生一个从眼前段到超声乳化针头的急速液流,而向前房内灌注的液体暂时不能快速填充前房。因此,后囊膜随着前房变浅快速向超声乳化针头移动,角膜也常常发生塌陷。后囊膜被吸附或是核碎片周围的囊膜突然被强力拉伸,都可能导致囊膜撕裂。此外,如果抽吸管道没有强化以防止塌陷,在阻塞时管道将会收缩变窄;当阻塞解除时管道又会扩张,这种扩张也是产生浪涌的一个额外因素。

(二) 浪涌的控制

浪涌会增加后囊膜破裂以及眼内其他邻近组织损伤的机会,是任何一名术者都不愿意看到的事情。术者和制造商会考虑改进液流控制系统和超声乳化能量释放模式来减少浪涌的发生。浪涌产生的主要原因是阻塞解除,主要的技术改进都围绕着阻塞和阻塞解除的不同时期而开展。

1. 预阻塞期 以往,唯一控制浪涌的方法是选择低流量和低负压来减轻完全阻塞解除后的前房塌陷。这种做法减低了抽吸流量和对核块的握持力,延长了手术时间。为了提高手术效率,目前预阻塞期减少浪涌最有效的方法不是对液流的调整,而是对能量释放模式的调整。

微脉冲模式是一项技术革新。有能量的极短脉冲后紧接着有一个无能量的间歇期,间歇期内只有抽吸,这有助于在不堵塞超声乳化针头的情况下更好地握持核碎片。因此,在该能量模式中,乳化是在针头没有阻塞的情况下通过冲击钻和空穴效应结合完成的。没有完全堵塞就不会产生浪涌。微脉冲技术是 AMO 的一项专利发明,最早用于 Sovereign Whitestar,现在所有的机器制造厂家都可以提供。

2. 阻塞期 阻塞期减少浪涌的技术改进主要集中在液流控制方面。

第一种方法是 ABS 超声乳化针头 (Alcon) 的使用。这个针头杆部钻有 0.175mm 的孔。当针头阻塞发生时,液体会通过该孔流入(图 1-2-3)。液体流量取决于负压和流量的设置。例如,负压为 50mmHg 时该孔的流量是 4ml/min,当负压是 400mmHg 时,流量是 11ml/min。由于该孔始终保持一部分液流,实际上不会完全阻塞,这就防止了负压过高,从而降低了阻塞解除后的浪涌。

第二种方法是 AMO Sovereign/Signatru 和 B&L Millennium/Stellaris 使用的蠕动泵 (advanced fluidics system) 以及 Alcon Infiniti 的动态上升功能 (dynamic rise),可以实现对负压上升时间的调整。在阻塞期

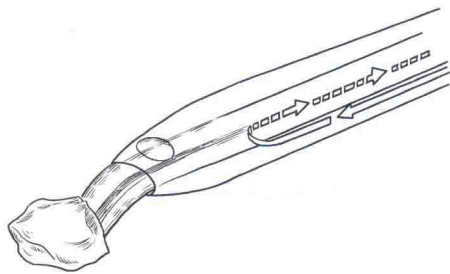


图 1-2-3 ABS 超声乳化针头
杆部钻有 0.175mm 的孔,当针头阻塞发生时,液体会通过该孔流入,防止了负压过高

通过降低泵速,降低高负压上升速度,从而减少浪涌。

第三种方法是由 AMO 和 B&L 研发的双线性脚踏板。通过脚踏板的侧向偏移,将超声能量和抽吸功能的控制独立开来(图 1-2-4)。线性负压设置能使负压调整到恰好引起堵塞的水平,但是又不会太高,从而极大降低了阻塞解除后的浪涌。这一负压控制方法对阻塞期与阻塞解除期均作出了调整。

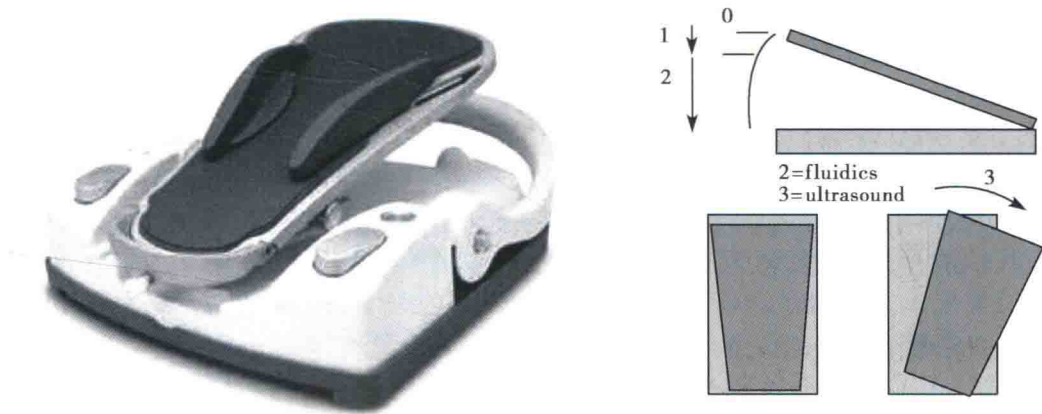


图 1-2-4 双线性脚踏板
通过脚踏板的侧向偏移,将超声能量和抽吸功能的控制独立开来

3. 阻塞解除期 曾经有一种控制浪涌的方法是在整个阻塞期使用前房稳定器。这种恒流装置在超声乳化的全过程起到了加深前房的作用以减轻阻塞解除时因快速的液体外流而引起的前房塌陷,但是效果不明显。

目前,当完全阻塞发生时,通过瞬间降低负压或流量来降低超声乳化针头的抽吸量是一种很有力的降低浪涌的方法。这种类型的浪涌控制方式最早见于 AMO Sovereign。在这台机器中,微处理器每秒采集负压和流量参数 50 次,可以“真实”地模拟前房。浪涌的时候,机器可以感知流量的增长并即时地降低泵速或通过泵的反转来终止浪涌的产生。此外,该装置有程序控制的阻塞阈值设定。当负压达到这一阈值,该程序会启动一个新的流量能量模式。与此同时,脉冲频率可以自动降低,从而进一步稳定前房。不断改进的数字控制系统可在极短的时间(如 26 毫秒)内将负压下降到预设的负压值,下降时间短暂,高水平的负压还来不及形成,从而阻止了浪涌的发生。

4. 管道顺应性 管道的厚度和硬度以及管内径决定了超声乳化过程中液体流动时管道的塌陷和扩张能力。如果在高负压时管道发生塌陷,那么当超声乳化完成时管道就会扩张,前房液体流出量增大,这种管道的瞬间扩张是阻塞解除期浪涌发生的额外因素。管道顺应性越低,当超声乳化针头阻塞和负压升高时发生管道塌陷的可能性就越小,有利于减少浪涌的发生。

第三节 玻璃体切割模式

很多机器都带有玻璃体切割模式。它们使用与超声乳化同样的灌注抽吸管道并与玻