

激光血管成形术及其临床应用

奇 云

(安徽省淮南职业医专, 232001)

一、研究进展

自从 1960 年梅曼制成第一台红宝石激光器, 实现了卓越的物理学家爱因斯坦的科学预见之后, 第二年激光就被用于眼科的视网膜焊接。在此之后的 30 多年间, 激光的应用日新月异、突飞猛进, 逐步发展成为一门应用十分广泛的科学技术, 并且有着极为广阔的发展远景。为此, 激光被列为本世纪三大发明之一(与半导体和原子能相并列)。

激光技术之所以发展快、应用广、影响深, 最主要的原因是: 激光具有普通光无法比拟的优异特性, 如亮度高, 方向性、单色性、相干性好等。就生物体而言, 激光的能量被生物组织吸收后, 会产生一系列的生物效应。直接的生物效应有热效应、光化学效应、压力效应、电磁效应、生物刺激效应等多种。目前, 激光已深入到医学科研和医疗实践的各个方面, 一门崭新的激光医学新学科正在逐渐形成, 并涌现出一大批医用激光新技术, 激光血管成形术便是其中之一。

激光血管成形术是介入放射学的一个重要组成部分。所谓“介入放射学”, 就是在医学影像学(X 射线、CT、MPI、超声)等的引导下, 采用经皮经腔穿刺或通过某种原有通道, 将特制

的导管、器械、栓塞剂“介入”人体内部, 以达到特殊的诊断和治疗目的。激光血管成形术是利用光导纤维, 将激光器产生的热能“介入”动脉血管内, 让血管内的粥样斑块气化, 并使血管再通。

激光血管成形术的研究及开发虽然只有近 10 年的时间, 而且目前尚处在实验及临床研究阶段, 却展现了极其广阔的应用前景。

目前, 激光血管成形术中常用的激光源有氩离子激光器、掺钕钇铝石榴石激光器、二氧化碳激光器及准分子激光器等。其中, 以钇铝石榴石激光器较为普遍, 其主要优点是价格相对低廉, 输出功率可超过 100 W。它的输出波长是 1064 纳米 (nm)。这一波长很容易通过光导纤维和水输出, 而血和血管壁正常组织吸收都较差。激光发射功率的选择受几方面因素的限制, 激光功率发射高容易造成血管壁穿孔, 而激光发射功率不足, 则不能充分有效地气化血管内血栓及动脉硬化斑块。连续形式的激光发射比间断脉冲式的更易造成血管壁穿孔。因为后者使血管壁组织得以在两次发射间隔期冷却, 以避免血管壁过度的热损伤, 而造成机械及热穿孔。除此之外, 随着激光发射, 光纤头前方的碳化组织以及粘附在光纤头部的碳化组织的增多, 都可以增加吸收光能而使激光的实际发

太阳发射的能量或 20 倍银河系发射的能量; 并发现了一颗活动星系核。王力帆博士和他的同事们则用 2.16 米望远镜观测了超新星 SN1993 J, 首次发现了这个超新星爆发的不对称性和光谱线出现的显著红移, 并且对这一现象作出了合理的解释。利用 2.16 米望远镜是东亚地区最大口径的天文望远镜这一地域优势, 使得它在作 24 小时连续监视一些变化剧烈的活动星系和变星的国际合作观测方面作出了应有的贡献。例如对赛弗特星系 NGC 5548 的国际联测, 和国际多台址变星联网观测中, 它都发挥了重要的作用。

2.16 米望远镜是对全国和国外天文学家开放的, 已经有不少天文学家已取得资料并正在处理。也有不少天文学家等待着利用它来得到所需要的观测资料开展研究。我们期望他们取得成功, 也更希望更多的天文学家参加望远镜时间的竞争并取得成功。

射功率下降。

激光能量被转换成热能后,对血管壁的影响包括细胞崩解、死亡、凝固性坏死、组织碳化和气化。激光所产生的气化作用仅是对血管内阻塞物质如血栓及动脉粥样硬化斑块来说的,气化后产生多种裂解物质,主要是可溶性气体,如水蒸汽、CO₂、N₂和一些小分子物质。这些物质很容易被血液吸收,并且无毒性,更不会造成末梢血管的栓塞。血管横断组织学切片显示,激光血管成形术后血管中心的气栓可被气化。而气化周围边缘是热坏死带,这些坏死带的内层是碳化组织,细胞破坏、空洞化,最后是病灶周围水肿,呈梯度分布。

在激光血管成形术中,选择合适的光纤导管系统及合适的探头十分重要。早期的研究均用裸露的光纤作为把激光束导向患者病变部位的传递工具。利用光纤-导管共轴系统,将导管抵近病变处直至完全不能推动为止,再将光纤纤维插入导管内推进,光纤在导管的导向下也达到病变处,并使之露出导管头2mm。裸露光纤组成的光纤-导管共轴系统的特点是,能将激光能量通过裸露的光纤头部直接释放到靶组织上,而使激光能量最有效地被利用。但这种纤维头部比其它头部结构更容易造成血管壁机械性或热穿孔。这主要因为,裸光纤头端坚硬纤细,使动脉壁在血栓发生气化之前很可能穿孔,特别是在同一位置同时有高能激光连续发射的时候。此外,激光照射后气化物粘附于光纤头部,易造成激光能量的衰减。且裸露光纤直径较小,激光照射后形成的腔径亦较小,故现已较少应用。为了克服这类障碍,近年研究了下列新方法:

1. 在光纤头部套上一个钝圆的金属帽。这样既可扩大气化孔径,又可减少机械损伤。为了使金属帽保持在管腔中心位置,可在金属帽上设置导丝孔,防止偏移。为了增强金属帽前端的气化能力,帽的前部可开窗,容许20—40%的激光直接射出。这些改进已开始临床试用。另外,也可用蓝宝石探头取代金属帽探头。蓝宝石探头被做成球面结构,类似透镜,可以允许

90%的光线通过。激光束能被聚焦,聚焦点离蓝宝石表面大约1.5mm。它主要优点是热效率高,对周围组织损伤少,发生血管壁穿孔的机会少。但由于其制作工艺复杂、成本高,使其应用受到一定限制。

2. 为了避免热损伤,人们对紫外激光寄予希望。因为它是以光化学效应来“气化”组织的,温度不超过63.5℃。这种激光一般光纤就可传输了,并已开始试用于临床。

3. 为了增加斑块对激光的吸收,从而减少激光剂量,已经证实四环素和某些血卟啉衍生物能更多地进入斑块,其浓度是动脉正常区的4倍(四环素),其光吸收峰为355Å,用紫外或掺铋钕铝石榴石激光三倍频波激光照射,产生气化坑的深度是正常区的两倍。实验性粥样硬化型小猪静脉注射血卟啉衍生物(简称DHE)后24小时,DHE主要分布到斑块内,以632nm激光照射,使6/8条髂股动脉的狭窄从71%下降到55%(照射后立即)、17%(两周后),4/6条血管两周后狭窄为零。

4. 利用斑块与正常血管在激光激发下产生不同荧光,可用计算机识别并操纵气化激光器的启用,当气化达正常组织时,激光自动关闭。这种计算机-双激光系统应用于下肢动脉阻塞的再通,疗效明显。

5. 激光血管成形术与球囊成形术联合应用。球囊成形术是用特制的带囊导管对病灶管道进行扩张。导管是双腔的端孔,气囊的直径和长度可制成不同型号,以适应不同管径动脉(或管道)的扩张。激光血管成形术与球囊成形术联合应用的技术,叫激光球囊血管成形术,是在传统的冠状动脉成形术过程中,用激光能量对血管组织作短暂加热,通过闭合夹层和减少弹性回缩来获得较大管腔。此外,气囊充气后可暂时阻断血流,便于治疗。激光球囊成形术由光纤、气囊、导管组成共轴系统。先将带有气囊的导管头抵近病变处,并将光纤插入气囊导管。光纤在气囊导管的导向下,也可抵达病变处,并使之露出导管头2mm。光纤-气囊导管共轴系统每次发射激光前,需要先将气囊膨胀,

以便使光纤对准靶心,发射完毕后,轻轻推动光纤向前,反复几次直至光纤通过病变血管再通为止。对光纤-气囊导管共轴系统的病变经造影证实血管再通后,撤回光导纤维,换成导丝通过病变部位,再沿导丝推进气囊导管到该病变部位,实施气囊导管扩张术。扩张后再行血管造影证实,并测量扩张后的血管内径。这是一种很有发展前景的新技术,目前正在完善中。

二、临床应用

1989年,美国三个研究中心对完全阻塞的冠状动脉和移植静脉施行激光血管成形术,获得成功。35例冠心病患者的36支完全阻塞的血管用氩离子激光直接照射再通,再通率为92%。手术经过是这样的:在激光治疗前,先用高扭矩导丝试行通过阻塞处。若能通过,则选择球囊成形术,否则换用拉斯特克球囊导管,进行激光再通。具体步骤如下:插入气囊导引导管,距阻塞处1mm充气,拔出导丝,插入光纤,在透视指引下使其光纤顶端刚刚露出导管约2mm,以10W激光照射1—2s,每次总能量达10—10J,可在斑块上产生深2—3mm、面积 2mm^2 的坑凹。将气囊放气后,把导管和光纤向前推进,重复照射,直至完全再通。存在的问题之一是,如果病变位于动脉的远端,气囊导管插入后将无充气的余地。

1991年,雷斯对21例患者作急性择期激光球囊血管成形术,术前均有心肌梗,其中10例系常规冠脉成形术失败(定义为管腔突然闭塞或球囊充气3分钟以上仍未建立有效的前向血流)而作紧急激光球囊成形术,另11例为择期手术。术前给予静脉麻醉,插入三腔激光球囊导管,置于病变处。将球囊充气至4个大气压,按预定程序在20s内释放1—10个剂量(每剂量205—380J),随后继续使球囊充气30—40s,使血管壁温度恢复正常,放气后取出导管。10例紧急激光球囊成形术者中,7例(70%)术后获得冠状动脉血管再通,心绞痛症状减轻。11例择期激光球囊成形术者术前冠状动脉最小内径为 $0.45 \pm 0.25\text{mm}$,常规冠状动脉成形

术后增至 $1.85 \pm 0.46\text{mm}$,激光球囊成形术后增至 $2.44 \pm 0.29\text{mm}$ 。该组患者中无一例发生心肌梗塞或作紧急冠状动脉旁路手术,亦无死亡,无一例发生与激光能量释放有关的并发症。

奥地利多个医疗研究中心338例激光血管成形术,用掺钕钇铝石榴石激光,蓝宝石探头,早期再通成功率为85%,2年再通率68%,累积再通率62%。在激光热端技术的基础上,又发展了射频探头和热球囊,可用于冠状动脉和下肢动脉。

激光血管成形术后血管早期开放率各作者报告不一,为40—100%。据近年国际多个医疗单位286例结果,1—7cm长的血栓病变,早期再通率为88%,8—15cm者为74%,2年后累积开放率为82%,但再狭窄或闭塞的发生率不低,为18—26.7%。

激光血管成形术应选择适宜波长的激光。根据对利用308nm准分子激光加球囊血管成形术治疗30例31处股腘动脉狭窄或闭塞患者的初步临床观察,总成功率为77%。其中治疗狭窄的成功率为78%,闭塞6—10cm者为88%,11—15cm者为75%,大于15cm者为33%。实践证明308nm准分子激光所产生的最小热量足以气化动脉粥样瘤,而对组织损伤最小。这种308nm准分子激光甚至可以气化诸如骨骼的致密钙化物质。因此,准分子激光血管成形术治疗外周血管疾病安全可行,具有实用性。

各种物质或介质对激光的吸收有所不同。动脉粥样硬化斑块物质的组成成分较复杂,个体间斑块的特性亦各不相同。因此在选择激光的能量照射时间时,一定要注意个体化。利用血管内窥镜、血管造影、多普勒血流计等方法,测定激光照射前后血管的内径变化,可以衡量激光血管成形术的血管再通的效果。

激光血管成形术的远期疗效,是一个值得探讨的问题。有人应用氩离子激光对8例接受旁路手术的患者进行冠脉成形术,术后即刻全部血管获得再通。但术后3个月又全部闭塞,其机制尚不清楚。有些研究者认为,可能与同

核磁共振及其应用

黄笃之 贺 锋

(湘潭师范学院物理系 411201)

具有磁矩的粒子(如原子、电子、原子核等)在磁场中形成若干分立的能级(即塞曼能级),在适当的交变电磁场作用下,可以激发粒子在这些能级之间的共振跃迁,这就是磁共振现象。1945年哈佛大学的伯塞尔和斯坦福大学的布洛赫所领导的两个小组同时独立设计、独立实验观察到核磁共振(简称 NMR)现象,此后,已取得令人瞩目的进展, NMR 技术已成为探索物质微观结构和运动状态的重要手段。现在核磁共振技术在物理、化学、生物、医学等领域都获得了非常广泛的应用。

根据量子理论,原子核磁矩 μ_I 和自旋角动量 P_I 有下列关系:

$$P_I = \sqrt{I(I+1)} \cdot \hbar \quad (1)$$

$$\mu_I = \gamma P_I = \gamma \sqrt{I(I+1)} \cdot \hbar \quad (2)$$

其中 γ 是核的旋磁比, I 为核的自旋量子数,对于自旋量子数为 I 的核,它的自旋角动量在外磁场 B 方向的投影 P_z 中能取以下数值:

$$P_z = m\hbar \quad m = I, I-1, \dots, -I+1, -I \quad (3)$$

其中 m 是磁量子数;相应地,磁矩在外场方向的投影 μ_z 只能取以下数值:

$$\mu_z = \gamma m\hbar \quad m = I, I-1, \dots, -I+1, -I \quad (4)$$

即核磁矩在空间的取向是量子化的。因此,磁矩与外场的相互作用能也是量子化的,并形成分立的能级——核的塞曼磁能级:

$$E = -\mu_I \cdot B = -\mu_z \cdot B = -m\gamma\hbar B \quad (5)$$

由此可知,此磁能级是等间距分裂的,由磁偶极

跃迁的选择定则: $\Delta m = \pm 1$, 可得两相邻磁能级间的能量差为:

$$\Delta E = \gamma\hbar B \quad (6)$$

当垂直于恒磁场 B 的平面上同时加上一个射频场 B_1 , 其相应的能量 $h\nu$, 并与塞曼能级间隔相等时,将发生核磁共振:

$$\Delta E = \gamma\hbar B = h\nu, \quad \omega = \gamma B, \quad \omega = 2\pi\nu \quad (7)$$

其中 ω 为共振时的射频磁场的角频率。对于不同的核,旋磁比 γ 已被精确测定,根据式(7),只要测出核磁共振时射频场的频率 ν 就可以测出被测磁场,这就是核磁共振在磁场测量中的应用。对于一般弱磁场 (10^{-8} — $10^{-2}T$) 和中强磁场 (10^{-2} — $2T$) 采用氢核,如用纯水等;强磁场 (2 — $30T$) 多采用铯核和锂核,如重水、硫酸锂等,它们的旋磁比为:

$$\gamma(^1H_1) = 2.6751301 \times 10^8 (T \cdot s)^{-1}$$

$$\gamma(^2H_1) = 0.410651 \times 10^8 (T \cdot s)^{-1}$$

$$\gamma(^7Li_3) = 1.039651 \times 10^8 (T \cdot s)^{-1}$$

核磁共振磁强计将磁感应强度 B 的测量,转变为具有现今最高精确度的物理量——频率的测量,因此它是目前测量磁场最精确的方法,并作为标准的磁场测量仪器来校准其它的磁场测量仪器。

核磁共振的大量应用是在化学方面,核磁共振对化学位移、自旋耦合、弛豫过程、自旋密度的测量,为化学分析提供了很好的手段。由于核周围电子的磁效应,一个核实际上所受到的磁场作用并不会恰好就是外加磁场 B_0 , 实际作用在原子核上的磁场为:

$$B_i = B_0 - \sigma_i B_0 \quad (8)$$

一定的危险。目前仍需对激光光源、光导纤维,特别是光导纤维探头进行大量的研究改进工作。

虽然激光血管成形术已在临床应用中取得可喜成果,但这项新方法还有其局限性,并存在