

## 准分子激光离体血管成形术

胡雪金 赵震声 王伟

(中国科学院安徽光学精密机械研究所)

汪道文 余枢 吴天根 陆再英

(武汉同济医科大学附属同济医院)

**摘要:** 用波长308nm的XeCl准分子激光照射试管内及离体动脉内血栓和主动脉壁,经目视观察及组织学检查表明:准分子激光能有效地汽化血栓;若保持激光与血管同轴,则可避免损伤血管壁;准分子激光照射血管壁形成的切割边缘整齐,组织学上无热损伤现象。因而准分子激光可以安全有效地应用于血管成形术。

### *In vitro angioplasty of excimer laser*

Hu Xuejin, Zhao Zhensheng, Wang wei

(Anhui Institute of Optics & Fine Mechanics, Academia Sinica)

Wang Daowen, Yu Shu, Wu Tiangen, Lu Zeiyin

(Wuhan Tongji Hospital of Tongji Medical University)

**Abstract:** Thrombus and aorta wall are radiated by excimer laser at 308 nm. It is showed that the excimer laser can be used safely and effectively in angioplasty without thermal injury of artery wall.

激光汽化血管内硬化斑块引起了医学界极大的兴趣,人们希望它能成为治疗冠状动脉疾病的有效手段。

Ar<sup>+</sup>、CO<sub>2</sub>和YAG激光均能汽化血栓及动脉粥样硬化斑块而使闭塞的血管再通<sup>[1~3]</sup>。初步临床实验也证明该技术不仅可行,而且具有广阔的应用前景。但由于上述激光组织吸收率低,穿透力强,常导致明显的血管热损伤(甚至穿孔),以及随之而来的血管再闭合。尽管采用同轴技术及加用降温系统可使损伤减轻,但仍难避免<sup>④</sup>。随着准分子激光在医学界的推广应用,给激光血管成形术带来了新的生机。准分子激光是波长短、峰值功率高的脉冲式紫外激光,不仅能有效地汽化动脉粥样硬化斑块,而且切缘整齐,没有热效应。

本工作是准分子激光血管成形术的基础实验,以确定准分子激光汽化血栓的精确结果及在空气、血清、血液或生理盐水中紫外激光对血管壁的作用,为临床应用提供可靠的数据。

## 实验装置、材料及方法

实验采用非稳腔的XeCl准分子激光器(308nm), 发散角 $1.04 \times 0.07$  mrad, 脉宽20 ns, 经焦距为150mm和500mm的透镜聚焦在血栓或血管壁上, 焦点光斑大小为 $0.6 \times 0.7$  mm<sup>2</sup>和 $1.5 \times 1.5$  mm<sup>2</sup>。实验装置见图1。

样品: (1) 血栓制备: 取健康自愿者血液注入长50mm, 内径3.2mm, 一端堵盖橡皮塞的石英玻璃管内, 放置20~30 min, 用3000转/min的速度离心15min后, 去除血清即得新鲜血栓(温度保

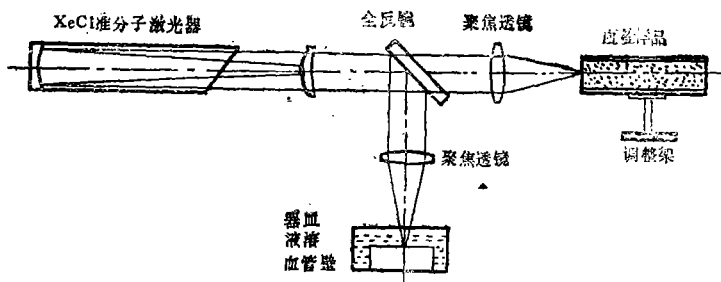


图1 准分子激光血管成形术实验装置图

持于4℃), 在4 h内用激光照射。(2) 血管内血栓: 从刚处死的猪体内取出颈动脉及股动脉, 内径2.8~3.2mm, 外径4.2~5.0mm。将其游离后, 剪成10~15mm长的血管段置入玻璃管或小木槽内, 注入新鲜自愿者血液, 自然凝固30min后, 用激光照射。(3) 主动脉血管壁: 从刚处死的猪体内取出主动脉置4℃环境中, 将其纵向切开制成 $30 \times 20$  mm<sup>2</sup>大小固定于调整架上。

激光照射的全部实验均在离体情况下进行。固定激光重复频率(1Hz), 改变单脉冲能量及脉冲次数。(1) 将试管内血栓置于激光焦点位置, 并与光路同轴。单脉冲能量为10~100 mJ (功率密度约 $1.2 \sim 12$  GW/cm<sup>2</sup>), 每标本照射的累计能量为10~50J, 重复一次, 然后测量并计算平均汽化深度。(2) 血管内血栓标本用玻璃管或木槽为载体, 与激光同轴置于焦点处, 分别用不同的单脉冲能量照射, 至血栓完全汽化为止。然后将血管壁取出作肉眼观察及组织血栓检查。(3) 将主动脉壁标本的内膜面垂直位于激光焦点处, 单脉冲能量为15~50 mJ, 累积总能量为1J (150mm焦距的透镜) 或2J (500mm焦距的透镜); 另外, 固定单脉冲能量为15mJ, 分别在空气、生理盐水、1mm深的血清或抗凝血液中照射10~300次。照射后先用肉眼观察其变化, 再沿汽化孔切开, 测量汽化深度。将待作组织学检查的血管壁立即置入20%的Formalin溶液中固定, 然后制成病理切片, 用H-E染色, 作光学显微镜检查; 将经25mJ单脉冲能量照射50~100次后的主动脉壁标本立即放入2.5%的戊二醛溶液中固定2h, 然后取出置入0.1M的磷酸钠溶液中保存于4℃环境中, 制成超薄切片作电镜观察。

## 实验结果

在激光汽化血栓时, 激光与血栓接触的界面产生明显的火星, 同时闻及“啪”的爆破声, 伴有少许液化物向外溅射及少许气体溢出, 并嗅及焦臭味。激光单脉冲能量及累加能量与血栓的汽化深度的关系曲线如图2和图3示出。图4和图5分别给出准分子激光汽化主动脉壁时, 汽化深度与单脉冲能量以及脉冲次数的关系曲线。

在照射主动脉壁时, 除了汽化血栓时所见到的现象, 还见到部分荧光透过动脉壁, 并有明显的散射现象。照射后用肉眼观察, 汽化点周围没有碳化及苍白区。沿汽化孔纵向切开

后,可见一上宽下窄的“V”形缺损区,切割边缘整齐,无碳化及其它颜色改变。经光学显微镜检查,“V”形区内无组织碎片及碳化物,边缘整齐,邻近组织无凝固性坏死,无空泡变性,细胞间隙不增宽,结构正常。

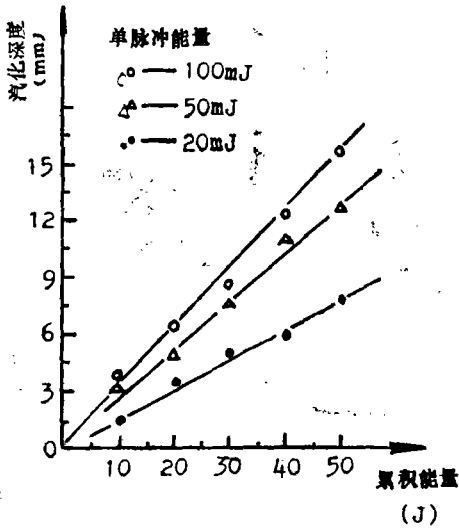


图2 准分子激光汽化试管内血栓,累积能量与汽化深度的关系

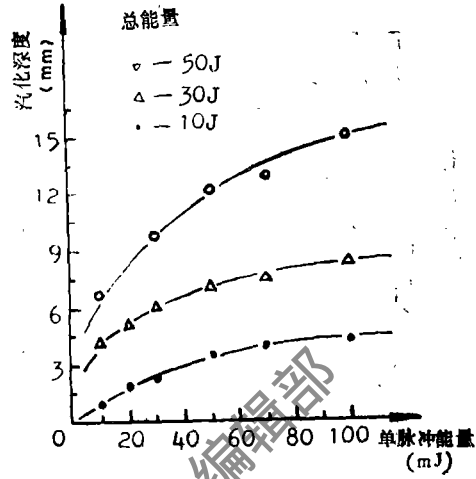


图3 准分子激光汽化试管内血栓,单脉冲能量与汽化深度的关系

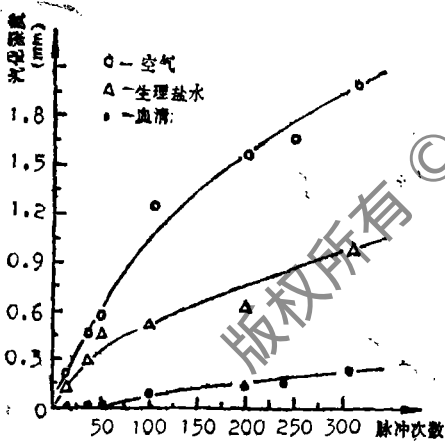


图4 准分子激光透过空气、生理盐水和血清照射血管壁,脉冲能量15 mJ时,脉冲次数与汽化深度的关系

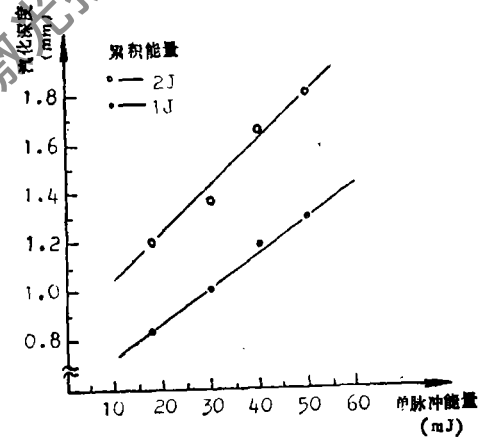


图5 准分子激光照射血管壁(空气中),单脉冲能量与汽化深度的关系

激光汽化血管内血栓时,经肉眼及放大镜观察,保持同轴汽化的血管段纵向切开后均未见血管损伤;未能保持同轴的血管段,在激光作用处形成 $2 \times 3 \text{ mm}^2$ 的颜色稍暗区域,无明显溃疡或切割口形成。经组织学检查,保持同轴照射的血管内血栓完全或大部被汽化消失;血管壁结构完整,无碳化层,亦无凝固性坏死及空泡变性等改变。未保持同轴照射的血管仅在激光照射处形成血管内膜缺损,中膜层结构正常,临近组织无损伤。

在透过生理盐水、血清和血液汽化血管壁(见图4)时发现,准分子激光几乎全被血液

吸收,大部分被血清吸收,生理盐水则吸收较少。这些结果为临床应用时选用不同的保护介质和激光参数提供了依据。

## 讨 论

激光血管成形术能使血管内阻塞物汽化消失,这是其它方法所不能达到的。目前医学界通常采用的 $Ar^+$ 、 $CO_2$ 和YAG激光主要通过热效应起作用,因而在使血管再通的同时,常导致明显的血管损伤。所以选择合适的光源、确定合理的参数,使之既能汽化阻塞物又不损伤血管,或采用某些保护措施使损伤减至最低是血管成形术亟待解决的问题。

紫外波长的准分子激光能较好地为生物组织吸收,经光化学作用使组织汽化,没有或仅有极轻的热损伤。它可对生物组织进行精确刻蚀<sup>[4]</sup>;并已成功地用来汽化动脉粥样斑块和血管壁<sup>[6]</sup>;用它进行光敏化作用研究,更显示出其治疗血管闭塞性疾病的前景<sup>[6]</sup>。

很多学者探讨了准分子激光汽化生物组织的机理。用气相色谱和光谱分析法观察得到,准分子激光和氩离子激光照射生物组织的产物相近,因而推测其作用机制都是加热过程<sup>[7]</sup>。但有实验表明,即使在准分子激光光束作用的中心,汽化发生前的温度亦不超过63.5℃,这不足以使有机物在短时间内汽化<sup>[8]</sup>。我们用短脉冲(10ns)的YAG激光汽化试管血栓时,试管温度明显增高,而准分子激光(脉宽20ns)则无这一现象。因而不能用加热为主要机理解释紫外激光的汽化过程。

准分子激光在生物组织中穿透浅,吸收率高,因而从固体向气体的转变过程仅在组织表面进行。又由于准分子激光具有较高的光子能量,可使各种物质的分子键断裂,形成各种小分子碎片或气体<sup>[8]</sup>。这种光化学作用后的产物体积比原来的分子大,产生膨胀,同时机械声学效应也起一定的作用,从而产生明显的喷射现象及爆破声。

308nm的XeCl准分子激光使血栓完全汽化消失,证明了用它消除血管内血栓的可行性。从图2可以看出,血栓汽化深度与脉冲数呈线性关系,说明当单脉冲能量一定时,随累积能量的增加,汽化血栓的长度(体积)也呈比例增加。当累积能量不变,改变单脉冲能量和脉冲次数时,随单脉冲能量的增加,血栓的汽化量呈非线性增加。说明尽管总能量相同,但单脉冲能量越高,则汽化效果越好。

准分子激光汽化血管壁及心肌(见另一实验)切割边缘均整齐,邻近组织无损伤及碳化,这些与文献[8、9、10]报导相似,进一步证明热效应在准分子激光汽化生物组织时不起主要作用,提示准分子激光血管成形术明显优于其它类型激光。近年来随着紫外光纤的飞速发展,更加促进了准分子激光安全有效地应用于血管成形术。

## 参 考 文 献

- [1] Am.J. Cardiol., 1982, Vol.50, P.1199.
- [2] Am.J. Cardiol., 1982, Vol.50, P.1206; 1209.
- [3] British Heart Journal, 1984, Vol.52, P.484.
- [4] Laser Focus., 1983, Vol.19, P.62.
- [5] Journal of American College Cardiology, 1986, Vol.7, P.546.
- [6] Am.J. Cardiol., 1985, Vol.55, P.1293.
- [7] IEEE J.Q.E., 1984, QE-20, P.1406.

# 激光与坦克目标特性

赵广福

(北京特种车辆研究所)

**摘要:** 讨论了作为地面部队主要突击力量的坦克的目标特性及其同激光的相互作用。

Laser and tank's target characters

Zhao Guangfu

(Beijing Institute of Special Vehicle Research)

**Abstract:** Target characteristics of combat tanks as main attack force of ground forces and their interaction with laser are discussed.

## 一、坦克目标分析

### 1. 坦克形状

坦克外形是很复杂的。它是由许多平面、斜面、曲面、过渡面、圆形等组成的综合目标体。大体可分为三部分：车体、炮塔和火炮。

### 2. 坦克目标外形尺寸

[8] Am.J.Cardiol., 1986, Vol.57, P.990.

[9] Circulation, 1984, Vol.70 (Suppl II), P.II-35.

[10] American Heart Journal, 1986, Vol.112, P.739.

\*

\*

\*

作者简介：胡雪金，男，1938年10月出生。副研究员，安徽省激光生物医学专业委员会主任。曾在联邦德国马普量子光学所出任访问学者。从事准分子激光及其应用，激光光谱学，非线性光学，激光医学等领域的工作。

赵震声，男，1954年6月出生。助研。曾在联邦德国马普量子光学所出任访问学者。从事准分子激光及其应用，非线性光学，激光医学等领域的工作。

王伟，男，1965年出生。华中理工大学87届毕业生。

收稿日期：1988年9月21日。