

Nd:YAG 激光对晶状体透明皮质乳化术中 延迟反应的物理机理研究*

刘晓然 陆建 倪晓武

李永年

(南京理工大学应用物理系 南京 210094)

(解放军南京军区总医院眼科, 南京 210002)

摘要 根据光化学原理,推测出在激光透明皮质乳化术中等离子体闪光破坏了蛋白质分子高级结构的次级键,使蛋白质分子结构伸展松散而分解的物理过程,分解产物携带过剩能量,互相凝聚,随机形成无序散漫结构,从而有可能解释激光致使晶状体透明皮质乳化混浊术中存在的延迟反应现象。

关键词 光化学,延迟反应,晶状体,透明皮质,乳化

1 引言

我们利用 Nd:YAG 激光对未成熟期白内障进行了晶体透明皮质乳化术 36 例,均取得良好疗效^[1],进而对乳化术中 Nd:YAG 激光对晶状体中透明皮质乳化机理进行了探讨,推测出是在乳化术中聚焦的高功率激光在晶状体的透明皮质中产生光学击穿,继而形成等离子体和冲击波,高温高压的等离子体及其冲击波对眼组织产生机械效应和等离子体闪光对眼组织产生光化学效应。其中激光等离子体冲击波对眼组织的机械效应的主要表现为:在手术过程中出现气泡和产生瞬时乳化反应;而等离子体闪光对眼组织的光化学作用表现为术后产生的延迟反应^[2]。

本文采用光化学原理,研究了 Nd:YAG 激光对未成熟期白内障进行透明皮质乳化术中等离子体闪光对晶状体作用时延迟反应过程的物理机理,推测出等离子体闪光破坏晶状体内透明皮质组织的微观过程是高亮度的闪光对蛋白质分子的次级键(氢键、盐键、疏水基相互作用等)作用的结果,因而使蛋白质分子的高级结构被瓦解,分解的产物携带剩余的能量,又互相凝聚,形成散漫的无序结构,因而导致了乳化术中存在的延迟反应现象。

2 对象与方法

2.1 手术对象

未成熟期白内障但已形成视力严重障碍者 36 例,均系单眼发病。其中男性 15 例,女性 21 例;年龄分布在 55~72 岁,平均年龄 66 岁。

* 国家“九五”科技攻关项目和国家教委“跨世纪人才培养计划”专项基金资助项目。

收稿日期: 1998-05-04; 收到修改稿日期: 1998-06-15

2.2 治疗方法

激光手术前用托吡长胺(tropicamide)加 1%阿托品溶液滴眼,充分扩大瞳孔直径至 7~8 mm。手术时将激光聚焦于透明皮质层击射,一般击射 10~15 次,平均 13 次即可使皮质层全部混浊。

术中激光参数如下:单脉冲能量为 2.7 mJ,脉冲宽度为 8 ns,治疗光斑直径为 50 μm ,波长为 1.06 μm 。

3 结 果

在实施激光乳化术中可见激光击射点附近有小气泡产生,且激光作用后气泡向上漂移。随着治疗激光能量的增加,气泡的直径增大或气泡的个数增加,最大直径达 0.5 mm 左右的气泡个数达 3 个。

激光击射后即可通过 20 倍光学显微镜见到晶状体中击射点附近的透明皮质有乳化物,表现为白色絮状结构。激光照射后,击射点附近的白色絮状物密度随时间延长而增大,即存在着一种延迟反应。照射后 1 h 左右,白色絮状物密度达最大,而且距击射点愈近,白色絮状物愈密集。而后,絮状物的密度不再改变。临床资料还显示,眼组织的这种延迟反应时间与治疗激光的能量呈负相关。

4 理论分析与讨论

我们认为激光乳化术中存在的延迟反应主要是激光等离子体闪光对眼晶状体产生的光化学作用的结果。通过对混浊晶状体的生化分析可知:除了正常的 α , β 和 γ 晶体蛋白外,还有相当多的不溶解的类白蛋白,这类白蛋白的分子量大,可认为是由 α , β 和 γ 晶体蛋白集聚而成。当它们无规则地分布于 α , β 和 γ 晶体蛋白之间时,使得晶状体不透明^[3]。而在激光乳化术中,激光等离子体闪光将对晶状体组织进行光化学反应,致使组成眼晶状体的蛋白质变性。

在我们实施的激光乳化术中,激光在眼组织内产生等离子体的同时伴随有强烈的闪光。据实验测定,该闪光持续时间达 100 μs ^[3],闪光包含丰富的可见、红外和紫外光谱。闪光光谱中的紫外部分首先破坏维持晶状体中的 α , β 和 γ 晶体蛋白质分子高级结构的次级键,使其分子结构伸展松散,从而使一些侧链基团暴露出来。由于等离子体闪光持续时间相对较长,其光谱中的近红外部分继续被 α , β 和 γ 晶体蛋白吸收,致使蛋白质分子中的分子量较小的亚单元消失,被分解成相对更小的分子。剩余的激光能量被分解产物吸收,并转换为这些分解产物的平动能和振动-转动能。

当等离子体闪光结束后,这些相对小分子携带过剩能量,相互凝聚,随机形成无序散漫的聚合物(宏观表现为白色絮状物),直至能量损失殆尽。这里的凝聚包含大量的物理和化学的基元过程,每个基元过程在微观上都是一种碰撞过程。从宏观上看,凝聚过程对应的时间可以认为是分解产物的内能弛豫到常温(300 K)的时间,且弛豫过程随指数衰减,满足

$$T(t) = T(0)\exp(-kt) \quad (1)$$

式中, $T(t)$ 为任意时刻的温度; $T(0)$ 为初始温度; k 为弛豫系数; t 为时间。

由(1)式易见,等离子体闪光对眼组织的光化学作用具有滞后性,即存在延迟反应现象;且由上式可以定量解得弛豫时间,即激光乳化术中产生延迟反应的持续时间 τ 。

同时,在我们实施激光乳化术所采用的治疗激光能量范围内,当治疗激光的能量较大时,由于等离子体冲击波的机械效应发生瞬时反应而产生的白色絮状物密度相对较大,因此在击射点附近区域白色絮状物密度相对接近饱和值,导致等离子体闪光延迟反应而产生的白色絮状物相对较少,表现为延迟反应持续时间相对较短;反之,当治疗激光的能量较小时,则激光等离子体及其冲击波的机械效应较弱,激光主要作用的结果表现为光化学反应,因而延迟反应持续时间相对较长,从而可以解释激光乳化术中延迟反应与治疗激光能量具有负相关的特性。

参 考 文 献

- 1 Ni Xiaowu, Lu Jian, He Anzhi *et al.*. Biologic effect of laser on the tissue of anterior segment of eye. *Chinese J. of Physical Medicine* (中华物理医学杂志), 1992, 14(3):159~161 (in Chinese)
- 2 Ni Xiaowu, Lu Jian, He Anzhi *et al.*. Study of physical mechanism of crystal hyaline cortex emulsification with YAG laser. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1994, A21(3):238~240 (in Chinese)
- 3 Ni Xiaowu, Lu Jian, Li Yongnian. Mechanism and Clinical Application of Laser Ophthalmic Operation. Beijing: Weapon Press, 1993. 117,196 (in Chinese)

Study of Physical Mechanism of Delay Reaction of Crystal Hyaline Cortex Emulsification in the Nd:YAG Laser Operation

Liu Xiaoran Lu Jian Ni Xiaowu

(Department of Applied Physics, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094)

Li Yongnian

(Department of Ophthalmology, Nanjing General Hospital of P. L. A., Nanjing 210002)

Abstract According to photochemistry theory, the physical processes, in which the plasma flashing destroys the hypo-class band of the high grade structure of the protein molecule and makes the structure of the protein molecule decomposed and extending and relaxing in the crystal hyaline cortex emulsification operation with the Nd:YAG laser, is proposed in this paper. The decomposed products take residual energy and agglomerate each other to form randomly the disordered and desultory structure. Thus the laser-induced delay reaction exiting in the crystal hyaline cortex emulsification operation with the Nd:YAG laser would be explained.

Key words photochemistry, delay reaction, lens, hyaline cortex, emulsification