

第一章 绪 论

激光理疗针灸学 (Laser Physiatrics Acupuncture and Moxibustion) 是一门新兴的边缘学科。它萌芽于 20 世纪 70 年代初^(1,2), 当激光器用于临床, 继即用于理疗。激光用于理疗, 因激光具有与普通光显著不同的一些特点, 故比传统光疗适应证更广泛, 疗效更好。

1960 年, 美国学者 Maiman TH 研制成功了第一台红宝石激光器。因当时还没有研制成激光功率计, 而以激光照射兔眼, 通过激光对兔视网膜损伤的生物学反应的程度, 来粗略测激光的能量和功率。从而揭开了激光用于生物学及医学的序幕^(1,2)。

1961 年红宝石激光用于治疗视网膜剥脱症的焊接术, 在美国获得成功, 展开了激光用于临床医学的广阔前景。

1962 年起激光基础研究, 相继遍及欧洲及苏联, 1965 年传入中国, 1966 年传入日本。

1961 年 Sonlon 发表了“激光的生理作用”, Eichler 发表了“相干光源产生的光凝固”, Zeret 发表了“光脉冲引起的眼损伤”等三篇文章, 这是激光医学方面的第一批论文。

1962 年, Besis 小组报道了他们用红宝石激光照射细胞器的研究成果, 这是欧洲方面发表的第一篇激光医学文章。同年美国的 Tovnes, Campbell 以及 Zeret 等又分别发表了脉冲红宝石激光的生物学效应三篇文章。

1963 年, 苏联学者也开始发表激光生物学效应方面的文

章。在这一年，在文献中还可查到许多有关激光基础理论研究文章，其中尤以美国的 Mc Guff 发表的“激光生物学效应的探讨”，Goldman 发表的“激光束对皮肤的作用”和 Fine 发表的“激光的生物学效应”等一批很受重视的论文。为激光的临床应用，提供了实验根据。

随后由于具有不同生物学效应、不同能量的激光器的相继问世，以及各式激光传输器件的陆续研究成功，出现了光臂 (Optic Arm)，光导纤维 (Optic Conductive Fiber) 以及近些年研制成功的弥散光导纤维 (Diffuse Optic Conductive Fiber) 以及插入柱状光导纤维 (Insertion Cylindering Optic Conductive Fiber)，从而扩大了激光的功效及应用范围。再加上各国学者对激光的生物学效应，不断深入进行研究，而获得成果。更由于临床各科，鉴于激光可使一些难度大、较复杂的手术变为简便；可使某些病人从心理上难以接受的手术，成为乐于接受；可以使一些传统治疗难以解决的疾病得到了治疗；也见到传统治疗加上激光治疗而显著提高疗效、缩短疗程的报道；从而临床各科乐于采用激光这一项新技术。各科并侧重利用激光某些方面的功能，去治疗临床不同学科范围内的疾病，使激光的研究及应用更为广泛，遍及临床各学科。至 70 年代中末期，激光在临床医学中的应用大体上已形成三大类。

第一类是利用激光的荧光效应 (Laser Fluorescent Effect) 进行肿瘤诊断的激光荧光诊断技术 (Laser Fluorescent Diagnostic Technique) 以及与光敏剂相结合治疗恶性肿瘤的光动力学疗法 (Photo Dynamic Therapy-PDT)。

第二类是利用激光的高热效应，作为激光刀 (Laser

Knife), 激光焊接(Laser Welding), 激光凝固(Laser Coagulation), 激光碳化(Laser Carbonization), 以及激光汽化(Laser Vaporization), 以进行外科手术治疗。

第三类利用弱激光(low reactive level Laser)的生物学效应, 治疗疾病的弱激光医学。对弱激光的定义, 作者提出“照射中不对生物组织直接产生不可逆转损伤的称为弱激光⁽¹⁾。此不仅与波长、剂量(含工作方式、功率大小及治疗时间长短), 以及生物组织特性、生物机体功能状态均有关。

进入 80 年代, 激光技术更趋先进, 对激光的生物学效应的研究更为深入, 研究成果更突出, 临床经验也更丰富, 激光医学更趋成熟, 从而使激光医学分工更细, 进一步发展成临床各学科的专科激光医学, 并形成了横跨临床各科的激光理疗学(Laser Physiatrics)及激光肿瘤学(Laser Oncology)。

激光理疗学, 是横跨临床各科, 应用弱激光的生物学效应, 进行非侵入性照射, 以治疗各科疾病的新兴边缘学科。这门学科一出现, 即渐与我国传统医学中的经络学说及针灸学相结合以进行研究与临应用⁽³⁾。

1966 年匈牙利学者 Mester 在激光免疫实验的基础上首先提出弱激光具有生物学刺激效应。Yremypatoba 报道用 He-Ne 激光照射穴位或反射区治疗高血压患者 118 例, 其中 108 例血压恢复正常。1971 年, Ёуктовский 等学者报道用 He-Ne 激光照射穴位或反射区治疗子宫附件炎 68 例, 其中 54 例痊愈。1972 年 Воронино 报道用 He-Ne 激光穴位照射治疗支气管肺炎, 结果 21 例当时即有佳效, 且肺活量增加 30%。1976 年, 西德 Plog 首先提出以“光针”代替传统的毫针, 并研制

出 Akupas He-Ne 激光光针仪,可以连续或脉冲输出。并配有探寻穴位的仪表,能准确地确定穴位。该激光器功率为 2mW,光束焦点直径 1mm,脉冲频率 0.2Hz~2.0 Hz/20 Hz~5k Hz,照射针直径为 2mm_(1,3)。

我国各地有关厂家生产的 He-Ne 激光光针仪,多为连续输出,输出功率约为 2mW~5mW,通过导光纤后输出功率为 1mW~3mW。

日本生产有 2 种光针仪,一为 He-Ne 光针仪,实际输出功率约为 5mW;二为 Nd:YAG 激光光针仪,最大输出功率为 180mW,可连续或脉冲输出。

目前作为“光针”的光源有 He-Ne 激光,CO₂ 激光,也有用 N₂ 分子激光,Ar⁺ 离子激光,He-Cd 激光和 Nd:YAG 激光等。这些激光器,可采用病灶区,病变的反射区,覆盖内脏的皮肤区等方法进行照射。并可进行散焦或聚焦照射。CO₂ 激光针,输出功率 0.5~1.0W,有温热作用,主要用于灸。

弱激光照射与针灸学相结合后,更突出了弱激光的生物学效应,更完善了激光理疗学,形成了具有中国传统医学特色的激光理疗针灸学(Laser Physiatrics Acupuncture and Moxibustion)因这一门学科进行治疗时具有非侵入性,所用之激光器种类繁多,具有多方面的生物学效应,治疗方法又多样化,具有广泛应用之范围,故它将会越受到重视,有广阔发展前景。

本分册将分别介绍不同的弱激光器的性能,并将从分子水平、细胞及亚细胞水平阐明弱激光的生物学效应,反映出国内外最新的研究成果;还将从弱激光的治疗机理,治疗技

术，以及与传统治疗进行对比，以阐明弱激光治疗不同疾病的优良作用，反映出国内外临床治疗的成功经验。

为了保持本分册的相对完整性，使它既是系列丛书中的一分册，又可自为一册，故在各论篇各分科疾病中对某些常见病，虽采用的是高功率密度的激光进行治疗，但仍加以叙述。

(陈庭仁)

参 考 文 献

1. 徐国祥主编，激光医学，广东高等教育出版社出版，第一版，1987，P4，P43
2. 唐建民等，主编，实用激光医学，科学技术文献出版社重庆分社出版，第一版，1989. P1
3. 徐启武，陈公白，激光穴位照射在医学上的应用，上海针灸杂志，1984；(1)：30~34

第二章 弱激光及其生物作用机理

在激光理疗针灸学中，弱激光是用于理疗和针灸治病的物质基础，而弱激光生物作用机理则是激光理疗针灸学的理论基础。

激光理疗针灸学是激光医学的一门分支学科。就激光医学而言，它是在本世纪 80 年代才形成的一门完整的新兴学科，它是研究用激光诊治疾病的一门边缘学科。在用激光治疗时，大体上又可分成二大类：其中之一是利用强反应水平激光的破坏作用去直接破坏或清除病变组织，另一类则是利用弱反应水平激光的生物刺激作用去调整人体的免疫系统、神经系统、血液循环系统和组织代谢系统的病理生理单状态使之恢复正常。这后一类便发展成为激光理疗针灸学。

激光理疗针灸学又是理疗针灸学与激光技术相结合而成的一门边缘学科。就理疗学而言，它是本世纪 30 年代就已形成的一门完整的学科，它是研究各种物理因子用于医疗、预防和康复的一门学科。其原理是：机体在物理因子刺激作用下调整人体的免疫系统、神经系统、血液循环系统和组织代谢系统的病理生理状态，使之利于治病直至康复。我国则在本世纪 50 年代建立了理疗学专业，理疗所指的物理因子包括了人工的与自然的 2 类：人工物理因子如光、电、磁、声、温热、寒冷和运动等；自然物理因子如矿泉、气候、日光、空气和海水等。不久又开创了经络穴位理疗，从而使理疗学更具中国特色。在国外，用人工物理因子诊治疾病称为物理医

学 (Physical medicine)，用自然物理因子治疗疾病的称为疗养学 (Kurortology)，或称为自然医学 (Natural medicine)。

激光理疗针灸就是用弱激光作为物理因子，照射体表病变部位、体内病变在体表的投影点或与病变有关的经络穴位，利用弱激光的生物刺激作用治病。

第一节 激光及其基本特性和主要参数

一、光（包括激光）的本质

按照量子电动力学理论，光（包括激光）是一种具有波粒二象性的物质。

（一）光是以光频振荡的电磁波

当光在传播时，表现出光的连续的波动特性，因此可以把光理解为以光频振荡的电磁波。在真空中传播时，波长大于 $0.39\mu\text{m}$ 短于 $0.76\mu\text{m}$ 波段内的电磁波能引起人的视觉而称为可见光；波长短于紫色光波长 $0.39\mu\text{m}$ 至 $0.04\mu\text{m}$ 波段内的电磁波，人眼看不见，称为紫外光；波长超过红色光波长 $0.76\mu\text{m}$ 至 $1000\mu\text{m}$ 波段内的电磁波，人眼也看不见，称为红外光。这些紫外光和红外光虽然人眼看不见，但都可用仪器测量到。

(二) 光是由光子所组成的集体

当光与物质相互作用时,发生了能量和动量的交换,从而呈现出光的分立的粒子特性,因此可把光理解为是由一些具有确定能量和动量的物质粒子即光子所组成。

(三) 光是具有波粒二象性的场物质

实际上,光是静止质量为零,但运动质量不为零的具有能量和动量的场物质,而这种物质有时具有波动特性,有时则具有粒子特性,但表示波动的频率 ν 或波长 λ 的数值与表示粒子的能量 E 和动量 P 相对应,即:

$$E = h\nu \quad (2-1)$$

$$P = \frac{h\nu}{c} \quad (2-2)$$

式中 $h=6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{S}$,是普朗克常数; $c=2.988 \times 10^8 \text{m/s}$,是光速。

二、激光束的基本特性

虽然用激光治病的物质基础是生物组织吸收了激光的光能量,但是更为关键的是利用了激光的供能方式。若治病的疗效只决定于生物组织吸收了多少光能,则可利用普通的照明用的电灯光即可,因为一盏仅为几十瓦消耗功率的普通照明灯所发出的光能量远远超过目前一台消耗功率达数百瓦的He-Ne激光器所发出的光能量,而且前者花费仅几元而后者售价高达数千元。实际上,激光束与普通光束比,其光能量

特性是完全不同的，在用激光治病时，主要是利用了激光束的能量特性，而不是主要地利用了其光能量本身。从光能量分布角度考虑，激光束的最基本的特性是光能量在单位空间里、单位时间上和单位频宽内高度集中，所以可致激光束的单体亮度比同样光功率的普通光高几万个亿倍！

（一）激光束与普通光束的根本差别

按照量子电动力学理论，光的辐射过程是电磁辐射场与原子体系相互作用的过程，其中包括了自发辐射、受激辐射和受激吸收同时存在的3种过程。量子电动力学理论能够给出这3种过程之间的定量关系，其关系决定着输出的是普通光束还是激光束。

1. 普通光束 当上述所指的原子体系中的粒子，它们在能级上的分布服从玻尔兹曼热平衡分布规律时，则该原子体系的辐射场所表现出的总效果是自发辐射，即从这样的辐射源输出的光是普通光，例如，从电灯泡里向外输出的光束里所包含的光主要是以自发辐射为主的光子。所以，在普通光的光束里，其光子多互不相关、杂乱无章地振动和传播。

2. 激光光束 若对上述所指的原子体系采取某种措施，例如进行泵浦，设法破坏该原子体系中的粒子按玻尔兹曼分布规律分布，使原子体系特定的高能级上的粒子数超过低能级上的粒子数，即形成了数子数反转，则该原子体系在入射场作用下的受激发射效应就可能占优势，从而能够导致对入射光的放大作用。

若再采取另一个措施，用一种使之在入射光场频率上共振的光学谐振腔，使腔内沿腔轴方向的受激辐射得到多次来

回（振荡），使之不断放大，终至在该方向上输出受激辐射的光束，这就是激光束。所以在激光的光束里，光子之间是相互有关的，而且在相关光子体系里的所有光子都以相同频率、沿相同方向振动，有恒定的振动位相以及所有光子沿相同方向传播，这就是激光束与普通光束的根本差别所在。也正是这一差别，决定了激光束具有方向性强、单色性好和亮度高的特性，使激光的光能量能够在空间里、时间上和单位频宽内高度集中。

（二）激光的光能量在空间里高度集中

由于激光束里的光子几乎是沿同一方向传播的，所以其光能量高度集中在一个极小的发光面积上、极小的发光立体角内，从而其亮度比相同辐射功率（radiant flux）的普通光高出数亿倍。这里计算对比了 1 支 CO₂ 激光管和 1 支日光灯所发出光束的亮度比较，它们的输出辐射功率均为 40W，长度均为 1m，现计算对比其辐射度（radiant exitance）、辐射强度（radiant intensity）和辐射亮度（radiance），从中可知激光的光能量在空间里高度集中的水平。

1. 激光的光能量在发光面积上的高度集中 先计算比较光的辐射度 M：

$$M = \frac{P}{A} \quad (2-3)$$

式中 P 为辐射源的辐射功率，A 为光源辐射面积。已知上述日光灯发出的 40W 光功率均匀分布在整個日光灯管圆柱面积 1 260cm² 上，而上述的 CO₂ 激光器的 40W 光功率则集中在面积仅为 0.126cm² 的输出窗口上。根据公式可计算出由于

激光的光能量在发光面积上的高度集中而使其辐射度 M 提高了 $1260/0.126$ 倍, 即提高了 10^4 倍。

2. 激光的光能量在发光方向上的高度集中 先计算比较光的辐射强度 I :

$$I = \frac{P}{\Omega} \quad (2-4)$$

式中 P 为光源辐射功率, Ω 为光源发光面上任意点发出的光束发散角 (立体角)。已知日光灯的光束平面发散角为 2π 弧度 ($2\pi \text{ rad}$), 而 CO_2 激光束的平面发散角为 $2 \times 10^{-3} \text{ rad}$ 。立体角是平面角的平方, 根据公式 (2-4) 可称得由于激光的光能量在发光方向上的高度集中而可使光的辐射强度 I 提高了 $(2\pi)^2 / (2 \times 10^{-3})^2 = 10^5$ 倍。

3. 激光的光能量在空间里高度集中的总效果 先计算比较光的辐射亮度 B :

$$B = \frac{P}{A \cdot \Omega} \quad (2-5)$$

根据公式 (2-5) 可计算出由于激光的光能量在发光面积和发光方向上高度集中而使激光的辐射亮度 B 提高了 $B = 10^4 \cdot 10^5 = 10^9$ 倍, 达 10 亿倍。

(三) 激光的光能量在时间上高度集中

根据光的辐射亮度公式:

$$B = \frac{E}{A \cdot \Omega \cdot T} \quad (2-6)$$

式中 E 为光辐射能量 (radiant energy), T 为连续辐射时间。公式 (2-6) 表明, 激光的光能量还可以在时间上高度集中: 若将原拟在 1 秒钟内连续发出的光能量压缩到 $1/1000$ 秒内发射, 则光的亮度就提高了 1000 倍。在实际应用中, 通常采用

了脉冲泵浦或调Q或锁模技术，可使原来在1秒内发射的光能量压缩到 10^{-3} 秒、 10^{-6} 秒、或 10^{-9} 秒内发射，从而激光的亮度就又分别提高了3、6、9个数量级。激光束的光能量在空间和时间上集中的结果，可使其亮度比普通光高出12、15和18个数量级，达万亿、千万亿、百亿亿倍！

（四）激光的光能量在单位频宽内的高度集中

激光束的光能量分布，其光能量不但可集中在极小空间里，极短时间内而且还可集中在极窄的频谱线宽内，即激光束具有单色亮度高的重要特性。例如一盏常用的消耗功率为100W的钨丝白炽灯，输出约81W的光功率，这81W的光功率分布在整个光频段达数千毫微米的谱线宽度内，其中红外光约占75W，可见光约占5.75W，紫外光约占0.25W。但从激光器输出的激光功率则几乎全都集中在不到1毫微米的谱线宽度内，两者通常相差约5个数量级，所以激光的单色亮度比普通光又提高了大约5个数量级。

综上所述，激光的能量分布特性与普通光比，激光的单色亮度比普通光高出20多个数量级，几万个亿亿倍！

三、激光的主要参数

弱激光之所以能够用来治病的根据是生物组织吸收了特定参数的激光后产生适合于治疗的激光生物效应。为了提高疗效，在治病前必须先设计好治疗方案，包括选择合适的激光参量。这里简要例出一些对疗效确有影响的激光参量。

(一) 激光的波长、频率、颜色和光子能量

激光的波长、频率、颜色和光子能量这 4 个参数实际上是同一因子的不同表述。

1. 光的波长与频率 光的波长 (wave length) 指光波在 1 个振动周期内所传播的距离 λ , 单位为毫微米 (nm) 或微米 (μm)。光的频率 (frequency) 指光波在单位时间内交变的波形数 (ν), 单位为赫兹 (Hz), 每秒交变 1 次的称为 1Hz。光的波长与波率的关系跟光的传播速度有关:

$$\nu\lambda = c \quad (2-7)$$

光在空气或生物组织等不同介质中传播时其频率不会改变, 但其光传播速度却因不同介质有不同折射率而有改变, 从而根据公式可知, 光的波长在通过不同介质时会发生改变。

2. 光的颜色与波长或频率的关系 光的颜色是人眼对可见光频段内的电磁波的主观认识, 即颜色是相应频段内的光波在人视觉上的反应, 每一种颜色与一定宽度范围里的频率 (或波长) 相对应。它们的关系如表 2-1 所示。

表 2-1 光的颜色与波长或频率的对应关系表

颜色	波 长 (μm) (在真空或空气里)	频 率 (Hz)
红外	300~0.76	$1.0 \times 10^{12} \sim 3.9 \times 10^{14}$
红色	0.76~0.63	$3.9 \times 10^{14} \sim 4.8 \times 10^{14}$
橙色	0.63~0.60	$4.8 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{14}$
黄色	0.60~0.57	$5.0 \times 10^{14} \sim 5.3 \times 10^{14}$
绿色	0.57~0.50	$5.3 \times 10^{14} \sim 6.0 \times 10^{14}$

续上表

颜色	波 长 (μm) (在真空或空气里)	频 率 (Hz)
青色	0.50~0.45	$6.0 \times 10^{14} \sim 6.7 \times 10^{14}$
蓝色	0.45~0.43	$6.7 \times 10^{14} \sim 7.0 \times 10^{14}$
紫色	0.43~0.40	$7.0 \times 10^{14} \sim 7.5 \times 10^{14}$
紫外	0.40~0.03	$7.5 \times 10^{14} \sim 1.0 \times 10^{16}$

表中所列的颜色与波长的关系只是光在真空或空气中传播时适用。若在其它介质中传播时则其关系会改变。但光的颜色与光的频率的对应关系则不因传播介质不同而不同，不管是在真空、空气或人体组织内传播，表列对应关系都适用。

3. 光子能量与波长或频率的关系 光子能量 (photoenergy) 指一个光子所具有的能量，单位为电子伏特。光子能量 ϵ 与光的振动频率 ν 成正比，与光的波长 λ 成反比：

$$\epsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \quad (2-8)$$

式中 h 为普朗克常数， $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ， J 是焦耳， s 是秒。式中 c 为光速，在真空或空气里的光速为一常数 $c = 3 \times 10^8 \text{km/s}$ 。

(二) 激光的能量、功率和功率密度

激光的能量、功率和功率密度都是表征与激光对生物体做功有关的量。激光的生物效应实际上正是激光对生物体做功的一些结果。

1. 激光能量 激光的能量是衡量激光可能做功能力大小的一个量度，单位是焦耳 (J)。有 2 种体系描述光能量：

一种是传统上按人眼视觉所感知的光能量，可称为视觉光能 (Luminous energy)，常简称为光能，又称为光量；另一种是客观存在的不以人眼视觉为转移的光能量，可称为辐射能 (radiant energy)。激光能量就是指辐射能，这是发生激光生物效应的物质基础。所称的激光的光能就是指辐射能。

2. 激光功率 激光的功率是衡量激光做功快慢的一个量，传统上称为辐射通量 (radiant flux)，又称辐射功率 (radiant power)。激光功率 P 与激光能量 E 之间的关系决定于供能时间 t ：

$$P = \frac{E}{t} \quad (2-9)$$

式中若 E 的单位为焦耳， t 的单位是秒，则功率 P 的单位即为瓦特 (watt, W)。表明激光功率就是单位时间内给予生物体的激光能量大小。

3. 激光功率密度 激光功率密度 (power density) 是单位面积上光功率大小的量度。在激光器输出窗口上的功率密度称为辐射出射度 (radiant exitance)，在受照面积上的功率密度则称为辐照度 (irradiance)。在临床应用中的激光功率密度都指辐照度，对于给定的辐照功率 P ，其辐照度 I 决定于辐照面积 A ，有如下公式：

$$I = \frac{P}{A} \quad (2-10)$$

式中 A 为受激光辐照到的面积， P 为投射到 (正入射) A 上的辐照功率， I 则为受照面积 A 上的功率密度。单位为 W/cm^2 。

(三) 激光的连续和脉冲工作方式

由于泵浦方式有连续激励和脉冲激励 2 种方式, 所以, 输出的激光分别是连续波激光和脉冲波激光 2 种。这 2 种不同工作方式的激光可能引起的生物效应是不一样的。

1. 连续激光 由激光器的泵浦源连续激励激光工作物质, 使激光器持续不间断地工作, 连续输出恒定光功率的激光称为连续波激光 (continuous wave laser, 缩写成 CW Laser), 简称为连续激光。目前临床普遍使用的 He-Ne 激光理疗仪、激光针灸仪所输出的都是这种连续激光。

2. 脉冲激光、巨脉冲激光和超短脉冲激光 由激光器的泵浦源脉冲工作, 从而使激光器输出的激光功率呈短暂起伏状波形, 称这种激光为脉冲激光 (pulsed wave laser)。每个光脉冲输出功率的最大值称为脉冲峰值功率 (peak output of pulse)。光脉冲的持续时间 (对光脉冲, 指其半功率点之间的时间间隔) 称为脉冲宽度 (pulse bandwidth)。每秒内出现周期性重复的脉冲个数称为脉冲重复频率 (pulse repetition frequency), 其倒数则称为脉冲周期。临床上最早应用的红宝石激光就是脉冲激光。其脉冲泵浦源多用脉冲氙灯, 脉冲持续时间约为 10^{-3} 秒。

此外, 激光器经调 Q 技术处理后能将脉冲持续时间缩短至 10^{-9} 秒, 从而峰值功率相当高, 故称之为巨脉冲激光 (giant pulse laser)。激光器经锁模技术处理后可将脉冲宽度压缩至 10^{-12} 秒, 故称之为超短脉冲激光 (supershort puls laser)。这种调 Q 激光和锁模激光多用于打孔等强激光治疗。

临床上用作理疗或针灸的脉冲弱激光有氮分子激光和钾

化镓半导体激光, 以及脉冲 CO_2 激光。由于脉冲激光的峰值功率很高所以用作弱激光治疗时刺激强度足够, 而且因脉冲重复频率可调, 从而可以避免组织对弱激光刺激的适应而降低疗效。

(四) 激光治疗的物理学剂量和生物学剂量。

在用弱激光治病时, 选择合适的剂量是提高疗效的关键之一。剂量通常又分为物理学剂量和生物学剂量两类。

1. 激光治疗的物理学剂量 垂直施于生物组织单位面积上的激光辐射能量称为激光治疗的物理学剂量 (physical dosage)。显然, 这个物理学剂量没有考虑生物组对该波长激光的反射、透射和吸收。物理学剂量 D 的公式表述为:

$$D = \frac{P}{A} \cdot t \cdot \cos\theta \quad (2-11)$$

式中 P 为受照面积上的激光功率, 单位为瓦特 (W); A 为受照面积, 单位为平方厘米 (cm^2); t 为激光连续照射时间, 单位为秒; D 的单位则为焦耳/ (厘米^2); θ 为激光束的入射角。当垂直入射时 $\theta=0$, $\cos\theta=1$, 这样, 公式可简化为:

$$D = \frac{P}{A} \cdot t \quad (2-12)$$

显然, 激光治病的物理因子是光子, 能否引起激光生物效应, 能否达到治病所需要的生物效应强弱的要求, 还与供应光子的快慢 (即光功率 P 值) 有关, 与受照处面积大小 (A 值) 有关, 与连续照射时间长短 (t 值) 有关。

大量临床实践还表明, 疗效不但与剂量值 D 的大小有关, 还与公式所示的 P 、 A 、 t 三要素之间的配比有关。