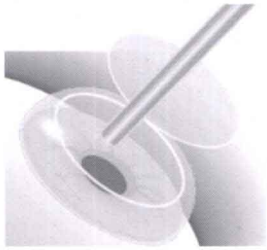
雷射眼科學

LASER IN OPHTHALMOLOGY

主　編・徐國興

副主編・王藹侯　許　迅　李鏡海　張新媛

台灣出版編審・張朝凱　林鴻源



雷射眼科學是一門新興交叉學科，
它不僅為研究眼科學與視覺科學和眼病的發生、發展
開闢了新的途徑，也為臨床提供了眼科疾病診治的新手段。
本書為臨床醫學和眼視光學專業學生而編寫，
對雷射眼科學的原理表述更加直觀，更易理解。

出版：宏欣文化事業有限公司　　原出版者：高等教育出版社

ISBN 978-957-9411-77-6
9 789579 411776
00700

雷射眼科學

主　編　徐國興
副主編　王藹侯・許　迅・李鏡海・張新媛

編　者　（以姓氏筆畫為序）
王藹侯　台灣大學醫學院
李鏡海　山東大學醫學院
李　暉　福建師範大學
吳雅臻　吉林大學白求恩醫學院
林鴻源　中台科技大學
徐國興　福建醫科大學
許　迅　上海交通大學醫學院
張新媛　首都醫科大學
郭　健　福建醫科大學
崔　浩　哈爾濱醫科大學
劉　芳　溫州醫學院
戴錦暉　復旦大學醫學院

編寫秘書　郭　健・謝茂松

台灣出版編審　張朝凱　台灣元培科技大學助理教授
林鴻源　台灣中台科技大學講師

• 本書經高等教育出版社授權宏欣文化事業有限公司出版 •

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前言

雷射眼科學是一門新興交叉學科，它不僅為研究眼科學與視覺科學和眼病的發生、發展開闢了新的途徑，也為臨床提供了眼科疾病診治的新手段。

本書為臨床醫學和眼視光學專業學生而編寫，力求突出以下特點：體現先進的教育理念，適教適學；注重基本理論、基礎知識、基本技能的闡述；確保思想性、科學性、先進性、啟發性、適用性；在介紹雷射眼科學內容的基礎上，注重反映該領域的新知識、新進展；增加典型、有代表性的圖表，使之對雷射眼科學的原理表述更加直觀，更易理解。

本書各章節編寫分工：第一章李暉；第二章徐國興、林鴻源；第三章郭健、徐國興；第四章張新媛；第五章李鏡海；第六章戴錦暉；第七章戴錦暉；第八章徐國興、王藹侯；第九章林鴻源、徐國興；第十章王藹侯；第十一章劉芳；第十二章徐國興、謝茂松；第十三章張新媛、許迅；第十四章吳雅臻；第十五章劉芳；第十六章張新媛；第十七章許迅、張新媛；第十八章吳雅臻；第十九章崔浩；第二十章徐國興、許迅；第二十一章徐國興；第二十二章徐國興。

本書的撰寫和出版得到了高等教育出版社及各編者所在單位的大力支持。本書的編寫秘書郭健、謝茂松在文稿收集，文字編排和修正等方面做了大量的工作，復旦大學醫學院陳敏潔、錢一峰、吉林大學白求恩醫學院黃敏慧、福建醫科大學胡建章、黃焱、王彪、王婷婷等參與了部分章節的編寫工作。本書的完成凝聚了許多專家、教授的智慧和汗水，在此無法一一列出，謹在此書出版發行之際表達我們的謝意。

徐國興

2011年1月10日

台灣出版序

因為興趣的關係，筆者從台灣高雄醫學院醫科畢業之後，即選擇眼科為終身志業，於1995年前往美國哈佛大學進修公共衛生碩士。1996年碩士肄業年間，因修課的需要，徵得哈佛大學醫學院眼科教授雷射屈光主任（Dr. Dimitri Azar）的同意，申請到麻州眼耳鼻喉醫院擔任眼科雷射研究生，奠定了在眼科雷射專業領域的基礎。1997年秋季回到台灣，繼續眼科雷射屈光醫師的工作。2001年和幾位同儕在台北市創立諾貝爾眼科機構，以雷射屈光手術為主要醫療項目。

十幾年來，因緣際會，經常出席兩岸眼科雷射屈光手術相關會議，對於大陸眼科同仁們專業和教學的努力，深感敬佩。所以出錢出力，先後爭取下列幾本書籍使用繁體中文在台灣出版，讓台灣的眼科醫師能夠分享他們學術的菁華：

（1）北京科學文獻出版社，陸文秀主編，準分子雷射屈光性角膜手術學，2005元月出版，

（2）人民衛生出版社，褚仁遠主編，眼病學，2005年8月出版，

（3）高等教育出版社，王勤美主編，眼視光特檢技術，2007年元月出版，

（4）北京大學醫學出版社，褚仁遠主編，現代角膜塑形學，2008年5月出版。

在這裡感謝宏欣文化事業有限公司的鼎力相助，記錄了這10年來兩岸眼科同仁學術交流的點點滴滴。雖然個人能力有限，但我確信這是有意義的工作。

《雷射眼科學》一書的主編徐國興教授，是中國大陸福建醫科大學眼科研究所所長，在2011年4月上海舉辦的第十一屆國際視光學學術會議中，特別推薦給參與大會的台灣眼科醫師。本書由十餘所兩岸醫學院教授分工撰寫，內容豐富完整，理論與實用兼俱。因可作為相關眼科雷射專業醫師詳實完整的參考書。

台灣諾貝爾醫學展望協會理事長

張朝凱

2011年8月

目錄

前　言 3
台灣出版序 5

第一章　雷射基本原理及技術 11
第一節　雷射的產生 11
第二節　雷射器的基本結構 16
第三節　雷射光束的特性 19
第四節　雷射基本技術 20

第二章　眼科常用雷射器 24
第一節　紅寶石雷射器 25
第二節　氦氖雷射器 26
第三節　氬離子雷射器 27
第四節　氪離子雷射器 29
第五節　染料雷射器 30
第六節　摻釹釔鋁石榴石雷射器 31
第七節　二氧化碳雷射器 37
第八節　半導體雷射器 38
第九節　準分子雷射器 40
第十節　最新運用：飛秒雷射 43

第三章　雷射與眼組織的作用 44
第一節　眼的組織結構與光學特性 44
第二節　雷射的生物作用機制 51
第三節　視網膜光凝損害的分級 56
第四節　術前準備與術後注意事項 61

第四章　雷射掃描檢眼鏡在眼科疾病診斷中的應用 63
第一節　雷射掃描檢眼鏡檢測青光眼視神經纖維層缺損 64
第二節　雷射掃描檢眼鏡診斷視網膜疾病 66

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第五章　雷射矯治屈光不正 70

第一節　用於角膜切削與成形的雷射 70
第二節　準分子雷射屈光性角膜切削術 80
第三節　準分子雷射上皮瓣下磨鑲術 88
第四節　基質切削 91
第五節　飛秒雷射在屈光不正矯治中的應用 104
附：飛秒雷射在角膜移植中的應用 109

第六章　準分子雷射個體化切削技術 111

第一節　波前像差引導的個體化切削技術 111
第二節　Q 值調整的個體化切削技術 116
第三節　角膜地形圖引導的個體化切削技術 118
第四節　κ appa 角補償的個體化切削技術 120

第七章　雷射矯治老花眼 121

第一節　老花眼的調節機制 121
第二節　準分子雷射矯治老花眼 122
第三節　雷射老花眼逆轉術和雷射角膜熱成形術矯治老花眼 130

第八章　雷射治療虹膜病 132

第一節　先天性瞳孔殘膜 132
第二節　虹膜囊腫 133
第三節　瞳孔移位 137
第四節　虹膜粘連的鬆解 139
第五節　雷射散瞳 139

第九章　雷射治療後發性白內障 141

第一節　人工晶狀體後囊膜切開 141
第二節　晶狀體前囊切開 144
第三節　膜性白內障的摘除 145

第十章　雷射治療青光眼 146

第一節　雷射虹膜切除術 146
第二節　雷射小樑成形術 148
第三節　雷射周邊虹膜成形術 149

第四節　雷射睫狀體光凝術 151

第十一章　中心性漿液性脈絡膜視網膜病變的雷射治療 153

第十二章　雷射治療玻璃體增殖性病變 156

第一節　前玻璃體鬆解術 156
第二節　後部玻璃體膜雷射切除術 158

第十三章　雷射治療糖尿病性視網膜病變 161

第一節　糖尿病性視網膜病變的臨床表現及分期 161
第二節　糖尿病性視網膜病變的雷射治療 163

第十四章　雷射治療視網膜血管病 166

第一節　視網膜靜脈阻塞 166
第二節　Coats 病 173
第三節　視網膜靜脈周圍炎 178
第四節　視網膜血管瘤 181

第十五章　雷射治療視網膜裂孔、變性和剝離 183

第一節　視網膜裂孔的預防性光凝 183
第二節　雷射治療視網膜變性 187
第三節　局限性視網膜剝離的雷射治療 190

第十六章　光動力療法在眼科的應用 192

第十七章　雷射聯合其他方法治療眼底疾病 201

第一節　脈絡膜新生血管的雷射聯合治療 201
第二節　糖尿病性黃斑水腫的雷射聯合治療 203
第三節　息肉樣脈絡膜血管病變的雷射聯合治療 205
第四節　雷射聯合其他方法治療視網膜血管瘤樣增生 206
第五節　增殖型糖尿病性視網膜病變 208
第六節　視網膜靜脈阻塞的聯合雷射治療 210
第七節　新生血管性青光眼 212

第十八章　雷射治療眼內腫瘤 213

第一節　孤立的脈絡膜血管瘤 213
第二節　脈絡膜黑色素瘤 216

第三節　脈絡膜骨瘤 220
第四節　視網膜母細胞瘤 222

第十九章　淚道病的雷射治療 224

第一節　淚囊鼻腔造孔術 224
第二節　淚道雷射成形術 228
第三節　雷射淚小點閉塞術 230

第二十章　眼科雷射內鏡系統 232

第一節　眼內鏡發展史 232
第二節　眼內鏡的臨床應用 234
第三節　抗青光眼的內鏡手術 237
第四節　玻璃體手術和眼內光凝術 239
第五節　眼科內鏡在淚道疾病的應用 242
第六節　現代眼科內鏡的應用範圍 243
第七節　眼雷射顯微內鏡系統的維護 244
第八節　眼雷射顯微內鏡的應用前景與展望 245

第二十一章　雷射在眼部整形外科及其他方面的應用 246

第一節　淺表血管性疾病 246
第二節　皮膚黑色素增多性疾病 249
第三節　雷射除皺及皮膚表面重塑 251
第四節　選擇性脫毛 251
第五節　雷射在整形外科領域的其他應用 252

第二十二章　眼科雷射治療併發症及防治 253

第一節　LASIK 手術併發症及其防治 253
第二節　PRK 手術術中和術後併發症 260
第三節　一般併發症 261
第四節　散射光凝併發症 264
第五節　脈絡膜新生血管光凝併發症 265
第六節　青光眼雷射治療併發症 265
第七節　雷射小樑成形術併發症 267
第八節　雷射治療後發性白內障的併發症 267

參考文獻 270

第一章
雷射基本原理及技術

LASER（light amplification by stimulated emission of radiation）的大陸譯名為激光，是由著名科學家錢學森提議而定，港臺地區中文名則採用音譯為雷射。雷射是通過受激輻射而實現的光放大，它與普通光大不相同。兩者的區別在於：普通光（如太陽、電燈等）向四面八方發射，其振幅、頻率、相位都是雜亂無章的，而雷射是發散角極小的光束，它的振幅、頻率、相位都是非常整齊而有序的。雷射具有單色性好、方向性強、亮度高等獨特的優點。

雷射的受激輻射放大原理早在1917年就被偉大的物理學家愛因斯坦所發現，1958年美國科學家湯斯提出了雷射實現方法，1960年美國科學家梅曼研製成功世界第一台雷射器——紅寶石雷射器，次年中國科技人員在長春也創製了中國第一台雷射器。雷射自問世以來備受人們的重視。雷射做為一種先進的技術手段滲透到工業、農業、醫學等領域，產生了許多新的邊緣學科，比如雷射醫療與光子生物學、雷射加工技術、雷射檢測與計量技術、雷射全息技術、雷射光譜技術、非線性光學、超快光學、雷射化學、雷射分離同位素、雷射可控核聚變等。這些交叉技術與新的學科的出現，大大地推動了傳統產業和新興產業的發展。雷射在眼科學的應用也帶動了眼科臨床與科研的向前發展。

第一節　雷射的產生

一、光的本性

關於光的本性的認識，在科學史上佔有很重要的地位。光是波或是粒子，人類曾經歷了200多年的爭論，直到100年前承認光具有波粒二象性而告一段落。把光看成粒子，與把光看成波動一樣，同樣可以解釋光的反射和折射現象，卻難以說明光的干涉、衍射現象。但把光單純看成是電磁波，無法預言光電效應、康普頓效應等現象。對光的波粒二象性的新認識，最終導致了量子力學與相對論的兩個科學大發現。雖然光的本性仍具有神秘性，但普遍認為：光是一定波段的電磁波，在傳播過程中表現出波動性，在與物質相互作用的過程中表現出粒子性。光粒子指的是能量子，可稱之為光子，大小為hv，其中h是普朗克常數，v是光波頻率。

二、原子的能級結構

眾所周知，任何物體在任何溫度下都會產生輻射。當物體被加熱到很高溫度時還會發光，這就是熱致發光，如太陽、白熾燈等。發光不是僅用高溫來維持的，也可以依靠其他一些過程實現，如閃電、日光燈等。研究發現，發光的本質與物質的原子或分子能量狀態的改變有關。原子或分子粒子從處於較高的能量狀態向低能量狀態過渡中可以把多餘的能量以光的形式發射出來。瞭解原子發光的機理就可以認識雷射產生的過程。

原子是構成物質的基本單位，由帶正電荷的原子核和帶負電荷的電子組成。不同元素的原子核外電子數不同。核外電子根據能量大小按一定軌道繞核高速旋轉，外層軌道上的電子能量大，內層軌道上的電子能量小，分別處於高低不同的能級狀態。當電子在某一固定的能級時，並不發射光子，只有當電子從一個能量較大的能級跳躍到另一個能量較小的能級時，電子的總能量才發生變化，這部分能量的改變就以光的形式輻射出來。反之，當電子從一個能量較小的能級躍遷到能量較大的能級時，它一定要吸收能量，包括吸收光的能量。

原子、分子或離子都可能具有多種能級狀態，每一個能級都具有特定的能量。原子能量的任何變化（吸收或輻射）都只能在某兩個定態之間進行。在許多可能的狀態中，能量最低的狀態稱為基態。其他的狀態都具有比基態高的能量，被稱為激發態。粒子的能級可用一些水平線來代表，E_1代表最低能級，E_2、E_3、E_4、E_5的能級依次增高（圖1-1）。能量的單位用電子伏特（eV）表示。

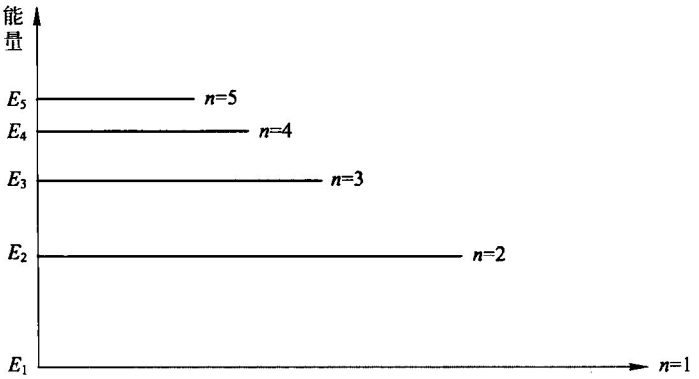


圖1-1　粒子能級

三、光與原子的相互作用

對原子來說，光子無非有兩種狀態，即有光子或無光子；對光子來說，原子無非也是兩種狀態，即上能級狀態或下能級狀態。不考慮無光子且原子處於下能級的穩定情況，那麼光與物質相互作用時可出現三種過程，即：受激吸收、自發輻射和受激輻射，這三種基本的物理現象也包括在雷射產生的過程中（圖1-2）。

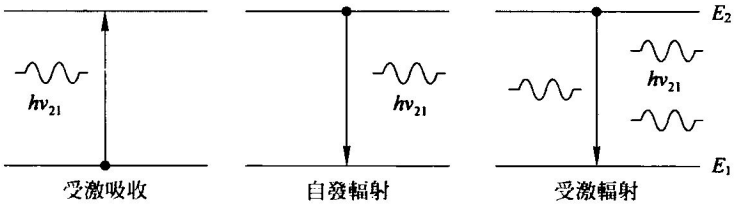


圖1-2 光的吸收與發射

（一）受激吸收

處於能級E_1的原子，若沒有任何外來光子接近它，則其能量狀態固定不變。如果用能量恰好為上下能級差E_2-E_1，如：$h\nu_{21}$的光子照射它，這個原子有可能吸收這個光子，並被激發到激發態E_2。這種原子能量狀態提高的過程稱為光的受激吸收。注意：下能級不一定要求是基態，也可以是激發態。不是任何能量的光子都能被一個原子所吸收，只有當光子的能量正好等於原子的能級間隔時，這樣的光子才能被原子吸收。

（二）自發輻射

一般處在激發態的原子也是不穩定的。它們在激發態停留的時間都非常短，約為10^{-8} s的數量級。在不受外界的影響時，它們會自發地返回低能態直至基態，並可伴隨著光子的放出。這種自發從高能態躍遷回低能態並放出光子的過程稱為自發輻射。自發輻射的特點是各個原子的輻射都是自發地、獨立地進行著。各個原子發出的光子在傳播方向、初相位和偏振方向都是不同的。除雷射器外，一般的光源發光都屬於自發輻射。

（三）受激輻射

這個過程是愛因斯坦首先描述的。當處於激發態的原子，在外來光子的影響下，也將從高能態向低能態躍遷，並釋放與外來光子具有相同的頻率、相同的傳播方向、相同的相位和偏振方向等性質的光子，這個過程稱為受激輻射。同樣，只有當外來光子的能量$h\nu_{21}$正好滿足$h\nu_{21}=E_2-E_1$時，才能引起受激輻射。在光與原子系統相互作用中，受激輻射與受激吸收分別是正逆過程。受激輻射的特點是1個入射光子與處於激發態的原子作用後將輻射出2個光子，即實現了光放大。

四、粒子數反轉

光子與原子體系相互作用時，總是同時存在著自發輻射、受激輻射和受激吸收三種過程通常情況下，原子體系是處於熱平衡狀態的，處於低能態的粒子數遠遠多於高能態粒子數，能級越高處，粒子數越少。因此，光與這樣的原子系統作用時，吸收過程總是強於受激輻射過程。也就是說，入射光通過普通的物質時總是受到一定程度的衰減。

若通過某種方法改變原子系統的粒子數的熱平衡分佈，使其高能態的粒子數多於低能態的粒子數，則形成所謂的粒子數反轉狀態。在這種情況下，受激輻射過程將強於吸收過程，從而實現光的放大。粒子數反轉的形成是產生雷射的必要條件之一。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com