

第 3 版

美容外科实用技术系列丛书

皮肤美容激光与 光子治疗技术

Lasers and Lights

原 著 George J. Hruza
Mathew M. Avram

主 译 杨蓉娅 樊 昕

ELSEVIER



北京大学医学出版社

美容外科实用技术系列丛书

皮肤美容激光与 光子治疗技术

Lasers and Lights

(第3版)

原 著 George J. Hruza

Mathew M. Avram

主 译 杨蓉娅 樊 昕

北京大学医学出版社
Peking University Medical Press

PIFU MEIRONG JIGUANG YU GUANGZI ZHILIAO JISHU (DI 3 BAN)

图书在版编目 (CIP) 数据

皮肤美容激光与光子治疗技术: 第3版/(美)赫鲁扎(Hruza, G.), (美)阿夫拉姆(Avram, M.)著; 杨蓉娅, 樊昕译.-北京: 北京大学医学出版社, 2016.4

书名原文: Lasers and Lights (3rd edition)

ISBN 978-7-5659-1359-4

I. ①激… II. ①赫… ②阿… ③杨… ④樊… III. ①激光疗法 IV. ①R454.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 060252 号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2016-1360

ELSEVIER

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200; Fax: (65) 6733-1817

Lasers and Lights, 3/E
George J.Hruza, Mathew M.Avram
Copyright © 2013, Elsevier Inc. All rights reserved.
ISBN-13: 9781455727834

This translation of Lasers and Lights, 3/E by George J.Hruza, Mathew M.Avram was undertaken by Peking University Medical Press and is published by arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

Lasers and Lights, 3/E by George J.Hruza, Mathew M.Avram 由北京大学医学出版社进行翻译, 并根据北京大学医学出版社与爱思唯尔(新加坡)私人有限公司的协议约定出版。

《皮肤美容激光与光子治疗技术》(第3版)(杨蓉娅 樊昕译)

ISBN: 9781455727834

Copyright © 2016 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. and Peking University Medical Press.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Details on how to seek permission, further information about the Elsevier's permissions policies and arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at our website: www.elsevier.com/permissions.

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. and Peking University Medical Press (other than as may be noted herein).

Notice

This publication has been carefully reviewed and checked to ensure that the content is as accurate and current as possible at time of publication. We would recommend, however, that the reader verify any procedures, treatments, drug dosages or legal content described in this book. Neither the author, the contributors, the copyright holder nor the publisher assume any liability for injury and/or damage to persons or property arising from any error in or omission from this publication.

Published in China by Peking University Medical Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the contract.

皮肤美容激光与光子治疗技术 (第3版)

主 译: 杨蓉娅 樊 昕

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路38号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumppress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京强华印刷厂

经 销: 新华书店

责任编辑: 李 娜 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 889 mm × 1194 mm 1/16 印张: 9.5 字数: 280 千字

版 次: 2016年4月第1版 2016年4月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-1359-4

定 价: 118.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

皮肤美容激光与 光子治疗技术

Lasers and Lights

(第3版)

注 意

该领域的理论知识和临床实践在不断变化。随着新的研究与经验不断扩充我们的知识结构，在实践、治疗和用药方面做出适当的改动是必要或适宜的。建议读者检查相关操作的最新信息，或检查每一药物生产厂家所提供的最新产品信息，以确定药物的推荐剂量、服用方法、服用时间以及相关禁忌证。治疗医师根据对患者的了解和相关经验，确立诊断，确定每一位患者的服药剂量和最佳治疗方法，并采取适当的安全预防措施，是其职责所在。不论是出版商还是著作者，对于在本出版物使用过程中引起的或与本出版物相关的任何个人或财产的损伤和 / 或损失，均不承担任何责任。

出版者



杨蓉娅，主任医师、教授、博士生导师、博士，专业技术少将军衔，享受政府特殊津贴。现任北京军区总医院全军皮肤损伤修复研究所所长、皮肤科主任、皮肤激光美容整形中心主任。第八、第九、第十、第十一届全国人大代表。

先后承担国家及军队科研课题 15 项，发表学术论文 300 余篇，主编及参编专业书籍 25 部；获得军队和地方医学科技成果奖 17 项，获得国家（实用新型）发明专利 14 项；培养硕士、博士研究生 52 名；创办了国家级专业学术期刊《实用皮肤病学杂志》并任总编。

学术任职：泛亚地区面部整形与重建外科学会中国分会副主席；中国整形美容协会副会长、常务理事，兼微创与皮肤整形美容分会副会长、互联网医美分会副会长；中华医学会医学美学与美容学分会候任主任委员；中国女医师协会副会长兼皮肤病专委会主任委员；中国医师协会美容与整形医师分会常委、前副会长；全军皮肤病专委会主任委员；中华医学会皮肤性病学分会常委兼激光医疗美容学组组长；北京医疗整形美容业协会副会长；北京中西医结合学会皮肤性病专委会副主任委员；北京中医药学会皮肤性病专委会副主任委员；《实用皮肤病学杂志》总编，《中华医学美学美容杂志》《中国美容整形外科杂志》《中华皮肤科杂志》《中国皮肤性病学杂志》《临床皮肤科杂志》《感染、炎症、修复》等 10 余本学术期刊编委。

所获荣誉：第五届“十佳全国优秀科技工作者”称号；“全国妇女创先争优先进个人”称号；全国“三八红旗手”称号；中国女医师协会首届五洲女子科技奖——临床医学科研创新奖；全军首届杰出专业技术人才奖；中国医师协会美容与整形优秀医师奖；中国美容与整形特殊贡献奖；解放军医学院教学先进个人；优秀医学专家；获得中央军委授予的荣誉称号 1 次；荣立个人二等功 2 次、三等功 2 次；所带领的全军皮肤损伤修复研究所于 2011 年被全国妇联授予“全国三八红旗集体”称号，荣立集体三等功 5 次、先进基层单位 4 次、先进基层党组织 3 次。



樊昕，副主任医师、副教授、医学博士、博士后。现任北京军区总医院全军皮肤损伤修复研究所皮肤激光美容中心主任。

学术任职：现任中华医学会医学美学与美容学分会青年委员会副主任委员、美容皮肤学组委员；中华医学会皮肤性病学分会青年委员、皮肤医疗激光学组委员兼秘书；中国整形美容协会激光美容分会常委；全军激光医学专业委员会常委；泛亚地区面部整形与重建外科学会中国分会激光与微创抗衰老专委会常委；北京医学会皮肤性病学分会青年委员；中华医学会激光医学分会皮肤激光整形学组委员；中国中西医结合学会皮肤性病学分会痤疮学组委员；国家食品药品监督管理局医疗器械技术评审中心评审专家；《实用皮肤病学杂志》英文编辑。

先后主研和参研国家自然科学基金 6 项，获得全军“十二五”科研基金面上项目 1 项，发表论文 40 余篇、SCI 论文 6 篇，参编及出版专著 5 部。从事激光美容临床与相关实用技术研究 10 余年，专长各类激光、强脉冲光、射频以及国内外最新激光与光电设备的临床应用，尤其擅长损容性皮肤病、疑难病的光电治疗，注射美容及面部年轻化治疗等。

主 译 杨蓉娅 樊 昕

副主译 刘丽红 徐 阳

译校者(按姓名汉语拼音排序)

陈 卫(北京军区总医院)

丁文蕴(北京协和医院)

樊 昕(北京军区总医院)

刘丽红(北京军区总医院)

刘志飞(北京协和医院)

孙林潮(蔻华医疗美容连锁机构)

王 金(北京协和医院)

王聪敏(北京军区总医院)

徐 阳(北京军区总医院)

杨 鹏(深圳美莱医疗美容医院)

杨蓉娅(北京军区总医院)

赵红艺(北京医院)

周剑锋(北京军区总医院)

R. Rox Anderson MD

Professor of Dermatology, Harvard Medical School; Director, Wellman Center for Photomedicine, Department of Dermatology, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

Lawrence S. Bass MD, FACS

Director, Minimally Invasive Plastic Surgery; Clinical Assistant Professor of Plastic Surgery, Department of Plastic Surgery, NYU School of Medicine, New York, NY, USA

Travis W. Blalock MD

Procedural Dermatology Fellow, Division of Dermatology and Dermatologic Surgery, Scripps Clinic, La Jolla, CA, USA

Melissa A. Bogle MD

Director, The Laser and Cosmetic Surgery Center of Houston; Associate Clinical Professor, The University of Texas Anderson Cancer Center, Houston, TX, USA

Chung-Yin Stanley Chan MD

Procedural Dermatology Fellow, SkinCare Physicians, Chestnut Hill, MA, USA

Henry H.L. Chan MD, PhD, MBBS, MSc, MRCP, FRCP, FHKCP, FHKAM

Honorary Clinical Professor, Division of Dermatology, Department of Medicine, University of Hong Kong; Honorary Consultant Dermatologist, Queen Mary Hospital, Hong Kong, China; Visiting Scientist, Wellman Center for Photomedicine, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

Barry E. DiBernardo MD, FACS

Director, New Jersey Plastic Surgery, Montclair, NJ; Clinical Associate Professor, Department of Surgery, Division of Plastic Surgery, University of Medicine and Dentistry of New Jersey, Newark, NJ, USA

Jeffrey S. Dover MD, FRCPC, FRCP

Associate Professor of Clinical Dermatology, Yale University School of Medicine, New Haven, CT; Adjunct Professor of Medicine (Dermatology), Dartmouth Medical School, Hanover, NH; Adjunct Associate Professor of Dermatology, Brown Medical School, Providence, RI; Director, SkinCare Physicians, Chestnut Hill, MA, USA

David J. Goldberg MD, JD

Director, Skin Laser and Surgery Specialists of New York and New Jersey, Hackensack, NJ; Clinical Professor of Dermatology and Director of Laser Research, Mount Sinai Medical School, New York, NY; Clinical Professor of Dermatology and Director of Dermatologic Surgery, UMDNJ-New Jersey Medical School, NJ; Adjunct Professor of Law, Fordham Law School, New York, NY, USA

Stephanie G.Y. Ho MB CHB, MRCP

Clinical Associate, Department of Medicine, Division of Dermatology, University of Hong Kong, Hong Kong, China

Omar A. Ibrahimi MD, PhD

Assistant Professor of Dermatology, Dermatologic & Mohs Surgery; Director, Cutaneous Laser and Cosmetic Surgery, Department of Dermatology, University of Connecticut Health Center, Farmington, CT; Visiting Assistant Professor of Dermatology, Wellman Center for Photomedicine, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Cambridge, MA, USA

H. Ray Jalian MD

Clinical Research Fellow, Wellman Center for Photomedicine, Department of Dermatology, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

Michael S. Kaminer MD

Assistant Professor of Clinical Dermatology, Yale University School of Medicine, New Haven, CT; Adjunct Assistant Professor of Medicine (Dermatology), Dartmouth Medical School, Hanover, NH; Adjunct Assistant Professor of Dermatology, Brown Medical School; Managing Partner, SkinCare Physicians, Chestnut Hill, MA, USA

Kristen M. Kelly MD

Associate Professor, Dermatology and Surgery, University of California, Irvine, CA, USA

Suzanne L. Kilmer MD

Director, Laser and Skin Surgery Center of Northern California, Sacramento; Associate Clinical Professor, Department of Dermatology, University of CA, Davis School of Medicine, CA, USA

Jeremy Man MD, FRCPC

Physician at Skin Laser and Surgery Specialists of New York, NY and New Jersey, NJ, USA

Kavita Mariwalla MD

Assistant Clinical Professor, Department of Dermatology, Columbia University, New York, NY, USA

Andrei Metelitsa MD, FRCPC, FAAD

Clinical Assistant Professor, Division of Dermatology, University of Calgary; Co-Director, Institute for Skin Advancement, Calgary, AB, Canada

Andrew A. Nelson MD

Private Practice, Nelson Dermatology, St. Petersburg, FL; Assistant Clinical Professor, Department of Dermatology, Tufts University School of Medicine, Boston, MA, USA

Jason N. Pozner MD, FACS

Director; Co-Owner, Sanctuary Plastic Surgery; Affiliate Assistant Professor of Clinical Biomedical Science, Charles E. Schmidt College of Medicine, Florida Atlantic University, Boca Raton; Adjunct Clinical Faculty, Department of Plastic Surgery, Cleveland Clinic, Weston, FL, USA

E. Victor Ross MD

Director, Cosmetic and Laser Dermatology Unit, Scripps
Clinic, San Diego, CA, USA

Iris Kedar Rubin MD

Consultant, Children's National Medical Center, Washington
DC; Dermatology Center, Bethesda, MD, USA

Fernanda H. Sakamoto MD, PhD

Instructor in Dermatology, Harvard Medical School; Assistant
in Research, Wellman Center for Photomedicine, Department
of Dermatology, Massachusetts General Hospital, Boston,
MA, USA

自1983年Anderson和Parish提出了“选择性光热作用”理论后,激光治疗的有效性和安全性达到了完美统一,这是激光医学特别是激光美容医学发展史上的一个重要里程碑,自此激光美容医学逐渐兴起。20年后的2004年,激光医学专家Manstein又提出“点阵式光热作用”理论,它是对传统“选择性光热作用”理论的拓展和延伸,从而进一步推动了激光美容医学的快速发展,也使得激光治疗成为临床医生,特别是皮肤科医生、皮肤外科医生一项重要的临床治疗技术。

2005年,George J. Hruza和Mathew M. Avram教授撰写出版了《皮肤美容激光与光子治疗技术》一书,一直以来受到了世界各国皮肤病学临床医生及美容外科医生的欢迎,曾被翻译为意大利语、法语、西班牙语、汉语、波兰语、韩语、葡萄牙语和俄语等多种语言。它是“美容外科实用技术系列丛书”的一个分册,重点介绍了激光技术的临床治疗技巧,并对各种治疗方法的临床适应证、

不良反应以及临床罕见案例进行了阐述。

第3版《皮肤美容激光与光子治疗技术》详细介绍了第2版出版后该领域的更多新技术,充分体现了当前医学激光技术的不断革新,更加全面地概述了激光与光的基础科学、临床实用性技术的亮点,求美者所青睐的激光面部年轻化治疗、激光皮肤重建术、非手术身体塑形及紧肤技术,不同人种皮肤的激光治疗选择,激光治疗的并发症及法律注意事项等内容,全面而详尽,图文并茂。总之,本书是一部实用性很强的激光美容与治疗技术的入门教科书。因此,我们决定对第3版《皮肤美容激光与光子治疗技术》进行翻译,并把它呈现给国内的同道们。

在此,我们对原著者以及参加第3版《皮肤美容激光与光子治疗技术》翻译工作的所有译者表示深深的感谢!感谢大家的辛勤劳动与付出!同时,由于我们的翻译水平有限,译著中难免会出现某些错误,敬请广大读者批评指正。

杨蓉娅 樊 昕

7年前，我们就开始着手编纂“美容外科实用技术系列丛书”。该丛书由一系列高质量的、实用的、最新的、图文并茂的分册组成。我们的目标是为皮肤科医生、皮肤外科医生和其他致力于该领域研究的人们提供详细的便携书籍，这里面包含了所需要掌握的几乎所有的前沿美容技术。感谢世界级的丛书主编、大师级的章节作者，以及孜孜不倦和优秀的 Elsevier 出版人员的不懈努力，使得这部系列丛书获得了空前的成功。在过去的7年中，我们推出了15个不同的分册，并被全世界数以千计的医生购买。最初只有英文版本，后来先后被翻译成了意大利语、法语、西班牙

牙语、汉语、波兰语、韩语、葡萄牙语和俄语等多种语言。

我们一直致力于确保该系列丛书内容实用、易于掌握，但同时又是最新的，涵盖了所有的新方法与新材料。鉴于我们学科的迅速发展，我们推陈出新，已更新至第3版。在接下来的几年中，我们将继续提炼、扩充和改进内容，首先修订最有时效性的分册，其余的分册也将陆续更新。

该系列丛书是一个不断更新的项目。除了当前的第3版外，我们还将推出全新的分册，以覆盖本系列丛书在编写之初可能还未出现的新操作。希望大家喜欢并享受阅读的过程。

Jeffrey S. Dover MD FRCP

Murad Alam MD

(樊昕 陈卫 杨蓉娅 译)

原著前言

第3版《皮肤美容激光与光子治疗技术》详细介绍了自本书第2版出版后本领域的多种进展。章节内容上体现了当前的技术革新。事实上，有一些关于治疗内容的章节在之前的版本中并不存在，其余章节有的已完全重写，有的在内容上做了更新。本书的总论部分由 Rox Anderson 及其同事全面概述了激光设备背后的基础科学。随后的分论部分包括：激光治疗血管性疾病、激光治疗色素性皮损和文身、激光脱毛、非剥脱性激光和光疗皮肤年轻化、非剥脱性点阵激光嫩

肤、激光皮肤重建术、非手术身体塑形、非手术紧肤技术、有色人种皮肤的激光治疗、激光治疗的并发症和法律事项。这些章节为该领域的新手和经验丰富且着眼于实际应用的激光术者，提供了一个全面且不同主题的概述。所有内容均强调患者选择、治疗策略和激光安全性，并对基本技术和最新技术均做了简要介绍。除了文字内容外，本书还配有大量图片和示意图、要点、表格、临床病例、关键点等资料。总之，本书很好地概述了皮肤美容领域中激光与光源的应用。

George J. Hruza, Mathew M. Avram
(樊昕 陈卫 杨蓉娅 译)

1	激光、光与组织的相互作用.....	1
2	激光治疗血管性疾病.....	9
3	激光治疗色素性皮损和文身.....	19
4	激光脱毛.....	32
5	非剥脱性激光和光疗皮肤年轻化.....	47
6	非剥脱性点阵激光嫩肤.....	59
7	激光皮肤重建术.....	72
8	非手术身体塑形.....	86
9	非手术紧肤技术.....	97
10	有色人种皮肤的激光治疗.....	113
11	激光治疗的并发症和法律事项.....	129

激光、光与组织的相互作用

1

刘丽红 樊昕 杨蓉娅 译

概要和关键点

- 激光和强光通过选择性光热作用破坏靶组织。
- 剥脱性激光汽化组织，非剥脱性激光仅加热组织而无汽化。
- 选择性组织损伤时所给予的能量大小应根据靶组织的自身特点来决定。选择性光热作用结合适当波长的光（可见光）、能量（光剂量）、脉宽和皮肤冷却保护可以治疗各种疾病。
- 了解皮肤及组织靶点的光热特性，再给予合适的光源，则治疗才能安全有效。

光

光是众多医学应用中能量的基础形式。在量子层面，光由能量子组成，称为光子。每个光子携带一定的能量。光也是一种电磁波。从低频无线电波电磁频谱扩展到超高能伽马射线。每一个光子所携带的能量是由它的波长决定的，正如不同波长的可见光（400~700nm）对应于不同的颜色。激光（laser）是光受激辐射放大（light amplification by the stimulated emission of radiation）的简写。受激辐射是由一个光子刺激另一个光子产生量子的过程，由受激原子或分子相互作用。激光通过刺激许多原子到激发态，可产生大量的受激辐射。激光的典型特性是具有单色性，即由单一波长的光组成。另外，激光具有相干性，指所有光波的时间和空间位相。激光还具有高度的平行性，激光束可以传播很长的距离而不分散，其聚焦到一个点，这段距离等于它的波长。激光的这些独特性，可用于体内成像技术，

如共聚焦显微镜和光学相干层析扫描术。

激光也能产生极强和极短的脉冲光。在皮肤科和眼科，脉冲激光已经成为精确的手术和靶向选择治疗的主流工具。1983年之前，激光在皮肤病学主要用于非特异性组织破坏。自Anderson和Parrish于1983年提出选择性光热作用（selective photothermolysis, SP）理论后，激光在皮肤科的应用已成为主流，更精准地针对靶组织的热损伤，同时最小化非特异性组织破坏。强脉冲光（intense pulsed light, IPL）的光源并非激光，它是毫秒脉冲光，也是基于SP理论而应用的。理解SP理论的意义是各种激光和IPL应用的关键。有必要了解一下皮肤的光学性质，因为激光治疗始于光能在皮肤中的吸收。

随着科技的不断发展，皮肤组织浅层或柱状汽化作用的激光技术也得到了发展。Manstein等在2004年报道了点阵光热作用理论，开启了激光在皮肤科应用的另一个时代。它通过产生非常小的非选择性热损伤区，刺激皮肤重建且无瘢痕形成。激光刺激皮肤重建在某些方面类似于大面积的创伤修复的复杂过程，包括表皮再生、金属蛋白酶产生和弹性纤维、I型和III型胶原蛋白的新生。而与严重创伤修复相比，炎症反应轻微且不形成瘢痕。选择设备时应避免“照本宣科”。特定患者应选用特定的设备，并将激光基础理论和患者临床特点相结合，仔细观察合适的临床治疗终点，熟练的激光技术和临床经验均远优于设备的固有模式（框1.1）。

光与皮肤相互作用

光子可被吸收（释放出能量）或分散（改变传播方向）。光线被皮肤散射回来称为反射。光通过特定的皮肤层称为透射。散射与波长呈反比，波长越短

框1.1

如何合适的光源?

1. 确定临床适应证
2. 基于组织靶色基选择正确的光波长 (nm)
3. 观察是否需要连续波 (continuous wave, CW) 或脉冲光源
4. 必要时选择合适的脉宽 (s)
5. 必要时选择脉冲频率 (Hz)
6. 设置表皮冷却参数
7. 选择适当的光剂量
8. 激光测试检查是否正常运行
9. 单脉冲治疗靶皮肤组织, 并观察临床治疗终点
10. 必要时调整剂量
11. 如果观察没有不良反应, 继续治疗

注意:

- a. 必要时局部麻醉 (例如文身、剥脱性激光)
- b. 适当穿戴个人防护 (如特定波长的护目镜、防烟口罩、手套)
- c. 若进行剥脱性操作, 打开排烟器
- d. 使用凡士林软膏并防晒, 直到治疗区痊愈

的光, 散射越强; 波长越长 (如红外线), 散射越弱。我们都熟悉, 黑色物体放置于阳光下变热归因于吸收, 水滴 (云) 或结晶 (雪) 则为亮白色, 因为它们对光强烈的散射作用而极少或没有吸收。与之相似, 光既被皮肤吸收, 也被散射。因此, 皮肤色泽取决于散射和吸收的混合。光透入皮肤受吸收和散射的限制。光对皮肤的所有效果始于对光子的吸收, 吸收光的分子称为色基。剥脱性激光是指通过使组织内的水快速沸腾而汽化组织。因此, 适用于皮肤切割的激光波长是被水强吸收的。非剥脱性激光不汽化组织。皮肤科有许多非剥脱性激光, 有些波长被水吸收, 有些波长被其他色基吸收 (如黑色素和 / 或血红蛋白)。

要点 1

剥脱性激光可汽化皮肤, 而非剥脱和选择性激光只能通过选择性光热作用进行治疗。

激光剂量对于安全和有效的疗效非常重要。为了去除组织, 剥脱性激光必须使局部组织温度超过 100℃ 的沸点, 增加更大的能量可将水变成水蒸汽。能量的基本单位是焦耳 (J)。加热 1cm³ 的水 1℃ 需要 4.2 J 的能量。若使同样 1cm³ 的水蒸发, 则需要超过 2000J 的能量。汽化每立方厘米组织, 激光

必须传输约 2500 J 的能量才能达到。切割皮肤组织不仅要求非常高的能量, 而且必须被快速传递, 在能量达到更深层皮肤之前, 去除热源, 以免导致深层组织烧伤。皮肤科标准的剥脱性激光是铒激光 (2940nm) 和 CO₂ 激光 (10 600nm)。这些剥脱性激光精确地去除一层薄薄的皮肤或点阵柱状损伤皮肤, 留下微小热损伤区以使皮肤重建。残余热损伤层通常约为 0.1mm, 非常容易止血。微小热损伤区是通过剥脱激光的波长、脉宽、功率密度 (W/cm²) 在皮肤表面共同作用而形成的。初学者常出现的一个错误就是因太谨慎而下调治疗能量等参数。遗憾的是, 下调能量可引起灼伤, 因为这个过程会导致从快速、精确汽化的最小热损伤转变为余热对更多皮肤的加热作用。幸运的是, 许多剥脱性激光特定用于皮肤科, 设计了保持快速剥脱组织的能量范围, 但这种模式并不常用。发射高功率、高能量和短脉冲 (小于 1ms) 的铒激光和 CO₂ 激光最安全, 微小热损伤特别设计用于皮肤病。尽管剥脱性激光可提供一定的安全保障, 但最可靠的是观察理想和非理想的治疗终点的即刻反应。例如, 皮肤的即刻收缩是真皮大量热损伤的标志 (图 1.1)。

能量密度是指皮肤单位面积传递的能量, 其单位通常表示为 J/cm²。可认为能量密度是激光能量作用于皮肤的局部“剂量”。脉冲持续时间 (也称为脉冲宽度, 或曝光时间) 是指激光能量传递的时间, 以秒 (s) 为单位表示。功率是指能量输送的速率。功率以瓦 (W) 计算, 常见设备如灯泡。其中 W 定义为 1W =1 J/s。一个常见的白炽灯泡消耗 100W 的电, 但发出的光不到 10W。相反, 在皮肤科常用的激光产生 10 ~ 10 亿 W 的光能。而 Q- 开关 (QS) 激光, 我们通常用它去除文身和色素性病变, 比一

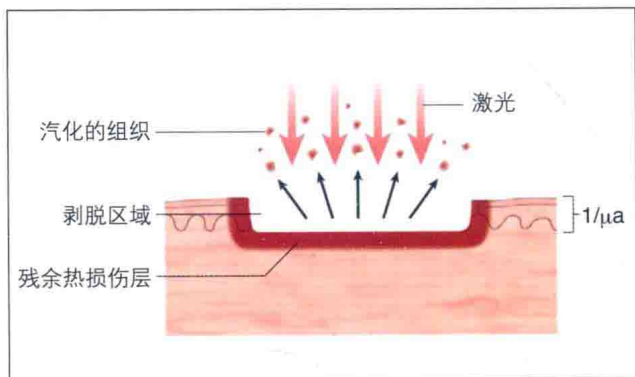


图 1.1 剥脱性激光汽化皮肤示意图, 遗留残余热损伤层

个典型的核电站产生的能量还多！然而，这些激光发出的功率仅为 10~100 纳秒 (ns, 十亿分之一秒)。因此，治疗儿童太田痣使用 10ns 的 QS 激光，治疗儿童鲜红斑痣使用 1 毫秒 (ms) 的脉冲染料激光，能量密度几乎相近，约 5~10J/cm²，但脉冲染料激光比 QS 激光的功率低 10 万倍。

皮肤组织光学

皮肤中最重要的色素是血红蛋白、黑色素、外源性色素 (如文身、某些药物)、水和脂质。拟治疗区的靶组织色素、靶组织深度和邻近组织对光的吸收决定了治疗波长的选择。各种色素在整个电磁波谱的吸收光谱见图 1.2。

选择性光热作用理论

选择性光热作用基于正确的波长选择、脉宽、能量密度、光斑面积和皮肤冷却。首先，波长 (或用 IPL, 波长范围内) 需优先被预设的“靶基”结构吸收，如毛囊、微血管、文身墨水或黑素细胞所吸收。迄今，利用选择性光热作用的所有激光均在可见光和近红外 (NIR) 光谱范围内。通常，在可见光光谱中，靶色素通过互补色波长的光进行治疗。例如，红色的文身墨水吸收绿色光，可用倍频 QS Nd:YAG 激光 532nm 绿光进行治疗，能达到很好的效果。同样，绿色文身最好用红色的 QS 激光，如用 694nm 的红宝石激光去除。优先吸收意味着可避免发色团的竞争性吸收，不是单独的在预期靶点强吸收。例如，治疗真皮靶目标如血管时，尽量减少表皮不必要的损伤很重要。由于每一个光子到达血管首先必须通过表皮，鲜红斑痣治疗的最佳波长并不仅仅是那些对血液具有较强吸收的波长。合适的波长亦必须穿透一定深度足以达到靶目标。可见光和近红外光谱为 400~1200nm，波长越长，穿透组织越深。因此，可使用黄光脉冲染料激光，而不是用强吸收的蓝光治疗表浅血管病变。长脉冲染料激光是首个特别针对医疗应用而设计的激光：治疗儿童鲜红斑痣 (见病例讨论 2)。在微观状态，可观察到微血管被选择性地加热和破坏，对其他皮肤结构的损伤极小。但是，对于肥厚性或深部血管病变，比如很多成人鲜红斑痣和静脉畸形，通常使用近红外 755nm 的翠绿宝石激光能获得更好的效果，2009

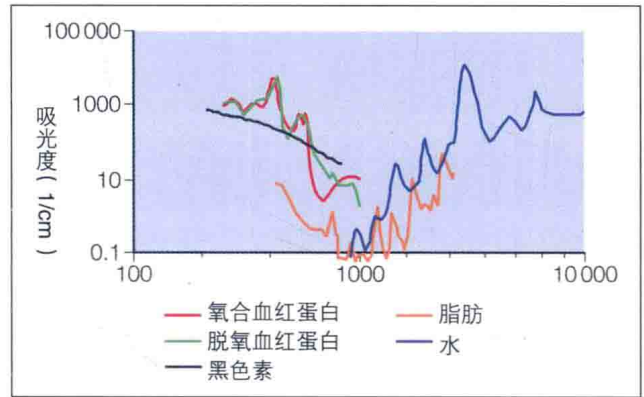


图 1.2 常用于选择性光热作用激光手术的色素吸收光谱。图片摘自 Sakamoto et al, 2007

年 Izikson 等曾详细报道过 (图 1.2, 很容易观察到血红蛋白对黄光吸收比对 755nm 的吸收更强, 对黑色素也有很好的吸收)。当翠绿宝石激光用于血管病变治疗时, 有必要采用皮肤冷却进行表皮保护, Chang 和 Nelson (1999 年)、Altschuler 等 (2000 年) 均有报道。

要点 2

选择性光热作用可应用于组织学靶点的显微激光外科。

要点 3

激光波长通常是靶色素的互补色 (如“红色”694nm 的红宝石激光治疗绿色文身)。

要点 4

可见光谱内的光穿透皮肤的深度是随着波长而增加的, 而在红外线区域内的穿透深度则减少。

黑色素的吸收波长范围很宽。真黑素是表皮和深肤色毛囊的主要色素, 从紫外光到近红外区域具有广泛的吸收光谱。真黑素是单纯性雀斑痣的靶色素。Grossman 和他的团队于 1996 年提出, 次要色素是在毛囊干细胞, 这也是激光脱毛的靶点。对于白皮肤黑头发的人, 波长在近红外范围 (810nm 的二极管; 755nm 的翠绿宝石) 是理想的脱毛激光。然而, 常见的错误是使用这些设备对红色或金色毛发

进行脱毛，这些毛发主要成分是褐黑素。这些激光波长很少能被褐黑素吸收，因此对红发或金发的去除无效。

一般情况下，水不作为选择性光热作用的靶点，因为几乎所有皮肤结构中都有着高浓度的水。水吸收在近红外范围开始逐渐增大，到中红外光谱范围内到达峰值。当与适当的表皮冷却装置配合使用时，此波长光谱范围内非剥脱方式的激光可以通过靶向真皮内的水，产生热量并控制热损伤而达到嫩肤效果。真皮损伤后导致胶原重塑以及胶原新生，可促进皱纹的改善。

最近，Sakamoto 和他的团队以及 Anderson 等已将近红外激光用于靶向脂肪丰富的组织。不同于传统的靶色基，而是基于电荷，激光靶向脂质基于分子振动模式。脂质分子在 1210nm 和 1720nm 被选择性破坏，在这个波段脂质的吸收略高于水。尽管尚未有商用设备，但这些即将出现的设备应用提供了一个有吸引力的、另类的、非侵入性的靶向脂质的治疗方法。

对于选择性光热作用的第二个要素是应用脉宽，使热量被限制在激光脉冲内或邻近的靶组织结构中。此刻，热量在优先吸收光子的靶目标中形成，靶目标通过传导冷却。因此，靶目标的加热是光子吸收率和冷却率之间的平衡。在临床中常用特定的概念——热弛豫时间（thermal relaxation time, TRT）来选择正确的脉宽。TRT 被简单地定义为靶结构大幅降温所需要的时间。TRT 与靶目标的大小密切相关，而对于最佳的皮肤科激光而言，这种变化需要更宽的激光脉宽范围。简单常用的近似值为 $TRT \approx d^2$ ，TRT 以秒（s）为单位，d 代表以毫米（mm）为单位的靶点大小。例如，1mm 的腿部静脉约在 1s 内冷却；而 0.2mm 的毛细血管扩张如典型的酒渣鼻，约在 0.04s（40ms）冷却；儿童葡萄酒色斑中 0.03mm 的小静脉约在 0.001s（1ms）冷却。最佳激光或 IPL 的脉宽通常约等于 TRT。例如，低功率 KTP（532nm）激光的长时间照射适合用于治疗腿部静脉。更高功率的 KTP 或脉冲染料（595nm）激光在 20~40ms 适合治疗酒渣鼻的毛细血管扩张，脉冲染料激光在约 1ms 适合治疗儿童鲜红斑痣。TRT 依赖于靶点面积，深入应用于所有纳米级的亚细胞器靶目标。由于 QS 激光 10~100ns 脉宽短于靶点的 TRT，故可应用于皮肤科如文身油墨颗粒、黑色素和色素沉着（见病例讨论 1）。

要点 5

秒级脉宽与毫米为单位的靶点面积成正比。

病例讨论 1

脉宽

一名 26 岁的女性在当地的美容机构“激光洗文身”后遗留严重瘢痕。她回忆，由同一操作者用同一台机器对她进行激光脱毛，无任何副作用。然而，她的黑色文身在治疗后即出现严重的起疱、红斑和水肿，随后结痂并出现增生性瘢痕。

TRT 和脉宽的匹配是临床实现较好的疗效、避免副作用的重要因素，甚至可以控制靶目标即将出现的反应。例如，同时考虑到一位年轻男性的太田痣和面部的胡须。痣和他的胡须中都含有高浓度相同色基、黑色素。QS 翠绿宝石激光（755nm 波长）对太田痣治疗非常有效，因为靶目标是散在于真皮层的小而孤立的黑色素细胞。由于真皮中黑色素细胞碎裂时形成微小气泡，合适的治疗终点是治疗区域即刻变白。然而，这种 QS 翠绿宝石激光不能进行脱毛，因为它的脉宽比毛囊终端的 TRT 短 100 万倍。这只能在激光热量流向毛囊上皮细胞之前汽化毛干（已经死亡），且有信心告知患者胡须不会被意外去除。与此相反，同样波长的长脉冲（3~30ms）的翠绿宝石激光可用于脱胡须、毛发而不影响其太田痣。这个长脉宽对小而孤立的黑色素细胞无法提供热控制，但针对整个毛囊可提供充足的时间加热而不会汽化其毛干。

与脉宽相关的常见问题是长脉冲光源的应用，例如 IPLs，广泛适用于激光脱毛、治疗文身。长脉冲激光和 IPLs 发射毫秒级脉冲可加热大量文身的皮肤，而不是单独的文墨颗粒，因为脉宽大大超过了文墨颗粒的 TRT。因此，周围的皮肤被加热引起非选择性热损伤，如 Wenzel 和他的团队在 2009 年曾报道过的，出现起疱、色素沉着和瘢痕。遗憾的是，由于缺乏对选择性光热作用的充分理解以及脉宽的错误选择，类似的错误时常会发生。

最佳的选择性光热作用的第三个要素是足够的能量作用到靶点。通常能量需要与靶组织的吸收呈负相关，吸收能力越强，所需能量越低，反之亦然。因此，例如一个典型的翠绿宝石激光能量用于治疗鲜红斑痣（见病例讨论 2）为 $40\text{J}/\text{cm}^2$ ，而对于同一病变的脉冲染料激光治疗可能仅需 $8\text{J}/\text{cm}^2$ 。