

BIBLIOTECA
DIGITAL

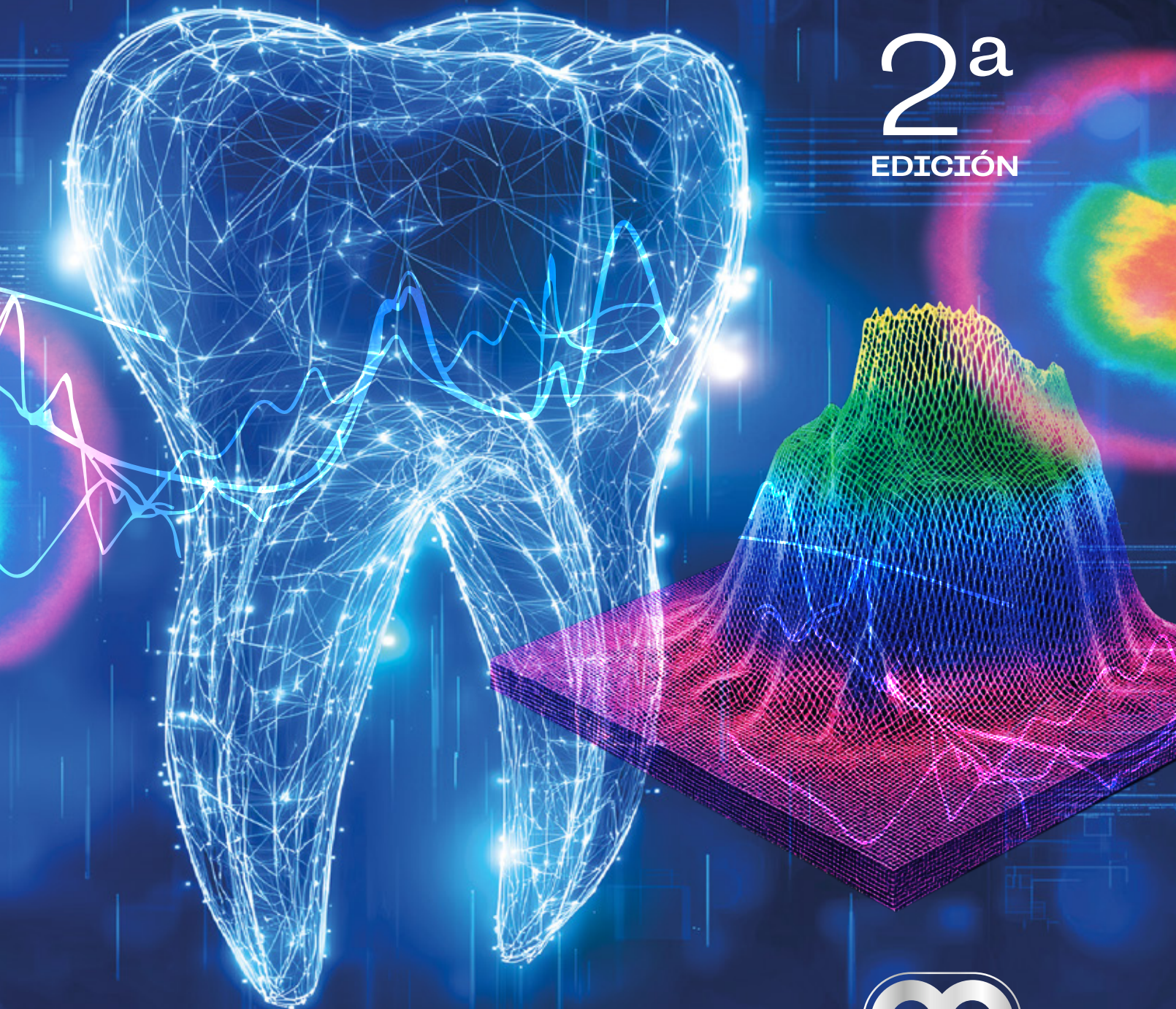
INCLUYE E-BOOK

ODONTOLOGÍA LÁSER

AVANCES Y APLICACIONES ACTUALES

2^a

EDICIÓN



DONALD J. COLUZZI
STEVEN P. A. PARKER


AMOLCA

ODONTOLOGÍA LÁSER

AVANCES Y APLICACIONES ACTUALES





2^a
EDICIÓN

ODONTOLOGÍA LÁSER

AVANCES Y APLICACIONES ACTUALES

DONALD J. COLUZZI
STEVEN P. A. PARKER

2026



Editor en jefe: Félix E. Suárez

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o transmitirse por ningún medio electrónico, mecánico, incluyendo fotocopiado o grabado mediante cualquier sistema de almacenamiento de información sin el permiso escrito de los editores.

El editor no es responsable (de hechos de responsabilidad, negligencia u otra) por lesión alguna resultante de cualquier material contenido aquí. Esta publicación contiene información relacionada a principios generales de cuidados médicos que no deben ser tomados como instrucciones específicas para pacientes individuales.

La información y empaque de productos manufacturados insertos deben ser revisados para el conocimiento actual, incluyendo contraindicaciones, dosis y precauciones.

Publicado originalmente en inglés bajo el título

Lasers in Dentistry. Current Concepts

by Steven P. A. Parker and Donald J. Coluzzi, 2nd edition

Copyright © The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG, 2023

Esta edición ha sido traducida y publicada bajo acuerdo de Springer Nature Switzerland AG.

Springer Nature Switzerland AG no se hará responsable por cuanto a la exactitud de esta traducción.

ISBN: 978-3-031-43337-5

Edición en idioma castellano:

Copyright © 2026. Editorial Amolca S. A. S.

Odontología láser. Avances y aplicaciones actuales

de Steven P. A. Parker y Donald J. Coluzzi, 2.ª edición

eISBN: 978-9962-748-33-5

Edición año 2026

Corrección clínica: Dra. Sinaí Arias

Corrección de estilo y gramática: Elsa Mora

Artes finales: Santiago Guiral

Diseño de portada: Steven Cifuentes



**CASA
MATRIZ**

Cra 43 # 9 Sur 195 Ed. Square Torre Inexmoda Ofc. 1334 - 1338 Medellín, Colombia

+573027157665

(604) 479 74 31

hola@amolca.com

www.amolca.com

AMOLCA COLOMBIA



Circular 5 #71 A - 5 Barrio Laureles
(604) 444 3314
+57 3175049844
gerencia@amolca.com.co

AMOLCA PERÚ



Jr. Inclán 312 Magdalena del Mar, Lima
+51 998 128 873
ventas@amolca.com.pe

AMOLCA CHILE



+56 944182523
+56 920298344
ventas@amolcachile.com

AMOLCA MÉXICO



Arquitectura 49 – 202 o Videopuerto
Amolca. Colonia Copilco
Universidad. Alcaldía Coyoacán. C.P.
04360.
Ciudad de México.
+52 5556580882
administracion@amolcamexico.com

AMOLCA VENEZUELA

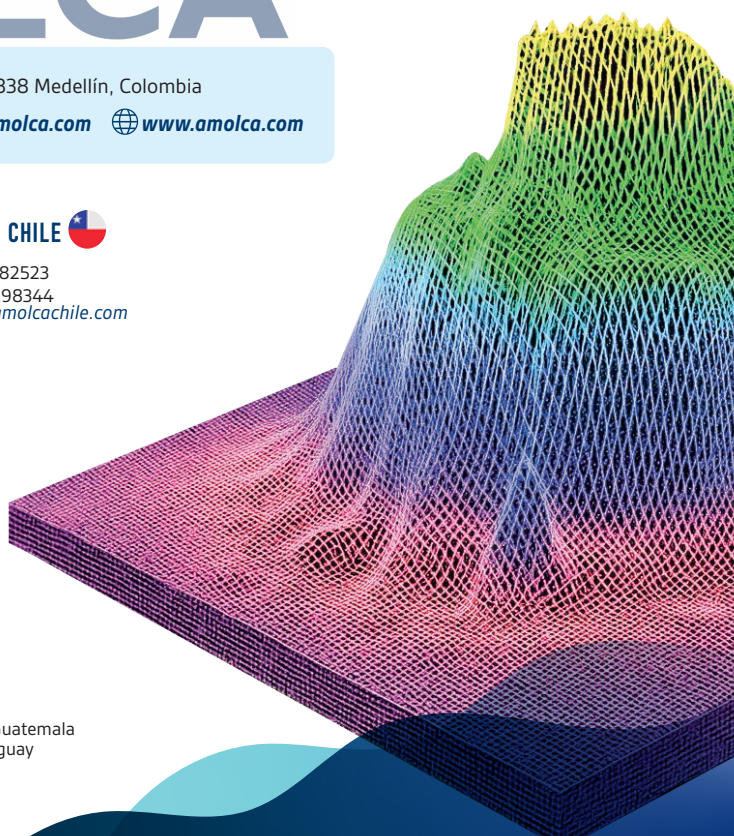


Calle VillaFlor Edificio Centro Profesional del Este
Piso 08 Oficina 81. Urbanización San Antonio /
Sabana Grande Sur Parroquia El Recreo, Municipio
Libertador. Distrito Libertador
+58 414 255 51 85
comercioexterior@amolca.com



Distribuidores

Argentina - Bolivia - Brasil - Costa Rica - Ecuador - El Salvador - España - Guatemala
Honduras - Nicaragua - Panamá - Paraguay - República Dominicana - Uruguay



PREFACIO

El primer láser diseñado específicamente para odontología se introdujo en 1989 y utilizaba un cristal de granate de aluminio e itrio dopado con neodimio (Nd:YAG) como medio activo principal. La energía fotónica de baja potencia media producida por este láser se administraba a través de una fibra óptica de pequeño diámetro para dirigirla al tejido bucal. Esta tecnología se había desarrollado para su uso en medicina desde 1975, y los láseres de dióxido de carbono (CO₂) se emplearon habitualmente durante la década de 1980 para cirugía general y oral.

Hoy en día, aproximadamente el 15 % de los dentistas de todo el mundo poseen láseres, y existen unas 30 indicaciones para su uso en el tratamiento dental. Ya se utilicen como complemento o en lugar de la instrumentación convencional, los láseres aportan muchas ventajas únicas al paciente.

Este libro pretende proporcionar información sobre la ciencia básica y las interacciones tisulares de los láseres dentales y mostrar los ejemplos más actuales de uso clínico en todas las disciplinas odontológicas. Los casos clínicos se eligieron para mostrar los resultados del uso adecuado del láser para un procedimiento concreto, y el texto que los acompaña explica los fundamentos, las ventajas y las precauciones de ese uso, documentado con numerosas citas.

Los estudios de investigación siguen aportando pruebas colaborativas que demuestran la eficacia de los instrumentos actuales. Además, otras investigaciones enumerarán aplicaciones clínicas novedosas, y es de esperar que se exploren nuevas longitudes de onda láser, desarrolladas para administrar configuraciones de potencia altamente específicas que optimicen la interacción láser-tejido.

Estamos orgullosos del fenomenal éxito de la primera edición de este libro, publicada en 2017. A lo largo de los casi 7 años transcurridos, el uso de la energía fotónica láser, en todas sus aplicaciones de rango de potencia, ha seguido expandiéndose. En todo el mundo, los médicos están descubriendo la amplia gama de aplicaciones clínicas —diagnóstico, fotoquímica, fotobiomodulación subablative y uso quirúrgico ablativo complementario— y la facilidad con la que estas aplicaciones pueden aportar beneficios añadidos.

El hecho de que tanto el número como la variedad de láseres sigan creciendo es un testimonio de la innovación de los fabricantes de láseres y de la comunidad mundial de investigadores y clínicos dentales y orales.

Este libro sigue siendo el producto de muchos clínicos dentales muy respetados, junto con los académicos y los investigadores de todo el mundo, y estamos agradecidos por sus esfuerzos y su amistad. A los que nos han precedido, les decimos “gracias”, y a los nuevos autores, les agradecemos su esfuerzo por contribuir.

Y lo que es más importante, agradecemos el amor, la comprensión y el apoyo de nuestras esposas, Catherine Coluzzi y Penny Parker.

Esperamos que disfrute del libro.

Donald J. Coluzzi

Steven P. A. Parker

Portola Valley, CA, EE. UU.

Harrogate, North Yorkshire, Reino Unido

CONTENIDO

I Conceptos de uso del láser

1. **El láser en odontología: ¿por dónde empezar?** 3
Shally Mahajan, Vipul Srivastava y Donald J. Coluzzi
2. **Fundamentos del láser y la luz** 19
Donald J. Coluzzi
3. **Interacción láser-tejido** 35
Steven P. A. Parker
4. **Parámetros de funcionamiento del láser para tejidos duros y blandos, manejo quirúrgico y PBM** 65
Wayne Selting
5. **Seguridad del láser en odontología** 97
Penny J. Parker y Steven P. A. Parker
6. **Diagnóstico asistido por láser** 127
Alex Mathews Muruppel y Daniel Fried
7. **Terapia de fotobiomodulación en odontología clínica: conceptos teóricos y aplicados** 173
Mark Cronshaw y Valina Mylona

II Tratamiento de tejidos orales duros asistido por láser

8. **Uso del láser en el tratamiento de la caries dental** 239
Riccardo Poli, Francesco Buoncristiani, Deepti Dua y Joshua Weintraub
9. **Endodoncia asistida por láser** 291
Roy George y Laurence J. Walsh
10. **Láser en implantología oral** 319
Robert J. Miller
11. **Odontopediatría asistida por láser** 339
Konstantinos Arapostathis, Dimitrios Velonis y Marianna Chala

III Tratamiento de tejidos orales blandos asistido por láser

12. **Uso del láser en la ortodoncia quirúrgica mucogingival** 379
Ali Borzabadi-Farahani
13. **Uso del láser en cirugía oral menor** 399
Omar Hamadah

IV Manejo de tejidos orales asistido por láser

14. **Tratamiento láser de la enfermedad periodontal y periimplantaria** 447
Donald J. Coluzzi, Akira Aoki y Nasim Chiniforush
15. **Manejo de tejidos asistido por láser durante procedimientos estéticos o restauradores** 479
Donald J. Coluzzi, Mark Cronshaw y Joshua Weintraub
16. **Impacto de la odontología láser en el manejo del color en la zona estética** 507
Kenneth Luk y Eugenia Anagnostaki

V ¿El camino a seguir?

17. **Investigación actual y sueños futuros para los láseres dentales** 535
Peter Rechmann
18. **El láser en la práctica odontológica general: ¿tiene cabida la ciencia láser en la práctica odontológica diaria?**
Uso del láser basado en la evidencia. Educación sobre el láser.
Aspectos médico-legales del uso del láser 557
Steven P. A. Parker

Glosario	572
Índice alfabético	577

EDITORES Y COLABORADORES

ACERCA DE LOS EDITORES



Donald J. Coluzzi, DDS

Licenciado en 1970 por la University of Southern California School of Dentistry, es profesor del Department of Preventive and Restorative Dental Sciences at the University of California San Francisco School of Dentistry. Dirigió su propia consulta privada de odontología general en Redwood City, California, y se retiró de ella después de 35 años. Es miembro vitalicio de la California Dental Association y de la American Dental Association. Fue presidente de la Academy of Laser Dentistry, recibió el Premio Leon Goldman a la Excelencia Clínica y fue redactor jefe del *Journal of Laser Dentistry*. Lleva utilizando láseres dentales desde principios de 1991 y posee conocimientos avanzados en las longitudes de onda Nd:YAG y Er:YAG. Es miembro del American College of Dentists y del International College of Dentists, está certificado como educador en láser dental por la University of California y es miembro de Omicron Kappa Upsilon, la sociedad nacional de honor de odontología. Recientemente ha recibido el premio *Outstanding Faculty Member Award* del American College of Dentists. El Dr. Coluzzi es revisor de varias revistas y ha presentado ponencias sobre láser en todo el mundo, ha sido coautor de tres libros de texto y ha publicado varios artículos y capítulos de libros revisados por expertos.



Steven P. A. Parker, BDS, LDS RCS, FCGDent, PhD

Estudió Odontología en la University College Hospital Medical School, University of London (Reino Unido) y se licenció en 1974. Ejerció la odontología clínica durante un periodo ininterrumpido de 43 años. Actualmente es profesor honorario de la Faculty of Health and Life Sciences at De Montfort University, Leicester, Reino Unido, donde se doctoró en fotónica láser. El Dr. Parker lleva trabajando en el uso del láser en odontología clínica desde 1990. Está estrechamente involucrado en la provisión de educación en el uso del láser en odontología. De 2010 a 2019, desempeñó un nombramiento como *Professore a Contratto* en el Dipartimento di Scienze Chirurgiche e Diagnostiche Integrate Università degli Studi di Genova, Italia. Durante ese período, actuó como coordinador internacional y profesor principal del programa de Maestría en Ciencias (AMD Livello II) en odontología láser en la Universidad de Génova.

El Dr. Parker fue presidente de la Academy of Laser Dentistry (ALD) en 2005-2006. Posee una competencia avanzada en múltiples longitudes de onda láser. Se le concedió la maestría de la ALD en 2008. Los premios que ha recibido de la Academia han sido el *Leon Goldman Award for Excellence in Clinical Laser Dentistry* (1998) y el *Distinguished Service Award* (2010). Fue el consultor dental de la Medical Health Regulatory Agency del Reino Unido (Dept. of Health) en la publicación de 2008 (revisada en 2015) *Guidance on the Safe Use of Lasers, Intense Light Source Systems and LEDs in Medical, Surgical, Dental and Aesthetic Practices*.

El Dr. Parker ha contribuido con capítulos sobre aspectos del uso del láser en odontología en varios libros de texto y plataformas multimedia. Además, ha recibido la publicación de más de 80 artículos revisados por pares sobre el uso del láser en odontología, incluida una serie de 9 artículos *The Use of Lasers in Dentistry* ("El uso del láser en odontología"), publicada en el *British Dental Journal* en 2007 y posteriormente como libro de texto. Trabaja como editor asociado de *Lasers in Medical Science* y como árbitro para muchas revistas odontológicas revisadas por pares de todo el mundo.

COLABORADORES

Eugenia Anagnostaki, DDS, MSc. Leicester School of Pharmacy, De Montfort University, Leicester, Reino Unido

Práctica privada, Rethymno, Creta, Grecia

Correo electrónico: eugenia.anagnostakis@my365.dmu.ac.uk, eanagnostaki@densindente.de

Akira Aoki, DDS, PhD. Department of Periodontology, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University de Tokyo, Tokio, Japón

Correo electrónico: aoperi@tmd.ac.jp

Konstantinos Arapostathis, DDS, MSc, PhD. Pediatric Dentistry Department, Aristotle University of Thessaloniki, Tesalónica, Grecia

Correo electrónico: koarap@dent.auth.gr

Ali Borzabadi-Farahani, DDS, MScD, MOrth RCS (Ed). Craniofacial and Special Care Orthodontics, Children's Hospital Los Angeles, Los Ángeles, CA, EE. UU.

University of Warwick, Warwick, Reino Unido

Correo electrónico: faraortho@yahoo.com

Francesco Buoncrisiani, DDS, MSc. Práctica privada, Milán, Italia

Correo electrónico: info@dentistasanvincenzo.it

Nasim Chiniforush, DDS, PhD. Total Core Academy, Dubai, EAU

Correo electrónico: nasimch2002@yahoo.com

Donald J. Coluzzi, DDS. Preventive and Restorative Dental Sciences, School of Dentistry, University of California, San Francisco, CA, EE. UU.

Correo electrónico: doncoluzzi@gmail.com

Mark Cronshaw, BSc, BDS, LDS RCS (Eng), MSc. Práctica privada, Cowes, Isla de Wight, Reino Unido

Correo electrónico: Drmarkcronshaw@outlook.com

Deepti Dua, DDS, MSc. Royal Bahrain Hospital, Manama, Bahréin

Correo electrónico: drdeeptidua@gmail.com

Daniel Fried, PhD. Preventive and Restorative Dental Sciences, School of Dentistry, University of California, San Francisco, CA, EE. UU.

Correo electrónico: daniel.fried@ucsf.edu

Roy George, BDS, MDS, PhD (QLD), ADC. School of Dentistry and Oral Health Griffith University, Nathan, QLD, Australia

Correo electrónico: drroygeorge@gmail.com

Omar Hamadah, DDS, MSc, PhD. Oral Medicine Department, The Faculty of Dental Medicine, Damascus University, Damasco, Siria

Correo electrónico: Omar.hamadah@damascusuniversity.edu.sy

Kenneth Luk, BDS, DGD(P)(UK), MGD(HK), MSc, PhD. Práctica privada, Hong Kong, China

Correo electrónico: drkluk@mac.com

Shally Mahajan, BDS, MDS. Department of Dentistry, Dr Ram Manohar Lohia Institute of Medical Sciences, Lucknow, India
Correo electrónico: drshally23@gmail.com

Robert J. Miller, DDS. Department of Oral Implantology, Atlantic Coast Dental Research Clinic, Palm Beach, FL, EE. UU.
Práctica privada, Delray Beach, FL, EE. UU.
Correo electrónico: drrjmiller1@msn.com, drrjmiller1@aol.com

Alex Mathews Muruppel, BDS, MDS, Dipl. LAS. DENT., FPFA. Dipartimento di Chirurgia Laser e Terapia Laser, Facoltà di Medicina e Odontoiatria, Génova, Italia
Rajas Dental College and Hospital, Kanyakumari, Tamil Nadu, India
Práctica privada, Trivandrum, Kerala, India
Correo electrónico: alexmuruppel@gmail.com

Valina Mylona, DDS, MSc. Práctica privada, Atenas, Grecia
Correo electrónico: val.mylona@yahoo.com

Penny J. Parker, DCP, RDN Cert. Dent. Rad. Harrogate, Reino Unido
Correo electrónico: thewholetooth@gmail.com

Steven P.A. Parker, BDS, LDS RCS, FCGDent, PhD. Faculty of Health and Social Sciences, De Montfort University, Leicester, Reino Unido
Correo electrónico: thewholetooth@mail.com

Riccardo Poli, DDS, MSc. Práctica privada, Turín, Italia
Correo electrónico: riccardo.poli.pro@gmail.com

Peter Rechmann, DMD, PhD, Prof. Dr. med. dent. Division of Prosthodontics, Preventive and Restorative Dental Sciences, School of Dentistry, University of California San Francisco, San Francisco, CA, EE. UU.
Correo electrónico: Peter.Rechmann@ucsf.edu

Wayne Selting, DDS, BS, MS. Práctica privada, Colorado Springs, CO, EE. UU.
Correo electrónico: WSelting@aol.com

Vipul Srivastava, BDS, MDS. Práctica privada, Lucknow, India
Correo electrónico: vipul13@gmail.com

Dimitrios Velonis. Práctica privada, Larisa, Grecia
Correo electrónico: dimitrios.velonis@gmail.com

Laurence J. Walsh, BDSc, PhD, DDSc, GCEd. University of Queensland, St. Lucia, QLD, Australia
Correo electrónico: l.walsh@uq.edu.au

Joshua Weintraub, DDS. Práctica privada, Stevenson, MD, EE. UU.
Correo electrónico: weintraubdds@gmail.com

Sección 1

Conceptos de uso del láser

Contenido

- Capítulo 1** **El láser en odontología: ¿por dónde empezar?** - 3
Shally Mahajan, Vipul Srivastava y Donald J. Coluzzi
- Capítulo 2** **Fundamentos del láser y la luz** - 19
Donald J. Coluzzi
- Capítulo 3** **Interacción láser-tejido** - 35
Steven P. A. Parker
- Capítulo 4** **Parámetros de funcionamiento del láser para tejidos duros y blandos, manejo quirúrgico y PBM** - 65
Wayne Selting
- Capítulo 5** **Seguridad del láser en odontología** - 97
Penny J. Parker y Steven P. A. Parker
- Capítulo 6** **Diagnóstico asistido por láser** - 127
Alex Mathews Muruppel y Daniel Fried
- Capítulo 7** **La terapia de fotobiomodulación en odontología clínica: conceptos teóricos y aplicados** - 173
Mark Cronshaw y Valina Mylona

Capítulo 1

El láser en odontología: ¿por dónde empezar?

Shally Mahajan, Vipul Srivastava y Donald J. Coluzzi

Contenido

- 1.1. **Introducción** - 4
- 1.2. **Guía del comprador para elegir un láser** - 4
- 1.3. **Integración de un láser en su consulta** - 6
- 1.4. **Ventas, capacitación y soporte a la empresa** - 10
- 1.5. **Educación y conocimientos** - 11
- 1.6. **Invertir en su equipo de trabajo** - 13
- 1.7. ***Marketing*** - 13
- 1.8. **¿Por qué el láser en odontología?** - 14
- 1.9. **Limitaciones de la odontología láser** - 17
- 1.10. **Disfrutar de los beneficios de la odontología láser** - 17
- 1.11. **Conclusión** - 18

Referencias - 18

Mensaje central

En las últimas décadas, el láser no solo se ha convertido en un instrumento de alta tecnología, sino también en una herramienta muy útil en todos los aspectos de nuestra vida cotidiana. Se han ido incorporando gradualmente al mundo de la odontología con sus amplias aplicaciones que han abarcado todos los aspectos de nuestra profesión. Cuando se les da a elegir, los pacientes llegan a aceptar un tratamiento orientado a la máxima preservación de los tejidos, de alta calidad, mínimamente invasivo y cómodo, con mínimos cuidados posoperatorios y complicaciones. Afortunadamente, una consulta en la que se utiliza el láser puede calificarse de amigable para el paciente, ya que cumple todos esos objetivos. Además, el clínico puede estar orgulloso de adherirse a técnicas basadas en la evidencia. El objetivo de este capítulo es analizar algunas de las ventajas de adoptar el láser en la consulta dental, lo que el clínico debe saber antes de adquirir un láser y los conceptos de generación de ingresos. De igual modo, el profesional que tenga dudas sobre la adopción de esta tecnología también encontrará información que le ayudará a tomar la decisión de compra.

1.1. INTRODUCCIÓN

La luz ha sido una parte fundamental de nuestro ecosistema y un recurso extremadamente importante para nuestra supervivencia en este planeta. Ha fascinado a la humanidad desde hace muchos siglos mientras se utilizaba para regular el crecimiento corporal, el sueño y la fisiología.

Son innumerables las referencias a la luz como fuente de curación de muchas enfermedades en las culturas antiguas. Por ejemplo, muchas casas romanas contaban con solariums,¹ mientras que ellos y los vecinos griegos tomaban baños de sol diarios. El uso de la luz para la terapia fotodinámica permitió a las primeras civilizaciones tratar diversas afecciones dermatológicas utilizando sustancias químicas fotosintetizadoras que se encuentran en las plantas. Hace más de 200 años, los médicos europeos ofrecían una terapia similar utilizando tanto luz artificial como natural.^{2,3}

En la actualidad, la tecnología láser se ha asociado a aplicaciones indispensables y diversas como la meteorología, la

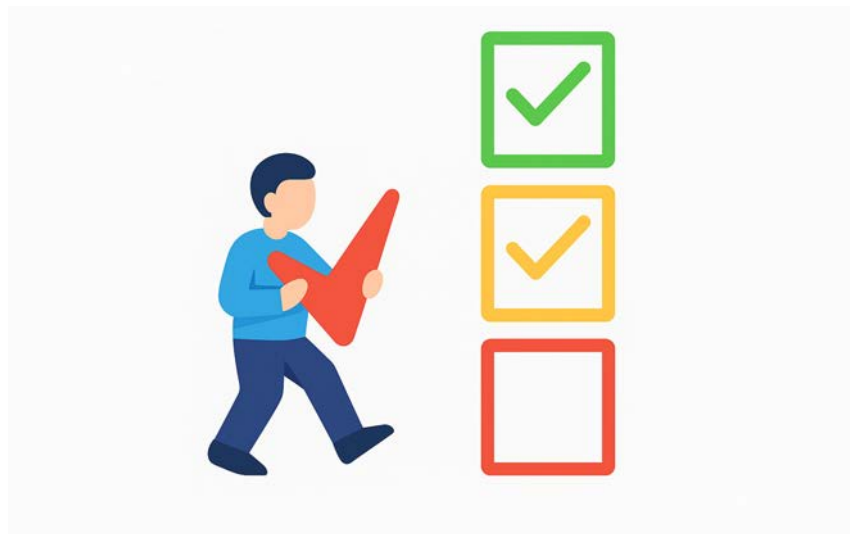
ciencia y la ingeniería, la medicina, las comunicaciones, el arte y el entretenimiento, los trabajos de investigación, la defensa y la astronomía. Es imposible imaginar la investigación más avanzada en física, química, biología y medicina sin el uso de la radiación de diversos sistemas láser.

En 1989 estuvo disponible el primer modelo de láser diseñado específicamente para la profesión odontológica para el tratamiento de los tejidos orales blandos. Desde entonces, se han introducido muchas longitudes de onda diferentes y el profesional puede utilizarlas fácilmente tanto en tejidos duros como blandos, tanto para cirugía como para cicatrización. Esta nueva tecnología amplía enormemente el alcance de los procedimientos, al tiempo que los hace más fáciles y más cómodos para los pacientes. Alentados por la evidencia cada vez mayor del uso seguro y eficaz del láser, hay un número creciente de profesionales que adoptan esta tecnología y aprecian los beneficios que puede reportar a sus pacientes.

La pregunta del título de este capítulo puede ampliarse adecuadamente a: “¿por qué comprar un láser y qué necesito saber cuando lo compre?”. Los siguientes apartados deberían proporcionar muchos detalles para esa respuesta.

1.2. GUÍA DEL COMPRADOR PARA ELEGIR UN LÁSER

Al investigar un producto para nuestro uso personal o un equipo para nuestra consulta, deben tenerse en cuenta varios aspectos para evitar arrepentimientos posteriores. Como clínicos, debemos evaluar el valor que el equipo va a añadir a nuestra consulta. Un análisis cuidadoso debe incluir todas las características, ventajas, activos y pasivos relacionados. Una decisión bien meditada conduce a un mejor funcionamiento de la empresa y a una buena gestión. Las decisiones precipitadas pueden provocar dificultades financieras e inestabilidad en la carrera profesional, así como un estrés emocional innecesario. Del mismo modo, antes de invertir en un láser, podemos hacernos las siguientes preguntas:



¿Merece la pena invertir en un láser? En otras palabras, ¿es rentable? Lo primero y más importante antes de comprar un láser es identificar los objetivos de su consulta, ya que eso le ayudará a comprender de forma óptima las demandas de su paciente y la manera de satisfacer sus expectativas. Así pues, una respuesta a la pregunta planteada tiene varias partes:

1. ¿Qué procedimientos podría realizar con el láser que produjeran resultados beneficiosos?
2. ¿Puedo obtener un buen rendimiento de mi inversión mediante una tarifa adicional por los procedimientos que ya realizo de forma convencional?
3. ¿Hay nuevos procedimientos que pueda realizar? En otro apartado de este capítulo se analizarán estos puntos en detalle. Tras ese análisis, la respuesta sobre el valor debería ser muy sencilla. En cualquier caso, y en función de las distintas aplicaciones de tratamiento, los láseres están disponibles en una gran variedad de longitudes de onda, tamaños y precios competitivos.

¿Dónde debo ubicar el láser? ¿Cuál debe ser el tamaño de la habitación para que quepa el equipo láser? Hemos experimentado que, muchas veces, compramos un equipo por nuestra fascinación y curiosidad, pero en realidad, y debido a la falta de espacio, se queda en una caja y permanece sin usar durante largos periodos debido a la falta de tiempo para desembalarlo antes de cada procedimiento. Esta cuestión es primordial y debe considerarse antes de realizar cualquier inversión. Al considerar esta cuestión, primero deberíamos tener claro a qué tipo de procedimientos nos dirigimos en nuestra práctica clínica. Por ejemplo, los láseres para tejidos duros —preparación dental y cirugía ósea— ocupan un espacio relativamente grande, aproximadamente del tamaño de un sillón dental estándar. Estos láseres tienen unas necesidades de aire, agua y electricidad similares a las de un sillón dental, por lo que la sala debe ser adecuada para ellos. Otros láseres, como los de diodos para tejidos blandos, son unidades más pequeñas y solo necesitan pequeños adaptadores para enchufarlos a la red eléctrica o funcionan con pilas. Pueden instalarse en cualquier superficie plana pequeña disponible. De hecho, algunas de estas unidades son compactas hasta el punto de tener la forma de un lápiz grueso y son autónomas. La sofisticación tecnológica sigue desarrollándose, pero cada unidad tendrá sus propias necesidades de espacio. Evidentemente, debemos ser conscientes de cuánto espacio libre o extra hay disponible; o si necesitamos planificar una remodelación para ganar el espacio necesario para el equipo.

¿Cuál es la portabilidad y la facilidad de configuración del láser? Como corolario del párrafo anterior, todos los láseres tienen cierto grado de portabilidad. En las clínicas de sillones múltiples, la portabilidad es la característica que permite al clínico desplazar la unidad láser donde sea necesario. Las unidades láser más grandes tienen ruedas

giratorias acopladas, lo que permite su movilidad, y las unidades más pequeñas son lo suficientemente ligeras como para levantarlas con una mano. Algunas disponen de un pedal de control inalámbrico, mientras que otras tienen varios cables para conectarse. No obstante, cualquier unidad puede trasladarse de un quirófano a otro. La configuración del láser sigue unos pasos prescritos. Junto con varias funciones de seguridad, el protocolo de puesta en marcha lleva muy poco tiempo. Los fabricantes proporcionan el *software* que ejecuta diagnósticos iniciales y luego muestra códigos de error y avisos. Los sistemas de suministro disponen de accesorios específicos fáciles de acoplar y las pantallas principales son de fácil lectura. Muchos instrumentos disponen de preajustes controlables para que el clínico pueda seleccionar fácilmente los parámetros que permitan la mayor eficacia para el tratamiento propuesto. Los lentes de protección son esenciales para el equipo quirúrgico, para el paciente y cualquier observador en la zona de tratamiento. Deben tenerse a mano. Cada uno de estos pasos debe convertirse en rutina para que el uso del láser se integre perfectamente en cualquier atención al paciente en la que sea necesario.

¿Cuál es la calidad de fabricación? Todas las unidades se fabrican para la atención al paciente con las normas industriales necesarias que regulan no solo los dispositivos con alimentación eléctrica, sino que también dictan los requisitos de control de infecciones. La calidad de construcción de cada láser debería ser muy alta, aunque algunos componentes se desgastarán con el uso normal. La principal preocupación del profesional será probablemente la comodidad de manejo del sistema de suministro. Algunos dispositivos tienen pequeñas fibras ópticas de vidrio flexibles, mientras que otros láseres tienen tubos huecos más grandes o conjuntos de brazos articulados. Todos terminan en una pieza de mano y algunos tienen pequeñas puntas o tubos para dirigir el haz hacia el tejido diana. Las puntas suelen utilizarse en contacto con el tejido objetivo, mientras que, en algunos equipos, el haz fotónico simplemente se dirige hacia el tejido diana. Evidentemente, este no es el método habitual para la mayoría de los procedimientos dentales y habrá que practicar esta falta de respuesta táctil. La mano no debe fatigarse al realizar procedimientos largos y la pieza de mano debe poder llegar a las proximidades más alejadas de la boca, lo que le permitirá realizar una amplia gama de procedimientos clínicos con facilidad y precisión.

¿Cuáles son las medidas de seguridad? Los láseres pueden interactuar de forma rápida y precisa con los tejidos, por lo que la seguridad también debe ser una preocupación universal. El operador debe tener un conocimiento sólido de todas las medidas de seguridad de los láseres. Estos se resumen aquí, pero se tratarán en detalle en el Capítulo 5. Todos los láseres dentales están bien equipados con medidas de seguridad incorporadas sujetas a normas rigurosas. Algunos ejemplos de estas características son: un botón de parada de emergencia, obturadores del puerto de emisión para evitar la emisión de láser hasta que se conecte el sistema



Cortesía del Dr. Coluzzi y Dr. S. Parker

de suministro correcto, interruptor de pedal cubierto para evitar el funcionamiento accidental, un panel de control que permite la selección de los parámetros de emisión, como la potencia media, los detalles del pulso, la cantidad de aire y/o agua necesaria, señales audibles o visuales de emisión de láser, paneles de la unidad bloqueados para evitar el acceso no autorizado a los componentes internos, protección con llave o contraseña y control remoto para minimizar el riesgo de exposición accidental. Un haz de puntería visible para longitudes de onda invisibles debe ser claro y brillante. Evidentemente, el profesional debe estar familiarizado con estos elementos de protección, y debe designarse a un responsable de las medidas de seguridad láser para supervisar el funcionamiento del láser.

¿Cuál es el costo de la intervención? Aparte de la inversión inicial del aparato, cada procedimiento tendrá un costo al realizarlo. Algunos artículos o accesorios son de un solo uso. Un ejemplo es una punta para un láser de diodo; estas puntas están disponibles en varios diámetros y longitudes. Por lo general, se puede utilizar una punta para una visita de paciente, aunque el tratamiento de varias zonas puede requerir más de una punta. Otros componentes están diseñados para durar mucho tiempo, pero pueden requerir sustitución. Un ejemplo es el propio sistema de suministro. Las fibras ópticas pueden perder capacidad de transmisión con el tiempo; algunas piezas de mano tienen espejos u otros componentes que se degradan. Los lentes de protección pueden rayarse o dañarse con el uso repetido. Por otro lado, el medio activo del láser y otras piezas internas suelen mostrar poco o ningún desgaste a lo largo de la vida útil del láser.

Aunque el costo de la punta es un pequeño porcentaje de la tarifa, otros elementos pueden suponer un factor económico importante para la consulta. En todos los casos, el fabricante debe poder realizar el mantenimiento de la unidad, actualizar cualquier *software* y ofrecer piezas de repuesto cuando sea necesario.

¿Cómo se esterilizan o desinfectan las piezas? La esterilización y la desinfección son aspectos esenciales de todo tratamiento odontológico y nunca deben comprometerse. Es extremadamente importante seguir las instrucciones del fabricante para el control de infecciones a fin de evitar cualquier contaminación cruzada de paciente a paciente. Algunos componentes del láser, especialmente los que están en contacto directo con los tejidos orales, son autoclavables o desechables. La pieza de mano es un ejemplo de lo primero, y las puntas de un solo uso son desechables. Otras zonas, como el panel de control y el sistema de suministro, pueden protegerse con barreras y desinfectarse posteriormente con líquidos en spray estándar. Los lentes de protección también pueden desinfectarse.

1.3. INTEGRACIÓN DE UN LÁSER EN SU CONSULTA

El láser ha proporcionado una nueva tecnología de vanguardia al mundo dental. Es realmente asombroso pensar cómo una inversión como esta puede tener un impacto tan enorme en la práctica clínica. La incorporación del láser a las terapias convencionales ayuda a mejorar el pronóstico y los resultados del tratamiento. Los láseres empezaron como alternativas para la cirugía oral de tejidos blandos y se han expandido

a todos los aspectos de la odontología: ortodoncia, endodoncia, cirugía oral y maxilofacial, periodoncia, odontología estética, odontología restauradora, prostodoncia, implanto-logía dental y odontopediatría. Además, los láseres de baja intensidad pueden utilizarse como complemento para tratar patologías crónicas y dentro de la terapia fotodinámica para tratar enfermedades infecciosas.

Se presentan varios factores a considerar sobre cómo puede incorporarse un láser a una consulta:

Identifique su práctica. El primer concepto, y quizás el más importante, antes de comprar un láser es identificar cómo ejerce su profesión. La planificación de su tratamiento se basa en las condiciones de salud oral del paciente y los objetivos de su atención ayudarán a mejorar o mantener esa salud, así como satisfacer sus expectativas. Su experiencia clínica y el ámbito de su práctica suelen determinar los procedimientos que realiza, y debe estudiar una lista de ellos para empezar a elegir un instrumento láser. Asimismo, es posible que haya pensado en la incorporación de otros tratamientos más novedosos que ampliarán sus servicios. Estos podrían afectar al tipo de láser que adquiriera.

Analice qué procedimientos realiza actualmente que puedan ser asistidos con tecnología láser. Un láser dental puede ayudarle a proporcionar un mayor nivel de atención. En los procedimientos dentales restauradores, la gestión de los tejidos blandos se simplifica porque puede eliminarse la tediosa y dolorosa inserción del hilo retractor. Es posible obtener mejores impresiones para restauraciones indirectas como coronas y puentes, y se revelan márgenes más claros cerca de la encía para la exploración óptica. Las lesiones cariosas clase V pueden prepararse a nivel subgingival o cerca de él con una hemostasia excelente. Esto garantiza una mejor

adhesión de las resinas compuestas y, en última instancia, da como resultado una mejor estética y una restauración más duradera. Dos minutos de tratamiento de desinfección de un afta suponen un alivio inmediato para el paciente, que puede haber estado sufriendo durante días. Se puede conseguir una hemostasia excelente durante procedimientos quirúrgicos menores como un implante de carga inmediata o el destape de un implante en la segunda etapa quirúrgica.

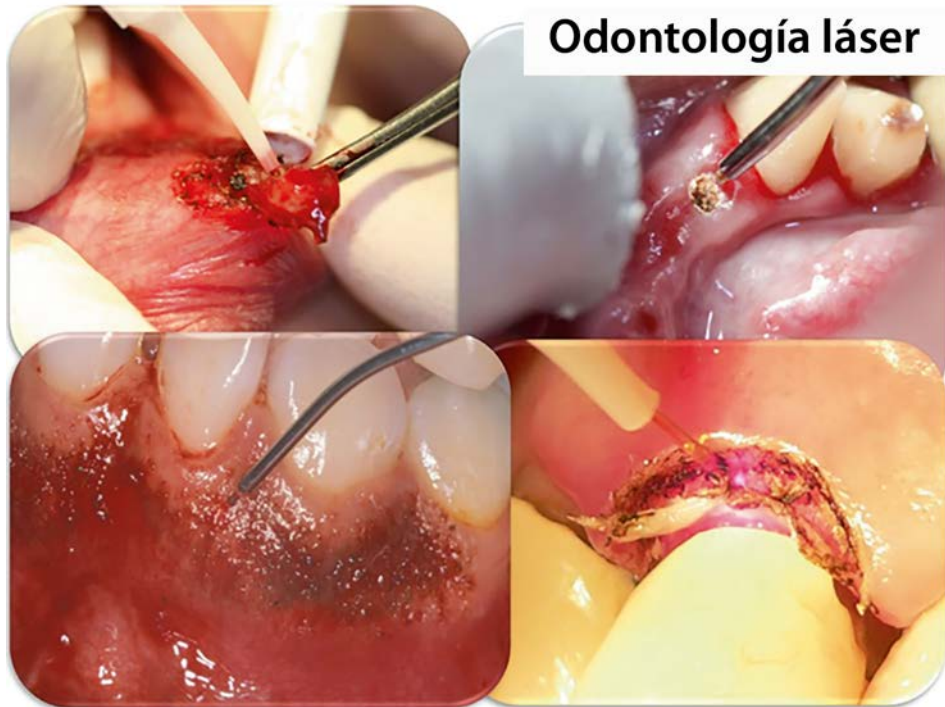
No solo se dispone de una zona operatoria limpia y seca, sino que la mejor observación ahorrará tiempo para los demás pasos del tratamiento. De paso, al diferenciar su consulta, atraerá a una clientela más educada. Los pacientes asocian los procedimientos con láser como menos invasivos, lo que se traduce en una mejor experiencia odontológica en general, y una vez tratados recomendarán el tratamiento a sus familiares y amigos. La inversión se recupera fácilmente, ya que los procedimientos son más sencillos y fáciles.

Piense en los procedimientos que no realiza y que le gustaría ofrecer si dispusiera de un láser. Dentro de su ámbito de práctica, hay procedimientos que se pueden realizar con láser dental en su consultorio y que anteriormente quizás haya remitido a un especialista, y/o que no haya ofrecido a sus pacientes. Por supuesto, la formación adecuada es necesaria antes de comenzar cualquier procedimiento y es especialmente importante cuando se intenta uno nuevo. Sin embargo, comprender los fundamentos de la longitud de onda y observar la interacción a medida que se produce proporcionará experiencia clínica y confianza al clínico para seguir ofreciendo opciones de tratamiento adicionales en el sillón.

La terapia endodóntica puede verse favorecida tanto por el desbridamiento láser como por la reducción de patógenos. Los ejemplos de escisiones de tejidos blandos con láser



¿Cómo seleccionar el dispositivo láser adecuado?



Odontología láser

Cortesía del Dr. S. Parker



Odontología láser

Cortesía del Dr. S. Parker

son numerosos: eliminación de tejido fibroso en un fibroma irritativo, épulis en los tejidos blandos de pacientes que llevan aparatos de prostodoncia removibles, tratamiento de operculotomía de un diente no erupcionado, una frenectomía para prevenir problemas periodontales posteriores en adultos, liberación de la anquiloglosia en lactantes y corrección del frenillo en el diastema de un niño para ayudar a la correcta posición de los dientes. También pueden realizarse procedimientos quirúrgicos orales para el tratamiento de la fibrosis y la mucositis oral, el liquen plano y la leucoplasia. El láser también se puede utilizar para mejorar la estética de la sonrisa del paciente mediante pequeños retoques del tejido gingival, blanqueamiento dental con láser y eliminación de la despigmentación de los tejidos blandos.

El alargamiento coronario para el tratamiento de una erupción pasiva alterada o para obtener una estructura dental adecuada para una restauración puede realizarse con los láseres para tejidos duros y blandos.⁴ Durante la fase inicial de alineación del tratamiento de ortodoncia, se puede utilizar la fotobiomodulación (PBM, por sus siglas en inglés), antes conocida como terapia láser de baja intensidad (LLLT, por sus siglas en inglés), ya que ha demostrado acelerar el movimiento dental y también aliviar las molestias que se producen durante los cambios iniciales del arco de alambre.⁵ Ese efecto PBM puede utilizarse en pacientes con bruxismo, enfermedad de la articulación temporomandibular, zonas de abscesos agudos y muchas más aplicaciones.⁶ Uno de los mayores obstáculos a la hora de tomar registros diagnósticos, como la toma de impresiones y las radiografías intraorales, es

el reflejo nauseoso, que puede ser especialmente fuerte en algunos pacientes. Los láseres de bajo nivel son una gran ayuda en estos casos, ya que el uso de dosis más bajas de energía láser ayuda a minimizar el reflejo.⁷ Cuando todas estas ventajas se explican con detalle, no cabe duda de que el paciente aceptará el tratamiento previsto. El aumento de los ingresos también ayuda a satisfacer una mayor rentabilidad del costo inicial del láser.

Existen varias opciones de láseres. Hay muchos láseres disponibles para la compra. Su disponibilidad puede depender de la normativa regional de ventas y autorizaciones, junto con el apoyo del servicio técnico y la formación. Existen clasificaciones estándar y coherentes en todo el mundo para poder realizar elecciones básicas. Una división genérica describe los láseres dentales quirúrgicos o terapéuticos, y a veces se denominan de alta y baja potencia, respectivamente. En la Figura 1.1 se aprecian las categorías básicas de dichas clasificaciones. Tras analizar los procedimientos de su consulta, podrá familiarizarse con la forma en que podría utilizarse cada uno de los láseres disponibles.

Dar prioridad a sus necesidades clínicas con respecto a los beneficios que aportaría el uso del láser. En una clínica dental moderna, el paciente tiene ciertas expectativas: el tratamiento debe ser menos doloroso, más preciso, menos invasivo, con menos sangrado, mejor cicatrización y menos citas. Afortunadamente, la práctica de la odontología se ha revolucionado y modernizado de modo que nuestros

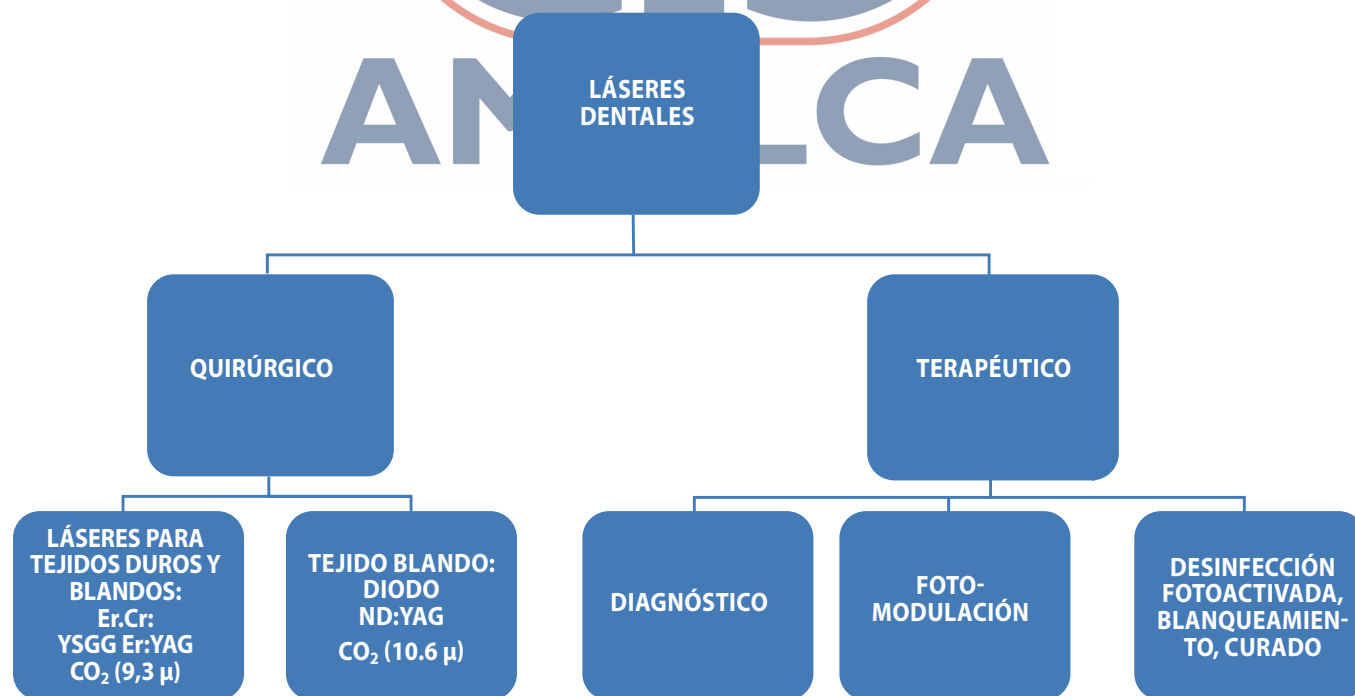


Figura 1.1. Representación gráfica del tipo de láseres dentales. Los láseres quirúrgicos tienen una potencia de salida suficiente para la incisión, escisión, ablación y coagulación de los tejidos dentales, mientras que los láseres terapéuticos no realizan esos procedimientos. Estudios recientes demuestran que los dispositivos quirúrgicos sí tienen algunas capacidades para la fotobiomodulación.

procedimientos se han vuelto más cómodos para el paciente. Con la incorporación de este dispositivo, un paciente ansioso se siente más confiado, sin el ruido ni la vibración de la pieza de mano o el olor de la atención dental convencional, aunado al hecho de que gran parte del tratamiento se puede realizar “sin anestesia” o “sin agujas” odontológicas. Estos factores podrían transformar a pacientes que se resistían al tratamiento convencional en otros que acepten con facilidad el tratamiento. También en el futuro podemos esperar más pacientes derivados a la consulta, con lo que el láser demostrará ser una inversión segura y una verdadera relación calidad-precio.

Si su consulta se centra en el mantenimiento de la higiene bucal, incluido el curetaje sulcular, el manejo prostodóntico o restaurador de los tejidos blandos, como el surcado gingival, o los procedimientos estéticos que incluyen el recontorneado gingival, la despigmentación gingival y el blanqueamiento con láser, un láser de diodo o Nd:YAG (siglas en inglés de neodimio: itrio-aluminio-granate) sería lo ideal. El pequeño diámetro de contacto de la fibra óptica puede utilizarse de forma segura en tejidos blandos con una interacción mínima con los tejidos duros. Para la práctica restauradora y la odontología conservadora, la familia del erbio (Er,Cr:YSGG [siglas en inglés de erbio, cromo: itrio-escandio-galio-granate], 2780 nm y Er:YAG [siglas en inglés de granate de itrio-aluminio dopado con erbio], 2940 nm) y los láseres de dióxido de carbono de 9300 nm ofrecen una maravillosa alternativa y complemento a la fresa dental. En una consulta especializada que se centra principalmente en procedimientos quirúrgicos orales y maxilofaciales, o en cirugía periodontal, los láseres para tejidos duros y blandos antes mencionados realizan la cirugía ósea de forma segura y rápida, al tiempo que minimizan los posibles daños térmicos a los tejidos adyacentes y al riego sanguíneo. Además de estos instrumentos, el láser de dióxido de carbono de 10 600 nm se utiliza a menudo para realizar cortes precisos y rápidos durante la cirugía de tejidos blandos.

El clínico evalúa y asimila constantemente las necesidades y la satisfacción del paciente mientras decide el tratamiento adecuado.⁸ Cuando se decide añadir un láser al protocolo del procedimiento, ciertas longitudes de onda tienen ventajas sobre otras. Para ser claros, cualquiera de las longitudes de onda láser disponibles es adecuada para el tratamiento de tejidos blandos. Pero si el dentista trata tanto tejidos blandos como duros, solo el erbio o los equipos de dióxido de carbono de 9300 nm proporcionarán actualmente la energía y la interacción tisular necesarias para esos procedimientos dentales.

No existe una longitud de onda láser perfecta. En la actualidad, existen más de dos docenas de indicaciones para el uso de las distintas longitudes de onda dentales, tal y como figuran en los manuales de instrucciones de los distintos fabricantes. A menudo se producen muchas discusiones en la profesión sobre cuál es el mejor láser, así como debates sobre que todos los láseres son iguales. Debe quedar claro que, aunque existen similitudes, cada longitud de onda láser tiene

algunas propiedades únicas en comparación con otra. Ante la pregunta sobre cuál es el mejor láser, una respuesta adecuada podría ser: “¿el que usted sepa utilizar en su consulta!”.

Una cosa que no hay que olvidar es que “no existe el láser perfecto”. Simplemente porque las características de absorción de la emisión fotónica por una determinada longitud de onda son diferentes para los mismos tejidos. Aunque todos los láseres pueden utilizarse para la cirugía de tejidos blandos, una zona muy fibrosa será difícil de cortar con un láser de diodo, pero se hará fácilmente con dióxido de carbono. Por otra parte, un diodo puede realizar el contorneado estético de la encía adyacente a un diente natural sin interactuar con el esmalte sano, pero la longitud de onda de 10,6 μm del dióxido de carbono podría dañar ese mismo esmalte. Los láseres de erbio son muy absorbidos por el agua, lo que permite eliminar fácilmente una lesión cariosa. Sin embargo, el esmalte altamente fluorado puede ser más difícil de abrasionar debido al contenido mínimo de agua. Los fotones de dióxido de carbono de 9,3 μm reaccionan principalmente con la hidroxiapatita carbonatada, por lo que la estructura dental puede abrasionarse fácilmente. Asimismo, la potencia del láser puede ser un factor a tener en cuenta durante el tratamiento. Algunos procedimientos solo necesitan niveles mínimos de energía; un ejemplo sería cuando se desensibiliza un afta. Del mismo modo, los efectos de la fotobiomodulación se realizan con densidades de potencia muy inferiores a cualquier umbral de corte quirúrgico. Por el contrario, la preparación de dientes requiere potencias pico muy elevadas y pulsos muy cortos para eliminar eficazmente el material mineralizado sin daños térmicos.

Por lo tanto, antes de invertir, todos los factores que se acaban de comentar deberían ayudar al clínico a identificar qué tipo de láser es el más adecuado para su consulta.

1.4. VENTAS, CAPACITACIÓN Y SOPORTE A LA EMPRESA

1. El fabricante de láseres se dedica a un negocio altamente competitivo con un mercado limitado de compradores. El equipo de ventas debe ser transparente y honesto



- sobre las prestaciones de su producto y evitar garantías poco realistas sobre cualquier aspecto, desde la eficacia clínica hasta la disponibilidad y el plazo de entrega del dispositivo. Los representantes de la empresa deben tener un buen conocimiento del funcionamiento del láser para poder demostrar inicialmente cómo se configura y saber cómo ayudar en caso de que surja algún problema. Los representantes de atención al cliente deben estar disponibles para responder preguntas y resolver problemas.
2. Deben existir oportunidades de formación y educación continua. Algunas empresas han creado institutos que imparten formación sobre procedimientos básicos y avanzados, junto con recursos educativos, un foro de debate, ejemplos de casos clínicos y otros tipos de aprendizaje digital. Otras patrocinan cursos y talleres durante grandes congresos odontológicos.
 3. Sería útil saber cuánto tiempo hace que el dispositivo en cuestión está a la venta, así como conocer el historial de eficacia, fiabilidad y servicio de la empresa. Algunas empresas tienen un mercado mundial, pero sería muy conveniente contar con apoyo local en su país o estado. Los proveedores dentales regionales también pueden representar a la empresa para ofrecer ventas y servicio. Dado que esos proveedores ya tienen una relación con la clínica dental, esto podría facilitar un buen apoyo.
 4. El manual de instrucciones que acompaña al láser es la guía de uso y describe los procedimientos clínicos para los que puede utilizarse el dispositivo. Esto se denomina a veces “indicación de uso”, y significa simplemente que existen pruebas sólidas de seguridad y eficacia, en contraposición al tratamiento “fuera de etiqueta”. Todas las secciones deben estar bien redactadas. Las instrucciones deben incluir la gama de parámetros de funcionamiento de cada procedimiento para el uso de la longitud de onda. Estos parámetros son siempre orientativos y deben indicarse las sugerencias de modificación. Deben tenerse en cuenta factores como el diámetro del haz frente a la potencia de salida, el tiempo aproximado de exposición y la interacción tisular variable. Los pasos necesarios para el montaje y desmontaje del sistema de suministro deben describir todos los detalles. Debe ilustrarse el cuidado y mantenimiento de cada componente del láser. Deben explicarse las advertencias, precauciones y procedimientos de resolución de problemas, junto con la información de contacto para asistencia.
 5. Como ya se ha mencionado, existen varios accesorios necesarios para utilizar un láser. Entre ellos se incluyen las puntas del sistema de suministro, los pedales de control, las llaves, los enclavamientos y los lentes de protección. Debe tenerse en cuenta el costo inicial y de sustitución de estos artículos, así como su mantenimiento y disponibilidad. En algunos casos, los accesorios son opcionales y tienen costos adicionales. Estos pueden anular el atractivo precio inicial del propio láser. Del mismo modo, el mantenimiento puede estar incluido durante un periodo de tiempo en la compra, pero un contrato para el servicio más allá de eso puede incurrir en una cuota.
 6. El periodo de garantía debe indicarse claramente, y el dentista-comprador debe comprender a fondo los términos y condiciones. Los láseres están diseñados para suministrar energía fotónica con precisión y, por lo general, el dispositivo está bien construido. Sin embargo, cualquier parte puede dañarse con el uso normal y pueden producirse roturas accidentales. La garantía es una promesa del fabricante de reparar o sustituir el equipo en un plazo determinado. Esa promesa puede estipular qué reparaciones están cubiertas en circunstancias específicas.
 7. El funcionamiento del láser se rige por el control de los componentes internos mediante *software*. Muchas empresas ofrecen versiones actualizadas de su *software* y pueden incluirlas en el precio de compra. Del mismo modo, parte del *hardware* puede sufrir modificaciones, por lo que sería prudente determinar si existe algún tipo de adaptación o actualización adecuada y disponible para el modelo de láser adquirido.

1.5. EDUCACIÓN Y CONOCIMIENTOS

1. Una pregunta prudente es “¿cuánta capacitación necesita?”. La respuesta sencilla es que debe seguir adquiriendo conocimientos durante toda su carrera odontológica. El secreto guardado del éxito siempre ha sido lograr una mejor calidad en la atención al paciente. Ese logro solo puede alcanzarse con el aprendizaje continuo. Comienza con las sesiones que ofrece el fabricante del láser después de la compra. Lamentablemente, algunas de ellas no son más que conferencias didácticas disponibles en medios de reproducción. Los métodos de aprendizaje muy superiores son los ejercicios prácticos simulados en tejido animal seguidos de la atención de pacientes directamente supervisada. Independientemente de los métodos de formación inicial que se adopten, los procedimientos sencillos realizados con ajustes de potencia mínimos ayudarán a superar sus temores y a aumentar el nivel de sus habilidades. Observar el ritmo de interacción de los tejidos y el progreso para alcanzar el objetivo del tratamiento puede parecerle más lento de lo que esperaba al principio. Su paciencia se verá recompensada; de hecho, suele preferirse un movimiento de barrido lento para la eliminación del tejido. Además, evitará daños térmicos innecesarios mientras corta y contornea el tejido con precisión; y eso producirá un resultado satisfactorio. Ese viaje continuo hacia el dominio de cómo se realiza un procedimiento puede aportarle mucha satisfacción. Durante ese tiempo, sin duda aumentará su grado de comodidad con todos los procedimientos.
2. Existen varias posibilidades de formación continua sobre el uso del láser en odontología. Los clubes de estudio locales y las academias regionales celebran reuniones periódicas en las que los miembros pueden compartir información. Muchos de los principales congresos



de odontología ofrecen presentaciones y cursos prácticos. Existen programas universitarios que ofrecen información y evalúan la competencia. En muchos países se ofrecen programas avanzados, *Fellowship, Mastership y MSc*. En 1993 se elaboró un documento titulado *Curriculum Guidelines and Standards for Dental Laser Education*, que suele utilizarse como referencia para estas oportunidades de aprendizaje.⁹

3. Encontrar un mentor sería una ventaja para cualquier clínico que utilice un láser. No hay forma más rápida de mejorar sus habilidades y conocimientos que tener a alguien que lo guíe mientras trabaja en sus objetivos. Esa persona debe tener la actitud adecuada para enseñar y la experiencia para demostrar la forma correcta de realizar el procedimiento y corregir sus deficiencias. También aumentará su confianza a la hora de prestar los cuidados. A la vez, podrá adquirir conocimientos sobre nuevas técnicas y tratamientos.
4. Otra pregunta que puede hacerse es “¿cuáles son las normas para el uso del láser?”. La respuesta es que existen diversas agencias reguladoras para garantizar un uso seguro y eficaz de los láseres para la salud y el bienestar de los pacientes. El profesional debe conocer esas normativas y cumplir sus disposiciones. Aquí se presenta una revisión de ellas, que se detallará en el capítulo dedicado a la seguridad del láser.

-Los organismos regionales o locales expiden una licencia para ejercer la odontología a un dentista debidamente cualificado. Eso permite al dentista ofrecer atención odontológica según el ámbito de la práctica, es decir, los servicios generales o especializados que se prestan. Esa atención se ofrece basada en la formación, educación y experiencia clínica del profesional. Cabe recordar que la “odontología láser” no es una especialidad reconocida; por el contrario, es una descripción del uso de un instrumento durante un procedimiento.

-Ciertos organismos controlan al fabricante y sus productos, pero no controlan la práctica de la odontología. Un ejemplo es la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, siglas del inglés *Food and Drug Administration*) que a través de su Centro de Dispositivos y Salud Radiológica regula la construcción del láser para garantizar el cumplimiento de la legislación sobre dispositivos médicos. Esa misma agencia concede al fabricante una autorización de comercialización para un procedimiento que establece que el tratamiento en el que se utiliza el láser será seguro y eficaz.

La Comisión Electrotécnica Internacional elabora y publica normas internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines que incluyen reglamentos y evaluación de la conformidad de los láseres de forma similar a la FDA.

Ambas organizaciones ejercen una gran influencia en los organismos reguladores de otros países. -Actualmente, no existe un acuerdo común sobre lo que define una credencial adecuada para un profesional dental que utiliza láser. Algunas jurisdicciones locales que conceden licencias exigen un curso. Un pequeño número de facultades de odontología han introducido el tratamiento con láser en el plan de estudios predoctoral.

5. La práctica odontológica basada en la evidencia comprende una combinación a partes iguales de la integración de la evidencia científica clínicamente relevante, la experiencia del clínico y las necesidades y experiencia de tratamiento del paciente. En cuanto a los láseres dentales, la literatura revisada por pares ofrece abundantes estudios, casos clínicos y metaanálisis. Algunas revisiones proclaman las controversias que existen con respecto a la superioridad de la incorporación del láser al protocolo de tratamiento. Sin embargo, muchos manuscritos

que utilizan estudios clínicos controlados sí demuestran la eficacia de estos instrumentos. El profesional que utiliza el láser debe familiarizarse con la mayor cantidad de bibliografía, artículos publicados, informes de casos y revisiones científicas que estén fácilmente disponibles en línea o fuera de línea. Los blogs y foros menos fiables pueden ofrecer información y redes sobre experiencias personales. Todos esos recursos contribuyen a las pruebas que ocupan un lugar en la jerarquía del aprendizaje. El conocimiento de cómo serviría una determinada longitud de onda será muy beneficioso para el éxito de su práctica.

1.6. INVERTIR EN SU EQUIPO DE TRABAJO

Estimular a sus empleados es una parte importante para crear una fuerza laboral comprometida. Invierta en su desarrollo personal y profesional y obtendrá grandes dividendos al contar con un equipo feliz, capaz y productivo en una consulta optimizada. Sus pacientes percibirán de inmediato el ambiente profesional y agradable en el que ha creado un entorno de trabajo saludable con un enfoque atento y holístico de su tratamiento.

Todos los miembros de su personal, desde la secretaria y los administradores de recepción hasta el equipo clínico de auxiliares, higienistas y otros médicos asociados, deben recibir formación sobre el láser dental.

Con la capacitación y experiencia adecuadas, pueden responder a todas las preguntas de los pacientes sobre el uso del láser en el tratamiento. Están en condiciones de concienciar a los pacientes de las ventajas y limitaciones de la tecnología. También pueden abordar cualquier aprensión sobre un procedimiento. Curiosamente, muchas personas están familiarizadas con el láser debido a procedimientos médicos anteriores; y unas pocas han expresado un malentendido sobre la palabra radiación, ya que representa la última letra del acrónimo láser. Respecto a esto último, un miembro del personal bien informado puede aclarar el hecho de que los láseres dentales emiten efectivamente radiación en la porción térmica del espectro electromagnético y no en la porción ionizante utilizada para las radiografías. Todo el equipo se beneficiaría de asistir a un curso introductorio sobre el uso del láser en odontología, así como de interesarse activamente por otras ofertas de formación continuada.

1.7. MARKETING

Uno de los secretos del éxito de una consulta reside en su *marketing*. El *marketing* es un proceso mediante el cual se presenta y promociona un producto o servicio a clientes potenciales.¹⁰ Es el mejor medio para dar a conocer la calidad del servicio que se presta. Abarca la publicidad, las relaciones públicas, las promociones y las ventas.

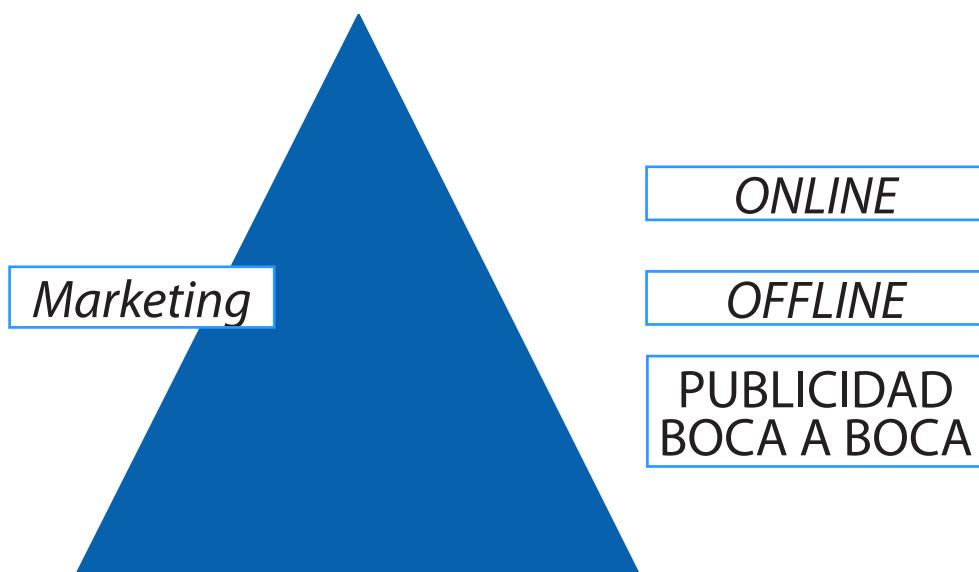
Existen principalmente tres métodos de *marketing*: *online*, *offline* y boca a boca. Este último se denomina a veces “*marketing* interno”. El *marketing online* utiliza internet, el



correo electrónico, las redes sociales y los blogs como canales en línea para hacer llegar al público contenidos de *marketing*. El *marketing offline* se difunde a través de los medios de comunicación “convencionales”: radio, televisión y anuncios impresos. El *marketing* boca a boca es el mejor de los tres enfoques para cualquier clínica dental. El punto de partida es que el personal o el equipo deben conocer la consulta. Un plan estratégico escrito compuesto por una visión, una declaración de misión, metas y objetivos proporcionará sin duda un marco para ese conocimiento. Cada empleado debe ser capaz de articular el hecho de que toda la consulta se mantiene constantemente al día de las innovaciones actuales y adquiere la última tecnología para garantizar el mejor tratamiento, la mejor atención, en un entorno confortable. Esto, a su vez, influirá claramente en la forma en que el paciente hablará de la consulta, animando a amigos, vecinos y familiares a buscar allí atención odontológica.

Para obtener los mejores resultados, las tres modalidades deben incorporarse a un plan de *marketing*. Para las dos primeras partes, también puede considerar la posibilidad de recurrir a promotores, publicistas y puntos de venta profesionales para apoyar cualquiera de sus esfuerzos de promoción a gran escala. Obviamente, hay que preparar un presupuesto para que el dinero necesario para cualquiera de los anteriores se gaste bien. Sin embargo, el *marketing* boca a boca suele consistir simplemente en dedicar algo de tiempo dentro del consultorio para garantizar una atención odontológica coherente y de alto nivel.

El láser puede ser una excelente herramienta de *marketing*. En un caso quirúrgico, el dentista que utiliza un láser ya no está sujeto al tratamiento convencional que siempre implica anestesia inyectable, junto con hemorragias y suturas. En su lugar, el paciente puede ser tratado con la técnica láser alternativa que puede requerir un mínimo o ninguna anestesia, sin sangrado, y mínima o ninguna sutura. Del mismo modo, para la odontología restauradora, la preparación tradicional de la cavidad con fresas e instrumentos rotatorios de alta y baja velocidad puede dar paso a la ablación por láser de la lesión cariosa y la preparación de los márgenes de la preparación. Como ventaja adicional, parte del tratamiento también puede realizarse con menos anestesia y más comodidad para el paciente.



En la actualidad, los pacientes son cada vez más expertos en tecnología y, por ello, pueden dedicar una cantidad de tiempo desmesurada a buscar opciones de tratamiento dental en diversos portales en línea con distintos grados de opinión y formación. No obstante, adquieren conocimientos sobre sus opciones y rara vez se oponen a los tratamientos con láser si se les da a elegir. Saben y comprenden que la tecnología está al día y que puede proporcionar un tratamiento dental más rápido y cómodo, además de lograr esos mejores resultados en menos tiempo.

1.8. ¿POR QUÉ EL LÁSER EN ODONTOLÓGIA?

Los láseres son de uso común en todos los aspectos de nuestra vida, ya sean militares, industriales o médicos. Ahora, en su tercera década, la odontología láser no es una excepción. El propio término láser evoca una respuesta positiva en la mente del paciente. Posiblemente debido a la experiencia previa con otros procedimientos médicos, el paciente asociará el tratamiento realizado con el instrumento como muy beneficioso. El tratamiento dental con láser puede ser más rápido y eficaz, aparte de reducir notablemente el dolor, la hemorragia, la necesidad de anestesia y, por último, las molestias posoperatorias. Los pacientes pueden reanudar sus actividades cotidianas poco después de la realización del tratamiento.¹¹

¿Por qué debería comprar un láser? El láser dental debería formar parte del arsenal del profesional. La energía fotónica, con sus propiedades únicas de monocromatismo y coherencia, transmitida a través de un sistema de suministro ergonómico, se convierte en un instrumento novedoso para

el cuidado dental. Cuando se utiliza con los conocimientos adecuados, la comprensión y la capacitación correcta, puede funcionar como una parte integral de cualquier cita de tratamiento dental. El clínico puede tener la seguridad de que cada procedimiento con láser se realiza de forma segura y sencilla, sin algunos de los inconvenientes que se presentaban cuando se utilizaba el bisturí o la electrocirugía. Se pueden citar dos ejemplos: la desinfección durante una incisión con láser frente a un corte sangrante con bisturí; y la eliminación segura de tejido durante la exposición del implante con láser frente a ciertos daños con una punta electroquirúrgica. También, para quienes se esfuerzan por mejorar constantemente sus habilidades, el láser es un “objeto” imprescindible, no como “artilugio”, sino como instrumento quirúrgico.

¿Qué diferencia supondrá para mis pacientes y para mí? La incorporación de la tecnología a la odontología ha mejorado la forma en que atendemos a nuestros pacientes. Las radiografías digitalizadas están sustituyendo a las radiografías tradicionales, el diagnóstico se realiza en modelos 3D de los dientes y el hueso (CBCT, siglas en inglés de tomografía computarizada de haz cónico), endodoncias de una sola sesión, la tecnología CAD/CAM (siglas en inglés de diseño asistido por computador y fabricación asistida por computador, respectivamente) está ganando popularidad. Todos estos avances, incluido el láser, se están incorporando para mejorar la atención odontológica que se presta diariamente a los pacientes.¹² El dolor dental figura entre las diez primeras fobias del mundo. En algunos pacientes, la mera visión del sillón dental, el ruido chirriante del rotor de aire o la bata

blanca de un dentista pueden provocar ataques de pánico. Los láseres dentales marcan una gran diferencia en la vida de estos pacientes, ya que pueden reducir el nivel de estrés y ansiedad¹³ y ayudar al clínico a ofrecer lo mejor de la odontología. Como beneficio añadido, se ha demostrado que los láseres pueden ayudar a proporcionar un bloqueo neural que produce un efecto analgésico y efectos antiinflamatorios.¹⁴

¿Generará ingresos? Los láseres dentales pueden ayudar al profesional a formular planes de tratamiento en beneficio de los pacientes. Como ya se ha mencionado, se mejorarán los procedimientos existentes y se podrán ofrecer tratamientos nuevos o previamente remitidos. Es posible que el dentista tenga que aumentar la tarifa de honorarios para reflejar el costo adicional de la compra del láser, pero ese ajuste debe explicarse simplemente enumerando las ventajas de utilizar el equipo.

Los procedimientos quirúrgicos suelen ser más breves que las cirugías tradicionales y pueden realizarse en régimen ambulatorio. Los pacientes logran tener menos dolor, inflamación y cicatrices que con las cirugías tradicionales. Esto supone una gran diferencia en la calidad de vida del paciente, ya que no suele haber un largo periodo de recuperación. Igualmente importante es el hecho de que el profesional puede ser más eficiente, ya que la cita quirúrgica y el protocolo necesario previo y posterior al procedimiento son menos complejos y requieren menos tiempo. Así, podría disponer de más tiempo para otros pacientes, lo que a su vez generaría más ingresos y contribuiría al crecimiento de la consulta. Otra ventaja es que se pueden realizar varios procedimientos en una misma visita, lo que aumenta la producción. Naturalmente, cuanto mayor sea la aceptación por parte del paciente de un tratamiento propuesto, junto con un resultado positivo, cómodo y saludable, más se traducirá en la llegada de nuevos pacientes a la consulta.

¿Cuándo debe utilizarse el láser? El clínico debe conocer las indicaciones de uso del láser. Este libro de texto describirá todas ellas en detalle. La formación continuada proporcionará sin duda técnicas y protocolos sugeridos. Al revisar los pasos necesarios para un procedimiento, debe analizarse cómo podría utilizarse el láser, ya sea como complemento o como monoterapia. Y lo que es igualmente importante, el instrumento y todos los accesorios necesarios deben estar al alcance de la mano o guardados cerca para poder introducirlos en el procedimiento. A medida que el clínico siga utilizando el láser, este se convertirá en un elemento esencial de su arsenal. En algunos tratamientos, puede sustituir a otros instrumentos; en otros procedimientos, puede utilizarse como complemento. Del mismo modo, la experiencia del uso repetido generará confianza en brindar una excelente atención al paciente. De hecho, el láser se convertirá en la inversión inteligente que se esperaba al comprarlo. La Figura 1.2 muestra una pequeña selección de procedimientos clínicos en los que puede utilizarse un láser.

En todos los casos representados, se utilizó el láser en lugar de instrumental convencional.

1.9. LIMITACIONES DE LA ODONTOLOGÍA LÁSER

Si usted es un clínico experto en el uso del láser, podrá ver las posibilidades casi ilimitadas y enormes que ofrece su uso para el tratamiento. Sin embargo, como con cualquier instrumental, hay que tener en cuenta ciertas consideraciones. El clínico debe estar muy bien capacitado para juzgar la enfermedad a tratar. Tras una selección adecuada del caso, debe tomarse una decisión apropiada sobre qué longitud de onda, potencia o densidad de energía se utilizará y dependerá del patrón de absorción del tejido diana. Por supuesto, esto implica un conocimiento muy profundo de los fundamentos de la física del láser, las interacciones tisulares y el uso seguro del dispositivo.

Los láseres dentales disponibles en la actualidad presentan algunos inconvenientes. Tienen un costo relativamente elevado y requieren capacitación. La mayoría de las puntas de emisión láser son de corte terminal (frontal), aunque existen algunas de disparo radial. Algunos instrumentos no utilizan una punta de contacto, sino que el haz debe enfocarse hacia una zona específica del tejido diana. Esta falta de sentido táctil puede suponer un reto inicial para los clínicos, ya que la mayoría de los equipos dentales son tanto de corte lateral como terminal y se utilizan en contacto. El profesional del láser tendrá necesariamente que emplear una modificación de la técnica clínica. Una incisión con láser no es tan precisa como una realizada con un bisturí. Además, dado que rara vez se utilizan suturas en comparación con una realizada con un bisturí quirúrgico, una herida con láser cicatriza por segunda intención. El paciente debe recibir las instrucciones posoperatorias adecuadas para cuidar correctamente la zona durante la cicatrización. Como ya se ha mencionado, ninguna longitud de onda tratará de forma óptima todas las enfermedades dentales. La accesibilidad a la zona quirúrgica puede ser a veces un problema con algunos sistemas de suministro actuales, y el clínico debe evitar el sobrecalentamiento del tejido al intentar completar un procedimiento. Un inconveniente adicional de los láseres de dióxido de carbono de 9300 nm y de la familia del erbio es la incapacidad para eliminar restauraciones metálicas y de porcelana fundida defectuosas. Por supuesto, esta limitación en algunos casos podría ser muy beneficiosa cuando se tratan pequeñas áreas de caries recurrentes alrededor de restauraciones que por lo demás son sólidas. A veces, el ritmo más lento de la cirugía láser de tejidos blandos puede provocar la carbonización del tejido durante cualquier procedimiento quirúrgico. Esto puede deberse a una combinación de demasiada potencia media o a un movimiento demasiado lento del rayo láser. Ambos pueden corregirse con la experiencia. Un aspecto que no debe ignorarse es la producción de la columna de humo láser, que es un subproducto de agua



Figura 1.2. **a.** Vista preoperatoria del tejido hiperplásico presente durante la terapia ortodóncica. **b.** Vista posoperatoria que muestra la eliminación del tejido, con un periodonto más normal. **c.** Vista preoperatoria de un amplio diastema maxilar con implicación del frenillo. **d.** Fotografía que muestra la corrección y cicatrización del frenillo, la gingivectomía y buena evolución de la alineación ortodóncica. **e.** Se utiliza un láser de fotobiomodulación para el tratamiento de la inflamación de la articulación temporomandibular. **f.** Vista preoperatoria de las lesiones cariosas interproximales. **g.** Vista posoperatoria inmediata de las nuevas restauraciones. Ambos dientes se prepararon con el láser en lugar de una pieza de mano dental. **h.** Vista preoperatoria de la pigmentación en la mucosa. **i.** Vista posoperatoria que muestra el pigmento eliminado. **j.** Vista preoperatoria de un fibroma irritativo benigno. **k.** Vista posoperatoria que muestra la zona cicatrizada.



vaporizada (vapor), carbono y otras partículas moleculares nocivas, y posiblemente productos celulares infecciosos, que se combinan para producir un olor desagradable. Se recomienda mantener la varilla de succión a menos de 4 cm de la zona quirúrgica para eliminar la mayor cantidad posible del penacho.^{15,16}

1.10. DISFRUTAR DE LOS BENEFICIOS DE LA ODONTOLOGÍA LÁSER

Con el paso del tiempo, los avances en el arte y la ciencia de la odontología nos han proporcionado la capacidad de permitir al clínico ofrecer soluciones mínimamente invasivas a la enfermedad del paciente. Desde la incorporación del tratamiento menos invasivo de la periodontitis hasta el

tratamiento restaurador estético integral, la norma actual es conservar la mayor parte posible de la dentición y la estructura circundante. Con los avances en materiales innovadores y técnicas clínicas nuevas y mejoradas, ese objetivo puede alcanzarse. El rápido uso de la tecnología láser ha ganado popularidad en diversas especialidades y disciplinas odontológicas, como la endodoncia, la prostodoncia, la cirugía oral y maxilofacial, la ortodoncia, la implantología oral, la odontopediatría, la odontología estética y la periodoncia. Ha revolucionado algunos protocolos de tratamiento y es sin duda una herramienta para el desarrollo de la consulta.

Las ventajas enumeradas anteriormente pueden transformar a un paciente que antes se resistía a los planes de tratamiento convencionales en uno más relajado y, sin duda, colaborador. Sumado al hecho de que la práctica

odontológica puede ser muy exigente físicamente y estresante durante la atención habitual del paciente. En el caso de pacientes con necesidades especiales, como los que tienen problemas mentales y físicos, es posible que el clínico que utiliza láser realice más procedimientos con eficacia y confianza, conservando el tiempo y respetando la tolerancia del paciente. El láser es especialmente útil en pacientes geriátricos, ya que hace que el procedimiento sea más tolerable y les ayuda a superar algunas de las barreras que dificultan la atención odontológica, como la gran complejidad dental, las múltiples afecciones médicas y la disminución del estado funcional. Del mismo modo, el tratamiento odontológico pediátrico asistido por láser puede dar como resultado un niño feliz, sano y confiado, cuyos padres apreciarán los cuidados suaves y eficaces.

En el mundo digital actual, los pacientes se comunican de forma casi instantánea con sus contactos a través de medios digitales, comparten sus experiencias y preocupaciones y comprenden mejor los diagnósticos y las opciones de tratamiento. Es más probable que acepten recomendaciones de tratamiento y, desde luego, están dispuestos a invertir en un procedimiento que valoren y que les resulte lo más cómodo posible. Si un paciente tiene una experiencia positiva con el láser, es probable que se produzcan más remisiones a

la consulta. En resumen, el láser puede permitir al dentista ofrecer una odontología de mayor calidad.¹⁷

1.11. CONCLUSIÓN

Vivimos en un mundo acelerado. La práctica de la odontología evoluciona constantemente y hay principalmente dos razones fundamentales por las que cambiamos: una es que queremos esforzarnos por ofrecer el tratamiento óptimo disponible para nuestros pacientes; la otra es que queremos mantenernos al día con el último y mejor método para conseguirlo. Nunca dejemos de aprender o dejaremos de crecer. En la era actual, siempre es importante mejorar las habilidades y destrezas y debemos seguir formándonos para poder seguir creciendo en conocimientos como un objetivo para toda la vida. La voluntad y la apertura para aprender cosas nuevas es la clave del éxito. Siempre que pensemos que somos buenos, podemos ser aún mejores.

El primer paso hacia la odontología láser es buscar información objetiva sobre todos los aspectos del instrumento y sus usos. En última instancia, la decisión de adquirir un láser debe basarse en pruebas científicas sólidas, en su propia experiencia, conocimientos y capacitación, y en las preferencias del paciente en cuanto a opciones de tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sognnaes RE, Stern RH. Laser effect on resistance of human dental enamel to demineralization in vitro. *J South Calif State Dent Assoc.* 1965;33:328-9.
2. Taylor R, Shklar G, Roeber F. The effects of laser radiation on teeth, dental pulp and oral mucosa of experimental animals. *Oral Surg.* 1965;19:786-95.
3. Lobene RR, Fine S. Interaction of laser radiation with oral hard tissues. *J Prosthet Dent.* 1966;16:16589-97.
4. Coluzzi DJ, Convissar RA. *Atlas of laser applications in dentistry.* Chicago, IL: Quintessence Publishing; 2007.
5. Farias R, Closs L, Miguens S. Evaluation of the use of low-level laser therapy in pain control in orthodontic patients: a randomized split-mouth clinical trial. *Angle Orthod.* 2016;86(2):193-8.
6. Sayed N, Murugavel C, Gnanam A. Management of temporomandibular disorders with low level laser therapy. *J Maxillofac Oral Surg.* 2014;13(4):444-50.
7. Elbay M, et al. The use of low-level laser therapy for controlling the gag reflex in children during intraoral radiography. *Lasers Med Sci.* 2016;31(2):355-61.
8. Weiner GP. Laser dentistry practice management. *Dent Clin N Am.* 2004;48:1105-1126, ix.
9. White JM, et al. Curriculum guidelines and standards for dental laser education. *Proc SPIE San Francisco.* 1998;3593:110-22.
10. Schwab D. What your staff needs to know about marketing your practice. *Dent Econ.* 1999;89:50-53, 95.
11. Cakart K. Evaluation of patient perceptions of frenectomy: a comparison of Nd:YAG laser and conventional techniques. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(2):147-52.
12. Farman AG. Image guidance: the present future of dental care. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2006;18(6):342-4.
13. Dundee JW, Yang J. Prolongation of the antiemetic action of P6 acupuncture by acupressure in patients having cancer chemotherapy. *J R Soc Med.* 1990;83:360-2.
14. Armida MM. Laser therapy and its applications in dentistry. *Pract Odontol.* 1989;10:9-16.
15. Srivastava V, Mahajan S. Practice management with dental lasers. *J Laser Dent.* 2011;19(2):209-11.
16. Myers TD, Sulewski JG. Evaluating dental lasers: what the clinician should know. *Dent Clin N Am.* 2004;48(4):1127-44.
17. Srivastava VK, Mahajan S. Diode lasers: a magical wand to an orthodontic practice. *Indian J Dent Res.* 2014;25(1):78-82

Capítulo 2

Fundamentos del láser y la luz

Donald J. Coluzzi

Contenido

2.1. Luz - 21

2.1.1. Orígenes y curiosidades de la luz - 21

2.1.2. La dualidad de la luz - 21

2.1.3. Propiedades de la luz y la energía láser - 22

2.2. Emisión - 22

2.2.1. Emisión espontánea - 22

2.2.2. Emisión estimulada - 23

2.3. Amplificación - 23

2.4. Radiación - 23

2.5. Componentes de un láser - 23

2.5.1. Medio activo - 23

2.5.2. Mecanismo de bombeo - 24

2.5.3. Resonador - 26

2.5.4. Otros componentes mecánicos - 26

2.5.5. Componentes ensamblados - 26

2.6. Historia del desarrollo del láser - 26

2.7. Sistemas de administración láser - 28

2.7.1. Fibra óptica - 28

2.7.2. Guía de ondas hueca - 28

2.7.3. Brazo articulado - 28

2.7.4. Procedimientos con y sin contacto - 28

2.7.5. Haz de puntería - 28

2.8. Modos de emisión - 29

2.8.1. Onda continua - 29

2.8.2. Pulso de funcionamiento libre - 31

2.8.3. Modo de pulso controlado - 31

2.9. Terminología - 31

2.9.1. Energía y fluencia - 31

2.9.2. Potencia y densidad de potencia - 32

2.9.3. Pulsos - 32

2.9.4. Potencia media y potencia pico - 32

2.9.5. Tamaño del haz - 32

2.9.6. Velocidad de la pieza de mano - 32

2.10. Conclusión - 32

Referencias - 33

Mensaje central

La palabra LASER es el acrónimo del inglés *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* ('amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación'). La teoría fue postulada por Albert Einstein en 1916. Una breve descripción de cada una de esas cinco palabras empezará a explicar las cualidades únicas de un instrumento láser. Una vez creado el rayo láser, se dirige al tejido diana. Además, cada dispositivo dispone de determinados controles que el clínico puede accionar durante el procedimiento. La comprensión de estos fundamentos servirá de base para profundizar en los conceptos básicos del uso del láser en odontología.

2.1. LUZ

2.1.1. Orígenes y curiosidades de la luz

La palabra luz se ha utilizado durante muchos siglos, incluidas referencias bíblicas como en las frases iniciales del libro del Génesis. La civilización primitiva parecía comprender que el ciclo del día y la noche con el sol, la luna y las estrellas, producía diferencias en la luminosidad ambiental. Las investigaciones históricas sobre la naturaleza de la luz produjeron estudios interesantes y a veces contradictorios. Los antiguos sentían curiosidad por este brillo: el filósofo griego Pitágoras comenzó a desarrollar las ecuaciones de ondas hacia el año 400 a. C. Más de un siglo después, el matemático griego Euclides afirmó que la luz se emite en rayos desde el ojo; luego proclamó la ley de la reflexión de esas ondas. Hubo que esperar hasta 1021 para que un matemático de Basora, Ibn al-Haytham, corrigiera el concepto y demostrara que la luz entra en el ojo en lugar de emanar de él. Además, al-Haytham postuló que existen diminutas partículas de energía procedentes del Sol que producen la luz. En 1672, el físico británico Issac Newton estudiaba las leyes de la reflexión y la refracción, y llegó a la conclusión de que la luz estaba formada por partículas, a las que llamó "corpúsculos".¹ Newton llegó a la conclusión de que la luz es una combinación de siete partículas de colores violeta, índigo, azul, verde, amarillo, naranja y rojo (de acuerdo con la creencia de que el siete es un número místico). Esas partículas se combinan para producir la luz "blanca".² Unos años más tarde, en 1678, el físico holandés Christiaan Huygens insistió en que la luz estaba formada solo por ondas y publicó el "Principio de Huygens".³ La historia ha demostrado que tanto Newton como Huygens acertaron, en el mejor de los casos, a medias.

Más de cien años después, surgieron nuevos descubrimientos sobre la luz. En 1800, William Herschel, músico y astrónomo de origen alemán, se trasladó a Inglaterra e investigó las temperaturas individuales del color visible. A partir de esos experimentos, descubrió la luz infrarroja.⁴ Johann Ritter, de una región de Europa del Este conocida actualmente como Polonia, descubrió la luz ultravioleta en 1801 al observar cómo el cloruro de plata, un producto químico común, cambia de color cuando se expone a la luz solar.⁵ El físico británico Michael Faraday demostró que la luz y el electromagnetismo estaban relacionados.⁶ En 1865, su

colega escocés James Maxwell explicó entonces la radiación electromagnética, es decir, que la electricidad, el magnetismo y la luz están, de hecho, interrelacionados en un mismo fenómeno.⁷ Su descubrimiento cuantificó las diferentes longitudes de onda de la radiación y ayudó así a explicar nuestra comprensión actual de la existencia de la luz en algo más que el espectro visible de los colores de Newton. En 1895, Wilhelm Roentgen, profesor alemán de física, añadió la radiación X al espectro electromagnético, tras estudiar muchos experimentos de colegas como Philipp Lenard y Nikola Tesla.⁸ Roentgen utilizó la terminología "X" para designar una cantidad desconocida. El físico teórico Max Planck, también alemán, propuso en 1900 que la energía luminosa se emite en paquetes que denominó "cuanto".⁹ Formuló una ecuación que establecía una relación entre la energía y la longitud de onda o frecuencia. En 1905, el científico alemán Albert Einstein descubrió lo que denominó efecto fotoeléctrico. Observó que, al incidir la luz sobre muchos metales, estos emitían electrones, a los que denominó fotoelectrones. Dedujo entonces que el haz de luz no es solo una onda que viaja por el espacio, sino que también debe estar compuesto por paquetes discretos de energía, tal y como describió Planck. Einstein denominó fotones a estas pequeñas partículas,¹⁰ cristalizando así la doble naturaleza partícula-onda de la luz.

2.1.2. La dualidad de la luz

A partir de los descubrimientos y argumentos de los últimos tres milenios, se puede afirmar que la luz es una forma de energía electromagnética de naturaleza dual. Se comporta como una partícula y viaja en ondas a velocidad constante. El paquete básico o cuanto de esta partícula de energía radiante se denomina fotón¹¹; un fotón es una partícula estable que solo existe cuando se mueve a la velocidad de la luz en el vacío. Por implicación de la teoría de la relatividad, no tiene masa. Cuando se desacelera, deja de existir y su energía se transforma.

La onda de fotones que viaja a la velocidad de la luz puede definirse mediante dos propiedades básicas, como se muestra en la Figura 2.1. La primera es la amplitud, que se define como la altura vertical de la oscilación de la onda desde el eje cero hasta su pico. Esto se correlaciona con la cantidad de energía transportada en la onda: cuanto mayor sea la amplitud, mayor será la cantidad de energía disponible que puede realizar un trabajo útil. La segunda propiedad de una onda es la longitud de onda, que es la distancia horizontal entre dos puntos cualesquiera de la onda. Esta medida es muy importante tanto en lo que respecta a la forma en que la energía láser llega al tejido como a la interacción que se producirá. La longitud de onda se mide en metros; y los láseres dentales tienen longitudes de onda del orden de unidades mucho más pequeñas utilizando la terminología de nanómetros (10^{-9} m) o micras (10^{-6} m). Cuando las ondas viajan, oscilan varias veces por segundo, lo que se denomina frecuencia. La frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda: a menor longitud de onda, mayor frecuencia y viceversa.

- La amplitud es la altura de la onda desde el eje cero hasta el pico
- La longitud de onda es la distancia horizontal entre dos partes adyacentes de una onda

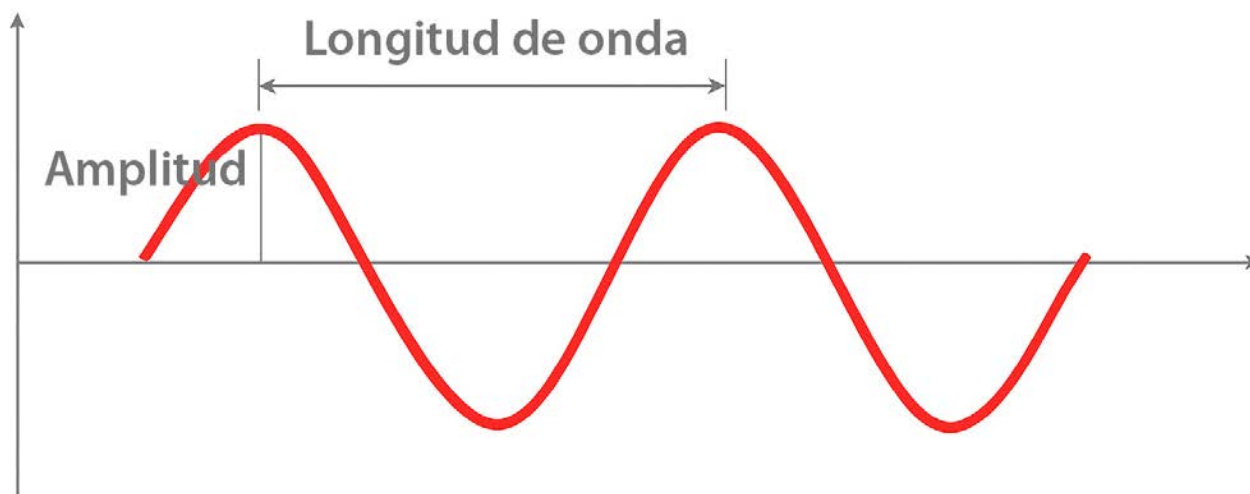


Figura 2.1. Representación de las ondas electromagnéticas en la que se aprecian dos magnitudes importantes: la amplitud y la longitud de onda.

2.1.3. Propiedades de la luz y la energía láser

La luz ordinaria producida por una lámpara de mesa, por ejemplo, suele ser un brillo blanco. El color blanco que ve el ojo humano es en realidad una suma de los muchos colores del espectro visible, como rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta, tal y como los describió por primera vez Isaac Newton. La luz suele ser difusa y no está bien enfocada.

La energía láser se distingue de la luz ordinaria por dos propiedades. Una es la monocromaticidad, que significa que la onda luminosa generada es de un solo color específico. En el caso de los instrumentos dentales, ese color suele ser invisible a nuestros ojos. En segundo lugar, cada onda tiene coherencia, idéntica en tamaño físico y forma a lo largo de su eje, produciendo una forma específica de energía electromagnética. Esta onda se caracteriza por la coherencia espacial, es decir, el haz puede definirse bien; la intensidad y la amplitud de este sigue la curva gaussiana, en la que la mayor parte de la energía se encuentra en el centro, con una rápida caída en los bordes. También hay coherencia temporal, lo que significa que la emisión de una sola longitud de onda tiene oscilaciones idénticas a lo largo de un periodo de tiempo. El haz láser final comienza en forma colimada y puede emitirse a larga distancia de esa manera. Sin embargo, los haces que emanan de las fibras ópticas suelen divergir en la punta; y los haces de las piezas de mano “sin punta” también perderán su colimación. Mediante el uso de lentes, los haces pueden enfocarse con precisión, y este haz monocromático y coherente de energía luminosa puede lograr el objetivo del tratamiento.

Utilizando como ejemplo una lámpara doméstica, una lámpara de 100 W producirá una cantidad moderada de luz

y proporcionalmente más calor en una habitación. Por otro lado, se pueden utilizar 2 W de potencia láser para una escisión precisa de un fibroma irritativo, proporcionando una hemostasia adecuada en la zona quirúrgica sin alterar el tejido circundante.

2.2. EMISIÓN

2.2.1. Emisión espontánea

En 1913, Niels Bohr, físico danés, desarrolló su modelo de átomo y aplicó el principio cuántico de Planck. Propuso distintas “órbitas” o niveles de energía alrededor del núcleo del átomo. Bohr descubrió que un electrón podía “saltar” a un nivel superior (e inestable) absorbiendo un fotón y que después el electrón volvía a un nivel inferior (más estable) liberando un fotón.¹² A esto lo denominó “emisión espontánea”. El matiz de esta emisión es que, al existir varios niveles orbitales posibles en el átomo, la longitud de onda de la emisión fotónica vendría determinada por la energía del fotón emitido, según la ecuación de Planck. También hay que tener en cuenta que el fotón emitido tendrá probablemente una dirección y una fase aleatorias. En términos más sencillos, la emisión espontánea puede demostrarse cuando se enciende una bombilla eléctrica convencional. El filamento brilla intensamente emitiendo luz y calor a medida que los electrones se excitan a estados de mayor energía y luego vuelven a su estado de reposo. Durante la emisión desde los niveles de energía superiores se producen diferentes grupos amplios de longitudes de onda (p. ej., luz blanca). Un diodo emisor de luz también produce luz emitida espontáneamente utilizando un flujo de electrones energizados que se recombinan en

el lado positivo de la oblea para producir luminiscencia. El color (longitud de onda) de la luz emitida dependerá de la composición química de la oblea del diodo.¹³

2.2.2. Emisión estimulada

En 1916, Albert Einstein postuló la teoría del láser.¹⁴ Utilizando el modelo de Bohr, postuló que, durante el proceso de emisión espontánea, un fotón adicional, si está presente en el campo del átomo ya estimulado con el mismo nivel de excitación, produciría una liberación de dos cuantos. Estos serían idénticos en fase, dirección y longitud de onda. Además, estos fotones de emisión compartirían propiedades monocromáticas y coherentes, naciendo así un láser.

2.3. AMPLIFICACIÓN

La amplificación forma parte de un proceso que tiene lugar en el interior del láser. Una vez que se produce la emisión estimulada, el proceso debería continuar teóricamente a medida que entran más fotones en el campo tanto para estimular los átomos como para interactuar con los fotones excitados que vuelven a su estado básico. Se podría imaginar una progresión geométrica del número de fotones emitidos; y, en algún momento, se produce una inversión de la población, lo que significa que la mayoría de los átomos se encuentran en el estado elevado y no en el de reposo. Como insinuó Bohr, puede haber varios niveles potenciales de energía disponibles en la mayoría de los átomos. Tener varios niveles (más de dos) ayudaría a mantener una inversión de la población porque no habría posibilidad de tasas iguales de absorción de vuelta al estado básico y de emisión estimulada. Este efecto de amplificación solo puede producirse si existe una fuente constante y suficiente de energía, que es suministrada por un mecanismo de bombeo.

2.4. RADIACIÓN

Las propiedades básicas de una onda se discutieron en el Apartado 2.1.2. Todo el conjunto de energía de las ondas se describe mediante el espectro electromagnético (EM), en otras palabras, todas las frecuencias y longitudes de onda de la radiación.¹⁵ El EM tiene varias regiones con límites aproximados de longitud de onda o frecuencia. Hay siete clases generales, con orden creciente de longitud de onda para describir la radiación: rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, radiación visible, radiación infrarroja, microondas y ondas de radiofrecuencia. Estas longitudes de onda varían en tamaño: los rayos gamma miden unos 10^{-12} m; en el otro extremo del espectro, las ondas de radio tienen longitudes de onda de hasta miles de metros. El EM puede dividirse generalmente en dos divisiones: los rayos gamma, los rayos X y la luz ultravioleta se denominan radiaciones ionizantes, mientras que todas las demás se denominan no ionizantes. Ionizante significa simplemente que la onda de radiación tiene suficiente energía fotónica para eliminar un electrón de un átomo, y esas longitudes de onda pueden causar cambios

mutagénicos en el ADN celular. El ojo humano responde a longitudes de onda comprendidas entre 380 y 750 nm aproximadamente, representando estos dos números el violeta intenso y el rojo oscuro, respectivamente. Esta gama se denomina espectro visible. El término radiación térmica puede aplicarse a muchas longitudes de onda. Por ejemplo, una lámpara de infrarrojos genera calor; el sol proporciona tanto luz como calor; y la ionización presente en el plasma también puede producir altas temperaturas.

La energía de un fotón puede calcularse mediante la ecuación de Max Planck. Esta establece que la energía está directamente relacionada con la frecuencia de la onda o es inversamente proporcional a la longitud de onda. Así, las radiaciones gamma o x con longitudes de onda muy cortas (de 10^{-12} a 10^{-10} m) tienen una energía muy elevada, mientras que las ondas de radio (de 3 m a 1 km aproximadamente) tienen una energía significativamente menor en comparación.

2.5. COMPONENTES DE UN LÁSER

Identificar los componentes de un instrumento láser es útil para comprender cómo se produce la energía. Todos los láseres dentales comparten características comunes: un medio activo, un mecanismo de bombeo y un resonador. Además, el dispositivo láser se completa con un sistema de refrigeración, controles y un sistema de administración.

Todos los dispositivos láser dentales disponibles tienen longitudes de onda de emisión de aproximadamente 0,45 μ m, o 450 nm a 10,6 μ m o 10 600 nm. Esto los sitúa en la porción visible o invisible no ionizante del espectro electromagnético. La Figura 2.2 muestra una representación gráfica de estos láseres en una porción del espectro electromagnético.

2.5.1. Medio activo

Los láseres reciben el nombre genérico del que está siendo estimulado; dicho material se denomina medio activo. Como ya se ha mencionado, los átomos (o moléculas) de ese material absorben la energía fotónica y, a continuación, comienzan a emitir de manera espontánea. Posteriormente, en las condiciones adecuadas, comenzará el proceso de emisión estimulada. Los materiales habituales para los láseres dentales pueden designarse a grandes rasgos como uno de estos tres tipos: un contenedor de gas, un cristal de estado sólido o un semiconductor. El medio activo se encuentra en el centro o núcleo del láser, denominado “cavidad” óptica.

Láseres de gas

El láser dental de gas más común es el de dióxido de carbono, que contiene una mezcla gaseosa de dióxido de carbono, helio y nitrógeno. El helio no interviene directamente en el proceso de láser, pero el nitrógeno sí interactúa con el proceso de excitación y, en última instancia, transfiere esa energía a las moléculas de dióxido de carbono.

Un segundo láser de gas es el láser de argón. Un tubo de este gas noble, cuando se estimula, puede producir varias

Longitudes de onda del láser dental disponibles actualmente en el espectro electromagnético

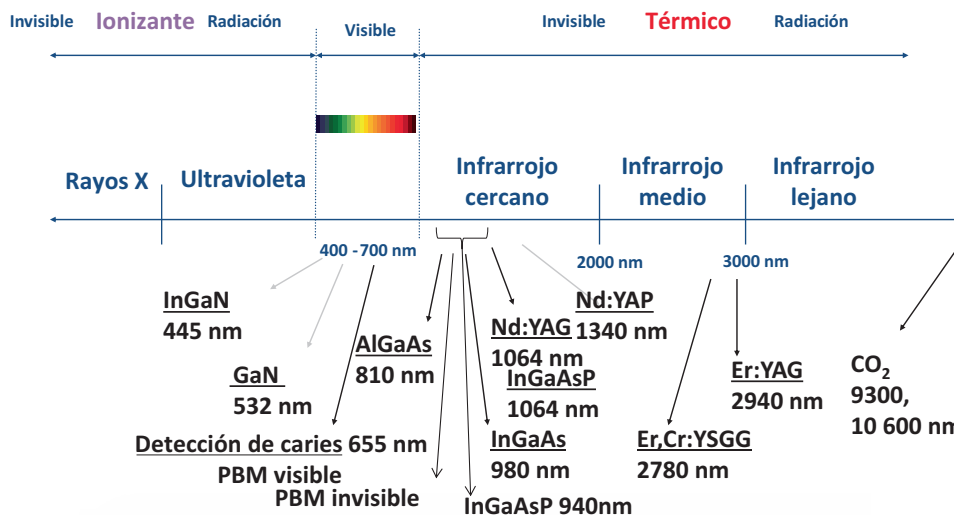


Figura 2.2. Gráfico que muestra la posición de las longitudes de onda dentales actualmente disponibles en la parte visible e invisible no ionizante del espectro electromagnético. Obsérvese que la mayoría de las longitudes de onda incluyen también la composición del medio activo que produce esa longitud de onda. PBM es la sigla de fotobiomodulación, y esos instrumentos utilizan diversos medios activos.

emisiones radiantes, siendo la más común un haz de luz colimada azul visible y verde azulada. Las exigencias físicas de potencia y refrigeración han hecho que este láser tenga una aplicación muy limitada en odontología.

Uno de los primeros láseres de gas desarrollados fue el láser helio-neón, que tiene una emisión de color rojo visible.

Láseres de cristal de estado sólido

En los láseres dentales se utilizan diversos cristales en estado sólido. El material huésped se compone de granate de itrio y aluminio (YAG, siglas del inglés *yttrium aluminum garnet*), perovskita de itrio y aluminio (YAP, siglas del inglés *yttrium aluminum perovskite*) o granate de itrio, escandio y galio (YSGG, siglas del inglés *yttrium scandium gallium Garnet*). Cualquiera de ellos puede “activarse” con iones de neodimio, erbio y cromo. La designación resultante se escribiría como Nd:YAG (siglas en inglés de neodimio: itrio-aluminio-granate), para ilustrar, que sería un cristal de granate de aluminio e itrio activado con neodimio.

Láseres dentales semiconductores

Un láser semiconductor utiliza la unión básica positivo-negativo (p-n) de los circuitos electrónicos cotidianos: el diodo, es decir, una oblea de dos polos con carga opuesta. El flujo de electrones cargados negativamente hacia los huecos cargados positivamente se difunde a través de la unión. La acción del láser tiene lugar entre las capas cargadas, lo que se denomina región de agotamiento. Este pequeño rectángulo emitirá luz coherente y monocromática, pero la colimación

debe realizarse mediante una lente externa. Los láseres de diodo actuales se componen de varios elementos atómicos en forma binaria, ternaria o cuaternaria dispuestos en una estructura similar a una oblea. Algunos ejemplos son el arseniuro de galio (GaAs), el arseniuro de aluminio-galio (AlGaAs), el arseniuro de indio-galio (InGaAs) y arseniuro-fosfuro de indio y galio (InGaAsP). Estos elementos proporcionan una estructura cristalina en forma de tablero de ajedrez para permitir que se produzca el láser; no se utiliza el semiconductor habitual a base de silicio debido a su simetría. La oblea de un solo diodo que acabamos de describir se dispone en una matriz lineal para su refrigeración, y el número de obleas determina la potencia de salida.

2.5.2. Mecanismo de bombeo

Rodeando esta cavidad óptica con su medio activo se encuentra una fuente de excitación, conocida como mecanismo de bombeo. El bombeo sirve para transferir energía a la cavidad óptica, y esa energía debe ser de cantidad y duración suficientes para que la ocupación de un nivel de energía superior sobrepase a la de un nivel inferior. Esta condición se denomina inversión de población y permite que se produzca la amplificación.

Aunque el proceso descrito anteriormente se produce rápidamente, sigue llevando cierto tiempo. La mayoría de los láseres se describen como de “tres niveles” o “cuatro niveles”. Un sistema de tres niveles describe el concepto básico: el nivel 1 sería el estado estable, de masa, a veces designado como nivel de energía cero; un nivel bombeado (nivel de energía

Componentes láser

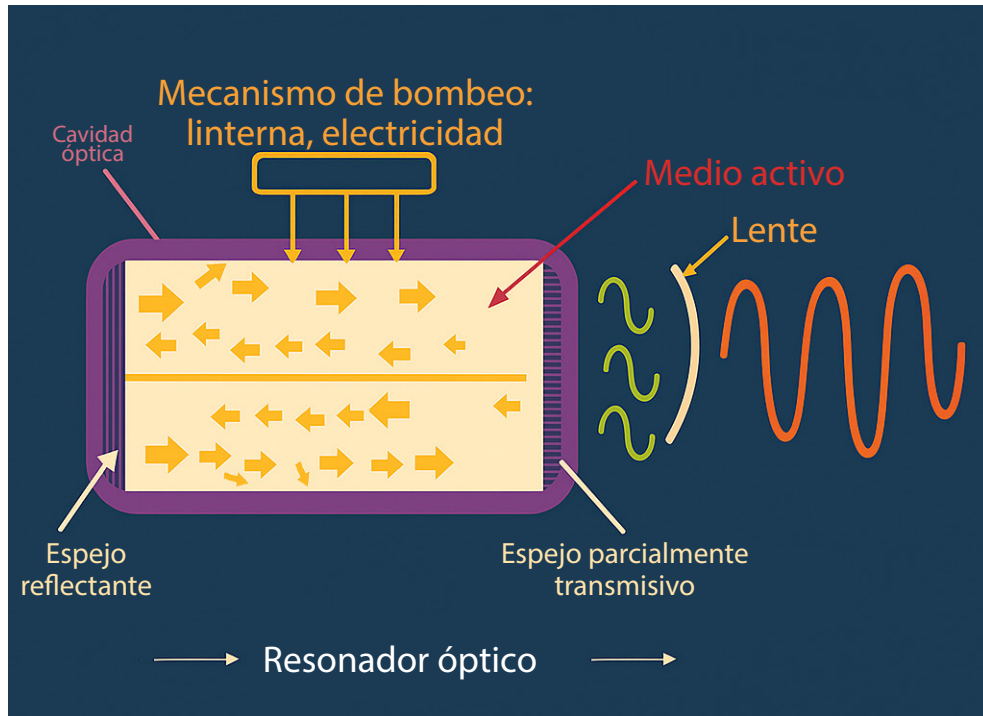


Figura 2.3. Esquema general de un láser. El medio activo puede ser de estado sólido (como el Nd:YAG) o un gas (como el dióxido de carbono). El mecanismo de bombeo proporciona la energía inicial y el resonador está formado por el medio activo y los espejos axiales. Un espejo es totalmente reflectante y el opuesto es parcialmente transmisivo. Cuando existe una inversión de población suficiente, se produce energía fotónica láser que se enfoca mediante lentes.

Componentes de un láser de diodo único

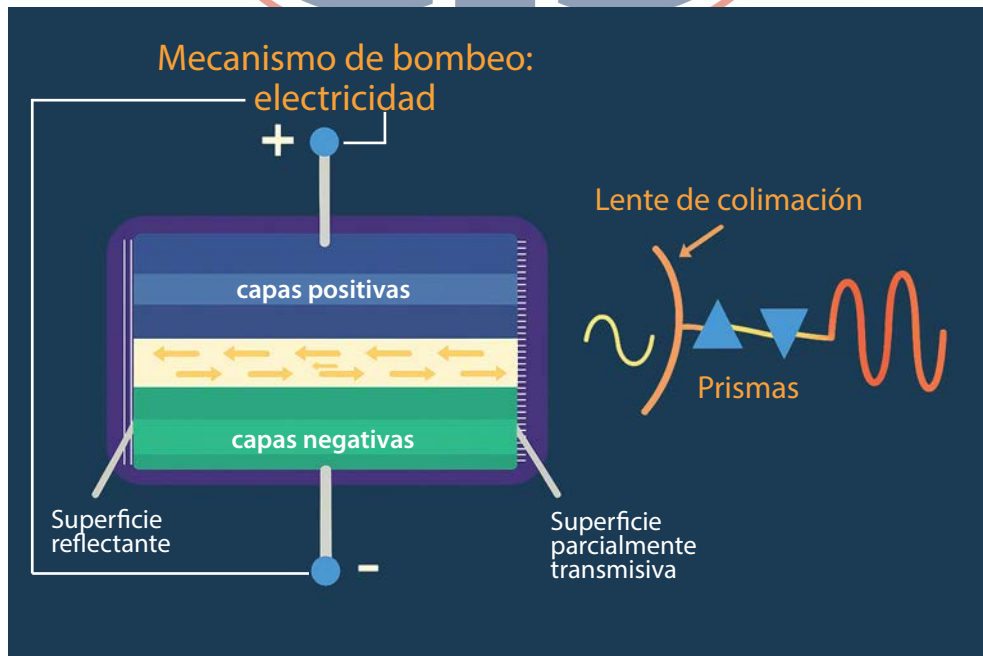


Figura 2.4. Esquema de una oblea de láser de diodo (individual). Hay capas de compuestos cargados positiva y negativamente, bombeados por electricidad. La capa blanca con las flechas amarillas representa la capa activa donde tiene lugar la emisión estimulada. En este ejemplo, se aplica un revestimiento reflectante en los extremos opuestos de la oblea. En la zona de la derecha hay ejemplos de lentes y prismas que se colocarían en el extremo de emisión de un conjunto de obleas para producir potencias útiles de energía fotónica de láser de diodo.

2) y un nivel de láser (nivel de energía). A pesar del rápido decaimiento del nivel 2, con suficiente energía bombeada, habrá una inversión de población entre el nivel 1 y el 2. Un sistema de cuatro niveles es similar con el nivel bombeado designado como 3, el nivel de láser “superior” como 2, y el nivel de láser “inferior” como 1. La diferencia entre estos dos niveles de láser ayudará a producir una inversión de población. Algunos medios activos funcionan como sistemas de tres o cuatro niveles.

En la industria del láser existe una gran variedad de mecanismos de bombeo. El bombeo de los láseres dentales suele realizarse con dispositivos ópticos —lámparas o láseres de alta potencia— o mediante electricidad, ya sea con corriente continua o con modulación electrónica de la corriente alterna. En la actualidad, los láseres de diodo se bombean electrónicamente; los láseres de cristal de estado sólido utilizan luces estroboscópicas de alta potencia (lámparas *flash*); y los láseres de dióxido de carbono pueden funcionar con corriente alterna o continua o con métodos de bombeo de radiofrecuencia (RF). Como variación en el bombeo, una forma de tecnología de dióxido de carbono utiliza gas a muy alta presión y muchos electrodos a lo largo del tubo de gas. Es lo que se conoce como láser de excitación transversal atmosférica (TEA, por sus siglas en inglés).

2.5.3. Resonador

El resonador, a veces conocido como cavidad óptica o resonador óptico, es el componente del láser que rodea al medio activo. En la mayoría de los láseres, hay dos espejos, uno en cada extremo de la cavidad óptica, colocados en paralelo; o en el caso de un semiconductor, o bien existe una superficie clivada y pulida en el extremo de la oblea, o bien hay reflexión dentro de la oblea. En todos los casos, estas superficies espejadas producen entonces una interferencia constructiva de las ondas, es decir, la onda incidente y la onda reflejada pueden superponerse produciendo un aumento de su amplitud combinada. Evidentemente, algunas ondas no se combinarán y perderán pronto su intensidad, pero otras seguirán amplificándose en este “resonador”. Con el sistema de espejos, este efecto continuado ayudará a colimar el haz en desarrollo. Como se ha mencionado anteriormente, la colimación de un láser de diodo se produce externamente.

2.5.4. Otros componentes mecánicos

Todos los láseres necesitan un sistema de refrigeración, y una mayor potencia de salida requiere una mayor disipación del calor producido por el bombeo y la emisión estimulada. La circulación de aire alrededor del medio activo puede controlar el calor, especialmente con los láseres de diodo; los láseres de cristal de estado sólido y algunos láseres a gas requieren una refrigeración adicional por circulación de agua.

Se emplean lentes de enfoque para cada haz y, en el caso de los láseres de diodo, para la colimación. El sistema de

emisión determinará en última instancia el diámetro de la longitud de onda emitida.

El panel de control del láser permite al usuario ajustar los parámetros de emisión de energía, junto con un interruptor de pie o de dedo para el funcionamiento “encendido/apagado” o de salida variable en algunos dispositivos.

2.5.5. Componentes ensamblados

La energía láser se produce porque el medio activo es energizado por el mecanismo de bombeo. Esa energía en forma de fotones es absorbida por el medio activo, elevando sus electrones atómicos a niveles orbitales superiores. A medida que los electrones vuelven a su estado estable se emiten fotones, mientras que otros fotones entrantes pueden producir una emisión estimulada. El resonador permite un mayor número de estas interacciones fotónicas y continuará el proceso de amplificación.

El funcionamiento está controlado por temperatura, el haz está enfocado y el clínico puede controlar el láser utilizado. La Figura 2.3 muestra un gráfico de un láser de estado sólido, como un Nd:YAG, o un láser de gas, como el dióxido de carbono; y la Figura 2.4 representa un esquema de una oblea única de un láser semiconductor. En las Tablas 2.1 y 2.2 se detallan los láseres dentales disponibles en la actualidad, con su medio activo, uso habitual y longitud de onda de emisión.

2.6. HISTORIA DEL DESARROLLO DEL LÁSER

Tras la publicación de la teoría del láser de Einstein, los experimentos para construir un dispositivo no aparecieron hasta la década de 1950. Charles Townes, de la Universidad de Columbia (Nueva York), empezó a trabajar con una amplificación de microondas en 1951. En 1957, otro estudiante de Columbia, Gordon Gould, describió en su cuaderno de laboratorio la idea básica de cómo construir un láser. Se considera que esa fue la primera vez que se utilizó el término. El primer láser fue construido por el Dr. Theodore Maiman en 1960 en el laboratorio Hughes.¹⁶ Maiman utilizó un cilindro de rubí sintético de 1 × 2 cm como medio activo, lámparas de *flash* fotográficas para el mecanismo de bombeo, y produjo una brillante emisión de luz roja pulsada. A finales de ese año, otros tres científicos de los laboratorios Bell desarrollaron el láser de gas helio-neón con una emisión continua de luz roja. Durante esa década se desarrollaron rápidamente otros instrumentos de longitud de onda. Cabe destacar la invención en 1964 del láser de dióxido de carbono, con una longitud de onda de 10,6 μm , por Kumar Patel; y, ese mismo año, el láser Nd:YAG fue construido por Joseph Geusic y Richard Smith, todos ellos en los laboratorios Bell. En la primavera de 1970, un equipo de científicos rusos y estadounidenses desarrolló de forma independiente un láser semiconductor de onda continua a temperatura

Tabla 2.1. Láseres dentales de espectro visible disponibles en la actualidad

Tipo de láser y espectro de emisión	Usos generales	Medio activo	Longitud de onda (nm)	Modo de emisión
Diodo semiconductor, azul visible	Procedimientos en tejidos blandos, blanqueamiento dental	Nitruro de indio y galio	445	CW, GP
Diodo semiconductor, verde visible	Procedimientos en tejidos blandos, blanqueamiento dental	Nitruro de galio	532	CW, GP
Láseres de baja potencia, emisión de luz roja visible, láseres semiconductores o de gas	Terapia de fotobiomodulación (PBM), terapia fotodinámica (PDT) o detección de lesiones cariosas	Variaciones de los diodos de arseniuro de galio o arseniuro-fosfuro de indio y galio	600-670	CW, GP

El tipo de láser y su espectro de emisión se enumeran en la columna 1; la columna 2 indica el uso general en odontología; la columna 3 describe el medio activo; la columna 4 muestra el modo de emisión con las siguientes abreviaturas: CW onda continua, GP pulso controlado.

Tabla 2.2. Láseres dentales infrarrojos invisibles disponibles en la actualidad

Tipo de láser y espectro de emisión	Usos generales	Medio activo	Longitud de onda (nm)	Modo de emisión
Láseres de baja potencia, infrarrojo cercano (invisible)	Terapia de fotobiomodulación (PBM), terapia fotodinámica (PDT)	Variaciones de diodos de arseniuro de aluminio y galio	800-900	CW, GP
Diodo semiconductor, infrarrojo cercano	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos	Arseniuro de aluminio y galio	800-830	CW, GP
Diodo semiconductor, infrarrojo cercano	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos	Arseniuro-fosfuro de indio y galio	940	CW, GP
Diodo semiconductor, infrarrojo cercano	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos	Arseniuro de indio y galio	980	CW, GP
Diodo semiconductor, infrarrojo cercano	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos	Arseniuro-fosfuro de indio y galio	1064	CW, GP
Estado sólido, infrarrojo cercano	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos	Granate de aluminio e itrio dopado con neodimio (Nd:YAG)	1064	FRP
Estado sólido, infrarrojo cercano	Procedimientos quirúrgicos de tejidos blandos, procedimientos endónticos	Perovskita de itrio-aluminio dopado con neodimio (Nd:YAP)	1340	FRP
Estado sólido, infrarrojo medio	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos, procedimientos quirúrgicos en tejidos duros	Granate de itrio, escandio y galio dopado con erbio y cromo (Er,Cr:YSGG)	2780	FRP
Estado sólido, infrarrojo medio	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos, procedimientos quirúrgicos en tejidos duros	Granate de itrio y aluminio dopado con erbio (Er:YAG)	2940	FRP
Gas, infrarrojo lejano	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos, procedimientos quirúrgicos en tejidos duros	Láser de dióxido de carbono (CO ₂), con un medio activo de gas isotópico	9300	GP
Gas, infrarrojo lejano	Procedimientos quirúrgicos en tejidos blandos	Láser de dióxido de carbono (CO ₂) con un medio activo de una mezcla de gases	10 600	CW, GP

Obsérvese que el término “quirúrgico” se aplica a los láseres con suficiente potencia de salida. Cada vez hay más pruebas de que cualquier longitud de onda puede producir un efecto PBM. El tipo de láser y su espectro de emisión se enumeran en la columna 1; la columna 2 indica el uso general en odontología; la columna 3 describe el medio activo; la columna 4 muestra el modo de emisión con las siguientes abreviaturas: CW onda continua, GP pulso controlado, FRP pulso de funcionamiento libre.

ambiente.¹⁷ El primer láser diseñado específicamente para odontología se comercializó en 1989.¹⁸

2.7. SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN LÁSER

La energía láser puede administrarse en la zona quirúrgica por diversos medios que deben ser ergonómicos y precisos. Existen tres modalidades generales:

- Una fibra óptica.
- Una guía de ondas hueca.
- Un brazo articulado.

Los instrumentos de longitud de onda más corta, como los láseres de KTP, diodo y Nd:YAG, disponen de sistemas de fibra óptica pequeños y flexibles con fibras de vidrio desnudas o puntas desechables que suministran la energía láser a el tejido diana a través de una pieza de mano. Algunos láseres de diodo de baja potencia se ofrecen como unidades “portátiles” con puntas de vidrio desechables. Los efectos de la fotobiomodulación (PBM, por sus siglas en inglés) pueden producirse eficazmente utilizando una pieza de mano con un diámetro de haz mucho mayor que el que se emplea en los procedimientos quirúrgicos.

Los dispositivos de erbio se construyen con fibras de vidrio más rígidas, guías de ondas huecas semiflexibles o brazos articulados. Los láseres de dióxido de carbono utilizan guías de onda o brazos articulados. Algunos de los sistemas de erbio emplean pequeñas puntas de cuarzo o zafiro y los equipos de dióxido de carbono emplean cilindros metálicos que se acoplan a la pieza de mano. Todas las puntas se utilizan en contacto con el tejido diana, aunque pueden dirigir el haz hacia el tejido cuando no lo tocan directamente. Otros láseres de estas longitudes de onda utilizan sistemas de emisión sin puntas (y, por tanto, sin contacto). Además, los láseres de erbio y el láser de dióxido de carbono de 9,3 μm emplean un pulverizador de agua para enfriar el tejido duro.

2.7.1. Fibra óptica

Una fibra óptica de vidrio, generalmente hecha de cuarzo-sílice. Este núcleo de vidrio conduce el haz láser a lo largo de toda su longitud. Un fino revestimiento de poliamida rodea el núcleo para contener la luz, y una cubierta flexible más gruesa cubre ambos para proteger la integridad del sistema. Un conector específico acopla la fibra al instrumento láser; en el extremo operativo se añaden una pieza de mano y una punta. La Figura 2.5a muestra los componentes de una fibra óptica desnuda, la pieza de mano y la cánula. La Figura 2.5b muestra el sistema de administración de la fibra óptica montada. En la Figura 2.5c se representa un cable de fibra óptica permanentemente sellado y una pieza de mano acoplada. En la Figura 2.5d se muestran las puntas de vidrio desechables que se acoplan al extremo de ese sistema de fibra permanentemente sellado, y en la Figura 2.5e se muestra el conjunto

completo. La pieza de mano de la Figura 2.5f puede acoplarse a una fibra óptica para producir un efecto de fotobiomodulación. La Figura 2.5g muestra un láser manual de baja potencia de salida y una punta que se utiliza para la desinfección fotoactivada.

2.7.2. Guía de ondas hueca

Una guía de ondas hueca es un tubo flexible encamisado. La superficie interna tiene un revestimiento reflectante como el yoduro de plata para permitir la transmisión del haz. Una serie de fundas protectoras completan el sistema. La guía de ondas se conecta al puerto de emisión del láser, y una pieza de mano y una punta opcional se conectan al extremo operativo. La Figura 2.6 muestra un conjunto típico de guía de ondas hueca y pieza de mano.

2.7.3. Brazo articulado

Un brazo articulado consiste en una serie de tubos huecos reflectantes con articulaciones giratorias con espejos internos a lo largo de su longitud. El brazo tiene un contrapeso para facilitar el movimiento. El puerto de emisión láser está acoplado al primer tubo, y se añade una pieza de mano y una punta opcional al extremo operativo del tubo distal. La Figura 2.7a muestra el conjunto básico del brazo, y la Figura 2.7b muestra la pieza de mano sin punta, típica de este sistema de administración.

2.7.4. Procedimientos con y sin contacto

Todos los instrumentos dentales convencionales, ya sean manuales o rotatorios, deben tocar físicamente el tejido que se está tratando, lo que proporciona al operador una respuesta instantánea. Como ya se ha mencionado, los láseres dentales pueden utilizarse con o sin contacto. Desde el punto de vista clínico, un láser utilizado en contacto puede facilitar el acceso a zonas de tejido que de otro modo serían difíciles de alcanzar. Por ejemplo, la punta de fibra puede introducirse fácilmente en una bolsa periodontal para eliminar pequeñas cantidades de tejido de granulación. En la modalidad sin contacto, el haz se dirige al objetivo a cierta distancia de él. Esta modalidad es útil para seguir diversos contornos tisulares, pero la pérdida de sensación táctil exige que el cirujano preste mucha atención a la interacción del tejido con la energía láser.

El haz activo se enfoca mediante lentes. Con la guía de ondas hueca o el brazo articulado, habrá un punto preciso en el punto focal donde la energía es mayor, y ese punto debe utilizarse para la cirugía incisional y escisional. En el caso de la fibra óptica, el punto focal se encuentra en la punta de la fibra o cerca de ella, que también tiene la mayor energía. Cuando la pieza de mano se aleja del tejido y del punto focal, el haz se desenfoca y se vuelve más divergente. A una distancia divergente pequeña, el haz puede cubrir una zona más amplia, lo que sería útil para lograr la hemostasia. A una distancia mayor, el haz perderá su eficacia porque la energía se disipará. Este concepto se tratará con más detalle en el Apartado 2.8.

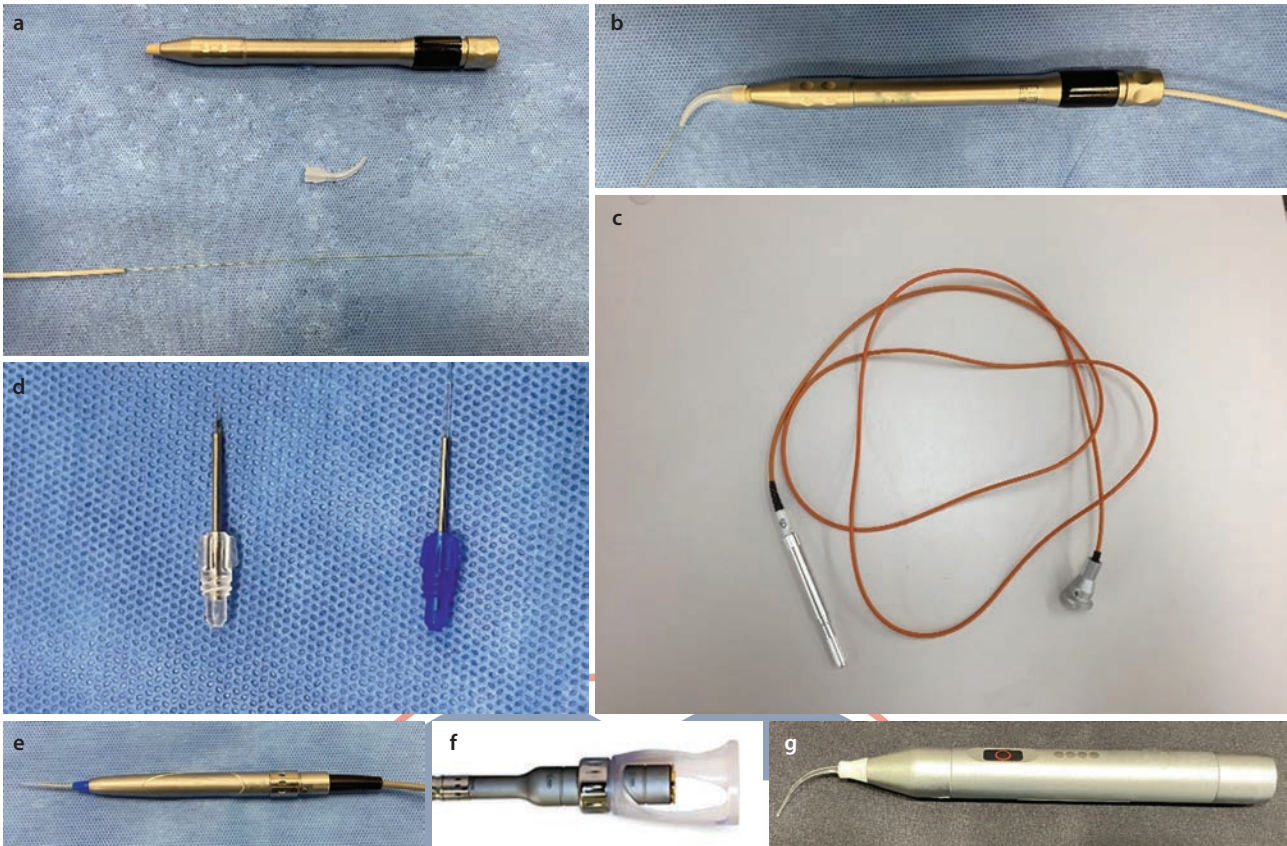


Figura 2.5. a. Una fibra óptica sin revestir, pieza de mano y cánula. b. Sistema de administración de fibra sin revestir ensamblado. c. Cable de fibra óptica y pieza de mano sellados permanentemente. d. Puntas desechables. e. Sistema de administración de fibra óptica ensamblado con una punta desechable. f. Pieza de mano que puede utilizarse para PBM. g. Láser portátil y punta desechable que puede utilizarse para fotodesinfección.

2.8. MODOS DE EMISIÓN

2.7.5. Haz de puntería

Todos los láseres dentales invisibles están equipados con un haz de puntería independiente, que puede ser láser o luz convencional. El haz de puntería se emite de forma coaxial a lo largo de la fibra o guía de ondas y muestra al operador el punto exacto en el que se enfocará la energía láser.

Existen dos modos naturales de emisión de longitud de onda para los láseres dentales, basados en la fuente de excitación: onda continua y pulso de funcionamiento libre. Un subconjunto del modo de onda continua es la emisión pulsada controlada, en la que se realiza algún tipo de modificación tras la generación inicial del haz.

2.8.1. Onda continua

Tabla 2.3. Terminología importante para el uso del láser

Término	Definición	Símbolo
Energía	La capacidad de trabajo	J (julio) o mJ (milijulio)
Fluencia	Energía por superficie	J/cm²
Potencia	Trabajo realizado en el tiempo	W (vatios)
Densidad de potencia	Potencia por superficie	W/cm²
Tamaño del haz	El área del rayo láser proyectado sobre el tejido	(Suele medirse en micras o milímetros)



Figura 2.6. Montaje de una guía de ondas hueca.



Figura 2.7. a. Sistema de administración de brazo articulado. b. Pieza de mano utilizada normalmente en un sistema de administración de brazo articulado.

- Parámetros láser: duración del pulso: 0,025 segundos, 10 pulsos por segundo, intervalo de pulso: 0,075 segundos.
- Potencia media = 1,5 vatios
- Potencia de pico = 6,0 vatios
- Ciclo de emisión: 25 %

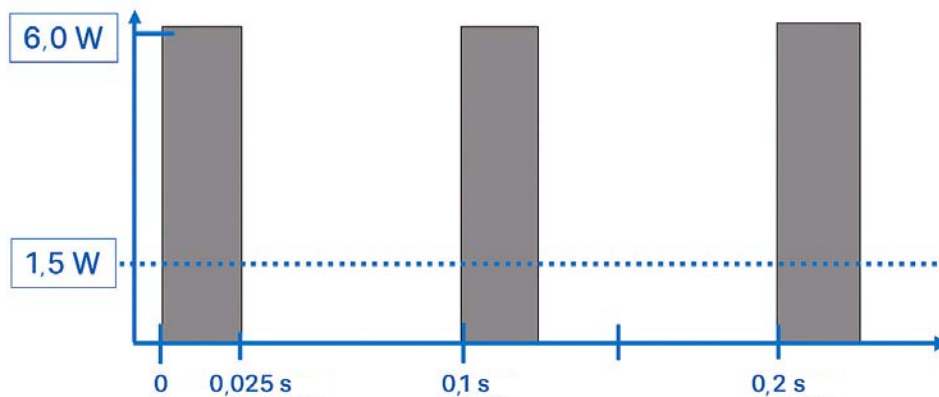


Figura 2.8. Este gráfico muestra la relación entre la potencia pico y la potencia media junto con el ciclo de emisión. Los pulsos de energía láser en barras de color azul claro. La duración individual del pulso es de 0,025 s y el intervalo del pulso es de 0,075 s. Cada pulso tiene una potencia pico de 6 W, pero la potencia media es de 1,5 W, debido al ciclo de emisión del 25 %.

La emisión de onda continua significa que la energía láser se emite de forma continua cuando el láser está encendido y produce una interacción tisular constante. Estos láseres se bombean con una fuente de campo eléctrico de corriente continua constante. Los láseres KTP, de diodo y los modelos más antiguos de CO₂ funcionan de este modo. La energía y/o la potencia tienen un nivel de salida constante.

2.8.2. Pulso de funcionamiento libre

La emisión de pulsos libres se produce con ráfagas muy cortas de energía láser debido a un mecanismo de bombeo de encendido/apagado muy rápido. Dos ejemplos son una lámpara estroboscópica de alta potencia o un campo electrónico de radiofrecuencia. Las duraciones habituales de los pulsos de energía pueden medirse en microsegundos, y hay un intervalo relativamente largo entre pulsos. La potencia producida tiene un pico alto y un nivel medio bajo, lo que se tratará en el Apartado 2.9. Los dispositivos Nd:YAG, Nd:YAP, Er:YAG y Er,Cr:YSGG (siglas en inglés de neodimio: itrio-aluminio-granate; itrio aluminato dopado con neodimio; granate de itrio-aluminio dopado con erbio; erbio, cromo: itrio-escandio-galio-granate, respectivamente) funcionan como láseres pulsados directos de funcionamiento libre.

2.8.3. Modo de pulso controlado

Algunos instrumentos láser están equipados con un obturador mecánico, con un circuito de tiempo o un mecanismo digital para producir energía pulsada. Las duraciones de los pulsos pueden oscilar entre décimas de segundo y microsegundos. Algunos láseres de diodo y de dióxido de carbono tienen estos pulsos sincronizados a partir de su emisión de onda continua. Pueden producirse picos de potencia elevados y niveles de potencia media bajos.

Otro método para producir pulsos muy cortos se denomina conmutación Q (la Q indica el factor de calidad del resonador óptico). Un mecanismo de atenuación modula

la velocidad de emisión estimulada, mientras que el mecanismo de bombeo sigue aportando energía al resonador. Cuando se apaga (abre) el interruptor Q, el resultado es un pulso de luz muy corto, del orden de decenas de nanosegundos. Las potencias de pico pueden ser muy elevadas.

Como alternativa, se puede colocar un modulador acústico-óptico en la cavidad del láser para garantizar que todas las fases de emisión interfieran constructivamente entre sí. Esto se denomina bloqueo de modo y puede producir duraciones de pulso de pico o femtosegundos con potencias de pico extremadamente altas.

Los láseres dentales actuales no utilizan modos de emisión de conmutación Q ni de bloqueo de modo.

2.9. TERMINOLOGÍA

La longitud de onda del instrumento láser tiene una emisión de energía fotónica única e inalterable. Sin embargo, el clínico puede ajustar varios parámetros de esa emisión tanto desde el panel de control como desde la posición de la pieza de mano en el tejido diana. A lo largo de este libro se utilizarán diversos términos para describir los procedimientos con láser. El glosario que figura al final de este capítulo contiene muchos de los términos y definiciones habituales para los láseres. Algunos de esos términos, enumerados en la Tabla 2.3, se describirán con más detalle en este apartado.

2.9.1. Energía y fluencia

La energía es un término físico fundamental que se define como la capacidad de realizar un trabajo. Esta energía suele suministrarse en forma de pulsos. Un julio (J) es una unidad

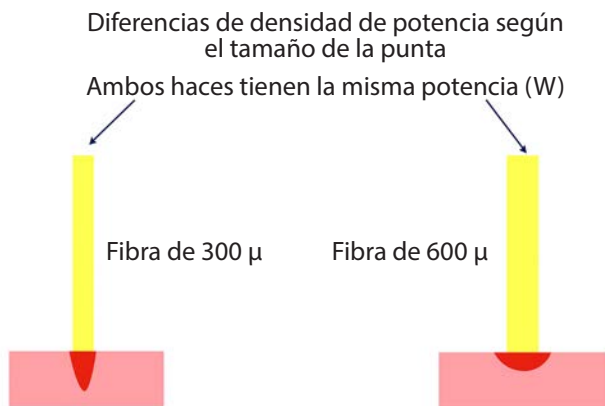


Figura 2.9. Este gráfico muestra la diferencia entre las áreas de densidad de potencia utilizando un tamaño de punta/haz de 300 μm y un tamaño de punta/haz de 600 μm . La fibra más pequeña tiene una mayor área de interacción debido al mayor cálculo de la densidad de potencia.



Figura 2.10. Se utilizó un láser de diodo de 810 nm con una fibra de contacto de 400 μm a 1,0 W de onda continua para ambas incisiones en una muestra de maxilar porcino. La incisión izquierda se hizo con un movimiento vertical más rápido que la incisión derecha. La incisión izquierda es más estrecha; la derecha es más ancha, más irregular y produce una temperatura más elevada en el tejido. Por lo tanto, la densidad de potencia fue mayor en esa incisión.

de energía; una cantidad útil para la odontología es el milijulio (mJ), que es la milésima parte de un julio. La energía del pulso es, por lo tanto, la cantidad de energía en un pulso. La fluencia es una medida de energía por área y se expresa en J/cm^2 . También se conoce como densidad de energía. Los procedimientos en los diferentes tejidos dentales requerirán diversas fluencias tanto para la eficiencia como para la seguridad.

2.9.2. Potencia y densidad de potencia

La potencia es la medida del trabajo realizado durante un periodo de tiempo y se mide en vatios (W). Un vatio equivale a 1 J suministrado durante 1 segundo.

La densidad de potencia es la medida de la potencia utilizada por unidad de superficie y se expresa en W/cm^2 . Otros términos alternativos son intensidad o radiancia.

2.9.3. Pulsos

Excepto en el funcionamiento en onda continua, todos los láseres pueden producir emisión pulsada, es decir, pueden producirse varias ráfagas de energía en un segundo. El número de pulsos por segundo (pps) es el término habitual que se aplica, y una palabra alternativa es hercios. Esta palabra puede confundirse con la descripción del número de ciclos por segundo de la corriente eléctrica alterna.

Duración del pulso, intervalo del pulso, ciclo de emisión

La longitud de cada pulso se denomina duración del pulso o, a veces, ancho del pulso y puede ser tan corta como $1 \mu\text{s}$ (10^{-6} s). El intervalo de pulso es el periodo de tiempo entre los pulsos en el que no se emite energía láser. El ciclo de emisión es la relación, normalmente expresada como un porcentaje de la duración del pulso individual con el tiempo total de esa duración de pulso más el intervalo de pulso subsiguiente. En otras palabras, si la duración del pulso es de 0,5 s y el intervalo de pulso es de 0,5 s, es decir, un pulso por segundo y el ciclo de emisión es del 50 %. El ciclo de emisión se denomina a veces ciclo de trabajo. Al igual que los hercios, esta similitud es desafortunada, ya que la expresión “ciclo de trabajo” se refiere en realidad al tiempo que un dispositivo puede permanecer encendido y funcionando antes de que deba apagarse para enfriarse.

2.9.4. Potencia media y potencia pico

La potencia media es la que experimenta el tejido durante la duración del procedimiento. La potencia pico o máxima es la potencia de cada pulso. Obviamente, con los láseres de onda continua, no hay realmente potencia pico. Para cualquier láser pulsado, la potencia media será inferior a la potencia pico.

El cálculo de la potencia pico es el resultado de dividir la energía del pulso por la duración del pulso. Por ejemplo, un pulso de 100 mJ con una duración de 100 μs tendría una potencia de pico de 1000 W. Se trata de una potencia de pico habitual que se alcanza en los láseres dentales con funcionamiento de pulso libre. Sin embargo, esos mismos láseres se

utilizan generalmente con un parámetro bajo de pulsos por segundo, lo que significa que el intervalo de pulsos es relativamente grande. Esto da lugar a un porcentaje de ciclo de emisión correspondientemente bajo. Utilizando el ejemplo anterior de una duración de pulso de 100 μs a 50 pulsos/s, el tiempo total de emisión es de 5/1000 de segundo, lo que significa que el intervalo total de pulso es de 995/1000 de segundo. El ciclo de trabajo se calcula entonces en aproximadamente un 1 %. La Figura 2.8 muestra un gráfico que representa la relación entre la potencia pico y media con los parámetros básicos del láser.

2.9.5. Tamaño del haz

Se trata de la zona de la emisión fotónica que interactuará con el tejido diana. Los láseres que emplean puntas tienen su tamaño nominal indicado en la punta y los láseres sin contacto también tienen un área de enfoque. Las puntas láser están disponibles en varios diámetros; los tamaños típicos son 200, 300, 400 y 600 μm . Otros láseres sin punta pueden producir tamaños de haz con medidas similares. Evidentemente, las mediciones de fluencia y densidad de potencia se basarán en ese tamaño de haz. Como se mencionó anteriormente, el haz láser divergirá en un ángulo prescrito desde una punta de cuarzo o zafiro, aumentando su área. Del mismo modo, un haz enfocado desde un sistema de administración sin punta tendrá un área mayor cuando el haz se desenfoca. Si la potencia media sigue siendo la misma, tanto la fluencia como la densidad de potencia se reducirán.

Por el contrario, la elección de una punta de menor diámetro o la producción de un área enfocada más pequeña aumentaría la fluencia o la densidad de potencia con el mismo ajuste de salida del láser. Esto podría afectar a la interacción tisular. La Figura 2.9 es un gráfico que muestra cómo la diferencia en el tamaño de las puntas afectaría a la densidad de potencia.

2.9.6. Velocidad de la pieza de mano

Además de los ajustes de los parámetros anteriores, un principio importante del uso del láser es la velocidad a la que se mueve el haz en el tejido objetivo. Una velocidad más lenta aumentará la densidad de potencia debido al mayor tiempo que la energía permanece en el tejido y podría dar lugar a una mayor área de interacción. Esto puede o no ser un efecto deseable, especialmente si el objetivo del tratamiento es un procedimiento mínimamente invasivo. La Figura 2.10 muestra una comparación de laboratorio de la velocidad de la pieza de mano para la incisión de tejidos blandos.

2.10. CONCLUSIÓN

En este capítulo se han ofrecido detalles sobre la luz y el láser. Desde los experimentos básicos con luz hasta el sofisticado desarrollo de distintos equipos, debe quedar claro que la energía fotónica láser puede producirse y controlarse con precisión para utilizarla en procedimientos odontológicos.

REFERENCIAS

1. Shapiro AE, editor. The optical papers of Isaac Newton, The optical lectures, 1670–72, vol. 1. Cambridge University Press; 1984.
2. Newton I. Opticks: or, a treatise of the relexions, refractions, inlexions and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear igures. London; 1704.
3. Huygens C. Traité de la Lumiere (Treatise on light). Leyden; 1690.
4. Herschel W. Observations tending to investigate the nature of the Sun, in order to ind the causes or symptoms of its variable emission of light and heat; With remarks on the use that may possibly be drawn from solar observation. Philos Trans R Soc Lond. 1801;91:265–318.
5. Berg H. Johann Wilhelm Ritter—the founder of scientiic electrochemistry. Rev Polarogr. 2008;54(2):99–103.
6. Faraday M. In: Martin T, editor. Faraday's diary, Nov 12, 1839–Jun 26, 1847, vol. IV. London: George Bell and Sons; 1933.
7. Maxwell JC. A dynamical theory of the electromagnetic ield. Philos Trans R Soc Lond. 1865;155:459–512.
8. Stanton A. Wilhelm Conrad Röntgen on a new kind of rays: translation of a paper read before the Würzburg Physical and Medical Society, 1895. Nature. 1806;53:1369, 274–276.
9. Planck M. Zur theorie des gesetzes der energievertielung im normal spektrum (On the theory of energy distribution law of the normal spectrum of radiation). Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft im Jahre. 1900;2: 237–45.
10. Einstein A. Über einen die erzeugung und verwandlung des liches betreffenden heuristischen gesichtspunkt (On a heuristic point of view about the creation and conversion of light). Ann Phys. 1905;17(6):132–48.
11. The photonics dictionary, 46th ed. Pittsfield, MA: Laurin Publishing; 2000.
12. Bohr N. On the constitution of atoms and molecules. Philos Mag. 1913;26:1–24.
13. Hummel R. Electronic properties of materials. 3rd ed. New York: Springer-Verlag; 2001. p. 263–264, 279–281.
14. Einstein A. Strahlungs-emission und-absorption nach der quantentheorie (Emission and absorption of radiation in quantum theory). Verhandlungen der Deutschen Physiklischen Gesellschaft. 1916;18:318–23.
15. Slater J, Frank N. Electromagnetism. New York: Dover Publications; 1969, Chapter 8.
16. 16. Maiman T. Stimulated optical radiation in ruby. Nature. 1960;187:493–4.
17. Hecht J. Short history of laser development. Appl Opt. 2010;49(25):99–122.
18. Myers TD. Lasers in dentistry. J Am Dent Assoc. 1991;122(1):46–50.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

- Coluzzi DJ, Convissar RA. Atlas of laser applications in dentistry. Hanover Park, IL: Quintessence; 2007.
- Convissar RA, editor. Principles and practice of laser dentistry. 2nd ed. St Louis, MO: Elsevier Mosby; 2015.
- Manni JG. Dental applications of advanced lasers. Burlington, MA: JGM Associates; 1996.
- Meserendio LJ, Pick RM. Lasers in dentistry. Chicago, IL: Quintessence; 1995.
- Moritz A, editor. Oral laser application. Berlin: Quintessenz Verlags; 2006.
- Parker S. Lasers in dentistry. London: British Dental Association; 2007.

AMOLCA