

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



Láser Er:YAG en el tratamiento de la periimplantitis: revisión de la literatura

Erbium:YAG laser in the treatment of peri-implantitis: a literature review

Bárbara Feldman¹, Andrés Contreras¹

1. Facultad de Medicina, Escuela de Odontología, Clínica Alemana-Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

Correspondencia a: barbara.feldmanf@gmail.com
Trabajo recibido el 27/12/2015. Aprobado para su publicación el 03/04/2016

RESUMEN

La presente revisión bibliográfica describe la efectividad del uso del láser Er:YAG en los últimos 10 años, con el objetivo de esclarecer cuáles han sido sus efectos clínicos, sus efectos microbiológicos, sus efectos físicos y térmicos en la superficie del implante, su efecto en la biocompatibilidad y el tiempo de trabajo requerido.

Se efectuó la búsqueda en la base de datos PubMed, seleccionando investigaciones publicadas entre los años 2005 y 2015. Se seleccionaron 14 investigaciones in vitro, un estudio en animales, un reporte de casos, 6 series de casos, 2 estudios clínicos controlados, 4 estudios clínicos controlados aleatorizados y 5 revisiones bibliográficas.

La literatura disponible señala que el uso del láser Er:YAG en el tratamiento de la periimplantitis produce una mejoría clínica, expresada en una disminución del sangrado al sondaje, una disminución en la profundidad de sondaje y una ganancia de inserción que se limita a los primeros 6 meses luego del tratamiento. En relación con la descontaminación de la superficie del implante, la mayoría de los estudios reporta una disminución en el número de bacterias adheridas. Para no causar daños físicos y térmicos es necesario utilizar el láser Er:YAG en distintos niveles de energía, de frecuencia y de tiempo de exposición según el tipo de superficie del implante afectado. Respecto a la biocompatibilidad de la superficie existen aún resultados contradictorios. Las investigaciones coinciden en que el tratamiento con láser Er:YAG supone un menor tiempo de trabajo en comparación con terapias convencionales.

PALABRAS CLAVE

Periimplantitis; Láser; Láser Er:YAG; Implante dental

Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral Vol. 10(1); 29-32, 2017.

ABSTRACT

A literature review is presented on the effectiveness of the use of the erbium-doped yttrium aluminium garnet (Er:YAG) laser over the past 10 years, with the objective of clarifying its clinical, microbiological, physical, and thermal effects on the implant surface, as well as its effect on the biocompatibility and work time required.

A search was conducted in PubMed database, selecting studies published between 2005 and 2015. A total of 14 in vitro studies were selected, including one animal study, one case report, six case series, two controlled clinical trials, four randomised controlled trials, and five literature reviews.

The literature shows that the use of Er:YAG laser in the treatment of peri-implantitis leads to a clinical improvement, expressed as a decrease in bleeding on probing, a reduction in probing depth, and a clinical attachment gain, that is limited to the first six months after treatment. As regards decontamination of the implant surface, most studies report a decrease in the number of attached bacteria. To avoid physical and thermal damage, the Er:YAG laser must be used at different energy levels, frequency, and exposure times, according to the type of surface of the implant affected. There are still conflicting results as regards the biocompatibility of the surface. Studies agree that treatment with Er:YAG laser leads to less operating time compared to conventional therapies.

KEYWORDS

Peri-implantitis; Laser; Er:YAG laser; Dental implant

Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral Vol. 10(1); 29-32, 2017.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, se ha estudiado el uso de láseres como una alternativa o adyuvante a la terapia convencional para el tratamiento de enfermedades periimplantarias. Si bien se ha avanzado en esclarecer cuáles son los efectos que este produce, aún existen estudios contradictorios.

El objetivo de la presente revisión bibliográfica es analizar la efectividad del uso del láser Er:YAG en el tratamiento de la periimplantitis en los últimos 10 años; en relación con sus efectos clínicos, sus efectos microbiológicos, sus efectos térmicos y morfológicos en la superficie del implante, sus efectos en la biocompatibilidad de la superficie y el tiempo de trabajo requerido para el tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica en la base de datos PubMed, entre enero de 2005 y mayo de 2015, utilizando 2 estrategias de búsqueda.

En primer lugar, se efectuó la búsqueda en PubMed Advanced Search Builder, empleando como términos de búsqueda [Peri-implantitis] and [laser treatment]; [Peri-implantitis] and [Non surgical treatment]; [Er:YAG laser] and [peri-implant infection]; [Er:YAG laser] and [titanium disc]; [Er:YAG laser] and [titanium implant] and [peri-implantitis]; [peri-implantitis]; [peri-implant infection]; [laser therapy] and [periodontology].

En segundo lugar se realizó la búsqueda a través de términos MeSH, utilizando los términos [peri-implantitis] and [lasers, solid-state] and [treatment outcome]; [peri-implantitis] and [laser therapy]; [peri-implantitis] and [laser therapy] and [outcome assessment].

Se incluyeron estudios in vitro sobre uso de láser en implantes, estudios en animales con inducción de periimplantitis, estudios de reporte de casos o serie de casos de pacientes con periimplantitis tratados con láser Er:YAG, estudios clínicos controlados o clínicos controlados aleatorizados sobre tratamientos convencionales y terapia con láser en la periimplantitis y revisiones de la literatura acerca de terapia con láser en periodoncia.

Se excluyeron investigaciones sobre tratamiento con láser o terapia mecánica con el uso de antibióticos como adyuvantes, estudios de pacientes con enfermedades periodontales diferentes a periimplantitis y estudios en pacientes con enfermedades sistémicas que afecten el curso natural de la periimplantitis. La figura 1 ilustra los resultados obtenidos al realizar las 2 estrategias de búsqueda.

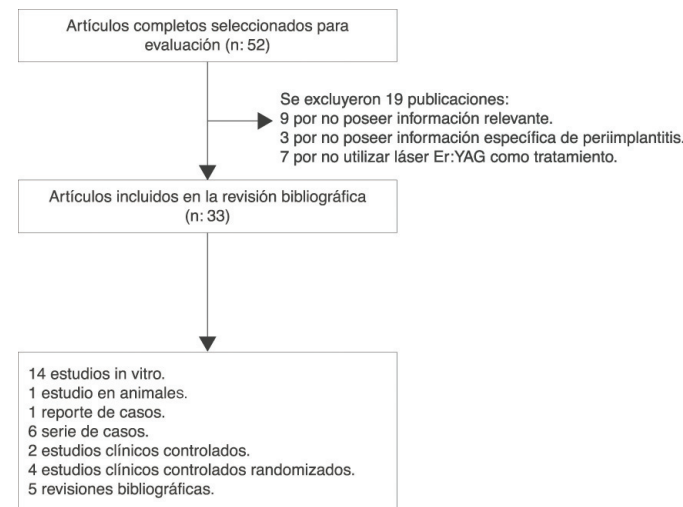


Figura 1. Proceso de selección de artículos.

Generalidades de la periimplantitis y el láser Er:YAG

La periimplantitis es una enfermedad inflamatoria progresiva e irreversible que afecta a los tejidos duros y blandos que rodean un implante oseointegrado¹. Se caracteriza por la formación de sacos periimplantarios, la pérdida de soporte óseo, la alteración de la oseointegración, el sangrado al sondaje debido a la inflamación de los tejidos blandos y, en algunos casos, podría estar asociada a supuración^{1,2}.

Si bien, la colonización bacteriana en los tejidos periimplantarios representa el paso inicial en el proceso de la periimplantitis, es necesaria la presencia de la respuesta inflamatoria local y el desbalance en la interacción huésped-parásito para que se produzca la destrucción tisular que caracteriza a la enfermedad³. Los factores de riesgo asociados son la higiene oral inadecuada, la historia de periodontitis y el hábito de fumar⁴.

La periimplantitis es una enfermedad polimicrobiana predominantemente anaerobia. Se ha descrito que la bacteria *Staphylococcus aureus* tiene un rol importante en su etiología². Otros microorganismos involucrados en el desarrollo de este proceso inflamatorio son la *Prevotella intermedia*, la *Porphyromonas gingivalis*, la *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, la *Bacteroides forsythus*, la *Treponema denticola*, la *Prevotella nigrescens*, la *Peptostreptococcus micros* y la *Fusobacterium nucleatum*¹.

Se describe en la literatura una prevalencia del 28-56% en sujetos y de 12-43% en implantes³.

Actualmente, existen modalidades no quirúrgicas y quirúrgicas para su tratamiento. La terapia no quirúrgica puede llevarse a cabo mediante el uso de curetas de teflón, de carbono, de plástico o de titanio, el uso de ultrasonido, de aire abrasivo, de láser o de terapia fotodinámica. Asimismo, el uso de estos instrumentos puede estar acompañado de un adyuvante antiséptico o antibiótico². Numerosos estudios indican que no existe un tratamiento gold estándar para la periimplantitis, dado que la mayoría de las modalidades no logran la completa remoción del tejido inflamatorio, la detoxificación de la superficie y demuestran limitada mejoría clínica⁵⁻⁷.

Estudios in vitro han demostrado que solo el láser CO2, el láser de diodo y el láser Er:YAG son apropiados para la irradiación de un implante debido a que su longitud de onda es pobremente absorbida por el titanio, por lo que no se produce un aumento significativo de la temperatura de la estructura⁸.

El láser Er:YAG fue presentado por Zharikov et al. en 1975. Presenta una longitud de onda de 2.940nm, la cual es absorbida por todos los tejidos biológicos que contengan agua. Su mayor absorbancia en el agua respecto a otros láseres lo convierte en un instrumento capaz de tratar tejidos duros y blandos sin dañar estructuras profundas⁹.

Efectos clínicos del láser Er:YAG en el tratamiento de la periimplantitis

Schwarz et al., en 2005¹⁰, observaron que tanto el tratamiento con láser Er:YAG como la terapia con curetas plásticas y uso de clorhexidina al 0,2% como adyuvante (tabla 1) lograban una mejoría estadísticamente significativa del sangrado al sondaje (BOP), una reducción de la profundidad de sondaje (PS) y un aumento del nivel de inserción clínico (NIC) a los 3 y 6 meses. El grupo tratado con láser exhibía una reducción significativamente mayor del BOP a los 3 y 6 meses. Los investigadores no encontraron diferencias significativas en relación con cambios en PS y NIC entre ambas terapias. En 2006 Schwarz et al.⁸ evaluaron los efectos del tratamiento con láser Er:YAG y del uso de curetas plásticas con clorhexidina al 0,2% como adyuvante, durante 12 meses. Reportaron que ambos grupos presentaban una mejoría estadísticamente significativa del BOP y PS a los 3, 6 y 12 meses. Los implantes tratados con láser mostraban una reducción del BOP significativamente mayor a los 3 y 6 meses. En relación con el nivel de inserción clínico revelaron que ambas modalidades suponían una ganancia de NIC a los 3 y 6 meses. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas del NIC entre la medición antes del tratamiento y a los 12 meses. Schwarz et al., en 2006¹¹, valoraron el tratamiento con láser Er:YAG en 12 pacientes con periimplantitis moderada a avanzada durante 24 meses, encontrando una reducción significativa del BOP que se mantenía en los 24 meses de seguimiento. La mayoría de los pacientes exhibía una reducción de PS y una ganancia de NIC a los 3, 6, 9, 12 y 24 meses. Sin embargo, observaron una pérdida en la ganancia de inserción en 2 pacientes entre los 9 y 24 meses. Renvert et al., en 2011⁹, compararon los efectos obtenidos por la terapia con láser Er:YAG y por el aire abrasivo (PERIOFLOW®) en 42 pacientes. Los investigadores observaron que ambos grupos presentaban una reducción estadísticamente significativa de BOP, de PS y de la supuración a los 6 meses, no existiendo diferencias significativas entre ellos. Los hallazgos de Schwarz et al. en 2011¹² son consistentes con los encontrados por investigaciones previas. Ellos reportaron que tanto el tratamiento con láser Er:YAG como la terapia con curetas plásticas con aplicación de motas de algodón humedecidas en suero salino, demostraban una reducción de PS y una ganancia de NIC significativa a los 6 meses. No encontraron diferencias entre las 2 modalidades. En 2012 Schwarz et al.⁷ evaluaron los efectos de la terapia con láser Er:YAG y del uso de curetas con aplicación de motas de algodón humedecidas en suero salino durante 24 meses. Los autores revelaron que ambos mostraban una mejoría significativa de BOP y PS a los 12 y 24 meses, no existiendo diferencias entre ellos. En relación con NIC, observaron que existía una mejoría significativa a los 12 meses para las 2 terapias, sin presentar diferencias entre ellas. Sin embargo, a los 24 meses ambos grupos exhibían una pérdida de NIC, por lo que la diferencia entre el NIC antes del tratamiento y el NIC 24 meses después no era significativa.

Tabla 1. Artículos seleccionados para evaluación de efectos clínicos del tratamiento con láser Er:YAG en la periimplantitis

Autores y año	Grupo de prueba (n)	Grupo de control (n)	Abordaje	Mediciones
Schwarz et al. 2005 ¹⁰	Láser Er:YAG (2,94µm, 100mJ y 10Hz) (n: 10)	Curetas plásticas y clorhexidina 0,2% (n: 10)	No quirúrgico	Pretratamiento, a los 3 y 6 meses postratamiento
Schwarz et al. 2006 ⁸	Láser Er:YAG (2,94µm, 100mJ y 10Hz) (n: 10)	Curetas plásticas y clorhexidina 0,2% (n: 10)	No quirúrgico	Pretratamiento, a los 3, 6 y 12 meses postratamiento
Schwarz et al. 2006 ¹¹	Láser Er:YAG (2,94µm, 100mJ y 10Hz) (n: 12)	No hubo	No quirúrgico	Pretratamiento, a los 3, 6, 9, 12 y 24 meses postratamiento
Renvert et al. 2011 ⁶	Láser Er:YAG (2,94µm, 100mJ y 10Hz) (n: 21)	Aire abrasivo PERIOFLOW® (n: 21)	No quirúrgico	Pretratamiento y a los 6 meses postratamiento
Schwarz et al. 2011 ¹²	Láser Er:YAG (2,94µm, 100mJ y 10Hz) (n: 15)	Curetas plásticas con aplicación de motitas de algodón humedecidas en suero salino (n: 15)	Quirúrgico	Pretratamiento y a los 6 meses postratamiento
Schwarz et al. 2012 ⁷	Láser Er:YAG (2,94µm, 100mJ y 10Hz) (n: 16)	Curetas plásticas con aplicación de motitas de algodón humedecidas en suero salino (n: 16)	Quirúrgico	Pretratamiento y a los 12 y 24 meses postratamiento

Hz: hertz; µm: micrómetro; mJ: milijoule.

Efectos microbiológicos del láser Er:YAG en el tratamiento de la periimplantitis

Friedmann et al. revelaron que el tratamiento con láser Er:YAG (2,94µm, 100mJ, 10Hz, 1,5seg) en cubos de titanio SLA previamente contaminados con *Porphyromona gingivalis* era efectivo removiendo componentes bacterianos que inhibían la adhesión de osteoblastos¹³.

Hauser-Gerspach et al. observaron que la bacteria *Porphyromona gingivalis* era más sensible al láser Er:YAG que la *Streptococcus sanguinis* en discos de titanio. Concluyeron, igualmente, que no existía un incremento en la adhesión de futuras bacterias¹⁴. Un estudio analizó la descontaminación obtenida con el láser Er:YAG (2,94µm, 30mJ, 10Hz) según el tipo de superficie del implante, encontrando una descontaminación del 76,2% de la superficie en implantes maquinados, 90,9% para implantes TPS y 98,3% para implantes SLA, previamente contaminados con *Porphyromona gingivalis*¹⁵. Asimismo, se ha visto que superficies maquinadas tratadas con láser Er:YAG no presentan diferencias significativas en la adhesión de *Streptococcus sanguinis* después del tratamiento respecto de otras modalidades no quirúrgicas. Sin embargo, implantes con superficie SLA tratados con láser mostraban los niveles más altos de adhesión de esta bacteria, en comparación con los otros tratamientos¹⁶. Otro estudio también evaluó la efectividad entre distintas modalidades no quirúrgicas, llegando a la conclusión de que el tratamiento con láser, con ultrasonido y con curetas plásticas lograba disminuir significativamente el biofilm¹⁷. Según el estudio de Tosun et al. la eficiencia antibacteriana del láser se incrementa al aumentar la energía (mJ), al aumentar la frecuencia (Hz) y al aumentar el tiempo de exposición. Los investigadores lograron la completa esterilización de la superficie previamente contaminada con *Staphylococcus aureus*, utilizando el láser Er:YAG en 90mJ de energía, 10Hz de frecuencia y con un tiempo de exposición de 300 microsegundos¹⁸.

En contraste con lo anteriormente mencionado, Persson et al. reportaron que no existía un cambio significativo en el nivel de bacterias a los 6 meses de tratamiento con Er:YAG; más aún, encontraron que a los 6 meses el total de bacterias estudiadas era significativamente más alto que antes del tratamiento¹⁹.

Efectos morfológicos y térmicos producidos en un implante tratado con láser Er:YAG

Con respecto a los cambios morfológicos producidos en la superficie de un implante tratado con láser Er:YAG se ha observado que en implantes de titanio pulidos o SLA no se producen daños térmicos o cambios en su superficie al utilizar una energía de 100mJ por 10seg de aplicación²⁰. En cuanto a los implantes SLA, otros investigadores concluyen, igualmente, que no se altera la superficie al ser tratada con una energía de 100mJ por 1,5min^{21,22}. Se ha reportado que en implantes oxidados anódicamente es

necesario utilizar el láser Er:YAG a una energía menor a 100mJ para no producir cambios en su morfología^{21,23}. Por su parte, Galli et al. encontraron que el láser Er:YAG a 200mJ no causaba cambios microscópicos en implantes maquinados y TPS, pero sí afectaba la superficie de implantes SAE²⁴. Dentro de este marco Kim et al. reportaron que en implantes recubiertos con hidroxiapatita debía utilizarse una energía bajo 100mJ por 1min para no causar daños, mientras que, en implantes tratados con doble grabado ácido era necesario una energía bajo 100mJ por menos de 2 min para no producir modificaciones morfológicas^{25,26}.

De acuerdo a los efectos térmicos, Takasaki et al. concluyeron que el láser Er:YAG lograba de manera segura, efectiva y minuciosa la remoción de tejido de granulación sin provocar daños térmicos visibles macroscópicamente, tanto en el hueso como en la superficie del implante²⁷. Otro estudio reportó que la refrigeración con aire/agua era más efectiva que la refrigeración con aire al utilizar el láser²⁸. Por su parte, Monzavi et al. encontraron que al utilizar el láser Er:YAG a 100mJ, con 10Hz de frecuencia y 1min de exposición, el calor generado por el láser con o sin refrigeración no era suficiente para comprometer la integridad del hueso periimplantario²⁹.

En relación con la punta del dispositivo, un estudio observó que el láser no alteraba significativamente la rugosidad y morfología de los implantes lisos y rugosos, pero sí observaron un mínimo daño causado por el contacto con la punta¹⁶. A este respecto, otro estudio concluyó que el estado de la punta afectaba los resultados, produciéndose mayor daño con puntas nuevas³⁰.

Por otra parte, Stübinger et al. analizaron los efectos causados en implantes de zirconio, encontrando que para todos los ajustes de energía no se presentaban alteraciones en la superficie del implante. No obstante, encontraron que el haz del láser penetraba el zirconio emitiendo energía hacia la superficie opuesta. Es por esto que no se recomienda el tratamiento con láser Er:YAG en estas superficies³¹.

Efectos en la biocompatibilidad de superficies tratadas con láser Er:YAG

Un estudio realizado por Friedmann et al. observó que posterior al tratamiento con láser Er:YAG en cubos de titanio existía una adhesión de osteoblastos vivos en el 50% a 80% de la superficie¹³. Hauser-Gerspach et al. igualmente encontraron que no existían efectos adversos en la colonización y proliferación de células tipo osteoblastos en discos de titanio tratados con láser Er:YAG¹⁴. Ayobian-Markazi et al. encontraron que el láser no producía efectos adversos en la biocompatibilidad de implantes de titanio SLA utilizando una energía de 100mJ, una frecuencia de 10Hz y un tiempo de exposición de 1min. Asimismo, reportaron que mejoraba las características biológicas de la superficie, ya que aumentaba la viabilidad y proliferación de las células tipo osteoblasto^{32,33}. Estudios

han observado una formación significativa de hueso nuevo en altura y en contacto con el implante después del tratamiento con láser Er:YAG^{4,27}.

Sin embargo, otros estudios difieren con lo encontrado anteriormente. Schwarz et al. revelaron que el tratamiento con láser Er:YAG fallaba en restaurar la biocompatibilidad en discos de titanio previamente contaminados¹⁷, mientras que Galli et al., de igual manera, observaron que la viabilidad y proliferación de las células se afectaba significativamente por el tratamiento con láser Er:YAG, independientemente de la presencia de alteraciones físicas de la superficie²⁴.

Tiempo de trabajo requerido para tratar superficie con láser Er:YAG

Schwarz et al. compararon el tratamiento con láser Er:YAG, ultrasonido y curetas plásticas, llegando a la conclusión de que el menor tiempo de trabajo se obtenía con el láser, seguido por el ultrasonido y, finalmente, las curetas¹⁷. Asimismo, Takasaki et al. reportaron que el tratamiento con láser es significativamente más rápido que el tratamiento con curetas plásticas²⁷.

CONCLUSIONES

La terapia con láser Er:YAG produce una mejoría clínica expresada en la disminución del sangrado al sondaje, disminución en la profundidad de sondaje y ganancia de inserción clínica. Al realizar un abordaje no quirúrgico, la disminución del BOP producida por el láser es mayor a la de otras modalidades no quirúrgicas, y se mantiene por 24 meses postratamiento. La disminución en la profundidad de sondaje no presenta diferencias significativas en relación con otros tratamientos no

convencionales, y se mantiene hasta 12 meses. Por su parte, la ganancia de inserción obtenida por el láser no presenta diferencias significativas en comparación con el tratamiento con curetas plásticas o aire abrasivo, y se mantiene hasta 6 meses al realizar un abordaje no quirúrgico. Con un abordaje quirúrgico se mantiene la ganancia de inserción hasta 12 meses.

En relación con la descontaminación de la superficie numerosos estudios reportan la disminución en el número de bacterias adheridas, mientras uno concluye que no existe un cambio en el nivel de bacterias a los 6 meses del tratamiento.

El láser Er:YAG debe utilizarse a distintos niveles de energía, de frecuencia y de tiempo de exposición, según el tipo de superficie del implante, para no causar daños físicos y térmicos. En el caso de superficies de zirconio, no se recomienda su uso debido a la penetración del haz del láser hacia la superficie opuesta.

Respecto a la biocompatibilidad existen resultados contradictorios. Numerosos estudios reportan que esta no se ve afectada, en tanto otros concluyen lo contrario.

El tratamiento con láser requiere un menor tiempo de trabajo en comparación con otras modalidades no quirúrgicas.

Se requieren más estudios clínicos controlados aleatorizados y de mayor tiempo de seguimiento para determinar los reales beneficios en la utilización del láser Er:YAG en el tratamiento de la periimplantitis.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Mouhyi J, Ehrenfest D, Albrektsson T. The peri-implantitis: implant surfaces, microstructure, and physicochemical aspects. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2009;14:170-83.
- Smeets R, Henningsen A, Jung O, Heiland M, Hammächer Stein J. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis—a review. *Head Face Med*. 2014;10:34.
- Figuro E, Graziani F, Sanz I, Herrera D, Sanz M. Management of peri-implant mucositis and peri-implantitis. *Periodontol* 2000.2014;66:255-73.
- Nevins M, Nevins ML, Yamamoto A, Yoshino T, Ono Y, Wang C, et al. Use of Er:YAG laser to decontaminate infected dental implant surface in preparation for reestablishment of bone-to-implant contact. *Int J Periodontics Restorative Dent*.2014;34:461-6.
- Kamel M, Khosa A, Tawse-Smith A, Leichter J. The use of laser therapy for dental implant surface decontamination: A narrative review of in vitro studies. *Lasers Med Sci*. 2014;29:1977-85.
- Renvert S, Lindahl C, Roos Jansaker AM, Persson GR. Treatment of peri-implantitis using Er:YAG laser or an air-abrasive device: A randomized clinical trial. *J Clin Periodontol*. 2011;38:65-73.
- Schwarz F, John G, Mainusch S, Sahm N, Becker J. Combined surgical therapy of peri-implantitis evaluating two methods of surface debridement and decontamination. A two-year clinical follow up report. *J Clin Periodontol*. 2012;39:789-97.
- Schwarz F, Bieling K, Bonsmann M, Latz T, Becker J. Non surgical treatment of moderate and advanced periimplantitis lesions: A controlled clinical study. *Clin Oral Invest*. 2006;10:279-88.
- Passanezi E, Damante C, Rubo de Rezende M, Greggi S. Lasers in periodontal therapy. *Periodontol* 2000. 2015;67:268-91.
- Schwarz F, Sculean A, Rothamel D, Schwenzer K, Georg T, Becker J. Clinical evaluation of an Er:YAG laser for non surgical treatment of peri-implantitis: A pilot study. *Clin Oral Implants Res*.2005;16:44-52.
- Schwarz F, Bieling K, Nuesry E, Sculean A, Becker J. Clinical and histological healing pattern of peri-implantitis lesions following non-surgical treatment with an Er:YAG laser. *Lasers Surg Med*.2006;38:663-71.
- Schwarz F, Sahm N, Ighaut G, Becker J. Impact of the method of surface debridement and decontamination on the clinical outcome following combined surgical therapy of peri-implantitis: a randomized controlled clinical study. *J Clin Periodontol*.2011;38:276-84.
- Friedmann A, Antic L, Bernimoulin J, Purucker P. In vitro attachment of osteoblasts on contaminated rough titanium surface treated by Er:YAG laser. *Int J Biomed Mater Res*. 2006;79A:53-60.
- Hauser-Gerspach I, Mauth C, Waltmo T, Meyer J, Stübinger S. Effects of Er:YAG laser on bacteria associated with titanium surfaces and cellular response in vitro. *Lasers Med Sci*.2014;29:1329-37.
- Quaranta A, Maida C, Scarscia A, Campus G, Quaranta M. Er:YAG laser application on titanium implant surfaces contaminated by *Porphyromonas gingivalis*: An histomorphometric evaluation. *Minerva Stomatol*. 2009;58:317-30.
- Duarte P, Reis A, Moreira de Freitas P, Tsuzuki C. Bacterial adhesion on smooth and rough titanium surfaces after treatment with different instruments. *J Periodontol*. 2009;80:1824-32.
- Schwarz F, Sculean A, Romanos G, Herten M, Horn N, Scherbaum W, et al. Influence of different treatment approaches on the removal of early plaque biofilms and the viability of SAOS2 osteoblasts grown on titanium implants. *Clin Oral Investig*. 2005;9:111-7.
- Tosun E, Tasar F, Strauss R, Kivanc D, Ungor C. Comparative evaluation of antimicrobial effects of Er:YAG, diode, and CO₂ lasers on titanium discs: an experimental study. *J Oral Maxillofac Surg*.2012;70:1064-9.
- Persson G, Roos-Jansaker A, Lindahl C, Renvert S. Microbiologic results after non-surgical Erbium-Doped: Yttrium, Aluminum, and Garnet Laser or Air-Abrasive treatment of peri-implantitis: A randomized clinical trial. *J Periodontol*. 2011;82:1267-78.
- Stübinger S, Etter C, Miskiewicz M, Homann F, Saldamli B, Wieland M, et al. Surface alterations of polished and sandblasted and acid-etched titanium implants after Er:YAG, carbon dioxide and diode laser irradiation. *Int J Oral Maxillofac Implants*.2010;25:104-11.
- Shin S, Min H, Park B, Kwon Y, Park J, Herr Y, et al. The effect of Er:YAG laser irradiation on the scanning electron microscopic structure and surface roughness of various implant surfaces: An in vitro study. *Lasers Med Sci*. 2011;26:767-76.
- Lee JH, Kwon YH, Herr Y, Shin SI, Chung JH. Effect of erbium-doped: Yttrium, aluminum and garnet laser irradiation on the surface microstructure and roughness of sandblasted, large grit, acid-etched implants. *Periodontol Implant Sci*.2011;41:135-42.
- Yamamoto A, Tanabe T. Treatment of peri-implantitis around TiUnite-surface implants using Er:YAG laser microexplosions. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2013;33:21-9.
- Galli C, Macaluso G, Elezi E, Ravanetti F, Cacchioli A, Gualini G, Passeri G. The effects of Er:YAG laser treatment on titanium surface profile and osteoblastic cell activity: An in vitro study. *J Periodontol*. 2011;82:1169-77.
- Kim S, Kwon Y, Chung J, Shin S, Herr Y. The effect of Er:YAG laser irradiation on the surface microstructure and roughness of hydroxyapatite-coated implant. *J Periodontol Implant Sci*.2010;40:276-82.
- Kim J, Herr Y, Chung J, Shin S, Kwon Y. The effect of erbium-doped: yttrium, aluminum and garnet laser irradiation on the surface microstructure and roughness of double acid-etched implants. *J Periodontol Implant Sci*. 2011;41:234-41.
- Takasaki A, Aoki A, Mizutani K, Kikuchi S, Oda S, Ishikawa I. Er:YAG laser therapy for peri-implant infection: A histological study. *Lasers Med Sci*. 2007;22:143-57.
- Leja C, Geminiani A, Caton J, Romanos G. Thermodynamic effects of laser irradiation of implants placed in bone: an in vitro study. *Lasers Med Sci*. 2013;28:1435-40.
- Monzavi A, Shahabi S, Fekrazad R, Behruzi R, Chiniforush N. Implant surface temperature changes during Er: YAG laser irradiation with different cooling systems. *J Dent (Teheran)*.2014;11:210-5.
- Taniguchi Y, Aoki A, Mizutani K, Takeuchi Y, Ichinose S, Takasaki A, et al. Optimal Er:YAG laser irradiation parameters for debridement of microstructured fixture surfaces of titanium dental implants. *Lasers Med Sci*. 2013;28:1057-68.
- Stübinger S, Homann F, Etter C, Miskiewicz M, Wieland M, Sader R. Effect of Er:YAG, CO₂ and diode laser irradiation on surface properties of zirconia endosseous dental implants. *Lasers Surg Med*. 2008;40:223-8.
- Ayobian-Markazi N, Karimi M, Hajhosseini A. Effects of Er:YAG laser irradiation on wettability, surface roughness and biocompatibility of SLA titanium surfaces: An in vitro study. *Lasers Med Sci*. 2015;30:561-6.
- Ayobian-Markazi N, Fouroutan T, Zahmatkesh A. An in vitro evaluation of the responses of human osteoblast-like SaOs-2 cells to SLA titanium surfaces irradiated by erbium:yttrium-aluminum-garnet (Er:YAG) lasers. *Lasers Med Sci*. 2014;29:47-53.