

Efeitos do laser de fotomodelação na estabilidade dos implantes

José María Martínez Ledo

Dissertação conducente ao Grau de Mestre
em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 21 de Julho 2022

José María Martínez Ledo

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Efeitos do laser de fotomodelação na estabilidade dos implantes

Trabalho realizado sob a Orientação de Prof. Dr. Carlos Aroso

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração desta tese, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Declaração do Orientador

Eu, Professor Doutor Carlos Aroso, com a categoria profissional de Professor do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da dissertação intitulada “**Efeitos do laser de fotomodelação na estabilidade dos implantes**”, do Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, “José María Martínez Ledo”, declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para a Admissão a provas publicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, 05 de Junho de 2022

O Orientador

Agradecimentos

Ao professor Dr Carlos Aroso, por tudo o apoio e disponibilidade na orientação deste trabalho.

Aos meus pais que sempre me disseram que os objectivos são alcançados através de muito trabalho e esforço, pelo apoio incondicional na minha vida, sentindo a perda do meu pai que faleceu há um mês vítima dum cancro.

À minha filha Daniela que compreendeu o meu pouco tempo livre durante todos estes anos.

Ao meu socio, amigo e irmão Mario, que me incutiu desde o primeiro minuto a sua paixão por esta profissão, mostrando-me todo o seu apoio incondicional.

Aos meus colegas por todo o seu apoio nos momentos difíceis por que passei, que não foram poucos, sempre no meu coração.

Resumo

Os implantes dentários são frequentemente usados para reparar dentes perdidos. A superfície do implante desempenha um papel crítico na promoção da integração óssea e no sucesso do implante. Apesar da excelente taxa de sucesso clínico, ainda existem alguns problemas clínicos por resolver com o uso de implantes, tais como a manutenção da estabilidade. A fotobiomodulação é utilizada para acelerar a actividade osteoblástica e a cura dos tecidos. O uso da tecnologia laser nos implantes tem uma variedade de aplicações, desde no processo de produção até ao uso clínico na preparação do local cirúrgico, na redução da dor e inflamação, e na promoção da integração óssea e regeneração tecidual. A fotobiomodulação demonstrou ter um impacto positivo na integração óssea e na estabilidade dos implantes dentários em estudos *in vitro* e em animais. No entanto, sua utilidade na prática clínica de implantes dentários ainda não é muito clara. O do presente estudo foi realizar uma revisão sistemática integrativa de literatura sobre a eficácia do laser de fotobiomodulação, na implantodontia, mais especificamente na estabilidade dos implantes dentários.

PALAVRAS-CHAVE:

Fotobiomodulação; estabilidade dos implantes; laser de baixa intensidade; integração óssea

ABSTRACT

Dental implants are often used to repair missing teeth. The implant surface plays a critical role in promoting osseointegration and implant success. Despite the excellent clinical success rate, there are still some challenging clinical problems with the use of implants, such as the maintenance of stability. The use of laser technology in implants has a variety of applications, from the manufacturing process to clinical use in preparing the surgical site, reducing pain and inflammation, and promoting bone integration and tissue regeneration. Photobiomodulation has been shown to have a positive impact on osseointegration and stability of dental implants in *in vitro* and animal studies. However, its usefulness in the clinical practice of dental implants is still not very clear. The purpose of the present study was to carry out an integrative systematic review of the literature on the effectiveness of photobiomodulation laser in implant dentistry, more specifically in the stability of dental implants.

KEYWORDS:

Photobiomodulation; implant stability; low-level laser therapy; osseointegration

Índice

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	5
2.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	5
3. METODOLOGIA	6
3.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA	6
3.2. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	6
3.3. CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	6
3.4. EXTRAÇÃO DE DADOS	6
4. RESULTADOS	7
5. DISCUSSÃO	14
6. CONCLUSÃO	19
7. BIBLIOGRAFIA	20

Índice de Figuras e Tabelas

Figura 1: Fluxograma do processo de seleção dos artigos a incluir na revisão. 7

Tabela 1 - Lista de artigos selecionados e detalhes dos estudos..... 8

LISTA DE ABREVIATURAS

PBM: Fotobiomodulação.

RFA : Análise de frequência de ressonância.

PTV : Valor do Periotest.

ISQ : Coeficiente de estabilidade do implante

1. Introdução

A implantologia oral tem sido a principal escolha para a reabilitação de dentes perdidos. Para o sucesso a longo prazo dos implantes dentários, a estabilidade do implante tem sido reconhecida como um dos fatores mais importantes, sendo a integração óssea um pré-requisito importante (1).

A estabilidade dos implantes tem sido reconhecida como um dos factores mais importantes e úteis quando se trata de prever a ancoragem dos implantes. (2).

A estabilidade de implante pode ser definida como a ausência de mobilidade do implante e consiste na estabilidade primária e secundária do implante. A estabilidade primária do implante é definida como a estabilidade biomecânica da inserção do implante, sendo influenciada por vários fatores, tais como: a quantidade e qualidade óssea, o desenho geométrico do implante, a técnica cirúrgica e torque de inserção. Uma boa estabilidade primária está associada a boa uma integração do implante e a um resultado clínico duradouro. A estabilidade secundária do implante consiste na resposta do tecido ao implante e nos processos de remodelação óssea subsequentes (2).

A integração óssea é um assunto central na implantologia e consiste na conexão estrutural e funcional direta entre o osso e a superfície de um implante. A integração óssea é considerada um dos fatores mais importantes no que diz respeito à estabilidade do implante, sendo mesmo considerado um fator chave no sucesso do mesmo (3). No entanto, existem vários fatores que podem influenciar a integração óssea, desde fatores físicas, químicos e biológicas que podem promover a integração óssea, uma delas é a terapia de fotobiomodulação (4).

O desenvolvimento das tecnologias fotónicas e o conhecimento sobre as interações luz-tecido permitiram realizar avanços consideráveis na medicina. Atualmente, o uso de lasers de baixa dose e dispositivos de luz em odontologia tem diversas aplicações. A terapia de luz de baixo nível ou fotobiomodulação tornou-se uma estratégia de tratamento e tem vindo a demonstrar eficácia no processo de alívio da dor e da inflamação, no processo de cicatrização e regeneração de tecidos (5).

A fotobiomodulação tem também sido apontada como um método para promover a estabilidade de implantes dentários. Refere-se à terapia que envolve o uso de radiação ótica não ionizante no espectro visível e infravermelho próximo para provocar alterações

fotofísicas e fotoquímicas e benefícios terapêuticos (6). A fotobiomodulação inclui principalmente terapia a laser de baixa intensidade, terapia de laser díodo e terapia de luz de banda larga. Vários estudos reportam como efeitos biológicos da fotobiomodulação, a promoção o processo de cicatrização, a reparação óssea, aceleração da cicatrização óssea e inibição a inflamação da peri-implantite. Assim sendo, no campo da implantologia oral, a investigação tem sido direcionada para avaliar o potencial da fotobiomodulação para reduzir o tempo de cicatrização após a colocação de um implante e melhorar a de regeneração óssea. Alguns estudos reportaram que a fotobiomodulação estimula a proliferação e diferenciação dos osteoblastos, bem como aumenta a adesão ao implante (7).

Vários estudos têm vindo a ser desenvolvidos para avaliar o efeito da fotobiomodulação na melhoria da estabilidade do implante, no entanto, a maioria dos estudos são estudos in vitro ou que usam modelos animais. Apesar de nestes estudos ter sido observado um efeito positivo da fotobiomodulação na estabilidade dos implantes dentários em modelos animais, estes não podem ser transpostos diretamente para os humanos (8). Desta forma, a utilidade da aplicação da fotobiomodulação na prática clínica para promover a estabilidade de implantes dentários ainda não é muito clara.

O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão sistemática integrativa de literatura sobre a eficácia do laser de fotobiomodulação, na implantologia, mais especificamente na estabilidade dos implantes dentários.

2. Objetivos

2.1. Objetivo principal

- Perceber quais as vantagens da utilização da fotobiomodulação na área da implantologia

2.2 Objetivos secundários

- Verificar quais os benefícios do uso da fotobiomodulação para a estabilidade dos implantes, através de possíveis impactos na integração óssea.
- Averiguar quais tipos de técnicas são utilizadas, e quais as que permitem maiores benefícios.
- Avaliar o efeito da PBM sobre a estabilidade e deslocamento de mini implantes ortodônticos, assim como a resposta inflamatória após a inserção dos mini-implantes.

3. Metodologia

3.1. Estratégia de pesquisa

Este trabalho consiste numa revisão bibliográfica integrativa na qual foi feita uma pesquisa de artigos científicos na base de dado do PubMed usando a seguinte combinação de termos de pesquisa: "dental implants" AND "photobiomodulation"; "dental implants" AND "laser therapy"; "photobiomodulation" AND "stability"; "photobiomodulation" AND "dental implantation osseointegrated"; "laser therapy" AND "osseointegrated dental implants".

3.2. Critérios de inclusão

Os critérios de inclusão foram artigos escritos em inglês, publicados nos últimos 10 anos, até fevereiro de 2022, de modo a reunir todos os artigos possíveis sobre o impacto da fotomodelação na estabilidade dos implantes dentários.

3.3. Critérios de exclusão

Foram excluídos os artigos não relacionados com o tema principal desta revisão integrativa, artigos publicados há mais de 10 anos e artigos sem resumo.

Foram selecionados um total de 23 artigos usando a combinação de palavras-chave mencionada anteriormente.

3.4. Extração de dados

Os artigos selecionados foram lidos e avaliados individualmente tendo em conta o objetivo deste estudo, e foram obtidas as seguintes informações: nomes dos autores, revista, ano de publicação, objetivo, tipo de laser, comprimento de onda, tipo de medidor para a estabilidade dos implantes usado nos estudos, resultados.

4. Resultados

O seguinte diagrama apresentado abaixo (Figura 1) representa o processo de seleção de artigos para serem incluídos nesta revisão bibliográfica. Foi identificado um total de 182 artigos na base de dados PubMed, que cumpriam na totalidade os critérios de inclusão. Após a leitura dos títulos e respetivo resumo, foram excluídos um total de 170 estudos, que não se enquadravam no tema da dissertação. No final, foram selecionados 12 estudos para esta revisão sistemática integrativa, dos quais 4 eram splith-mouth o que representa um (33,3%); 5 ensaios clínicos randomizados (41,6%); 1 ensaio clínico (8,3%); 2 estudos prospetivos (16,6%). Nesta revisão, foram incluídos 240 pacientes e foram colocados um total de 606 implantes.

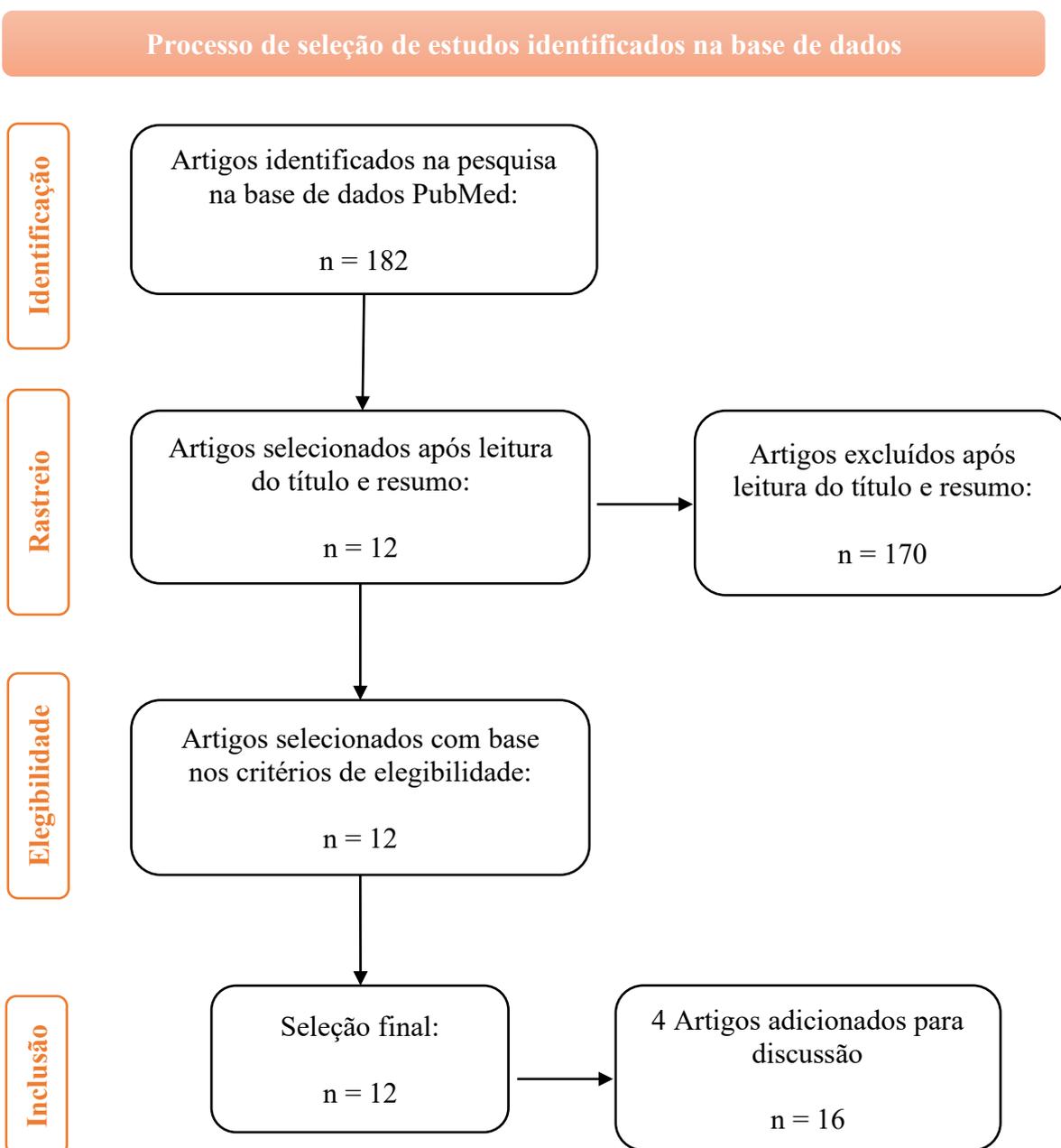


Figura 1: Fluxograma do processo de seleção dos artigos a incluir na revisão.

Tabela 1 - Lista de artigos selecionados e detalhes dos estudos.

Autores	Tipo de Estudo	Amostra	Tipo de Laser / Comprimento de onda	Objetivo	Valores de Estabilidade			Resultados
					(Ostell)	Test	Control	
Bozkaya et al., 2021 (9)	Estudo “split-mouth”	22 pacientes 93 implantes	Laser de diodo Arseneto de galio-alumínio (GaAIAS) 830 nm	Avaliar impacto da fotobiomodulação na estabilidade do implante e na carga microbiana	(Ostell)	Test	Control	Não foi observado um efeito significativo na estabilidade do implante
					Inicial	74.0	71.5	
					30 D	74.0	72.5	
					60 D	75.0	71.0	
					90 D	80.0	76.0	
Memarian et al., 2018 (10)	Ensaio clínico randomizado	12 pacientes 36 implantes	Laser de diodo emisor de luz led (Led PBM) 630 nm	Avaliar o efeito da fotobiomodulação com laser de baixa densidade e LED na estabilidade do implante	(Periotest)	Test	Control	O laser de baixa densidade e LED têm um efeito positivo na estabilidade dos implantes 3 semanas após a cirurgia
					Inicial	-5.52	-6.12	
					3 S	-5.77	-0.55	
					4 S	-5.98	-4.58	
					8 S	-6.68	-5.46	
Kinalski, et al., 2021 (11)	Ensaio clínico randomizado	33 pacientes 64 implantes	Laser de diodo Arseneto de galio-alumínio (GaAIAS) 808 nm	Avaliar o efeito da terapia com laser de baixa densidade na estabilidade de implantes colocados em locais cicatrizados	(Ostell)	Test	Control	Não foi observado efeito na estabilidade dos implantes
					Inicial	62.02	61.36	
					4-6 M (Fase de seleção do pilar)	62.90	65.12	

Lobato et al., 2020 (12)	Ensaio clínico randomizado	44 pacientes 50 implantes	Laser de diodo Arseneto de galio-alumínio (GaAIAS) 808 nm	Avaliar o efeito da terapia com laser de baixa densidade na estabilidade de implantes	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test</th> <th>Control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Ostell)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>59.84</td> <td>59.29</td> </tr> <tr> <td>4-6 M (Fase de seleção do pilar)</td> <td>68.11</td> <td>64.19</td> </tr> </tbody> </table>		Test	Control	(Ostell)			Inicial	59.84	59.29	4-6 M (Fase de seleção do pilar)	68.11	64.19	Não foi observado efeito na estabilidade dos implantes									
	Test	Control																									
(Ostell)																											
Inicial	59.84	59.29																									
4-6 M (Fase de seleção do pilar)	68.11	64.19																									
Marañón-Vásquez, et al., 2020 (3)	Ensaio clínico	19 pacientes 83 implantes	Laser de diodo Arseneto de galio-alumínio (GaAIAS) 660 nm	Avaliar o efeito da fotobiomodulação na estabilidade e deslocamento de mini-implantes ortodônticos	(Ostell) Estudo para avaliar o efeito da PBM sobre a estabilidade e deslocamento de mini implantes ortodônticos	A fotobiomodulação diminuiu a perda de estabilidade e não afetou o deslocamento dos mini-implantes																					
Torkzaban et al., 2017 (13)	Ensaio clínico randomizado	19 pacientes 80 implantes	Laser de diodo Arseneto de galio-alumínio (GaAIAS) 940 nm	Avaliar a eficácia do laser de baixa densidade na melhoria da estabilidade de implantes	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test</th> <th>Control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Ostell)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>58.5</td> <td>58.62</td> </tr> <tr> <td>10 D</td> <td>54.87</td> <td>54.12</td> </tr> <tr> <td>3 S</td> <td>54.55</td> <td>53.87</td> </tr> <tr> <td>6 S</td> <td>55.35</td> <td>54.42</td> </tr> <tr> <td>12 S</td> <td>57.90</td> <td>55.85</td> </tr> </tbody> </table>		Test	Control	(Ostell)			Inicial	58.5	58.62	10 D	54.87	54.12	3 S	54.55	53.87	6 S	55.35	54.42	12 S	57.90	55.85	Não foi observado um efeito significativo na estabilidade dos implantes
	Test	Control																									
(Ostell)																											
Inicial	58.5	58.62																									
10 D	54.87	54.12																									
3 S	54.55	53.87																									
6 S	55.35	54.42																									
12 S	57.90	55.85																									

Yanaguiza wa et al., 2017 (14)	Estudo prospetivo	10 pacientes 20 implantes	Laser de diodo 660 nm	Avaliar o efeito da terapia laser de baixa intensidade na inflamação após a colocação de mini-implantes	Estudo para avaliar o efecto do laser na resposta inflamatória após a inserção dos miniimplantes	A terapia laser diminui a inflamação após a colocação do mini-implante aumentando a possibilidade de sucesso (estabilidade)																								
Mandić et al., 2015 (15)	Estudo “split-mouth”	12 pacientes 44 implantes	Laser de diodo Arseneto de galio-aluminio (GaAIAS) 637 nm	Avaliar a influência do laser de baixa intensidade na integração óssea e no sucesso de implantes colocados em osso de baixa densidade	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1214 549 1301 576">(Ostell)</th> <th data-bbox="1335 523 1391 544">Test</th> <th data-bbox="1458 523 1536 544">Control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1214 608 1279 628">Inicial</td> <td data-bbox="1335 608 1400 628">75.50</td> <td data-bbox="1458 608 1523 628">74.50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1214 660 1249 681">1 S</td> <td data-bbox="1335 660 1400 681">75.00</td> <td data-bbox="1458 660 1523 681">74.50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1214 713 1249 734">2 S</td> <td data-bbox="1335 713 1400 734">74.00</td> <td data-bbox="1458 713 1523 734">72.50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1214 766 1249 786">3 S</td> <td data-bbox="1335 766 1400 786">73.00</td> <td data-bbox="1458 766 1523 786">70.00</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1214 818 1249 839">4 S</td> <td data-bbox="1335 818 1400 839">73.00</td> <td data-bbox="1458 818 1523 839">70.00</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1214 871 1249 892">5 S</td> <td data-bbox="1335 871 1400 892">73,50</td> <td data-bbox="1458 871 1523 892">71.50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1214 924 1249 944">6 S</td> <td data-bbox="1335 924 1400 944">73.50</td> <td data-bbox="1458 924 1523 944">72.00</td> </tr> </tbody> </table>	(Ostell)	Test	Control	Inicial	75.50	74.50	1 S	75.00	74.50	2 S	74.00	72.50	3 S	73.00	70.00	4 S	73.00	70.00	5 S	73,50	71.50	6 S	73.50	72.00	Não foi observada influência significativa na integração óssea de implantes colocados em osso de baixa densidade
(Ostell)	Test	Control																												
Inicial	75.50	74.50																												
1 S	75.00	74.50																												
2 S	74.00	72.50																												
3 S	73.00	70.00																												
4 S	73.00	70.00																												
5 S	73,50	71.50																												
6 S	73.50	72.00																												

Matys et al., 2020 (16)	Estudo “split-mouth”	22 pacientes 44 implantes	Laser de diodo 808 nm	Avaliar o efeito da fotobiomodulação na estabilidade de mini-implantes ortodônticos		Test	Control	A fotobiomodulação aumentou a estabilidade secundária dos mini-implantes
					(Periotest)			
					Inicial	-1.25	-1.08	
					3 D	-0.66	-1.19	
					6 D	-0.54	-0.94	
					9 D	-0.79	-0.83	
					12 D	-0.02	-0.38	
					15 D	1.81	1.00	
					30 D	6.32	11.34	
60 D	6.55	10.95						

<p>Matys <i>et al.</i>, 2019 (17)</p>	<p>Ensaio clínico randomizado</p>	<p>24 pacientes 40 implantes</p>	<p>Laser de diodo 635nm</p>	<p>Avaliar o impacto do laser diodo na estabilidade primária e secundária de implantes e na densidade óssea</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test</th> <th>Control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Periotest)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>-5.37</td> <td>-5.35</td> </tr> <tr> <td>2 S</td> <td>-5.30</td> <td>-4.48</td> </tr> <tr> <td>4 S</td> <td>-4.64</td> <td>-4.04</td> </tr> <tr> <td>8 S</td> <td>-5.01</td> <td>-4.63</td> </tr> <tr> <td>12 S</td> <td>-5.53</td> <td>-4.35</td> </tr> </tbody> </table>		Test	Control	(Periotest)			Inicial	-5.37	-5.35	2 S	-5.30	-4.48	4 S	-4.64	-4.04	8 S	-5.01	-4.63	12 S	-5.53	-4.35	<p>A utilização de laser diodo aumentou a estabilidade secundária dos implantes e a densidade óssea</p>			
	Test	Control																												
(Periotest)																														
Inicial	-5.37	-5.35																												
2 S	-5.30	-4.48																												
4 S	-4.64	-4.04																												
8 S	-5.01	-4.63																												
12 S	-5.53	-4.35																												
<p>García-Morales <i>et al.</i>, 2012 (18)</p>	<p>Estudo “split-mouth”</p>	<p>8 pacientes 30 implantes</p>	<p>830 nm</p>	<p>Avaliar o efeito do laser de baixa densidade na estabilidade de implantes</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Test</th> <th>Control</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(Ostell)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>77.4</td> <td>75.7</td> </tr> <tr> <td>10 D</td> <td>78.9</td> <td>76.2</td> </tr> <tr> <td>3 S</td> <td>76.8</td> <td>76.9</td> </tr> <tr> <td>6 S</td> <td>75.5</td> <td>76.3</td> </tr> <tr> <td>9 S</td> <td>76.2</td> <td>77.7</td> </tr> <tr> <td>12 S</td> <td>76.3</td> <td>78.4</td> </tr> </tbody> </table>		Test	Control	(Ostell)			Inicial	77.4	75.7	10 D	78.9	76.2	3 S	76.8	76.9	6 S	75.5	76.3	9 S	76.2	77.7	12 S	76.3	78.4	<p>Não foi observada nenhuma evidência de qualquer efeito na estabilidade dos implantes</p>
	Test	Control																												
(Ostell)																														
Inicial	77.4	75.7																												
10 D	78.9	76.2																												
3 S	76.8	76.9																												
6 S	75.5	76.3																												
9 S	76.2	77.7																												
12 S	76.3	78.4																												

Gokmen oglu <i>et al.</i>, 2014 (19)	Estudo prospetivo	15 pacientes 22 implantes	Led PBM 626 nm	Determinar o efeito da fotobiomodulação na integração óssea de implantes		Test	Control	A fotobiomodulação teve um efeito positivo no processo de integração óssea e na estabilidade dos implantes
					(Ostell)			
					Inicial	73.2	77.9	
					2 S	71.8	69.3	
					4 S	69.3	68.7	
					8 S	69.7	68.9	
12 S	71.4	71.7						

5. Discussão

Em 1969, a implantologia ganhou uma nova dimensão quando Brånemark descreveu o conceito de osteointegração. Uma das desvantagens dos protocolos originais para colocação de implantes era o tempo necessário para que a osteointegração ocorresse antes da colocação da prótese. No entanto, o desenvolvimento de novas superfícies de implantes e técnicas clínicas permitiram uma redução considerável do período inicial de cicatrização (18).

A estabilidade dos implantes dentários depende do sucesso da integração óssea, isto é, haver uma união osso-implante bem-sucedida (20).

Outro resultado amplamente utilizado na implantologia está relacionado à o osso peri-implantar e suas mudanças ao longo do tempo. A perda óssea marginal é um resultado confiável para avaliar o sucesso de implantes dentários, sugere-se que um implante bem-sucedido não teria mais de 1,5 mm de perda óssea marginal no primeiro ano e menos de 0,2 mm por ano subsequente. Durante No período de cicatrização, a cicatrização endóssea depende da migração de células osteogênicas para a área peri-implantar. Assim, também pode-se supor que a aplicação de fotobiomodulação poderia desempenhar um papel na formação óssea precoce durante o período de osteointegração (12).

A terapia de fotobiomodulação é um processo de tratamento onde a luz monocromática de baixa densidade de energia cria um efeito fotoquímico não térmico no nível celular.

Estudos têm demonstrado que a fotobiomodulação tem um potencial bactericida significativo sem danificar os tecidos orais, razão pela qual é utilizado no tratamento de doenças periodontais e outras doenças bucais. Além disso, a fotobiomodulação aumenta o fluxo sanguíneo e melhora a formação de revascularização na região e acelera a cicatrização dos tecidos. Alguns estudos relatam efeito benéfico como melhora da cicatrização óssea e adição de implantes de titânio, enquanto outros não confirmaram os efeitos positivos da fotobiomodulação na regeneração óssea e na área óssea ao redor dos implantes (9).

O laser de fotobiomodulação tem vindo a ser reconhecido pelo seu potencial com efeitos benéficos na medicina e na odontologia (5). Alguns in vitro avaliaram o uso da

fotobiomodulação para estimular a atividade dos osteoblastos e concluíram que de facto permite aumentar a estabilidade de implantes dentários. Além disso, verificou-se que é capaz de impulsionar o processo de cicatrização no local cirúrgico, através do aumento da síntese de adenosina trifosfato e da angiogénese, bem como do aumento da proliferação dos osteoblastos e da redução do processo inflamatório (21). No entanto, dado que os humanos têm uma biológica diferente e mais complexa comparativamente com os modelos experimentais, os resultados obtidos com modelos *in vitro* podem não se aplicar clinicamente a humanos. Desta forma, esta revisão foca-se na eficácia clínica do laser de fotobiomodulação na integração óssea e na estabilidade de implantes dentários em humanos.

O uso de lasers de baixa intensidade tem sido sugerido como outra forma de acelerar e melhorar o processo de cicatrização do tecido ósseo. A irradiação de luz laser tem sido aplicada na área médica e tem efeitos bioestimuladores na cicatrização de feridas, síntese de colágeno e proliferação de fibroblastos. A importância da estabilidade primária na colocação de implantes para o sucesso a longo prazo é bem conhecida na literatura. (18).

Quatro estudos que avaliaram o impacto da fotobiomodulação na estabilidade de implantes basearam-se numa abordagem “split-mouth”. Destes, García-Morales e seus colaboradores (18), relataram que não havia evidência que o laser de fotobiomodulação tivesse impacto na estabilidade do implante dentário quando medido por análise de frequência de ressonância. No entanto, os autores atribuíram a boa estabilidade primária à interface rígida osso-implante, o que pode ter camuflado o efeito da fotobiomodulação. De igual forma, Mandić e seus colegas (15) , também não observaram um impacto positivo na integração óssea dos implantes quando aplicados em osso de baixa densidade da maxila posterior. Neste estudo, não existem dados sobre radiância e duração da exposição e esses parâmetros podem ter influenciado os resultados e não nos permite comparar com outros estudos. Adicionalmente, a distância entre a sonda e os tecidos pode ter causado a reflexão de uma quantidade significativa de energia do laser, o que poderá ter reduzido a eficácia da terapia com laser de baixa densidade. Bozkaya e seus colegas (9), também concluíram que a fotobiomodulação não tem um efeito clinicamente significativo na estabilidade do implante, uma vez que não observaram diferenças estatisticamente significativas na estabilidade entre o grupo de teste e o grupo controlo.

Métodos clínicos como percussão do implante, radiografia, torque de inserção e torque reverso manual são métodos questionáveis quanto à sua eficácia para medir a qualidade da osteointegração do implante. Testes biomecânicos invasivos como torque de remoção e medidas de análise histomorfométrica podem fornecer informações importantes sobre a rigidez do implante no osso durante um determinado período do processo de osteointegração, entretanto, esses métodos demandam sacrifício do implante e impossibilitam o acompanhamento clínico posterior, o que é inviável para o monitoramento de alterações clínicas na interface osso-implante.

Outras técnicas, como o Periotest e a análise de frequência de ressonância (RFA), visam fornecer uma medição objetiva e confiável da estabilidade e osteointegração do implante que seja não invasiva e não lese a interface osso-implante. (21)

O valor do Periotest (PTV) é o resultado da transformação do sinal para um valor dependente da oscilação da energia armazenada dissipada pelo amortecimento do tecido peri-implantar. O valor do Periotest varia de -8 a +50, originalmente prescrito por um algoritmo matemático. Quanto maior a estabilidade do implante, menor o valor do Periotest e, conseqüentemente, maior o comprimento de onda de absorção dos objetos alvo. (16).

O aparelho Osstell (IntegrationDiagnostics AB, Gotemburgo, Suécia), que calcula o coeficiente de estabilidade do implante (ISQ). As medições são registradas imediatamente após a inserção do implante e depois no pós-operatório, nos dias ou semanas seguintes. Um pilar padronizado de comprimento fixo (Smartpeg™ Integration Diagnostics, Göteborg, Suécia) insere-se e aperta-se em cada implante. A sonda do transdutor (Osstell™ Mentor Probe) segura-se de forma que a ponta da sonda esteja voltada para o pequeno ímã na parte superior do Smartpeg™ a uma distância de 2–3 mm. Ele mantém-se parado até que o instrumento apitasse e exibisse o valor do quociente de estabilidade do implante (ISQ).(15).

Os estudos “split-mouth” são frequentemente usados em investigação clínica odontológica, no qual a boca é dividida em dois ou mais segmentos experimentais aos quais são atribuídos aleatoriamente diferentes tratamentos. Estudos concebidos com base

nesta abordagem para avaliar o efeito da fotobiomodulação é discutível devido ao potencial efeito sistémico (22,23). No entanto, existem outros estudos também que usaram diferentes indivíduos no grupo teste e no grupo controlo, excluindo assim esse efeito sistémico.

Gokmenoglu e colegas (19), mostrou haver um impacto positivo da fotobiomodulação na integração óssea e na estabilidade do implante. Estes autores reportaram que no grupo controlo, durante o período de avaliação, houve uma redução significativa da estabilidade primária. Por outro lado, no grupo tratado com LED não foi observada uma diminuição significativa da estabilidade primária. Ou seja, a fotobiomodulação usando LED pode ter ajudado a manter a estabilidade primária do implante ao longo do tempo. Um ensaio clínico mais recente concluiu que a fotobiomodulação não melhorou significativamente a estabilidade secundária do implante e melhorou significativamente a densidade óssea após 12 semanas, na parte média e apical do implante (17). Em contraste, Torkezaban e os seus colegas (13) verificaram que o uso de fotobiomodulação no pós-operatório não teve um impacto significativo na estabilidade dos implantes. No entanto, é importante salientar que neste estudo utilizaram uma radiância de 354,6 mW/cm², quando os valores recomendados para que ocorra estimulação e cicatrização variam de 5 a 50 mW/cm² (24) o que poderá justificar os resultados observados. Em contraste, num outro estudo foi reportado que a fotobiomodulação através de laser de baixa densidade ou LED teve um impacto positivo na estabilidade do implante dentário 3 semanas após a cirurgia (10).

Também Kinalski e colegas (11), observaram que a aplicação de laser de baixa densidade no local de implantação cicatrizados antes do preparo do leito ósseo e na ferida cirúrgica após a sutura não tem influência positiva na estabilidade do implante em comparação com um grupo controle. No entanto, no ensaio clínico conduzido por Lobato e seus colegas (12), a terapia com laser de baixa densidade não afetou a estabilidade dos implantes.

Três estudos incluídos nesta revisão focaram-se na avaliação do impacto da fotobiomodulação na estabilidade de mini-implantes. No estudo realizado por Matys e seus colaboradores (16), foi avaliado o efeito da fotobiomodulação na estabilidade de micro-implantes, e observaram que a aplicação de laser díodo aumenta significativamente a estabilidade secundária. Os autores concluíram que a fotobiomodulação com laser na zona próxima do infravermelho pode aumentar significativamente a taxa de sucesso dos micro-implantes. De igual forma, o estudo conduzido por Yanaguizawa e colegas (14)

observaram que o laser de baixa intensidade atenua a resposta inflamatória inicial após a inserção do mini-implante, e conseqüentemente aumenta a sua estabilidade. Marañón-Vásquez e colegas (3), reportaram que o grupo de pacientes que recebeu tratamento com fotobiomodulação apresentou menor perda de estabilidade dos mini-implantes.

Limitações

Nos estudos incluídos nesta revisão não existe uma uniformidade. Esta discrepância observada nos diferentes estudos pode ser devida à diversidade dos parâmetros utilizados, tais como o tipo de laser utilizado, o comprimento de onda, a potência, a dose de energia aplicada para a fotobiomodulação, o número de aplicações.

Ao mesmo tempo, não utilizam os mesmos dispositivos para medir a estabilidade dos implantes. Em 9 utilizam o sistema de análise de frequência de ressonância Osstell ISQ enquanto em outros usam o teste de percussão ou método Periotest.

Além disso, os resultados são muito heterogêneos, o que indica que a eficácia da fotobiomodulação na estabilidade e na integração óssea dos implantes dentários continua ainda a ser algo controversa. A falta de consenso acerca do procedimento ideal de fotobiomodulação para a integração óssea dos implantes dentários também pode ser resultado do uso de diferentes dispositivos e diferentes modos de aplicação. Além disso, os resultados aqui apresentados devem ser analisados com prudência devido à presença de fatores que não são controlados nos estudos, como as variações intra e inter-sujeitos, como por exemplo, a espessura e as características de absorção do tecido alvo. No entanto, foi observado um impacto positivo da aplicação da fotobiomodulação na estabilidade dos implantes dentários em quatro estudos, o que não deve ser desvalorizado e estudos adicionais poderão reforçar e tornar esta evidência mais clara. Além disso, são necessários esforços adicionais para a padronização de protocolos no que diz respeito à dosagem e à aplicação clínica da fotobiomodulação para garantir a máxima eficácia e segurança.

6. Conclusão

Em termos de conclusão, o uso da fotobiomodulação no pós-operatório pode ter uma potencial influência positiva na integração óssea e na estabilidade dos implantes dentários. No entanto, existe um número limitado de estudos, além da diversidade de metodologias e parâmetros utilizados. Desta forma, existe uma necessidade de padronização dos protocolos de fotobiomodulação e da realização de ensaios clínicos randomizados adicionais para que possa ser confirmada a eficácia da fotobiomodulação na integração óssea e na estabilidade dos implantes dentários.

7. Bibliografia

1. Shokri M, Daraeighadikolaei A. Measurement of primary and secondary stability of dental implants by resonance frequency analysis method in mandible. *International Journal of Dentistry*. 2013;2013.
2. Cobo-Vázquez C, Reininger D, Molinero-Mourelle P, González-Serrano J, Guisado-Moya B, López-Quiles J. Effect of the lack of primary stability in the survival of dental implants. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2018 Jan 1;10(1):e14–9.
3. Marañón-Vásquez GA, Lagravère MO, Borsatto MC, de Souza SS, Watanabe PCA, Matsumoto MAN, et al. Effect of photobiomodulation on the stability and displacement of orthodontic mini-implants submitted to immediate and delayed loading: a clinical study. *Lasers in Medical Science*. 2019 Oct 1;34(8):1705–15.
4. Norraian KW, Cobb CM. The efficacy of laser therapy: Commentary on the american academy of periodontology best evidence consensus meeting. Vol. 89, *Journal of Periodontology*. Wiley-Blackwell; 2018. p. 804–6.
5. Tang E, Arany P. Photobiomodulation and implants: Implications for dentistry. Vol. 43, *Journal of Periodontal and Implant Science*. 2013. p. 262–8.
6. Xu YY, Liu TCY, Cheng L. Photobiomodulation process. Vol. 2012, *International Journal of Photoenergy*. 2012.
7. Zayed SM, Adel A, Hakim A. Clinical Efficacy of Photobiomodulation on Dental Implant Osseointegration: A Systematic Review. 2020; Available from: www.sjmms.net
8. Prados-Frutos JC, Rodríguez-Molinero J, Prados-Privado M, Torres JH, Rojo R. Lack of clinical evidence on low-level laser therapy (LLLT) on dental titanium implant: a systematic review. Vol. 31, *Lasers in Medical Science*. Springer London; 2016. p. 383–92.
9. Bozkaya S, Uraz A, Guler B, Kahraman SA, Turhan Bal B. The stability of implants and microbiological effects following photobiomodulation therapy with one-stage placement: A randomized, controlled, single-blinded, and split-mouth clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2021 Jun 1;23(3):329–40.
10. Memarian J, Ketabi M, Amini S. The effect of low-level laser 810 nm and light-emitting diode photobiomodulation (626 nm) on the stability of the implant and inflammatory markers interleukin-1 beta and prostaglandin E2, around implants [Internet]. Vol. 283, *Dental Research Journal*. 2018. Available from: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/1480
11. Kinalski M de A, Agostini BA, Bergoli CD, dos Santos MBF. Influence of low-level laser therapy on implant stability in implants placed in healed sites: a randomized controlled trial. *International Journal of Implant Dentistry*. 2021 Dec;7(1).
12. Lobato RPB, Kinalski M de A, Martins TM, Agostini BA, Bergoli CD, dos Santos MBF. Influence of low-level laser therapy on implant stability in implants placed in fresh extraction sockets: A randomized clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2020 Jun 1;22(3):261–9.
13. Torkzaban P, Kasraei S, Torabi S, Farhadian M. Low-level laser therapy with 940 nm diode laser on stability of dental implants: a randomized controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science*. 2018 Feb 1;33(2):287–93.
14. Yanaguizawa MS, Suzuki SS, Martinez EF, Suzuki H, Pelegrin MCJ, Garcez AS. Effects of Low-Level Laser Therapy in Orthodontic Patients on Immediate Inflammatory Response after Mini-Implants Insertion: A Preliminary Report. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2017 Jan 1;35(1):57–63.
15. Mandić B, Lazić Z, Marković A, Mandić B, Mandić M, Djinić A, et al. Uticaj postoperativne terapije laserom male snage na oseointegraciju samourezujućih implantata u bočnoj regiji gornje vilice: šestonedeljna split-mouth klinička studija. *Vojnosanitetski Pregled*. 2015;72(3):233–40.
16. Matys J, Fliieger R, Gedrange T, Janowicz K, Kempisty B, Grzech-Leśniak K, et al. Effect of 808 nm semiconductor laser on the stability of orthodontic micro-implants: A split-mouth study. *Materials*. 2020 May 1;13(10).
17. Matys J, Świder K, Grzech-Leśniak K, Dominiak M, Romeo U. Photobiomodulation by a 635nm Diode Laser on Peri-Implant Bone: Primary and Secondary Stability and Bone Density Analysis - A Randomized Clinical Trial. *BioMed Research International*. 2019;2019.

18. García-Morales JM, Tortamano-Neto P, Todescan FF, de Andrade JCS, Marotti J, Zezell DM. Stability of dental implants after irradiation with an 830-nm low-level laser: A double-blind randomized clinical study. *Lasers in Medical Science*. 2012 Jul;27(4):703–11.
19. Gokmenoglu C, Ozmeric N, Erguder I, Elgun S. The effect of light-emitting diode photobiomodulation on implant stability and biochemical markers in peri-implant crevicular fluid. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2014 Mar 1;32(3):138–45.
20. Sakka S, Baroudi K, Nassani MZ. Factors associated with early and late failure of dental implants. Vol. 3, *Journal of investigative and clinical dentistry*. 2012. p. 258–61.
21. Kamel MS, Khosa A, Tawse-Smith A, Leichter J. The use of laser therapy for dental implant surface decontamination: a narrative review of in vitro studies. Vol. 29, *Lasers in Medical Science*. Springer-Verlag London Ltd; 2014. p. 1977–85.
22. Zhu H, Zhang S, Ahn C. Sample size considerations for split-mouth design. *Statistical Methods in Medical Research*. 2017 Dec 1;26(6):2543–51.
23. Coelho RCP, Zerbinati LPS, de Oliveira MG, Weber JBB. Systemic effects of LLLT on bone repair around PLLA-PGA screws in the rabbit tibia. *Lasers in Medical Science*. 2014;29(2):703–8.
24. *Handbook of Low-Level Laser Therapy*.