



**IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS**

**IMPACT OF ELECTROMAGNETIC PULSE ON PERI-IMPLANT: TISSUES CRITICAL ANALYSIS
OF BIOLOGICAL EFFECTS**

**IMPACTO DEL PULSO ELECTROMAGNÉTICO EN LOS TEJIDOS PERIIMPLANTARIOS:
ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS EFECTOS BIOLÓGICOS**

Jamil Awad Shibli¹, Silvestre Estrela da Silva Júnior², Luciene Cristina Figueiredo³, José Augusto Rodrigues⁴

e3122572

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i12.2572>

PUBLICADO: 12/2022

RESUMO

A osseointegração entre implante e tecido ósseo receptor deve ocorrer adequadamente, sendo a integração óssea a chave do sucesso cirúrgico. No entanto, os implantes presentes no mercado normalmente requerem 2 a 6 meses sem carga do dispositivo para permitir tempo suficiente para a osseointegração. Nos últimos anos, tem sido investigado o uso de pulsos eletromagnéticos (PEMF) como tratamento visando melhorar a integração do implante no osso receptor. O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão de escopo para avaliar o impacto do pulso eletromagnético sobre os tecidos peri-implantares humanos. Foram realizadas buscas sobre trabalhos publicados até o ano de 2022 nas plataformas PubMed, Lilacs, Scopus e Scielo. Uma ampla estratégia de pesquisa foi realizada a fim de capturar o maior número possível de estudos relevantes. Foram encontrados na literatura um total de 23 artigos. Após leitura dos títulos e resumos, para avaliação do conteúdo, os estudos foram submetidos aos critérios de inclusão e exclusão, após isso, somente dois atenderam aos critérios de inclusão. Pode-se concluir que a estimulação com PEMF pode ser uma ferramenta útil para estimular a formação óssea e o crescimento ósseo ao redor de implantes dentários. Isso ajuda a reduzir o tempo de osseointegração, permitindo devolver aos pacientes a função mastigatória, fonação e estética de forma mais rápida, com a possibilidade de carregamento dos implantes de forma precoce. Observando os poucos estudos encontrados na literatura, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas a fim de comprovar e aumentar os dados existentes sobre o assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Pulso Eletromagnético. Osseointegração. Cicatrização Óssea.

ABSTRACT

Osseointegration between implant and recipient bone tissue should occur properly, and bone integration is the key to surgical success. However, implants present on the market typically require 2 to 6 months without charge of the device to allow sufficient time for osseointegration. In recent years, the use of electromagnetic pulses (PEMF) has been investigated as a treatment to improve the integration of the implant into the receptor bone. The aim of this study was to conduct a scope review to evaluate the impact of the electromagnetic pulse on human peri-implant tissues. Searches were made on papers published until 2022 on pubmed, lilacs, scopus and scielo platforms. A broad research strategy was carried out in order to capture as many relevant studies as possible. A total of 23 articles were found in the literature. After reading the titles and abstracts, to evaluate the content, the studies were submitted to the inclusion and exclusion criteria, after which only two met the inclusion criteria. It can be concluded that stimulation with PEMF can be a useful tool to stimulate bone formation and bone growth around dental implants. This helps to reduce the time of osseointegration, allowing patients to return to the masticatory function, phonation and aesthetics more quickly, with the possibility of loading the implants

¹ Professor doutor do programa de mestrado e doutorado de Odontologia da Universidade Guarulhos -UNG.

² Mestrado em Odontologia pela Universidade Guarulhos - UNG.

³ Professora do programa de mestrado e doutorado de Odontologia da Universidade Guarulhos - UNG.

⁴ Professor do programa de mestrado e doutorado de Odontologia da Universidade Guarulhos - UNG.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

early. Observing the few studies found in the literature, it is suggested that further research be conducted in order to prove and increase existing data on the subject.

KEYWORDS: *Electromagnetic Pulse. Osseointegration. Bone Healing.*

RESUMEN

La osteointegración entre el tejido óseo del implante y el receptor debe ocurrir correctamente, y la integración ósea es la clave para el éxito quirúrgico. Sin embargo, los implantes presentes en el mercado generalmente requieren de 2 a 6 meses sin carga del dispositivo para permitir tiempo suficiente para la osteointegración. En los últimos años, se ha investigado el uso de pulsos electromagnéticos (PEMF) como tratamiento para mejorar la integración del implante en el hueso receptor. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión del alcance para evaluar el impacto del pulso electromagnético en los tejidos periimplantarios humanos. Se realizaron búsquedas en artículos publicados hasta 2022 en plataformas pubmed, lilacs, scopus y scielo. Se llevó a cabo una amplia estrategia de investigación con el fin de capturar tantos estudios relevantes como fuera posible. Un total de 23 artículos fueron encontrados en la literatura. Después de la lectura de los títulos y resúmenes, para evaluar el contenido, los estudios fueron sometidos a los criterios de inclusión y exclusión, después de lo cual sólo dos cumplieron con los criterios de inclusión. Se puede concluir que la estimulación con PEMF puede ser una herramienta útil para estimular la formación ósea y el crecimiento óseo alrededor de los implantes dentales. Esto ayuda a reducir el tiempo de osteointegración, permitiendo a los pacientes volver a la función masticatoria, fonación y estética más rápidamente, con la posibilidad de cargar los implantes temprano. Observando los pocos estudios encontrados en la literatura, se sugiere que se realicen más investigaciones para probar y aumentar los datos existentes sobre el tema.

PALABRAS CLAVE: *Pulso electromagnético. Osteointegración. Curación ósea.*

INTRODUÇÃO

O edentulismo é um problema de saúde pública que reflète a gravidade das condições de saúde bucal de determinada população. Sua alta prevalência em certos grupos populacionais e os consequentes impactos funcionais e estéticos, que afetam negativamente a qualidade de vida, são oriundos de um serviço público de saúde que, durante muito tempo, disponibilizou atendimento odontológico essencialmente curativo, mutilador, de baixa cobertura e baixo impacto epidemiológico (LELES *et al.*, 2015).

Dentre os tratamentos de reabilitação oral, as próteses fixas sobre implantes são um tipo de reabilitação realizada para recuperar áreas edêntulas parcial ou total por dar uma sensação de maior semelhança ao dente perdido, segurança mastigatória e naturalidade. (CHEN *et al.*, 2012; BENIC *et al.*, 2012)

A reabilitação oral com implantes osseointegráveis destaca-se como um método atual e eficaz em pacientes edêntulos totais ou parciais. A osseointegração entre implante e tecido ósseo receptor deve ocorrer adequadamente, sendo a integração óssea a chave do sucesso cirúrgico. Contudo, muitos são os fatores a serem considerados para que o procedimento ocorra de maneira satisfatória (MATIELLO; TRENTIN, 2015).

A osseointegração depende de quatro fatores principais: biocompatibilidade dos implantes, alto nível de precisão entre o implante e o sítio ósseo receptor, técnicas cirúrgicas que minimizem o trauma



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

aos tecidos injuriados e condições das cargas pós-operatórias. Os critérios fundamentais das características da dentição natural dos ossos gnáticos incluem uma boa saúde gengival, assim como forma e composição estrutural específica, cor, opalescência, translucidez, transparência e textura superficial dos molares e pré-molares. Ainda, em casos de perda múltipla de dentes posteriores, ocorre também significativa deficiência de tecido mole e duro (MATIELLO; TRENTIN, 2015).

A longevidade dos implantes dentários depende em grande parte da osseointegração. Fatores relacionados ao sucesso e confiabilidade dos implantes dentários incluem estabilidade primária, formação de contato osso - implante e qualidade e quantidade de osso residual. O material de implante ideal deve ter biocompatibilidade e propriedades mecânicas favoráveis (JAVED *et al.*, 2013; SAKKA *et al.*, 2012). Os implantes feitos de titânio são atualmente onipresentes na odontologia devido às suas propriedades vantajosas, incluindo propriedades que permitem a formação de osseointegração do implante. No entanto, os implantes atualmente no mercado normalmente requerem 2 a 6 meses sem carga do dispositivo para permitir tempo suficiente para a osseointegração. Nos últimos anos, vem investigando o uso de pulsos eletromagnéticos (PEMF) como tratamento, visando melhorar a integração do implante no osso receptor. Entre os tratamentos estudados, os pulsos eletromagnéticos (GALLI *et al.*, 2019).

O uso de PEMF para promover a cicatrização óssea é baseado em uma vasta literatura pré-clínica que mostra sua ação em modelos de roedores que apresentavam osteoporose, osteoartrite, fraturas osteoporóticas, perda óssea pelo hipertireoidismo, diabéticos, ente outros (ZATI *et al.*, 1993; BILOTTA *et al.*, 1994; CHANG K; CHANG W, 2003; JING *et al.*, 2010, 2013; ZHOU *et al.*, 2012, 2013, 2017a, b; ANDROJNA *et al.*, 2014; JIANG *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2017; YANG *et al.*, 2017; LEI *et al.*, 2018).

Com a aplicação exógena de campos eletromagnéticos pulsados (PEMF), mecanismos intracelulares e extracelulares são ativados. Com o pulso dos campos eletromagnéticos, ocorre uma diminuição no fluxo de íons que geram corrente e alterações no potencial de membrana, tornando-a permeável, especialmente íons de cálcio (Ca²⁺), um importante sinal intracelular que induz a diferenciação osteoblástica. Existe também a produção de fosfatase alcalina, uma importante proteína extracelular que marca a diferenciação osteoblástica (LEESUNGBOK *et al.*, 2013; ROSS *et al.*, 2015; WROBEL *et al.*, 2016; KIM *et al.*, 2017; SELVAMURUGAN *et al.*, 2017; TONG *et al.*, 2017; GALLI *et al.*, 2018; HE *et al.*, 2018; MASSARI *et al.*, 2019; NAITO *et al.*, 2019;).

Mesmo com uma vasta literatura disponível, a sua aplicação clínica foi prejudicada, tendo em vista o desconhecimento em relação aos mecanismos de ação, protocolos empregados, ou seja, a heterogeneidade dos estudos publicados associado a falta de estudos randomizados de impacto, colaborou para uma eficácia clínica sem muitas evidências comprovadas (GRIFFIN *et al.*, 2011; HANNEMANN *et al.*, 2014; HANDOLL; ELLIOTT, 2015; DAISH *et al.*, 2018; SPADARO, 2018).

Diferentes pulsos, intensidades, duração de exposição, forma de onda e frequência foram estudadas e nenhum consenso foi alcançado. As frequências mais encontradas na literatura variam



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

entre 0,2 e 1 kHz, compostos por sinais em forma de rajadas ou trens de pulsos, que apresentam diferentes durações e frequências, chegando até 27,1 MHz e com intensidades de até 1 T (MARKOV, 2007; LIU *et al.*, 2013; LI *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2014; LEI *et al.*, 2017;).

Quando comparado a forma das ondas, as ondas quadradas aumentam a proliferação de osteoblastos, no sentido oposto, as ondas sinusais diminuem sua proliferação. Da mesma forma, somente as ondas triangulares, seguidas das sinusoidais aumentam a atividade da Fosfatase Alcalina, marcador dos osteoblastos, como também a expressão de nódulos mineralizados, osteoprotegerina e fator de crescimento de insulina (ZHANG *et al.*, 2007; ZHOU *et al.*, 2014).

Diversos estudos, principalmente envolvendo animais, observam que os dispositivos PEMF aceleraram a osseointegração e o crescimento ósseo em implantes dentários em mais de 03 vezes. Desta forma, foi hipotetizado que os o PEMF estimulariam significativamente o crescimento ósseo e aumentariam a osseointegração, diminuindo assim o período de integração, adiantando o carregamento dos implantes (BARAK *et al.*, 2016).

Nesse ínterim, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de escopo para avaliar o impacto do pulso eletromagnético sobre os tecidos peri-implantares humanos.

MÉTODO

Seleção da amostra

Neste estudo foram realizadas buscas manuais de artigos nas plataformas PubMed, Lilacs, Scopus e Scielo, publicados até o ano de 2022 (presente), utilizando os seguintes descritores: pulso eletromagnético, osseointegração, cicatrização óssea, desta forma, foram encontrados 105.145 títulos na literatura. Uma ampla estratégia de pesquisa foi realizada a fim de capturar o maior número possível de estudos relevantes, tendo em vista que muitos títulos encontrados não eram interessantes para este estudo, pesquisados novamente utilizando a seguinte expressão: *electromagnetic pulse and dental implantes*, foram encontrados na literatura, um total de 23 artigos. Todos os títulos e resumos dos estudos encontrados foram lidos, para avaliar o conteúdo deles, e selecionados os artigos que falavam a respeito do impacto do pulso eletromagnético sobre os tecidos peri-implantares em humanos.

Seleção dos estudos

Foram incluídos na pesquisa, estudos que falavam a respeito do impacto do pulso eletromagnético sobre os tecidos peri-implantares em humanos, publicados nas plataformas PubMed, Lilacs, Scopus e Scielo, até o ano de 2022 (presente); e excluídos os estudos que tenham sido realizados *in vitro*, *in Situ* ou em animais, como também artigos que relatem tratamentos realizados que não sejam ao redor de implantes dentários. Foram incluídos: artigos publicados até o ano de 2022 (presente); publicações realizadas em qualquer idioma, publicados nas plataformas PubMed, Lilacs, Scopus e Scielo. Foram excluídos estudos *in vitro*, *in Situ* e pré-clínicos.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

RESULTADOS

Após leitura dos títulos e resumos, os estudos foram submetidos aos critérios de inclusão e exclusão, desta forma, do total de 19 artigos analisados, somente 02 atenderam aos critérios de inclusão.

Dos estudos excluídos, a maior parte foram estudos realizados em animais (08), seguidos por estudos *In Vitro* (05), como também estudos que não avaliaram o uso do PEMF ao redor de implantes dentários, como tratamentos ortodônticos (02) e consolidações de fraturas ortopédicas (02).

Dos estudos selecionados, o estudo de Barak *et al.*, (2019), objetivou avaliar retrospectivamente os efeitos do dispositivo eletromagnético miniaturizado (MED) na estabilidade de implantes, em uma série prospectiva de casos controlados. Eles avaliaram 28 implantes dentários (12 com cicatrizadores MED e 16 com cicatrizadores convencionais), realizaram análise da frequência de ressonância (RFA) no momento da instalação, 2 e 4 semanas para a mandíbula e no momento da instalação, 2, 4 e 8 semanas para implante instalados na maxila. Obtiveram como conclusão do seu estudo que os implantes que apresentavam tampas de cicatrização MED demonstraram uma estabilidade superior durante a fase inicial de cicatrização em comparação com os implantes com tampas de cicatrização padrão.

O estudo de Nayak *et al.*, (2020), teve como objetivo principal investigar o efeito do PEMF na melhoria da estabilidade de implantes dentários. Para isso se realizou um estudo clínico randomizado, utilizando o dispositivo Osstell para mensurar a frequência de ressonância (RFA), produzindo o coeficiente de estabilidade do implante. Neste estudo, foram avaliados 40 implantes dentários, 18 pacientes receberam 02 implantes dentários (01 com cicatrizador MED e 01 com cicatrizadores convencionais) e 01 paciente recebeu 04 implantes dentários (02 com cicatrizadores MED e 02 com cicatrizadores convencionais), realizou-se avaliação radiográfica, através do uso de radiografias digitais pela técnica do paralelismo logo após a instalação, 06 e 12 semanas pós instalação. A análise da frequência de ressonância (RFA) foi realizada após a instalação e com 02, 04, 06, 08 e 12 semanas de pós-operatório. Foram avaliados também os níveis de mediadores da inflamação, níveis de IL1- β e TNF- α . Em suas conclusões os autores relataram que o PEMF contínuo, gerado por um dispositivo MED, pode ser considerado como uma nova maneira de estimular a estabilidade dos implantes no período inicial de cicatrização.

DISCUSSÃO

Os principais resultados deste estudo revelaram que o pulso eletromagnético contínuo, gerado por um dispositivo MED, é eficiente na estabilidade dos implantes dentários, principalmente no período inicial de cicatrização, diminuindo assim o tempo de espera para carregamento dos implantes com as coroas sobre implantes.

Chen *et al.*, (2012) concluíram que, dentre os tratamentos de reabilitação oral, as próteses fixas sobre implante é um tipo de reabilitação realizada para recuperar áreas edêntulas, parcial ou total, de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

forma satisfatória, pois dar uma sensação de maior semelhança ao dente perdido, segurança mastigatória e naturalidade, conclusões semelhantes ao estudo de Matiello e Trentin (2015), onde eles também concluíram que a reabilitação oral com implantes osseointegráveis destaca-se como um método atual e eficaz em pacientes edêntulos totais ou parciais.

A osseointegração entre implante e tecido ósseo receptor deve ocorrer adequadamente, sendo a integração óssea a chave do sucesso cirúrgico. Contudo, muitos são os fatores a serem considerados para que o procedimento ocorra de maneira satisfatória. Bosshardt, Chappuis e Buser, (2017) e Nayak *et al.*, (2020) relataram em seus estudos que a osseointegração é um processo complexo e contínuo que envolve a substituição da estabilidade primária pela estabilidade secundária. A estabilidade geral é a soma da estabilidade primária decrescente ao longo do tempo, enquanto a estabilidade secundária é crescente ao longo do tempo. Uma diminuição temporária da estabilidade total, geralmente observada nas primeiras 3 a 4 semanas após a colocação do implante, é um fenômeno clínico bem conhecido associado à diminuição da estabilidade primária. Portanto, uma boa estabilidade geral e uma diminuição menos pronunciada na estabilidade requerem um bom equilíbrio entre o osso cortical e trabecular ao redor do implante recém-colocado.

Considera-se que o sucesso a longo prazo dos tratamentos com implantes dentários depende fortemente da sua estabilidade. Barak *et al.*, (2019), relataram que alguns fatores interferem na osseointegração, conseqüentemente no sucesso clínico dos casos, os fatores como: contato entre o tecido ósseo e o implante dentário, a técnica utilizada para a implantação e a qualidade do osso em que o implante foi instalado são fatores que influenciam a osseointegração e os resultados de implantação bem-sucedidos.

A literatura atual afirma que a taxa de falha dos tratamentos com implantes dentários está diretamente ligada à diminuição do tempo de carga pós-implantação. Smith, Wong-Gibbons, e Maultsby (2004) e Esposito *et al.*, (2009) concluíram que, quanto menor for esse tempo, maior a chance de falhas, aumentando a taxa de insucesso em 2 a 3 vezes, principalmente em implantes unitários. Alsaadi *et al.*, (2007) classificaram as falhas de implantes dentários como falha precoce e falha tardia. A falha precoce ocorre na reabertura do implante para a conexão do componente protético, resultante de osso insatisfatório na interface osso/implante; já a falha tardia ocorre no período pós carregamento. Barak *et al.*, (2019) concluíram que má higiene oral, doenças sistêmicas, radioterapia e uso de medicamentos podem interferir na cicatrização óssea.

Um dos principais objetivos do implante dentário é a osseointegração ou união de osso alveolar e implante dentário. Desta forma, visando melhorar a osseointegração ou reduzir o tempo para alcançar a osseointegração, várias terapias foram propostas, entre elas o pulso eletromagnético.

O campo eletromagnético pulsado (PEMF) é uma modalidade de radiação não ionizantes que não possuem energia suficiente para ionizar a matéria, mas ainda podem interagir fortemente com tecidos e células biológicas. Corriqueiramente usada para estimular a geração óssea em vários ambientes clínicos, incluindo cirurgias ortopédicas. Smith, Wong-Gibbons, e Maultsby (2004) e Fu *et*



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

et al., (2014) demonstraram em seus estudos que o campo eletromagnético pulsado afeta principalmente a geração, formação e neovascularização vascular. Já os estudos de Leesungbok *et al.*, (2013); Ross *et al.*, (2015); Kim *et al.*, (2017); Selvamurugan *et al.*, (2017); Tong *et al.*, (2017); Galli *et al.*, (2018); He *et al.*, (2018) e Naito *et al.*, (2019), concluíram que a pulsação do campo eletromagnético causa uma redução nos fluxos de íons gerando corrente elétrica, alteração do potencial de membrana tornando-o permeável, principalmente para o íon cálcio (Ca^{2+}), que é um importante sinalizador intracelular na indução da diferenciação celular em osteoblastos, o mesmo foi relatado por Galli *et al.*, (2019) em uma revisão sobre os efeitos dos PEMF's em osteoblastos.

Emes *et al.*, (2013); Ross *et al.*, (2015); Wrobel *et al.*, (2016); Daish *et al.*, (2018); Chen *et al.*, (2019) e Nunes *et al.*, (2021), demonstraram em seus trabalhos que o uso de PEMF influencia significativamente a osteogênese, aumentando a expressão gênica, deposição de matriz óssea, proliferação celular e diferenciação dessas células e produção de fosfatase alcalina (ALP), importante proteína, marcadora extracelular da diferenciação osteoblástica. Por outro lado, o estudo de Chang *et al.*, (2004), concluiu que após a exposição com PEMF, houve uma diminuição na produção de fosfatase alcalina.

No estudo de Nayak *et al.*, (2020), observou-se que a expressão de TNF- α e IL1- β foi menor no grupo teste que recebeu o PEMF através do dispositivo MED, comparado ao grupo controle (cicatrizador convencional), corroborando com o estudo e Ferroni *et al.*, (2018), onde se concluiu que o PEMF aumenta a expressão das citocinas anti-inflamatórias e diminuem a expressão das citocinas pró-inflamatórias. Galli *et al.*, (2019), concluiu em sua revisão, que os PEMF's estimulam a diferenciação osteoblástica, como também ocorre a expressão do eixo RANKL/OPG, importantes na homeostase óssea. Concluiu também que BMP-2 são modulados em osteoblastos a partir do PEMF. Barak *et al.*, (2016) analisaram a osseointegração em implantes colocados em coelhos e concluíram que os implantes que receberam estímulo de PEMF, a osseointegração precoce e o crescimento interno do osso ocorreu em mais de 3 vezes em comparação com os implantes que não foram estimulados. Da mesma forma, Nunes *et al.*, (2021), avaliaram a osseointegração de implantes instalados em ambas as tíbias de ratos machos da raça Wistar, que foram eutanasiados após a terapia com PEMF e concluíram que o PEMF foi um excelente bioestimulador, otimizando os eventos ósseos que culminam na osseointegração dos implantes, principalmente nos períodos iniciais da cicatrização óssea.

Em um estudo retrospectivo, Barak *et al.*, (2019) avaliaram os efeitos do dispositivo eletromagnético miniaturizado (MED) na estabilidade de implantes, em uma série prospectiva de casos controlados. Eles avaliaram 28 implantes dentários, onde 12 implantes receberam estímulo PEMF a partir de um cicatrizador MED e concluíram que os implantes que receberam as tampas de cicatrização MED demonstraram uma estabilidade superior durante a fase inicial de cicatrização em comparação com os implantes com tampas de cicatrização convencionais.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

Corroborando com o estudo de Nayak *et al.*, (2020), onde se realizou um estudo clínico randomizado para investigar o efeito do PEMF na melhoria da estabilidade de implantes dentários. Foram avaliados 40 implantes dentários, em um estudo de boca dividida (20 implantes com cicatrizadores MED e 20 com cicatrizadores convencionais) e concluíram que o PEMF contínuo, gerado por um dispositivo MED, pode ser considerado como uma nova maneira de estimular a estabilidade dos implantes no período inicial de cicatrização. Eles também realizaram a avaliação radiográfica dos implantes e concluíram que os implantes dentários que receberam os cicatrizadores do tipo MED, apresentaram menor perda óssea peri-implantar em comparação com os implantes dentários que receberam cicatrizadores padrão.

CONSIDERAÇÕES

Diante dos dados apresentados, pode-se concluir que a estimulação com PEMF a partir do dispositivo MED, pode ser uma ferramenta útil para estimular a formação óssea e o crescimento ósseo ao redor de implantes dentários. Isso ajuda a reduzir o tempo de osseointegração, permitindo devolver aos pacientes função mastigatória, fonação e estética de forma mais rápida, com a possibilidade de carregamento dos implantes de maneira precoce. A partir dos dados demonstrados, sugere-se que novos estudos sejam realizados a fim de comprovar e aumentar os dados existentes na literatura.

REFERÊNCIAS

- ALSAADI, G.; QUIRYNEN, M.; KOMAREK, A. *et al.* Impact of local and systemic factors on the incidence of oral implant failures, up to abutment connection. **J Clin Periodontol**, v. 34, n. 7, p. 610–617, 2007. doi: 10.1111/j.1600-051X.2007.01077.x
- ANDROJNA, C.; FORT, B.; ZBOROWSKI, M.; MIDURA, R. J. Pulsed electromagnetic field treatment enhances healing callus biomechanical properties in an animal model of osteoporotic fracture. **Bioelectromagnetics**, v. 35, p. 396–405, 2014.
- BARAK, S.; MATALON, S.; DOLKART, O.; ZAVAN, B.; MORTELLARO, C.; PIATTELLI, A. Miniaturized Electromagnetic Device Abutment Improves Stability of the Dental Implants. **The Journal of Craniofacial Surgery**, v. 30, n. 04, p. 1055-1057, 2019.
- BARAK, S.; NEUMAN, M.; IEZZI, G. *et al.* A new device for improving dental implants anchorage: a histological and micro-computed tomography study in the rabbit. **Clin Oral Implants**, v. 27, n. 8, p. 935–942, 2016.
- BENIC, G. I.; WOLLEB, K.; SANCHO-PUCHADES, M.; HÄMMERLE, C. H. Systematic review of parameters and methods for the professional assessment of aesthetics in dental implant research. **Clin Oral implants Res**, v. 39, n. 12, p. 160- 192, 2012.
- BILOTTA, T. W.; ZATI, A.; GNUDI, S.; FIGUS, E.; GIARDINO, R.; FINI, M.; PRATELLI, L. *et al.* Electromagnetic fields in the treatment of ostenopausal osteoporosis: An experimental study conducted by densitometric, dry ash weight and metabolic analysis of bone tissue. **Chir Organi Mov**, v. 79, p. 309–313, 1994.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

BOSSHARDT, D. D.; CHAPPUIS, V.; BUSER, D. Osseointegration of titanium, titanium alloy and zirconia dental implants: Current knowledge and open questions. **Periodontology** 2000, v. 73, n. 1, p. 22–40, 2017.

CHANG, K.; CHANG, W. H. S. Pulsed electromagnetic Fields prevent osteoporosis in na ovariectomized female rat model: A prostaglandin E2-associated process. **Bioelectromagnetics**, v. 24, p.189–198, 2003.

CHANG, W. H.; CHEN, L. H.; SUN, J. S.; LIN, F. H. Effect of pulse-burst electromagnetic field stimulation on osteoblast cell activities. **Bioelectromagnetics**, v. 25, n. 6, p. 457–465, 2004.

CHEN P.; YU S.; ZHU G. The psychosocial impacts of implantation on the dental aesthetics of missing anterior teeth patients. **Br Dent J**, v. 213, n. 11, 2012.

CHEN, X.; CHEN, Y.; HOU, Y.; SONG, P.; ZHOU, M.; NIE, M.; LIU, X. Modulation of proliferation and differentiation of gingiva-derived mesenchymal stem cells by concentrated growth factors: potential implications in tissue engineering for dental regeneration and repair. **Int J Mol Med**, v. 44, n. 1, p. 37–46, 2019. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2019.4172>

DAISH, C.; BLANCHARD, R.; FOX, K.; PIVONKA, P.; PIROGOVA, E. A aplicação de campos eletromagnéticos pulsados (PEMFs) para reparo de fraturas ósseas: descobertas passadas e perspectivas. **Ann Biomed Eng**, v. 46, n. 4, p. 525-542, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10439-018-1982-1>

EMES, Y.; AKÇA, K.; AYBAR, B.; YALÇIN, S.; ÇAVUŞOĞLU, Y.; BAYSAL, U. *et al.* Low-level laser therapy vs. pulsed electromagnetic field on neonatal rat calvarial osteoblast-like cells. **Lasers Med Sci**, v. 28, n. 3, p. 901–909, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1165-5>

ESPOSITO, M.; GRUSOVIN, M. G.; ACHILLE, H. *et al.* Interventions for replacing missing teeth different times for loading dental implants. **Cochrane Database Syst Rev**, v. 21, n. 1, 2009. doi:10.1002/14651858.CD003878.pub4

FERRONI, L.; GARDIN, C.; DOLKART, O.; SALAI, M.; BARAK, S.; PIATTELLI, A.; AMIR-BARAK, H. *et al.* Pulsed electromagnetic fields increase osteogenetic commitment of MSCs via the mTOR pathway in TNF- α mediated inflammatory conditions: an in-vitro study. **Sci Rep**, v. 8, n. 1, p. 5108, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23499-9>

FU, Y. C.; LIN, C. C.; CHANG, J. K.; CHEN, C. H.; TAI, I. C.; WANG, G. J.; HO, M. L. 2014. A novel single pulsed electromagnetic field stimulates osteogenesis of bone marrow mesenchymal stem cells and bone repair. **PLoS ONE**, v. 9, n. 3, 2014. doi: 10.1371/journal.pone.0091581

GALLI, C.; PEDRAZZI, G.; GUIZZARDI, S. The cellular effects of Pulsed Electromagnetic Fields on osteoblasts: A review. **Bioelectromagnetics**, v. 40, n. 4, p. 211-233, 2019. doi:10.1002/bem.22187. PMID: 30908726.

GALLI, C.; PEDRAZZI, G.; MATTIOLI-BELMONTE, M.; GUIZZARDI, S. The use of pulsed electromagnetic fields to promote bone responses to biomaterials in vitro and in vivo. **International Journal of Biomaterials**, v. 2018, p. 1- 15, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8935750>

GRIFFIN, X. L.; COSTA, M. L.; PARSONS, N.; SMITH, N. Estimulação de campo eletromagnético para tratamento de união atrasada ou não união de fraturas de ossos longos em adultos. **Banco de Dados Cochrane de Revisões Sistemáticas**, 2011.

HANDOLL, H. H.; ELLIOTT, J. Reabilitação para fraturas do rádio distal em Adultos. **Banco de Dados Cochrane de Revisões Sistemáticas**, 2015.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

HANNEMANN, P. F. W.; MOMMERS, E. H. H.; SCHOTS, J. P. M.; BRINK, P. R. G.; POEZE, M. Os efeitos do ultrassom pulsado de baixa intensidade e estimulação do crescimento ósseo de campos eletromagnéticos pulsados em fraturas agudas: uma revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados. **Arquivos de Cirurgia Ortopédica e Traumatológica**, v. 134, n. 8, p. 1093-1106, 2014.

HE, Z.; SELVAMURUGAN N.; WARSHAW J.; PARTRIDGE N. C. Campos eletromagnéticos pulsados inibem a formação de osteoclastos humanos e a expressão gênica via osteoblastos. **Ossos**, v. 106, p. 194-203, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.09.020>

JAVED, F.; AHMED, H. B.; CRESPI, R. *et al.* Papel da estabilidade primária para o sucesso da osseointegração de implantes dentários: fatores de influência e avaliação. **Interv Med Appl Sci**, v. 5, p. 162-167, 2013.

JIANG, Y.; GOU, H.; WANG, S.; ZHU, J.; TIAN, S.; YU, L. Effect of pulsed electromagnetic field on bone formation and lipid metabolism of glucocorticoid- induced osteoporosis rats through canonical Wnt signaling pathway. **Evidence- Based Complement Altern Med**, 2016.

JING, D.; LI, F.; JIANG, M.; CAI, J.; WU, Y.; XIE, K.; WU, X. *et al.* Pulsed electromagnetic fields improve bone microstructure and strength in ovariectomized rats through a Wnt/Lrp5/b-catenin signaling associated mechanism. **PLoS ONE**, v. 8, 2013.

JING, D.; SHEN, G.; HUANG, J.; XIE, K.; CAI, J.; XU, Q.; WU, X. *et al.* Circadian rhythm affects the preventive role of pulsed electromagnetic fields on ovariectomy induced osteoporosis in rats. **Bone**, v. 46, p. 487–495, 2010.

KIM, E. C.; LEESUNGBOK, R.; LEE, S. W.; HONG, J. Y.; KO, E. J.; AHN, S. J. Efeitos dos campos magnéticos estáticos na regeneração óssea de implantes no coelho: análises micro-CT, histológica, microarray e PCR em tempo real. **Clin Oral Implants Res**, v. 28, n. 4, p. 396–405, 2017. <https://doi.org/10.1111/clr.12812>

LEESUNGBOK, R.; AHN, S. J.; LEE, S. W.; PARK, G. H.; KANG, J. S.; CHOI, J. J. Os efeitos de um campo magnético estático na formação óssea ao redor de um implante de titânio tratado com ácido e jateado com areia grande. **J Oral Implantol**, v. 39, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.1563/AID-JOI-D-11-00101>

LEI, T.; LI, F.; LIANG, Z.; TANG, C.; XIE, K.; WANG, P.; DONG, X. *et al.* Effects of four kinds of electromagnetic fields (EMF) with different frequency spectrum bands on ovariectomized osteoporosis in mice. **Sci Rep**, v. 7, p. 553, 2017.

LEI, T.; LIANG, Z.; LI, F.; TANG, C.; XIE, K.; WANG, P.; DONG, X. *et al.* Pulsed electromagnetic fields (PEMF) attenuate changes in vertebral bone mass, architecture and strength in ovariectomized mice. **Bone**, v. 108, p. 10–19, 2018.

LELES C. R.; SILVA E. T.; OLIVEIRA R. T. O edentulismo no Brasil: epidemiologia, rede assistencial e produção de próteses pelo sistema único de saúde. **Tempus**, v. 9, n. 3, p. 121-134, 2015.

LI, J.; ZENG, Z.; ZHAO, Y.; JING, D.; TANG, C.; DING, Y.; FENG, X. Effects of low-intensity pulsed electromagnetic fields on bone microarchitecture, mechanical strength and bone turnover in type 2 diabetic db/db mice. **Sci Rep**, v. 7, 2017.

LI, K.; MA, S.; LI, Y.; DING, G.; TENG, Z.; LIU, J.; REN, D. *et al.* Effects of PEMF exposure at different pulses on osteogenesis of MC3T3-E1 cells. **Arch Oral Biol**, v. 59, p. 921–927, 2014.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

LIU, C.; YU, J.; YANG, Y.; TANG, X.; ZHAO, D.; ZHAO, W.; WU, H. Effect of 1mT sinusoidal electromagnetic fields on proliferation and osteogenic differentiation of rat bone marrow mesenchymal stromal cells. **Bioelectromagnetics**, v. 34, p. 453–464, 2013.

LIU, C.; ZHANG, Y.; FU, T.; LIU, Y.; WEI, S.; YANG, Y.; ZHAO, D. *et al.* Effects of electromagnetic fields on bone loss in hyperthyroidism rat model. **Bioelectromagnetics**, v. 38, p. 137–150, 2017.

MARKOV, M. S. Magnetic field therapy: A review. **Electromagn Biol Med**, v. 26, p. 1–23, 2007.

MASSARI, L.; BENAZZO, F.; FALEZ, F.; PERUGIA, D.; PIETROGRANDE, L.; SETTI, S. *et al.* Estimulação biofísica de osso e cartilagem: estado da arte e perspectivas futuras. **Int Orthop**, v. 43, n. 3, p. 539–551, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4274-3>

MATIELLO, C. N., TRENTIN, M. S. Implante dentário com carga imediata na região anterior superior: relato de caso clínico. **RFO UPF [online]**, v. 20, n. 2, p. 238-242, 2015. ISSN 1413-4012.

NAITO, Y.; YAMADA, S.; JINNO, Y.; ARAI, K.; GALLI, S.; ICHIKAWA, T. *et al.* Efeito formador de osso de um campo magnético estático em fêmures de coelho. **Int J Periodontia Restauradora Dente**, v. 39, n. 2, p. 259-264, 2019. <https://doi.org/10.11607/prd.3220>

NAYAK, B. P.; DOLKART, O.; SATWALEKAR, P.; KUMAR, Y. P.; CHANDRASEKAR, A.; FROMOVICH, O.; YAKOBSON, E. *et al.* Effect of the Pulsed Electromagnetic Field (PEMF) on Dental Implants Stability: A Randomized Controlled Clinical Trial. **Materials**, v. 13, p. 1667, 2020. doi:10.3390/ma13071667

NUNES, C. M. M.; FERREIRA, C. L.; BERNARDO, D. V.; LOPES, C. C. R.; COLLINO, L.; DA SILVA LIMA, V. C.; DE CAMARGO REIS MELLO, D. *et al.* Evaluation of pulsed electromagnetic field protocols in implant osseointegration: in vivo and in vitro study. **Clin Oral Investig**, v. 25, n. 5, p. 2925-2937, 2021. doi: 10.1007/s00784-020-03612-x.

ROSS, C. L.; SIRIWARDANE, M.; ALMEIDA-PORADA, G.; PORADA, C. D.; BINK, P.; CHRIST, G. J.; HARRISON, B. S. O efeito do campo eletromagnético de baixa frequência na diferenciação de células-tronco/progenitoras da medula óssea humana. **Célula-tronco Res**, v. 15, n. 1, p. 96–108, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scr.2015.04.009>

SAKKA, S.; BAROUDI, K.; NASSANI, M. Z. Fatores associados à falha precoce e tardia de implantes dentários. **J Investig Clin Dent**, v. 3, p. 258-261, 2012.

SELVAMURUGAN, N.; HE, Z.; RIFKIN, D.; DABOVIC, B.; PARTRIDGE, N. C. O campo eletromagnético pulsado regula a expressão do microrna 21 para ativar a sinalização de $\text{tgf-}\beta$ nas células estromais da medula óssea humana para melhorar a diferenciação dos osteoblastos. **Stem Cells Int**, v. 24, p. 503–527, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2450327>

SMITH, T. L.; WONG-GIBBONS, D.; MAULTSBY, J. Microcirculatory effects of pulsed electromagnetic fields. **J Orthop Res**, v. 22, n. 1, p. 80–84, 2004. doi: 10.1016/S0736-0266(03)00157-8

SPADARO, J. Efeitos Musculoesqueléticos e Aplicações de Campos eletromagnéticos. Aspectos Biológicos e Biomédicos dos Campos Eletromagnéticos. **Boca Raton**, n. 1, p. 285-304, 2018.

TONG, J.; SUN, L.; ZHU, B.; FAN, Y.; MA, X.; YU, L.; ZHANG, J. Campos eletromagnéticos pulsados promovem a proliferação e diferenciação de osteoblastos reforçando os transientes de cálcio intracelular. **Bioelectromagnetics**, v. 38, n. 7, p. 541–549, 2017. <https://doi.org/10.1002/bem>.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

IMPACTO DO PULSO ELETROMAGNÉTICO SOBRE OS TECIDOS PERI-IMPLANTARES:
 ANÁLISE CRÍTICA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Jamil Awad Shibli, Silvestre Estrela da Silva Júnior, Luciene Cristina Figueiredo, José Augusto Rodrigues

WROBEL, E.; LESZCZYNSKA, J.; BRZOSKA, E. As características das células derivadas do osso humano (HBDCS) durante a osteogênese in vitro. **Cell Mol Biol Lett**, v. 21, n. 26, 2016. <https://doi.org/10.1186/s11658-016-0027-8>

YANG, X.; HE, H.; ZHOU, Y.; ZHOU, Y.; GAO, Q.; WANG, P.; HE, C. Pulsed electromagnetic field at different stages of knee osteoarthritis in rats induced by low-dose monosodium iodoacetate: Effect on subchondral trabecular bone microarchitecture and cartilage degradation. **Bioelectromagnetics**, v. 38, p. 227–238, 2017.

ZATI, A.; GNUDI, S.; MONGIORGI, R.; GIARDINO, R.; FINI, M.; VALDR, G.; GALLIANI, I. *et al.* Effects of pulsed magnetic fields in the therapy of osteoporosis induced by ovariectomy in the rat. **Boll Soc Ital Biol Sper**, v. 69, p. 469–475, 1993.

ZHANG, X.; ZHANG, J.; QU, X.; WEN, J. Effects of diferente extremely low- frequency electromagnetic fields on osteoblasts. **Electromagn Biol Med**, v. 26, p. 167–177, 2007.

ZHOU, J.; CHEN, S.; GUO, H.; XIA, L.; LIU, H.; QIN, Y.; HE, C. Pulsed electromagnetic field stimulates osteoprotegerin and reduces RANKL expression in ovariectomized rats. **Rheumatol Int**, v. 33, p. 1135–1141, 2013.

ZHOU, J.; HE, H.; YANG, L.; CHEN, S.; GUO, H.; XIA, L.; LIU, H. *et al.* Effects of pulsed electromagnetic fields on bone mass and Wnt/b-catenin signaling pathway in ovariectomized rats. **Arch Med Res**, v. 43, p. 274–282, 2012.

ZHOU, J.; LIAO, Y.; XIE, H.; LIAO, Y.; ZENG, Y.; LI, N.; SUN, G. *et al.* Effects of combined treatment with ibandronate and pulsed electromagnetic field on ovariectomy- induced osteoporosis in rats. **Bioelectromagnetics**, v. 38, p. 31–40, 2017a.

ZHOU, J.; LIAO, Y.; ZENG, Y.; XIE, H.; FU, C.; LI, N. Effect of intervention initiation timing of pulsed electromagnetic field on ovariectomy-induced osteoporosis in rats. **Bioelectromagnetics**, v. 38, p. 456–465, 2017b.

ZHOU, J.; WANG, J. Q.; GE, B. F.; MA, X. N.; MA, H. P.; XIAN, C. J.; CHEN, K. M. Different electromagnetic field waveforms have different effects on proliferation, differentiation and mineralization of osteoblasts in vitro. **Bioelectromagnetics**, v. 35, p. 30–38, 2014.