

# CARACTERIZAÇÃO DE MINI-IMPLANTES ORTODÔNTICOS ATRAVÉS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

## CARACTERIZATION OF ORTHODONTIC MINI-IMPLANTS IN SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC

*Paola Flach Perim Burmann*<sup>1</sup>

*Simone Barbieri Tome*<sup>2</sup>

*André Tonetto*<sup>3</sup>

*Gilberto Heizemann*<sup>4</sup>

*Potira Meirelles*<sup>5</sup>

*Rafaela Bruggemann*<sup>6</sup>

*George Herbert Ruschel*<sup>7</sup>

### RESUMO

O controle da ancoragem é um dos fatores decisivos no sucesso da mecânica ortodôntica. Fraturas devido ao estresse de inserção e remoção de mini-implantes são associadas ao design das peças e à qualidade da liga de titânio. O presente estudo analisou a topografia de cinco mini-implantes (Neodent, SIN, Morelli, Conexão e ForestaDent). Análise ao Microscópio Eletrônico de Varredura da cabeça e perfil transmucoso, porção rosqueável e ponta ativa (50x, 100x e 200x) foi realizada com o propósito de avaliar o design e defeitos de fabricação (n=3/grupo). Os resultados demonstraram que os mini-implantes apresentam diferenças significativas no design. Irregularidades superficiais na porção rosqueável e na ponta ativa foram também observadas. Conclui-se que diferenças no design dos mini-implantes e a presença de irregularidades superficiais podem influenciar na efetividade da ancoragem durante o tratamento ortodôntico.

**Palavras-chave:** Ortodontia, Implante dental, Titânio

### ABSTRACT

Anchorage control is one of the determining factors of successful orthodontic mechanics. In mini-implants, fractures

- 1 Mestre em Odontologia (ULBRA), especialista em Ortodontia (APCD Piracicaba), Especialista em docência do ensino superior (IESA). Email: ortopfperim@hotmail.com
- 2 Mestre em Endodontia (CPO/SLMandic), Especialista em Saúde pública (IBPEX), Especialista em PSF (IBPEX), Especialista em Implantodontia (UNICSUL). monebarbieri@bol.com.br.
- 3 Mestrando em clínica Odontológica (UPF), Especialista em Prótese Dentária (PUCRS), Especialista em Implantodontia (SOEBRAS/FUNORTE), Especialista em ciências da Saúde (UNC). Email: andre.tonetto@bol.com.br
- 4 Especialista em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial (INGA/UNINGA-PR). Email: heizmann\_ctbmf@hotmail.com.
- 5 Mestranda em Clínica Odontológica (UPF), Especialista em Dentística Restauradora (UFRGS). Email: potirameirelles@gmail.com.br.
- 6 Mestre em Odontologia (ULBRA), especialista em Ortodontia (APCD Piracicaba), Especialista em docência do ensino superior (IESA). Email: ortopfperim@hotmail.com
- 7 Mestre em Endodontia (CPO/SLMandic), Especialista em Saúde pública (IBPEX), Especialista em PSF (IBPEX), Especialista em Implantodontia (UNICSUL). monebarbieri@bol.com.br.

due to placement and removal have been related to implant design and titanium alloy quality. Our study assessed the topography of five mini-implants ( $n=3/\text{grupo}$ ). Scanning electron microscopic analyses of the head, transmucosal neck, threaded body, and tip were performed to assess implant design and manufacturing defects (50x, 100x e 200x). These analyses showed significant differences in mini-implant design. Surface irregularities in the threaded body and tip were observed. We conclude that differences in mini-implant design and the presence of surface irregularities may influence the effectiveness of orthodontic anchorage.

**Keywords:** orthodontics; dental implantation; titanium

# 1. INTRODUÇÃO

A ortodontia baseia-se na aplicação e no controle de forças sobre os dentes e estruturas de suporte. O controle de ancoragem, desta forma, é requisito fundamental para um tratamento ortodôntico bem sucedido, e pode ser definido como a resistência contra forças de reação fornecidas por outros dentes ou estruturas extrabuciais (Labanauskaitė et al., 2005).

Os recursos mecânicos clássicos de ancoragem, contudo, dependem da colaboração do paciente. Além disso, muitas vezes não há quantidade ou qualidade suficiente de dentes para fornecer ancoragem efetiva (Favero et al., 2002). Portanto, uma variedade de dispositivos para ancoragem esquelética passou a ser utilizados na ortodontia nas últimas décadas. Implantes protéticos, placas e *onplants*, apesar de bastante eficientes, foram substituídos pelos mini-implantes por apresentarem desvantagens relacionadas à necessidade de procedimentos cirúrgicos invasivos, alto custo, limitações no local de instalação e tempo de espera para osseointegração (Limet et al., 2008).

A popularidade dos mini-implantes está ligada principalmente à facilidade de instalação e remoção, pouco desconforto para o paciente, possibilidade de carga imediata, alta versatilidade e baixo custo (Chenget al., 2004; Florvaag et al., 2010; Mattos et al., 2010). Resultados clínicos e laboratoriais, contudo, mostraram falhas entre 10 a 30% associadas principalmente a fatores como inflamação dos tecidos periimplantares, características dos tecidos moles e local de inserção dos mini-implantes (Reynders et al., 2010; Brinley et al., 2010). Fatores relacionados ao *design* das peças como diâmetro, comprimento, perfil das roscas, presença

de *flutes* e microestrias, além do material de fabricação dos mini-implantes, têm sido também relatados por interferirem na estabilidade primária destes dispositivos (Kim et al. 2008).

O material ideal para a confecção de mini-implantes deve exibir excelente resistência a corrosão, biocompatibilidade e força mecânica suficiente para resistir às forças na inserção e remoção das peças (Lijimaet al., 2008). As ligas de titânio têm sido o material de escolha e a adição de vanádio e alumínio à liga aumentaram significativamente sua performance e propriedades mecânicas (Cotrim-Ferreira et al., 2010).

A resistência da liga de titânio depende de sua microestrutura, a qual é influenciada pela composição, tratamento térmico e processo de usinagem do mini-implante. Desta forma, estudos para analisar a topografia e a microestrutura são de fundamental importância. O objetivo deste estudo foi analisar a topografia de diferentes marcas comerciais de mini-implantes utilizados na ancoragem ortodôntica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados mini-implantes auto-perfurantes de liga Ti-6Al-4V (Ti grade 5) de cinco diferentes marcas comerciais (quatro marcas nacionais e uma importada) divididos em cinco grupos: Grupo 1 – Neodent (Curitiba, Brasil); Grupo 2 – SIN (São Paulo, Brasil); Grupo 3 – Morelli (Sorocaba, Brasil); Grupo 4 – Conexão (Arujá, Brasil); Grupo 5 – ForestaDent (Pforzheim, Alemanha).

A análise da topografia através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) buscou descrever o *design*, bem como eventuais defeitos de fabricação nas peças. Foram analisados três mini-implantes de cada uma das cinco marcas comerciais. As peças foram fixadas em suportes de alumínio - *stubs* (Sigma Chemical CO, EUA) com uma cola a base de cianocrilato (SuperBonder Gel, Loctite, Brasil). Nenhum tratamento prévio foi realizado nas amostras. Em seguida foram analisadas ao MEV (Philips XL 20 - Holan-

da), na faixa de alto vácuo, com 20kV de aceleração. Foram obtidas imagens nos aumentos de 50x, 100x e 200x das regiões da cabeça e perfil transmucoso, porção rosqueável e ponta ativa. As imagens foram analisadas qualitativamente. A investigação de defeitos e alterações de superfície foi realizada pelo autor previamente treinado para a análise.

## 3. RESULTADOS

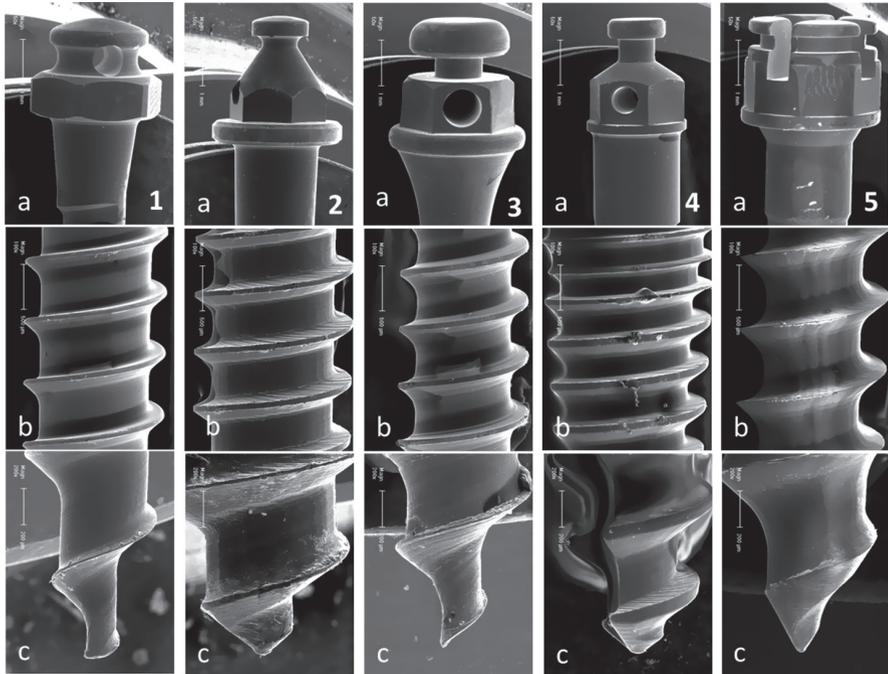
### 3.1. Topografia

Os mini-implantes apresentaram diferenças significativas no design, de acordo com a marca comercial, nas regiões da cabeça e perfil transmucoso porção rosqueável e na ponta ativa das peças (Figura 1).

Irregularidades superficiais sugerem demarcações do processo de usinagem e defeitos no polimento; além de possíveis depósitos oriundos de crescimento cristalino, representando áreas de sujidade. Foram encontrados maiores irregularidades superficiais e sujidade na ponta ativa dos Grupos 1, 2 e 3. O melhor polimento de superfície da porção rosqueável foram dos Grupos 1 e 5. Todos os grupos apresentaram polimento adequado e ausência de irregularidades na cabeça e no perfil transmucoso (Figura 1).

Embora existam diferenças no tamanho do acessório ortodôntico, localizado na cabeça do mini-implante, todos apresentaram estrutura uniforme e bom acabamento superficial. Nos Grupos 1, 2, 3 e 4 os dispositivos para aplicação de força são em forma de botão ortodôntico com perfuração para amarração de molas, fios ou elastômeros. No grupo 5 apresentam a cabeça em forma de bráquete (Figura 1).

Os mini-implantes do Grupo 4 apresentam um número maior de filetes de roscas e *flutes* na ponta ativa. Além disso, apresentam o diâmetro da cabeça igual ao diâmetro do perfil transmucoso. Nos Grupos 1, 2, 3 e 5 a cabeça e o perfil transmucoso apresentam diferentes diâmetros. Com relação à morfologia da ponta ativa, apesar de todos os mini-implantes serem auto-perfurantes, os Grupos 1, 3 e 5 apresentaram-se mais afilados (Figura 1).



**Figura 1:** Imagens da cabeça e perfil transmucoso (a), porção rosqueável (b) e ponta ativa (c) dos mini-implantes nos grupos Neodent (1), SIN (2), Morelli (3), Conexão (4) e ForestaDent (5).

## 4. DISCUSSÃO

O presente estudo identificou diferenças significativas no *design* da cabeça, porção rosqueável e ponta ativa das cinco marcas comerciais de mini-implantes avaliadas. Além disso, foram detectados defeitos superficiais e sujidade ao MEV, principalmente na ponta ativa em alguns grupos.

Os mini-implantes constituem-seem um método de ancoragem esquelético efetivo e muito bem tolerado pelos pacientes, tornando-se referência para o tratamento ortodôntico em adultos (Labanauskaitė et al., 2004). Atualmente, estão disponíveis no mercado com diferentes formas, diâmetros, comprimentos, composição de liga de titânio e tratamentos de superfície. É importante destacar, contudo, que falhas têm sido verificadas durante os processos de

instalação e remoção. As fraturas relatadas ocorrem normalmente devido ao estresse de torção, uma vez que estes dispositivos apresentam diâmetros reduzidos (Reynderet al., 2009).

Reichenederet al., (2008) revelaram composição elementar comparável para diferentes sistemas de mini-implantes. Ressaltaram que as diferenças nas propriedades mecânicas podem ser atribuídas ao *design* dos mini-implantes, sendo de grande importância o conhecimento da morfologia das peças para assegurar estabilidade primária.

No presente estudo, observações sob MEV permitiram a comparação das características topográficas dos mini-implantes de cinco marcas comerciais. Defeitos de superfície, principalmente na ponta ativa, observados na maioria das amostras e provavelmente provenientes da usinagem, podem servir como ponto de partida para o início de ataques eletroquímicos como corrosão. A corrosão pode não alterar somente a natureza da superfície, mas também a resistência e outras propriedades do material (Morais LS et al., 2007). Segundo Sebbaret al. (2010), melhorias no tratamento de superfície dos mini-implantes poderiam aumentar sua resistência à corrosão. Mini-implantes do Grupo 5 apresentaram menores irregularidades na ponta ativa e um melhor polimento da porção rosqueável.

O método de usinagem empregado na fabricação de mini-implantes determina o tipo de acabamento de superfície. A usinagem provoca rugosidade na superfície, distinta da superfície lisa ou polida. Portanto, a biocompatibilidade da texturização de superfície influencia sobremaneira o tipo de formação ou quanto progride as reações teciduais adjacentes à superfície. Deve-se considerar também que alterações na morfologia de superfície durante o processo de esterilização e/ou danos mecânicos durante instalação e remoção podem resultar em alterações no crescimento e diferenciação dos osteoblastos.

Estudos têm também analisado modificações no *design* de mini-implantes que podem melhorar substancialmente as propriedades mecânicas (Chang et al., 2012). Com relação ao núme-

ro de roscas, quanto maior o número de filetes e a proximidade entre eles, maior será o travamento mecânico e, consequentemente, maior a resistência na inserção do mini-implante no osso, resistência ao deslocamento e estabilidade primária (Brinley et al., 2009). Os mini-implantes do Grupo 4, por apresentarem um número maior de roscas, provavelmente oferecem uma melhor distribuição das forças aplicadas. Além disso, a existência de ranhura lateral na porção cortical da rosca nos mini-implantes do Grupo 4 sugere maior resistência à fratura pois previne a concentração excessiva de tensão nos tecidos adjacentes (Schwartz et al., 2000). Por outro lado, o *design* da rosca, ou seja, a forma do corte seccional, também pode interferir na distribuição da tensão sob carga e no método de implantação (Chang et al., 2012). Visto as diferenças entre os grupos, mais estudos são necessários para verificar sua influência nas propriedades mecânicas dos mini-implantes.

Lee et al. (2007) observaram que muitos dos resultados indesejáveis devem-se ao design apical dos mini-implantes. Segundo os autores, os mini-implantes com design apical de acabamento grosseiro prejudicam o posicionamento final e comprometem a estabilidade primária. No presente estudo todos são autoperfurantes e os Grupos 1, 3 e 5 apresentaram a ponta ativa mais afilada sugerindo facilidade de inserção sem perfuração prévia e risco de fratura da peça durante inserção e fresagem do osso cortical. Além disso, outro cuidado no *design* é o diâmetro da cabeça do mini-implante que deve ser mais largo que o perfil transmucoso para prevenir a cobertura da peça por tecido mole. Este cuidado foi tomado por todos os grupos estudados, exceto no Grupo 4. Casaglia et al. (2010) demonstrou que o diâmetro reduzido do perfil transmucoso representa uma área de grande fragilidade. O autor observou microtrincas e ranhuras na superfície, concluindo que essas irregularidades poderiam facilitar a fratura dos mini-implantes.

A maioria dos mini-implantes são fabricados com liga Ti-6Al-4V (ASTM grau 5). Esta liga apresenta maior resistência mecânica que o titânio puro, sendo mais adequada ao diâmetro reduzido

de tais dispositivos, além de apresentar características bioativas inferiores que facilitam a remoção pois promove menor osseointegração.

A ancoragem esquelética parece ter aberto uma nova era na biomecânica ortodôntica. É preciso, contudo, estar atento às características topográficas e de microestrutura dos mini-implantes comercializados para utilizá-los com segurança na clínica ortodôntica.

## 5. IMPLICAÇÕES CLÍNICAS

O tratamento ortodôntico depende de recursos mecânicos de ancoragem confiáveis e efetivos.

A estabilidade primária, a resistência mecânica e a performance clínica dos mini-implantes, por sua vez, dependem da sua topografia e microestrutura.

## 6. CONCLUSÃO

Os mini-implantes ortodônticos avaliados apresentaram diferenças significativas no *design* da cabeça, perfil transmucoso, porção rosqueável e ponta ativa. Além disso, irregularidades superficiais e sujidade foram observados em todos os grupos, principalmente na ponta ativa. Estudos devem priorizar a avaliação topográfica e microestrutural, associadas a testes mecânicos de mini-implantes utilizados na ancoragem ortodôntica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials. ASTM E3 - 01 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. West Conshohocken: **American Society for Testing and Materials**; 2012. 12 p.

American Society for Testing and Materials. ASTM E407-99 Standard Practice for Microetching Metals and Alloys. West Conshohocken: **American Society for Testing and Materials**; 1999. 21 p.91

CARACTERIZAÇÃO DE MINI-IMPLANTES ORTODÔNTICOS ATRAVÉS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA American Society for Testing and Materials. ASTM E7 – 03 Standard Terminology Relating to Metallography. West Conshohocken: **American Society for Testing and Materials**; 2009. 30 p.

BRINLEY CL, BEHRENTS R, KIM KB, CONDOOR S, KYUNG HM, BUS-CHANG PH. Pitch and longitudinal fluting effects on the primary stability of miniscrew implants. **Angle Orthod**, v.79, n.6, p.1156-1161, 2009.

CASAGLIA A, DOMINICI F, PACHI F, TURLÁ R, CERRONI L. Morphological observations and fractological considerations on orthodontics miniscrews. **Minerva Stomatol**, v.59, n.9, p.465-476, 2010.

CHANG JZC, CHEN YJ, TENG YY, CHIANG YY, LAI EH, CHEN WP, LIN CP. Effects of thread depth, taper shape, and taper length on the mechanical properties of mini-implants. **Am J OrthodDentofacialOrthop**, v.141, n.3, p.279-288, 2012.

CHENG ST, TSENG IY, LEE JJ, KOK SH. A prospective study of the risk factors associated with failure of miniimplants used for orthodontic anchorage. **Int J Oral Maxillofac Implants**, v.19, n.1, p.100-106, 2004.

COOPER LF. Biologic determinants of bone formation for osseointegration: Clues for future clinical improvements. **J Prosthet Dent**, v.80, n.4, p.439-449, 1998.

COTRIM-FERREIRA FA, QUAGLIO CL, PERALTA RPV, CARVALHO PEG, SIQUEIRA DF. Metallographic analysis of the internal microstructure of orthodontic miniimplants. **Braz Oral Res**, v.24, n.4, p.438-442, 2010.

DONACHIE MJ Jr. Titanium: a technical guide. 2nd ed. Materials Park, Ohio: ASM International 2000;13-25,39-45,79-84. Eliades T, Zinelis S, Papadopoulos MA, Eliades G. Characterization of retrieved orthodontic miniscrew implants. **Am J OrthodDentofacialOrthop**, v.135, n.1, p.10.e1- e7, 2009.

FAVERO L, BROLLO P, BRESSAN E. Orthodontic anchorage with specific fixtures: Related study analysis. **Am J OrthodDentofacialOrthop**, v.122, n.1, p.84-94, 2002.

FLORVAAG B, KNEUERTZ P, LAZAR F, KOEBKE J, ZOLLER JE, BRAUMANN B, MISCHKOSKI BA. Biomechanical properties of orthodontic miniscrews. An in-vitro study. **J OrofascOrthop**, v.71, n.1, p.53-67, 2010.

International Organization for Standardization. Implants for surgery - **Metallic materials Part 3**: Wrought titanium 6-aluminium 4-vanadium alloy International Organization for Standardization. Reference number ISO 5832-3. Geneva: ISO; 1996.

KIM TW, BAEK SH, KIM JW, CHANG YI. Effects of microgrooves on the success rate and soft tissue adaptation of orthodontic miniscrews. **Angle Orthod**, v.78, n.6, p.1057-1064, 2008.

LABANAUSKAIATE B, JANKAUSKAS G, VASILIAUSKAS A, HAFFAR N. Implants for orthodontic anchorage. Metaanalysis. **Stomatologija**, v.7, n.4, p.128-132, 2005.

LEE JS et al. **Application of orthodontic mini-implants**. 1st ed. Canadá: .., 2007.

LIJIMA M, MUGURUMA T, BRANTLEY W, OKAYAMA M. Torsional properties and microstructures of miniscrew implants. **Am J Orthod-Dentofacial Orthop**, v.134, n.3, p.333 e 1–6, 2008.

LIM S, CHA J, HWANG C. Insertion torque of orthodontic miniscrews according to changes in shape, diameter and length. **Angle Orthod.**, v.78, n.2, p.234-240, 2008.

MATTOS CT, RUELLAS ACO, ELIAS CN. Is it possible to reuse mini-implants for orthodontic anchorage? Results of an in vitro study. **Materials Research**, v.13, n.4, p.521-524, 2010.

MORAIS LS, SERRA GG, MULLER CA, ANDRADE LR, PALERMO EF, ELIAS CN et al. Titanium alloy mini-implants for orthodontic anchorage: immediate loading and metal ion release. **Acta Biomater**, v.3, n.3, p.331-339, 2007.

PAPADOPOULOS MA, TARAWNEH F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* **Oral Radiol Endod**, v.103, n.5, p.e6-15, 2007.

PARK HS, JEONG SH, KWON OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.130, n.1, p.18-25, 2006.

REICHENEDER C, ROTTNER K, BOKAN I, MAI R, LAUER G, RICHTER G, GECHANGE T, PROFF P. Mechanical loading of orthodontic miniscrews – significance and problems: an experimental study. **Biomed Tech (Berl)**, v.53, n.5, p.242-245, 2008.

REYNDERS R, RONCHI L, BIPAT S. Miniimplants in orthodontics: a systematic review of the literature. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.135, n.5, p.564 e1-19, 2009.

SCHWARTZ Z, LOHMAN CH, BLAU G, BLANCHAND CR, SOSKOLNE AW, LIU Y, COCHRAN DL, DEAN DD, BOYAN BB. Re-use of implant coverscrews changes their surface properties but not clinical outcome. **Clin Oral Implants Res**, v.11, n.3, p. 183-194, 2000.

SEBBAR M, BOUZGUI F, AZZAB BA, ELQUARSs F. Ancora-geminis- crews: A surface characterization study using optical microscopy. **IntOrthod**, v.9, n.3, p.325-338, 2011.

SONG YY, CHA JY, HWANG CJ. Mechanical characteristics of various orthodontic mini-screws in relation to artificial cortical bone thickness. **Angle Orthod**, v.77, n.6, p.979-985, 2007.