

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Centro de Ciências da Saúde

Faculdade de Odontologia

ESTABILIDADE DE MINI-IMPLANTES SUBMETIDOS
À CARGA IMEDIATA

Giovana Rembowski Casaccia

CD, MO

Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de
Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro -
UFRJ, como parte dos requisitos, para a obtenção do Título
de Doutor em Odontologia (Ortodontia).

Rio de Janeiro

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ESTABILIDADE DE MINI-IMPLANTES SUBMETIDOS À CARGA IMEDIATA

GIOVANA REMBOWSKI CASACCIA, CD, MO

Orientadores: Prof. Dr. LINCOLN ISSAMU NOJIMA

Prof. Dr. MARCOS FARINA DE SOUZA

**Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de
Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro -
UFRJ, como parte dos requisitos, para obtenção do Título
de Doutor em Odontologia (Ortodontia).**

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Alberto Estevanell Tavares, CD

Prof. Dr. Gláucio Serra Guimarães, CD

Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ruellas, CD

Prof^a. Dr^a. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima, CD

Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima, CD

Rio de Janeiro

2009

Ficha Catalográfica

CASACCIA, Giovana Rembowski

Estabilidade de mini-implantes submetidos à carga imediata. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2009.

xxi, 78f.

Tese: Doutorado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia, 2009

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Mini-implante | 2. Estabilidade |
| 3. Carga imediata | 4. Teses |

I. Título

II. Tese (Doutorado – UFRJ/Faculdade de Odontologia)

Aos meus pais, Rosa Maria e Claudio

Pelo suporte e apoio sempre presentes durante toda minha formação. Exemplos de honestidade e dedicação.

Ao meu marido, Eduardo Mariotti, amor da minha vida, com quem compartilhei grandes emoções, minha admiração e meu eterno agradecimento pela compreensão e apoio nos momentos difíceis, incentivo e vibração nos mais felizes.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr Lincoln Issamu Nojima, minha admiração pelo exemplo de dedicação e lealdade, pela orientação durante a elaboração deste trabalho e constante incentivo ao meu desenvolvimento profissional e pessoal. Seu respeito, paciência e carinho tornou possível e agradável a concretização desta pesquisa, meu aprimoramento profissional e minha realização pessoal. Minha gratidão!

Aos Professores da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ, Dr^a Ana Maria Bolognese, Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ruellas, Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna, Dr. José Fernando Stangler Brazalle, Dr^a Margareth Maria Gomes de Souza, Dr^a Maria Evangelina Monnerat, Dr^a Matilde da Cunha Gonçalves Nojima, Dr^a Mônica Tirre de Souza Araújo e Dr^a Teresa Cristina Moreira meu respeito e reconhecimento pelas aprendizagens construídas ao longo destes anos.

Ao Laboratório de Biomíneralização (UFRJ) pelo suporte na fase de análise das peças para esta pesquisa. Em especial ao Professor Dr. Marcos Farina de Souza pela atenção, apoio e paciência durante estes anos. E aos amigos Madalena Barroso, André Linhares, Antonio Valladão, Leonardo Tavares, Leonardo Andrade e Mair de Oliveira pelo auxílio e carinho em todas minhas idas periódicas ao laboratório.

Ao Instituto de Metalurgia (UFRJ), em especial às Professoras Glória Soares e Márcia Sader pela atenção e suporte durante a análise dos dados desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Marcelo Alievi e à mestrande Aline Gouvêa, pelo suporte prestado durante a execução da pesquisa na Faculdade de Veterinária da UFRGS e pela ótima convivência durante a realização deste trabalho.

Aos meus padrinhos, Maria Lucia e Daniel pelo apoio e amparo nos momentos de dificuldades, pela compreensão nos momentos de dúvida e pelo amor e carinho dedicados todos os dias.

Às colegas e amigas Andréa Becker e Anamaria Estacia, meu agradecimento especial pelo estímulo, apoio, atenção e carinho dispensados durante estes anos de difícil conciliação profissional, acadêmica e emocional. Vocês foram incríveis!

Aos colegas de doutorado Luciana Rougemont, Janaína Gomes, Fernando Lima, Andréa Motta e Adriana Cury pela amizade, companheirismo e apoio durante os anos de convivência.

Aos Professores Dr. Eduardo Ferreira e Dr. Enio Ferreira, pelo apoio e atenção dispensados e pelo incentivo para a inscrição no Doutorado. Obrigada por confiarem e acreditarem em mim! Aos Professores Dr. Carlos Alberto Mundstock, Dr. José Renato Prietsch, Dra Karina Mundstock e Dr. Telmo Berthold pelas oportunidades oferecidas e pelo bom convívio durante o ano que antecedeu a minha inscrição ao doutorado.

Ao Professor Dr. Eduardo Martinelli, minha admiração e reconhecimento pelo incentivo para ingresso na vida acadêmica e pelas possibilidades de pesquisas disponibilizadas, sempre com muito entusiasmo.

Aos Professores de Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Eduardo Martinelli, Ernani Marchioro, Luciane Menezes, Susana Rizzato e Telmo Berthold pelos ensinamentos básicos de Ortodontia que recebi ainda no início da minha vida profissional e pelo constante incentivo, sempre de portas abertas para novas pesquisas.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Tavares, exemplo de dedicação e disciplina, um agradecimento pelas valiosas contribuições para o meu aprimoramento profissional. Obrigada pela oportunidade de trabalhar na clínica contigo e pela construção do meu sorriso atual!

Ao Professor Dr. Ronir Raggio, pela orientação e atenção prestadas ao tratamento estatístico realizado no presente estudo.

À Professora Dr^a Ana Mariza Filipouski pela amizade e colaboração nas correções do trabalho referentes à Língua Portuguesa.

Aos funcionários de Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ Katia Suely Carvalho Jorge, Mônica Mello do Nascimento, Robson Antonio França, Vanilda Antonio Saturnino, Terezinha de Souza, Bruno Marques Machado de Carvalho e, principalmente, Waltencir Silva Ferreira, pela assistência e muita atenção dispensadas.

Ao INP- Sistema de Implantes Nacionais e Próteses pela gentil doação dos mini-implantes utilizados na pesquisa.

A CAPES, pelo incentivo à qualificação profissional através da bolsa de estudos concedida e à FAPERJ pelo auxílio financeiro para execução da presente pesquisa.

E a todos os demais que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e minha formação profissional.

RESUMO

CASACCIA, Giovana Rembowski. **Estabilidade de mini-implantes submetidos à carga imediata.** Orientadores: Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima e Prof. Dr. Marcos Farina de Souza. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2009. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). 78f.

O objetivo foi avaliar a estabilidade secundária e o contato ósseo de mini-implantes com carga imediata, bem como caracterizar as injúrias radiculares causadas pela inserção acidental de alguns mini-implantes. Foram inseridos 91 mini-implantes entre as raízes dos dentes posteriores na cortical vestibular da mandíbula de 13 cães distribuídos em três períodos (1, 4 e 7 semanas) sendo 4 mini-implantes do lado direito com aplicação de carga imediata de 1,7 N (Grupo Experimental, GE) e 3 do lado esquerdo que serviram de controle (Grupo Controle, GC). Decorridos os períodos determinados, 36 mini-implantes foram analisados pelo ensaio mecânico de torção (TR), 18 foram removidos com o tecido ósseo e dente para análise da taxa de contato ósseo com a superfície do mini-implante (TCO) e 7 foram inseridos acidentalmente no periodonto e caracterizados pela microscopia eletrônica de varredura por elétrons retroespalhados (MEVeR). Os 4 cães que tiveram mini-implantes em contato com a superfície radicular foram excluídos da estatística. Dentre os mini-implantes que

foram bem localizados, 89% tiveram sucesso tanto no GE quanto no GC. Não houve diferença significativa entre os grupos tanto para TR (p valor=0,138; 0,785; 0,109 períodos 1, 4 e 7 semanas respectivamente) quanto para TCO (p valor=0,09; 0,263; 1,0 períodos 1, 4 e 7 semanas respectivamente). No entanto, houve diferença significativa entre os períodos avaliados, sendo a maior TCO, em ambos os grupos, no período de 7 semanas (GE=72% e GC=68%). Para o GE houve redução significativa do TR no decorrer dos três períodos (5,70 Ncm; 2,73 Ncm e 2,63 Ncm). Enquanto que para o GC não foi encontrada diferença significativa (3,62 Ncm; 2,76 Ncm e 5,20 Ncm). A aplicação da carga imediata não influencia no contato do tecido ósseo com a superfície do mini-implante quando adequadamente inseridos, no entanto a estabilidade parece depender do fator tempo. Os mini-implantes inseridos nas superfícies radiculares provocaram danos que foram agravados pelo tempo e aplicação de carga imediata.

SUMMARY

CASACCIA, Giovana Rembowski. **Estabilidade de mini-implantes submetidos à carga imediata.** Orientadores: Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima e Prof. Dr. Marcos Farina de Souza. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2009. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). 78f.

The aim was to evaluate both secondary stability and bone contact of immediate loaded mini-implants, as well as to characterize root injuries caused by accidental insertion of some mini-implants. Ninety-one mini-implants were cortical buccally inserted in the mandible of 13 dogs distributed in three experimental periods (1, 4, and 7 weeks). 4 mini-implants inserted on the right side of the mandible with immediate load application of 1,7 N (Experimental Group, EG) and 3 mini-implants on the left side serving as controls (Control Group, CG). After the experimental periods, 36 mini-implants were analyzed by using the removal torque testing (RT), 18 were removed with bone tissue and tooth for analysis of the index of bone-implant contact (BIC) and 7 were inserted into the periodontal tissues which were characterized by backscattered scanning electron microscopy (BSE). The 4 dogs which were inserted into the periodontal tissues were excluded of the statistic test. Of all mini-implants well inserted, 89% had success in both groups.

No significant differences were found between the groups regarding RT (p valor=0.138; 0.785; 0.109 at 1, 4 and 7 weeks) and BIC (p valor=0.09; 0.263; 1.0 at 1, 4 and 7 weeks). However, significant differences were found between the experimental periods, where BIC was higher at week 7 in both groups (EG=72% e CG=68%). In EG, RT was found to be significantly decreased over the three periods (5.70 Ncm; 2.73 Ncm; 2.63 Ncm). In CG no differences were found (3.62 Ncm; 2.76 Ncm; 5.20 Ncm). Immediate load application has no influence on the contact between bone and mini-implant surface when insertion is adequately performed, although stability seems to depend on time factor. The mini-implants inserted into the periodontal tissues provoked injuries that were aggravated by both time and immediate load application.

.

RESUMEN

CASACCIA, Giovana Rembowski. **Estabilidad de mini-implantes submetidos à carga inmediata.** Orientadores: Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima e Prof. Dr. Marcos Farina de Souza. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2009. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). 78f.

El objetivo fue evaluar la estabilidad secundaria y el contacto óseo de mini-implantes con carga inmediata, bien como caracterizar las injurias radiculares causadas por la inserción accidental de algunos mini-implantes. Habían sido insertados 91 mini-implantes entre las raíces de los dientes posteriores en la cortical de la mandíbula de 13 perros distribuidos en tres períodos (1, 4 y 7 semanas) siendo 4 mini-implantes del lado derecho con aplicación de carga inmediata de 1,7 N (Grupo Experimental, GE) y 3 del lado izquierdo que sirvieron de control (Grupo Control, GC). Transcurridos los períodos determinados, 36 mini-implantes habían sido analizados por el ensayo mecánico de torsión (TR), 18 habían sido removidos con el tejido óseo y diente para análisis de la tasa de contacto óseo con la superficie del mini-implante (TCO) y 7 habían sido insertados accidentalmente en el periodonto y caracterizados por la microscopía electrónica de barrido por electrones retrodispersados (MEVeR). Los 4 perros que tuvieron

mini-implantes en contacto con la superficie radicular habían sido excluidos de la estadística. De entre los mini-implantes que fueron bien localizados, 89% tuvieron éxito tanto en Ge cuanto en el GC. No hubo diferencia significativa entre los grupos tanto para TR (p valor=0,138; 0,785; 0,109 períodos 1, 4 y 7 semanas respectivamente) cuanto para TCO (p valor=0,09; 0,263; 1,0 períodos 1, 4 y 7 semanas respectivamente). Sin embargo, hubo diferencia significativa entre los períodos evaluados, siendo la mayor TCO, en ambos los grupos, en el periodo de 7 semanas (GE=72% y GC=68%). Para GE hubo reducción significativa del TR en el transcurrir de los tres períodos (5,70 Ncm; 2,73 Ncm y 2,63 Ncm). Mientras que para el GC no fue encontrada diferencia significativa (3,62 Ncm; 2,76 Ncm y 5,20 Ncm). La aplicación de la carga inmediata no influencia en el contacto del tejido óseo con la superficie del mini-implante cuando adecuadamente insertados, sin embargo la estabilidad parece depender del factor tiempo. Los mini-implantes insertados en las superficies radiculares provocaron daños que habían sido agravados por el tiempo y aplicación de carga inmediata.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

DELINEAMENTO DA PESQUISA

Quadro 1 Distribuição do número de mini-implantes (MI) nos grupos experimental (GE) e controle (GC) de acordo com os períodos analisados.....	6
Quadro 2 Distribuição do número de mini-implantes (MI) nos grupos experimental (GE) e controle (GC) de acordo com os períodos e análises utilizadas.....	14
Figura 1 Localização dos mini-implantes (Sistema INP®) na cavidade bucal. A) grupo experimental (lado direito - GE) e B) grupo controle (lado esquerdo - GC).....	6
Figura 2 Fotografias dos procedimentos para inserção do mini-implante (Sistema INP®). A) Guia cirúrgico em acrílico e fio metálico posicionado. B) Radiografia da adaptação do guia na área do primeiro molar inferior. C) Inserção do mini-implante na cortical vestibular entre as raízes do primeiro molar	9
Figura 3 A) A linha vermelha representa a medida de comprimento total entre roscas (passo da rosca) B) A linha azul representa a medida de contato ósseo com a superfície do mini-implante para o TCO. Setas azuis indicam ausência de contato ósseo	

com mini-implante. R2 e R3 representam segunda e terceira roscas do mini-implante respectivamente.....	12
---	----

ARTIGO 1

Figure 1 Image of load mini-implants (EG) inserted between the roots of teeth in the buccal region and their respective elastomeric chains.....	35
--	----

Figure 2 Measurements of total length (A) and bone contact (B) of one side of the mini-implant for calculation of the BIC index. No bone-implant contact (red arrows).....	35
---	----

Figure 3 Bone-implant contact for the three experimental periods: (A) Wound chamber at 1 week of healing. No bone contact and formation of woven bone (black arrows); (B) Wound chamber at 4 weeks of healing; (C) Wound chamber at 7 weeks of healing. Great amount of osteocytes and secondary osteons (white arrows). (MI, mini-implant; PL, periodontal ligament; B, bone; D, dentine). BSE original magnification x 60.....	38
---	----

ARTIGO 2

Figure 1 Mini-implants buccally inserted between the dental roots on the right (A - with 4 load mini-implants) and left (B - with 3 no load mini-implants) sides of the dog's mandible.....	52
--	----

Figure 2 Apical radiographs of the area where mini-implants were accidentally inserted close to the roots of lower third premolars for each experimental period. (A) Dog at week 1 with loaded mini-implant. (B) Dog at week 4 with loaded mini- implant. (C) Dog at week 7 with no loaded mini-implant.....	52
---	----

Figure 3 Backscattered scanning electron microscopy image of interradicular area of lower third premolars with well-positioned mini-implants: mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D). (A) 1-week period; white arrows indicating a woven bone; key indicating host bone tissue; black arrows indicating Haversian medullar spaces. (B) 4-week period; lamellar bone tissue; black arrows indicating Haversian canals; white arrows indicating medullar spaces; white asterisks indicating blood vessels. (C) 7-week period; lamellar bone tissue, normal thickness of periodontal ligament, and intact cementum and dentine. White arrows indicating bone tissue in direct contact to titanium; black arrows indicating Haversian canals. Scale bar 200 µm.....

54

Figure 4 Backscattered scanning electron microscopy image of interradicular area of lower third premolars with mini-implants inserted into periodontal ligament: mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D). (A) Group non-load after 4-week period; white arrows indicating bone resorption; black arrows indicating intact cementum. (B) Loaded group after 4-week period; resorption of whole bone-metal interface; white arrows indicating bone resorption; black arrows indicating initial resorption of cementum. Scale bar 200 µm.....

55

Figure 5 Backscattered scanning electron microscopy image of the thread portion of the mini-implant inserted in the root of the lower third premolar from non-load group showing absence of bone-implant contact. Mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D); white arrows indicating bone resorption; black arrow indicating cementum resorption. Period of 4 weeks. Scale

bar 200 µm.....	56
-----------------	----

Figure 6 Backscattered scanning electron microscopy image of interradicular area of lower third premolars with mini-implants inserted into periodontal ligament from loaded group: mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D). White arrows indicating bone resorption; black arrows indicating cementum resorption. Period of 1 week. Scale bar 200 µm.. 56

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Table 1 Distribution of mini-implants used in the experimental (EG) and control (CG) groups according to 1-week, 4-week, and 7-week periods.....	36
Table 2 Rate of success (S) vs. failure (F) according to periods and groups.....	36
Table 3 Values of removal torque testing (RT) in Ncm.....	36
Table 4 Percentage of bone-implant contact for mesial (M) and distal (Di) sides of the 56 measures of threads from each group	37
Table 5 Comparison of the index of bone-implant contact between groups and periods.....	37

ARTIGO 2

Table 1 Distribution of mini-implants inserted between roots evaluated by apical radiographs according to experimental periods and load application.....	53
Table 2 Lost mini-implants and root injury confirmed by BSE.....	53

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

$^{\circ}\text{C}$	graus Celsius
\emptyset	Diâmetro
$\%$	Porcento
Σ	Somatório
Al	alumínio
B	bone
BIC	bone-implant contact
BSE	backscattered scanning electron microscopy
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Ce	cementum
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COBEA	Colégio Brasileiro de Experimentação Animal
CG	Control group
D	dentine
Di	distal
EG	Experimental group
F	failure
FAPERJ	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
g	grama
GC	Grupo controle

GE	Grupo experimental
h	hour
kg	quilograma
kV	quilovolts
M	mesial
mg/kg	miligramma por quilograma
MI	mini-implante
MEVeR	microscopia eletrônica de varredura por elétrons retroespalhados
mm	milímetro
nm	nanômetro
N	Newton
Ncm	Newton centímetro
rpm	rotações por minuto
RT	removal torque testing
R2	segunda rosca do mini-implante
R3	terceira rosca do mini-implante
R4	quarta rosca do mini-implante
S	success
SD	standard deviation
Sistema INP	Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Comércio LTDA
SRD	sem raça definida
TCO	taxa de contato ósseo
Ti	titânio
TR	ensaio mecânico de torção
V	vanádio

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 PROPOSIÇÃO.....	4
3 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	5
3.1 DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA.....	5
3.2 MANUTENÇÃO DOS ANIMAIS.....	7
3.3 ANESTESIA E PROCEDIMENTOS CLÍNICOS.....	7
3.4 PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS.....	8
3.5 ENSAIO MECÂNICO DE TORÇÃO.....	9
3.6 MICROMORFOMETRIA.....	10
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	12
3.8 ABORDAGEM EXPERIMENTAL.....	13
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	15
4.1 ARTIGO 1: CASACCIA, G.R; GOUVÉA, A.S.; ALIEVI, M.M.; SOARES, G.A; FARINA, M.; NOJIMA, L.I. Evaluation of stability of load mini-Implants and adjacent bone contact. Submetido para publicação na Clinical Oral Implant Research.....	17

4.2 ARTIGO 2: CASACCIA, G.R; GOUVÊA, A.S.; ALIEVI, M.M.; SOARES, G.A.; FARINA, M.; NOJIMA, L.I. Periodontal injuries caused by accidental insertion of mini- implants. Submetido para publicação na Clinical Oral Implant Research.....	40
5 DISCUSSÃO.....	57
6 CONCLUSÃO.....	68
7 RECOMENDAÇÕES.....	69
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
9 ANEXOS.....	77
9.1 ANEXO 1: Aprovação do Comitê de Ética da Faculdade de Veterinária da UFRGS.....	78

1 INTRODUÇÃO

O controle da ancoragem é um dos aspectos mais importantes durante o tratamento ortodôntico, sendo a ancoragem esquelética, atualmente, o foco de muitas pesquisas (GOTFREDSEN *et al*, 1992; AKIN-NERGIZ *et al*, 1998; OHMAE *et al*, 2001). O emprego de mini-implantes na Ortodontia permitiu movimentos dentários de difícil execução, bem como a introdução de várias técnicas e sistemas ortodônticos alternativos em função de suas vantagens biomecânicas nos três planos espaciais, da aceitação pela maioria dos pacientes (BRANDÃO; MUCHA, 2008) e da redução do tempo de tratamento (MAJZOUN *et al*, 1999; LEE *et al*, 2007). No entanto, o procedimento cirúrgico, para inserção do dispositivo, é mais um passo para o tratamento ortodôntico e exige tempo de cicatrização do tecido ósseo, necessário para a estabilidade dos mini-implantes (WEHRBEIN; GLATZMAIER; YILDIRIM, 1997; MELSEN; COSTA, 2000; NOJIMA *et al*, 2006).

Na atualidade, existe a premissa de reduzir o tempo de tratamento ortodôntico a fim de beneficiar o paciente (MELSEN; COSTA, 2000; FREIRE *et al*, 2007). Isto tem motivado o carregamento imediato dos mini-implantes, gerando várias investigações clínicas (MAJZOUN *et al*, 1999; SAITO *et al*, 2000; MELSEN; LANG, 2001; OHMAE *et al*, 2001; MEYER *et al*, 2004; BUCHTER *et al*, 2005b; KIM; AHN; CHANG, 2005; MORAIS *et al*, 2007). Entretanto, existe controvérsia em relação ao momento em que a carga ortodôntica deveria ser aplicada, a fim de

evitar comprometimento do tecido ósseo adjacente ao dispositivo de ancoragem temporária (MELSEN; COSTA, 2000; BUCHTER *et al*, 2005b; KIM; AHN; CHANG, 2005; MORAIS *et al*, 2007; SERRA *et al*, 2008)

Alguns estudos mostraram que a carga poderia estimular a formação óssea, principalmente na região de tensão, aumentando a estabilidade do dispositivo (AKIN-NERGIZ *et al*, 1998; MAJZOUB *et al*, 1999; SAITO *et al*, 2000; MELSEN; LANG, 2001; BUCHTER *et al*, 2005a). Para outros autores, o que importa é a estabilidade primária (retenção mecânica dada pela cortical óssea) que é dependente da técnica de inserção do mini-implante e não do carregamento (BERGLUNDH *et al*, 2003; ABRAHAMSSON *et al*, 2004; KIM; AHN; CHANG, 2005; FREIRE *et al*, 2007). Acredita-se que decorrido um tempo determinado, a estabilidade do mini-implante aumenta com a aplicação de forças não excessivas (DEGUCHI *et al*, 2003; BUCHTER *et al*, 2005b).

Apesar do mini-implante ser um dispositivo intra-bucal bastante empregado devido à eliminação de efeitos indesejáveis durante as movimentações dentárias, algumas limitações devem ser consideradas nos seus planejamento e inserção. As complicações associadas à inserção incluem fraturas do mini-implante (PITHON *et al*, 2008; SQUEFF *et al*, 2008), injúrias radiculares (ASSCHERICKX *et al*, 2005), lesões de vasos sanguíneos e seios maxilares (CHENG *et al*, 2004). Dentre estas, as lesões radiculares merecem atenção especial, pois podem gerar danos irreversíveis ao dente (CARRILLO *et al*, 2007).

A área preferencial para aplicação da biomecânica com mini-implantes é freqüentemente, a interradicular. Entretanto, por ser um espaço bastante reduzido, podem ocorrer problemas durante a inserção do dispositivo (SCHNELLE *et al*, 2004; BRISCENO *et al*, 2009). O procedimento é considerado crítico,

mesmo sendo realizadas medidas preventivas em radiografias periapicais (ASSCHERICKX *et al*, 2005; NOJIMA *et al*, 2006). Embora haja guias para “zonas seguras” de inserção, ainda há riscos de injúrias radiculares (POGGIO *et al*, 2006), pois os guias não garantem as variações individuais das morfologias radiculares (BRISCENO *et al*, 2009).

As injúrias radiculares acidentais causadas durante a inserção de mini-implantes também foram relatadas em estudos afins que observaram os reparos que ocorrem após a remoção do mini-implante. Asscherickx *et al* (2005) descreveram o reparo de três raízes danificadas pela inserção acidental do mini-implante em 12 semanas. Chen *et al* (2007) mostraram a influência do dano radicular na estabilidade do mini-implante, além de descreverem o reparo em um período mais prolongado após sua remoção. Entretanto, o acompanhamento de lesões periodontais ocorridas com o mini-implante em posição ainda foi pouco estudado. Brisceno *et al* (2009) e Hembree *et al* (2009) desenvolveram pesquisas que observaram a extensão dos danos intencionais ao periodonto imediatamente após a inserção do dispositivo, bem como por 6 a 12 semanas subsequentes de sua fixação, porém sem aplicação de carga (BRISCENO *et al*, 2009; HEMBREE *et al*, 2009). A evolução das injúrias radiculares sob microscopia eletrônica de varredura por elétrons retroespalhados (MEVeR) e a extensão do dano causado pela aplicação de carga imediata ainda não foram descritas na literatura. As informações valiosas fornecidas pela técnica permitem a análise precisa das lesões com o implante em posição.

Os autores do presente estudo têm como objetivo avaliar, em períodos distintos, a estabilidade secundária, o contato ósseo de mini-implantes com carga imediata, além de descrever as injúrias que podem ocorrer na superfície radicular e no periodonto de sustentação após inserção de mini-implantes.

2 PROPOSIÇÃO

- 2.1 Avaliar a estabilidade secundária de mini-implantes com carga imediata nos períodos de 1, 4 e 7 semanas, e
- 2.2 Caracterizar as injúrias nas raízes dentárias e no periodonto de sustentação após inserção acidental de mini-implantes

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Nesta pesquisa foi realizado o método experimental *in vivo*, obedecendo às recomendações éticas e legais especificadas para a experimentação animal pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal - COBEA (2007) previstas na Lei número 6.638/79 (BRASIL, 1979). O projeto foi submetido à Comissão de Ética da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) tendo recebido parecer favorável sob registro 04/2006 (ANEXO 1, página 75).

3.1 DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA

Para o desenvolvimento da pesquisa, utilizaram-se 13 cães, do gênero feminino, da espécie *Canis familiaris*, SRD, pesando em média 13 kg, provenientes do Centro de Controle de Zoonoses da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (RS), livres de doenças infecto-contagiosas.

Foram utilizados 91 mini-implantes (Sistema INP®) de liga de Titânio-6Alumínio-4Vanádio (grau V) usinados, possuindo 1,5 mm de diâmetro, 6 mm de comprimento e 1 mm de perfil transmucoso, inseridos perpendicularmente à superfície cortical vestibular do osso alveolar da mandíbula.

A amostra foi dividida em dois grupos: experimental (mini-implantes com carga imediata – GE) e controle (mini-implantes sem carga – GC). Cada grupo apresentou 52 e 39 mini-implantes, respectivamente divididos entre os períodos de 1, 4 e 7 semanas (Quadro 1). Cada animal apresentou sete mini-implantes, sendo quatro do lado direito com aplicação de carga imediata e três do lado oposto sem carga (Figura 1). No grupo GE, a força de 1,7 N foi aplicada perpendicular ao longo eixo do mini-implante, a partir de elásticos em cadeia (*American Orthodontics*).

Períodos	GE (MI)	GC (MI)	Total (MI)
1 semana (n=4)	16	12	28
4 semanas (n=5)	20	15	35
7 semanas (n=4)	16	12	28
Total (n=13)	52	39	91

n= número de animais

Quadro 1 Distribuição do número de mini-implantes (MI) nos grupos experimental (GE) e controle (GC) de acordo com os períodos analisados.

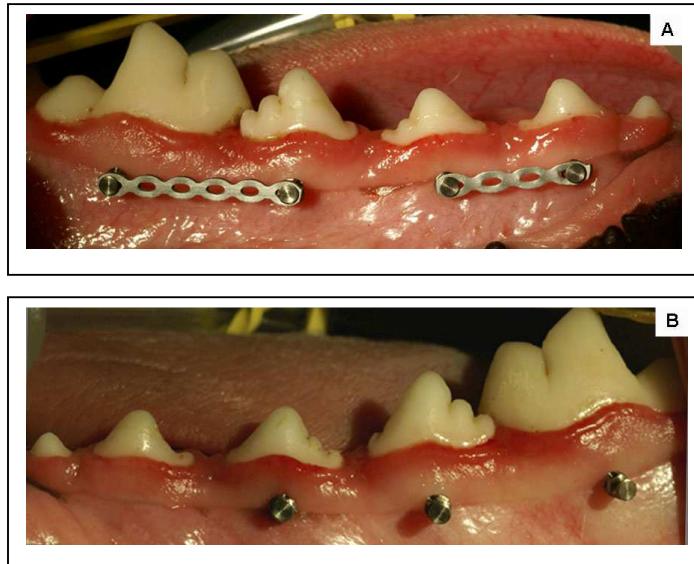


Figura 1 Localização dos mini-implantes (Sistema INP®) na cavidade bucal. **A)** grupo experimental (lado direito - GE) e **B)** grupo controle (lado esquerdo - GC).

3.2 MANUTENÇÃO DOS ANIMAIS

Durante o período de aclimatação de 40 dias, os animais foram avaliados pelo médico veterinário e submetidos a exames laboratoriais de sangue e fezes. Foram vacinados contra raiva, parvovirose, hepatite, leptospirose, cinomose e parainfluenza, além de medicados contra verminose, eliminando-se riscos de problemas sistêmicos. Receberam ainda, aplicação tópica de parasiticida (*Frontline-spray, Rhodia-Mérieux Veterinária Ltda*) a cada três semanas.

Os animais foram mantidos em canil individual, com ótimas condições de higiene e ventilação, sendo assistidos por médicos veterinários. As acomodações eram limpas duas vezes ao dia, período em que os cães ficavam soltos em área apropriada para tomar sol. A dieta foi à base de ração úmida para cães a fim de evitar eventuais danos à aparelhagem durante a mastigação. A água foi fornecida *ad libitum*.

3.3 ANESTESIA E PROCEDIMENTOS CLÍNICOS

Passado o período de aclimatação, foram realizados os procedimentos clínicos e cirúrgicos com indução de anestesia profunda. Como medicação pré-anestésica, foram administrados 0,1 mg/kg de maleato de acepromazina (Acepran 1%) e 2 mg/kg de meperidina (Dolosal) por via intramuscular. Após 15 minutos, foi obtido acesso vascular (veia cefálica) e administrado imediatamente 20 mg/kg de ampicilina sódica. A indução anestésica foi realizada com propofol (2-4 mg/kg), via intravenosa, e, após intubação orotraqueal, a anestesia foi mantida com isoflurano em oxigênio a 100%, através de sistema reinalatório de anestesia. Além disso, os cães tiveram bloqueado o nervo mandibular com lidocaína 1%. Sob anestesia

profunda, nos dois grupos foram realizados os procedimentos de inserção do mini-implante e fixação do elástico apenas no grupo experimental.

Previamente ao acesso cirúrgico, foi realizada a raspagem de cálculo dentário e a profilaxia nas superfícies dentárias de todos os quadrantes.

3.4 PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS

Todos os procedimentos foram executados pelo mesmo operador e assistente, sob condições assépticas, seguindo sempre o protocolo cirúrgico pré-determinado. As manobras cirúrgicas foram realizadas sob anestesia geral, no Centro Cirúrgico do Hospital de Clínicas Veterinárias da Faculdade de Veterinária da UFRGS. Após a completa recuperação anestésica, todos os animais receberam flunixin meglumine como terapia anti-inflamatória e analgésica, repetido mais duas vezes, a cada 24 horas. Os animais usaram o colar Elisabetano, a fim de evitar o auto-traumatismo, até a cicatrização completa dos tecidos gengivais.

A localização para inserção dos mini-implantes na cortical vestibular da mandíbula foi padronizada, a partir da adaptação do guia cirúrgico de acrílico e fio metálico previamente confeccionado em modelo de gesso. A marcação foi realizada com a sonda, perfurando a gengiva inserida 3 a 4 mm a partir da margem cervical dos dentes, posicionando-a paralela ao longo eixo da ponta de cúspide dos pré-molares e primeiro molar inferior. Logo após, foi adaptado o guia, para radiografar e assim localizar o ponto de inserção (Figura 2A e B, página 9). Antes da inserção, a área foi higienizada com gluconato de chlorhexidine a 0,12%.

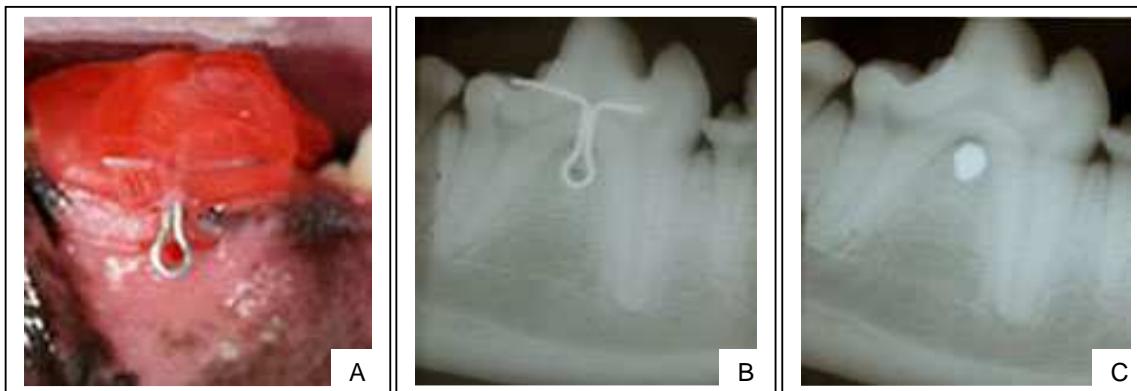


Figura 2 Fotografias dos procedimentos para a inserção do mini-implante (Sistema INP®). **A)** Guia cirúrgico em acrílico e fio metálico posicionado **B)** Radiografia da adaptação do guia na área do primeiro molar inferior. **C)** Inserção do mini-implante na cortical vestibular entre as raízes do primeiro molar.

Os mini-implantes foram inseridos realizando perfuração prévia de 2 mm de profundidade na cortical óssea, a partir de contra-ângulo redutor cirúrgico, em baixa velocidade (800 a 1200 rpm), associado à fresa (1 mm de diâmetro), com soro fisiológico para refrigeração. Nova tomada radiográfica foi necessária para confirmar a localização do dispositivo (Figura 2C).

Em GE, os elásticos foram mantidos ativos com força de 1,7 N, medidos com tensiômetro (3MUnitek, St Paul, MN) previamente calibrado. No grupo em que o período foi de 1 semana, não houve troca de elásticos. Para o período de 4 semanas houve uma troca e para 7 semanas, houve 2 trocas com a sedação prévia dos cães.

3.5 ENSAIO MECÂNICO DE TORÇÃO

Os valores de ensaio mecânico de torção (TR) foram registrados a partir de torquímetro digital (Instrutherm TQ 680, Korea) de forma manual. O torque do

mini-implante foi definido como a força máxima de torção (Ncm) estabelecida para remoção do mini-implante. Ao final de cada período experimental a força foi aferida nos mini-implantes inseridos entre as raízes dos quartos pré-molares e primeiros molares inferiores dos dois lados. Quando os mini-implantes não mostravam mobilidade e o valor do torque de remoção era maior que 0,3 Ncm, consideravam-se que os dispositivos estavam estáveis e que apresentavam sucesso (CHEN; SHIN; KYUNG, 2008).

3.6 MICROMORFOMETRIA

Os mini-implantes removidos com bloco de tecido ósseo contendo os terceiros pré-molares foram utilizados para avaliar a taxa de contato ósseo com a superfície do titânio. Nenhum dos cães foi sacrificado para remoção das peças anatômicas. Foi realizada a osteotomia com auxílio de fresa 701, micro-motor em baixa rotação, sob refrigeração nas regiões mesial, distal e apical dos terceiros pré-molares, produzindo um bloco com aproximadamente 3 mm de tecido ósseo ao redor de cada dispositivo.

As amostras foram imersas em solução fixadora de paraformaldeído 4%, tampão fosfato e desidratadas com solução de etanol em concentrações crescentes. Os espécimes foram infiltrados com resina do tipo Spur (Pelco International, Califórnia, USA), cuja polimerização ocorreu em estufa, a 70°C, por 24 horas. Após o resfriamento, as amostras foram submetidas ao desgaste e polimento com a Politriz APL-02 (Arotec S/A, Brasil) a 145 rpm sob fluxo constante de água, até que fosse observado a metade do mini-implante. As superfícies polidas e livres de água foram então recobertas com camada de 20 nm de ouro, para caracterização em microscopia eletrônica de varredura por

elétrons retroespalhados (MEVeR) (Zeiss DMS 940A – 15kV, Germany) (COSTA *et al*, 2005).

Para avaliação do contato do tecido ósseo com a superfície do mini-implante, três rosas medianas dos lados direito e esquerdo dos mini-implantes foram selecionadas, excluindo as rosas cervicais e apicais. As interfaces titânio/osso foram definidas a partir de duas rosas consecutivas com um aumento de 60 vezes. As imagens digitais obtidas foram processadas pelo Programa Image-Pro Plus 4.5 (Media Cybernetics, Inc. Bethesda, USA), onde obteve-se duas medidas lineares das rosas R2-R3 e R3-R4 de cada lado (passo da rosa) (Figura 3A, página 12), totalizando 104 medidas analisadas segundo a porcentagem de contato osso/mini-implante.

Porcentagem de contato osso/mini-implante

Para o cálculo da porcentagem de contato osso/mini-implante, foram realizadas duas medições. A primeira se refere ao comprimento total da ponta de uma rosa até a de outra (passo da rosa). A segunda medida corresponde ao somatório dos locais onde se observou o contato mini-implante/osso (Figura 3A e B, página 12). A taxa de contato ósseo (TCO) foi calculada segundo a fórmula:

$$\text{TCO} = \frac{\sum \text{comprimento do osso em contato com mini-implante}}{\text{comprimento total entre rosas}} \times 100$$

Foram obtidas 104 medidas expressas em percentual de contato osso/mini-implante, sendo 52 medidas para o lado mesial e o mesmo para o lado distal. A partir dessas medidas, calculou-se a média da TCO para cada lado do mini-implante dos dois grupos avaliados.

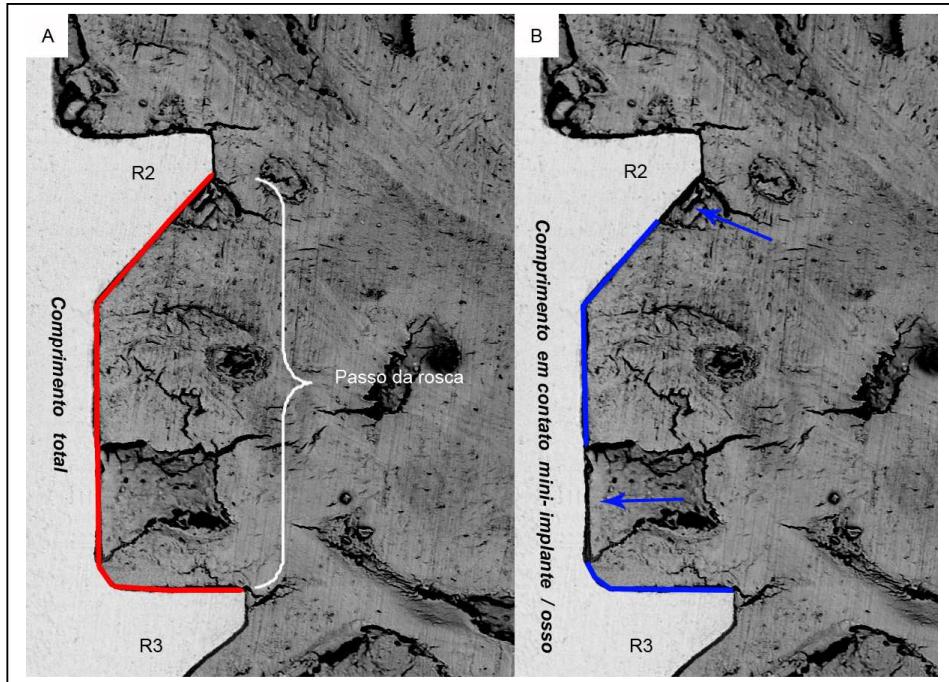


Figura 3 **A)** A linha vermelha representa a medida de comprimento total entre roscas (passo da rosca) **B)** A linha azul representa a medida do contato ósseo com a superfície do mini-implante para o TCO. Setas azuis indicam ausência de contato ósseo com mini-implante. R2 e R3 representam segunda e terceira roscas do mini-implante respectivamente.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores do ensaio mecânico de torção e da taxa de contato ósseo obtidos foram expressos em média e desvio padrão. As diferenças entre os GE e GC, bem como as diferenças de taxa de contato ósseo entre o lado mesial e distal foram analisadas pelo teste de *Wilcoxon* e as variáveis independentes, como os períodos, pelo teste *Kruskal-Wallis*, considerando o *p* valor menor ou igual a 0,05 significativo (LUIZ; COSTA; NADANOVSKY, 2005).

3.8 ABORDAGEM EXPERIMENTAL

A abordagem experimental, seguida no delineamento da pesquisa, forneceu dados e constatações que originaram a elaboração de dois artigos científicos.

O primeiro artigo foi desenvolvido a partir de 9 cães que apresentaram 63 mini-implantes inseridos no tecido ósseo entre as raízes dos dentes posteriores na mandíbula. De acordo com os três períodos (1, 4 e 7 semanas), 36 mini-implantes foram avaliados quanto ao ensaio mecânico de torção (TR), a partir de torquímetro digital. Este definiu a força máxima de torque estabelecida para remoção do mini-implante de cada grupo. Dezoito mini-implantes da região do terceiro pré-molar, dos dois grupos, foram preparados para análise micromorfométrica (TCO – taxa de contato ósseo), para determinar a média de contato entre osso e mini-implante, nos três períodos, com auxílio de microscopia eletrônica de varredura por elétrons retroespalhados (Zeiss DMS 940A – 15Kv, Germany) para cortes por desgastes. Os nove mini-implantes remanescentes, correspondente às áreas dos segundos pré-molares do grupo experimental, serviram apenas como ancoragem para cadeia elastomérica (Quadro 2, página 14).

No segundo artigo, foram caracterizadas as áreas de contato do mini-implante com as raízes dos pré-molares de quatro cães, utilizando microscopia eletrônica de varredura por elétrons retroespalhados. Do total de 91 mini-implantes, observados em períodos distintos, sete entraram em contato com a superfície radicular e periodonto, após inserção acidental de mini-implantes, visto em radiografias periapicais. No entanto apenas 4 mini-implantes foram confirmados pelo MEVeR. A evolução destas injúrias e a extensão do dano

causado pela aplicação de carga imediata foram descritas com o dispositivo em posição.

Períodos	1 semana (n=3)		4 semanas (n=3)		7 semanas (n=3)		Total (n=9)	
	TR	TCO	TR	TCO	TR	TCO	TR	TCO
GE	6	3	6	3	6	3	18	9
GC	6	3	6	3	6	3	18	9
Total	12	6	12	6	12	6	36	18

n= número de animais

Quadro 2 Distribuição do número de mini-implantes (MI) nos grupos experimental (GE) e controle (GC) de acordo com os períodos e análises utilizadas.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 ARTIGO 1

CASACCIA, G.R; GOUVÊA, A.S.; ALIEVI, M.M.; SOARES, G.A; FARINA, M.; NOJIMA, L.I. Evaluation of stability of load mini-implants and adjacent bone contact. Submetido para publicação na Clinical Oral Implant Research.

4.2 ARTIGO 2

CASACCIA, G.R; GOUVÊA, A.S.; ALIEVI, M.M.; SOARES, G.A.; FARINA, M.; NOJIMA, L.I. Periodontal injuries caused by accidental insertion of mini-implants. Submetido para publicação na Clinical Oral Implant Research.

Clinical Oral Implants Research - Manuscript Copy**CLINICAL ORAL IMPLANTS RESEARCH****Evaluation of Stability of load Mini-Implants and Adjacent Bone Contact**

Journal:	<i>Clinical Oral Implants Research</i>
Manuscript ID:	COIR-Nov-09-OR-1343.R1
Manuscript Type:	Original Research
Date Submitted by the Author:	26-Feb-2010
Complete List of Authors:	Casaccia, Giovana; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Orthodontics Gouvêa, Aline; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Animal Surgery Alievi, Marcelo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Animal Medicine Soares, Gloria; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Metallurgical Engineering Farina, Marcos; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Biomédicas Nojima, Lincoln; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Orthodontics
Keywords:	Bone implant interactions, Biomaterials, Animal Experiments, Orthodontics



ARTIGO 1

EVALUATION OF STABILITY OF LOAD MINI-IMPLANTS AND ADJACENT BONE CONTACT

Abstract

Objective: The aim of present study is evaluating both secondary stability orthodontic mini-implants and their contact to adjacent bone using immediate load application and compared with unloaded mini-implants.

Material and Method: Sixty-three mini-implants were cortical buccally inserted between the roots of mandibular premolars and first molars of nine dogs at weeks 1, 4, and 7. Each animal had 4 mini-implants inserted on the right side of the mandible with immediate load application of 1.7 N by using elastomeric chains (Experimental group, EG). Three mini-implants were inserted on the left side with no load application, serving as control (Control Group, CG). After the experimental periods, 36 mini-implants were analyzed by using the removal torque testing (RT) and 18 mini-implants were removed together with bone tissue and tooth for analysis of the index of bone-implant contact (BIC) using BSE.

Results: It was observed success rate of mini-implants in 88.8% of the samples in both groups. No significant differences were found between the groups regarding RT and BIC. However, significant differences were found between the experimental periods, where BIC was higher at week 7 in both groups. In the experimental group (EG), RT was found to be decreased over the periods, thus

demonstrating that despite the BIC, a low mechanical resistance can be achieved. In the CG no significant differences were found.

Conclusion: Based on the results, immediate load application has no influence on the contact between bone and mini-implant surface, although stability depends on the time factor.

Key-words: Bone implant interactions, Biomaterials, Animal Experiments, Orthodontics

Introduction

Anchorage control is one of the most important aspects to obtain success in the orthodontic treatment. Skeletal anchorage was introduced to prevent undesirable tooth movement in both arches, being focus of much research (Kanomi 1997; Costa et al. 1998; Carrillo et al. 2007). The use of mini-implants in Orthodontics allowed complicated dental movements to be achieved, and alternative orthodontic systems and techniques could then be introduced. Besides, mini-implants have biomechanical advantages with efficient anchorage control and reduced treatment time (Lee et al. 2007). However, the surgical procedure needed for mini-implant insertion add steps to the orthodontic treatment and time required for bone healing, which is necessary for proper stability of the mini-implant (Melsen & Costa 2000; Nojima et al. 2006).

Reducing orthodontic treatment time is the premise being sought today in order to benefit the patient. This has motivated the immediate loading of mini-implants, thus promoting a number of clinical and histological investigations (Majzoub et al. 1999; Saito et al. 2000; Melsen & Lang 2001; Ohmae et al.

2001; Meyer et al. 2004; Buchter et al. 2005a; Kim et al. 2005; Morais et al. 2007). However, there is controversy about when orthodontic load should apply without compromising the bone tissue surrounding the temporary anchorage device.

Some studies have shown that load application might accelerate bone formation mainly in the pressure region, including its density, thereby increasing the stability of the mini-implant (Majzoub et al. 1999; Saito et al. 2000; Ohmae et al. 2001; Buchter et al. 2005a; Kim et al. 2005; Morais et al. 2007). However Deguchi et al. (2003) believed that some bone healing time is required because of the increased bone formation at the three-week period which was indicative of intense bone modeling and remodeling of the initial healing reaction. For other authors primary stability is the main concern as the bone cortex provides mechanical retention (Berglundh et al. 2003; Abrahamsson et al. 2004; Freire et al. 2007) depending on the technique used for mini-implant insertion instead of loading (Kim et al. 2005). After a given period of time, the mini-implant stability increases with optimal force application (Deguchi et al. 2003; Buchter et al. 2005b). The aim of present study is assessing in three different times both secondary stability and bone-implant contact using immediate load application and compared with unloaded mini-implants.

Material and methods

Sample

An *in vivo* experimental method was employed to characterize the clinical aspects of secondary stability of the mini-implant as well as its contact to bone

tissue. Sixty-three mini-implants (Sistema INP ®, São Paulo, Brazil) made from Ti-6Al-4V alloy (grade V) with a diameter of 1.5 mm, a length of 6 mm and 1 mm in transmucosal height were inserted into the mandibles of nine female dogs weighing 13 kg on average.

Sample distribution was assessed at 1, 4, and 7 weeks, with three animals being used for each period. The experimental group (EG) consisted of twelve mini-implants inserted on the right side of the mandible, all receiving a load of 1.7 N (Fig. 1). Nine mini-implants serving as control group (CG) were inserted on the left side of the mandible and no load was applied to them (Table 1).

Surgical procedure

The experiment was conducted at the Surgery Center of the Veterinary Hospital of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) according to ethic and legal approval and recommendations established by the Ethics Committee of the Faculty of Veterinary Medicine of the UFRGS. The same operator and assistant, under aseptic conditions, performed all procedures according to the surgical protocol determinate.

The insertion of the mini-implants was located on the cortical buccal side of the mandible by means of a surgical guide made of acrylic and wire, which had been previously prepared using cast model. Initial radiographs were taken in order to check the local of the devices. Asepsis was performed by using chlorhexidine gluconate prior to insertion. Next, a surgical reduction screw driver coupled to Ø 1 mm surgical drill was used at 800-1200 rpm under refrigeration with physiological saline solution. After perforation of bone cortex, the mini-implants were inserted by means of a torque wrench (Sistema INP ®, São Paulo, Brazil). Radiographs were taken after insertion in order to confirm

their placement. Mini-implants of the experimental group (EG) received load immediately from elastomeric chains, which were re-activated.

After the experimental periods, the dogs were anesthetized for surgical and clinical procedures. In the mandibular posterior region, 36 mini-implants had their removal torque (RT) assessed, whereas 18 were prepared for micromorphometric analysis (BIC- bone-implant contact). The remaining nine mini-implants in the second premolar region (in the EG) served as anchorage for elastomeric chains only.

Removal torque testing

The removal torque testing (RT) was performed by using a digital torque gauge (Instrutherm TQ 680, Korea). The removal torque was defined as the maximum torque (Ncm) that allowing of the mini-implant. After experimental period the mini-implant clinical stability was found to be successful when RT was greater than 0.3 Ncm.

Micromorphometry analysis

The titanium mini-implants were removed together with the surrounding bone tissue and third premolar so that the index of bone-implant contact (BIC) could be evaluated. None of the dogs was sacrificed for removing the sample pieces. Osteotomy was performed in the mesial, distal, and apical regions of third premolars, yielding a block of approximately 3 mm of bone tissue surrounding the mini-implant.

The samples were immersed into fixing solution (4% paraformaldehyde in phosphate buffer) and then dehydrated in ascending concentrations of ethanol solution. The samples were infiltrated with Spur resin (Pelco International,

California, USA) and polymerized at 70°C for 24h. After cooling, the samples were submitted to wearing and polishing procedures by using a polishing machine (Politriz APL-02, Arotec S/A, Brazil) at 145 rpm under constant water flow until half of the mini-implant could be observed. Next, the water-free polished surfaces were covered with a 20 nm thick gold layer for characterization on backscattered scanning electron microscopy (Zeiss DMS 940 A – 15Kv, Germany).

To evaluate the contact between bone tissue and mini-implant surface, longitudinal sectional images were obtained four measures of the three median threads on the right and left sides of the mini-implants. A backscattered scanning electron microscope (BSE) was employed at a magnification of x 60 to achieve a clear definition of the titanium-bone interface. The digital images obtained were processed with the Image-Pro Plus 4.5 software (Media Cybernetics, Inc. Bethesda, USA), allowing the 72 measures to be analyzed according to the percentage of bone-implant contact (BIC).

Bone-implant contact

To calculate the percentage of bone-implant contact, two measurements were required: one regarding the total length and other regarding the sum of the sites where the bone-implant contact was observed along this length (Fig. 2). The index of bone-implant contact (BIC) was calculated as follows:

$$\text{BIC} = \frac{\sum \text{length of bone in contact to mini-implant}}{\text{Total length}} \times 100$$

Seventy-two measurements of the bone-implant contact were obtained in percentage, 36 regarding the mesial side and 36 regarding the distal side. Based on these measurements, the mean BIC was calculated for each side of the mini-implant in both groups evaluated.

Statistical analysis

The values of both torque removal and bone-implant contact were expressed in mean and standard deviation. The differences between EG and CG groups as well as between mesial and distal BIC indexes were analyzed by using Wilcoxon's test, whereas Kruskal-Wallis was employed for independent variables (e.g. periods) at 5% significance.

Results

Animals exhibited good health conditions after surgery. Of the 63 mini-implants inserted, 56 had good stability at the end of the experimental periods, that is, a success rate of 88.8%. Four mini-implants of the experimental group were lost during the experimental periods (3 at week 7 and 1 at week 4), whereas three ones of the control group were lost (1 at week 7 and 2 at week 4), including a mini-implant fractured during insertion (Table 2). The rate of success for both groups was 88.8%

Removal torque testing

No statistical difference in torque values was found between experimental and control groups for none of the experimental time periods. However, it was observed a decrease in the removal torque values within the experimental group over time, with significant differences between week 1 and week 7 as well

as between week 1 and week 4. On the other hand, control group had no such significant differences despite the fact that removal torque values were higher at week 7 compared to those at weeks 1 and 4 (Table 3).

Bone-Implant Contact

Fourteen mini-implants were evaluated for BIC because four mini-implants were lost and 56 measures of threads whose mesial (M) and distal (D) sides were measured, including mean and standard deviation (Table 4).

Because no statistical difference was found between mesial and distal sides, all the measures of threads were considered for comparison of BIC values between the groups. The mean values for bone-implant contact of both groups for each experimental period are listed in Table 5.

No significant differences were observed between the groups regarding the bone-implant contact. However, the comparison between the experimental periods showed a significant increase in the BIC index over time for both groups (Fig. 3).

Discussion

The orthodontic mini-implants used for the study were those made of Ti-6Al-4V alloy because of their increased mechanical resistance, despite their low biocompatibility. A recent study has shown that the mini-implant design fulfils the requirements for polishing care and shape of head and transmucosal neck to facilitate attachment of device to soft tissue, thus preventing biofilm accumulation. Besides, the apical portion of the mini-implant is narrower so that the contact to adjacent roots is avoided (Squeff et al. 2008).

No fracture occurred during removal of the mini-implants, and the mean torque force was 5.20 Ncm at week 7 in the control group. According to previous study, this force is smaller than that observed for fracture of mini-implants of similar diameter receiving mean force of 25 Ncm (Pithon et al. 2008). The authors have concluded that both shape and thickness of the mini-implant are directly related to resistance to perpendicular forces and torque (Pithon et al. 2008; Squeff et al. 2008).

In general, orthodontic movements require additional anchorage. This can be achieved by using mini-implants, which are commonly inserted into the buccal region of the mandible and indicated in the present study (Kanomi 1997; Costa et al. 1998; Melsen & Costa 2000; Ohmae et al. 2001; Deguchi et al. 2003; Carrillo et al. 2007). The force can be immediately applied to these devices following their insertion (Melsen & Costa 2000; Deguchi et al. 2003; Buchter et al. 2005b; Carrillo et al. 2007; Freire et al. 2007; Morais et al. 2007; Wiechmann et al. 2007) because of the resistance of the surrounding bone, which is strong enough despite the osseous immaturity (Deguchi et al. 2003; Kim et al. 2007).

The ideal force for human patients should not exceed 2 N for immediate loading of mini-implants (Miyawaki et al. 2003). High magnitude of forces (5-9 N) on mini-implants can result in failures, but such forces are not necessary for tooth movement. Study on finite element method have confirmed that the amount of concentrated tension loads resulting from high magnitude of lateral forces impaired the biological activity of adjacent bone, leading to imbalance of bone apposition and resorption (Melsen & Lang 2001). Therefore a immediate force of 1,7 N, usually employed to move multi-rooted teeth, was used in the

present study because that application does not affect the healing process of the bone tissue surrounding the mini-implant

These orthodontic mini-implants achieved a success rate of 88.8%, that is, of all 63 mini-implants inserted, 56 exhibited good secondary stability at the end of the experimental periods. Of the 7 failures, 4 cases involved mini-implants from experimental group (EG) and 3 were from control group (CG), with no significant difference between both groups regarding the rate success. Deguchi et al. (2003) observed failures in 3 mini-implants inserted in mandibles of dogs during the healing period with no load application (control), that is, they found a success rate of 97% compared to 100% in the experimental group (with load application). In contrast, Freire et al. (2007) found success rates of 100% and 77.7% for control and experimental groups, respectively. Some authors showed that the success rate of mini-implants inserted in patients ranged from 83% to 85% after immediate load application (Miyawaki et al. 2003). Therefore, the immediate loading of orthodontic mini-implants seems to have no influence on the success rate of the insertion.

With regard to the measurements obtained, no statistical difference in removal torque values was found between experimental and control groups, that is, secondary stability was similar in both groups. Other studies demonstrated that it is not necessary to wait for osseointegration of mini-implant (Akin-Nergiz et al. 1998; Melsen & Costa 2000; Deguchi et al. 2003; Miyawaki et al. 2003; Morais et al. 2007), for it is important to achieve primary stability when occurs the insertion (Costa et al. 1998; Motoyoshi et al. 2005). Others authors added that removal torque is dependent of surface characteristics

because of the increased of the bone-implant contact found in presence of roughness surface (Buser et al. 1991).

With regard to the BIC index, again no difference was observed between the groups, confirmed that immediate load application didn't alter the bone contact to mini-implant. Additionally, the authors stated that not only stability was good, but also bone formation was improved so long as forces are not excessive and no gingival inflammation exists (Deguchi et al. 2003; Buchter et al. 2005a; Carrillo et al. 2007; Freire et al. 2007).

Analysis of mesial and distal sides was performed to investigate changes in the bone contact due to the applied force vector. Bone remodeling and bone density on the tension side would be different from that of compression side (Majzoub et al. 1999). The healing process can be faster because of the osteoblastic behavior, when load is applied in the earliest days, (Melsen & Lang 2001; Meyer et al. 2004). However, the present study revealed that no difference was found between these sides. These findings are in accordance with another that bone proximity being similar (40% to 56%) (Akin-Nergiz et al. 1998). Authors found differences between mesial and distal sides only in gingival tissue, resulting in marginal bone loss on the compression side (Freire et al. 2007).

With regard to the experimental periods, it was observed significant differences between week 1 and week 4 as well as between week 1 and week 7 regarding the mean values for removal of loaded mini-implants (Table 3), thus revealing a decrease in the resistance to removal over time. One reason for this was the choice of a surgical protocol requiring previous perforation of the dog's bone cortex because of its thickness. The pre-drilling system used cortical

perforation causing difficult healing and prejudicing the interface of titanium. Consequently, it seems to show greater mobility and lesser bone contact compared to the free-drilling system (without previous perforation). The resistance to orthodontic forces was decreased when drilling procedures were used, including reduction in the levels of bone remodeling (Kim et al. 2005).

In the present study, such levels could not be assessed, but the index of bone-implant contact was evaluated during the experimental periods. It was observed significant differences between week 1 and week 4 as well as between week 1 and week 7 in both groups studied, with BIC values increasing over time in contrast with RT values. The authors, who have studied the degree of osseointegration of non-loaded implants in dog mandibles during early healing phases, can explain this. They observed formation of woven bone between 1 or 2 weeks, lamellar replacement between 2 and 4 weeks, and bone mineralization after 6 weeks (Berglundh et al. 2003; Abrahamsson et al. 2004). Indeed, there was an increase in bone contact depending on the period of time, but the amount of bone tissue could not be analyzed.

The primary mechanical stability is gradually replaced by biologic stability. The results of the present study is agree with Raghavendra et al. (2005), which proposed presumably, that there is a period of time during healing in which osteoclastic activity has decreased the initial mechanical stability of the implant but the formation of new bone has not yet occurred to the level required to maintain implant stability which was illustrated in group unloaded of Table 3 and 5. However during this critical period the loaded mini-implants had different behaviors because of the relative motion which is considerate a risk to failure of

osseointegration by some authors (Berglundh et al. 2003; Raghavendra et al. 2005).

Removal torque was first suggested as an indirect biomechanical method for evaluation of metal-bone interface (Carlsson et al. 1988). The resistance to removal of mini-implants can be correlated to bone density and consequent stability of them (Friberg et al. 1999; Okazaki et al. 2008). In the present work, it was noted that the index of bone-implant contact is not directly related to resistance to removal of the mini-implants because the results revealed significantly decreased torque values, although high, mainly in the experimental group after 7 weeks (Tables 3 and 5). It is thought that the negative correlation found is due to differences in bone maturation, for the bone in contact to titanium might present less resistance. Also removal torque does not depend on bone quality and implant adherence only, but the mechanical competency of the tissues surrounding the implant (Meredith et al. 1997). The fact that different techniques have been used for analyzing mini-implants with differentiated localization can lead to further discussions, thus stimulating more studies.

There are various techniques to evaluate the bone-implant interface. The most traditional histological technique is the “sawing and grinding” one, allowing bone architecture morphology bone to be observed by means of light microscopy. However, the difficulty in obtaining micrometric sections and increasing magnification has contributed to the search for another method of analysis. Both light microscopy using the decalcification technique and transmission electron microscopy do not allow the contact area to be evaluated because the mini-implant is removed prior to sectioning the samples, just making it difficult to observe the areas of interesting. The use of both “sawing

and grinding" technique and backscattered scanning electron microscopy to examine bone-implant interface was first reported in 1990 (Bloebaum et al. 1990) and proposed for many authors (Gutfredsen et al. 1992; Ottani et al. 2002; Costa et al. 2005; Wierzchos et al. 2008). According to the authors, it was then the best method for morphological characterization of undecalcified tissues (Ottani et al. 2002; Sul et al. 2005), and more recently they showed its effectiveness for studies on bone tissue ultra-structural response (Wierzchos et al. 2008). Its use in the present study was found to be positive, for the target areas were morphologically characterized with specific contrast for titanium (white) and bone tissue (gray), thus contributing to evaluation of bone amount in contact to mini-implant.

The stability of a mini-implant depends on some factors such as design (size, shape, and surface), surgical technique (with or without flap, with or without previous cortical perforation), load application and intensity, presence of plaque, bone and gingival tissue (Miyawaki et al. 2003; Kim et al. 2005). Hygienization and gingival quality are also important factors (Gutfredsen et al. 1992; Artzi et al. 1993; Hurzeler et al. 1998) because of the very low muscle insertions, which mobilizes the mini-implant. The keratin, not present in the jugal mucosa, provides the necessary support for stabilization of mini-implant (Artzi et al. 1993). Some failures resulting from this lack of keratin may have originated from the difficult in localized the insertion sites.

Based on these results, immediate load application was found to have no influence on bone-implant contact, but secondary stability seems to depend on time. Experimental group had a significant reduction in the removal torque

values over time, thus demonstrating that mini-implants may exhibit low mechanical resistance even in contact to bone.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support given by CNPq, CAPES and FAPERJ.

References

- Abrahamsson, I., Berglundh, T., Linder, E., Lang, N.P. & Lindhe, J. (2004) Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* **15**: 381-392.
- Akin-Nergiz, N., Nergiz, I., Schulz, A., Arpak, N. & Niedermeier, W. (1998) Reactions of peri-implant tissues to continuous loading of osseointegrated implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **114**: 292-298.
- Artzi, Z., Tal, H., Moses, O. & Kozlovsky, A. (1993) Mucosal considerations for osseointegrated implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry* **70**: 427-432.
- Berglundh, T., Abrahamsson, I., Lang, N.P. & Lindhe, J. (2003) De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clinical Oral Implants Research* **14**: 251-262.
- Bloebaum, R.D., Bachus, K.N. & Boyce, T.M. (1990) Backscattered electron imaging: The role in calcified tissue and implant analysis. *Journal of Biomaterials Applications* **5**: 56-85.
- Buchter, A., Kleinheinz, J., Wiesmann, H.P., Kersken, J., Nienkemper, M., Weyhrother, H., Joos, U. & Meyer, U. (2005a) Biological and biomechanical evaluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 1-8.
- Buchter, A., Wiechmann, D., Koerdт, S., Wiesmann, H.P., Piffko, J. & Meyer, U. (2005b) Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 473-479.
- Buser, D., Schenk, R.K., Steinemann, S., Fiorellini, J.P., Fox, C.H. & Stich, H. (1991) Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* **25**: 889-902.

- Carlsson, L., Rostlund, T., Albrektsson, B. & Albrektsson, T. (1988) Removal torques for polished and rough titanium implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **3**: 21-24.
- Carrillo, R., Rossouw, P.E., Franco, P.F., Opperman, L.A. & Buschang, P.H. (2007) Intrusion of multiradicular teeth and related root resorption with mini-screw implant anchorage: A radiographic evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **132**: 647-655.
- Costa, A., Raffaini, M. & Melsen, B. (1998) Miniscrews as orthodontic anchorage: A preliminary report. *International Journal of Adult Orthodontic & Orthognathic Surgery* **13**: 201-209.
- Costa, C.A., Sena, L.A., Pinto, M., Muller, C.A., Cavalcanti, J.H. & Soares, G.A. (2005) In vivo characterization of titanium implants coated with synthetic hydroxyapatite by electrophoresis. *Brazilian Dental Journal* **16**: 75-81.
- Deguchi, T., Takano-Yamamoto, T., Kanomi, R., Hartsfield, J.K., Jr., Roberts, W.E. & Garetto, L.P. (2003) The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. *Journal of Dental Research* **82**: 377-381.
- Freire, J.N., Silva, N.R., Gil, J.N., Magini, R.S. & Coelho, P.G. (2007) Histomorphologic and histomophometric evaluation of immediately and early loaded mini-implants for orthodontic anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **131**: 704 e701-709.
- Friberg, B., Sennerby, L., Meredith, N. & Lekholm, U. (1999) A comparison between cutting torque and resonance frequency measurements of maxillary implants. A 20-month clinical study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* **28**: 297-303.
- Gotfredsen, K., Nimb, L., Hjorting-Hansen, E., Jensen, J.S. & Holmen, A. (1992) Histomorphometric and removal torque analysis for tio₂-blasted titanium implants. An experimental study on dogs. *Clinical Oral Implants Research* **3**: 77-84.
- Hurzeler, M.B., Quinones, C.R., Kohal, R.J., Rohde, M., Strub, J.R., Teuscher, U. & Caffesse, R.G. (1998) Changes in peri-implant tissues subjected to orthodontic forces and ligature breakdown in monkeys. *Journal of Periodontology* **69**: 396-404.
- Kanomi, R. (1997) Mini-implants for orthodontic anchorage. *Journal of Clinical Orthodontics* **31**: 763-767.
- Kim, H., Kim, T.K. & Lee, S.J. (2007) Convenient removal of orthodontic mini-implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **131**: S90-91.
- Kim, J.W., Ahn, S.J. & Chang, Y.I. (2005) Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **128**: 190-194.

- Lee, J.S., Kim, J.K., Park, Y.C. & Vanarsdall, J.R.L. (2007) *Applicattions of orthodontic mini-implants*. 1st edition, 274. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Majzoub, Z., Finotti, M., Miotti, F., Giardino, R., Aldini, N.N. & Cordioli, G. (1999) Bone response to orthodontic loading of endosseous implants in the rabbit calvaria: Early continuous distalizing forces. *European Journal of Orthodontics* **21**: 223-230.
- Melsen, B. & Costa, A. (2000) Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clinical Orthodontics and Research* **3**: 23-28.
- Melsen, B. & Lang, N.P. (2001) Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. *Clinical Oral Implants Research* **12**: 144-152.
- Meredith, N., Shagaldi, F., Alleyne, D., Sennerby, L. & Cawley, P. (1997) The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. *Clinical Oral Implants Research* **8**: 234-243.
- Meyer, U., Joos, U., Mythili, J., Stamm, T., Hohoff, A., Fillies, T., Stratmann, U. & Wiesmann, H.P. (2004) Ultrastructural characterization of the implant/bone interface of immediately loaded dental implants. *Biomaterials* **25**: 1959-1967.
- Miyawaki, S., Koyama, I., Inoue, M., Mishima, K., Sugahara, T. & Takano-Yamamoto, T. (2003) Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **124**: 373-378.
- Morais, L.S., Serra, G.G., Muller, C.A., Andrade, L.R., Palermo, E.F., Elias, C.N. & Meyers, M. (2007) Titanium alloy mini-implants for orthodontic anchorage: Immediate loading and metal ion release. *Acta Biomaterialia* **3**: 331-339.
- Motoyoshi, M., Yano, S., Tsuruoka, T. & Shimizu, N. (2005) Biomechanical effect of abutment on stability of orthodontic mini-implant. A finite element analysis. *Clin Oral Implants Res* **16**: 480-485.
- Nojima, L.I., Nojima, M.G., Melgaço, C.A., Costa, L.F.M. & Neves, J.B. (2006) Temporary anchorage devices in orthodontics. In: Neves, J.B., ed. *Esthetics in implantodontology*. São Paulo: Quintessence Editora Ltda.
- Ohmae, M., Saito, S., Morohashi, T., Seki, K., Qu, H., Kanomi, R., Yamasaki, K.I., Okano, T., Yamada, S. & Shibasaki, Y. (2001) A clinical and histological evaluation of titanium mini-implants as anchors for orthodontic intrusion in the beagle dog. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **119**: 489-497.
- Okazaki, J., Komasa, Y., Sakai, D., Kamada, A., Ikeo, T., Toda, I., Suwa, F., Inoue, M. & Etoh, T. (2008) A torque removal study on the primary stability of orthodontic titanium screw mini-implants in the cortical bone of dog femurs. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* **37**: 647-650.

- Ottani, V., Raspanti, M., Martini, D., Tretola, G., Ruggeri, A., Jr., Franchi, M., Giuliani Piccari, G. & Ruggeri, A. (2002) Electromagnetic stimulation on the bone growth using backscattered electron imaging. *Micron* **33**: 121-125.
- Pithon, M.M., Nojima, L.I., Nojima, M.G. & Ruellas, A.C.O. (2008) Assessment of flexure strength and fracture of orthodontic mini-implants. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial* **13**: 128-133.
- Raghavendra, S., Wood, M.C. & Taylor, T.D. (2005) Early wound healing around endosseous implants: A review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* **20**: 425-431.
- Saito, S., Sugimoto, N., Morohashi, T., Ozeki, M., Kurabayashi, H., Shimizu, H., Yamasaki, K., Shiba, A., Yamada, S. & Shibasaki, Y. (2000) Endosseous titanium implants as anchors for mesiodistal tooth movement in the beagle dog. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **118**: 601-607.
- Squeff, L.R., Simonson, M.B.A., Elias, C.N. & Nojima, L.I. (2008) Characterization of the mini-implants used to orthodontic anchorage. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial* **13**: 49-56.
- Sul, Y.T., Johansson, C., Byon, E. & Albrektsson, T. (2005) The bone response of oxidized bioactive and non-bioactive titanium implants. *Biomaterials* **26**: 6720-6730.
- Wiechmann, D., Meyer, U. & Buchter, A. (2007) Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: A prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research* **18**: 263-267.
- Wierzchos, J., Falcioni, T., Kiciak, A., Wolinski, J., Koczorowski, R., Chomicki, P., Porembcka, M. & Ascaso, C. (2008) Advances in the ultrastructural study of the implant-bone interface by backscattered electron imaging. *Micron* **39**: 1363-1370.



Fig. 1. Image of load mini-implants (EG) inserted between the roots of teeth in the buccal region and their respective elastomeric chains.

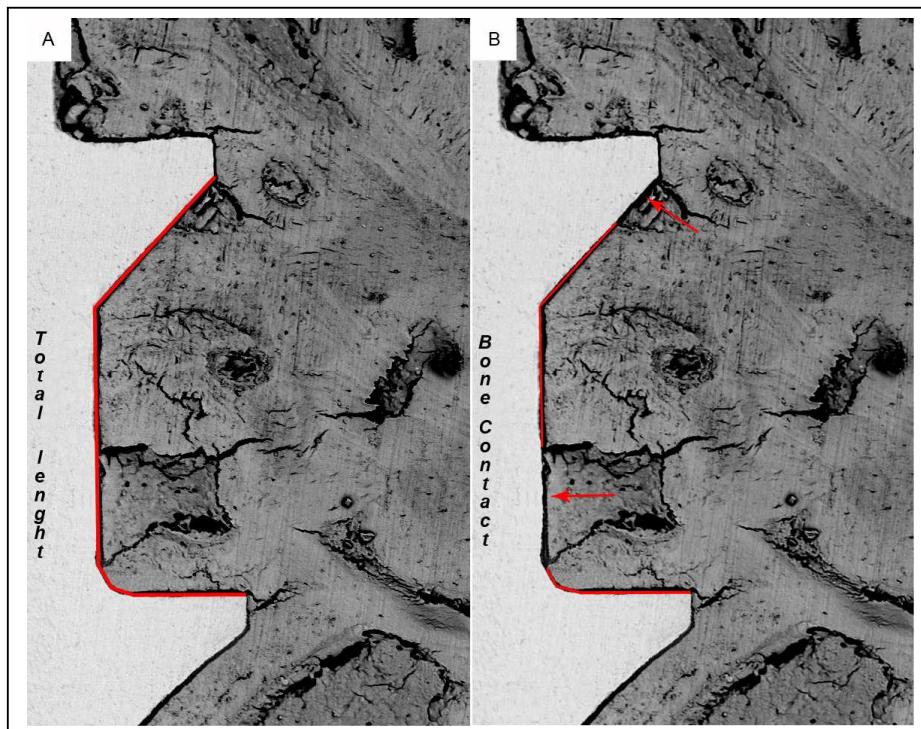


Fig. 2. Measurements of total length (A) and bone contact (B) of one side of the mini-implant for calculation of the BIC index. No bone-implant contact (red arrows).

Table 1. Distribution of mini-implants used in the experimental (EG) and control (CG) groups according to 1-week, 4-week, and 7-week periods

Periods	Week 1 (n=3)	Week 4 (n=3)	Week 7 (n=3)	Total (n=9)
EG	12	12	12	36
CG	9	9	9	27
Total	21	21	21	63

n= number of animals

Table 2. Rate of success (S) vs. failure (F) according to periods and groups.

Periods	Week 1		Week 4		Week 7	
	S	F	S	F	S	F
EG (n=36)	12	0	11	1	9	3
CG (n=27)	9	0	7	2*	8	1
Total (n=63)	21	0	18	3	17	4
P value	0.564					

n= number of mini-implants

* one failure due to fracture during insertion of mini-implant.
No significance

Table 3. Values of removal torque testing (RT) in Ncm.

Periods	Week 1			Week 4			Week 7		
	Mean	SD	P value	Mean	SD	P value	Mean	SD	P value
EG (n=17)	5.70	±1.60	B	2.73	±1.09	A	2.63	±1.42	A
CG (n=17)	3.62	±1.66	C	2.76	±0.97	C	5.20	±3.89	C
P value	0.138			0.785			0.109		

n= number of mini-implants

Statistical difference for periods = different letters. P value < 0.05

Table 4. Percentage of bone-implant contact for mesial (M) and distal (Di) sides of the 56 measures of threads from each group

Group	EG (n=28)			CG (n=28)		
	M (n=14)	Di (n=14)	P value	M (n=14)	Di (n=14)	P value
Mean	58%	54%		44%	55%	
SD	±27	±24	0.637	±32	±27	0.109

n= number of measures of threads

No significance

Table 5. Comparison of the index of bone-implant contact between groups and periods

Periods	Week 1			Week 4			Week 7		
	Mean	SD	P value	Mean	SD	P value	Mean	SD	P value
EG(n=28)	33%	±18	A	75%	±16	B	72%	±11	B
CG(n=28)	18%	±22	C	62%	±22	D	68%	±10	D
P value	0.093			0.263			1.0		

n= number of measures of threads

Statistical difference for periods = different letters. P value < 0.01

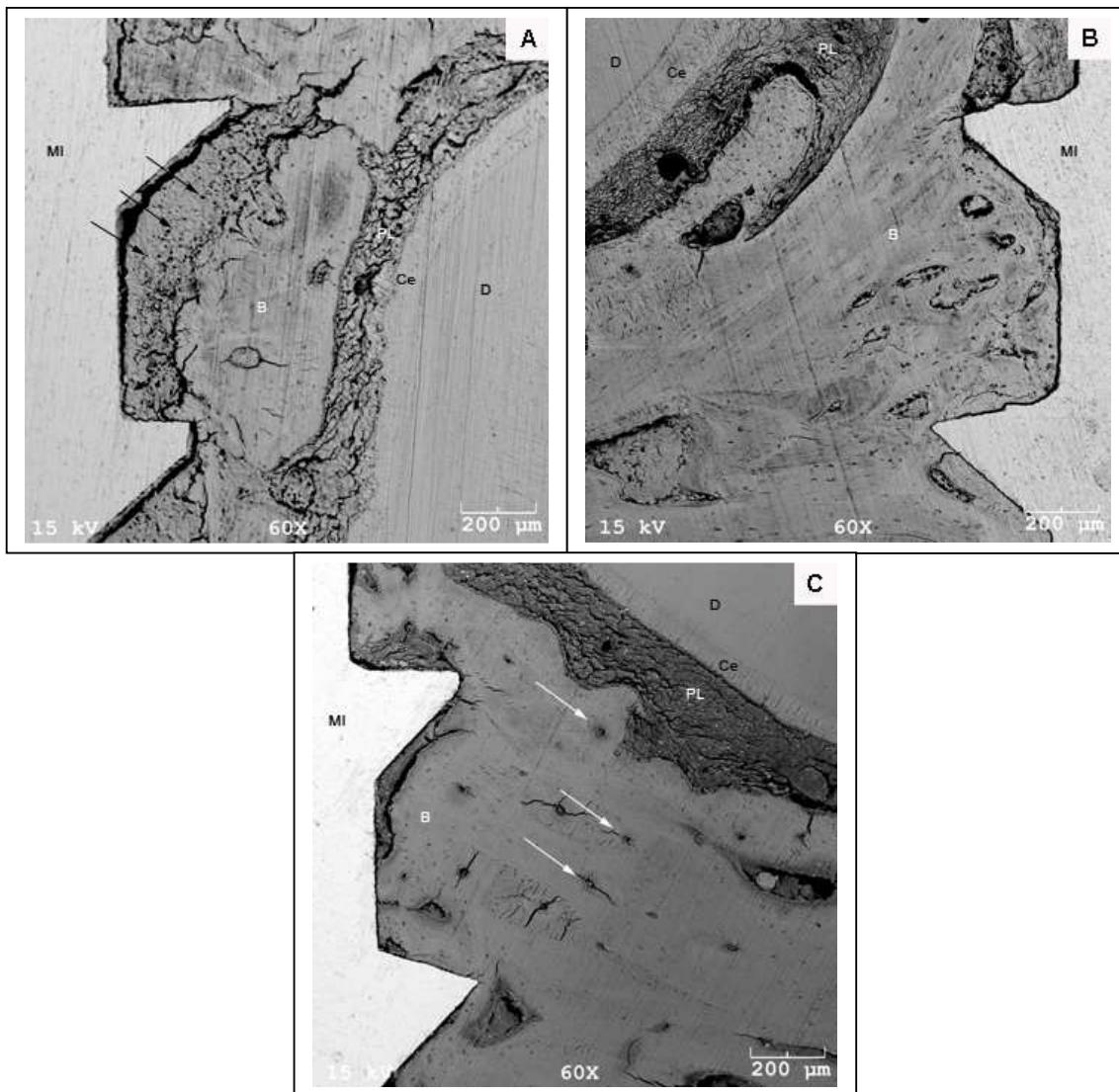


Fig. 3. Bone-implant contact for the three experimental periods: **(A)** Wound chamber at 1 week of healing. No bone contact and formation of woven bone (black arrows); **(B)** Wound chamber at 4 weeks of healing; **(C)** Wound chamber at 7 weeks of healing. Great amount of osteocytes and secondary osteons (white arrows). (MI, mini-implant; PL, periodontal ligament; B, bone; D, dentine). BSE original magnification x 60).

CLINICAL ORAL IMPLANTS RESEARCH

Periodontal injuries caused by accidental insertion of mini-implants.

Journal:	<i>Clinical Oral Implants Research</i>
Manuscript ID:	COIR-Nov-09-OR-1344
Manuscript Type:	Original Research
Date Submitted by the Author:	22-Nov-2009
Complete List of Authors:	Casaccia, Giovana; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departament of Orthodontics Gouvêa, Aline; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departament of Animal Surgery Alievi, Marcelo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departament of Animal Medicine Soares, Gloria; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Metallurgical Engineering Department Farina, Marcos; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Biomédicas Nojima, Lincoln; Universidade Federal do Rio de Janeiro, Department of Orthodontics
Keywords:	Bone implant interactions, Morphometric analysis, Animal Experiments



ARTIGO 2

PERIODONTAL INJURIES CAUSED BY ACCIDENTAL INSERTION OF MINI- IMPLANTS.

Key-words: Mini-implant, periodontal injuries, immediate loading

Abstract

Objective: The purpose of the present study was to describe injuries that may occur accidentally on root surface and periodontal tissue following insertion of self-tapping loaded mini-implants.

Material and Method: Ninety-one mini-implants were cortical buccally inserted between the roots of mandibular premolars and first molars of 13 dogs and removed at weeks 1, 4, and 7. Each animal had 4 mini-implants inserted on the right side of the mandible with immediate load application of 1.7N by using elastomeric chains (Experimental group, EG). Three mini-implants were inserted on the left side with no load application, serving as control (Control Group, CG). Radiographs were taken before and after placement and insertion of the mini-implants. Seven mini-implants were found to be close to the roots of the third premolars in four animals. The mandibles non-decalcified were cut transversely to the root axis by using a diamond wheel saw in a plane containing the implant material and the section surfaces obtained were analyzed by backscattered scanning electron microscopy.

Results: Of the 91 mini-implants inserted, 26 were analyzed using (BSE). Four devices exhibited and confirmed accidental root insertion. Previous apical

radiographs showed root proximity involving three mini-implants that were lost, one at week 1 and two at week 7. The results showed that injuries may involve resorption of cementum and dentine as well as the alveolar bone surrounding the mini-implant. Abnormal healing was found because of non-removed mini-implant at sequential weeks.

Conclusion: The degree of injury is directly related to trauma extension, time, and force applied, but further studies should be conducted to corroborate these findings.

Introduction

Anchorage control is one of the most discussed topics in orthodontics. The orthodontic mini-implant is an intra-oral device largely employed for this purpose, eliminating the undesired effects normally associated with conventional apparatus during tooth movement. However, some limitations should be considered in the implant insertion planning. Complications associated to insertion include fracture of mini-implant (Pithon, et al. 2008), root injuries (Asscherickx, et al. 2005), and lesions to blood vessels and maxillary sinuses (Cheng, et al. 2004). Amongst them, root lesions deserve special attention, because of the irreversible tooth damage (Carrillo, et al. 2007).

The area of choice for biomechanical application of mini-implant is frequently the interradicular space. However, this reduced space may favour the emergence of problems during insertion of the device (Brisceno, et al. 2009, Schnelle, et al. 2004). This procedure is considered of risk even when preventive measures such as apical radiographs are taken (Asscherickx, et al. 2005, Nojima, et al. 2006). Although surgical guides exist for “insertion security

zone", injuries to root may occur (Poggio, et al. 2006), since these guides do not take into account roots morphological differences (Brisceno, et al. 2009).

Accidental root injuries occurring during insertion of mini-implants have also been reported in other studies on root repair following removal of mini-implant. Asscherickx *et al.* (2005) described a 12-week repair of three roots accidentally injured by mini-implants. Chen *et al.* (2008) showed the influence of root damage on the stability of mini-implants, describing a longer repair time after removal of such devices. However, there are few follow-up studies on periodontal injuries resulting from mini-implants in position. Brisceno *et al.* (2009) and Hembree *et al.* (2009) conducted studies on deliberate damage extension in periodontal tissue caused by mini-implants immediately and 6-12 weeks after insertion, but no orthodontic load was applied.

The study of the evolution and extension of damages caused by immediate load application using backscattered scanning electron microscopy (BSE), have not yet been described in the literature. The valuable information provided by this technique allows precise analysis of the lesions caused by implants in position. Therefore, the objective of this study was to describe injuries to root surface and periodontal tissue following accidental insertion and immediate loading of mini-implants at different periods of time.

The *in vivo* experimental study employed mini-implants to determine their secondary stability as well as the bone-implant contact index. Ninety-one mini-implants (Sistema INP ®, São Paulo, Brazil) made of Ti-6Al-4V alloy (grade 5) and measuring 1.5 mm in diameter, 6 mm in length, and 1 mm in transmucosal height were inserted into the mandibles of thirteen female dogs weighing 13 kg on average. Each dog had 4 mini-implants on the right side, all receiving a load

of 1.7 N from elastomeric chains, and 3 others on the left side no load was applied (Fig. 1A and B). After 1, 4, and 7 weeks the mini-implants were evaluated.

The experiment was conducted at the Surgery Centre of the Veterinary Hospital of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) according to ethic and legal approval and recommendations established by the Ethics Committee of the Faculty of Veterinary Medicine of the UFRGS. The same operator and assistant, under aseptic conditions, performed all procedures according to the surgical protocol determinate.

The insertion of the mini-implants was located on the cortical buccal side of the mandible between the roots, as confirm by radiographs. Asepsis was performed by using chlorhexidine gluconate prior to insertion. Next, a small hole with a diameter of 1 mm was drilled through the cortex at once with a slow-speed hand piece under continuous water irrigation. The mini-implants were inserted manually with a specific screw driver (Sistema INP ®, São Paulo, Brazil). New apical radiographs were taken to determine the appropriate insertion site. As can be seen in Figure 2A, B, C and Table 1, seven mini-implants were close to the roots of third premolars in four animals. The mini-implants were not removed, all being observed throughout the three experimental periods.

After the experimental periods, the dogs were anesthetized and 26 mini-implants were removed together with bone tissue and third premolar for analysis of the surrounding structures, by using backscattered scanning electron microscopy. None of the dogs was sacrificed for removing the sample pieces. Osteotomy was performed in the mesial, distal, and apical regions of

third premolars, yielding a block of approximately 3 mm of bone tissue surrounding the mini-implant. The samples were fixed in 4% paraformaldehyde in phosphate buffer (pH 7.2) for 7 days, and then dehydrated in ascending concentrations of ethanol solution. The samples were embedded in Spur resin (Pelco International, California, USA) and polymerized at 70°C for 24h. Next, the samples were prepared by using the “sawing and grinding” technique. A diamond wheel saw (South-Bay Technology) was used first, to section the sample, followed by a polishing machine (Politriz APL-02, Arotec S/A, Brazil) worked at 145 rpm under constant water flow which was used until the middle region of the mini-implant in a longitudinal section could be observed. The samples were then covered with gold (20 nm) for characterization by backscattered scanning electron microscopy (Zeiss DMS 940 A – 15Kv, Germany). It was evaluated the insertions of all mini-implants, and the animals were found to have good health conditions after surgery according to the veterinarian.

Results

Of the 91 mini-implants inserted, 26 should be analyzed using backscattered scanning electron microscopy (BSE), but previous apical radiographs showed root proximity involving three mini-implants that were lost, one at week 1 and two at week 7 and four well inserted mini-implants were lost for another reason. Only four devices exhibited and confirmed accidental root insertion.. Table 2 lists mini-implants inserted close to roots that were lost and those analyzed by BSE.

The others 15 well inserted mini-implants could be observed and normally characterized during the three experimental periods

Figure 3 shows the different aspects of the bone tissue adjacent to mini-implants inserted far from the periodontal ligament, exhibiting normal morphological details in the three experimental periods. At week 1 (Fig. 3A), the recipient bone tissue was found to be structurally well-defined, with typical number of osteocytes and Haversian canals. The healing tissue was poor in calcium and phosphorus at the bone-implant interface because of the darker contrast when compared with the original bone tissue. The regions with lower optical density in the image at the bone-implant interface was indicated lower atomic number when compared with the original bone tissue. This is probably due to the decreased amount of apatite crystals and increased amount of organic matrix. The thickness of periodontal ligament was found to be normal, and the cementum was intact.

Figure 3B shows a more mature bone tissue at the interface after 4 weeks. The darker layer was more homogeneous as the woven bone was replaced with lamellar bone, showing many blood vessels and medullar spaces resulting from osteogenic activity. At week 7, Figure 3C shows evidence of lamellar bone tissue in direct contact with titanium. The light gray image of such a tissue indicates presence of calcium and phosphorus resulting from bone mineralization. Periodontal ligament was presented normal aspect, adequate thickness, dark gray aspect, presence of collagen fibres and blood vessels. Next, one can see the light gray image of the cementum with Sharpeys fibers as small dark lines and dentine with dentinal tubules represented by longer dark lines.

The four mini-implants that had been accidentally inserted were further injuries to the supporting periodontal tissue. Figures 4A and B reveal the damage extension caused in both groups at week 4.

Figure 5 shows insertion of mini-implant into the root of the third premolar and resorption along the thread portion. Absence of calcium and phosphorus was evidenced by a dark gray aspect, which was also observed in the periodontal ligament area, thus suggesting presence of fibrous tissue and probable inflammatory tissue around the non-loaded mini-implant at week 4.

Figure 6 shows injuries to periodontal ligament occurring in the first week following insertion of immediately-loaded mini-implants. Initial resorption of root and bone tissue becomes evident, thus decreasing the bone-implant contact.

Discussion

Inadequate insertion of mini-implant can produce injuries to tooth, periodontal ligament, and adjacent bone. Such damage can range from resorption of cementum, dentine, and alveolar bone to root fracture and pulp lesions. It has been previously described that minimum contact between mini-implant and root results in damage to periodontal tissue, which can be repaired, if not too extensive, by removing the causing agent (Asscherickx, et al. 2005, Brisceno, et al. 2009, Chen, et al. 2008, Hembree, et al. 2009). The present study sought to describe injuries caused by accidental insertion of mini-implants and to observe the inflammatory processes at different periods without removing the aggressive agent. This work showed that damage is aggravated over time in association with immediate load application, which was evidenced

by total loss of mini-implants after 7 weeks and extensive resorption after 4 weeks (Fig. 4B).

Trauma is inevitable in any insertion procedure, causing injuries to adjacent bone as a result. This unchains the process of healing whose phases are divided into inflammation, repair, and remodeling. Depending on the healing conditions, such a process could resulted in several interfaces between bone and metal (Lee, et al. 2007). Figure 3A illustrates this, as the mini-implant was adequately inserted but the use of a drill had caused a healing tissue at the bone-metal interface with no evidence of mineralization.

Although tooth vitality was not evaluated before removal of the block samples, neither changes in dental color nor lack of appetite in the animals due to pulp pain was observed. In addition, microscopy showed no apical transaction, thus demonstrating that pulp integrity was maintained. These findings do not correspond to those from other studies, in which mini-screws penetrated the pulp chamber and consequently caused inflammatory process (Brisceno, et al. 2009, Roccia, et al. 2005). In the present study, there was involvement of adjacent bone tissue both clinically, evidenced by instability of mini-implants, and histological, evidenced by root and bone resorptions along the thread portion of the mini-implant. A recent study, using the finite element method, has demonstrated an increase in bone stress resulting from the insertion of mini-implant into the root (Motoyoshi, et al. 2009).

Hembree *et al.* (2009) have found the same resorption effects on some mini-implants within 6 weeks, namely, lack of stability before animal sacrifice and injuries to periodontal structures, thus revealing tissue necrosis with no evidence of healing. Tissue healing can occur depending on the damage

extension, that is, the less the impairment of adjacent structures, the better the repair conditions.

Besides this factor, repair depends on the presence of continuous force being applied to mini-implants. The study demonstrated increased aggravation of inflammatory process over time when immediate load application was associated to bone contact. Hembree *et al.* (2009), despite not studying immediately-loaded mini-implants, suggested far worse damages and more studies on this topic. It is possible that continuous forces had caused the inflammatory tissue to remain on the site, thus provoking extensive resorptions even when only periodontal ligament was involved.

Differently from Brisceno *et al.* (2009), Asscherickx *et al.* (2005) and Chen *et al.* (2008) have found that root repair occurred, under favorable conditions, 6 weeks after removal of aggressive agent, with damage affecting either cementum or dentine. Kadioglu *et al.* (2008) observed in human premolars that when injuries affect the periodontal ligament only, even exposing the dentine, multinucleated cells are recruited to the resorption region, and that repair occurs within a few weeks if the mini-implant is removed, with the resorption process ceasing spontaneously (Kadioglu, et al. 2008).

Although pre-drilling the mini-implant site makes the insertion procedure easier, this also makes any detection of resistance resulting from root proximity difficult. Such a resistance is the best indication of root contact during insertion of mini-implant, since radiographs have limitations because of their inherent bi-dimensional scales (Herman & Cope 2005). Additionally, in humans pain would be another factor indicating penetration of mini-implants into inappropriate areas (Maino, et al. 2005, Nojima, et al. 2006). However, selecting the ideal insertion

site by means of computing tomography would be very interesting in terms of precision (Freudenthaler, et al. 2001), but this approach is still very little used in the clinical practice.

Another way of verifying whether mini-implants were inappropriately inserted is by measuring the insertion torque, which should not exceed 15 Ncm in the mandible (Motoyoshi, et al. 2006). The number of variables related to quantity and quality of bone as well as design of mini-implant (e.g. diameter and length) was affected the torque values (Chen, et al. 2008), thus invalidating the insertion site.

The use of BSE for micromorphometric analysis as proposed by several authors (Costa, et al. 2005, Gotfredsen, et al. 1992, Ottani, et al. 2002, Wierzchos, et al. 2008) was chosen for this study, since it allows the use of thicker samples and acquisition of well-contrasted images depending on the atomic number of the specimens. As a result, titanium appears white due to its high atomic number, calcium and phosphorus existing in the bone tissue appears gray, and the soft tissue consisting of oxygen and carbon appears black.

Because of the small size of our sample, which involved accidental insertion of mini-implants, it is important to emphasize that such results should not be extrapolated into clinical reality. Therefore, further studies are needed to investigate the periodontal damage caused by insertion of immediately-loaded mini-implants as well as the healing periods after removal of these devices.

The results showed that damage could range from resorption of cementum, dentine, and adjacent alveolar bone to loss of the mini-implant. The degree of

injuries to root is directly related to trauma extension, time elapsed, and force applied, but further studies should be conducted to corroborate these findings.

References

- Asscherickx, K., Vannet, B. V., Wehrbein, H. & Sabzevar, M. M. (2005) Root repair after injury from mini-screw. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 575-578.
- Briseno, C. E., Rossouw, P. E., Carrillo, R., Spears, R. & Buschang, P. H. (2009) Healing of the roots and surrounding structures after intentional damage with miniscrew implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **135**: 292-301.
- Carrillo, R., Rossouw, P. E., Franco, P. F., Opperman, L. A. & Buschang, P. H. (2007) Intrusion of multiradicular teeth and related root resorption with mini-screw implant anchorage: A radiographic evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **132**: 647-655.
- Chen, Y. H., Chang, H. H., Chen, Y. J., Lee, D., Chiang, H. H. & Yao, C. C. (2008) Root contact during insertion of miniscrews for orthodontic anchorage increases the failure rate: An animal study. *Clinical Oral Implants Research* **19**: 99-106.
- Cheng, S. J., Tseng, I. Y., Lee, J. J. & Kok, S. H. (2004) A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **19**: 100-106.
- Costa, C. A., Sena, L. A., Pinto, M., Muller, C. A., Cavalcanti, J. H. & Soares, G. A. (2005) In vivo characterization of titanium implants coated with synthetic hydroxyapatite by electrophoresis. *Brazilian Dental Journal* **16**: 75-81.
- Freudenthaler, J. W., Haas, R. & Bantleon, H. P. (2001) Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: A preliminary report on clinical applications. *Clinical Oral Implants Research* **12**: 358-363.
- Gotfredsen, K., Nimb, L., Hjorting-Hansen, E., Jensen, J. S. & Holmen, A. (1992) Histomorphometric and removal torque analysis for tio₂-blasted titanium implants. An experimental study on dogs. *Clinical Oral Implants Research* **3**: 77-84.
- Hembree, M., Buschang, P. H., Carrillo, R., Spears, R. & Rossouw, P. E. (2009) Effects of intentional damage of the roots and surrounding structures with miniscrew implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **135**: 280 e281-289; discussion 280-281.
- Herman, R. & Cope, J. B. (2005) Miniscrew implants: Imtec mini ortho implants. *Seminars in Orthodontics* **11**: 32-39.

- Kadioglu, O., Buyukyilmaz, T., Zachrisson, B. U. & Maino, B. G. (2008) Contact damage to root surfaces of premolars touching miniscrews during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **134**: 353-360.
- Lee, J. S., Kim, J. K., Park, Y. C. & Vanarsdall, J. R. L. (2007) Applications of orthodontic mini-implants, Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Maino, B. G., Maino, G. & Mura, P. (2005) Spider screw: Skeletal anchorage system. *Progress in Orthodontics* **6**: 70-81.
- Motoyoshi, M., Hirabayashi, M., Uemura, M. & Shimizu, N. (2006) Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. *Clinical Oral Implants Research* **17**: 109-114.
- Motoyoshi, M., Ueno, S., Okazaki, K. & Shimizu, N. (2009) Bone stress for a mini-implant close to the roots of adjacent teeth--3d finite element analysis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery* **38**: 363-368.
- Nojima, L. I., Nojima, M. G., Melgaço, C. A., Costa, L. F. M. & Neves, J. B. (2006) Temporary anchorage devices in orthodontics. In: Neves, J. B., ed. *Esthetics in implantodontology*. São Paulo: Quintessence Editora Ltda.
- Ottani, V., Raspanti, M., Martini, D., Tretola, G., Ruggeri, A., Jr., Franchi, M., Giuliani Piccari, G. & Ruggeri, A. (2002) Electromagnetic stimulation on the bone growth using backscattered electron imaging. *Micron* **33**: 121-125.
- Pithon, M. M., Nojima, L. I., Nojima, M. G. & Ruellas, A. C. O. (2008) Comparative study of fracture torque for orthodontic mini-implants of different trademarks. *Oral Surgery* **1**: 84-87.
- Poggio, P. M., Incorvati, C., Velo, S. & Carano, A. (2006) "Safe zones": A guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *The Angle Orthodontist* **76**: 191-197.
- Roccia, F., Tavolaccini, A., Dell'Acqua, A. & Fasolis, M. (2005) An audit of mandibular fractures treated by intermaxillary fixation using intraoral cortical bone screws. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* **33**: 251-254.
- Schnelle, M. A., Beck, F. M., Jaynes, R. M. & Huja, S. S. (2004) A radiographic evaluation of the availability of bone for placement of miniscrews. *The Angle Orthodontist* **74**: 832-837.
- Wierzchos, J., Falcioni, T., Kiciak, A., Wolinski, J., Koczorowski, R., Chomicki, P., Porembaska, M. & Ascaso, C. (2008) Advances in the ultrastructural study of the implant-bone interface by backscattered electron imaging. *Micron* **39**: 1363-1370.

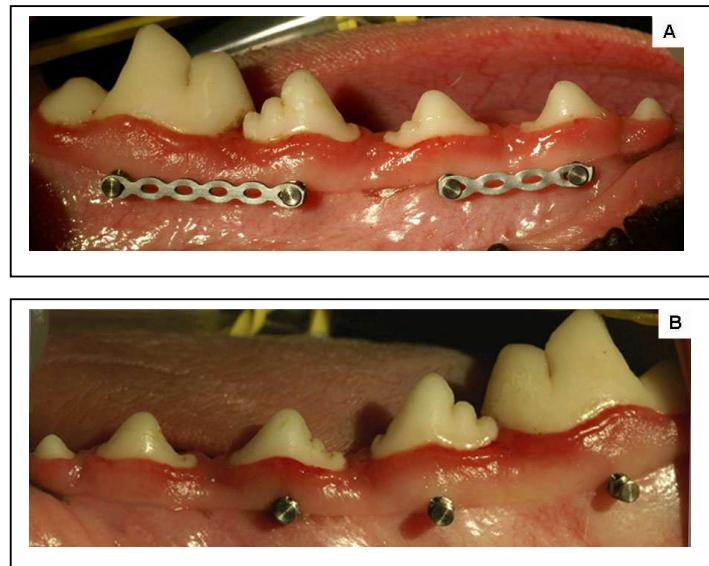


Fig. 1. Mini-implants buccally inserted between the dental roots on the right (**A** - with 4 load mini-implants) and left (**B** - with 3 no load mini-implants) sides of the dog's mandible.

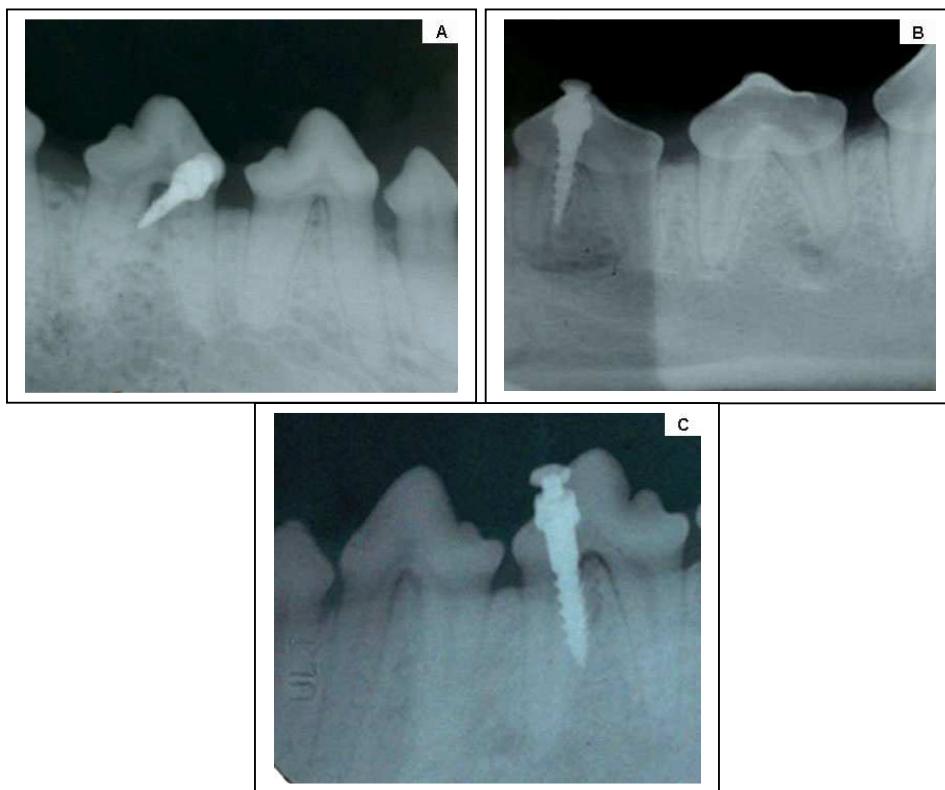


Fig. 2. Apical radiographs of the area where mini-implants were accidentally inserted close to the roots of lower third premolars for each experimental period. (**A**) Dog at week 1 with loaded mini-implant. (**B**) Dog at week 4 with loaded mini-implant. (**C**) Dog at week 7 with no loaded mini-implant.

Table 1. Distribution of mini-implants inserted between roots evaluated by apical radiographs according to experimental periods and load application.

<i>Periods</i>	<i>Week 1 (n=4)</i>		<i>Week 4 (n=5)</i>		<i>Week 7 (n=4)</i>		<i>Total (n=13)</i>
	Load	No Load	Load	No Load	Load	No Load	
Mini-implants							
Well localized	15	11	19	13	15	11	84
Accidental	1	1	1	2	1	1	7

n= number of animals

Table 2. Lost mini-implants and root injury confirmed by BSE.

<i>Periods</i>	<i>Week 1 (n=1)</i>		<i>Week 4 (n=2)</i>		<i>Week 7 (n=1)</i>		<i>Total (n=4)</i>
	Load	No Load	Load	No Load	Load	No Load	
MI lost	0	1	0	0	1	1	3
MI Root proximity	1	0	1	2	0	0	4

n= number of animals

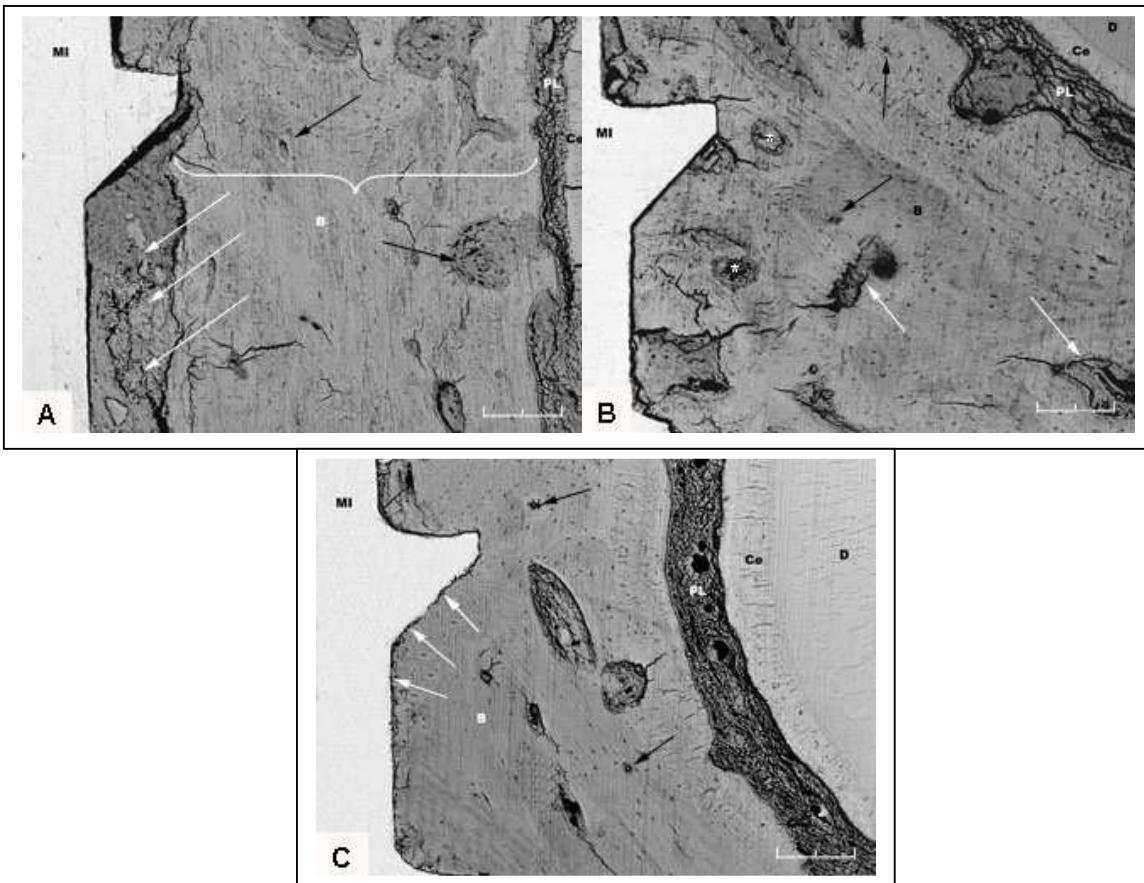


Fig. 3. Backscattered scanning electron microscopy image of interradicular area of lower third premolars with well-positioned mini-implants: mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D). **(A)** 1-week period; white arrows indicating a woven bone; key indicating host bone tissue; black arrows indicating Haversian medullar spaces. **(B)** 4-week period; lamellar bone tissue; black arrows indicating Haversian canals; white arrows indicating medullar spaces; white asterisks indicating blood vessels. **(C)** 7-week period; lamellar bone tissue, normal thickness of periodontal ligament, and intact cementum and dentine. White arrows indicating bone tissue in direct contact to titanium; black arrows indicating Haversian canals. Scale bar 200 μm .

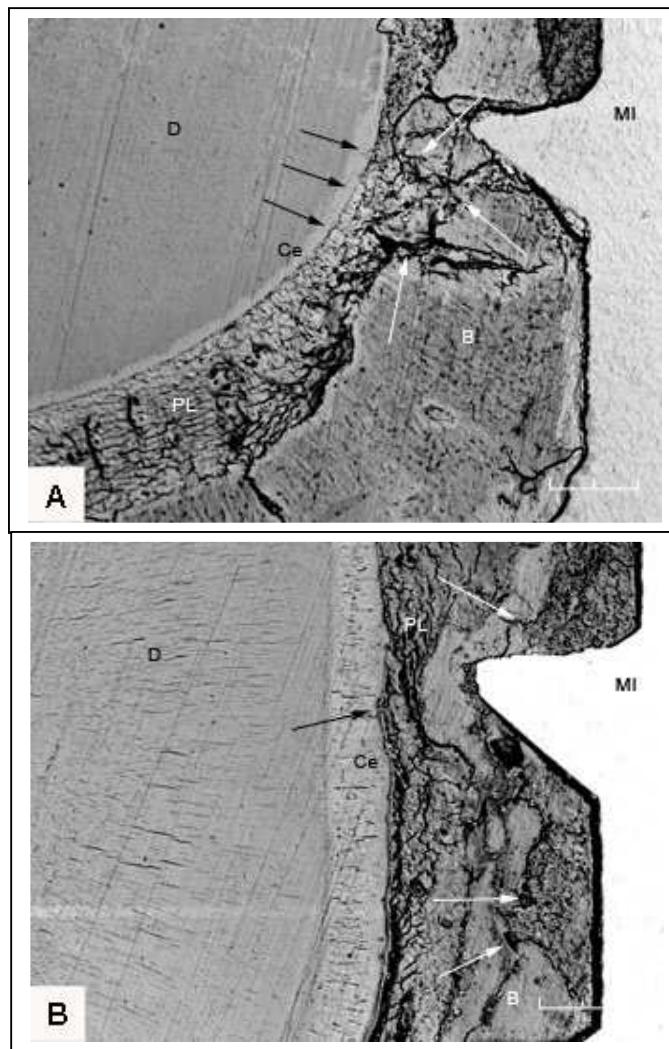


Fig. 4. Backscattered scanning electron microscopy image of interradicular area of lower third premolars with mini-implants inserted into periodontal ligament: mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D). **(A)** Group non-load after 4-week period; white arrows indicating bone resorption; black arrows indicating intact cementum. **(B)** Loaded group after 4-week period; resorption of whole bone-metal interface; white arrows indicating bone resorption; black arrows indicating initial resorption of cementum. Scale bar 200 μm .

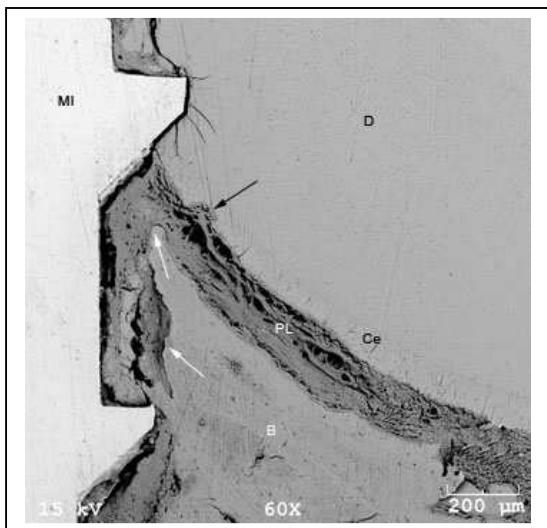


Fig. 5. Backscattered scanning electron microscopy image of the thread portion of the mini-implant inserted in the root of the lower third premolar from non-load group showing absence of bone-implant contact. Mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D); white arrows indicating bone resorption; black arrow indicating cementum resorption. Period of 4 weeks. Scale bar 200 μm .

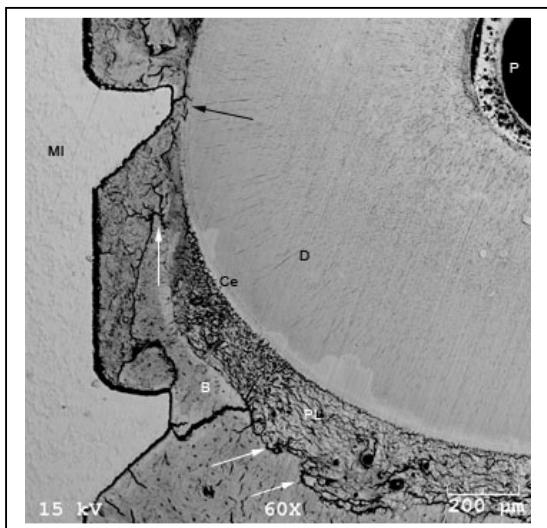


Fig. 6. Backscattered scanning electron microscopy image of interradicular area of lower third premolars with mini-implants inserted into periodontal ligament from loaded group: mini-implant (MI), bone (B), periodontal ligament (PL), cementum (Ce), and dentine (D). White arrows indicating bone resorption; black arrows indicating cementum resorption. Period of 1 week. Scale bar 200 μm .

5 DISCUSSÃO

Os mini-implantes utilizados foram fabricados em liga (Ti-6Al-4V) para apresentarem maior resistência mecânica, apesar da menor biocompatibilidade em relação ao titânio puro. Estudos recentes mostraram que o *design* desse dispositivo atende aos cuidados de polimento na cabeça e no perfil transmucoso do mini-implante para facilitar a higienização e evitar acúmulo de biofilme. Além disso, a porção apical da rosca apresenta-se mais estreita para evitar o contato com as raízes adjacentes (SQUEFF *et al*, 2008).

Quando removidos os mini-implantes, não ocorreram fraturas no presente estudo, e a força média de torque de remoção encontrada, após 7 semanas, no grupo sem carga, foi de 5,20 Ncm. Conforme estudos anteriores, este valor está bem abaixo dos observados para fraturas de mini-implantes, similares em diâmetro, para os quais a força média foi de 25 Ncm (PITHON *et al*, 2008b). Os autores concluíram que o formato e o diâmetro do mini-implante estão diretamente relacionados com a resistência obtida frente a aplicações de forças perpendiculares e de torque (PITHON *et al*, 2008a; SQUEFF *et al*, 2008).

Geralmente os movimentos ortodônticos necessitam de ancoragem adicional, que pode ser alcançada a partir de mini-implantes, comumente

inseridos na cortical vestibular da mandíbula como indicou o presente trabalho (KANOMI, 1997; COSTA; RAFFAINL; MELSEN, 1998; MELSEN; COSTA, 2000; OHMAE *et al*, 2001; DEGUCHI *et al*, 2003; CARRILLO *et al*, 2007). A força aplicada nesses dispositivos foi sugerida imediatamente após sua inserção (MELSEN; COSTA, 2000; DEGUCHI *et al*, 2003; BUCHTER *et al*, 2005c; CARRILLO *et al*, 2007; FREIRE *et al*, 2007; MORAIS *et al*, 2007; WIECHMANN; MEYER; BUCHTER, 2007), pois o osso tem a capacidade de resistir às cargas, mesmo apresentando tecido pouco mineralizado adjacente ao mini-implante (DEGUCHI *et al*, 2003; KIM; KIM; LEE, 2007).

Miyawaki *et al* (2003) encontraram, em humanos, que a magnitude ideal é composta de forças que não excedam 2 N para mini-implantes com carga imediata. Forças de alta magnitude (5 a 9 N) aplicadas em mini-implantes podem provocar insucessos, pois estão acima do limiar para movimentos dentários ortodônticos. Confirmaram que, em estudo com método do elemento finito, a quantidade de estresse concentrado, causado pela aplicação de forças laterais, de grande magnitude, prejudica a atividade biológica do osso adjacente resultando em desequilíbrio do remodelamento ósseo (MELSEN; LANG, 2001). Na pesquisa foi adotada a força de 1,7 N, ótimo para movimentar dentes multirradiculares.

O procedimento *open-flap* foi utilizado com a intenção de se aproximar da rotina clínica, no entanto, os riscos de infecções não puderam ser eliminados. Autores propuseram investigar a perda dos mini-implantes evitando o uso da técnica *close-flap* que apesar de apresentar vantagens antimicrobianas, não evidencia a realidade ortodôntica (BUCHTER *et al*, 2005c).

Dos 13 animais utilizados na pesquisa, nove revelaram anatomia padronizada. Os outros quatro apresentaram variáveis adicionais como, por exemplo, raízes dos pré-molares pouco divergentes e não puderam ser incluídos nos estudos estatísticos.

Dentre os nove animais padronizados, os mini-implantes obtiveram 88,8% de sucesso, ou seja, dos 63 mini-implantes inseridos, 56 apresentaram boa estabilidade ao final dos períodos avaliados. Dos sete insucessos, quatro mini-implantes foram do grupo experimental (GE) e três do grupo controle (GC), a diferença do índice de sucesso entre os dois grupos não foi significativa. Em experimentos semelhantes, Deguchi *et al* obtiveram 97% de índice de sucesso para o grupo controle e 100% para o grupo com carga, enquanto que Freire *et al* encontraram 100% para o grupo controle e 77,7% para o experimental (com carga). Outra pesquisa, em longo prazo, mostrou que o índice de sucesso dos mini-implantes inseridos em pacientes variou de 83 a 85% aplicando carga imediata (MIYAWAKI *et al*, 2003). Dessa forma, carga ortodôntica imediata parece não exercer influência no índice de sucesso dos mini-implantes.

Em relação às medidas encontradas, foi possível evidenciar que não houve diferença estatística nos valores de torque de remoção quando comparados GE e GC, ou seja, a estabilidade secundária ocorreu de forma semelhante para os dois grupos. Outras pesquisas confirmaram que não há necessidade de aguardar um tempo para que haja osseointegração (AKIN-NERGIZ *et al*, 1998; MELSEN; COSTA, 2000; DEGUCHI *et al*, 2003; MIYAWAKI *et al*, 2003; MORAIS *et al*, 2007; SERRA *et al*, 2008), pois o

importante é que no ato da inserção haja estabilidade primária (COSTA; RAFFAINL; MELSEN, 1998; MOTOYOSHI *et al*, 2005).

Quanto à taxa de contato ósseo, igualmente não houve diferença entre os grupos, confirmando que a carga aplicada não altera a interface osso/miniplante. Alguns autores ainda acrescentaram que, além de não prejudicar a estabilidade, a carga estimulou a formação óssea desde que as forças não fossem excedidas e que não houvesse inflamação gengival (DEGUCHI *et al*, 2003; BUCHTER *et al*, 2005b; 2005a; CARRILLO *et al*, 2007; FREIRE *et al*, 2007; SERRA *et al*, 2008).

A análise dos lados mesial e distal de cada mini-implante teve como propósito investigar alterações do contato ósseo devido ao vetor da força aplicada, pois era possível que a remodelação e a densidade óssea do lado oposto à aplicação fossem diferentes das localizadas no lado de aplicação (MAJZOUB *et al*, 1999). Outros autores indicaram que pode ocorrer uma cicatrização mais rápida, devido ao comportamento do osteoblasto frente à carga aplicada nos primeiros dias (MELSEN; LANG, 2001; MEYER *et al*, 2004). No entanto, o presente estudo não encontrou diferença entre os lados mesial e distal. Tais achados concordaram com outros estudos, em que não houve diferença entre os lados, ou seja, a proximidade óssea foi similar (40 a 56%) (AKIN-NERGIZ *et al*, 1998). Alguns autores encontraram diferenças entre os lados mesial e distal apenas no tecido gengival, tendo como consequência a perda da crista marginal óssea do lado de pressão (FREIRE *et al*, 2007).

Em relação aos períodos avaliados, ao remover os mini-implantes do grupo experimental, houve diferença significativa de valores médios entre o período de 1 e 4 semanas e entre 1 e 7 semanas (Tabela 3, página 34),

revelando a diminuição da resistência à remoção com o passar do tempo. Uma justificativa possível decorre da eleição do protocolo cirúrgico que exige prévia perfuração da cortical óssea em virtude de sua espessura na mandíbula de cães. O sistema auto-rosqueável proporciona a confecção de um orifício no alvéolo para a adaptação do parafuso, removendo-se tecido ósseo a partir de fresas. O procedimento, consequentemente, dificulta a cicatrização e prejudica a interface com o titânio. Dessa forma, quando comparado ao sistema auto-perfurante (sem prévia perfuração), pôde mostrar maior mobilidade e menor contato ósseo. Os autores sugeriram que a capacidade de resistir a forças ortodônticas foi prejudicada no caso do uso de fresas e que houve redução dos níveis de remodelamento ósseo. (KIM; AHN; CHANG, 2005).

No presente estudo, os fenômenos relacionados à cicatrização do tecido não puderam ser avaliados, porém a taxa de contato óssea foi observada em relação aos períodos. Os achados mostraram que houve diferença significativa entre os períodos 1 e 4 semanas e 1 e 7 semanas para os dois grupos analisados, sendo que os valores aumentaram com o passar do tempo, diferentemente do ensaio mecânico. A explicação do aumento do contato pode ser dada pelos autores que estudaram o grau de osseointegração na mandíbula de cães, durante as fases precoces de cicatrização, em implantes, sem carga aplicada. Eles observaram a formação do *woven bone* entre uma e duas semanas, a substituição pelo lamelar entre 2 e 4 semanas e, após 6 semanas, o osso mineralizado (BERGLUNDH *et al*, 2003; ABRAHAMSSON *et al*, 2004). Ocorreu aumento do contato ósseo conforme o período, porém houve diminuição da resistência à remoção do mini-implante. É possível que a

qualidade desse tecido, que não foi analisada, tenha alguma influência nos resultados obtidos.

O torque de remoção foi sugerido primeiramente, em 1988, como um método biomecânico indireto para avaliar a interface osso e metal (CARLSSON *et al*, 1988). A resistência à remoção do mini-implante pode ser correlacionada, segundo alguns autores, à densidade óssea e consequente estabilidade do dispositivo (FRIBERG *et al*, 1999; OKAZAKI *et al*, 2008). O presente trabalho verificou que a taxa de contato ósseo não está diretamente relacionada à resistência à remoção do mini-implante uma vez que os resultados, principalmente do grupo experimental, revelaram valores significativamente reduzidos de torque para o período de 7 semanas, porém altos para taxa de contato ósseo (Tabelas 3 e 5, páginas 34 e 35 respectivamente). É provável que a correlação negativa encontrada se deva a diferenças de maturação óssea, pois o osso em contato com o titânio, por vezes, poderia apresentar-se com menor grau de resistência. Outros autores observaram que o valor de torque de remoção não depende apenas da qualidade do osso e sua aderência ao implante, mas da competência mecânica dos tecidos peri-implantares (MEREDITH *et al*, 1997). A utilização de técnicas diferentes de análise para mini-implantes com localização diferenciada pode instigar mais discussões, estimulando novos estudos.

Existem várias análises para avaliar a interface osso/mini-implante. A tradicionalmente utilizada é a histológica por desgaste, a partir do microscópio de luz, que pode observar a morfologia do osso. No entanto, a dificuldade em obter lâminas de espessuras micrométricas e evidenciar aumentos ópticos elevados contribuiu para a eleição de outro tipo de análise. A microscopia de

luz pela técnica de descalcificação, bem como a microscopia de transmissão não permite uma boa avaliação da área de contato devido à dificuldade de realizar os cortes por causa do mini-implante. O uso da técnica por desgaste, analisada pela microscopia de varredura, por elétrons retroespalhados para examinar a interface implante-osso, foi relatada pela primeira vez em 1990 (BLOEBAUM; BACHUS; BOYCE, 1990) e proposta por diversos autores (GOTFREDSEN *et al*, 1992; OTTANI *et al*, 2002; COSTA *et al*, 2005; WIERZCHOS *et al*, 2008), pois permite o uso de amostras mais espessas e a aquisição de imagens bastante contrastadas devido à dependência do número atômico das espécimes. A consequência disto é a aparência do titânio branco, devido ao alto número atômico, ao fato de o cálcio e fósforo presentes no osso serem cinza e o tecido mole constituído de oxigênio e carbono, revelar-se bastante escurecido. Autores argumentaram ser o melhor método para a caracterização morfológica de tecidos calcificados na presença de estrutura metálica adjacente (OTTANI *et al*, 2002; SUL *et al*, 2005) e, mais recentemente, comprovaram ser efetiva ferramenta para estudos detalhados do tecido ósseo e da resposta ultra-estrutural das suas células (WIERZCHOS *et al*, 2008). Sua utilização no estudo foi positiva, pois áreas de interesses foram evidenciadas, com contrastes específicos para o titânio e tecido ósseo, contribuindo para a avaliação da quantidade de osso em contato com o mini-implante.

A estabilidade de um mini-implante depende de alguns fatores como: *design* do mini-implante (tamanho, forma e superfície), técnica operatória (com retalho ou não e com perfuração prévia da cortical ou não), condição de carga (e magnitude), presença de placa e tecido ósseo e gengival adjacentes

(MIYAWAKI *et al*, 2003; KIM; AHN; CHANG, 2005). A higienização e a qualidade da gengiva também são fatores importantes (GOTFREDSEN *et al*, 1992; ARTZI *et al*, 1993; HURZELER *et al*, 1998), pois a mucosa jugal, por exemplo, não apresenta queratina que por sua vez oferece a sustentação necessária para o mini-implante se estabilizar. Por este motivo, falhas podem ocorrer (ARTZI *et al*, 1993).

Outra falha bastante comum e estudada atualmente são as inserções inadequadas dos mini-implantes, que podem produzir injúrias no dente, ligamento periodontal e osso adjacente (ASSCHERICKX *et al*, 2005; CHEN *et al*, 2008; BRISCENO *et al*, 2009; HEMBREE *et al*, 2009). O dano é variável e pode determinar desde a reabsorção do cimento, dentina e osso alveolar até mesmo a fratura da raiz e lesões pulparas. Foi previamente descrito que um mínimo de contato do dispositivo com a raiz provoca prejuízos no periodonto e, se não forem extensos, eles podem ser reparados ao remover o agente causador (ASSCHERICKX *et al*, 2005; CHEN *et al*, 2008; BRISCENO *et al*, 2009; HEMBREE *et al*, 2009).

Outro trabalho realizado, a partir dos 4 animais que foram excluídos do estudo estatístico, teve a intenção de descrever os danos causados pela inserção accidental, sem a remoção do agressor, verificando os processos inflamatórios em cada período avaliado. Os danos podem ser agravados pelo tempo associando a aplicação de carga imediata, haja vista a perda total dos mini-implantes no período de 7 semanas e a reabsorção extensa no período de 4 semanas (Figura 4B, página 53).

Em qualquer procedimento de inserção o trauma é inevitável, causando danos ao osso adjacente. Este processo desencadeia a cicatrização cujas

fases são divididas em inflamação, reparação e remodelamento. Dependendo das condições cicatriciais, podem resultar diversas interfaces entre o metal e o osso (LEE *et al*, 2007). A Figura 3A (página 52) ilustra essa condição, uma vez que o mini-implante foi inserido adequadamente, porém o uso da fresa provocou, na interface osso/metal, um tecido de cicatrização sem evidências de mineralização.

A vitalidade dos dentes não foi testada antes da remoção dos blocos, não foram encontradas alterações de colorações dentárias, nem mesmo inapetência dos animais causada pela dor pulpar. Na microscopia também não houve transecções apicais, demonstrando ausência de comprometimento da polpa. Estes achados diferem de outros estudos com mini-parafusos para fraturas ósseas, que mostraram penetrações na cavidade pulpar e o conseqüente processo inflamatório (ROCCIA *et al*, 2005; BRISCENO *et al*, 2009).

No presente estudo, houve envolvimento do tecido ósseo adjacente observado tanto no aspecto clínico, pela falta de estabilidade dos mini-implantes, quanto no aspecto histológico, pela reabsorção óssea, ao longo das roscas do mini-implante, bem como pela reabsorção radicular. Estudo recente, pelo método de elementos finitos, verificou o aumento do estresse no osso provocado pela inserção do mini-implante na raiz (MOTOYOSHI *et al*, 2009).

Os mesmos efeitos de reabsorção foram encontrados no trabalho de Hembree *et al* (2009) no qual, em menos de 6 semanas, alguns mini-implantes apresentaram mobilidade antes do sacrifício do animal. Em outros, houve lesão em várias estruturas periodontais, revelando necrose tecidual, sem evidências cicatriciais (HEMBREE *et al*, 2009). Dependendo da extensão do dano pode

haver a cicatrização dos tecidos. Isso significa que, quanto menor o comprometimento das estruturas adjacentes, melhores são as condições para o reparo.

Além desse fator, o reparo depende da presença de forças contínuas aplicadas nos mini-implantes. O estudo demonstrou que, quando a carga imediata foi associada ao contato do dispositivo com a raiz, o processo inflamatório foi agravando conforme os períodos. Hembree et al (2009), apesar de não realizarem estudo com carga aplicada, sugeriram danos piores, além de solicitarem mais pesquisas nesta área. Provavelmente as forças contínuas estimularam a permanência do tecido inflamatório na região, provocando as reabsorções extensas, mesmo quando o contato foi apenas no ligamento periodontal.

Diferente do estudo de Brisceno et al (2009), Asscherickx et al (2005) e Chen et al (2008) que encontraram, em condições favoráveis e com a remoção do agressor, o reparo da raiz em 6 semanas, quando o defeito limitou-se ao cimento ou dentina em longos períodos. Kadioglu et al (2008) verificaram que, em pré-molares de humanos, se a injúria limitar-se ao ligamento periodontal ou ainda expuser a dentina, células multinucleadas serão recrutadas para a região de reabsorção. Porém se for removido o mini-implante, o reparo acontecerá em poucas semanas e o processo de reabsorção espontaneamente cessará (KADIOGLU *et al*, 2008).

O uso de mini-implantes auto-rosqueantes ao mesmo tempo que facilita o processo de inserção, dificulta a detecção de resistência causada pela proximidade radicular. Essa resistência é a melhor indicação de contato radicular, no momento da inserção, pois radiografias apresentam limitações por

serem bidimensionais (HERMAN; COPE, 2005). Acrescentam que, em humanos, a dor ao inserir o mini-implante seria outro fator indicativo de penetração em áreas impróprias (MAINO; MAINO; MURA, 2005; NOJIMA *et al*, 2006). A proposta de selecionar o local ideal para inserção através da tomografia computadorizada é indicada como de grande precisão (FREUDENTHALER; HAAS; BANTLEON, 2001), porém ainda é pouco adotada na rotina clínica.

Outra maneira para verificar se as inserções de mini-implantes foram inadequadas é através da medida do torque de inserção que não poderia exceder na mandíbula aproximadamente 15 Ncm (MOTOYOSHI *et al*, 2006). A quantidade de variáveis, tanto em relação à qualidade quanto à quantidade óssea individual, além do *design* do mini-implante, como diâmetro e comprimento, afetaram os valores de torque (CHEN *et al*, 2008), o que pode invalidar a localização do mini-implante.

É importante que os resultados da inserção acidental não sejam extrapolados para a realidade clínica, pois o número de amostra foi bastante reduzido, em virtude de o material utilizado fazer parte de outro estudo.

6 CONCLUSÃO

6.1 A aplicação da carga imediata não influencia no contato do tecido ósseo com a superfície do mini-implante quando adequadamente inserido, no entanto a estabilidade secundária, a partir do teste de resistência à torção, parece depender do fator tempo.

6.2 A caracterização revelou que os danos ocorridos no tecido periodontal foram reabsorção do cimento, dentina e osso alveolar adjacente ao mini-implante, além de mobilidade e consequente perda do dispositivo. O grau das injúrias na superfície radicular foi dependente da extensão do trauma, do tempo e da associação com a aplicação de força.

7 RECOMENDAÇÕES

A impossibilidade de analisar os mesmos espécimes a partir de dois métodos como o ensaio mecânico e a micromorfometria dificulta a interpretação dos dados obtidos. No entanto, atualmente, os avanços tecnológicos oferecem avaliações que não prejudicam o objeto da pesquisa como é o caso da microtomografia e ainda facilitam a observação densiométrica e biomecânica do tecido ósseo adjacente.

Em relação ao procedimento cirúrgico, sugere-se a inserção de mini-implantes, principalmente auto-rosqueáveis, a partir da tomografia computadorizada pela grande precisão na determinação do local eleito.

Sugerem-se mais trabalhos acerca dos danos do periodonto causados pela inserção de mini-implante e o seu acompanhamento associado à carga imediata e aos períodos de cicatrização após a remoção do dispositivo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSSON, I.; BERGLUNDH, T.; LINDER, E.; LANG, N.P.; LINDHE, J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. **Clin Oral Implants Res**, v.15, n.4, p.381-92, Aug, 2004.

AKIN-NERGIZ, N.; NERGIZ, I.; SCHULZ, A.; ARPAK, N.; NIEDERMEIER, W. Reactions of peri-implant tissues to continuous loading of osseointegrated implants. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.114, n.3, p.292-8, Sep, 1998.

ARTZI, Z.; TAL, H.; MOSES, O.; KOZLOVSKY, A. Mucosal considerations for osseointegrated implants. **J Prosthet Dent**, v.70, n.5, p.427-32, Nov, 1993.

ASSCHERICKX, K.; VANNET, B.V.; WEHRBEIN, H.; SABZEVAR, M.M. Root repair after injury from mini-screw. **Clin Oral Implants Res**, v.16, n.5, p.575-8, Oct, 2005.

BERGLUNDH, T.; ABRAHAMSSON, I.; LANG, N.P.; LINDHE, J. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. **Clin Oral Implants Res**, v.14, n.3, p.251-62, Jun, 2003.

BLOEBAUM, R.D.; BACHUS, K.N.; BOYCE, T.M. Backscattered electron imaging: the role in calcified tissue and implant analysis. **J Biomater Appl**, v.5, n.1, p.56-85, Jul, 1990.

BRANDÃO, L.B.C.; MUCHA, J.N. The mini-implants acceptance rate by patients in orthodontic treatments - a preliminary study. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v.13, n.5, p.118-127, set/out, 2008.

BRASIL. Lei no 6.638/79. Estabelece normas para a prática didático-científica da viviseção de animais e determina outras providências. **República Federativa do Brasil**, 8 de Maio, 1979.

BRISCENO, C.E.; ROSSOUW, P.E.; CARRILLO, R.; SPEARS, R.; BUSCHANG, P.H. Healing of the roots and surrounding structures after intentional damage with miniscrew implants. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.135, n.3, p.292-301, Mar, 2009.

BUCHTER, A.; KLEINHEINZ, J.; WIESMANN, H.P.; KERSKEN, J.; NIENKEMPER, M.; WEYHROTH, H.; JOOS, U.; MEYER, U. Biological and biomechanical evaluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique. **Clin Oral Implants Res**, v.16, n.1, p.1-8, Feb, 2005a.

BUCHTER, A.; WIECHMANN, D.; KOERDT, S.; WIESMANN, H.P.; PIFFKO, J.; MEYER, U. Load-related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage. **Clin Oral Implants Res**, v.16, n.4, p.473-9, Aug, 2005b.

CARLSSON, L.; ROSTLUND, T.; ALBREKTSSON, B.; ALBREKTSSON, T. Removal torques for polished and rough titanium implants. **Int J Oral Maxillofac Implants**, v.3, n.1, p.21-4, Spring, 1988.

CARRILLO, R.; ROSSOUW, P.E.; FRANCO, P.F.; OPPERMANN, L.A.; BUSCHANG, P.H. Intrusion of multiradicular teeth and related root resorption with mini-screw implant anchorage: a radiographic evaluation. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.132, n.5, p.647-55, Nov, 2007.

CHEN, Y.H.; CHANG, H.H.; CHEN, Y.J.; LEE, D.; CHIANG, H.H.; YAO, C.C. Root contact during insertion of miniscrews for orthodontic anchorage increases the failure rate: an animal study. **Clin Oral Implants Res**, v.19, n.1, p.99-106, Jan, 2008.

CHENG, S.J.; TSENG, I.Y.; LEE, J.J.; KOK, S.H. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, v.19, n.1, p.100-6, Jan-Feb, 2004.

COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL. **Princípios éticos na experimentação animal**. São Paulo: Colégio Brasileiro de Experimentação Animal, 2007

COSTA, A.; RAFFAINL, M.; MELSEN, B. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. **Int J Adult Orthodon Orthognath Surg**, v.13, n.3, p.201-9, 1998.

COSTA, C.A.; SENA, L.A.; PINTO, M.; MULLER, C.A.; CAVALCANTI, J.H.; SOARES, G.A. In vivo characterization of titanium implants coated with synthetic hydroxyapatite by electrophoresis. **Braz Dent J**, v.16, n.1, p.75-81, 2005.

DEGUCHI, T.; TAKANO-YAMAMOTO, T.; KANOMI, R.; HARTSFIELD, J.K., JR.; ROBERTS, W.E.; GARETTO, L.P. The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. **J Dent Res**, v.82, n.5, p.377-81, May, 2003.

FREIRE, J.N.; SILVA, N.R.; GIL, J.N.; MAGINI, R.S.; COELHO, P.G. Histomorphologic and histomophometric evaluation of immediately and early loaded mini-implants for orthodontic anchorage. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.131, n.6, p.704 e1-9, Jun, 2007.

FREUDENTHALER, J.W.; HAAS, R.; BANTLEON, H.P. Bicortical titanium screws for critical orthodontic anchorage in the mandible: a preliminary report on clinical applications. **Clin Oral Implants Res**, v.12, n.4, p.358-63, Aug, 2001.

FRIBERG, B.; SENNERBY, L.; MEREDITH, N.; LEKHOLM, U. A comparison between cutting torque and resonance frequency measurements of maxillary implants. A 20-month clinical study. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v.28, n.4, p.297-303, Aug, 1999.

GOTFREDSEN, K.; NIMB, L.; HJORTING-HANSEN, E.; JENSEN, J.S.; HOLMEN, A. Histomorphometric and removal torque analysis for TiO₂-blasted titanium implants. An experimental study on dogs. **Clin Oral Implants Res**, v.3, n.2, p.77-84, Jun, 1992.

HEMBREE, M.; BUSCHANG, P.H.; CARRILLO, R.; SPEARS, R.; ROSSOUW, P.E. Effects of intentional damage of the roots and surrounding structures with miniscrew implants. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.135, n.3, p.280 e1-9; discussion 280-1, Mar, 2009.

HERMAN, R.; COPE, J.B. Miniscrew implants: IMTEC mini ortho implants. **Semin Orthod**, v.11, p.32-9, 2005.

HURZELER, M.B.; QUINONES, C.R.; KOHAL, R.J.; ROHDE, M.; STRUB, J.R.; TEUSCHER, U.; CAFFESSE, R.G. Changes in peri-implant tissues subjected to orthodontic forces and ligature breakdown in monkeys. **J Periodontol**, v.69, n.3, p.396-404, Mar, 1998.

KADIOGLU, O.; BUYUKYILMAZ, T.; ZACHRISSON, B.U.; MAINO, B.G. Contact damage to root surfaces of premolars touching miniscrews during orthodontic treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.134, n.3, p.353-60, Sep, 2008.

KANOMI, R. Mini-implants for orthodontic anchorage. **J Clin Orthod**, v.31, p.763-767, 1997.

KIM, H.; KIM, T.K.; LEE, S.J. Convenient removal of orthodontic mini-implants. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.131, n.4 Suppl, p.S90-1, Apr, 2007.

KIM, J.W.; AHN, S.J.; CHANG, Y.I. Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.128, n.2, p.190-4, Aug, 2005.

LEE, J.S.; KIM, J.K.; PARK, Y.C.; VANARSDALL, J.R.L. **Applicattions of Orthodontic Mini-Implants**. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc, 2007. 274 p.

LUIZ, R.R.; COSTA, A.J.L.; NADANOVSKY, P. **Epidemiologia e bioestatística na pesquisa odontológica**. São Paulo: Editora Atheneu, 2005. 473 p.

MAINO, B.G.; MAINO, G.; MURA, P. Spider Screw: skeletal anchorage system. **Prog Orthod**, v.6, n.1, p.70-81, 2005.

MAJZOUB, Z.; FINOTTI, M.; MIOTTI, F.; GIARDINO, R.; ALDINI, N.N.; CORDIOLI, G. Bone response to orthodontic loading of endosseous implants in the rabbit calvaria: early continuous distalizing forces. **Eur J Orthod**, v.21, n.3, p.223-30, Jun, 1999.

MELSEN, B.; COSTA, A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. **Clin Orthod Res**, v.3, n.1, p.23-8, Feb, 2000.

MELSEN, B.; LANG, N.P. Biological reactions of alveolar bone to orthodontic loading of oral implants. **Clin Oral Implants Res**, v.12, n.2, p.144-52, Apr, 2001.

MEREDITH, N.; SHAGALDI, F.; ALLEYNE, D.; SENNERBY, L.; CAWLEY, P. The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. **Clin Oral Implants Res**, v.8, n.3, p.234-43, Jun, 1997.

MEYER, U.; JOOS, U.; MYTHILI, J.; STAMM, T.; HOHOFF, A.; FILLIES, T.; STRATMANN, U.; WIESMANN, H.P. Ultrastructural characterization of the implant/bone interface of immediately loaded dental implants. **Biomaterials**, v.25, n.10, p.1959-67, May, 2004.

MIYAWAKI, S.; KOYAMA, I.; INOUE, M.; MISHIMA, K.; SUGAHARA, T.; TAKANO-YAMAMOTO, T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.124, n.4, p.373-8, Oct, 2003.

MORAIS, L.S.; SERRA, G.G.; MULLER, C.A.; ANDRADE, L.R.; PALERMO, E.F.; ELIAS, C.N.; MEYERS, M. Titanium alloy mini-implants for orthodontic anchorage: immediate loading and metal ion release. **Acta Biomater**, v.3, n.3, p.331-9, May, 2007.

MOTOYOSHI, M.; HIRABAYASHI, M.; UEMURA, M.; SHIMIZU, N. Recommended placement torque when tightening an orthodontic mini-implant. **Clin Oral Implants Res**, v.17, n.1, p.109-14, Feb, 2006.

MOTOYOSHI, M.; UENO, S.; OKAZAKI, K.; SHIMIZU, N. Bone stress for a mini-implant close to the roots of adjacent teeth--3D finite element analysis. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v.38, n.4, p.363-8, Apr, 2009.

MOTOYOSHI, M.; YANO, S.; TSURUOKA, T.; SHIMIZU, N. Biomechanical effect of abutment on stability of orthodontic mini-implant. A finite element analysis. **Clin Oral Implants Res**, v.16, n.4, p.480-5, Aug, 2005.

NOJIMA, L.I.; NOJIMA, M.G.; MELGAÇO, C.A.; COSTA, L.F.M.; NEVES, J.B. Temporary anchorage devices in orthodontics. In: **Esthetics in implantodontology**. São Paulo: Quintessence Editora Ltda, 2006

OHMAE, M.; SAITO, S.; MOROHASHI, T.; SEKI, K.; QU, H.; KANOMI, R.; YAMASAKI, K.I.; OKANO, T.; YAMADA, S.; SHIBASAKI, Y. A clinical and histological evaluation of titanium mini-implants as anchors for orthodontic intrusion in the beagle dog. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.119, n.5, p.489-97, May, 2001.

OKAZAKI, J.; KOMASA, Y.; SAKAI, D.; KAMADA, A.; IKEO, T.; TODA, I.; SUWA, F.; INOUE, M.; ETOH, T. A torque removal study on the primary stability of orthodontic titanium screw mini-implants in the cortical bone of dog femurs. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v.37, n.7, p.647-50, Jul, 2008.

OTTANI, V.; RASPANTI, M.; MARTINI, D.; TRETOLA, G.; RUGGERI, A., JR.; FRANCHI, M.; GIULIANI PICCARI, G.; RUGGERI, A. Electromagnetic stimulation on the bone growth using backscattered electron imaging. **Micron**, v.33, n.2, p.121-5, 2002.

PITHON, M.M.; NOJIMA, L.I.; NOJIMA, M.G.; RUELLAS, A.C.O. Assessment of flexure strength and fracture of orthodontic mini-implants. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v.13, n.5, p.128-133, set-out, 2008a.

_____. Comparative study of fracture torque for orthodontic mini-implants of different trademarks. **Oral Surg**, v.1, p.84-87, 2008b.

POGGIO, P.M.; INCORVATI, C.; VELO, S.; CARANO, A. "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. **The Angle Orthodontist**, v.76, n.2, p.191-7, Mar, 2006.

ROCCIA, F.; TAVOLACCINI, A.; DELL'ACQUA, A.; FASOLIS, M. An audit of mandibular fractures treated by intermaxillary fixation using intraoral cortical bone screws. **J Craniomaxillofac Surg**, v.33, n.4, p.251-4, Aug, 2005.

SAITO, S.; SUGIMOTO, N.; MOROHASHI, T.; OZEKI, M.; KURABAYASHI, H.; SHIMIZU, H.; YAMASAKI, K.; SHIBA, A.; YAMADA, S.; SHIBASAKI, Y. Endosseous titanium implants as anchors for mesiodistal tooth movement in the beagle dog. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.118, n.6, p.601-7, Dec, 2000.

SCHNELLE, M.A.; BECK, F.M.; JAYNES, R.M.; HUJA, S.S. A radiographic evaluation of the availability of bone for placement of miniscrews. **The Angle Orthodontist**, v.74, n.6, p.832-7, Dec, 2004.

SERRA, G.; MORAIS, L.S.; ELIAS, C.N.; MEYERS, M.A.; ANDRADE, L.; MULLER, C.; MULLER, M. Sequential bone healing of immediately loaded mini-implants. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v.134, n.1, p.44-52, Jul, 2008.

SQUEFF, L.R.; SIMONSON, M.B.A.; ELIAS, C.N.; NOJIMA, L.I. Characterization of the mini-implants used to orthodontic anchorage. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v.13, n.5, p.49-56, set/out, 2008.

SUL, Y.T.; JOHANSSON, C.; BYON, E.; ALBREKTSSON, T. The bone response of oxidized bioactive and non-bioactive titanium implants. **Biomaterials**, v.26, n.33, p.6720-30, Nov, 2005.

WEHRBEIN, H.; GLATZMAIER, J.; YILDIRIM, M. Orthodontic anchorage capacity of short titanium screw implants in the maxilla. An experimental study in the dog. **Clin Oral Implants Res**, v.8, n.2, p.131-41, Apr, 1997.

WIECHMANN, D.; MEYER, U.; BUCHTER, A. Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: a prospective clinical study. **Clin Oral Implants Res**, v.18, n.2, p.263-7, Apr, 2007.

WIERZCHOS, J.; FALCIONI, T.; KICIAK, A.; WOLINSKI, J.; KOCZOROWSKI, R.; CHOMICKI, P.; POREMBSKA, M.; ASCASO, C. Advances in the ultrastructural study of the implant-bone interface by backscattered electron imaging. **Micron**, v.39, n.8, p.1363-70, Dec, 2008.

9 ANEXOS

ANEXO 1: Aprovação do Comitê de Ética da Faculdade de Veterinária da UFRGS.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
COMITÊ DE ÉTICA

Ao Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi
Nesta Faculdade

Porto Alegre, 20 de novembro de 2006

Prezado Professor:

Vimos por meio deste informar-lhe que, após análise por consultor *ad hoc* deste comitê, o projeto no. 04/2006 “Resistência à tração de mini-implantes em maxila e mandíbula de cães”, encaminhado por V.Sa., após modificações recomendadas, recebeu o seguinte parecer:
APROVADO. Cópia do referido parecer encontra-se anexo a este ofício.

Sem mais para o momento, despedimo-nos
Atenciosamente

Vladimir Pinheiro do Nascimento

Prof. Vladimir Pinheiro do Nascimento
Diretor da Faculdade de Veterinária / UFRGS

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)

[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)

[Baixar livros de Literatura Infantil](#)

[Baixar livros de Matemática](#)

[Baixar livros de Medicina](#)

[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)

[Baixar livros de Meio Ambiente](#)

[Baixar livros de Meteorologia](#)

[Baixar Monografias e TCC](#)

[Baixar livros Multidisciplinar](#)

[Baixar livros de Música](#)

[Baixar livros de Psicologia](#)

[Baixar livros de Química](#)

[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)

[Baixar livros de Serviço Social](#)

[Baixar livros de Sociologia](#)

[Baixar livros de Teologia](#)

[Baixar livros de Trabalho](#)

[Baixar livros de Turismo](#)