

MODALIDADE ARTIGO CIENTÍFICO
Dissertação de Mestrado

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

LUCIANO SANDOVAL CARNEIRO

**COMPARAÇÃO ENTRE IMPLANTES UNITÁRIOS DE
SUPERFÍCIE TRATADA E NÃO TRATADA POR
SUBTRAÇÃO RADIOGRÁFICA DIGITAL EM
PROTOCOLOS DE CARGA IMEDIATA E
CONVENCIONAL**

Orientador: Prof. Dr. Elismauro Francisco de Mendonça

UFG
2009

LUCIANO SANDOVAL CARNEIRO

**COMPARAÇÃO ENTRE IMPLANTES UNITÁRIOS DE
SUPERFÍCIE TRATADA E NÃO TRATADA POR
SUBTRAÇÃO RADIOGRÁFICA DIGITAL EM
PROTOCOLOS DE CARGA IMEDIATA E
CONVENCIONAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Odontologia da Universidade Federal de
Goiás para obtenção do Título de Mestre
em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Elismauro Francisco
de Mendonça

**UFG
2009**

Dedico este trabalho...

Dedico este trabalho aos meus pais, Luis e Suelma, e ao meu irmão, Lórimar,
por terem sempre me incentivado a progredir e por terem me renovado as
forças nos momentos de dificuldade.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por minha saúde que me permitiu conduzir esse trabalho com muito equilíbrio, garra, determinação e seriedade.

Ao Prof. Dr. Elismauro Francisco de Mendonça pelo constante estímulo à busca do conhecimento, pela confiança em meu potencial, por tantas oportunidades de aperfeiçoamento profissional, pelas cobranças que me impulsionaram a sempre fazer o melhor. Muito obrigado pelo apoio nas etapas mais difíceis e pelo exemplo de orientação, na qual jamais fez o trabalho por mim, mas me conduziu a realizar todas as atividades com muito orgulho.

Ao Dr. Hiron Andreaza da Cunha pela grande contribuição no âmbito da Implantodontia e pela confiança no meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Cláudio Rodrigues Leles pela prestigiosa colaboração na análise estatística desse estudo e pelos conhecimentos na área de Prótese.

Aos professores do Programa de Mestrado da FO/UFG pelas valiosas contribuições na minha formação.

Às professoras Dra. Aline Carvalho Batista, Dra. Maria Alves Garcia Santos Silva e Dra. Rejane Faria Ribeiro-Rotta pela disponibilidade e o suporte nas atividades do Centro Goiano de Doenças da Boca e da Disciplina de Patologia.

Aos inesquecíveis colegas desse Programa de Mestrado por terem compartilhado tantos desafios sempre com união e entusiasmo! Muito obrigado pela amizade! Desejo-lhes muito sucesso!

Aos funcionários do Centro Goiano de Doenças da Boca, do Laboratório de Patologia e do Setor de Diagnóstico por Imagem da FO/UFG por terem me apoiado com carinho durante todo o Programa de Mestrado.

À Dra. Lázara de Lourdes Mendonça Cardoso e a todos os outros amigos do Ceradio e CDR que tanto contribuíram para o sucesso desse trabalho.

À direção da Disciplina de Patologia Geral e Buco-dental que me proporcionou uma oportunidade fantástica de ministrar duas aulas na graduação. Foi uma experiência inesquecível!

Aos funcionários da FO/UFG por terem me atendido em todos os momentos com muita dedicação e carinho.

Aos meus familiares que me apoiaram constantemente, sempre torcendo pelo meu sucesso, e compreenderam as situações nas quais não pude estar presente para dedicar-me a esse trabalho. Muito obrigado, pois sem vocês eu não teria tantas oportunidades de estudo, aprendizado e crescimento profissional.

À minha companheira, Vanice, pelo incentivo, o amor, o carinho e a compreensão da minha ausência para a realização desse projeto.

Aos estimados colegas e coordenadores da Prefeitura Municipal de Hidrolândia que entenderam minhas faltas para a finalização desse Programa de Mestrado.

Aos funcionários da pós-graduação da FO/UFG por me receberem sempre com alegria e disposição para ajudar.

Ao meu primo, Adson, pelo suporte na área de Informática.

Aos pacientes participantes desse estudo pela adesão às nossas solicitações e pela confiança em nosso trabalho.

Resumo

Objetivos: O objetivo desse estudo foi comparar através da subtração radiográfica digital (SRD), associada à avaliação clínica, a resposta óssea a implante unitário de superfície tratada (ST) e a implante de superfície não tratada (SNT) utilizando protocolos de carga imediata (CI) e convencional (CON).

Material e métodos: 12 pacientes (8 pelo protocolo de CI e 4 pelo protocolo de CON) receberam um total de 24 implantes. Cada indivíduo recebeu dois implantes, um de ST e outro de SNT, em posições homólogas bilaterais na maxila (regiões de incisivos laterais, caninos ou pré-molares) ou na mandíbula (área de molares). Imagens radiográficas padronizadas de cada implante foram obtidas no dia seguinte após procedimento cirúrgico de instalação (imagem de referência) e em 3, 6 e 12 meses seguintes (imagens de controle). As imagens foram submetidas à SRD para avaliação da perda de crista óssea alveolar (PCO) e obtenção da densidade óssea peri-implantar (DOPI). Além das radiografias padronizadas, o torque de inserção e a frequência de ressonância dos implantes (em 0, 6 e 12 meses) foram medidos com finalidade de correlacioná-los à avaliação radiográfica.

Resultados: O teste T revelou ausência de diferença estatisticamente significativa entre implantes de ST e SNT em relação a PCO, enquanto o grupo de ST apresentou maior DOPI apenas na região de terço médio no controle de 3 meses ($p = 0,04$). Para o grupo submetido ao protocolo de CI, o teste de Mann-Whitney demonstrou maior PCO no controle de 6 meses ($p = 0,03$), maior DOPI no controle de 12 meses ($p = 0,06$; $p = 0,07$) e DOPI crescente ao longo do tempo. Houve uma correlação positiva entre a estabilidade primária e a DOPI no controle de 12 meses ($r = 0,58$; $p = 0,005$).

Conclusões: Os implantes de ST e SNT apresentaram comportamentos semelhantes quanto a PCO e DOPI. O protocolo de CI exibiu sucesso comparável ao do protocolo de CON. A estabilidade primária dos implantes foi um fator importante para atingir maior DOPI após 1 ano sob a ação de carga.

Abstract

Objectives: To compare by digital subtraction radiography (SR), matched to clinical evaluation, bone response to single-tooth treated (TS) and non-treated (NTS) surface implants on immediate (IM) and conventional (CO) loading protocols.

Material and methods: 12 patients (8 underwent IM protocol and 4 underwent CO protocol) received 24 implants. Each subject received 2 implants (one with TS and the other NTS) homologously and bilaterally positioned in maxillae (lateral incisor, canine or premolar regions) or mandible (molar area). Standardized radiographies of each implant were taken on the day after implant placement (baseline image) and after 3, 6 and 12 months (follow-up images). SR was used for crestal bone loss (CBL) and peri-implant bone density (PIBD) measurements. The placement torque and resonance frequency (at 0, 6 and 12 months) were also measured for matching radiographic data.

Results: T-test revealed no statistically significant difference in CBL between TS and NTS implants, while TS implants presented higher PIBD in the mid-implant region at 3-months recall ($p = 0.04$). For IM protocol, the Mann-Whitney test revealed higher CBL at 6-months follow-up ($p = 0.03$), greater PIBD at 12-months recall ($p = 0.06$; $p = 0.07$) and increasing PIBD through time. There was a positive correlation between primary stability and PIBD at 12-months recall ($r = 0.58$; $p = 0.005$).

Conclusions: TS and NTS implants presented similar performances with regard to CBL and PIBD. IM and CO protocols were similarly successful. Primary stability was an important element in reaching greater PIBD after 1-year loading period.

Lista de siglas, símbolos e abreviaturas

SRD	Subtração radiográfica digital
ST	Superfície tratada
SNT	Superfície não tratada
CI	Carga imediata
CON	Carga convencional
PCO	Perda de crista óssea alveolar
DOPI	Densidade óssea peri-implantar
SR	<i>Digital subtraction radiography</i> (Subtração radiográfica digital)
TS	<i>Treated surface</i> (Superfície tratada)
NTS	<i>Non-treated surface</i> (Superfície não tratada)
IM	<i>Immediate loading</i> (Carga imediata)
CO	<i>Conventional loading</i> (Carga convencional)
CBL	<i>Crestal bone loss</i> (Perda de crista óssea alveolar)
PIBD	<i>Peri-implant bone density</i> (Densidade óssea peri-implantar)
mm	Milímetros
Ncm	Newton x centímetros
QEI	Quociente de estabilidade do implante
FO/UFG	Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás
KVp	<i>Kilovoltage peak</i> (Pico de quilovoltagem)
mA	Miliampéres
cm	Centímetros
s	Segundos
Dpi	<i>Dots per inch</i> (Pontos por polegada)

TIFF	<i>Tagged Image File Format</i>
Sub 3	Imagem de subtração radiográfica no controle de 3 meses
Sub 6	Imagem de subtração radiográfica no controle de 6 meses
Sub 12	Imagem de subtração radiográfica no controle de 12 meses
RDI	Região de interesse
ISQ	<i>Implant stability quotient</i> (Quociente de estabilidade do implante)
SUB 3	<i>Subtraction radiography image at 3-months follow-up</i> (Imagem de subtração radiográfica no controle de 3 meses)
SUB 6	<i>Subtraction radiography image at 6-months follow-up</i> (Imagem de subtração radiográfica no controle de 6 meses)
SUB12	<i>Subtraction radiography image at 12-months follow-up</i> (Imagem de subtração radiográfica no controle de 12 meses)
ROI	<i>Region-of-interest</i> (Região de interesse)
SD	<i>Standard deviation</i> (Desvio padrão)

Sumário

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	1
	3
2. JUSTIFICATIVA.....	2
	2
3. OBJETIVOS.....	2
	4
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	2
	5
5. PUBLICAÇÃO.....	3
	5
6. CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	6
	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	6
	2
ANEXO.....	6
	7

1. Caracterização do problema

Nos últimos vinte anos o número de implantes dentários usados em reabilitações orais tem aumentado significativamente em todo o mundo, perfazendo cerca de um milhão de implantes instalados por ano (Le Guéhennec et al. 2007). Essa realidade é decorrente do conhecimento crescente na área de Implantodontia.

Muitos estudos têm investigado formas de aumentar o sucesso clínico dos implantes. Um grande desafio tem sido a preservação da crista óssea alveolar para evitar a perda da papila dentária e conseqüentes ameias interproximais amplas. Nos casos de sobrecarga, a crista óssea é bastante prejudicada, pois representa uma área de concentração de forças aplicadas sobre o implante. Além disso, tem se buscado uma melhor densidade óssea peri-implantar (DOPI) que possa garantir maior resistência aos esforços mastigatórios, viabilizando o sucesso da reabilitação protética (Appleton et al. 2005). Devido a esse constante aprimoramento, o uso de implantes tem alcançado elevados índices clínicos de sucesso (Cochran 1999; Ricci et al. 2004). De acordo com Cochran et al. (2007) o uso bem sucedido de implantes dentários no tratamento de pacientes edêntulos totais e parciais tem sido documentado na literatura por mais de 20 anos.

O sucesso clínico dos implantes está associado à sua osseointegração. Após a instalação, o implante interage com o tecido do leito receptor, ou seja, o tecido conjuntivo, representado pelo tecido ósseo com as suas peculiaridades como a vascularização tecidual local. Nesse processo há duas possibilidades de resposta do tecido adjacente. Em uma das possibilidades pode ocorrer a formação de uma rede de tecido fibroso ao redor do implante, não

proporcionando fixação biomecânica e causando a falha clínica da integração com o leito receptor. A segunda possibilidade de resposta é caracterizada pela conexão estrutural e funcional direta entre o tecido ósseo e a superfície de um implante sem a interposição de camada de tecido conjuntivo e representa a osseointegração (Xiropaidis et al. 2005; Le Guéhennec et al. 2007). Essa fixação biológica é um pré-requisito para o sucesso a longo prazo de próteses implanto-suportadas. Portanto, a deposição direta de osso na superfície do implante é fundamental para viabilizar a aplicação de carga (Le Guéhennec et al. 2007).

A compreensão do fenômeno da osseointegração permite que o clínico adote condutas a fim de favorecê-la. Por exemplo, o conhecimento da fisiologia do tecido ósseo orienta a realização de procedimento cirúrgico para instalação de implantes em condições que reduzam o aquecimento e proporcionem mobilidade limitada do implante durante a osseointegração. Além disso, essas informações orientam a busca de materiais biocompatíveis que viabilizem o sucesso em diferentes reabilitações envolvendo implantes osseointegráveis (Cochran 1999).

Nessa busca de biocompatibilidade observou-se que a topografia da superfície do implante é fundamental para o sucesso clínico das reabilitações a curto e longo prazo. Afinal, o nível e qualidade da osseointegração de implantes estão associados às propriedades de suas superfícies (Cochran et al. 2007; Le Guéhennec et al. 2007). Conseqüentemente diferentes superfícies de implantes têm sido desenvolvidas para melhorar a adaptação óssea e aumentar a previsibilidade do protocolo clínico em relação ao sucesso a longo prazo (Xiropaidis et al. 2005).

Muitas alterações nas características físicas dos implantes têm sido realizadas. Estudos iniciais envolveram principalmente implantes portadores de superfície relativamente lisa ou torneada, enquanto estudos mais recentes têm investigado implantes dotados de superfície de titânio com maior rugosidade. Essas rugosidades aumentam a superfície do implante e conseqüentemente o potencial de contato com o tecido ósseo, além de favorecer a osteocondutividade (Froberg et al. 2006; Cochran et al. 2007; Burgos et al. 2008). Além disso, a superfície rugosa parece favorecer a habilidade do implante em reter um coágulo estável bem como a rede de fibrina para viabilizar a osteogênese (Rocci et al, 2003).

Mas o desempenho dos implantes pode ser melhorado não só por meio de alterações topográficas. Suas propriedades químicas também têm sido aprimoradas (Sul et al. 2006b), como por exemplo, incorporando-se íons magnésio a implantes oxidados. Esses implantes induziram uma melhor resposta óssea peri-implantar. Porém, o mecanismo de ação dessa superfície quimicamente alterada ainda é desconhecido (Sul et al. 2006a). Em um estudo recente em animais, Sollazzo et al. (2008) observaram melhor osseointegração de implantes revestidos por uma camada de óxido de zircônio. Assim, através do aprimoramento das características químicas da superfície do implante pode-se, por exemplo, evitar altos índices de falha de reabilitações orais em casos de reabsorção acentuada do rebordo alveolar e de qualidade óssea deficiente (Ivanoff et al. 2003).

Os primeiros implantes de superfície rugosa eram produzidos a partir de técnicas aditivas, sendo que algum material, por exemplo, hidroxiapatita ou plasma, era aplicado sobre a superfície do implante. Técnicas mais recentes

usam métodos subtrativos, tais como jateamento de areia e ataque ácido (Cochran et al. 2007). Outra possibilidade é a oxidação anódica, em que as porosidades são produzidas pela imersão do implante em solução de ácido forte submetida à passagem de corrente elétrica de alta densidade (Froberg et al. 2006; Sul et al. 2006a; Le Guéhennec et al. 2007). A superfície TiUnite (Nobel Biocare, Gothenburg, Suécia) é um dos exemplos produzidos por essa técnica e apresenta maior capacidade de manter a estabilidade primária bem como permitir que a estabilidade secundária seja alcançada precocemente (Rocci et al. 2003).

Entretanto, poucos são os estudos clínicos padronizados que avaliam a resposta óssea peri-implantar em humanos em relação a essas superfícies de implantes tratadas (Grassi et al. 2006). Na verdade, a hipótese da superioridade dos implantes de superfície tratada tem sido suportada por achados histológicos em animais (Piattelli et al. 1998; Sul et al. 2006a; Sul et al. 2006b; Burgos et al. 2008; Sollazzo et al. 2008) ou humanos (Piattelli et al. 1997; Ivanoff et al. 2003; Froberg et al. 2006), bem como por pesquisas baseadas em índices acumulativos de sucesso de implantes (Glauser et al. 2003; Rocci et al. 2003; Jungner et al. 2005; Cochran et al. 2007; Friberg & Jemt 2008; Laviv et al. 2009). Tais estudos exibem diversas limitações. Os achados histológicos em animais podem não ser aplicáveis em condições clínicas em decorrência da possibilidade de que a resposta do tecido ósseo peri-implantar humano seja diferente (Ivanoff et al. 2001; Ivanoff et al. 2003). Quanto aos achados histológicos em humanos, Barone et al. (2003) relataram como limitação o fato de que um número muito restrito de implantes bem sucedidos pode ser removido de pacientes saudáveis. Já os estudos que

empregam índices acumulativos de sucesso de implantes apresentam como deficiência a obtenção dos resultados a partir de dados subjetivos, como a ausência de mobilidade, de dor, desconforto e supuração.

Além do aprimoramento das superfícies dos implantes, a Implantodontia vem buscando outra grande conquista: a redução do tempo de espera para a efetivação da osseointegração previamente à aplicação de carga no implante e, conseqüentemente, a diminuição da duração do tratamento reabilitador. O protocolo convencional para reabilitação usando-se implantes dentários, proposto por Branemark e colaboradores em 1969, inclui duas etapas cirúrgicas. O implante é instalado no tecido ósseo e em seguida, completamente recoberto pela mucosa bucal, não sofrendo ação de carga. Após o tempo necessário para a efetivação da osseointegração, um novo procedimento cirúrgico é realizado para acessar o implante e então adaptar o cicatrizador e posteriormente a coroa implanto-suportada (Da Cunha et al. 2004).

Porém esse longo tempo de espera, a necessidade de várias consultas, da utilização de próteses temporárias, bem como de duas etapas cirúrgicas podem levar o paciente a desistir do tratamento. Dessa forma, protocolos de carga imediata (CI) que permitem a redução desse tempo de espera vêm sendo investigados. Nesses protocolos a coroa implanto-suportada é cimentada nas primeiras 48 horas após a instalação do implante (Da Cunha et al. 2004).

Pesquisas relacionadas aos protocolos de CI têm revelado resultados promissores desde a década de 80 (Da Cunha et al. 2004). Assim, há um interesse crescente entre os clínicos e pacientes quanto ao emprego do

protocolo de CI (Cooper et al. 2007). De acordo com Friberg & Jemt (2008), o uso de implantes em um único estágio tem se tornado uma modalidade de tratamento padrão na reabilitação de mandíbulas edêntulas.

Entretanto, a reabilitação por meio do protocolo de CI apresenta determinadas limitações que muitas vezes são desprezadas pelos clínicos em função das expectativas do paciente. Para obtenção de elevados índices de sucesso, Glauser et al. (2003) enfatizaram que a maioria dos autores considera necessária uma seleção rigorosa do paciente a ser submetido a este tipo de protocolo, bem como o controle da carga aplicada aos implantes, por exemplo, reduzindo-se os contatos oclusais. Além disso, outra notável limitação é a escassez de avaliações de carga imediata na literatura em casos unitários a longo prazo para orientar decisões clínicas (Turkyilmaz 2006; Cooper et al. 2007).

Para superar essas limitações é oportuno considerar a hipótese de que implantes de superfície tratada induzam melhor resposta do tecido ósseo peri-implantar, podendo aumentar a capacidade de suporte de carga com maior rapidez, viabilizando o protocolo de CI (Ivanoff et al. 2001; Glauser et al. 2003; Rocci et al. 2003; Sul et al. 2006b; Cochran et al. 2007; Friberg & Jemt 2008). No entanto, essa hipótese precisa ser avaliada em condições clínicas padronizadas.

Esses estudos clínicos controlados requerem um método preferencialmente não invasivo e eficiente para investigar o comportamento do tecido ósseo peri-implantar. A subtração radiográfica digital (SRD) revela-se uma técnica promissora e pouco explorada para essa finalidade. Esse método pode proporcionar uma avaliação quantitativa a fim de investigar os possíveis

benefícios do tratamento da superfície do implante, bem como avaliar o desempenho do protocolo de CI nos referidos estudos. Wakoh et al. (2006) relataram que essa técnica é confiável para a avaliação quantitativa longitudinal nos sítios a serem reabilitados por meio de implantes. Além disso, Carneiro et al. (2009) empregaram esse recurso de forma bem sucedida para o monitoramento da remineralização de lesões de cárie, um processo que também envolve alterações minerais sutis.

A SRD, um método não invasivo e apropriado para estudos clínicos, consiste em comparar imagens radiográficas obtidas em diferentes épocas por meio da subtração dos valores de cinza dos pixels (Parks & Williamson 2002). Primeiramente, as imagens a serem avaliadas devem estar no formato digital, seja através da digitalização de radiografias convencionais ou por meio da aquisição direta de imagens digitais. Na sequência, utilizando-se um software apropriado, as imagens de referência e de controle envolvidas na avaliação devem ser alinhadas para possibilitar a comparação das mesmas. O alinhamento é realizado, por exemplo, marcando-se pontos em superfícies estáveis em cada uma das imagens. Posteriormente, o software subtrai os valores de cinza dos pixels da imagem de referência pelos valores dos pixels correspondentes da imagem de controle, gerando uma terceira imagem, a imagem de SRD caracterizada por um plano de fundo homogêneo cinza. Nessa imagem, considerando-se a escala de cinza que varia de 0 (pixel preto) a 255 (pixel branco), os pixels relativos a áreas que não sofreram alteração mineral entre os períodos de referência e de controle exibem valores próximos de 128. Por outro lado, os pixels correspondentes a regiões que apresentaram ganho de tecido mineral revelam valores de cinza superiores a 128.

Finalmente, pixels referentes a áreas acometidas por perda de mineralização mostram valores inferiores a 128 (Carneiro et al. 2009).

Dessa forma, a avaliação quantitativa longitudinal da DOPI medida em valores de cinza dos pixels pode ser realizada de forma bem sucedida. A avaliação longitudinal da perda de crista óssea alveolar (PCO) dos implantes, medida em milímetros (mm), também pode ser executada com eficiência, pois o plano de fundo homogêneo das imagens de SRD facilita a visualização de alterações sutis de estruturas de interesse. Portanto, os implantes de superfície tratada podem ser comparados aos convencionais por meio da SRD, tanto em protocolos de CI quanto em protocolos de carga convencional (CON).

Mas além de realizar a avaliação radiográfica quantitativa, também é oportuno correlacionar seus resultados com achados clínicos relevantes, tais como a medida do torque de inserção e da frequência de ressonância dos implantes. O valor de torque de inserção, medido em Ncm (newton x centímetro), reflete a qualidade óssea do sítio receptor em relação ao grau de dureza e densidade do tecido avaliado e também está sujeito à influência da técnica cirúrgica empregada. Essa variável baseia-se no princípio de que a energia usada durante a instalação do implante é uma combinação da força aplicada ao instrumento usado para realizar o procedimento e a fricção gerada durante a inserção do implante no sítio receptor. A medida do torque de inserção pode ser realizada utilizando-se um torquímetro manual ou da maioria dos motores cirúrgicos durante o procedimento de inserção do implante no sítio ósseo previamente perfurado. A medida dessa variável pode ser realizada com precisão através do motor Osseocare[®] (Nobel Biocare, Gothenburg, Suécia). A medida da frequência de ressonância proporciona a análise da estabilidade do

implante, sendo que a redução do valor dessa variável representa um decréscimo da rigidez do contato da interface do implante com o leito receptor. Para medir a frequência de ressonância pode-se usar o equipamento Osstell® (Integration Diagnostic, Gothenburg, Suécia), dotado de um transdutor em forma de “L”. O transdutor é diretamente conectado ao implante e estimulado por um sinal. Posteriormente o valor de frequência de ressonância é calculado conforme o sinal recebido por este dispositivo. O resultado é expresso por um valor de quociente de estabilidade do implante (QEI), que varia de 0 a 100, sendo proporcional a estabilidade do implante (Da Cunha et al. 2004).

A medida e a correlação dessas variáveis clínicas (torque de inserção e estabilidade do implante) com os achados radiográficos são fundamentais, pois as imagens radiográficas apresentam-se como exames complementares, devendo sempre estar associadas a dados clínicos. Além disso, a importância da medida da estabilidade do implante é maior nos casos de protocolos de CI, nos quais a efetivação da osseointegração é mais crítica (Turkyilmaz 2006).

O nosso propósito para o desenvolvimento dessa pesquisa baseou-se no fato de que a avaliação radiológica comparativa entre os implantes portadores de superfície tratada e aqueles de superfície não tratada, bem como entre protocolos de CI e protocolos de CON utilizando a SRD poderia ser importante para orientar os clínicos no planejamento de reabilitações por meio de implantes. Outra questão investigada foi se a avaliação quantitativa longitudinal tanto da PCO quanto da DOPI poderia proporcionar informações úteis na prática da Implantodontia, pois essas características são decisivas para o sucesso das reabilitações implanto-suportadas.

2. Justificativa

Considerando:

1. A escassez de estudos clínicos controlados em humanos que avaliaram a resposta óssea peri-implantar de diferentes superfícies de implantes (Grassi et al. 2006);
2. A hipótese da superioridade dos implantes de superfície tratada suportada por achados histológicos em animais (Piattelli et al. 1998; Sul et al. 2006a; Sul et al. 2006b; Burgos et al. 2008; Sollazzo et al. 2008) que podem não ser aplicáveis em condições clínicas em humanos (Ivanoff et al. 2001; Ivanoff et al. 2003);
3. O melhor desempenho dos implantes de superfície tratada baseado em achados histológicos em humanos (Piattelli et al. 1997; Ivanoff et al. 2003; Froberg et al. 2006) através de um número limitado de implantes bem sucedidos removidos de pacientes saudáveis (Barone et al. 2003);
4. Vários estudos apontando vantagens dos implantes de superfície tratada comparados aos convencionais através da avaliação do índice acumulativo de sucesso (Glauser et al. 2003; Rocci et al. 2003; Jungner et al. 2005; Cochran et al. 2007; Friberg & Jemt 2008; Laviv et al. 2009), que é baseado em dados subjetivos como por exemplo o implante completamente em função, com ausência de mobilidade, de dor persistente ou irreversível, sem desconforto ou supuração;
5. A escassez de avaliações de carga imediata na literatura em casos unitários em longo prazo para orientar decisões clínicas (Cooper et al. 2007; Turkyilmaz 2006);

6. A possibilidade de implantes de superfície tratada induzirem uma melhor resposta do tecido ósseo peri-implantar e conseqüentemente aumentar a capacidade de suporte de carga e viabilizar o protocolo de CI (Glauser et al. 2003; Rocci et al. 2003; Sul et al. 2006b; Friberg & Jemt, 2008);
7. A importância de estudar os protocolos de CI, que proporcionam conforto ao paciente, como a redução do tempo requerido para a reabilitação bucal, a desnecessidade do uso de próteses temporárias (Barone et al. 2003; Turkyilmaz et al. 2007) e a resolução dos casos clínicos através de um único protocolo cirúrgico (Da Cunha et al. 2004);
8. A confiabilidade da técnica de SRD para a avaliação longitudinal quantitativa de alterações ósseas peri-implantares (Wakoh et al. 2006);

A possibilidade de conduzir estudos clínicos controlados em humanos utilizando a SRD para a comparação entre implantes de superfície tratada e aqueles de superfície não tratada em protocolos de CI e protocolos de CON pode ser promissora para auxiliar as decisões clínicas em reabilitações envolvendo implantes dentários.

3. Objetivos

Objetivo geral:

Comparar implantes de superfície tratada e de superfície não tratada quanto a resposta óssea peri-implantar em reabilitações unitárias através da SRD.

Objetivos específicos:

1. Comparar esses dois tipos de implantes quanto à magnitude de PCO (em milímetros) e quanto à osseointegração através da DOPI (em valores de cinza dos pixels);
2. Avaliar o desempenho desses implantes em protocolos de carga imediata e convencional;
3. Correlacionar os achados radiográficos (PCO e DOPI) com as medidas clínicas de estabilidade (em valores QEI) e torque de inserção dos implantes (em Ncm).

4. Material e métodos

Cinquenta e quatro pacientes examinados clinicamente foram selecionados para receber implantes dentários unitários bilaterais na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (FO/UFG) e foram convidados para participar do estudo (Figura 1). O protocolo de pesquisa, previamente aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição, foi explicado em detalhes aos pacientes. Todos os pacientes foram informados que a avaliação radiográfica proposta pelo estudo seria conduzida simultaneamente ao protocolo de reabilitação por meio dos implantes dentários e também convidados a assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido. Quarenta e sete pacientes concordaram em participar do estudo. Os seguintes critérios de inclusão foram considerados: idade mínima de 17 anos; ausência de dois dentes em posições homólogas na maxila (região de incisivos laterais (Figura 2), caninos ou pré-molares) ou na mandíbula (região de molares), sendo os dentes antagonistas naturais ou repostos por prótese parcial fixa dento-suportada; altura e espessura óssea suficientes para instalação de um implante de 3,75 X 13 mm em cada um dos referidos sítios; evidência clínica de saúde periodontal; ausência de doenças sistêmicas (por exemplo, diabetes), de hábitos (como por exemplo o tabagismo) e/ou de hábitos parafuncionais que poderiam influenciar a osseointegração. Seis indivíduos foram excluídos da fase experimental da pesquisa por apresentarem doenças sistêmicas e/ou serem fumantes. Os demais foram submetidos a um exame clínico. Um espessímetro foi utilizado para medir a espessura da crista óssea. Os exames radiográficos previamente obtidos durante a seleção dos pacientes na FO/UFG foram utilizados para a medida da altura óssea disponível. Vinte e nove

indivíduos foram excluídos das fases seguintes do estudo em decorrência de problemas periodontais e/ou ausências dentárias múltiplas e/ou dimensões ósseas insuficientes e/ou evidência de áreas edêntulas se opondo aos sítios de eleição para a instalação dos implantes. Apenas doze pacientes se enquadraram nos critérios de inclusão e constituíram o grupo experimental. Quatro homens e oito mulheres, com idade entre 24 e 61 anos (média = 37,25) foram incluídos no estudo. Cada um deles recebeu dois implantes de 13 mm, um de superfície tratada (TiUnite® MK III, cilíndrico, conexão protética do tipo hexágono externo, Nobel Biocare, Gothenburg, Suécia) e um de superfície não tratada (Standard®, cilíndrico, torneado, conexão protética do tipo hexágono externo, Nobel Biocare, Gothenburg, Suécia) (Figura 3), um no lado direito e outro no lado esquerdo, ambos na maxila ou na mandíbula, em posições homólogas. Uma distribuição aleatória desses implantes foi realizada. O procedimento cirúrgico de instalação dos implantes foi realizado por um único implantodontista seguindo o protocolo recomendado pelo fabricante. Todos os sítios reabilitados apresentavam tipos ósseos 2 ou 3 de acordo com o sistema de classificação de Lekholm e Zarb (Lekholm & Zarb, 1985).

O torque de inserção de cada implante foi medido usando-se o motor Osseocare® (Nobel Biocare, Gothenburg, Suécia), um equipamento desenvolvido para perfuração óssea do sítio a ser reabilitado, inserção do implante no referido sítio e conexão do componente protético ao implante. O torque de inserção foi medido em Ncm nos terços de crista, médio e apical de cada implante durante o procedimento cirúrgico de instalação no leito cirúrgico.

A medida de frequência de ressonância para avaliação da estabilidade dos implantes foi realizada imediatamente após a instalação dos implantes e

nos controles de 6 e 12 meses usando-se o equipamento Osstell® (Integration Diagnostic, Gothenburg, Suécia), dotado de um transdutor em forma de “L” (Figura 4). Após a conexão desse transdutor a cada implante, o equipamento forneceu o valor de quociente de estabilidade do implante (valor QEI), que varia de 0 a 100.

Quanto à estabilidade primária, oito pacientes apresentaram valor de QEI superior a 60, valor mínimo aceito para aplicação de protocolo de CI (Sennerby & Meredith 2002). Eles foram submetidos ao protocolo de CI, sendo as coroas provisórias cimentadas no final do dia da cirurgia ou no próximo dia e ajustadas com contatos proximais e em máxima intercuspidação e sem contatos em protrusão e lateralidade. Os demais quatro pacientes foram submetidos ao protocolo de CON, mantendo-se os implantes recobertos pela mucosa do rebordo alveolar por um período de 6 meses previamente ao procedimento cirúrgico de reabertura.

Cada um dos vinte e quatro implantes foi radiografado no dia seguinte após a cirurgia de instalação e após 3, 6 e 12 meses de função, utilizando-se um aparelho radiográfico (Heliodent 70, 70 kVp, 7 mA, Siemens, Bensheim, Alemanha) com distância foco-filme de 30 cm e tempos de exposição de 0,32 s para região de molares e 0,25 s para sítios de pré-molares, caninos e incisivos laterais. Posicionadores radiográficos (Indusbello, Londrina, Paraná, Brasil) e um guia oclusal à base de polivinilsiloxano (Re’Cord, Bosworth, Skokie, Illinois, Estados Unidos da América) foram utilizados para a padronização dos exames radiográficos (Figura 5). A angulação vertical do feixe de raios X também foi registrada para cada implante. Os filmes radiográficos (IP-21, F speed, Eastman Kodak Co., Rochester, N. Y., Estados Unidos da América) foram

processados por uma processadora automática (Peri-Pro III, Air Techniques, Hicksville, New York, Estados Unidos da América) contendo soluções reveladora e fixadora novas (Kodak Brasileira Com. Ind. Ltda., Campinas, São Paulo, Brasil). Os posicionadores radiográficos foram apropriadamente desinfetados previamente ao armazenamento.

Digitalização

Oitenta e seis radiografias periapicais convencionais foram digitalizadas através de um scanner incluído no sistema DSR (Electro Medical System, Nyon, Suíça). As imagens digitais, geradas com 400 dpi de resolução trabalhando-se com 8 bits, foram salvas como Tagged Image File Format (TIFF).

Subtração radiográfica digital

O sistema DSR também foi utilizado para realizar as subtrações radiográficas. Para cada implante, as três seguintes subtrações foram realizadas: 1) Sub 3: incluindo as imagens de referência e do controle de 3 meses; 2) Sub 6: incluindo as imagens de referência e dos controles de 3 e 6 meses; 3) Sub 12: incluindo as imagens de referência e dos controles de 3, 6 e 12 meses. Para o alinhamento dos pares de radiografias, quatro pontos foram marcados na superfície do implante (Figura 6). Em seguida um procedimento de gama correção para pequenas diferenças de contraste e projeção geométrica foi adotado. Finalmente a subtração radiográfica foi realizada (Figura 7). Sessenta e duas imagens de SRD foram obtidas e salvas como TIFF.

Avaliação radiográfica quantitativa

O software Image Tool (University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, Estados Unidos da América) foi utilizado para a seguinte avaliação quantitativa (Figura 8), realizada em duas fases nas imagens de subtração radiográfica:

1) Medida da perda de crista óssea alveolar (PCO):

A ferramenta do software apropriada para medidas lineares foi calibrada para medir em milímetros. A calibração baseou-se na medida conhecida do comprimento dos implantes. Para cada implante, em cada uma das imagens de subtração (sub 3, sub 6 e sub 12), duas medidas lineares foram realizadas: uma na mesial e outra na distal. A cabeça do implante e o primeiro contato entre a crista óssea alveolar e a superfície do implante foram identificados tanto na mesial quanto na distal de cada implante. Em cada um desses lados, uma linha foi traçada unindo os dois pontos descritos e o software calculou a distância entre eles. Valores maiores indicavam maior PCO.

2) Medida da densidade óssea peri-implantar (DOPI):

Em cada uma das imagens de SRD (sub 3, sub 6 e sub 12) a ferramenta “histograma” foi utilizada. Esse recurso oferece o valor médio de cinza dos pixels de uma região selecionada (valores variando de 0 a 255 na escala de cinza). Para cada implante, nove regiões de interesse (RDI), cada uma delas constituída por 100 pixels, foram selecionadas na região do tecido ósseo peri-implantar. As RDIs foram distribuídas nos seguintes cinco níveis ao redor de cada implante: crista, subcrista, terço médio, apical lateral e na região de ápice. A mesma distribuição de RDIs ao redor de implantes foi usada por Appleton et al. (2005). As RDIs foram posicionadas a dois pixels de distância da superfície do implante para evitar a inclusão de componente metálico. Nove valores

médios de pixels foram obtidos para cada implante em cada imagem de SRD. Os valores da escala de cinza variam de 0 (pixel preto) à 255 (pixel branco). Valores próximos de 128 revelam estabilidade da DOPI. Valores superiores a 128 indicam aumento da DOPI, enquanto aqueles abaixo desse patamar representam perda da referida densidade.

Para assegurar a confiabilidade da avaliação quantitativa, uma RDI idêntica contendo 100 pixels foi selecionada na região do implante, considerada como controle interno. Essas medidas adicionais foram realizadas usando-se as mesmas imagens de subtração, em áreas não sujeitas a alteração da intensidade do brilho.

Tanto as medidas de PCO quanto da DOPI foram realizadas pelo mesmo radiologista, usando-se um mouse para guiar um cursor em imagens ampliadas em 8 vezes, visualizadas em um monitor de alta resolução (SVGA, 15 polegadas, Hewlett-Packward Company, Estados Unidos da América). Antes da inclusão no banco de dados, para cada implante foi obtida a média entre as PCO da mesial e da distal. De forma semelhante, foi calculada a média entre os valores de pixels da mesial e da distal em cada um dos cinco níveis avaliados, exceto para a região do ápice onde um único valor médio de pixel foi obtido durante a análise quantitativa. O teste T não pareado foi usado para a comparação entre os implantes de superfície tratada (ST) e não tratada (SNT), enquanto os grupos de protocolos de CI e de protocolos de CON foram comparados através do teste de Mann-Whitney. O software SPSS 10.0 (SPSS Inc., 1999, Chicago, Estados Unidos da América) foi usado para a análise dos dados. As diferenças foram consideradas significativas em um nível de 5% ($P < 0,05$).

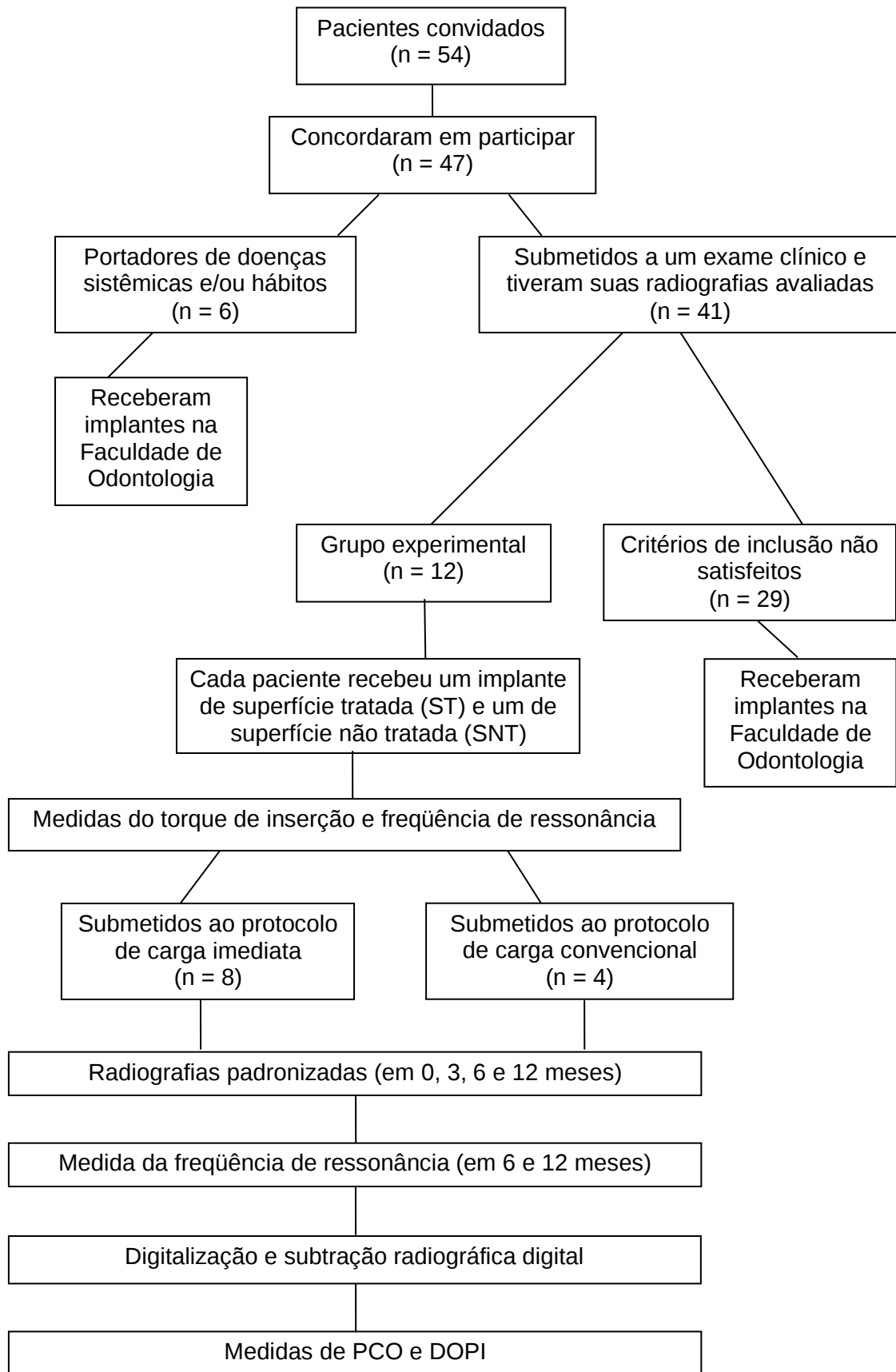


Figura 1. Protocolo de pesquisa e distribuição da amostra de pacientes e implantes



Figura 2. Aspecto clínico de uma paciente exibindo perda bilateral do incisivo lateral superior.

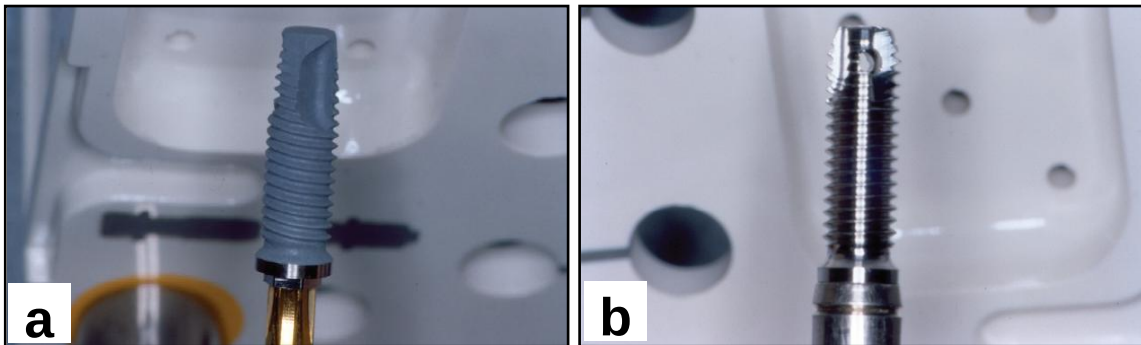


Figura 3. (a) Implante de superfície tratada (TiUnite®): aparência fosca devido à anodização da superfície; terço apical estreito; sistema de dupla rosca. (b) Implante de superfície não tratada (Standard®): superfície torneada; cilíndrico.

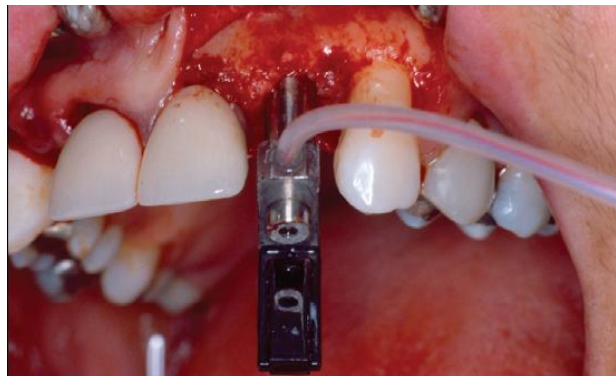


Figura 4. Equipamento Osstell: o transdutor em forma de “L” foi conectado diretamente ao implante para a medida da frequência de ressonância.

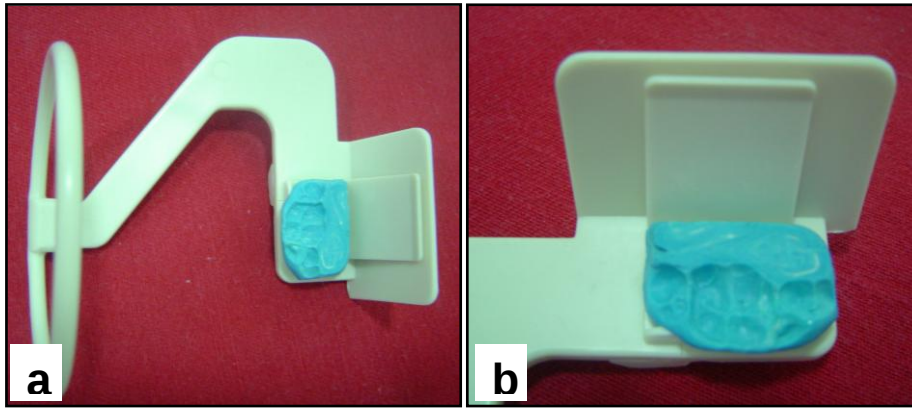


Figura 5. (a) Posicionador radiográfico: um material à base de polivinilsiloxano foi aplicado no posicionador previamente à introdução intrabucal desse dispositivo para o registro da mordida. (b) Maior detalhe do guia oclusal para padronização dos exames radiográficos.



Figura 6. Alinhamento das imagens radiográficas: quatro pontos foram registrados na superfície do implante tanto na imagem de referência (a) quanto na imagem de controle (b).

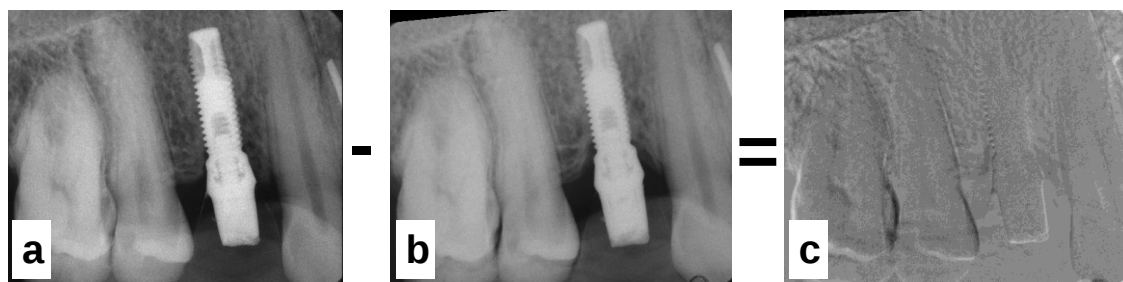


Figura 7. Subtração radiográfica digital: a imagem de referência (a) foi subtraída da imagem de controle (b) e o software gerou uma terceira imagem resultante, a imagem de subtração radiográfica (c).

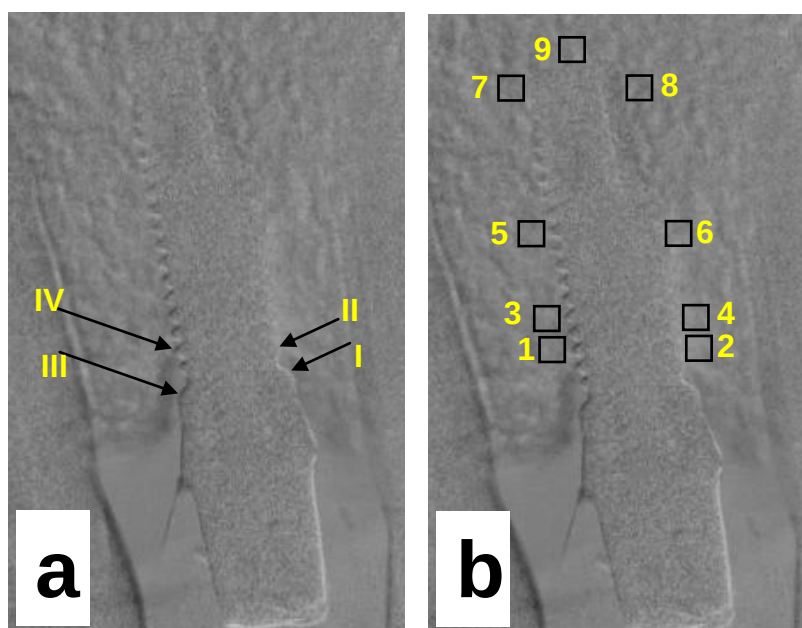


Figura 8. Avaliação radiográfica quantitativa: (a) Para medir a PCO, a cabeça do implante e o primeiro contato da crista óssea alveolar com a superfície do implante foram identificados, tanto na mesial (I e II) quanto na distal (III e IV) do implante (Ver setas). (b) Para medir a DOPI, o operador selecionou 9 regiões de interesse (RDI) ao redor de cada implante em 5 níveis: crista (1 e 2); subcrista imediatamente abaixo da cortical da crista (3 e 4); terço-médio (5 e 6); região apical lateral (7 e 8); região do ápice (9) (Ver quadrados). Cada RDI correspondeu a uma área de 100 pixels.

5. Publicação

Título da publicação:

**BONE RESPONSE TO IMPLANTS CONSIDERING CONVENTIONAL AND
IMMEDIATE LOADING PROTOCOLS: EVALUATION BY DIGITAL
SUBTRACTION RADIOGRAPHY**

Formatação da publicação seguindo as normas da revista Clinical Implant
Dentistry and Related Research.

Bone response to implants considering conventional and immediate loading protocols: evaluation by digital subtraction radiography

Authors: Luciano Sandoval Carneiro, DDS, MS;* Hiron Andreaza da Cunha, DDS, PhD;[†] Cláudio Rodrigues Leles, DDS, PhD;* Elismauro Francisco Mendonça, DDS, PhD*

*School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiânia, Brazil

[†]Brazilian Dentistry Association – Goiás, Goiânia, Brazil

Corresponding author:

Name: Elismauro Francisco Mendonça

Address: Faculdade de Odontologia / Universidade Federal de Goiás / Departamento de Ciências Estomatológicas – Primeira Avenida, número 1964, Setor Universitário – Goiânia - Goiás - Brasil – CEP 74.605-220

Telephone number: (55 62) 3209-6327

Fax number: (55 62) 3209-6327

E-mail: elismaur@odonto.ufg.br

Specific address: Faculdade de Odontologia / Universidade Federal de Goiás / Departamento de Ciências Estomatológicas – Primeira Avenida, número 1964, Setor Universitário – Goiânia - Goiás - Brasil – CEP 74.605-220

ABSTRACT

Background: Peri-implant bone response and loading protocols have been a topic of interest in literature.

Purpose: The aim of this study was to compare by digital subtraction radiography (SR) bone response to treated (TS) and non-treated (NTS) surface implants on immediate (IM) and conventional (CO) loading protocols. The purpose was also to correlate implant stability and placement torque measurements with radiographic data.

Materials and methods: 12 patients (8 IM protocols and 4 CO protocols) received 24 implants. Each subject received 2 different implants (TS and NTS) randomly, homologously and bilaterally positioned in the jaws. Standardized radiographies of each implant were taken on the day after implant placement (baseline) and after 3, 6 and 12 months (follow-up). SR was used for crestal bone loss (CBL) and peri-implant bone density (PIBD) measurements. Placement torque and resonance frequency were also measured.

Results: There was no statistically significant difference in CBL between TS and NTS implants. TS implants presented higher PIBD (in the mid-implant region at 3-months recall; $p = 0.04$). IM protocol induced higher CBL (at 6-months follow-up; $p = 0.03$) and increasing PIBD through time. Primary stability correlated with PIBD (at 12-months recall).

Conclusions: TS and NTS implants presented similar performances with regard to CBL and PIBD. IM and CO protocols were similarly successful. Primary stability was important for reaching greater PIBD.

INTRODUCTION

Implant surface topography has proven to be an important characteristic for osseointegration.^{1,2} Thus new implant surfaces with increased roughness have been developed to improve bone adaptation and predictability of clinical protocol.³ The rationale for roughened surfaces includes greater implant surface area, and, hence, more potential for bone contact, as well as a more osteoconductive surface, thereby stimulating greater peri-implant bone formation.^{1,4,5} Such microtextured surfaces also seem to favor the capacity of the implant to retain a stable blood clot and fibrin network for osteogenesis.⁶ On the other hand, implant surface chemistry changes also have been studied and guaranteed better peri-implant bone response.^{7,8}

An example of implant treated surface by anodization (TiUnite™, Nobel Biocare, Gothenburg, Sweden) has been shown to better maintain primary implant stability and to help reach secondary stability earlier, when compared with the machine surface.⁶ Additionally, this treated surface exhibited osteoconductive properties exceeding that of the calcium phosphate-coated implants.³ These implants can potentially be placed under loading conditions earlier than conventional implants, thereby facilitating immediate loading (IM) protocols as a viable treatment option.^{1,6,9-11}

The hypothesis, however, of treated surface (TS) implant superiority compared with a turned one has been supported by animal^{5,7,8,10,12} and human histological findings,^{4,13,14} as well as by studies based on implant cumulative survival rate.^{1,6,9,11,15,16} Results from animal studies may not be relevant in clinical reality so prospective clinical long-term studies are needed to evaluate such implants.^{14,17} Human histological studies on implants retrieved for clinical research goals have many limitations, as reported by Barone and colleagues,¹⁸ who emphasized the limited number of healthy implants retrieved from healthy patients. Moreover, the cumulative survival rates

referred to are based on subjective data, such as a fully functional implant, with no mobility, no persistent or irreversible pain, no discomfort or suppuration.

Considering that there is no scientific data to quantitatively assess the probable additional benefits of TS implants in clinical conditions, especially in IM protocols, digital subtraction radiography (SR) could be useful. Wakoh and colleagues¹⁹ reported that SR is a reliable method for quantitative and longitudinal assessing of bone change at local implantation sites. Carneiro and colleagues²⁰ successfully used SR for monitoring *in vivo* caries remineralization, a process which also involves subtle mineral changes. Moreover, resonance frequency and placement torque measurements of the implants could be considered for matching quantitative radiographic evaluation of such implants. Matching clinical and radiographic data would be very interesting because radiographic images are considered complementary exams and the importance of the resonance frequency analysis increases in IM protocol since achieving osseointegration is more critical compared with a conventional loading (CO) protocol.²¹

The aim of this clinical study was to compare by digital subtraction radiography (SR), matched to clinical evaluation, bone response to single-tooth treated (TS) and non-treated (NTS) surface implants on immediate (IM) and conventional (CO) loading protocols. Further, it also aimed to correlate implant stability measurements using resonance frequency analysis and placement torque with radiographic data.

MATERIALS AND METHODS

Fifty-four patients, clinically selected to receive dental implants bilaterally on the Federal University of Goiás Dental School, were invited to participate in the study. They were made aware of the research protocol, which had previously been approved by the Institution's ethical committee. All patients were informed that radiographic assessment in relation to the study would be conducted simultaneously to implant rehabilitation protocol and were asked to sign the consent forms. Forty-seven patients agreed to participate. The following inclusion criteria were considered: minimal age of 17 years; absence of two teeth homologously positioned on maxillae (lateral incisor, canine or premolar region) or mandible (molar region) opposing occlusion by natural teeth or a tooth-borne fixed partial denture; enough bone height and thickness for installation of a 3.75 X 13-mm implant at each referred site; healthy gingival tissues; absence of systemic diseases (e.g. diabetes), habits (e.g. smoking) and/or parafunctional habits which could influence osseointegration. Six subjects were excluded from the experimental phase of the study due to systemic diseases and/or smoking habits. The remaining forty-one patients underwent a clinical examination in which a thickness gauge was used for measuring crestal bone thickness. Radiographic exams, which had been taken during selection of the patients at the Dental School, were used for measuring the available bone height. Twenty-nine patients were excluded from the following phases of the study due to periodontal disease and/or multiple dental loss and/or insufficient bone measurements and/or edentulous area opposing to implantation sites. Only twelve patients fitted the inclusion criteria and constituted the experimental group. Four males and eight females ranging in age from 24 to 61 (mean = 37.25) were included in this study. Each received two 13-mm implants, one treated surface (TiUnite[®] MK III, cylindrical, external hexagon connection, Nobel Biocare,

Gothenburg, Sweden) and the other non-treated surface (Standard[®], turned, cylindrical, external hexagon connection, Nobel Biocare, Gothenburg, Sweden) implant, one on the right side and the other on the left, both on maxillae or mandible, homologously positioned. The Standard[®] implant (turned) was chosen because it represents the classic implant and due to the turned implant has been widely used in studies related to osseointegration. The TiUnite[®] MK III implant was used because it belongs to a new generation of implants with different screw design and surface treatment. A randomized distribution of implants was conducted. Implant placement was performed by an implantologist according to the protocol recommended by the manufacturer. All implantation sites revealed bone types 2 or 3 according to Lekholm and Zarb's system of classification.²²

Placement torque measurement was got during implant installation using Osseocare[®] motor (Nobel Biocare, Gothenburg, Sweden), a machine developed for perforation of the bone, implant placement and abutment connection. Placement torque was measured in Ncm in the crestal third, middle third and the apical third of each implant.

Resonance frequency measurement for evaluating implant stability was registered both immediately after surgical procedure and after six months and one year by using Osstell[®] equipment (Integration Diagnostic, Gothenburg, Sweden). The L-shaped transducer of this equipment was connected to the implant and then the value of the implant stability quotient (ISQ) was given, ranging from 0 to 100.

For primary stability, eight patients had ISQ values higher than 60, the lowest limit when performing IM protocol.²³ They underwent IM protocol so provisional crowns were cemented at the end of the day or on the following day and adjusted with occlusal and proximal contacts and without contact in protrusion and lateral excursion.

The remaining four patients were given a 6-month healing period before second stage surgery for a conventional loading (CO) protocol.

Each of the twenty-four implants was radiographed on the day after its surgical placement and following 3, 6 and 12 months of function. An x-ray unit (Heliodent 70, 70 kVp, 7 mA, Siemens, Bensheim, Germany) at 30-cm focus-receptor distance and exposure time of 0.32 s for molar and 0.25 s for premolar, canine and lateral incisor regions was used. Radiographic film holders (Indusbello, Londrina, Paraná, Brazil) and vinyl polysiloxane based material (Re'CORD, Bosworth, Skokie, Illinois, USA) were used for bite recording. Vertical angulation of the x-ray beam was also recorded for each implant. The radiographic films (IP-21, F speed, Eastman Kodak Co., Rochester, N. Y., USA) were developed by an x-ray film processor (Peri-Pro III, Air Techniques, Hicksville, New York, USA) containing fresh developer and fixer solutions (Kodak Brasileira Com. Ind. Ltda., Campinas, São Paulo, Brazil). Film holders were disinfected and identified before storage.

Digitization

Eighty-six conventional periapical radiographies were digitized in grayscale mode with a resolution of 400 dpi through a scanner included in the DSR system (Electro Medical System, Nyon, Switzerland) and stored as 8-bit Tagged Image File Format (TIFF) images.

Digital subtraction radiography

The DSR system was also used to perform subtraction radiography. For each implant, the following three subtractions were conducted: 1) SUB 3: including baseline and 3-month follow-up images; 2) SUB 6: including baseline, 3-month and 6-month follow-up images; 3) SUB 12: including baseline, 3-month, 6-month and 12-month follow-up images. For the alignment of pairs of radiographs, four marked points were

recorded on the implant surface. In addition, a gamma correction procedure for subtle contrast and geometric projection differences was applied before subtraction. Sixty-two SR images were obtained and saved as TIFF.

Quantitative radiographic evaluation

Image Tool software²⁴ (University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, USA) was used for the following 2-phases quantitative evaluation on SR images (Figure 1):

1) Crestal bone loss (CBL) measurement:

A software tool designed for linear measurements was calibrated for measuring in millimeters. Calibration was based on the known implant length measure. For each implant, on each of the SR images (SUB 3, SUB 6 and SUB 12), two linear measures were undertaken: one mesially and the other distally. The top of the implant and the first contact of the alveolar crestal bone and the implant were identified on the mesial and distal side of the implant. On each side, a line was drawn joining the two points and the software calculated the distance between them. Here higher values indicated increased bone loss.

2) Peri-implant bone density (PIBD) measurement:

On each SR image (SUB 3, SUB 6 and SUB 12) the histogram tool was used. This resource offers the mean pixel gray value of a selected region (values ranging from 0 to 255 on grey scale). For each implant, nine 100 pixels regions-of-interest (ROI) were selected on peri-implant bone. The ROIs were distributed at the following five levels around the implant: crestal, subcrestal, mid-implant, lateral apical and at the apex. The same distribution of ROIs around implants was used by Appleton and colleagues.²⁵ The ROIs were positioned 2 pixels away from the implant surface to avoid contact with the metallic implant. Nine mean pixel values were got for each implant on each SR

image. Grey scale values range from 0 (black pixel) to 255 (white pixel). A value of 128 reveals stable PIBD. Values above 128 mean PIBD gain, while those below such level represent PIBD loss.

In order to assure the reliability of quantitative evaluation, an identical 100 pixels ROI was selected on the implant area, which was considered as internal control. These additional measures were done using the same SR images, focusing on areas without brightness intensity changes.

Both CBL and PIBD measurements were done by the same radiologist by using a trackball driven cursor on 8 times magnified images on a high-resolution monitor (SVGA, 15-inch, Hewlett-Packward Company, USA). The mesial and distal CBL of each implant were averaged and entered in the database. Similarly, the mesial and distal mean pixel values at the five levels next to the implant were averaged for each level, except at the apex region where only one mean value was got. An independent T-test was used for comparison between TS and NTS implants, while IM and CO protocols were compared by the Mann-Whitney test. SPSS 10.0 software (SPSS Inc., 1999, Chicago, USA) was used for data analysis. Differences were considered significant at a 5% level ($P < 0.05$).

RESULTS

Research protocol and sample distribution of patients and implants are detailed in figure 2.

Descriptive analyses for CBL and PIBD are detailed in tables 1 and 2. No statistically significant differences in CBL measurements were observed between TS and NTS implants in the 3 ($p = 0.58$), 6 ($p = 0.49$) and 12 ($p = 0.82$) month follow-up sessions. PIBD measurements were similar for TS and NTS implants. However, in the mid-implant region at 3-months recall, some difference was detected with higher PIBD values ($p = 0.04$) for TS implants (See table 1).

Immediately loaded implants revealed higher CBL values after a 6-month follow-up period with a statistically significant difference ($p=0.03$). Although significant differences of PIBD between IM and CO protocols could not be identified, PIBD mean values at 12-months recall suggest a higher PIBD for immediately loaded implants ($p = 0.06$; $p = 0.07$). Considered separately, each peri-implant level (crestal, subcrestal, mid-implant, lateral apical and apex), the IM protocol presented increasing PIBD values while the CO protocol exhibited decreasing values, especially from 6- to 12-month follow-ups (See table 2).

Matching clinical (placement torque and resonance frequency measurements) and radiographic (CBL and PIBD) data, there was a positive correlation between resonance frequency measurements immediately after implant placement and PIBD after 12-months follow-up ($r = 0.58$; $p = 0.005$).

DISCUSSION

In this study, clinical cases were strictly selected to allow comparison between TS and NTS implants on standardized conditions. Only single-tooth implant restorations were chosen to allow better control of occlusal contacts and therefore standardized conditions for the above-mentioned comparison.^{25,26} After that, implants opposed only natural teeth or a tooth-borne fixed partial denture for controlling variation in occlusal force.²⁵ The randomized distribution of the implants on the left or right side also contributed to standardizing conditions for comparison.

Comparison between TS and NTS implants was performed in various anatomic regions. Four patients received implants in an upper premolar site, another four in a lower molar position, three patients in an upper lateral incisor region and one patient in the upper canine area. Evaluation of these sites is very important because most patients are missing teeth in the partial posterior regions or a maxillary single tooth rather than experiencing complete edentulism.⁹ As well as that, only few studies regarding early loading of implant-supported single-tooth restorations in the maxilla are available in the literature.²⁷ As regards IM protocol, there are many studies reporting success strictly limited to the interforamina area of the edentulous mandible.¹⁸

Radiographic examinations were strictly standardized considering that a similar careful radiographic protocol was successfully performed in a previous study for monitoring *in vivo* caries remineralization.²⁰ Furthermore, in our study, almost all patients returned for each radiographic exam recall (only four patients did not return for one (3 patients) or two (1 patient) recall sessions) whereas in many studies radiographic data are either not reported or the number of analyzed/readable radiographs represents only a minor part of the study material.⁹

Digitized radiographs were used since no differences between digital (direct method) and digitized radiographs (indirect method) have been reported for assessing mineral changes.^{28,29} Additionally, Nummikoski and colleagues³⁰ concluded that digitized radiographs and subsequent SR revealed greater accuracy in the detection of alveolar CBL when compared to conventional film viewing. The same procedures were also successfully used by Eberhard and colleagues³¹ for assessing *in vitro* dental demineralization, by Carneiro and colleagues²⁰ for monitoring *in vivo* caries remineralization and by Ortman and colleagues³² for detecting changes in alveolar bone defects with bone loss in the range of 1-5 percent. Moreover, many studies used digitized radiographies for evaluating peri-implant bone response.^{21,25,27}

Jeffcoat and Reddy³³ reported that quantitative SR could facilitate the study of dental implants in the future because few surrogate outcomes had been developed to replace histology for the determination of osseointegration. After that, Sewerin and colleagues³⁴ stated that only radiographic evidence of bone-to-implant contact is not sufficient to guarantee osseointegration at a histological level. More recently, the hypothesis that quantitative SR could be an interesting technique for osseointegration assessment was confirmed by Appleton and colleagues²⁵. They successfully used SR to compare PIBD changes in progressively loaded and non-progressively loaded single dental implants. Our study also used SR for quantitative evaluation based on a grey scale of pixels. To measure CBL implant-crown interface and the first contact of the alveolar crestal bone and implant were considered, following other studies.^{21,25,27,35-37}

PIBD measurements could not be carried out for some sites because in such situations the root of an adjacent tooth was overlapped or very near to the implant. Sometimes alveolar crestal bone did not reveal resorption at unloading period for CO protocol group and then CBL measurements were not done.

Statistical analysis revealed no significant difference in CBL between TS and NTS implants at 3, 6 or 12-month follow-up periods (Table 1). Such findings are comparable with the results of a previous study conducted by Karlsson and colleagues³⁸ on fixed partial dentures conventionally loaded. They reported no statistically significant difference in marginal bone loss between TiO₂-blasted and turned implants after 2 years in function. On the other hand, Van de Velde and colleagues³⁹ reported significantly better marginal bone preservation on immediately loaded TiO₂-blasted implants compared to turned implants for rehabilitation of the completely edentulous mandible. Although such studies have evaluated different rehabilitation protocols and implants, which makes comparison difficult, advantages of modified-surface implants on marginal bone preservation probable can be identified only on extensive prosthetic rehabilitations.

PIBD of TS implants surpassed NTS implants with statistical significance ($p = 0.04$) in the mid-implant region at 3-months recall (Table 1). These results are probably due to the fact that the first 3 months after implant placement represent a critical phase for osseointegration and because the mid-implant region, as reported by Appleton and colleagues,²⁵ reveals very small changes in bone density. Such conditions possibly explain why better osteoconductive properties of the TiUnite surface reported by Xiropaidis and colleagues³ were outstanding. However, this advantage restricted to a 3-month follow-up at only one of the five evaluated peri-implant levels does not guarantee superiority of TS implants. It must be emphasized that results could be different if poor bony quality sites were included because in such conditions better osteoconductive properties of TS implants could improve significantly bone response.

IM protocol had higher CBL than CO protocol at 6-months recall ($p = 0.03$) probably because implants on CO protocol were as yet unloaded. Six months after CO

protocol group loading, that is at the 12-month follow-up session, the reported statistically significant difference disappeared ($p = 0.20$), demonstrating that IM protocol presented similar performance to CO protocol (Table 2). Such findings were recently confirmed by Degidi and colleagues,⁴⁰ who reported no statistically significant difference between immediately and one-stage restored small-diameter implants with regard to mean marginal bone loss after 3 years in function. IM protocol also presented higher PIBD mean values at 12-months recall possibly because this group had been underwent to loading for a double time period if compared to CO protocol group. For each peri-implant level, IM protocol revealed increasing PIBD values probably due to its continuous stimulus to bone remodeling by loading. On the other hand, CO protocol presented an evident decrease of such values from 6 to 12-months follow-up possibly due to the bone remodeling period after loading beginning. Although it must be also considered that IM protocol was performed when better bone conditions were identified, that is for ISQ values higher than 60.

A positive correlation between primary stability and PIBD at 12-months recall ($r = 0.58$; $p = 0.005$) demonstrated that the initial stability of the implant is an important factor for guaranteeing favorable PIBD after 1-year function period.

This study presented a limitation also reported by Appleton and colleagues:²⁵ only single tooth crowns were investigated so that results may not be applicable to the implant-supported fixed partial denture or any implant rehabilitation for the completely edentulous condition. It must also be emphasized that performing the careful radiographic examination protocol as well as quantitative radiographic analyses of this study depends on the operator's experience.

Although our sample was small due to standardization difficulties in clinical human settings, this paper provides important valid conclusions to orientate clinical

decisions. However, future controlled clinical studies involving a larger sample and unpredictable clinical bone conditions are needed to evaluate possible advantages of implant surface treatment.

CONCLUSION

The following conclusions can be drawn from this clinical study: 1) TS and NTS implants presented similar CBL and PIBD; 2) IM protocol proved as successful as CO protocol; 3) Primary stability of the implants was an important factor in guaranteeing higher PIBD after 1-year loading period.

REFERENCES

1. Cochran D, Oates T, Morton D, Jones A, Buser D, Peters F. Clinical field trial examining an implant with a sand-blasted, acid-etched surface. *J Periodontol* 2007; 78:974-982.
2. Le Guéhennec L, Soueidan A, Layrolle P, Amouriq Y. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dent Mater* 2007; 23:844-854.
3. Xiropaidis AV, Qahash M, Lim WH, et al. Bone-implant contact at calcium phosphate-coated and porous titanium oxide (TiUnite™)-modified oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16:532-539.
4. Froberg KK, Lindh C, Ericsson I. Immediate loading of Branemark System Implants®: A comparison between TiUnite™ and turned implants placed in the anterior mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006; 8:187-197.
5. Burgos PM, Rasmusson L, Meirelles L, Sennerby L. Early bone tissue responses to turned and oxidized implants in the rabbit tibia. *Clin Implant Dent Relat Res* 2008; 10:181-190.
6. Rocci A, Martignoni M, Gottlow J. Immediate Loading of Branemark System® TiUnite™ and machined-surface implants in the posterior mandible: a randomized open-ended clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5:57-63.
7. Sul Y-T, Jeong Y, Johansson C, Albrektsson T. Oxidized, bioactive implants are rapidly and strongly integrated in bone. Part I – experimental implants. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17:521-526.
8. Sollazzo V, Pezzetti F, Scarano A, et al. Zirconium oxide coating improves implant osseointegration in vivo. *Dent Mater* 2008; 24:357-361.

9. Glauser R, Lundgren A, Gottlow J, et al. Immediate occlusal loading of Branemark TiUnite™ implants placed predominantly in soft bone: 1-year results of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5:47-56.
10. Sul Y-T, Johansson C, Albrektsson T. Which surface properties enhance bone response to implants? Comparison of oxidized magnesium, TiUnite, and Osseotite implant surfaces. *Int J Prosthodont* 2006; 19:319-329.
11. Friberg B, Jemt T. Rehabilitation of edentulous mandibles by means of five TiUnite™ implants after one-stage surgery: a 1-year retrospective study of 90 patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2008; 10:47-54.
12. Piattelli A, Corigliano M, Scarano A, Costigliola G, Paolantonio M. Immediate loading of titanium plasma-sprayed implants: an histologic analysis in monkeys. *J Periodontol* 1998; 69:321-327.
13. Piattelli A, Paolantonio M, Corigliano M, Scarano A. Immediate loading of titanium plasma-sprayed screw-shaped implants in man: a clinical and histological report of two cases. *J Periodontol* 1997; 68:591-597.
14. Ivanoff C-J, Widmark G, Johansson C, Wennerberg A. Histologic evaluation of bone response to oxidized and turned titanium micro-implants in human jawbone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 18:341-348.
15. Jungner M, Lundqvist P, Lundgren S. Oxidized titanium implants (Nobel Biocare® TiUnite™) compared with turned titanium implants (Nobel Biocare® mark III™) with respect to implant failure in a group of consecutive patients treated with early functional loading and two-stage protocol. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16:308-312.
16. Laviv A, Levin L, Usiel Y, Schwartz-Arad D. Survival of immediately provisionalized dental implants: a case-control study with up to 5 years follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009; Feb 13. Epub ahead of print.

17. Ivanoff C-J, Hallgren C, Widmark G, Sennerby L, Wennerberg A. Histologic evaluation of the bone integration of TiO₂ blasted and turned titanium microimplants in humans. *Clin Oral Implants Res* 2001; 12:128-134.
18. Barone A, Covani U, Cornelini R, Gherlone E. Radiographic bone density around immediately loaded oral implants. A case series. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14:610-615.
19. Wakoh M, Nishikawa K, Otonari T, et al. Digital subtraction technique for evaluation of peri-implant bone change in digital dental imaging. *Bull Tokyo Dent Coll* 2006; 47:57-64.
20. Carneiro LS, Nunes CABCM, Silva MAGS, Leles CR, Mendonça EF. *In vivo* study of pixel grey-measurement in digital subtraction radiography for monitoring caries remineralization. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38:73-78.
21. Turkyilmaz I. A 3-year prospective clinical and radiologic analysis of early loaded maxillary dental implants supporting single-tooth crowns. *Int J Prosthodont* 2006; 19:389-390.
22. Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparation. In: Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, ed. *Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence, 1985:199-209.
23. Sennerby L, Meredith N. Analisi della frequenza di risonanza (RFA). Conoscenze attuali e implicazioni cliniche. In: Chiapasco M, eds. *Osteointegrazione e carico immediate. Fondamenti biologici e applicazioni cliniche*. Milan, Italy: Masson, 2002.
24. Ddsdx.uthscsa.edu [homepage on the Internet]. San Antonio: University of Texas Health Science Center. Image Tool Version 3.0 Final. [accessed 2008 Nov 12]. Available from: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html>

25. Appleton RS, Nummikoski PV, Pigno MA, Cronin RJ, Chung K-H. A radiographic assessment of progressive loading on bone around single osseointegrated implants in the posterior maxilla. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16:161-167.
26. Da Cunha HA, Francischone CE, Filho HN, Oliveira RCG. A comparison between cutting torque and resonance frequency in the assessment of primary stability and final torque capacity of Standard and TiUnite single-tooth implants under immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19:578-585.
27. Turkeyilmaz I, Avci M, Kuran S, Ozbek EN. A 4-year prospective clinical and radiological study of maxillary dental implants supporting single-tooth crowns using early and delayed loading protocols. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007; 9:222-227.
28. Haiter-Neto F, Ferreira RI, Tabchoury CP, Boscolo FN. Linear and logarithmic subtraction for detecting enamel subsurface demineralization. *Dentomaxillofac Radiol* 2005; 34:133-139.
29. Ferreira RI, Haiter-Neto F, Tabchoury CPM, Paiva GAN, Bóscolo FN. Assessment of enamel demineralization using conventional, digital, and digitized radiography. *Braz Oral Res* 2006; 20:114-119.
30. Nummikoski PV, Steffensen B, Hamilton K, Dove SB. Clinical validation of a new subtraction radiography technique for periodontal bone loss detection. *J Periodontol* 2000; 71:598-605.
31. Eberhard J, Hartman B, Lenhard M, Mayer T, Kocher T, Eickholz P. Digital subtraction radiography for monitoring dental demineralization. An in vitro study. *Caries Res* 2000; 34:219-224.
32. Ortman LF, Dunford R, McHenry K, Hausmann E. Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs. A comparative study with ¹²⁵I absorptiometry. *J Periodontal Res* 1985; 20:644-651.

33. Jeffcoat MK, Reddy MS. Digital subtraction radiography for longitudinal assessment of peri-implant bone change: method and validation. *Adv Dent Res* 1993; 7:196-201.
34. Sewerin IP, Gotfredsen K, Stoltze K. Accuracy of radiographic diagnosis of peri-implant radiolucencies – an in vitro experiment. *Clin Oral Implants Res* 1997; 8:299-304.
35. Ricci G, Aimetti M, Stablum W, Guasti A. Crestal bone resorption 5 years after implant loading: clinical and radiologic results with a 2-stage implant system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19:597-602.
36. Salvi GE, Lang NP. Diagnostic parameters for monitoring peri-implant conditions. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19:116-127.
37. Cooper LF, Ellner S, Moriarty J, et al. Three-year evaluation of single-tooth implants restored 3 weeks after 1-stage surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22:791-800.
38. Karlsson U, Gotfredsen K, Olsson C. A 2-year report on maxillary and mandibular fixed partial dentures supported by Astra Tech dental implants. A comparison of 2 implants. *Clin Oral Implants Res* 1998; 9:235-242.
39. Van de Velde T, Collaert B, Sennerby L, De Bruyn H. Effect of implant design on preservation of marginal bone in the mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009; Feb 13. Epub ahead of print.
40. Degidi M, Nardi D, Piattelli A. Immediate versus one-stage restoration of small-diameter implants for a single missing maxillary lateral incisor: a 3-year randomized clinical trial. *J Periodontol* 2009; 80:1393-1398.

Table 1. Comparison between TS and NTS implants regarding CBL (measured in mm) and PIBD (measured in pixel gray values)

Variables	Follow-up (Months)	N		Mean $\pm$ (SD)		P
		TS	NTS	TS	NTS	
CBL	3	7	7	1.19 (0.74)	1.41 (0.69)	0.58
	6	9	8	1.14 (0.86)	1.41 (0.70)	0.49
	12	11	11	1.53 (0.81)	1.46 (0.57)	0.82
PIBD Crestal	3	9	10	130.17 (5.49)	129.85 (6.43)	0.91
	6	11	11	134.36 (11.02)	130.27 (6.25)	0.29
	12	11	9	132.59 (13.09)	127.56 (8.43)	0.33
PIBD Subcrestal	3	9	10	131.94 (7.74)	128.00 (10.17)	0.35
	6	11	11	132.86 (9.06)	129.77 (5.90)	0.35
	12	11	9	129.73 (16.08)	128.06 (8.15)	0.78
PIBD Mid-implant	3	8	9	129.50 (3.22)	124.38 (5.65)	0.04*
	6	11	11	125.00 (10.62)	123.81 (7.49)	0.76
	12	11	10	123.72 (12.88)	120.65 (9.05)	0.53
PIBD Lateral apical	3	9	10	122.39 (14.56)	127.10 (5.28)	0.35
	6	11	11	125.59 (5.88)	126.31 (4.50)	0.74
	12	11	11	126.50 (10.33)	125.36 (7.80)	0.77
PIBD Apex	3	8	8	123.25 (14.74)	133.25 (10.99)	0.14
	6	11	8	130.18 (14.47)	130.50 (7.07)	0.95
	12	10	8	130.20 (14.28)	131.88 (9.46)	0.78

TS: treated surface; NTS: non-treated surface; CBL: crestal bone loss; mm: millimeters;

PIBD: peri-implant bone density; SD: Standard deviation.

* Statistically significant difference for $p < 0.05$ (T-test)

Table 2. Comparison between IM and CO protocols with regard to CBL (measured in mm) and PIBD (measured in pixel gray values)

Variables	Follow-up (Months)	N		Mean $\pm$ (SD)		P
		IM	CO	IM	CO	
CBL	3	12	2	1.40 (0.64)	0.68 (0.96)	0.35
	6	13	4	1.49 (0.71)	0.55 (0.54)	0.03*
	12	16	6	1.62 (0.76)	1.14 (0.21)	0.20
PIBD Crestal	3	13	6	128.69 (6.21)	132.83 (4.02)	0.15
	6	14	8	132.92 (10.47)	131.25 (6.05)	0.71
	12	14	6	133.50 (9.36)	122.92 (12.63)	0.06
PIBD Subcrestal	3	13	6	127.88 (10.23)	134.17 (3.62)	0.15
	6	14	8	131.78 (9.30)	130.50 (3.58)	0.92
	12	14	6	131.39 (12.47)	123.33 (12.94)	0.17
PIBD Mid-implant	3	11	6	126.86 (5.83)	126.66 (4.44)	0.59
	6	14	8	124.03 (10.93)	125.06 (4.46)	0.97
	12	15	6	124.96 (11.43)	115.50 (6.80)	0.06
PIBD Lateral apical	3	13	6	124.94 (12.67)	124.75 (5.00)	0.36
	6	14	8	126.82 (5.52)	124.43 (4.25)	0.36
	12	16	6	128.75 (6.71)	118.41 (10.40)	0.07
PIBD Apex	3	11	5	129.64 (15.74)	125.20 (7.43)	0.26
	6	12	7	133.17 (12.00)	125.43 (9.96)	0.34
	12	13	5	134.62 (9.98)	121.40 (12.74)	0.07

IM: immediate loading; CO: conventional loading; CBL: crestal bone loss;

mm: millimeters; PIBD: peri-implant bone density; SD: Standard deviation.

* Statistically significant difference for $p < 0.05$ (Mann-Whitney test)

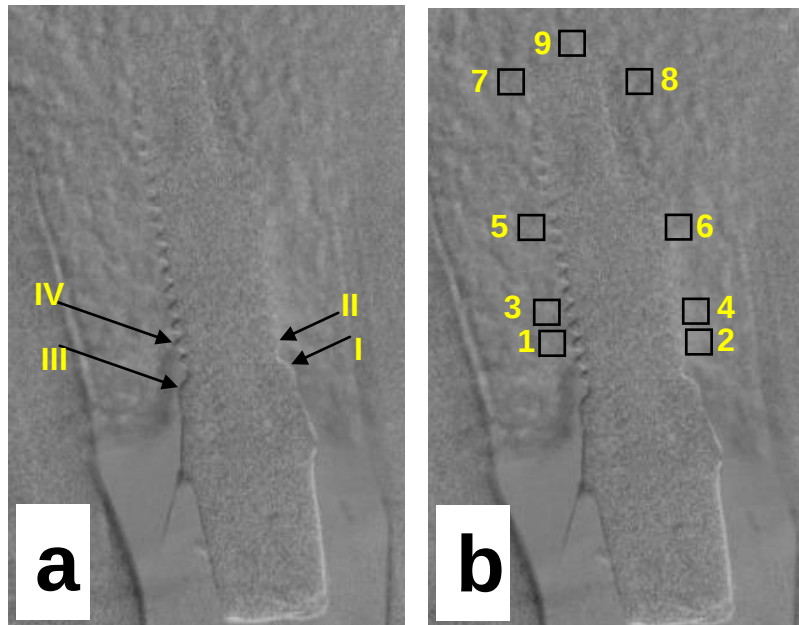


Figure 1. Quantitative radiographic evaluation. (a) To measure CBL, the top of the implant and the first contact of the alveolar crestal bone and the implant surface were identified both at the mesial (I and II) and distal (III and IV) sides of the implant (see arrows). (b) To measure PIBD, the operator selected nine 100 pixels regions-of-interest (ROI) around the implant at five levels: crestal (1 and 2); subcrestal immediately below the crestal (3 and 4); mid-implant (5 and 6); lateral apical area (7 and 8); and apex region (9) (see squares).

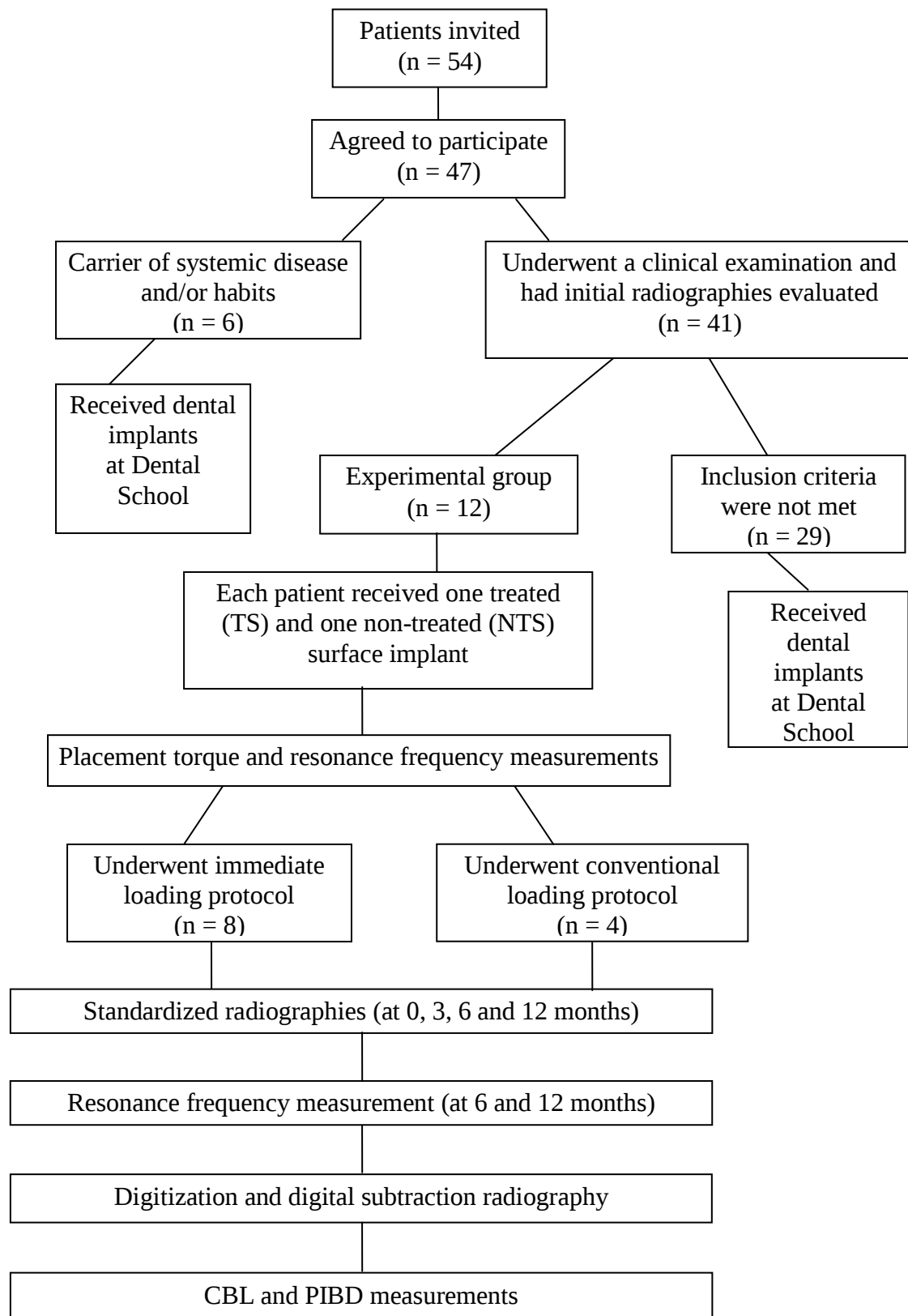


Figure 2. Research protocol and sample distribution of patients and implants.

6. Conclusões/considerações finais

Apesar das inúmeras vantagens dos implantes portadores de superfície tratada demonstradas na literatura por meio de avaliações histológicas, nossos resultados não confirmam essa realidade. A comparação com os implantes convencionais em condições clínicas favoráveis em humanos através da técnica de subtração radiográfica digital não confirmou a hipótese da superioridade da superfície tratada na indução da resposta óssea peri-implantar. Por outro lado, nas condições clínicas adotadas nesse estudo, tanto o protocolo de carga imediata quanto o convencional foram bem sucedidos.

Finalmente, é notável a necessidade de futuros estudos relacionados a essas novas superfícies de implantes para auxiliar as decisões clínicas, principalmente devido às dificuldades de se obter uma grande amostra em condições clínicas padronizadas.

Referências bibliográficas¹

Appleton, R.S., Nummikoski, P.V., Pigno, M.A., Cronin, R.J. & Chung, K-H. (2005) A radiographic assessment of progressive loading on bone around single osseointegrated implants in the posterior maxilla. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 161-167.

Barone, A., Covani, U., Cornelini, R. & Gherlone, E. (2003) Radiographic bone density around immediately loaded oral implants. A case series. *Clinical Oral Implants Research* **14**: 610-615.

Burgos, P.M., Rasmusson, L., Meirelles, L. & Sennerby, L. (2008) Early bone tissue responses to turned and oxidized implants in the rabbit tibia. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **10**: 181-190.

Carneiro, L.S., Nunes, C.A.B.C.M., Silva, M.A.G.S., Leles, C.R., Mendonça, E.F. (2009) In vivo study of pixel grey-measurement in digital subtraction radiography for monitoring caries remineralization. *Dentomaxillofacial Radiology* **38**: 73-78.

Cochran, D. (1999) A comparison of endosseous dental implant surfaces. *Journal of Periodontology* **70**: 1523-1539.

Cochran, D., Oates, T., Morton, D., Jones, A., Buser, D. & Peters, F. (2007) Clinical field trial examining an implant with a sand-blasted, acid-etched surface. *Journal of Periodontology* **78**: 974-982.

¹ As referências apresentadas nessa seção referem-se àquelas citadas na Introdução, na Justificativa e em Material e métodos.

Cooper, L.F., Ellner, S., Moriarty, J., Felton, D.A., Paquette, D., Molina, A., Chaffee, N., Asplund, P., Smith, R. & Hostner, C. (2007) Three-year evaluation of single-tooth implants restored 3 weeks after 1-stage surgery. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implant* **22**: 791-800.

Da Cunha, H.A., Francischone, C.E., Filho, H.N. & Oliveira, R.C.G. (2004) A comparison between cutting torque and resonance frequency in the assessment of primary stability and final torque capacity of Standard and TiUnite single-tooth implants under immediate loading. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **19**: 578-585.

Ddsdx.uthscsa.edu [homepage on the Internet]. San Antonio: University of Texas Health Science Center. Image Tool Version 3.0 Final. [accessed 2007 Nov 12]. Available from: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/download.html>

Friberg, B. & Jemt, T. (2008) Rehabilitation of edentulous mandibles by means of five TiUnite™ implants after one-stage surgery: a 1-year retrospective study of 90 patients. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **10**: 47-54.

Froberg, K-K., Lindh, C. & Ericsson, I. (2006) Immediate loading of Branemark System Implants®: A comparison between TiUnite™ and turned implants placed in the anterior mandible. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **8**: 187-197.

Glauser, R., Lundgren, A., Gottlow, J., Sennerby, L., Portmann, M., Ruhstaller, P. & Hammerle, C.H.F. (2003) Immediate occlusal loading of Branemark TiUnite™ implants placed predominantly in soft bone: 1-year results of a prospective clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **5**: 47-56.

Grassi, S., Piattelli, A., Figueiredo, L.C., Feres, M., Melo, L., Iezzi, G., Alba Jr, R.C. & Shibli, J.A. (2006) Histologic evaluation of early human bone response to different implant surfaces. *Journal of Periodontology* **77**: 1736-1743.

Ivanoff, C-J., Hallgren, C., Widmark, G., Sennerby, L. & Wennerberg, A. (2001) Histologic evaluation of the bone integration of TiO₂ blasted and turned titanium microimplants in humans. *Clinical Oral Implants Research* **12**: 128-134.

Ivanoff, C-J., Widmark, G., Johansson, C. & Wennerberg, A. (2003) Histologic evaluation of bone response to oxidized and turned titanium micro-implants in human jawbone. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **18**: 341-348.

Jungner, M., Lundqvist, P. & Lundgren, S. (2005) Oxidized titanium implants (Nobel Biocare[®] TiUnite[™]) compared with turned titanium implants (Nobel Biocare[®] mark III[™]) with respect to implant failure in a group of consecutive patients treated with early functional loading and two-stage protocol. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 308-312.

Laviv, A., Levin, L., Usiel, Y., Schwartz-Arad, D. (2009) Survival of immediately provisionalized dental implants: a case-control study with up to 5 years follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* Feb 13. Epub ahead of print.

Le Guéhennec, L., Soueidan A., Layrolle P. & Amouriq, Y. (2007) Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dental Materials* **23**: 844-854.

Lekholm, U. & Zarb, G.A. (1985) Patient selection and preparation. In: Branemark, P.I., Zarb, G.A. & Albrektsson, T., eds. *Tissue-integrated*

prostheses: osseointegration in clinical dentistry, p. 199. Chicago: Quintessence.

Parks, E.T. & Williamson, G.F. (2002) Digital radiography: an overview. *The Journal of Contemporary Dental Practice* **3**: 23-39.

Piattelli, A., Corigliano, M., Scarano, A., Costigliola, G. & Paolantonio, M. (1998) Immediate loading of titanium plasma-sprayed implants: an histologic analysis in monkeys. *Journal of Periodontology* **69**: 321-327.

Piattelli, A., Paolantonio, M., Corigliano, M. & Scarano, A. (1997) Immediate loading of titanium plasma-sprayed screw-shaped implants in man: a clinical and histological report of two cases. *Journal of Periodontology* **68**: 591-597.

Ricci, G., Aimetti, M., Stablum, W. & Guasti, A. (2004) Crestal bone resorption 5 years after implant loading: clinical and radiologic results with a 2-stage implant system. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implant* **19**: 597-602.

Rocci, A., Martignoni, M. & Gottlow, J. (2003) Immediate Loading of Branemark System® TiUnite™ and machined-surface implants in the posterior mandible: a randomized open-ended clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **5**: 57-63

Sennerby, L. & Meredith, N. (2002) Analisi della frequenza di risonanza (RFA). Conoscenze attuali e implicazioni cliniche in Osteointegrazione e carico immediate. Milano: Masson SpA: 19-32.

Sollazzo, V., Pezzetti, F., Scarano, A., Piattelli, A., Bignozzi, C.A., Massari, L., Brunelli, G. & Carinci, F. (2008) Zirconium oxide coating improves implant osseointegration in vivo. *Dental Materials* **24**: 357-361.

Sul, Y-T., Jeong, Y., Johansson, C. & Albrektsson, T. (2006a) Oxidized, bioactive implants are rapidly and strongly integrated in bone. Part I – experimental implants. *Clinical Oral Implants Research* **17**: 521-526.

Sul, Y-T., Johansson, C. & Albrektsson, T. (2006b) Which surface properties enhance bone response to implants? Comparison of oxidized magnesium, TiUnite, and Osseotite implant surfaces. *The International Journal of Prosthodontics* **19**: 319-329.

Turkyilmaz, I. (2006) A 3-year prospective clinical and radiologic analysis of early loaded maxillary dental implants supporting single-tooth crowns. *The International Journal of Prosthodontics* **19**: 389-390.

Turkyilmaz, I., Avci, M., Kuran, S. & Ozbek, E.N. (2007) A 4-year prospective clinical and radiological study of maxillary dental implants supporting single-tooth crowns using early and delayed loading protocols. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **9**: 222-227.

Wakoh, M., Nishikawa, K., Otonari, T., Yamamoto, M., Harada, T., Sano, T., Yajima, Y. & Ooguro, T. (2006) Digital subtraction technique for evaluation of peri-implant bone change in digital dental imaging. *The Bulletin of Tokyo Dental College* **47**: 57-64.

Xiropaidis, A.V., Qahash, M., Lim, W.H., Shanaman, R.H., Rohrer, M.D., Wikesjo, U.M.E. & Hall, J. (2005) Bone-implant contact at calcium phosphate-coated and porous titanium oxide (TiUniteTM)-modified oral implants. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 532-539.

Anexo

ANEXO 1 – Protocolo de aprovação do presente estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (nº 103/2007).