



JULIANA ARAUJO BITTAR

**A UTILIZAÇÃO DA TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA EM
IMPLANTODONTIA**

*Monografia apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, da Universidade
Estadual de Campinas, como requisito para
obtenção de título de especialista em
Radiologia Odontológica*

PIRACICABA

2002



JULIANA ARAUJO BITTAR



1290004568

TCE/UNICAMP
B548u
FOP

A UTILIZAÇÃO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA EM IMPLANTODONTIA

Monografia apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para obtenção de título de especialista em Radiologia Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

103

PIRACICABA

2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
BIBLIOTECA

N.º Classif.
N.º autor B548u
V.
Tombo 4568

Unidade - FOP/UNICAMP

TCE/UNICAMP

B548u

Vol. Ex.

Tombo 4568

Proc 160-124/2010

Preço R\$ 11,00

Data 03/03/2010

Registro 473086

Ficha Catalográfica

B548u	<p>Bittar, Juliana Araujo. A utilização da tomografia computadorizada em implantodontia. / Juliana Araujo Bittar. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2002. 56f. : il.</p> <p>Orientador : Prof. Dr. Francisco Haiter Neto. Monografia (Especialização) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>1. Radiação. 2. Anatomia. I. Haiter Neto, Francisco. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

Dedico este trabalho aos meu pais,
Sulaimen e Mariza, pelo apoio,
incentivo, carinho e compreensão.

Dedico também aos meus irmãos
Leopoldo e Rafael, e ao André.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Francisco Haiter Neto, pela orientação e incentivo.

Aos professores Agenor, Frab, Francisco, Solange e Vizioli, pelo carinho, amizade e dedicação aos ensinamentos transmitidos.

Aos colegas de curso de Especialização: Carlos, Cibele, Cristiana, Cristiano, Fernando, Giselle, Luiz Roberto, Luiz Felipe, Maria, Marli e Olivia pelos bons momentos de convivência.

Ao Waldeck, Raquel, Bruna, Giselda e Antônio pela amizade e paciência.

A todas as pessoas que participaram direta ou indiretamente, contribuindo pela realização deste trabalho, meus agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO	7
REVISÃO DA LITERATURA	10
1- Descrição da Técnica	10
2- Dose de Radiação	22
3- Avaliação da Qualidade da Imagem	26
4- Avaliação da Qualidade óssea	30
5- Precisão das medidas	34
6- Aspectos Anatômicos Importantes	37
DISCUSSÃO	40
CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

RESUMO

Esta monografia tem como propósito a apresentação das técnicas utilizadas com o equipamento de Tomografia Computadorizada no planejamento cirúrgico em Implantodontia. Tem como tópicos principais a dose de radiação, a qualidade da imagem adquirida nos diferentes equipamentos, os diferentes protocolos sugeridos, a utilização de recursos para a avaliação da qualidade óssea e a precisão das medidas. Discute ainda a importância do entendimento das imagens de TC no planejamento pré-operatório, com o intuito de evitar possíveis injúrias a estruturas nobres.

ABSTRACT

The purpose of this monography is to present techniques used with the equipament of Computed Tomography in surgical planning in Implantology. The principal topics are the radiation dose, image quality in different equipaments, different protocols sugested, the use of resources to evaluate the bone quality and the accuracy of the measurements. It also discusses the importance to understand the images of Computed Tomography in the presurgical planning, with the purpose to prevent the possibility to injury vital structures.

INTRODUÇÃO

Em 1895, Willian Conrad Roentgen, na Alemanha, descreveu a descoberta da radiação denominada X. Esta descoberta juntamente com cálculos logarítmicos e o desenvolvimento do sistema computacional foram os precursores na criação do projeto dos equipamentos de Tomografia Computadorizada (TC).

Este projeto, que teve seu início em 1967 com Godfrey M. Hounsfield (FIG. 1), mostrou suas investigações sobre o relacionamento das imagens radiográficas técnicas e de armazenamento de dados em um computador, tendo como objetivo avaliar as medidas de transmissão de raios X através de um corpo. Posteriormente, introduziu um sistema de detecção de raios X por um cristal que emite luz quando exposto a esses raios.



FIGURA 1 – Godfrey M. Hounsfield

A população mundial teve a informação da descoberta da TC por meio da divulgação feita pelo Instituto Britânico de Radiologia em 1972. Hounsfield, diante do recebimento de inúmeros prêmios de entidades físicas, médicas e sociais, chegou ao prêmio Nobel em Medicina no ano de 1979 compartilhando com o Dr. Comark, que também desenvolveu este projeto.

A TC foi usada primariamente na Odontologia para o diagnóstico de lesões na cabeça e pescoço, detecção de fraturas ósseas e análise da Articulação Temporomandibular (ATM). Recentemente, a sua aplicação foi também relatada para a análise de defeito do osso alveolar na doença periodontal e no planejamento cirúrgico em Implantodontia.

A Implantodontia vem se expandindo rapidamente e este avanço trouxe a necessidade da inclusão de procedimentos de diagnósticos por imagens adicionais, otimizando o local e a angulação do implante e permitindo assim o sucesso protético. A natureza invasiva deste procedimento e a morbidade potencial associada às falhas do tratamento exigem, cada vez mais, que exames diagnósticos de alta tecnologia sejam usados no planejamento cirúrgico.

Uma variedade de técnicas radiográficas pode ser usada no pré e pós-operatório de implantes dentários. Podem-se incluir radiografias intraorais e extraorais convencionais, imagens digitais e Tomografia Computadorizada. Nenhum método isolado produz a imagem ideal para todas as etapas. Para tanto, a maioria dos pacientes se submeterá a uma série de estudos imaginológicos, cada um fornecendo uma variedade de informações que levarão ao sucesso do planejamento e, posteriormente do tratamento reabilitador.

Atualmente o exame mais sofisticado, utilizado principalmente no pré-operatório, é a TC. Este exame vem simplificar o planejamento, pois fornece todas as informações necessárias como a quantidade e qualidade óssea, bem como a precisa localização de importantes estruturas anatômicas relacionadas com o local planejado para a colocação dos implantes. Além disso, permite o correto planejamento da angulação e conseqüentemente da prótese a ser adaptada sobre este implante, permitindo um trabalho multidisciplinar e os melhores resultados para o paciente.

A Tomografia Computadorizada possui muitas vantagens no diagnóstico como: melhor determinação do leito receptor do implante, precisão das medidas, ausência de borramento das estruturas fora da camada de imagem, potencial de reconstrução de imagens em outros planos, informação superior da qualidade óssea, técnica relativamente simples, permite a construção de modelos em tamanho real e individual, além de ajudar na explicação da cirurgia para o paciente.

Como desvantagens e os principais motivos da sua não utilização rotineira são: custo relativamente elevado, maior dose de radiação, artefatos em raios na presença de restaurações e implantes metálicos que dificultam a avaliação da imagem.

A seguir será feita uma revisão da literatura, relatando os principais aspectos relacionados à TC como exame no pré-operatório em Implantodontia.

REVISÃO DA LITERATURA

1 - Descrição da Técnica

O Tomógrafo Computadorizado (TC) é constituído de três componentes básicos: Portal (“Gantry”), mesa e computador. “Gantry” é a parte do aparelho onde estão o cabeçote e os detectores de raios X; a mesa é a unidade onde posiciona-se o paciente; e o computador armazena os dados coletados pelos detectores (FIG. 2).



FIGURA 2 – Constituição do Tomógrafo Computadorizado (TC)

Simplificadamente, a imagem é gerada a partir de um feixe de raios X colimado e delgado, e detectores (sensores eletrônicos) que estão do lado oposto em foco. Como o cabeçote e o detector estão conectados mecanicamente, eles se movem de forma sincronizada. Quando o conjunto faz uma translação ou rotação em torno do paciente, as estruturas internas do corpo atenuam o feixe de raios X de acordo com a densidade e número atômico de cada tecido e a intensidade da radiação detectada pelos sensores varia de acordo com esse padrão,

formando uma lista de intensidades para cada corte tomográfico. Este processo é denominado de varredura e é repetido inúmeras vezes, gerando uma grande quantidade de dados que são armazenados no computador.

Portanto, a imagem apresentada na tela consiste de uma matriz de valores de atenuação, ou, num cálculo inverso, uma matriz com valores da dose absorvida. Visualmente, para diagnóstico, os valores de atenuação são apresentados na forma de tons de cinza, criando assim a imagem espacial do objeto varrido.

Esses valores de atenuação são calculados sempre em relação ao coeficiente de absorção linear da água, para o qual é atribuído o valor numérico zero, em uma escala padrão (entre +1000 e -1000), no entanto, esta pode variar de acordo com a aparelhagem usada.

O tecido ósseo estaria na mais alta faixa positiva da escala e o ar das vias aéreas respiratórias e do tubo digestivo na mais baixa faixa negativa. Em homenagem ao inventor da TC, Godfrey Hounsfield, cada um dos números dessa escala foram denominados Unidades Hounsfield (UH).

Uma vez realizado o exame, as imagens obtidas e registradas no computador podem ser manipuladas no próprio computador ou em uma estação de trabalho (“workstation”). Esta estação é independente e pode-se conectar ao computador do Tomógrafo via network. O processamento das imagens acontece de forma mais rápida, com uma maior versatilidade de reconstruções e melhor qualidade da imagem, permitindo um melhor diagnóstico e planejamento do tratamento.

As manipulações das imagens variam desde reformatações com reconstruções de imagens em outros planos (2D ou 3D), à alteração de densidades, onde o operador pode

ajustar o contraste para osso (janela para tecido ósseo), ou para tecido mole (janela para tecido mole), dependendo do caso estudado.

As imagens adquiridas e manipuladas, depois de selecionadas, podem ser armazenadas em discos magnéticos e CD ROMs ou impressas em filme radiográfico.

Segundo SOARES & LOPES (2000), na literatura internacional, existem basicamente cinco tipos de sistemas de varredura para Tomógrafos Computadorizados. A seguir será descrito de maneira simplificada cada um deles:

1. Sistema de Rotação-Translação de Detector Simples

A intensidade do feixe é medida por um único elemento detector. O processo todo leva alguns minutos para completar cada corte.

2. Sistema de Rotação-Translação de Múltiplos detectores (2ª geração)

Uma linha de detectores, com 5 a 50 elementos está localizada opostamente a fonte de raios X. O tempo mínimo para varredura está entre 6 e 20 segundos para cada corte.

3. Sistema de Rotação com detectores móveis (3ª geração)

Opostamente a fonte emissora, uma linha de 200 a 1000 detectores dispostos em ângulos recebe a radiação após esta penetrar todo o corpo do paciente. Os tempos de varredura estão entre 1 a 4 segundos por corte. São os mais utilizados devido a sua relação custo/benefício.

4. Sistema de Rotação com detectores fixos (4ª geração)

São construídos com detectores distribuídos ao longo dos 360°, podendo ter entre 800 a 4000 sensores. O tempo de varredura está entre 1 a 3 segundos por corte.

5. Sistema de Rotação Helicoidal ou Espiral (5ª geração)

Este sistema utiliza a rotação total da ampola, sendo que os detectores podem ser móveis ou fixos. A diferença está no movimento da mesa com o paciente. Nas gerações anteriores, a mesa do paciente movia-se após a ampola terminar a aquisições do corte, posicionando-se então para o novo corte. Assim, o movimento da mesa era intermitente, entre os cortes. Neste tomógrafo, a aquisição de dados é contínua, de forma que a ampola permanece girando enquanto a mesa movimenta-se continuamente. É o sistema mais rápido que existe atualmente.

A espessura do corte, o incremento de mesa, o intervalo de reconstrução, o mAs e o kVp são unidades que podem ser manipuladas pelo operador dependendo do protocolo a ser executado. Os protocolos utilizados em Implantodontia são bastante variáveis, mas sempre buscam a menor dose de radiação com uma qualidade de imagem satisfatória. O mais utilizado é 1 mm de espessura, 1 mm de intervalo de reconstrução, 1 mm de incremento da mesa, dependendo muito do tipo de Tomógrafo que se está utilizando.

A sequência do exame, na maioria das vezes é (BORGES *et al.*, 2002):

- Paciente em posição supina com a cabeça e face para cima, imobilizado por um estabilizador de plástico, e a boca mantida semi-aberta;

- O processo alveolar da maxila ou a base da mandíbula devem situar-se paralelo ao feixe de raios X do gantry e este na posição de 0°;
- Uma radiografia digital lateral (escanograma) é obtida para verificação do posicionamento correto do paciente e planejamento dos cortes. São traçadas linhas com respectivos números indicando o nível dos cortes da região a ser examinada;
- Na mandíbula os cortes abrangem desde a base até um plano que passa pelas cúspides dos dentes. Na maxila, os cortes abrangem desde as cúspides dos dentes remanescentes naturais até o terço inferior dos seios maxilares, se requeridos.
- Uma série de cortes axiais são armazenados.

Pode-se, também, realizar o exame com a aquisição de cortes coronais ou frontais.

Mas, para a obtenção dessas imagens é necessário que o paciente posicione a cabeça e a face voltada para baixo e com o pescoço esticado (FIG. 3), tornando-se extremamente difícil a sua execução principalmente em pacientes idosos. Além disso, as imagens, muitas vezes, não se encontram verdadeiramente perpendiculares ao rebordo alveolar e são mais susceptíveis a artefatos por restaurações metálicas. Existem dois tipos de artefatos de imagem na TC: artefatos pela presença de objetos metálicos e artefatos de movimento, no qual falar, engolir, tossir ou espirrar podem produzir artefatos tanto nas imagens axiais quanto nas imagens reconstruídas.(ROTHMAN, 1998).



FIGURA 3 – Posicionamento do paciente para aquisição de cortes frontais
FONTE - ROTHMAN, 1998.

Para promover imagens transversais e perpendiculares ao rebordo alveolar, através de imagens axiais, foram desenvolvidos softwares especiais de reformatação de imagens.

Estes softwares seguem, em geral, a seguinte sequência descrita por BORGES *et al.* (2002):

- Uma imagem axial, em geral a mais central, é escolhida como corte de referência;
- Uma linha é desenhada obedecendo a curvatura do arco;
- Ao comando do operador, o computador cria uma série de linhas perpendiculares à curva. Essas linhas são enumeradas sequencialmente (FIG. 4);
- Uma série de imagens transversais, correspondente a cada uma das linhas, são reconstruídas. Uma escala milimétrica lateralmente a cada imagem funciona como uma régua (FIG. 5);

- É reconstruída também uma imagem panorâmica à partir da linha que delimitou a curvatura do arco e uma escala numérica corresponde à posição das imagens transversais, possibilitando a localização exata das mesmas (FIG. 6);

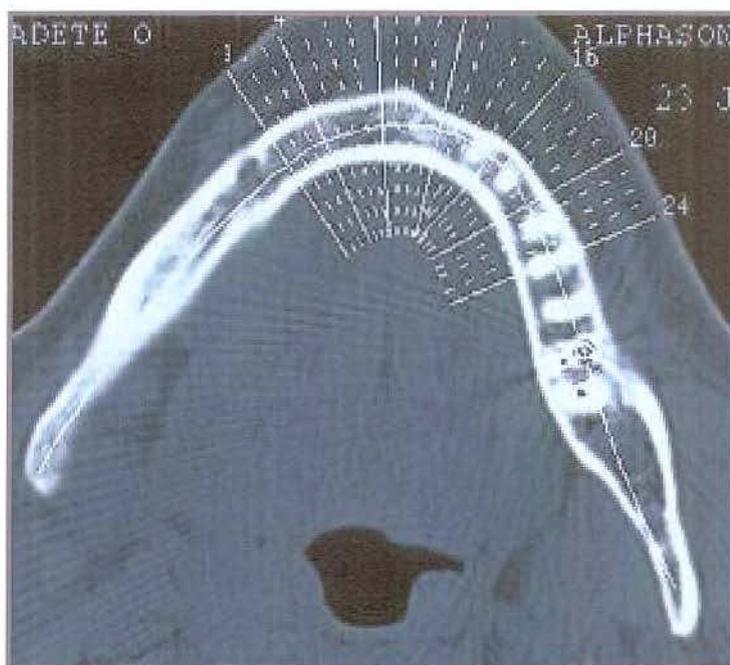


FIGURA 4 – Imagem axial

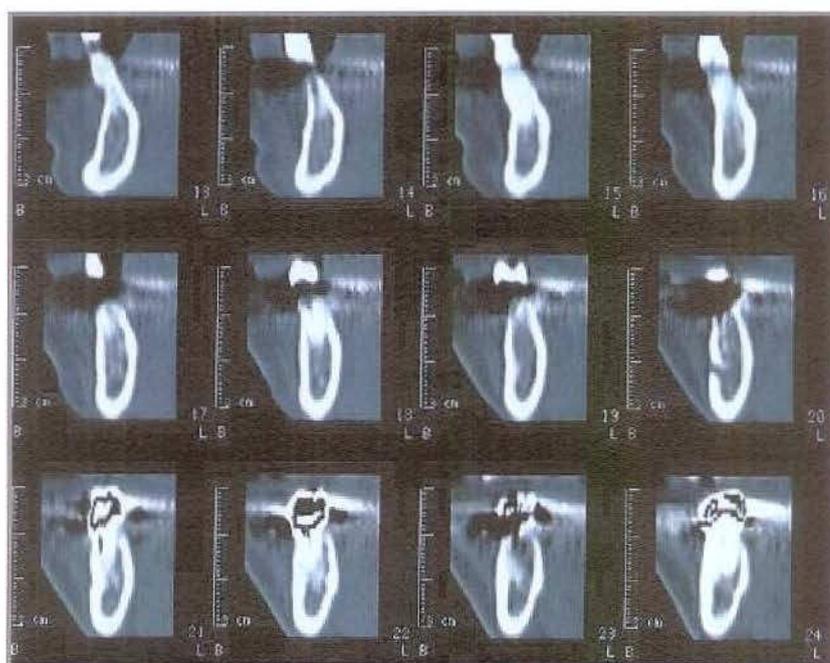


FIGURA 5 – Imagens transversais

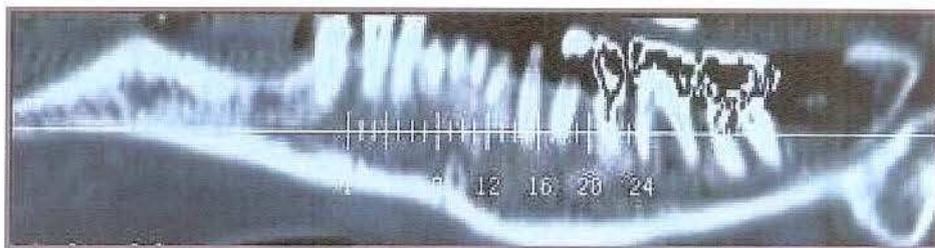


FIGURA 6 – Imagem panorâmica

Ao final, o implantodontista e o protesista decidem a posição ideal para o implante através de imagens axiais, reconstruções panorâmicas e seccionais correspondentes, realizando medidas transversais e verticais (altura óssea) diretamente no filme radiográfico sem preocupação de ampliação ou distorção da imagem.

Atualmente existem vários softwares como, por exemplo, o Denta CT (Elscont), o DentaScan (General Eletrics) e o 3D Dental Software (Columbia Scientific, Inc.). (BORGES *et al.*, 2002)

ROTHMAN *et al.* (1988) utilizaram um software que gera imagens panorâmicas e transversais à partir de uma imagem axial obtida por TC. Em seu estudo, foram examinados em um TC (GE 9800), 205 pacientes que iriam ser reabilitados por meio de implantes. Usaram como protocolo, cortes axiais sobrepostos, com 1.5 mm de espessura e 1 mm de incremento de mesa. Os autores afirmaram que esta técnica permite a identificação do curso do canal alveolar e medida da altura óssea. Excluindo-se assim, a necessidade de realizar o exame com a aquisição de cortes coronais, o qual diminui, consideravelmente, a dose para o paciente, pois, durante a execução deste tipo de corte as estruturas mais radiosensíveis desta área (o cristalino e a glândula tireóide) estão na direção do feixe primário de radiação.

WISHAN (1988) sugeriu o uso da TC afirmando que a tomografia convencional carrega informação tridimensional limitada e falta de precisão morfométrica, além de

dificuldade na delimitação das estruturas anatômicas pela superposição de outras estruturas. Utilizou, portanto, a TC (GE 9800), com um protocolo de cortes axiais de 1.5 mm de espessura, 3 segundos de tempo para cada corte e incremento da mesa de 1 mm, sobrepondo os cortes para uma alta resolução. Adicionalmente, a janela para tecido ósseo foi empregada para aumentar o detalhe da anatomia óssea e ajudar na identificação do canal alveolar. Ao final, para a aquisição das imagens transversais foi utilizado o software de reformatação.

KRAUT (1991) descreveu o software 3D Dental e o utilizou para a realização de 224 exames em planejamentos cirúrgicos para colocação de implantes, obtendo sucesso em suas cirurgias.

MODICA *et al.* (1991) descreveram um planejamento protético envolvendo a TC que fornece ao cirurgião um guia para ser usado durante a fase cirúrgica da colocação dos implantes. A reconstrução protética final foi planejada previamente em um estudo *in vitro* (três mandíbulas edêntulas com o osso recoberto com resina). As Tomografias forneceram um estudo tridimensional do osso circundante, para determinar a posição, a angulação e a profundidade da fixação a ser utilizada. O posicionador especialmente desenvolvido diminuiu a possibilidade de erro ao realizar a perfuração na mandíbula. Um segundo exame de TC verificou se existiram erros no posicionamento dos implantes. Os resultados satisfatórios e a previsibilidade da reabilitação final possibilitaram a adoção deste método em programas de pesquisas clínicas em pacientes humanos.

VERSTREKEN *et al.* (1996) descreveram um sistema de planejamento cirúrgico baseado em uma análise verdadeiramente tridimensional, o qual permite a colocação e o ajuste interativo de implantes em informações volumétricas de imagens obtidas pelo TC e manipuladas em uma “workstation”. Utilizaram o TC Siemens Somatom Plus e a estação de trabalho IBM RISC RS6000 3AT conectada ao Tomógrafo via network, com um protocolo de

cortes axiais de 1 mm de espessura e incremento de mesa de 1 mm. Durante o exame usando este TC espiral, o paciente utilizou uma prótese removível ou um guia com os dentes pintados com um contraste radiopaco para que seu contorno aparecesse na imagem e para simular a posição ideal das próteses. Com isso, tanto as imagens reformatadas em 2D quanto em 3D permitiram ao clínico uma análise da relação entre o eixo do implante e da prótese, nos sentidos méso-distal e vestibulo-lingual.

O diagnóstico preciso e o exato planejamento são muito importantes para o sucesso do tratamento reabilitador por implantes. Exames pré-operatórios e simulações utilizando a TC podem ser uma fonte efetiva de informações, aumentando a segurança na realização da cirurgia e estabelecendo um prognóstico favorável.

O novo software interativo (“SIM/Plant”), desenvolvido em 1993 nos Estados Unidos, permite que o profissional, utilizando um computador pessoal (PC), possa manipular as imagens adquiridas por um TC e fazer o diagnóstico da morfologia e da qualidade óssea da área onde se está planejando a colocação do implante. Tem sido desenvolvido, também, modelos estereolitográficos, que são reproduções anatômicas e morfológicas da estrutura óssea de um paciente geradas pelas informações obtidas à partir do exame de TC. HAGIWARA *et al.* (1999) descreveram a utilização e as características dos modelos estereolitográficos e do software “SIM/Plant”.

Características do modelo estereolitográfico (FIG. 7):

- Reproduz morfológica e anatomicamente parte selecionada de um paciente, por meio de um modelo de resina, baseado em informações da TC;
- Facilmente duplicável com as informações armazenadas da TC;

- Leva a um correto diagnóstico, exame e determinação do planejamento cirúrgico do implante dental;
- Pode ser usado como modelo de “phantom” para educação com o uso simultâneo de cirurgia ao vivo e procedimentos clínicos em slides.



FIGURA 7 – Modelos estereolitográficos

Características do software “SIM/Plant”:

- Localiza e inspeciona estruturas anatômicas;
- Mede distância e ângulo;
- Avalia a densidade óssea;
- Simula a colocação do implante;
- Proporciona medida tridimensional volumétrica;
- Avalia a profundidade subgingival aproximada;
- Prevê a fase protética final.

GOGARNOIU (1999) também descreveu o software “SIM/Plant” e enfatizou características importantes como a possibilidade de modificar o tamanho e a orientação de cada implante para uma posição mais precisa na anatomia óssea. No caso apresentado por este autor, para a realização do exame, foi colocado um guia cirúrgico, coberto com sulfato de

bário para a orientação da prótese e guta-percha para o tecido que recobre o osso, tornando o planejamento cirúrgico ainda mais preciso. O autor conclui que a TC foi essencial para o diagnóstico, planejamento cirúrgico e o sucesso deste caso. A precisão da colocação do implante não seria possível sem as informações da posição óssea tridimensional, densidade e dimensões ósseas fornecidas por este software.

Em seu artigo KLEIN & ABRAMS (2001) demonstraram o uso de cirurgia guiada por computador para a colocação de implantes. Este tipo de procedimento utiliza uma combinação de informações das imagens reformatadas de TC, com uma simulação tridimensional da posição do implante (feito com o software “SIM/Plant”) para, posteriormente, produzir um guia cirúrgico computadorizado. Essa técnica possui vantagens em relação às técnicas tradicionais, pois a realização da cirurgia se torna menos invasiva, reduzindo os erros e a colocação dos implantes é feita com uma maior precisão.

2 - Dose de Radiação

Uma das maiores desvantagens relacionadas à TC no planejamento cirúrgico em Implantodontia é a alta dose de radiação que este exame proporciona ao paciente, sendo que, as áreas mais susceptíveis aos efeitos da radiação seriam: glândula tireóide, cristalino, cérebro, osso medular, vasos linfáticos e glândula salivar. Porém, existem protocolos de redução da dose de radiação que devem ser usados como rotina.

CLARK *et al.* (1990) determinaram a dose de radiação absorvida no osso medular, na glândula tireóide, na glândula salivar, no cristalino e na pele por meio de dosímetros colocados em sítios anatômicos selecionados em um “phantom”. Este foi exposto à radiação em um Tomógrafo Linear (TL) e um TC convencional, simulando exames radiográficos de planejamento de implantes. O protocolo do TL (Quint Sectograph) foi 2.75s, 50mA, 62 a 75 kVp e 20 exposições, enquanto o protocolo do TC (GE 9800) foi 40 cortes de 1.5 mm de espessura e 1 mm de incremento de mesa. Os resultados indicaram que a TL proporciona doses menores e que a maior dose medida foi na superfície da pele. A dramática diferença que existiu nos dois tipos de técnicas utilizadas estavam sendo esperadas como resultado, pois neste estudo a dose da TL foi medida em um único corte enquanto no TC a dose total representa a dose nos 40 cortes obtidos.

EKESTUBE *et al.* (1993) realizaram um trabalho buscando estabelecer a dose de radiação em um exame de TC usando o Philips Tomoscan LX, com protocolo de 120 kV, 150 mA, 2.9 s. Foram usados dosímetros termoluminescentes de LiF posicionados em orifícios de 1 mm de profundidade em um “phantom” antropomorfo, na região de glândulas pituitária, salivares maiores e tireóide, e no cristalino. Foi colocado também na superfície da pele da região das glândulas e do globo ocular. Os cortes obtidos foram nos planos axiais e frontais. Os resultados que apresentaram uma significância maior foram:

- A maior dose absorvida registrada foi na superfície da pele com 38 mGy para a região de maxila e na região de mandíbula a dose foi de 35 mGy no corte axial e 37 mGy no corte frontal;
- Na região de glândula parótida a dose foi de 31 mGy, quando realizou-se o exame da maxila;
- Na região de glândula submandibular a dose foi de 27 mGy quando realizou-se o exame de mandíbula com corte axial , e 16 mGy com corte frontal;
- A maior dose no globo ocular foi 5.5 mGy ao realizar o exame da mandíbula utilizando o protocolo de cortes frontais;
- Na região de glândula pituitária a dose foi de 2.6 mGy quando realizou-se o exame da maxila e 1.0 mGy quando realizou-se o exame com um protocolo de corte frontal;
- Na região de glândula tireóide a dose foi de 4.0 mGy utilizando um protocolo de corte frontal realizando o exame de mandíbula e 0.6 mGy realizando o exame da maxila.

Os autores atingiram o propósito deste estudo estabelecendo as doses de radiação em órgãos radiosensíveis na região de cabeça e pescoço quando a TC é utilizada. Além disso, observaram que os cortes axiais são simples de serem executados, mas a reconstrução perde a qualidade. Os cortes frontais são mais nítidos, mas, mais difíceis tecnicamente e mais susceptíveis à degradação da imagem por artefatos.

DULA *et al.* (1996) utilizando dois “phantom”s e dois tipos diferentes de dosímetros, avaliaram a dose de radiação causada por um TC espiral (Somatom Plus S-Spiral) no exame de maxila e mandíbula, usando como exame padrão o protocolo de 40 cortes axiais de 1 mm de espessura com 120 kVp e 165 mAs e dois escanogramas previamente ao exame

com um total de 680 mAs. Além do protocolo padrão, os autores estabeleceram mais três outros protocolos:

- 40 cortes axiais de 1 mm de espessura com 125 mAs, totalizando 5680 mAs;
- 25 cortes axiais de 1 mm de espessura com 125 mAs, totalizando 3805 mAs;
- 20 cortes axiais de 2 mm de espessura com 165 mAs, totalizando 3980 mAs.

Como resultados, em geral a dose de radiação foi maior no centro do feixe de raios X. Para o exame padrão, a dose na superfície da pele atingiu valores acima de 16.7 mGy. Entre todos os órgãos representados por dosímetros situados na superfície, a glândula parótida recebeu a maior dose (14.2 mGy) e a glândula tireóide recebeu a dose mais baixa (0.6 mGy). Além disso, procedimentos de diminuição da dose utilizando os outros protocolos reduziram a dose, em média, de 40 a 60%, dependendo do órgão analisado, sendo que a maior diminuição foi atingida quando se reduziu o número de cortes axiais. Observaram também que o protocolo ao qual foram feitos cortes com 2 mm de espessura, resultou em uma perda da qualidade da imagem.

Os autores concluíram que as variações nos protocolos como o número e a espessura do corte, o tamanho da região de interesse e o mAs têm uma influência na dose média do órgão. E, se um exame de TC é considerado necessário para o apropriado planejamento cirúrgico, a dose pode ser significativamente reduzida escolhendo o método de redução da dose apropriado como demonstrado neste estudo.

BIANCHI (2000) comparou a dose de radiação absorvida pela realização do exame de TC espiral (Spiral Hi Speed Advantage) e de TC convencional (Convencional Sytec 3000I) em 20 pacientes com o mesmo protocolo (1 mm de espessura do corte, 35 cortes no total, 120 kVp e 216 mAs), sendo que cada paciente foi examinado em uma única região, a

maxila ou a mandíbula. Para medir a dose foram usados dois dosímetros posicionados na lateral de cada órbita, dois na área do forame infra-orbitário e dois foram colocados na pele externamente à glândula tireóide. Para os dois tipos de exame, a dose recebida pelos pacientes examinados no TC espiral foi constantemente menor que no TC convencional, sendo que ao examinar a mandíbula a dose de radiação foi reduzida em mais de 50%, com 57.4% na região lateral da órbita, 60.0% na região de forame infra-orbitário e 70.9% na região da glândula tireóide. Na maxila, a dose de radiação foi reduzida em: 57.4%, 47.0% e 60.8%, respectivamente.

DULA *et al.* (2001) realizaram medidas comparativas da dose de radiação de quase todas as técnicas de imagens usadas em radiologia dentomaxilofacial baseados em estudos com o mesmo dosímetro e “phantom”. Os resultados de maior destaque foram:

- Colimação retangular diminui a dose efetiva para um exame completo de radiografias periapicais em 31% quando comparadas com colimação circular;
- Radiografia panorâmica diminui em 30% o risco para o paciente quando comparada com um exame completo de radiografias periapicais utilizando colimação retangular e em 53% utilizando a colimação circular;
- Tomografia convencional quando utilizada para adquirir cortes de toda a maxila ou mandíbula, utilizando seis áreas e quatro imagens por área, proporciona um maior risco e uma maior dose efetiva para o paciente, quando comparado à TC quando se utiliza protocolos de redução, reduzindo tanto o número de cortes quanto o mAs, como foi citado anteriormente (DULA *et al.*, 1996).

3 - Avaliação da Qualidade da Imagem

No planejamento cirúrgico para reabilitações com implantes dentários é necessário um exame radiográfico o qual seja possível uma precisão na delimitação das corticais ósseas e estruturas anatômicas, portanto, é essencial que se tenha um alto nível da qualidade da imagem a ser avaliada.

Na TC a qualidade da imagem, por ser uma imagem digital, sofre a influência de fatores como o ruído (imagem sem nitidez) e a profundidade do bit (esta, é a representação dos níveis de cinza onde 1 bit representa branco e preto e 8 bits representa uma escala de 254 degraus entre o branco e preto). BALTER (1993), comparando as imagens com diferentes graus de ruídos e profundidade do bit, concluiu que quanto mais se acrescenta o ruído à uma imagem digital menor é a diferença entre as imagens, mesmo tendo diferentes graus de profundidade do bit, ou seja, quando se tem um alto valor de ruído, as imagens serão semelhantes. Quando se compara uma imagem com 1 bit de profundidade sem ruído e com ruído pode-se perceber que mais detalhes são incluídos na imagem, fato este extremamente necessário na localização de estruturas anatômicas.

TODD *et al.* (1993) avaliaram a qualidade das imagens obtidas de 5 mandíbulas maceradas, parcialmente edêntulas, por um Tomógrafo Linear (TL) e um Tomógrafo Computadorizado (TC). Uma equipe de implantodontistas foi solicitada para fazer o traçado da cortical externa da mandíbula e do canal mandibular. Houve uma grande variação de interpretações das imagens do TL, impossibilitando a definição do canal mandibular. Portanto, os autores chegaram à conclusão de que a TL é menos válida para se fazer o planejamento de cirurgias em Implantodontia quando comparada com as imagens reformatadas de TC.

EKESTUBBE *et al.* (1996) realizaram um estudo comparativo da qualidade de imagens feitas em um TC (GE HiSpeed Advantage) com diferentes doses de radiação (de 40 a 280 mAs) e protocolos de mapeamento (cortes axiais convencional e helicoidal, com angulação de 15°, e corte frontal). Além disso, estas imagens também foram comparadas com as imagens feitas por um tomógrafo convencional espiral (Scanora). Foram utilizadas cinco mandíbulas todas desdentadas posteriormente ao forame mental e três dentadas anteriormente. Tiveram como resultados principais que:

- O mapeamento feito por TC convencional produz os melhores resultados em comparação com a TC helicoidal;
- As imagens obtidas com o protocolo de cortes frontais foram considerados com melhor qualidade, enquanto imagens com cortes axiais de 3 mm de espessura foram dados os escores mais baixos;
- As imagens obtidas pelo Scanora receberam escores mais altos do que todos os protocolos usados no TC para a visualização do canal mandibular. Entretanto, para a visualização da crista alveolar, os cortes frontais da TC mostraram-se melhores;
- As imagens de TC convencional e helicoidal com cortes axiais de 1 mm de espessura, usando 40 e 80 mAs não apresentaram diferença na delimitação das estruturas, porém, em cortes frontais de 3 mm de espessura usando também uma variação dos valores do mAs, houve diferença apenas para a visualização da crista alveolar, não ocorrendo diferença para a visualização do canal mandibular.

De acordo com os resultados, os autores concluíram que um valor baixo de mAs e conseqüentemente, baixa dose de radiação, representam uma qualidade de imagem

semelhante a um valor alto de mAs, em espécimes de cadáveres. Relataram também que apesar da TC convencional representar escores pouco melhores que a TC helicoidal, a diferença entre a média dos mesmos foi tão pequena que tem pouca significância clínica.

PREDA *et al.* (1997) compararam a qualidade da imagem obtida por um TC espiral e um TC convencional. Foram feitos exames em 10 pacientes, com um protocolo de 1 mm de espessura do corte, 120 kV, 170 mAs para o TC convencional e 210 mAs para o TC espiral. Além disso, os pacientes foram divididos em dois grupos, no qual o grupo A realizou o exame com 1 mm de incremento de mesa e o grupo B, com 2 mm. As características clínicas e a qualidade das imagens foram avaliadas separadamente nas imagens axiais e reconstruídas por dois radiologistas experientes. Os resultados demonstraram que a delimitação da cortical e o osso trabecular foram melhores definidos nas imagens do TC convencional, porém, as imagens obtidas pelo TC espiral foram bastante satisfatórias, mesmo utilizando o protocolo com 2 mm de incremento de mesa. O canal alveolar inferior e o canal nasopalatino foram melhores visualizados nas imagens do TC espiral. Os autores concluíram que a TC espiral fornece uma qualidade de imagem semelhante à TC convencional e usando o incremento de mesa com 2 mm oferecerá uma menor dose ao paciente. Observaram também que a qualidade da imagem da estrutura do osso trabecular depende da idade do paciente, pois em pessoas mais velhas com pouco componente ósseo mineral, a menor definição que a TC espiral fornece é desvantajosa, enquanto que em pacientes mais novos, a qualidade da imagem não é afetada.

EKESTUBBE *et al.* (1999) testaram a influência da dose de radiação na qualidade da imagem em exames de Tomografia Computadorizada em pacientes que iriam se submeter a cirurgia para a colocação de implantes, e compararam, também, com exames de Tomografia convencional. Foram feitos exames no TC espiral (GE Hispeed Advantage) e no Tomógrafo

convencional espiral (“Scanora”) em 17 pacientes. O protocolo utilizado no TC foi 1 mm de espessura de corte, 1 mm de incremento de mesa, 120 kVp e variou-se o mAs em 80 e 40. As imagens foram visualizadas por oito observadores. Os resultados demonstraram que as imagens do “Scanora” receberam escores significativamente maiores do que as imagens de TC, enquanto os dois protocolos propostos com mudanças nos valores do mAs não obtiveram diferenças estatisticamente significantes. As estruturas anatômicas, em particular o canal alveolar inferior, foi mais difícil de ser traçado em TC com alto mAs quando comparadas com um baixo mAs, mas sempre foi possível traçar no “Scanora”. Concluíram que tomografia convencional espiral é preferível do que TC, mas para o planejamento cirúrgico, exames de TC podem ser realizados com mAs abaixo do padrão, pois o ruído da imagem acrescentado à diminuição do mAs contribuiu para a visualização de estruturas anatômicas nas imagens reconstruídas.

4 - Avaliação da Qualidade Óssea

O sucesso da osseointegração do implante é um processo dinâmico e alguns fatores são essenciais, como a correta altura e espessura óssea sem a violação de estruturas anatômicas, a precisa angulação do implante e uma qualidade óssea favorável.

O tipo e arquitetura do osso têm influência direta na capacidade de suportar as diferentes cargas mastigatórias as quais os implantes estão sujeitos. Portanto, a qualidade óssea é considerada um dos fatores mais importantes no prognóstico do paciente.

DELBASO *et al.* (1994) utilizaram rotineiramente em seus planejamentos o sistema de Misch, que divide o osso em quatro subdivisões (D1 a D4), baseado em observações das densidades em imagens transversais reformatadas. O osso classificado como D1 é caracterizado por um osso cortical denso; D2 além de apresentar um osso cortical denso, as trabéculas são espessas e os espaços medulares pequenos; D3 a cortical e as trabéculas são finas e D4 a cortical é fina ou ausente e as trabéculas são pobremente mineralizadas.

LINDH *et al.* (1996) avaliaram o método da Tomografia Computadorizada Quantitativa para medir a densidade óssea em mandíbulas edêntulas. Os resultados encontrados demonstraram que uma mesma mandíbula pode ter padrões ósseos diferentes. Concluíram que este método é potencialmente útil e não invasivo no planejamento cirúrgico, pois além de proporcionar medidas da densidade óssea da mandíbula, determina um parâmetro que pode refletir a qualidade do osso relacionada ao local exato do planejamento do implante.

ULM *et al.* (1999) realizaram um estudo com o objetivo de investigar a estrutura do osso esponjoso da maxila feminina e masculina, sua qualidade e quantidade medindo o parâmetro de padrão internacional histomorfométrico nas diferentes regiões maxilares do

processo alveolar. Tiveram como resultados que todos os parâmetros mostraram uma grande faixa de variação, não existindo, portanto, um padrão de qualidade óssea.

IWASHITA (2000) desenvolveu um algoritmo para a separação automática de osso cortical e esponjoso na mandíbula e para medir o componente ósseo mineral. Para isso uma mandíbula macerada foi escaneada juntamente com um “phantom” de referência por um TC espiral. A partir deste exame, um novo algoritmo foi desenvolvido especificamente para a mandíbula e imagens reconstruídas no plano vestibulo-lingual, sendo possível a separação do osso cortical e do osso esponjoso e a medida do componente mineral ósseo automaticamente através dessas imagens adquiridas.

NORTON & GAMBLE (2001) realizaram um estudo correlacionando os valores de densidade óssea em Unidades Hounsfield (UH) com os quatro tipos de qualidades ósseas classificados segundo *LEKHOLM & ZARB (1985)*. Foram avaliados, utilizando o software “SIM/Plant”, um total de 32 exames feitos em um TC (GE Prospeed helicoidal). Inicialmente dividiram-se os exames em quatro regiões, mandíbula e maxila anterior e mandíbula e maxila posterior, as quais foram graduadas em quatro tipos diferentes de qualidades ósseas. Posteriormente, utilizando o software, foi simulada a colocação de um implante em cada região e foi medida a densidade óssea em UH em toda a circunferência do implante. Demonstraram, ao final do estudo, que uma escala objetiva de densidade óssea (baseada na escala de Hounsfield), pode ser estabelecida e que existe uma grande correlação entre os valores de densidade óssea e valores subjetivos de qualidade óssea, bem como com as regiões da boca.

KRAUT (2001) relatou que a variabilidade das densidades do osso é melhor determinada pelo uso da TC interativa, ou seja, da TC utilizando os softwares, como o “SIM/Plant”, por exemplo. Estes softwares permitem a determinação da densidade óssea a

qual envolverá o implante planejado em Unidades Hounsfield (UH), sendo importante saber que o ar tem uma densidade de -1000 UH, o osso medular de 400 UH e o osso cortical de 1500 UH.

Enxertos ósseos são comumente utilizados para o aumento da espessura óssea em maxilas edêntulas para posterior colocação de implantes. Estes enxertos possuem morfologia frequentemente irregular, tornando assim, difícil a estimativa de seu volume em exames radiográficos convencionais. Para tanto, o exame de TC se torna bastante importante nestes casos em que se necessita da avaliação precisa do volume destes enxertos ósseos, pois quando são realizados cortes axiais consecutivos, a área de cada corte pode ser facilmente medida e por não existir sobreposição, o volume de cada enxerto pode ser determinado com precisão.

JOHANSSON *et al.* (2001a) avaliaram a precisão do cálculo feito do volume de enxerto ósseo simulado com gesso comum na maxila de um crânio. Foi colocado enxerto na cortical vestibular da região anterior da maxila e no assoalho do seio maxilar e feitos 20 cortes axiais contínuos de 2 mm em um TC (GE Pace Plus). As imagens foram avaliadas por meio de um software, que calculou a área do enxerto em cada corte e posteriormente, para determinar o volume total do enxerto, fez-se o somatório de todas as áreas e multiplicou-se pela espessura do corte. Ao final, o volume real foi comparado com o volume calculado. Em conclusão, o volume de enxerto ósseo simulado pode ser estimado através da TC com uma boa precisão.

JOHANSSON *et al.* (2001b) avaliaram as mudanças volumétricas dos enxertos ósseos em dez pacientes com maxilas edêntulas atróficas em um período de seis meses. Foram feitos exames de TC (GE Pace Plus) com cortes axiais contínuos com 2 mm de espessura, 1 a 2 semanas após a cirurgia e 6 a 7 meses após a cirurgia. Para diferenciar a borda do enxerto ósseo (definido como um osso não calcificado totalmente) do tecido mole relacionado, o

enxerto foi considerado presente quando se tinha uma atenuação de pelo menos 150 UH. A área de cada enxerto foi medida e o volume calculado da mesma forma que em seu estudo anteriormente relatado. Concluíram que as mudanças volumétricas dos enxertos ósseos após seis meses possuíram uma reparação semelhante entre os pacientes.

5 - Precisão das Medidas

A mensuração da altura óssea remanescente assim como a sua relação com as estruturas anatômicas é essencial no planejamento das cirurgias em Implantodontia.

TAL & MOSES (1991) compararam a precisão das medidas feitas em radiografias panorâmicas e TC. Foram examinados dez pacientes e foram feitas medidas verticais da crista do osso alveolar até a borda superior do canal alveolar inferior. Os resultados encontrados demonstram que, embora a TC tenha uma precisão maior, com valores menores e mais próximos do real, em relação à panorâmica, esta apresentou informações suficientemente precisas para procedimentos de rotina. Entretanto, a TC tem vantagens adicionais no planejamento cirúrgico, pois revela dimensões horizontais e forma da mandíbula, além da topografia e localização vestibulo-lingual do canal alveolar inferior.

BOLIN *et al.* (1996) em seu estudo comparativo de medidas feitas em radiografias panorâmicas e exames tomográficos na região posterior ao forame mental, mostraram que a dimensão vertical pode ser incorretamente determinada somente pela radiografia panorâmica e que o risco de erros aumenta, consideravelmente, em arcos desdentados onde houve a reabsorção da crista alveolar. Concluíram que exames tomográficos são recomendados para todos os locais potencialmente disponíveis para a colocação de implantes em região posterior de mandíbula.

Inicialmente, as imagens de TC poderiam ser vistas somente pelo prospecto a qual as imagens foram adquiridas. A reformatação multiplanar (2D) e em 3D, tornou possível a aquisição de imagens em outros planos sem a necessidade de uma nova exposição do paciente. A precisão de imagens reformatadas tem sido mostrada e aplicada em imagens para implantes.

COVINO *et al.* (1996) avaliaram a precisão de medidas feitas em imagens reformatadas em 3D, adquiridas por um TC (GE 9800), com protocolos de 3 mm de espessura do corte, 3 mm de incremento de mesa, com cortes contínuos e 1.5 mm de espessura do corte, 1 mm de incremento de mesa, com cortes com sobreposição em “phantom”s plásticos (blocos de acrílico) com marcadores de titânio. Foram feitos os exames em duas posições: com os marcadores paralelos e perpendiculares ao feixe. Concluíram que a orientação do objeto em relação ao feixe e a espessura do corte parecem ter uma relação direta com a precisão das medidas e a variabilidade das medidas lineares feitas em todos os eixos (x, y e z) da imagem. Os cortes mais finos parecem aumentar a precisão das medidas como era de se esperar por possuírem um volume médio menor.

CAVALCANTI *et al.* (1999) avaliaram a precisão das medidas obtidas na região do canal nasopalatino em imagens feitas em um TC espiral. Foram realizadas imagens de oito cadáveres com um protocolo de cortes axiais de 1 mm de espessura e 1 mm de incremento de mesa, com 120 kV e 150 mAs, e as reformatações foram realizadas em uma “workstation”. As medidas do comprimento do canal nasopalatino e a distância da margem inferior do forame incisivo à borda mais anterior do alvéolo dentário foram feitas por dois radiologistas. Posteriormente, foram feitas medidas diretamente nos cadáveres por um digitalizador eletromagnético. Os resultados da comparação das medidas nas imagens e nos cadáveres não tiveram diferença significativa, portanto os autores comprovaram que medidas precisas podem ser feitas próximas ao canal nasopalatino em imagens tomográficas reconstruídas.

YANG *et al.* (1999) realizaram um estudo em imagens feitas por um TC espiral em cadáveres, avaliando a precisão das medidas lineares da crista alveolar à borda superior do canal mandibular em imagens reformatadas. Obtiveram como resultado nenhuma diferença estatisticamente significativa entre as imagens em 2D e 3D quando comparadas com as

medidas feitas diretamente no cadáver, entretanto, quando se compararam as imagens em 2D com as imagens em 3D, os resultados mostraram uma diferença estatisticamente significativa. As imagens em 2D constantemente superestimaram as medidas e as imagens em 3D subestimaram, presumidamente devido ao fato de que o volume parcial e segmentação de efeitos algorítmicos. Concluíram que as imagens reformatadas em 2D e em 3D permitem medidas precisas para a localização do canal mandibular.

Alguns implantodontistas não utilizam imagens radiográficas para medir a espessura óssea em locais susceptíveis à colocação do implante, mas fazem o uso de um instrumento denominado espessímetro, determinando a medida diretamente no osso do paciente com o uso de anestesia local. Este método tem a vantagem de ser uma técnica simples e de evitar a exposição do paciente à radiação, porém ALLEN & SMITH (2000) avaliaram a precisão de medidas feitas com este espessímetro em região de maxila anterior. Foram realizadas medidas em onze pacientes que iriam se submeter a cirurgias para colocação de implantes dentários no pré-operatório e no trans-cirúrgico. Foi constatado que as medidas no pré-operatório tendiam a superestimar a quantidade de osso disponível para a colocação do implante, provavelmente devido a não penetração do espessímetro até a estrutura óssea. Existiram alguns casos em que a medida pré-operatória foi subestimada, o que pode ter acontecido por uma pressão excessiva do espessímetro que acabou penetrando na cortical óssea. Concluíram que as medidas feitas somente com o espessímetro não possuem uma precisão suficiente para o correto planejamento cirúrgico.

6 - Aspectos Anatômicos Importantes

Uma estimativa real da largura óssea em relação as estruturas anatômicas é essencial para a colocação segura do implante osseointegrado. Complicações cirúrgicas podem surgir por padrões individuais de atrofia e remodelação óssea depois da perda ou extração do dente, pois estes padrões podem alterar a localização topográfica de estruturas nobres em distância e curso relacionadas com o osso.

Na maxila, não existem muitas estruturas vitais, além do nervo nasopalatino e de vasos menores que podem ser lesados durante a cirurgia. A maior parte dos problemas provém da grande variação dos padrões de atrofia. Portanto, uma perfuração lateral ou uma perfuração no seio maxilar pode acontecer, e se existe uma qualidade óssea insuficiente combinada com esta perfuração severa, pode ocorrer uma instabilidade primária do implante.

Na mandíbula, entretanto, a situação se torna mais complexa, pois podem ocorrer injúrias tanto em estruturas dentro do osso como o nervo alveolar inferior, quanto em tecido mole por perfurações das corticais linguais. Na região de pré-molar e algumas vezes na região de canino, as artérias sublingual e submental, além do ramo mental da artéria submental, têm seu trajeto próximo à mandíbula e na região de molar, as artérias faciais e o ramo da faringiana ascendente, o nervo lingual e o músculo milóideo, são estruturas vitais ao alcance da perfuração pela broca. Hemorragia no assoalho bucal pode ser uma situação de risco de vida severo, pois estende para a orofaringe e o tecido mole vizinho, podendo gerar a obstrução das vias aéreas superiores.

MANSON (1990), LABODA (1990), BRUGGENKATE *et al.* (1993), MORDENFELD (1997), DARRIBA (1997), apresentaram casos clínicos de complicações hemorrágicas ocorridas durante e no pós-cirúrgico, no assoalho bucal, causada por perfuração

da cortical lingual por um instrumento rotatório. Todos os autores afirmaram que o grande risco desse tipo de hemorragia é a obstrução das vias aéreas respiratórias que pode ocorrer em um curto período de tempo.

HOFSCHEIDER *et al.* (1999) em seu estudo tiveram como objetivo acessar o suprimento vascular da região de sínfise, entre os forames mentais, para delinear a contribuição e importância da artéria sublingual e artéria submental na região. Foram dissecados 17 cadáveres humanos, com especial atenção para a presença de um ramo da artéria submental que perfura o músculo milóideo e, portanto, participa do suprimento sanguíneo do assoalho bucal juntamente com a artéria sublingual. Os achados neste estudo claramente indicam que existe um risco potencial de acidentes resultando em injúrias no assoalho bucal durante a colocação de implantes. Esta região envolve particularmente um risco alto, pois é a entrada para a maioria dos ramos vasculares na mandíbula.

TEPPER *et al.* (2001) realizaram um estudo em Tomografias Computadorizadas de 70 pacientes, procurando a identificação de canais vasculares visíveis na mandíbula bem como sua localização, incidência e diâmetro. Todos os pacientes mostraram pelo menos um canal ósseo perfurando a mandíbula, com um diâmetro de entrada médio de 0.8 mm. Foram também examinados pacientes utilizando a técnica panorâmica, mas não houve evidência destes canais ósseos, pois esta delicada estrutura não pôde ser distinguida do osso como resultado da sobreposição de estruturas existentes neste tipo de exame. Concluíram que desde que os canais ósseos são encontrados regularmente na região de sínfise entre os forames mentais e que pode estar presente nesta região condições anatômicas complexas, como por exemplo, uma fossa sublingual pronunciada com pouca espessura vestibulo-lingual, recomenda-se o uso da TC como rotina em cirurgias para implantes, tornando o planejamento

bastante preciso e atuando na prevenção de hemorragias severas que podem ocorrer nesta região.

DISCUSSÃO

O uso de implantes endósseos representa atualmente uma das melhores técnicas disponíveis em reabilitações dentais parciais ou totais. Para que este tipo de tratamento tenha prognósticos previsíveis faz-se necessário a utilização de exames imaginológicos que proporcionem informações suficientes de qualidade e quantidade óssea, além das estruturas anatômicas relacionadas com o leito receptor do implante. O exame mais indicado, segundo a revisão de literatura, foi a Tomografia Computadorizada.

Os softwares desenvolvidos especialmente para o planejamento das cirurgias em Implantodontia, relatados por ROTHMAN *et al.* (1988) e KRAUT (1991), permitem o diagnóstico por meio de imagens axiais, transversais e panorâmica impressas em um filme radiográfico, obtendo informações como o contorno do osso, a medida da altura óssea disponível e a anatomia relacionada. Com isso, estes autores aumentaram as possibilidades de um tratamento melhor planejado e com maior segurança, descartando a necessidade de realização do exame de TC com a aquisição dos cortes no plano coronal, que são especialmente difíceis de serem executados tecnicamente.

Existem outros tipos de softwares que permitem a realização das medidas e de todo o planejamento no próprio computador, sendo possível até mesmo a simulação da colocação do implante, como o citado por VERSTREKEN *et al.* (1996) o qual utiliza uma “workstation” para a manipulação das imagens, e GOGARNOIU (1999) o qual faz o planejamento cirúrgico em um computador pessoal.

Estes planejamentos computadorizados podem ser comparados com os planejamentos manuais. Neste último, as medidas são feitas diretamente com uma régua sobre

os cortes reconstruídos, sendo de baixo custo, de fácil aprendizado e altamente preciso, porém, só é possível definir o implante em um dos cortes transversais. O planejamento feito com a ajuda de um computador, apesar ter um custo elevado e uma certa limitação para usuários inexperientes, proporciona características adicionais como a possibilidade de inspeção e manipulação imediata da colocação dos implantes em todas as imagens, notando, por exemplo, uma eventual perfuração do seio maxilar em um corte vizinho.

A osseointegração é fundamental para o sucesso do tratamento, entretanto, ela representa somente um componente do processo de reabilitação por implantes. O seu objetivo primário é suportar a prótese, que, por sua vez, devolve ao paciente a função e estética dental. A angulação precisa do implante para que estes resultados sejam previsíveis é corriqueiramente um processo incomum, pois além de haver pouca comunicação entre cirurgião e protesista, muitas vezes o cirurgião falha no planejamento e durante o ato cirúrgico, muda a angulação do implante. Entretanto, a utilização dos guias cirúrgicos computadorizados fabricados por meio das informações obtidas pelas imagens de TC como foi citado por MODICA *et al.* (1991) e KLEIN & ABRAMS (2001), torna cada vez mais frequente a comunicação entre os profissionais e, portanto, um planejamento mais completo.

O prognóstico se torna ainda mais favorável com a utilização de modelos estereolitográficos, que são confeccionados com as informações obtidas por meio do exame de TC e os novos softwares, como o “SIM/Plant”, por exemplo, que permite ao implantodontista e ao protesista planejarem todas as etapas do caso em um computador pessoal (PC). Entretanto, embora a maioria das técnicas, mais avançadas, relatadas para o planejamento cirúrgico tenham utilizado o software “SIM/Plant”, é importante relatar que o seu uso é limitado, pois não são todos os equipamentos de TC que possuem a capacidade de arquivar as imagens de maneira a serem manipuladas em um PC. (HAGIWARA *et al.*, 1999)

As inovações tecnológicas dos equipamentos de TC trouxeram muitas vantagens. Entre elas, está o uso da TC espiral, a qual reduz o tempo de exposição do paciente, reduzindo assim os artefatos de movimento e oferecendo um maior conforto ao paciente. Além disso, oferece também uma menor dose de radiação (BIANCHI , 2000). Porém, PREDA *et al.* (1997) constataram que a TC espiral possui uma qualidade de imagem pouco inferior à TC convencional, mas as suas vantagens se sobrepõem a este achado. Os autores ainda comprovaram que utilizando a TC espiral com um incremento de mesa de 2 mm, diminuindo a dose de radiação, não houve alteração na qualidade das imagens, sendo para esses autores o exame de escolha.

A dose de radiação absorvida pelo paciente é diretamente proporcional principalmente a fatores como o mAs, o número e a espessura do corte e o plano de aquisição da imagem, que são estabelecidos ao se definir o protocolo utilizado para o exame. Recentemente têm sido desenvolvidos métodos de redução desta dose absorvida.

DULA *et al.* (1996) estabeleceram que o protocolo que ofereceu a menor dose de radiação para o paciente foi aquele em que se diminuiu o número de cortes, porém, quando se aumentou a espessura dos mesmos, as imagens perderam a qualidade, o que foi de encontro aos resultados de EKESTUBBE *et al.* (1996) que aumentaram a espessura do corte para 3 mm, reduzindo significativamente a dose de radiação, mas por outro lado prejudicou a qualidade da imagem quando foram feitos os cortes axiais e a reconstrução multiplanar. Portanto, deve-se tomar o cuidado para a escolha do número mínimo de cortes axiais que se referem ao plano de referência anatômica com a espessura que oferece a melhor qualidade da imagem.

Quanto ao valor do mAs, se os objetos estudados contiverem substâncias com alta diferença de atenuação, como tecido mole e tecido ósseo, o contraste vai ser alto e o valor do

mAs pode ser reduzido sem perda de diagnóstico de estruturas importantes, reduzindo assim a dose de radiação para o paciente. (FREDHOLM *et al.*, 1994)

O plano de escolha para aquisição da imagem é o axial devido a fatores demonstrados no trabalho de EKESTUBBE *et al.* (1993) que ao realizarem o exame no plano frontal constataram uma maior dose de radiação absorvida no cristalino e na glândula tireóide, os quais se encontram na direção do feixe de radiação. Afirmaram ainda que utilizando os cortes frontais é impossível obter imagens verdadeiramente transversais à maxila ou à mandíbula.

Entretanto, embora a escolha do plano frontal não seja um protocolo preferível em relação à dose de radiação e realização da técnica, este plano se torna vantajoso quanto à qualidade de imagem adquirida. EKESTUBBE *et al.* (1996) concluíram que as imagens adquiridas diretamente com cortes frontais tiveram uma qualidade melhor, conseguindo que o plano de corte ficasse perpendicular as corticais ósseas, mas isto só se tornou possível porque seu estudo não foi feito em humanos, o qual dificultaria o posicionamento.

Estudos da dose de absorção em tecidos selecionados durante uma tomografia convencional e computadorizada mostraram variações consideradas na colocação do dosímetro, na determinação da dose de radiação e na estimativa do risco, mas geralmente entram em concordância que as doses absorvidas durante o exame de TC são maiores que nos exames tomográficos convencionais, sendo esta diferença maior quando o número de locais de implantes avaliados diminuiu. Mas, não parece ser coerente comparar os resultados devido a fatores como o tipo de equipamento e o protocolo utilizado.

Muitos trabalhos como o de CLARK *et al.* (1990) fizeram comparações inadequadas entre a Tomografia convencional e computadorizada, pois foi comparado a dose

de radiação absorvida pela realização de um corte na Tomografia convencional e 40 cortes na computadorizada. Já o trabalho de DULA *et al.* (2001), o qual foram medidas as doses absorvidas pela realização de uma série de técnicas radiográficas com protocolos semelhantes, pode-se comparar os resultados da Tomografia convencional e computadorizada. Por este estudo, os autores chegaram à conclusão de que ao se realizar um exame total da maxila utilizando a tomografia convencional, comprovou-se que o paciente terá uma maior dose absorvida quando comparado com um exame de TC da mesma região. Além disso, muitas vezes para se chegar ao planejamento final se faz necessário uma série de técnicas radiográficas convencionais, as quais podem atingir a mesma dose absorvida em um exame de TC, sendo assim indicado o seu uso.

Os variados protocolos, cujas doses são diminuídas e a qualidade da imagem mantida, permitem ao especialista um exame diagnóstico imaginológico com uma otimização em seu planejamento cirúrgico.

Existe uma relação de que quanto menor o valor do mAs, menor é a dose de radiação e maior será a quantidade de ruído na imagem adquirida. Relação esta de grande importância, uma vez que quando se tem uma maior quantidade de ruído em imagens com o mesmo bit de profundidade, mais detalhes são acrescentados, melhorando a visualização de estruturas anatômicas (BALTER, 1993). Em seu trabalho, EKESTUBE *et al.* (1996) comprovaram que com um baixo valor de mAs a qualidade não foi influenciada negativamente para a descrição de detalhes somente esqueléticos e EKESTUBE *et al.* (1999) também constataram que imagens obtidas com um valor do mAs baixo (baixa dose de radiação) ou alto (alta dose de radiação) tiveram a mesma qualidade de imagem.

O implantodontista deve estar atento para o fato de que nem todos os aparelhos de TC produzem imagens com a mesma qualidade. Portanto, é importante saber como cada

equipamento funciona e quem é o operador, para que se obtenha uma qualidade de imagem satisfatória para o correto diagnóstico e planejamento cirúrgico.

Existe uma grande dificuldade na avaliação da qualidade óssea dos pacientes que irão se submeter à cirurgia de implantes. Isto foi comprovado no trabalho de ULM *et al.* (1999) que mostraram a grande faixa de variação nos padrões ósseos existentes através de um estudo histomorfométrico e LINDH *et al.* (1996) que, avaliando a densidade óssea por meio da Tomografia Computadorizada Quantitativa, evidenciaram a existência de uma grande variação do padrão ósseo nas várias regiões da mandíbula.

A estrutura óssea tem influência tanto na estabilidade primária quanto na capacidade funcional do implante endósseo. Por isso a avaliação da consistência do osso trabecular é significativa nas cirurgias em Implantodontia, especialmente quando a cortical óssea é fina e o implante é estabilizado principalmente em osso trabecular.

Atualmente, o único método diagnóstico, menos invasivo, que permite conclusões das estruturas e densidades dos ossos maxilares é a TC. Este exame fornece medidas da densidade óssea que, no pré-operatório, proporcionará ao implantodontista um indicativo de prognóstico e informações válidas de qualidade do osso, evitando a colocação do implante em osso com baixa qualidade óssea dificultando a osseointegração do mesmo. Trabalhos como o de NORTON & GAMBLE (2001) o qual estabeleceram um padrão de correlação entre os dados da densidade óssea objetivos e os dados de qualidade óssea subjetivos, contribuem significativamente para a definição do prognóstico do paciente.

Além dos softwares desenvolvidos para indicar a densidade óssea como o “SIM/Plant” citado por KRAUT (2001), existem ainda outras formas de se obter a densidade

óssea através de um exame de TC, como a Tomografia Computadorizada Quantitativa citado por LINDH *et al.* (1996).

Existem, ainda, autores que desenvolveram métodos específicos para avaliar a densidade óssea por TC, como IWASHITA (2000), que tornou possível a separação do osso cortical e esponjoso, obtendo-se assim medidas separadas e JOHANSSON *et al.* (2001), que estabeleceram um cálculo para medir o volume de enxertos ósseos, extremamente utilizados em cirurgias pré-operatórias de preparação para a colocação dos implantes osseointegrados.

As vantagens da imagem tomográfica, em alguns casos, possibilitam a realização da cirurgia. Por exemplo, quando não se tem altura óssea suficiente na região de molares inferior e superior pela presença do canal mandibular e do seio maxilar, respectivamente, analisando somente a radiografia panorâmica, a imagem tomográfica fornecerá informações da existência de altura óssea suficiente para a colocação do implante lateralmente (vestibular ou palatino) a essas estruturas anatômicas. SCHWARZ *et al.* (1997) relataram um caso clínico em que a cirurgia para a colocação dos implantes só se tornou possível depois de realizado o exame de TC, o qual demonstrou a existência de osso suficiente lateralmente ao canal mandibular. Da mesma forma, estes autores também relataram um caso clínico em que a TC evidenciou estrutura óssea suficiente lateralmente a uma raiz residual na região de canino superior.

Assim sendo é essencial a indicação de exames tomográficos no planejamento cirúrgico. BOLIN *et al.* (1996) concordam com esta afirmação uma vez que em seus estudos, estabeleceram que ao se realizar medidas em radiografias panorâmicas existe um potencial alto de erros.

Dentre as técnicas tomográficas a mais indicada seria a TC, pois trabalhos como *TOOD et al.* (1993) exemplificam o grau de distorção e falta de qualidade da imagem em tomografias convencionais, impossibilitando a definição da cortical externa e estruturas ósseas adjacentes.

Além dos relatos de que a radiografia panorâmica e a Tomografia convencional são ineficazes para o correto diagnóstico cirúrgico, *TAL & MOSES* (1991) comparando técnicas radiográficas, comprovaram que a técnica tomográfica que possui os valores de medidas mais próximos do real é a TC e *CAVALCANTI et al.* (1999), comparando medidas reais em cadáveres com as medidas das imagens obtidas, comprovaram a precisão das mesmas.

Entretanto, a realização das medidas nas imagens reconstruídas em 3D requer um certo critério, pois existe um potencial de distorção dessas imagens (*COVINO et al.*, 1996). Portanto, os softwares de manipulação das imagens devem ser testados antes do seu uso clínico, avaliando a precisão das medidas da quantidade e qualidade óssea, assim como fez *YANG et al.* (1999) que realizaram um estudo de avaliação da precisão das medidas feitas em imagens reconstruídas em 2D e 3D por meio de uma “workstation”, concluindo que houve precisão das medidas.

O aspecto mais importante a ser considerado no planejamento cirúrgico quando se avalia a espessura óssea não é o fato das medidas terem sido feitas diretamente no filme ou com a utilização de softwares. Mas, o que não pode ocorrer é a obtenção destas informações somente pelo exame físico local do paciente utilizando um instrumental denominado espessímetro, pois foi comprovada a falta de precisão do mesmo. (*ALLEN & SMITH*, 2000)

A colocação de implantes é considerada como sendo um procedimento seguro e minimamente invasivo, com uma baixa porcentagem de morbidade. Porém, quando não existe o correto planejamento, com imagens que fornecem informações imprecisas das medidas e relações com estruturas anatômicas, acidentes e complicações podem ocorrer. Os mais freqüentemente ocorridos incluem invasão neurovascular, infecção local, deiscência, sinusite e ocasionalmente fratura mandibular. Riscos de vida maiores relacionados são extremamente raros e os casos reportados são de hemorragia severa causadas principalmente por trauma de artérias no assoalho bucal por meio de perfurações ocorridas na cortical lingual.

HOFSCHEIDER (1999) avaliando a presença das artérias na cortical lingual, afirmou que a TC parece ser uma ferramenta ideal para uma identificação precisa da fossa sublingual e a evidenciação de ramos vasculares transmandibulares, sendo uma alternativa para o diagnóstico, juntamente com a dissecação subperiosteal, realizada durante a cirurgia.

Para TEPPER (2001) a TC é o único exame radiográfico eficaz na identificação destes canais ósseos existentes na cortical lingual da mandíbula, evitando assim o potencial de acidentes resultantes da perfuração da cortical lingual e levando à injúria de um vaso durante a colocação do implante.

Entretanto, existem controversas a respeito de uso rotineiro da TC. Apesar de relatos de casos com ocorrência de risco de vida durante as cirurgias, existem autores que afirmam que uma Tomografia Computadorizada mostra um quadro mais detalhado desnecessário, pois uma investigação trans-operatória com a elevação do periósteo na região de cortical lingual da mandíbula permite uma visão suficiente da anatomia local (BRUGGENKATE *et al.*, 1993). Porém, esta investigação trans-operatória pode levar a mudanças no planejamento, principalmente da angulação do implante, o que leva ao insucesso da fase protética. Existe ainda um relato de caso de hemorragia citado por MORDENFELD

(1997) em que se optou por fazer somente uma inspeção no trans-operatório e ocorreu a perfuração da cortical lingual, confirmando a necessidade de se fazer um planejamento mais completo com a utilização de TC.

CONCLUSÃO

1- O planejamento cirúrgico é uma das etapas mais importantes em Implantodontia.

2- A técnica principal de TC, no pré-operatório de Implantodontia, é a aquisição de cortes axiais e reconstrução multiplanar, em imagens transversais e panorâmicas, dando ao implantodontista uma visão tridimensional do local a ser colocado o implante.

3- Este exame possibilita o processamento da imagem a qualquer momento, através de dados armazenados em discos ou em fitas magnéticas.

4- O seu uso no complexo maxilo-facial causa uma dose de radiação considerável quando comparada com exames radiográficos convencionais, entretanto, uma indicação cuidadosa desta técnica e a utilização dos métodos de redução da dose de radiação devem ser considerados como prática de rotina.

5- O avanço tecnológico dos equipamentos de TC tem proporcionado uma menor dose para o paciente sem a perda da qualidade da imagem.

6- A qualidade e quantidade óssea são precisa e facilmente estabelecidas nos exames de TC, tornando-o essencial na maioria dos casos.

7- A avaliação por imagens é o passo essencial no diagnóstico e planejamento das cirurgias e, atualmente, o exame mais completo é a Tomografia Computadorizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

ABRAHAMS, J.J. The role of diagnostic imaging in dental implantology. **Radiol Clin North Am**, Philadelphia, v.31, n.1, p.163-180, 1993.

ALLEN, F.; SMITH, D.G. An assessment of the accuracy of ridge-mapping in planning implant therapy for the anterior maxilla. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v.11, n.1, p.34-38, 2000.

BALTER, S. Fundamental properties of digital images. **Radiographics**, Easton, v.13, n.1, p.129-141, Jan. 1993.

BIANCHI, J.; GOGGINS, W.; RUDOLPH, M. In vivo, thyroid and lens surface exposure with spiral and conventional computed tomography in dental implant radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.90, n.2, p.249-253, 2000.

BOLIN, A. *et al.* Radiographic evaluation of mandibular posterior implant sites: correlation between panoramic and tomographic determinations. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v.7, n.3/4, p.354-359, 1996.

BORGES, T.A.T. *et al.* **A tomografia computadorizada no diagnóstico e planejamento do implante dentário. Revisão de literatura e apresentação de um protocolo técnico.** Disponível em: <<http://www.imaginologia.com.br/artigos/003/>> Acesso em: 2 mar. 2002.

BRUGGENKATE, C.M. *et al.* Hemorrhage of the floor of the mouth resulting from lingual perforation during implant placement: a clinical report. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.8, n.3, p.329-334, 1993.

CAVALCANTI, M.G.P. *et al.* Accurate linear measurements in the anterior maxilla using orthoradially reformatted spiral computed tomography. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.28, n.3, p.137-140, 1999.

* Baseada na NBR-6023 de ago. de 2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Abreviatura dos títulos dos periódicos em conformidade com o MEDLINE.

CLARK, D.E. *et al.* Radiation absorbed from dental implant radiography: a comparison of linear tomography, CT scan, and panoramic and intra-oral techniques. **J Oral Implantol**, Abington, v.16, n.3, p.156-164, 1990.

COVINO, S.W. *et al.* The accuracy of measurements of three-dimensional computed tomography reconstructions. **J Oral Maxillofac Surg**, Philadelphia, v.54, n.8, p.982-990, Aug. 1996.

DARRIBA, M.A.; MENDONÇA-CARIDAD, J.J. Profuse bleeding and life-threatening airway obstruction after placement of mandibular dental implants. **J Oral Maxillofac Surg**, Philadelphia, v.55, n.11, p.1328-1330, 1997.

DELBALSO, A.M.; GREINER, F.G.; LICATA, M. Role of the diagnostic imaging in evaluation of the dental implant patient. **Radiographics**, Easton, v.14, n.4, p.699-719, 1994.

DULA, K. *et al.* Hypothetical mortality risk associated with spiral computed tomography of the maxilla and mandible. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v.104, n.5/6, p.503-510, 1996.

DULA, K. *et al.* The radiographic assessment of implant patients: decision-making criteria. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.16, n.1, p.80-89, 2001.

EKESTUBBE, A.; GRONDAHI, K.; GRONDAHI, H.G. Quality of preimplant low-dose tomography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.88, n.6, p.738-744, Dec. 1999.

EKESTUBE, A. *et al.* Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery: comparison with conventional tomography. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.22, n.1, p.13-17, 1993.

EKESTUBBE, A. *et al.* Low-dose tomographic techniques for dental implant planning. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.11, n.5, p.650-659, 1996.

FREDHOLM, U. *et al.* Preoperative radiographic evaluation of implant sites by computed tomography. **Swed Dent J**, Jönköping, v.18, n.6, p.213-219, 1994.

GOGARNOIU, D.; CAVANAUGH, R.R. Three-dimensional CT scan analysis for implant supported fixed prostheses. **Compend Contin Educ Dent**, Jamesburg, v.20, n.9, p.855-866, 1999.

HAGIWARA, Y.; KOIZUMI, M.; IGARASHI, T. Application of CT imaging for dental implant simulation. **J Oral Sci**, Tokyo, v.41, n.4, p.157-161, 1999.

HOFSCHNEIDER, M.D. *et al.* Assessment of the blood supply to the mental region for reduction of bleeding complication during implant surgery in the interforaminal region. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.14, n.3, p.379-383, 1999.

IPLIKÇIOĞLU, H.; AKÇA, K.; ÇEHRELI, M.C. The use of computed tomography for diagnosis and treatment planning in implant dentistry. **J Oral Implantol**, Abington, v.28, n.1, p.29-45, 2002.

IWASHITA, Y. Basic study of the measurement of bone mineral content of cortical and cancellous bone of the mandible by computed tomography. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.29, n.4, p.209-215, 2000.

JOHANSSON, B. *et al.* Volumetry of simulated bone grafts in the edentulous maxilla by computed tomography: an experimental study. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.30, n.3, p.153-156, 2001a.

JOHANSSON, B. *et al.* A clinical study of the volume of bone grafts in the atrophic maxilla. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.30, n.3, p.157-161, 2001b.

KLEIN, M.; ABRAMS, M. Computed-guided surgery utilizing a computer-milled surgical template. **Pract Proced Aesthet Dent**, Mahwah, v.13, n.2, p.165-169, Mar. 2001.

KRAUT, R.A. Interactive CT diagnostics, planning and preparation for dental implants. **Implant Dent**, Baltimore, v.7, n.1, p.19-24, 1998.

KRAUT, R.A. Selecting the precise implant site. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.122, n.6, p.59-60, 1991.

LABODA, G. Life-threatening hemorrhage after placement of an endosseous implant: report of a case. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.121, n.5, p.599-600, 1990.

LINDH, C. *et al.* Quantitative computed tomography of trabecular bone in the mandible. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.25, n.3, p.146-150, 1996.

MASON, M.E.; TRIPLETT, G.; ALFONSO, W.F. Life-threatening hemorrhage from placement of a dental implant. **J Oral Maxillofac Surg**, Philadelphia, v.48, n.2, p.201-204, 1990.

MODICA, F. *et al.* Radiologic-prosthetic planning of the surgical phase of treatment of edentulism by osseointegration implants: an in vitro study. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.65, n.4, p.541-546, 1991.

MORDENFELD, A.; ANDERSSON, L.; BERGSTROM, B. Hemorrhage in the floor of the mouth during implant placement in the edentulous mandible: a case report. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.12, n.4, p.558-561, 1997.

NORTON, M.R.; GAMBLE, C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v.12, n.1, p.79-84, 2001.

PREDA, L. *et al.* Use of spiral computed tomography for multiplanar dental reconstruction. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.26, n.6, p.327-331, 1997.

ROTHMAN, S.L. *et al.* CT in the preoperative assessment of the mandible and maxilla for endosseous implant surgery. **Radiology**, Easton, v.168, n.1, p.171-175, July 1988.

ROTHMAN, S.L.G. **Dental applications of computerized tomography: surgical planning for implant placement**. Chicago: Quintessence, 1998.

SCHWARZ, M.S. *et al.* Computed Tomography: part I. Preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.2, n.3, p.137-141, 1997.

SCHWARZ, M.S. *et al.* Computed Tomography: part II. Preoperative assessment of the maxilla for endosseous implant surgery. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.2, n.3, p.143-148, 1997.

SOARES, F.A.; LOPES, H.B. **Tomografia computadorizada: curso técnico de radiologia**. Disponível em: <<http://www.bitnet.cefetsc.rct-sc.br>> Acesso em: 4 fev. 2002.

TAL, H.; MOSES, O. A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planing of implant surgery. **Dentomaxillofac Radiol**, Houndsmills, v.20, n.1, p.40-42, 1991.

TEPPER, G. *et al.* Computed tomographic diagnosis and localization of bone canals in the mandibular interforaminal region for prvention of bleeding complication during implant surgery. **Int J Oral Maxillofac Implants**, Lombard, v.16, n.1, p.68-72, 2001.

TODD, A.D. *et al.* Interpretation of linear and computed tomograms in the assessment of implant recipient sites. **J Periodontol**, Chicago, v.64, n.12, p.1243-1249, 1993.

ULM, C. *et al.* Characteristic features of trabecular bone in esdentulous maxillae. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v.10, n.6, p.459-467, 1999.

VERSTREKEN, K. *et al.* Computed-asisted planning of oral implant surgery: a three-dimensional approach. **Int J Oral maxillofac Implants**, Lombard, v.11, n.6, p.806-810, 1996.

WILLIAMS, M.Y.A. *et al.* The role of computerized tomography in dental implantology. **Int J Oral maxillofac Implants**, Lombard, v.7, n.3, p.373-380, 1992.

WISHAN, M.S.; BAHAT, O.; KRANE, M. Computed tomography as an adjunct in dental implant surgery. **Int J Periodontics Restorative Dent**, Chicago, v.81, n.1, p.30-47, 1988.

YANG, J. *et al.* 2D and 3D reconstruction of spiral computed tomography in localization of the inferior alveolar canal for dental implants. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.87, n.3, p.369-374, 1999.