



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Rhita Cristina Cunha Almeida

**Avaliação tridimensional da alteração e estabilidade do tecido mole
decorrentes da cirurgia de avanço mandibular**

Rio de Janeiro

2009

Rhita Cristina Cunha Almeida

**Avaliação tridimensional da alteração e estabilidade do tecido mole decorrentes da
cirurgia de avanço mandibular**

Dissertação apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre, ao Programa
de Pós-Graduação em Odontologia, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área
de concentração: Ortodontia.

Orientadores: Prof. Dr. Marco Antonio de Oliveira Almeida
Prof. Dr. Jonas Capelli Júnior

Rio de Janeiro

2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

R672	<p>Almeida, Rhita Cristina Cunha.</p> <p>Avaliação tridimensional da alteração e estabilidade do tecido mole decorrentes da cirurgia de avanço mandibular / Rhita Cristina Cunha Almeida. – 2009.</p> <p>53 f.</p> <p>Orientadores: Marco Antonio de Oliveira Almeida, Jonas Capelli Júnior.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia.</p> <p>1. Mandíbula - Cirurgia. 2. Tomografia computadorizada (Ortodontia). 3. Imagem tridimensional (Ortodontia). 4. Odontologia – Aspectos estéticos. 5. Face. 6. Avanço mandibular. I. Almeida, Marco Antonio de Oliveira. II. Capelli Júnior, Jonas III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. IV. Título.</p> <p>CDU 616.314</p>
------	--

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Rhita Cristina Cunha Almeida

**Avaliação tridimensional da alteração e estabilidade do tecido mole decorrentes da
cirurgia de avanço mandíbular**

Dissertação apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre, ao Programa
de Pós-Graduação em Odontologia, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área
de concentração: Ortodontia.

Aprovada em 12 de agosto de 2009.

Orientadores:

Prof. Dr. Marco Antonio de Oliveira Almeida
Faculdade de Odontologia da UERJ

Prof. Dr. Jonas Capelli Júnior
Faculdade de Odontologia da UERJ

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Cátia Cardoso Abdo Quintão
Faculdade de Odontologia da UERJ

Prof.^a Dra. Lúcia Helena Soares Cevidanes
Faculdade de Odontologia da UNC

Prof. Dr. Roberto Prado
Faculdade de Odontologia da UERJ

Rio de Janeiro

2009

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao Felipe, meu companheiro em todos os momentos, e aos meus pais, que estão sempre me incentivando a seguir em frente. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu marido, Felipe, por mais uma demonstração de amor e amizade, ao me ceder a amostra deste trabalho e me ensinar todos os passos desta metodologia. É maravilhoso poder viver a vida com você. Você é meu tudo em todas as horas.

Agradeço ao meu pai, Marco Antonio, por estar sempre acreditando em mim. Muitos dizem que sou sortuda por ser sua filha, mas eles nem imaginam o quanto. Não por você ser meu professor, mas porque você é o melhor pai do mundo. Obrigada por me apoiar e por fazer tudo que está a seu alcance para que eu realize todos os meus sonhos.

À minha mãe, Maria Helena, por sonhar comigo, por estar sempre se certificando de que está tudo bem, por fazer todo o trabalho por trás da cena. Você é minha melhor amiga. Não existe melhor exemplo de super mãe do que você.

Agradeço ao Rhubens, Izabella, Rachelzinha, meus avós Amélia e Manecão, Aladir e Antonio (em memória) e a toda minha família por entenderem as constantes ausências e por continuarem se esforçando para estarmos sempre unidos.

Aos meus sogros Paulo Maurício e Rosane pelo carinho e compreensão e por sempre se esforçarem para nos encontrar nos pequenos tempos livres.

À professora Lucia Cevidanes por me receber de forma tão carinhosa na Universidade da Carolina do Norte e por ter me orientado neste trabalho de forma extremamente eficiente. Acompanhar o seu dia a dia na UNC é uma lição de como transformar 24hs em 36hs.

Ao professor Jonas Capelli Junior por ter se mostrado muito mais que um orientador, por ter se posicionado como um grande amigo. Sua preocupação com os alunos vai muito além de prazos e textos, é bonito ver o quanto você se preocupa com nosso bem estar pessoal. As 3as feiras de UERJ não poderiam ser mais agradáveis.

Aos demais professores do curso de Ortodontia da UERJ, Dr. Antônio Carlos Peixoto da Silva, nosso chefe, Dr. Alvaro de Moraes Mendes, Dr. Álvaro Francisco Carriello Fernandes, Dra. Cátia Cardoso Abdo Quintão, Dra. Flavia Raposo Gebara Artese, Dra. Ione Helena Vieira Portella Brunharo, Dr. José Augusto Mendes Miguel, Dra. Maria das Graças Carlini, Dra. Maria Teresa de Andrade Goldner e Dra. Vera Lúcia Cosendey Côrte-Real pelos ensinamentos compartilhados, pela paciência e dedicação sempre.

À querida amiga Cristiane Canavarro, grande presente que ganhei neste mestrado. Obrigada pela companhia, pela amizade, pela ajuda em trabalhos... Você é especial.

Aos amigos da Carolina do Norte, Kristen, Jeff, Greice e Gustavo, que nos hospedaram e nos receberam de forma que só um verdadeiro amigo faz. Saudades...

Aos meus colegas de turma Daniel Fernandes, Daniela Feu Rosa, Felipe de Assis, Gisele Abrahão e Luciana Abi-Ramia por terem ajudado com prazos e horários durante o período ausente e pelos bons momentos de descontração.

Aos alunos do 2º ano, Camila, Gustavo, Juliana, Stephanie, Ticiane e Viviane, por estarem sempre disponíveis para me ajudar e pelo convívio harmonioso.

Ao Davi Normando pela disponibilidade e amizade.

A todos os demais alunos que convivem no dia-a-dia da UERJ e aos que conviveram e deixaram saudades.

À Mônica Marques por deixar que eu implicasse com ela nos dias mais chatinhos.

A todos os funcionários da UERJ por sempre me receberem com um bom dia sorridente fazendo com que o dia realmente ficasse melhor.

Mas principalmente, a Deus, por demonstrar gostar tanto de mim ao me colocar perto de tantas pessoas especiais e por me dar saúde e força para estar sempre caminhando.

A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido. Não na vitória propriamente dita.

Mahatma Gandhi

RESUMO

ALMEIDA, Rhita Cristina Cunha. *Avaliação tridimensional da alteração e estabilidade do tecido mole decorrentes da cirurgia de avanço mandibular*. 2009. 53f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

A queixa mais freqüente dos pacientes que se submetem à cirurgia ortognática é em relação à estética facial. Apesar da cirurgia de avanço mandibular ser considerada um procedimento com alta estabilidade, ainda não é possível prever de forma fidedigna a resposta do tecido mole em relação a esta. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar se existe correlação entre o avanço do mento mole e do lábio inferior com o avanço do mento duro e dos incisivos inferiores respectivamente, e avaliar a estabilidade dos resultados obtidos com a cirurgia após um ano. A amostra constituiu-se de 25 pacientes submetidos à cirurgia de avanço de mandíbula isolada que realizaram tomografias computadorizadas de feixe-cônico imediatamente antes da cirurgia, seis semanas após a cirurgia quando ocorria a remoção do *splint* cirúrgico e um ano após a cirurgia. Com a utilização do *software* InsightSnap, desenvolvido pela Universidade da Carolina do Norte, foram feitas segmentações do pogônio mole, pogônio duro, lábio inferior e incisivos inferiores nas tomografias dos três tempos. As tomografias foram superpostas utilizando a segmentação da base do crânio e através do *software* CMF Application foram medidas as maiores distâncias entre as superfícies para avaliar o quanto de deslocamento ocorreu em cada região. Para cada superposição foi utilizado o coeficiente de Pearson e um modelo de regressão linear para testar se as mudanças no tecido duro estavam associadas com o tecido mole. Foi avaliado também se havia diferença significativa entre a superposição dos tempos seis semanas pós-cirúrgico com pré-cirúrgico e a superposição dos tempos um ano pós-cirúrgico com pré-cirúrgico. Foi feita estatística descritiva com valores médios de deslocamento para ambas as superposições, e para a superposição entre um ano pós-cirúrgico e seis semanas pós-cirúrgico os valores foram analisados separadamente, já que nesta superposição havia valores positivos, que significavam um deslocamento anterior, e valores negativos, que significavam deslocamento posterior. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os tempos seis semanas pós-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico, o pogônio mole acompanhou o movimento do pogônio duro com uma proporção de 1:1 e o lábio inferior não apresentou uma correlação alta com o movimento dos incisivos inferiores.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico. Avanço mandibular. Imagem tridimensional. Face. Ortodontia.

ABSTRACT

The main complain of orthognathic surgery patients is their facial esthetics. Although the mandible advancement surgery is considered a highly stable procedure, there isn't an established method to preview how the soft tissue will react toward this. This study evaluated if there is a correlation between the soft chin and lower lip change and the hard chin and lower incisors movement respectively, and the stability of those results one year after surgery. The sample consisted in 25 patients submitted to mandible advancement surgery that had CT scans right before surgery, six weeks after surgery and one year after surgery. The software InsightSnap, developed by the University of North Carolina, was used to segment the soft chin, hard chin, lower lip and lower incisors at the three periods evaluated. The CT scans were superimposed in the cranium base and the changes in each region were measured using the software CMF Application. The Pearson correlation and a linear regression model were calculated to test if the changes in the hard tissue were associated to the soft tissue. It was also evaluated if there was any statistical significant change between the superimpositions of six weeks after surgery with pre-surgery and one year after surgery with pre-surgery. Descriptive statistics were done to both superimpositions and for the superimposition of one year and six weeks after surgery the values were analyzed separately, as this superimposition had positive and negative values that meant forward or backward movements. Only the lower lip had statistical significant changes between six weeks and one year after surgery, the soft chin had a high correlation with the hard chin's movement and the lower lip didn't show a good correlation toward the lower incisors.

Keywords: Cone-beam computed tomography. Mandibular advancement. Imaging, three-dimensional. Face. Orthodontics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Exemplo de segmentação do modelo tridimensional, incluindo base do crânio (verde) e complexo maxilo-mandibular (vermelho). Observam-se as janelas dos cortes no plano axial, sagital e coronal e na janela inferior esquerda a reconstrução da imagem. As áreas segmentadas são visualizadas tanto nos cortes tomográficos quanto no modelo tridimensional.....	28
Figura 2 –	Segmentação do modelo tridimensional da base do crânio.....	29
Figura 3 –	Exemplo de segmentação da face vista de perfil e de frente com ênfase no lábio inferior e pogônio mole.....	29
Figura 4 –	Em vermelho a segmentação dos incisivos e do pogônio duro e em verde a base do crânio.....	30
Figura 5 –	Exemplo da superposição da segmentação do tempo 6 semanas pós-cirúrgico sobre a tomografia do tempo pré-cirúrgico antes e após o registro na base do crânio.....	31
Figura 6 –	Exemplo do mapa colorido. Nesta imagem vê-se a segmentação 6 semanas pós-cirurgia sobre a segmentação pré-cirúrgica e observa-se que o pogônio mole foi deslocado anteriormente pois está em vermelho, a maxila não sofreu alteração e se encontra em verde e a área em azul representaria um deslocamento “para dentro”, mas esta área em azul não estava sendo analisada, não apresentando uma segmentação precisa.....	32
Figura 7 –	Linha de contorno ou <i>isoline</i> delimitando uma área de igual deslocamento do pogônio duro com a medida do deslocamento em milímetros.....	33
Figura 8 –	Delimitação da área usada para calcular o deslocamento do lábio inferior em azul e do pogônio mole em marrom.....	33
Figura 9 –	Delimitação da área usada para calcular o deslocamento do incisivo inferior em azul e do pogônio duro em amarelo.....	34
Gráfico –	Deslocamentos médios em cada superposição para as quatro regiões anatômicas analisadas, sendo o pogônio mole representado pela linha vermelha, o pogônio duro pela linha azul, o lábio inferior pela linha marrom e o incisivo inferior pela linha verde.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Teste t pareado analisando as diferenças entre a superposição de seis semanas pós-cirúrgica com pré-cirúrgica e um ano pós-cirúrgico com pré-cirúrgico.....	36
Tabela 2 –	Estatística descritiva das mudanças no pogônio duro e pogônio mole entre as superposições pré/6semanas pós-cirúrgica e pré/1ano pós-cirúrgico (medidas em milímetro).....	36
Tabela 3 –	Estatística descritiva das mudanças no incisivo inferior e no lábio inferior entre as superposições pré/6semanas pós-cirúrgica e pré/1ano pós-cirúrgico (medidas em milímetro).....	37
Tabela 4 –	Análise descritiva da superposição entre seis semanas pós-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico classificando em grupo com deslocamento anterior maior que 2mm, grupo com deslocamento posterior maior que 2mm e grupo com deslocamento menor que 2mm.....	37
Tabela 5 –	Correlação de Pearson e análise de regressão linear entre o pogônio duro e o pogônio mole nos três intervalos analisados.....	39
Tabela 6 –	Correlação de Pearson e análise de regressão linear entre o incisivo inferior e o lábio inferior nos três intervalos analisados.....	39

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	13
1	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
1.1	Estabilidade da cirurgia ortognática.....	15
1.2	Tomografia computadorizada de feixe-cônico (CBCT).....	18
2	PROPOSIÇÃO.....	25
3	MATERIAL E MÉTODO.....	26
3.1	Seleção da amostra.....	26
3.2	Realização do exame.....	27
3.3	Compressão dos arquivos.....	27
3.4	Segmentação das estruturas.....	28
3.5	Registro das estruturas.....	30
3.6	Distâncias entre superfícies.....	31
3.7	Visualização dos modelos superpostos.....	31
3.8	Tratamento estatístico.....	34
4	RESULTADOS.....	36
4.1	Análise da estabilidade cirurgia um ano após cirurgia.....	36
4.2	Correlação entre o deslocamento do pogônio mole e do pogônio duro.....	38
4.3	Correlação entre o deslocamento do incisivo inferior e do lábio inferior.	39
5	DISCUSSÃO.....	40
6	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	ANEXO- Aprovação do comitê de ética.....	52

INTRODUÇÃO

O tratamento envolvendo terapia ortodôntica aliada à cirurgia ortognática constitui-se em um dos procedimentos com maiores chances de melhoria estética em Odontologia. Apesar da indicação do mesmo para a correção de problemas funcionais ser perfeitamente admitida, é nítida e mais marcante a preocupação de ortodontistas, cirurgiões e pacientes em relação às modificações faciais pós-tratamento.

Existem diversos estudos mostrando o ganho estético que uma cirurgia ortognática pode trazer e mostrando o quanto cada tipo de cirurgia é estável¹⁻². Entretanto, todos os estudos feitos em ortodontia utilizavam como ferramentas de diagnóstico, fotografias, modelos de estudo e radiografias. Os métodos radiográficos tradicionais apresentam características que limitam seu valor diagnóstico, como ampliações, sobreposições, projeções e outras distorções relacionadas à representação bidimensional (2D) de estruturas tridimensionais (3D).³

Com o aparecimento da tomografia computadorizada de feixe-cônico (CBCT, do inglês *cone beam computed tomography*), o diagnóstico radiográfico tridimensional foi intensificado na Odontologia⁴. A CBCT tem sido descrita³⁻⁵ como o método 3D de escolha para imagiologia maxilo-facial por causa de características como redução do custo do equipamento, redução da radiação e alta resolução para os ossos da face e dentes.

Pelo fato de permitir a obtenção de todas as imagens ortodônticas tradicionais em apenas uma exposição com uma precisão que varia de 0,1 a 0,4mm em qualquer direção, dependendo da formatação, tornou-se possível fazer novos estudos com sobreposições de modelos computadorizados para verificação de crescimento, avaliar mudanças com tratamento e estabilidade, além de análises dos tecidos moles e simulação computadorizada de procedimentos cirúrgicos. Desta forma, uma avaliação quantitativa precisa do deslocamento e estabilidade de uma cirurgia ortognática, duvidosos anteriormente com técnicas 2D, pode agora ser realizada através da CBCT.⁶

Alguns trabalhos⁶⁻¹⁰ aplicaram as sobreposições de modelos 3D em pacientes Classe III, mas poucos trabalhos avaliaram alterações cirúrgicas em pacientes Classe II com este tipo de método e nenhum destes avaliou alterações de tecido mole, apenas alterações esqueléticas⁶⁻⁷.

Apesar da cirurgia de avanço mandibular ser considerada um procedimento com alta estabilidade^{1,11}, a resposta do tecido mole em relação à cirurgia ainda é bastante variável e os fatores que determinam as mudanças nesta resposta ainda são desconhecidos.

Desta forma, tendo em mãos uma fonte de informação mais fidedigna como a CBCT, é importante tentar quantificar como o lábio inferior e o mento mole respondem à cirurgia de avanço de mandíbula e o grau de estabilidade destes deslocamentos para que tanto o ortodontista quanto o paciente saibam o que esperar após este procedimento.

1 REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Estabilidade da cirurgia ortognática

A Universidade da Carolina do Norte possui documentação de mais de 3000 pacientes submetidos à cirurgia ortognática e 1400 com pelo menos um ano de acompanhamento. Esta amostra constitui-se de pacientes submetidos à cirurgia de mandíbula ou maxila sem anomalias craniofaciais ou síndromes. Baseado nesta amostra, Proffit, Turvey e Phillips em 1996¹¹, atualizado por Bailey, Cevitanes e Proffit em 2004¹ e Proffit, Turvey e Phillips em 2007¹², construíram uma hierarquia de estabilidade dos diferentes tipos de cirurgia e dividiram em quatro categorias, sendo estas: cirurgias altamente estáveis, cirurgias estáveis, cirurgias estáveis apenas com fixação rígida e cirurgias problemáticas.

Cirurgias altamente estáveis foi definido como procedimentos que tem mais de 90% de chance de se manterem inalterados ou terem uma alteração menor que 2mm e quase nenhuma chance de mudanças maiores que 4mm durante o primeiro ano pós-cirúrgico. Foram classificadas como altamente estáveis as cirurgias de reposição superior da maxila (descrita como o procedimento mais estável), seguida pelo avanço de mandíbula, desde que em pacientes com altura facial normal ou curta e avanço menor ou igual a 10mm, e a mentoplastia, descrita como o procedimento auxiliar mais prevalente^{1,11}.

Cirurgias estáveis foi definido como procedimentos que tem mais de 80% de chance de uma alteração menor que 2mm, 20% de chance de mudanças de 2 a 4mm e quase nenhuma chance de mudanças maiores que 4mm durante o primeiro ano pós-cirúrgico. Foram classificadas como estáveis as cirurgias de avanço da maxila de no máximo 8mm e o componente maxilar da correção de assimetrias maxilares como desnivelamento do plano oclusal^{1,11}.

Alguns procedimentos são considerados estáveis apenas se mantidos com fixação rígida com mini-placas e parafusos. São estes as cirurgias combinadas de impacção maxilar e avanço ou recuo mandibular, avanço maxilar e recuo mandibular, e a correção assimétrica mandibular isolada, ainda que para esta a disponibilidade de dados seja menor¹².

Três procedimentos foram classificados como problemáticos, ou seja, com 40 a 50% de chance de mudanças pós-cirúrgicas entre 2 e 4mm e uma chance significativa de mudanças superiores a 4mm: Recuo de mandíbula, rebaixamento de maxila e expansão maxilar. Mas

mesmo nestes procedimentos considerados críticos, pelo menos metade dos pacientes apresentam estabilidade pós-cirúrgica. Rebaixamento de maxila ficou na categoria problemática, pois se a maxila for movimentada para frente e para baixo, é provável que ocorra recidiva do componente vertical, embora o componente horizontal tenha boas chances de ser mantido^{1,11-12}.

Embora o avanço de mandíbula tenha sido classificado como altamente estável, alguns trabalhos relatam casos de recidiva neste procedimento¹³⁻¹⁵. Thuer, Ingervall e Vuillemin¹³ avaliaram 30 pacientes submetidos a avanço mandibular com fixação rígida. Foram feitas radiografias cefalométricas imediatamente antes da cirurgia, três a oito dias após e 13 meses após a cirurgia. A média de avanço da mandíbula foi de 5mm e após os 13 meses o avanço havia recidivado na maioria dos casos com manutenção de 70% do resultado. Em seis indivíduos a mandíbula apresentou um pequeno avanço não significativo após este período.

Simmons, Turvey, Phillips e Proffit¹⁴ acompanharam 35 pacientes submetidos à cirurgia de avanço de mandíbula durante cinco anos. Eles encontraram que entre um e cinco anos pós cirurgia houve uma redução pequena (0,9mm), mas estatisticamente significativa, do comprimento da mandíbula. Em seis pacientes a diminuição do comprimento da mandíbula foi de 2 a 4mm e em dois foi maior que 4mm. Não houve mudança significativa no *overjet*, mas três pacientes da amostra tiveram um aumento de 2 a 4mm. Foi observada uma tendência de retorno da sobremordida exagerada, mais relacionado à extrusão dos incisivos do que giro da mandíbula. Foi encontrado também remodelação do ângulo goníaco em mais da metade da amostra. Os autores concluíram haver uma remodelação esquelética frequentemente compensada por mudanças na postura mandibular e no posicionamento dentário.

Joss e Thuer¹⁵ avaliaram 16 pacientes submetidos a avanço de mandíbula com fixação rígida por um período de até 14 anos após a cirurgia. Foram utilizadas neste estudo radiografias cefalométricas de perfil e os resultados encontrados mostraram que, em longo prazo, o ponto B apresentou uma recidiva de em média 2,4mm representando 50% do avanço inicial e o pogônio duro uma recidiva de 3,2mm correspondendo a 60% do avanço inicial. A recidiva do incisivo inferior foi de 1,7mm (42%) e o lábio inferior recidivou 4,23mm mantendo um avanço não significativo de apenas 1,33mm. O pogônio mole também recidivou 3,34mm.

Existem na literatura alguns estudos¹⁶⁻¹⁸ que tentam explicar as razões para recidivas em casos de avanço de mandíbula. Algumas teorias são: deslocamento do côndilo da fossa glenoide, avanços muito grandes (maiores que 6 a 7mm), avanços com giro anti-horário da mandíbula e plano mandibular acentuado, ação do músculo supra-hióide e estiramento do

tecido conectivo paramandibular, compressão condilar, remodelação da articulação temporomandibular e reabsorção condilar e experiência do cirurgião¹⁶⁻¹⁸.

Schender e Epker¹⁷ separaram a recidiva imediata, que ocorre nos primeiros meses após a cirurgia, e a recidiva tardia. Segundo esses autores a recidiva imediata é atribuída à técnica cirúrgica e a recidiva tardia seria o resultado de forças assimétricas no sistema estomatognático e ocorreria mais lentamente.

Embora a relação dentária e esquelética sejam os indicadores mais fortes da necessidade de cirurgia ortognática, o tecido mole tem aparecido como um dos fatores mais importantes no planejamento cirúrgico e na avaliação dos resultados do tratamento. Aparência facial é um fator extremamente importante no bem estar psico-social do paciente, talvez pelo fato da face ser a parte do corpo mais importante para a interação social¹⁹. Está descrito na literatura que o público coloca mais ênfase no lábio do que em outras estruturas faciais quando avaliando estética facial²⁰. Isso deve explicar porque a satisfação do paciente com a cirurgia ortognática depende da posição final do tecido mole²⁰. Pensando neste aspecto, o efeito da cirurgia ortognática no tecido mole, especialmente no lábio, deve ser entendido para que se possam prever os resultados da cirurgia.

Lines e Steinhauser²¹, que foram um dos primeiros a tentar prever os resultados da cirurgia no lábio superior e inferior utilizando a radiografia cefalométrica como fonte de informação, concluíram que o lábio inferior avançou numa proporção de 0,66:1 em relação aos incisivos mandibulares e que o pogônio mole avançou numa proporção 1:1 com o pogônio duro. Diversos estudos confirmaram a proporção 1:1 do pogônio mole com o pogônio duro, mas para o lábio inferior os estudos variaram muito, indo de 0,26:1 até 0,85:1^{2,13,19,22}.

Existem alguns estudos avaliando a resposta do tecido mole ao avanço mandibular usando radiografias cefalométricas^{2,13,19,22}. Um estudo analisando as mudanças do tecido mole após a cirurgia ortognática em pacientes classe II do sexo feminino encontrou que o tecido mole permanece relativamente estável após a cirurgia e que as pequenas mudanças encontradas não eram percebidas clinicamente².

Thuer, Ingervall e Vuillemin¹³ avaliaram a estabilidade e efeito no tecido mole do avanço mandibular utilizando radiografias cefalométricas e encontraram que o pogônio mole acompanhou o deslocamento do pogônio duro com uma proporção de 1:1 e que o lábio inferior acompanhou o incisivo inferior em torno de 66%.

Um estudo analisando as mudanças bidimensionais no tecido mole acompanhando a cirurgia de avanço de mandíbula em adultos japoneses encontrou que as

mudanças no tecido mole tinham correlação com o tecido duro, mas que o pogônio mole teria uma melhor correlação do que o lábio inferior²².

Coleta, Wolford, Gonçalves e Santos Pinto²³ avaliaram o tecido mole em radiografias cefalométricas de uma amostra de 44 mulheres submetidas à avanço de mandíbula, reconstrução da ATM com prótese e osteotomia maxilar com giro anti-horário do plano oclusal divididas em grupos com mentoplastia e sem mentoplastia. Encontraram que o avanço mandibular com mentoplastia tinha uma correlação do tecido mole com tecido duro bem menos consistente do que nos casos sem mentoplastia. Isto pode ser atribuído ao fato de que os pacientes que precisaram de mentoplastia eram os casos mais severos e o tecido mole em retrognatas severos é mais imprevisível. O lábio inferior não avançou tanto quanto o incisivo inferior, no grupo sem mentoplastia este acompanhou 91% do deslocamento do incisivo e no grupo com mentoplastia acompanhou 89%.

Segundo Shaughnessy, Mobarak e Hogevoold²⁴, que avaliaram a resposta do tecido mole após mentoplastia isolada, a mentoplastia seria um procedimento bastante estável, sendo que o pogônio mole acompanhou o deslocamento do pogônio duro em uma proporção de 0,9:1 e o lábio não sofreu alterações significativas decorrentes da mentoplastia.

De acordo com Albrechtsen e Larson²⁵, o maior problema nos métodos de predição dos resultados cirúrgicos é que todos utilizaram a mesma proporção tecido mole/tecido duro que foi encontrada em estudos mais antigos. Estes autores concluíram que é importante que sejam feitos novos estudos para determinar quais variáveis influenciam a resposta do lábio inferior ao avanço de mandíbula para melhorar a predição de resultados.

Desta forma, tendo uma fonte de informação mais precisa como a CBCT, é importante tentar quantificar como o tecido mole responde ao avanço de mandíbula e reavaliar a estabilidade deste procedimento, para que tanto os ortodontistas quanto os pacientes saibam o que esperar após a cirurgia.

1.2 Tomografia computadorizada de feixe-cônico (CBCT)

A maior parte dos dados sobre resultados e estabilidade cirúrgicos é baseada em técnicas bidimensionais. Entretanto, estes quesitos podem ser melhor avaliados através de técnicas tridimensionais. Estudos prévios utilizando métodos 3D para avaliar o posicionamento mandibular apresentaram algumas desvantagens: altas doses de radiação na tomografia

computadorizada espiral,^{4,26} o alto custo da tomografia computadorizada (TC) e da ressonância magnética,^{5-6,27-28} e a falta de ferramentas 3D mais simples para uso clínico limitaram sua utilização no estudo de alterações pós-tratamento.^{6,28}

A primeira geração de tomógrafos utilizava uma estreita fonte de “feixe em leque” (*fan beam*) que irradiava um receptor em arco, adquirindo um corte por vez. Isto requeria uma reconstrução fatia por fatia do objeto para a obtenção da representação tridimensional do mesmo. A segunda geração surgiu com os tomógrafos espirais, geralmente utilizados em Medicina quando se requer imagens do corpo inteiro, mas que também passaram a ser aplicados em Odontologia. A tomografia espiral pode gerar cortes tomográficos 2D, assim como imagens 3D, já que a fonte de raios-X e o detector se movem continuamente ao redor do corpo do paciente, seguindo um trajeto em espiral. Entretanto, algumas desvantagens são atribuídas às TC convencionais, como: alto custo do equipamento; dose de radiação bem mais alta que os exames radiográficos de rotina odontológica; exame caro e demorado, já que mais de 20 minutos podem ser necessários para a obtenção de todos os cortes axiais em um estudo de cabeça e pescoço; equipamentos maiores e mais complexos, sendo encontrados em hospitais e grandes centros radiológicos; dificuldade de comunicação com os técnicos na indicação de pacientes odontológicos, já que estes estão mais treinados e acostumados com requisições médicas; e os dentistas não possuem e/ou não estão treinados para utilizar *softwares* de manipulação e medição das imagens²⁹.

Na CBCT, os raios são direcionados de forma cônica sobre um grande sensor plano enquanto ambos rotacionam em torno da cabeça do paciente, de forma que, em uma única rotação do conjunto, que dura de 20 a 40 segundos, aproximadamente 360 cortes 2D são realizados nos três planos do espaço. Um *software* então reorganiza os cortes em um modelo 3D, incluindo todas as estruturas irradiadas, que pode ser visualizado digitalmente de diferentes formas. Comparada à TC convencional, a CBCT utiliza radiação significativamente menor, já que realiza um único giro em torno do paciente. A dosagem recebida durante 40 segundos é em torno de 10 vezes menor que a da tomografia convencional, e similar àquela de um exame radiográfico periapical completo. Outra vantagem da CBCT é que o equipamento é aberto, eliminando limitações em pacientes claustrofóbicos²⁹⁻³⁰.

Brooks³¹ ressaltou que as doses de radiação da CBCT dependem da Kilovoltagem (kV) e Miliampereagem (mA), do número de imagens base ou cortes tomográficos necessários para a reconstrução da imagem, e do FOV. Além disso, existe uma relação direta entre a dose de radiação e o ruído da imagem, de forma que doses maiores geram imagens mais “limpas”, de menor ruído. Alguns equipamentos exibem doses consideravelmente maiores que outros, e

a relação entre resolução de imagem e radiação deve ser buscada e aprimorada pelos fabricantes. O NewTom, presente no mercado há mais tempo, possui mais informações sobre dosagem na literatura, que varia de 43 a 80 μ Sv, dependendo de como os cálculos foram realizados e do posicionamento dos dosímetros em crânio seco.

Como referência, sabe-se da literatura radiológica que um exame periapical completo pode variar de 33 a 150 microsievets (μ Sv), dependendo do filme e do tipo de colimação utilizados³²⁻³³. Uma radiografia panorâmica varia de 2.5-6.2 μ Sv (digital) a 3-10 μ Sv (filme), dependendo do equipamento e da qualidade da imagem requerida³⁴. Doses efetivas para radiografias cefalométricas digitais variam de 1.1 a 3.4 μ Sv, dependendo do tipo do sistema³⁵, enquanto a dosagem relatada com uso de filme é de 2.3 μ Sv³⁶. Como parâmetro, sabe-se que a radiação de fundo ambiental (radiação cósmica, radiação do solo, raios ultra-violeta) média é de 3mSv/ano (em torno de 8 μ Sv/dia), o que significa que a dosagem de uma radiografia cefalométrica e panorâmica equivalem a meio dia e a um dia de radiação de fundo ambiental, respectivamente.

O trabalho de Ludlow, Davies-Ludlow, Brooks e Howerton³⁷ realizou a dosimetria de três tomógrafos, todos utilizados no FOV de 12 polegadas, que seria o ideal para ortodontia. Encontraram doses variadas, medidas em μ Sv de acordo com as normas da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) de 1990 e 2005, respectivamente, de forma que o i-CAT apresentou uma dosagem (135-193) maior que o NewTom (45-59), enquanto o CB MercuRay mostrou uma dosagem significativamente maior (477-558). Ou seja, o i-CAT e o CB MercuRay apresentaram doses 3 a 3,3 vezes e 9,5 a 10,7 vezes maiores que o NewTom, respectivamente. Além disso, os equipamentos de CBCT apresentaram doses de 4 a 42 vezes maiores que uma radiografia panorâmica (6,3-13,3 μ Sv). Os autores concluíram que a dosagem variou substancialmente dependendo do equipamento, do FOV e de fatores técnicos específicos (mA e kV). No i-CAT, a variação do FOV de 12" para 9" reduziu a dosagem de 135-193 μ Sv para 69-105 μ Sv. O CB MercuRay, por exemplo, testado no FOV de 12" com 10mA/100kV e 15mA/120kV, mostrou valores de 477-558 μ Sv e 847-1025 μ Sv, respectivamente.

Os autores concluíram, no mesmo trabalho³⁷, que as doses dos tomógrafos CBCT variaram de 2 a 23% da dosagem de um tomógrafo convencional, entretanto, em alguns casos, foram dezenas de vezes maiores que radiografias panorâmicas convencionais. Desta forma, a CBCT não substitui uma radiografia panorâmica se esta, isoladamente, for adequada para o diagnóstico. Já no caso do diagnóstico ortodôntico, a substituição das radiografias panorâmica, cefalométrica lateral e frontal pela CBCT pode ser contemplada, de forma que a

dosagem do NewTom 3G com um FOV de 12", por exemplo, está entre 2 a 4,5 vezes a dosagem das exposições convencionais, excluindo-se o exame periapical completo.

Brooks³¹ destacou que, apesar de significativamente menores que aquelas dos tomógrafos médicos convencionais (2100 μ Sv), as doses da CBCT podem ser consideravelmente maiores que as dos exames cefalométricos e panorâmicos convencionais. Desta forma, torna-se necessário considerar os riscos nos pacientes infantis, mais radiosensíveis que os adultos e que representam a maior parte da clientela ortodôntica, considerando, para cada caso, os reais benefícios deste exame para ser aplicada a radiação extra. Especificamente, as crianças irão carregar a carga radioativa por um período de tempo mais longo que os adultos, e seus órgãos em desenvolvimento são mais sensíveis à radiação³⁷. O NewTom 3G possui uma interessante capacidade (*SmartBeam*) de ajuste automático dos parâmetros de kV e mA, diminuindo a radiação em até 40% de acordo com o tamanho do paciente. No CB MercuRay, estes fatores técnicos podem ser ajustados manualmente pelo operador, e no i-CAT são fixos, ou seja, a mesma radiação é utilizada em todos os pacientes.

Algumas instituições americanas já realizam a CBCT em todos os pacientes ortodônticos iniciais e estão abandonando os métodos tradicionais. A Universidade da Carolina do Norte está tomografando apenas casos selecionados, como casos orto-cirúrgicos e pacientes fissurados, desde 2003^{30,38-39}.

A aplicação de imagens 3D do complexo crânio-facial em estudos prospectivos controlados é considerada um dos maiores avanços na busca de um diagnóstico mais completo, um maior entendimento do desenvolvimento, planejamento do tratamento e avaliação dos resultados de tratamento. A possibilidade de se obter imagens volumétricas de alta resolução, um maior entendimento do valor clínico das imagens 3D, *workstations* e programas de computador de fácil manuseio levaram as técnicas tridimensionais a assumirem grande importância nos estudos clínicos em Odontologia e Medicina⁴⁰.

Estudos utilizando a CBCT em Ortodontia e Cirurgia Oral e Maxilo-facial têm mostrado que este novo instrumento pode melhorar as possibilidades clínicas de identificação dos diferentes padrões de posicionamento e remodelação dos ramos e côndilos após cirurgia ortognática⁶.

O diagnóstico ortodôntico possui suas próprias especificidades, o que gera uma demanda diferente em termos de *hardware* e *software* para a geração e visualização do modelo 3D do crânio e reformatação dos cortes tomográficos. Além disso, o pacote de imagens fornecido pela clínica radiológica ao ortodontista deve ter conteúdo e características

diferentes daqueles requeridos, por exemplo, para o planejamento de implantes e diagnóstico de patologias³.

Alguns requisitos básicos devem ser considerados para que um equipamento de CBCT seja adequado para o diagnóstico ortodôntico, como: ter um campo de visão incluindo todas as estruturas de interesse ortodôntico, permitir a visualização de tecidos duros e moles, e utilizar uma exposição radiográfica relativamente pequena. De forma geral, o ortodontista necessita visualizar o Nasion, no limite ântero-superior do exame, e os pontos mandibulares Pogônio, Gnátio e Mento no limite ântero-inferior. O campo de visão posterior deve incluir a Sela túrcica, as ATMs (ponto Condílio), base do crânio (Basion), e o contorno posterior da mandíbula (Gônio). Além disso, as vértebras até C4 deveriam estar visíveis na tomografia, permitindo análise da maturação esquelética³.

Outros parâmetros como tempo do exame e posicionamento do paciente podem influenciar a qualidade da imagem final, já que evitam artefatos por movimentação da cabeça. Alguns equipamentos acompanham posicionadores de cabeça, como apoio para o mento e tala para a frente, mas deve-se evitar distorção dos tecidos moles pelos mesmos, que podem também influenciar o posicionamento mandibular. Além dos equipamentos disponíveis atualmente, a tendência é que os fabricantes desenvolvam novos sistemas apresentando melhores sensores de raios-X e programas de reconstrução e visualização das imagens mais aprimorados e de fácil manuseio³.

A visualização da relação dos tecidos moles que recobrem as estruturas dentárias e esqueléticas é fundamental para o planejamento ortodôntico, podendo ditar modalidades de tratamento com ou sem extrações, com intrusão ou extrusão dentária para correção da exposição do sorriso, ou ainda guiando a direção e tipo de movimentos cirúrgicos. Atualmente, a análise dos tecidos moles é realizada na radiografia cefalométrica, com suas distorções características, e nas fotografias clínicas do paciente³.

A CBCT deve incluir os tecidos moles da face para tal análise, representados de forma precisa. A informação tridimensional deste exame é considerada superior às informações bidimensionais contidas em uma radiografia cefalométrica, já que o volume é adquirido em tamanho real, sem as distorções projecionais dos métodos tradicionais³.

Vários estudos estão sendo feitos com o objetivo de tornar a tomografia computadorizada uma ferramenta de uso diário. Terajima, Yanagita, Ozeki, Hoshino, Mori, Goto et al.⁴¹ desenvolveram um método de comparação do padrão 3D da morfologia esquelética maxilo-facial e da morfologia do tecido mole facial antes e depois da cirurgia ortognática. Para isto, foram calculados valores médios tridimensionais da morfologia

esquelética maxilo-facial e do tecido mole facial de mulheres consideradas normais, ou seja, que não tinham indicação cirúrgica, e estes valores foram comparados com os valores da morfologia pré e pós-operatória de mulheres submetidas à cirurgia ortognática.

Xia, Ip, Samman, Wong e Gateno⁴² apresentaram um método de executar um planejamento virtual de cirurgia ortognática e prever as alterações de tecido mole utilizando tomografia computadorizada. Neste método o planejamento e simulação cirúrgica eram baseados em uma reconstrução tridimensional da tomografia computadorizada e as alterações previstas em tecido mole eram analisadas utilizando mapas coloridos e modelos faciais individualizados. Este método foi descrito como sendo barato e efetivo, podendo ser facilmente adotado na prática diária.

Várias técnicas de reconstrução 3D da face tem sido usada no diagnóstico, plano de tratamento e simulação e acompanhamento dos resultados. Alves, Zhao, Patel e Bolognese⁴³ apresentaram alguns aspectos técnicos para observar mudanças faciais após ortodontia e cirurgia ortognática usando escaneamento a laser tridimensional. A técnica proposta para avaliar a face foi capaz de mostrar as alterações pós cirurgia e a redução do edema pós-cirúrgico.

Hajeer, Ayoub e Millett⁴⁴ desenvolveram um método tridimensional de análise de assimetria facial. Foram analisados vinte pacientes classe III tratados com osteotomia maxilo-mandibular, doze pacientes classe III tratados com avanço maxilar apenas e doze pacientes classe II tratados com cirurgia maxilo-mandibular. Foram obtidas imagens tridimensionais uma semana antes da cirurgia e um, três e seis meses após a cirurgia. Foram digitalizados alguns pontos em cada imagem 3D e a partir da superposição desses pontos foi possível calcular as mudanças obtidas no grau de assimetria facial.

Entretanto, esses estudos^{42,43,44} apresentam uma grave limitação por não terem feito superposição dos diferentes tempos do tratamento utilizando uma estrutura fixa.

Várias técnicas para a reconstrução de imagens tomográficas foram utilizadas no diagnóstico, planejamento de tratamento e simulação cirúrgica^{28,45-49}. Entretanto, o registro/superposição de imagens tridimensionais impõe desafios operacionais, principalmente pela dificuldade de se estabelecer pontos de referência anatômicos sobre superfícies reais e que não possuem convenções para localização nos três planos do espaço⁷.

Cevidanes, Bailey, Tucker, Styner, Mol, Phillips et al.⁶ publicaram em 2005 um estudo validando o método de construção, superposição utilizando a base do crânio e medição de distâncias entre superfícies em modelos 3D a partir de imagens da CBCT. Compararam o posicionamento dos côndilos e bordo posterior dos ramos em dez pacientes submetidos a

cirurgias maxilares, ou seja, sem osteotomias mandibulares, entre exames de uma semana antes e uma semana depois da cirurgia. Além de encontrarem diferenças médias entre superfícies com uma precisão (0,70 a 0,78mm) muito próxima da resolução espacial das tomografias (0,6mm), observaram diferenças inter-observador desprezíveis (média = 0,02mm).

Em outro trabalho, Cevidanes, Bailey, Tucker, Styner, Mol, Phillips et al.⁷ compararam as alterações em côndilos e ramos após cirurgia de avanço maxilar e recuo mandibular em uma amostra de onze pacientes Classe III e cirurgia maxilar isolada em dez pacientes com variadas maloclusões, utilizando superposição de modelos 3D construídos a partir da CBCT. Os autores concluíram que este método pôde identificar claramente a localização, magnitude e direcionamento dos deslocamentos estruturais mandibulares. Além disso, permitiu a quantificação dos movimentos vertical, transversal e ântero-posterior do ramo acompanhando a cirurgia mandibular.

Desta forma, com estas novas metodologias disponíveis, se torna importante fazer uma avaliação mais fidedigna do grau de estabilidade da cirurgia de avanço de mandíbula e de como o lábio inferior e o pogônio mole respondem a este procedimento cirúrgico.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar através da superposição de imagens tomográficas de pacientes ortodônticos que foram submetidos à cirurgia de avanço mandibular isolada:

- a estabilidade dos resultados obtidos no pogônio duro, pogônio mole, incisivo inferior e lábio inferior um ano após a cirurgia;
- a existência ou não de correlação entre o deslocamento do pogônio mole com o deslocamento do pogônio duro e entre o deslocamento do lábio inferior com o deslocamento dos incisivos inferiores.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Seleção da amostra

Os critérios de inclusão da amostra foram pacientes retrognatas tratados consecutivamente no Programa de Deformidades Dento-faciais da Universidade da Carolina do Norte (UNC). Todos os pacientes foram submetidos a preparo ortodôntico seguido de avanço mandibular isolado através da técnica de Osteotomia Bilateral Sagital do Ramo. Foram incluídos apenas indivíduos apresentando discrepância dento-esquelética severa o suficiente para indicar uma correção cirúrgica, além de serem excluídos casos com padrão de crescimento vertical, de forma que todos os pacientes apresentavam Classe II com padrão de crescimento normal ou horizontal. Não foram incluídos pacientes apresentando fissuras lábio-palatais, problemas resultantes de trauma ou condições degenerativas, por exemplo, artrite reumatóide.

Os pacientes haviam previamente consentido em realizar tomografias computadorizadas de feixe-cônico (CBCT), em diferentes fases do tratamento, de acordo com um protocolo experimental aprovado pelo Comitê de Ética da UNC (Anexo). Para este estudo foram selecionados os pacientes que haviam feito este exame antes da cirurgia (T1), quatro a seis semanas após a cirurgia, no momento da remoção do *splint* cirúrgico (T2) e um ano após a cirurgia (T3). O exame T2 foi realizado para se avaliar as alterações decorridas do procedimento cirúrgico, e o exame T3 para a avaliação das mudanças adaptativas em longo prazo. O exame T2 não foi realizado imediatamente após o procedimento cirúrgico para que o resultado não fosse mascarado pelo excesso de edema resultante da cirurgia, por isso foi feito após a remoção do *splint* cirúrgico.

Foram selecionados 27 pacientes (20 do sexo feminino, 7 do sexo masculino, com média de idade de 30,14 anos) que possuíam tomografias nesses três tempos. Entretanto alguns pacientes tiveram o pogônio mole ou o lábio inferior cortado no exame e outros apresentavam uma quantidade de artefato muito grande após a segmentação prejudicando a análise. Quatro desses pacientes haviam sido irradiados com o NewTom 9000, equipamento precursor do NewTom 3G (Aperio Services LLC, Sarasota, FL, 34236), com um FOV de 9 polegadas, de forma que o pogônio mole destes pacientes havia sido cortado na imagem

tomográfica. Quando estes fatores aconteciam, a área cortada ou com visualização prejudicada não era utilizada na análise. Ao final havia 25 pacientes para análise do pogônio duro, 18 do sexo feminino e 7 do sexo masculino, com média de idade de 30,8 anos, 20 pacientes para a análise do pogônio mole, dos quais 15 eram do sexo feminino e 5 do sexo masculino, com média de idade de 27,8 anos (17 a 57 anos) e para a análise do incisivo inferior e lábio inferior havia 21 pacientes, 16 do sexo feminino e 5 do sexo masculino com média de idade de 28,8 anos (17 a 57 anos). Dos 27 pacientes, dez haviam sido submetidos a cirurgia de mentoplastia auxiliar ao avanço de mandíbula.

3.2 Realização do exame

O protocolo radiológico envolveu um escaneamento de 36 segundos da cabeça, com um campo de visão correspondente a um cilindro de 201mm de diâmetro e 305 mm de altura, obtido em oclusão cêntrica com o tomógrafo NewTom 3G (Aperio Services LLC, Sarasota, FL, 34236).

Uma reconstrução primária dos cortes tomográficos com resolução de 0,3 x 0,3 x 0,3mm por *voxel* foi realizada pelo técnico em Radiologia imediatamente após a exposição, utilizando o *software* instalado com o NewTom. Como todo o volume 3D do complexo crânio-facial é capturado durante este tipo de exame, os cortes tomográficos podem ser obtidos com menor preocupação em relação à padronização do posicionamento da cabeça, diferentemente dos procedimentos 2D, que requerem alta padronização das projeções radiográficas.

3.3 Compressão dos arquivos

Os arquivos de imagem das tomografias foram exportados através do *software* do tomógrafo em formato *Digital Imaging and Communication in Medicine* (DICOM), o formato universal para imagens de diagnóstico tomográfico médico-odontológico. Utilizando-se o

software Insel (desenvolvido em 2003 pelo Departamento de Neurocirurgia da UNC), os arquivos foram convertidos para o formato GIPL, que é reconhecido pelas ferramentas de acesso gratuito desenvolvidas pelo grupo de análises de imagens da UNC. Através do *software* Imagine (desenvolvido em 2004 pelo Departamento de Ciências da Computação da UNC), cada arquivo foi reformatado para *voxels* de 0.5 x 0.5 x 0.5mm, reduzindo-se a memória dos arquivos pela metade, exigindo assim menor capacidade computacional e menor tempo de trabalho durante as fases do experimento, sem no entanto ter perda de informações.

3.4 Segmentação das estruturas

O processo de segmentação representa a reconstrução volumétrica das estruturas anatômicas visíveis nos cortes tomográficos. Para este fim, foi utilizado o *software* ITK-SNAP (desenvolvido em 2004 pelo Departamento de Ciências da Computação da UNC)⁵⁰, que possibilita, entre outras funções, a navegação através dos cortes tomográficos nos planos axial, sagital e coronal. A partir de mais de 300 cortes em cada plano, para cada tomografia era construído um modelo tridimensional constituído pelas estruturas a serem analisadas. A visualização 3D do objeto permite a navegação através dos *voxels* da imagem volumétrica, de forma que este pode ser ampliado, girado e movimentado pelo observador (figura 1).

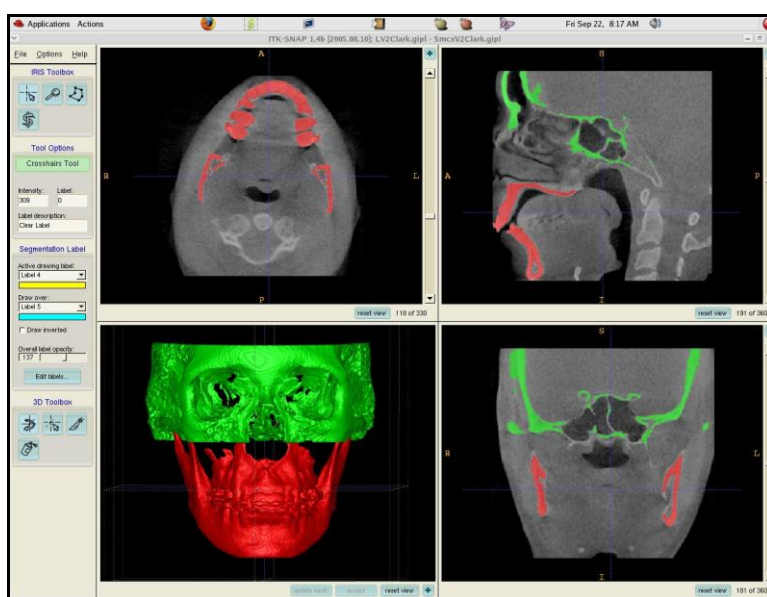


Figura 1 – Exemplo de segmentação do modelo tridimensional, incluindo base do crânio (verde) e complexo maxilo-mandibular (vermelho). Observam-se as janelas dos cortes no plano axial, sagital e coronal e na janela inferior esquerda a reconstrução da imagem. As áreas segmentadas são visualizadas tanto nos cortes tomográficos quanto no modelo tridimensional.

Inicialmente, foi realizada a segmentação da base do crânio, incluindo, no sentido vertical, do seu limite anatômico inferior (Basion) até o limite superior da imagem tomográfica. No sentido transversal e ântero-posterior, foi selecionado todo o contorno esquelético disponível. A cor verde foi utilizada como convenção para a base do crânio, enquanto que os incisivos e o pogônio duro foram segmentados em vermelho e a face em um tom neutro. As diferentes cores têm como função diferenciar as estruturas para os procedimentos de superposição e quantificação dos deslocamentos cirúrgicos (figura 2).

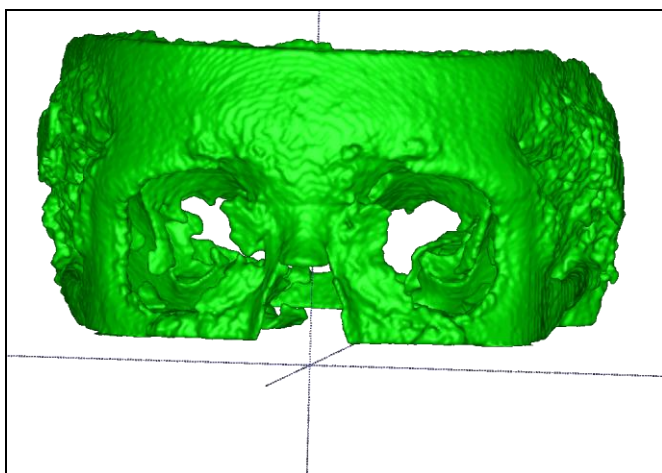


Figura 2 - Segmentação do modelo tridimensional da base do crânio.

Foi realizada a segmentação da face buscando a melhor delimitação possível do pogônio mole e do lábio inferior. Todo o crânio foi segmentado com o cuidado de preencher toda estrutura interna, de forma que não houvesse espaços que pudessem influenciar o método de comparação de superfícies (figura 3).

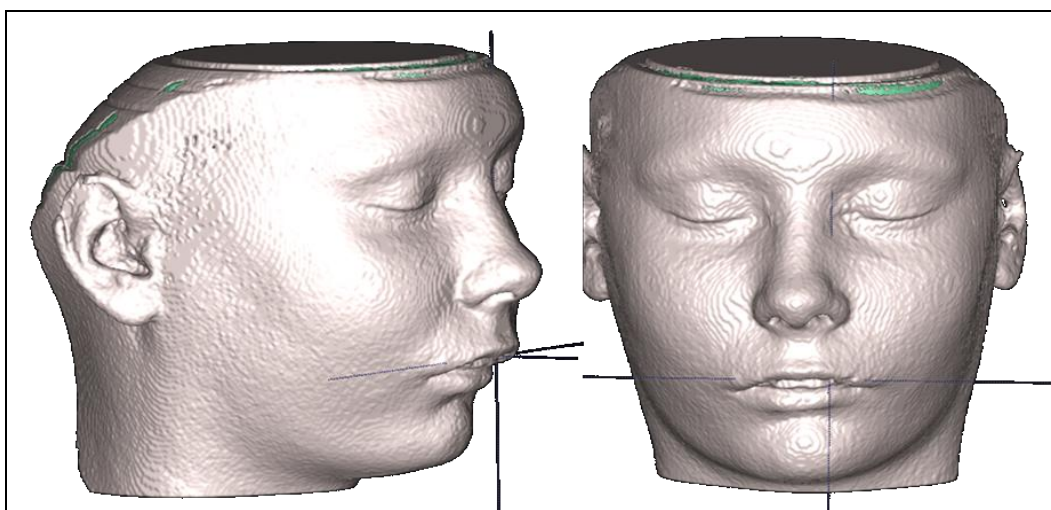


Figura 3 – Exemplo de segmentação da face vista de perfil e de frente com ênfase no lábio inferior e pogônio mole.

Depois foram segmentados os incisivos inferiores e o mento. Esta região foi delimitada pela distal dos caninos inferiores, pela borda incisal e pela borda inferior do mento (figura 4).

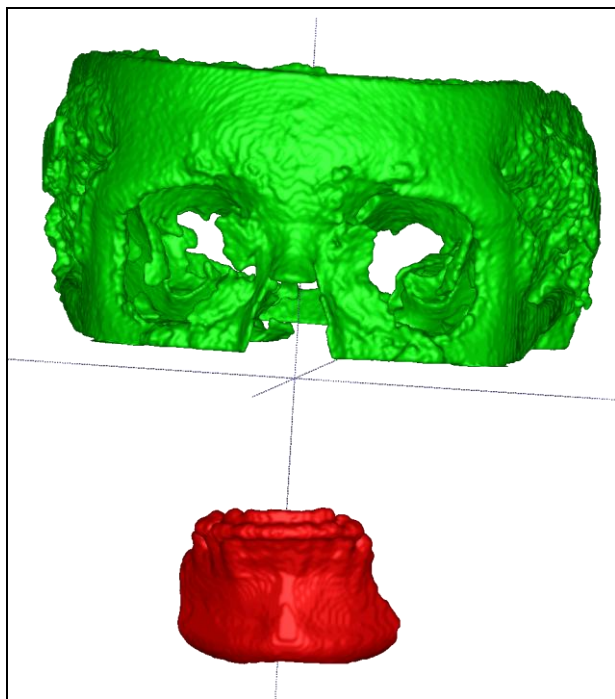


Figura 4 – Em vermelho a segmentação dos incisivos e do pogônio duro e em verde a base do crânio.

3.5 Registro das estruturas

Com o objetivo de avaliar alterações no mesmo indivíduo, modelos de diferentes fases foram superpostos utilizando-se o *software* Imagine, que utiliza um método totalmente automático de registro por *voxel*, dispensando assim a necessidade de se localizar pontos que seriam influenciados pelo operador e pela superposição de estruturas. Como a base do crânio não foi alterada pela cirurgia, suas superfícies foram utilizadas neste procedimento, onde o *software* compara, entre duas imagens tomográficas, a intensidade da escala de cinza de cada *voxel* da região que havia sido anteriormente segmentada em verde. Desta forma, a base do crânio pré-cirúrgica (T1) foi utilizada como referência para a superposição com T2 e T3, separadamente (Figura 5).

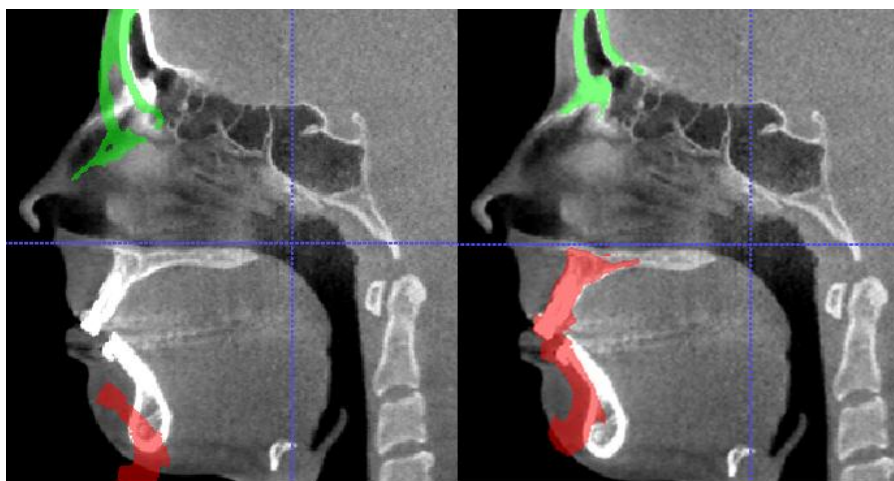


Figura 5- Exemplo da superposição da segmentação do tempo 6 semanas pós-cirúrgico sobre a tomografia do tempo pré-cirúrgico antes e após o registro na base do crânio.

Com todas as estruturas devidamente segmentadas e registradas, uma nova formatação de arquivos foi necessária para a visualização e quantificação das alterações cirúrgicas. A partir do *software* Vol2Surf, os arquivos em GIPL, tanto de todo o complexo maxilo-mandibular quanto das regiões anatômicas específicas, foram convertidos para formato .IV de forma que todos os volumes foram transformados em superfícies. Este formato permitiu o uso dos arquivos no *software* CMF Application.

3.6 Distâncias entre superfícies

Para a obtenção dos dados foram realizadas comparações entre T1 e T2, T2 e T3, e T1 e T3 para quatro variáveis: pogônio duro (25 casos), pogônio mole (20 casos), incisivo inferior (21 casos) e lábio inferior (21 casos).

3.7 Visualização dos modelos superpostos

A exibição gráfica das estruturas superpostas segue uma escala de cores, também conhecida como mapas coloridos, de acordo com a magnitude do deslocamento daquela região. Optou-se pelo tipo de comparação (B→A) que exibisse como referência a anatomia ou contorno externo do segundo tempo sendo analisado (T2 ou T3), com as cores mostrando as

diferenças do primeiro tempo (T1 ou T2) para este. As superfícies exibidas em vermelho mostram um deslocamento “para fora” e assumem valores positivos no histograma das distâncias entre as superfícies; superfícies em azul indicam um deslocamento “para dentro”, com valores negativos; e superfícies em verde indicam ausência de deslocamento de determinada região (figura 6).

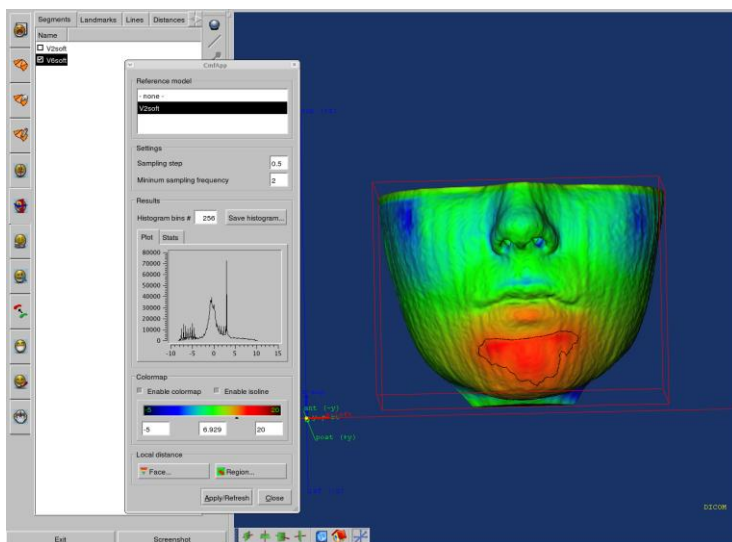


Figura 6 – Exemplo do mapa colorido. Nesta imagem vê-se a segmentação 6 semanas pós-cirurgia sobre a segmentação pré-cirúrgica e observa-se que o pogônio mole foi deslocado anteriormente pois está em vermelho, a maxila não sofreu alteração e se encontra em verde e a área em azul representaria um deslocamento “para dentro”, mas esta área em azul não estava sendo analisada, não apresentando uma segmentação precisa.

Então o *software* CMF Application foi usado para medir as mudanças em cada estrutura analisada. Gerig, Jomier, Chakos e Valmet⁵¹ propuseram o uso de mapas coloridos gerados pela distância dos pontos mais próximos entre as estruturas superpostas. Uma ferramenta do *software* CMF Application calcula a distância dos códigos de cores em milímetros entre os modelos tridimensionais das duas fases do tratamento. *Isolines* (linhas de contorno) foram usadas para delimitar e quantificar as mudanças nas superfícies para cada região de interesse. Isto foi feito arrastando a *isoline* até que esta limitasse o ponto de maior deslocamento. Esse método de descrever mudanças quantitativas em diversas localizações foi validado em 2005²⁷ (figura 7).

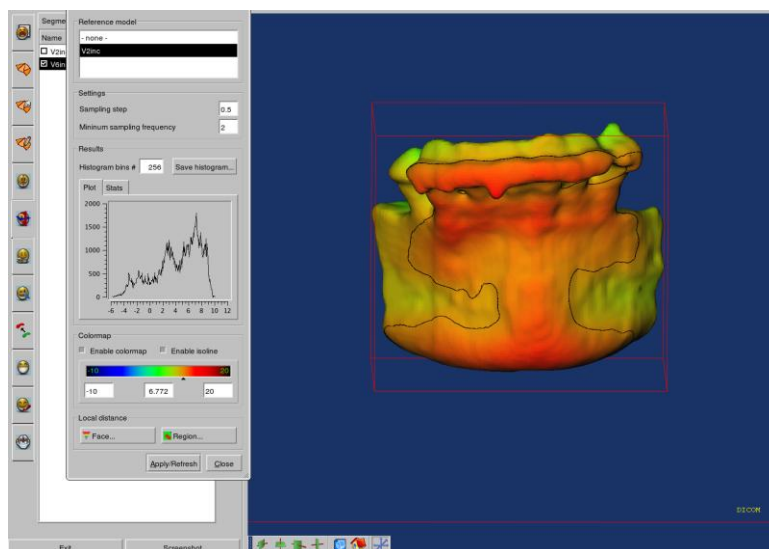


Figura 7 – Linha de contorno ou *isoline* delimitando uma área de igual deslocamento do pogônio duro com a medida do deslocamento em milímetros.

Desta forma, foram medidas pelo mesmo operador as maiores distâncias entre as superfícies da borda incisal dos incisivos inferiores (para que os bráquetes não prejudicassem a medição), do pogônio duro, do pogônio mole e do lábio inferior entre as três fases de tratamento analisadas (figuras 8 e 9).

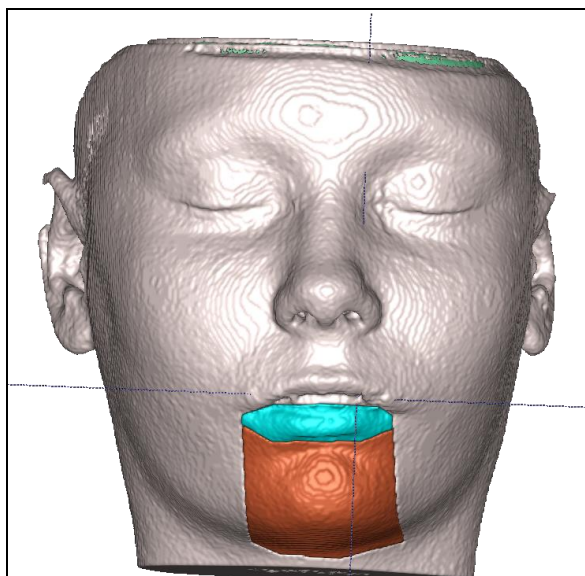


Figura 8 – Delimitação da área usada para calcular o deslocamento do lábio inferior em azul e do pogônio mole em marrom.

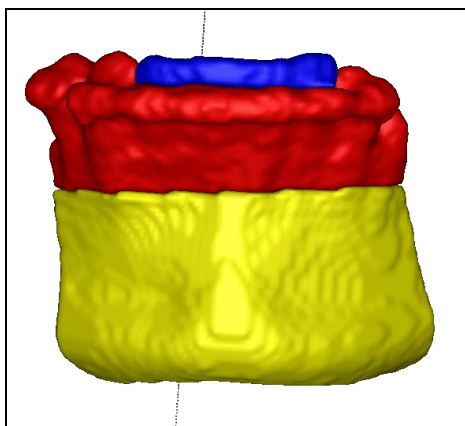


Figura 9 – Delimitação da área usada para calcular o deslocamento do incisivo inferior em azul e do pogônio duro em amarelo.

3.8 Tratamento estatístico

Embora este seja um método de medição já validado e bastante confiável⁶⁻⁷, para verificação da reprodutibilidade das medidas quantitativas dos maiores deslocamentos usando as *isolines*, essas medidas foram repetidas após duas semanas pelo mesmo examinador e comparadas através do coeficiente de correlação intraclass ($p < 0,001$). Foi encontrada uma correlação excelente em todas as regiões anatômicas: No pogônio duro a correlação foi de $r = 0,98$, no incisivo inferior foi de $r = 0,94$, no pogônio mole foi de $r = 0,98$ e no lábio inferior foi de $r = 0,96$. Foi utilizado para estes cálculos o software BioStat 5.0. A medida dos incisivos inferiores foi feita na borda incisal, pois através do erro de método foi visto que esta região apresentava segmentação bastante fidedigna. A região abaixo dos bráquetes, devido ao artefato ortodôntico, apresentava difícil visualização para segmentação.

Para testar se as mudanças no tecido duro estavam associadas com o tecido mole foi calculado o coeficiente de Pearson e foi feito um teste de regressão linear em cada superposição.

Além disso, para testar se havia diferença significativa entre a superposição de seis semanas após a cirurgia com a pré-cirúrgica e a superposição de um ano após a cirurgia com a pré-cirúrgica foi feito um teste t pareado com nível de significância em $p < 0,05$. Foi feita a estatística descritiva com valores médios de deslocamento para ambas as superposições.

Já para a superposição entre seis semanas pós-cirurgia e um ano pós-cirurgia os valores foram analisados separadamente, já que nesta superposição havia valores positivos, que significavam um deslocamento anterior, e negativos, que significavam deslocamento posterior. Assim, se fosse feito um valor médio, os valores positivos e negativos se anulariam.

Foi feito um gráfico linear de deslocamentos em cada superposição, assim foi possível analisar quais grupos tiveram deslocamento favorável e quais tiveram deslocamento desfavorável.

Também foi elaborada uma tabela analisando quantos indivíduos tiveram um deslocamento maior que 2mm para frente ou para trás e quantos tiveram um deslocamento menor que 2mm em cada estrutura analisada, pois 2mm pode não se apresentar estatisticamente significativa mas é uma diferença com relevância clínica.

4 RESULTADOS

4.1 Análise da estabilidade cirúrgica um ano após cirurgia

Para comparar os resultados cirúrgicos seis semanas e um ano após a cirurgia, foi feita uma comparação entre as superposições de seis semanas com pré-cirúrgico e um ano com pré-cirúrgico. Isto foi feito através de um teste t pareado e de estatística descritiva com valores médios de deslocamento para ambas as superposições. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa para o pogônio mole, pogônio duro e incisivo inferior. Apenas para o lábio inferior foi encontrada diferença significativa com $p=0,0119$ (tabelas 1, 2 e 3 na sequência).

Tabela 1 – Teste t pareado analisando as diferenças entre a superposição de seis semanas pós-cirúrgica com pré-cirúrgica e um ano pós-cirúrgico com pré-cirúrgico.

Superposição	Região anatômica	valores de F	valores de P
pré-6sem pós/pré-1ano pós	pog duro	2,29	0,143
	pog mole	1,35	0,2602
	inc inf	0,36	0,5577
	lábio inf	7,65	0,0119

Tabela 2 – Estatística descritiva das mudanças no pogônio duro e pogônio mole entre as superposições pré/6semanas pós-cirúrgica e pré/1ano pós-cirúrgico (medidas em milímetro).

Região anatômica	Pogônio duro		Pogônio mole	
	pré-6sem pós	pré-1ano pós	pré-6sem pós	pré-1ano pós
Amostra (N)	25	25	20	20
Valor mínimo	2,5	1,9	3,5	2,3
Valor máximo	15,8	15,6	10	10,5
Média	6,76	6,32	7,06	6,68
Desvio Padrão	3,18	3,4	2,27	2,16

Tabela 3 – Estatística descritiva das mudanças no incisivo inferior e no lábio inferior entre as superposições pré/6semanas pós-cirúrgica e pré/1ano pós-cirúrgico (medidas em milímetro).

Região anatômica	Incisivo inferior		Lábio inferior	
Superposição	pré-6sem pós	pré-1ano pós	pré-6sem pós	pré-1ano pós
Amostra (N)	21	21	21	20
Valor Mínimo	-0,5	0,4	1,4	0,4
Valor Máximo	5,1	5,1	8	6,6
Média	2,8	2,6	3,48	2,71
Desvio Padrão	1,59	1,42	1,91	1,77

Já para a superposição entre seis semanas e um ano pós-cirúrgico, os valores médios foram feitos separadamente, pois nesta superposição existem valores positivos e negativos que expressam como estas regiões se comportaram após um ano da cirurgia. Os valores positivos indicam um deslocamento anterior, e os valores negativos indicam um deslocamento posterior ou recidiva (tabela 4).

Tabela 4 – Análise descritiva da superposição entre seis semanas pós-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico classificando em grupo com deslocamento anterior maior que 2mm, grupo com deslocamento posterior maior que 2mm e grupo com deslocamento menor que 2mm.

Região anatômica	Medida	N	Média	Máx/Min
Pogônio duro	$X > 2$	6	2,65	4,2 / 2,1
	$-2 < X < 2$	11	0,173	1,3 / -1,5
	$X < -2$	8	-3,41	-2 / -4,8
Pogônio mole	$X > 2$	3	3,83	5,2 / 2,5
	$-2 < X < 2$	8	0,96	1,9 / -1,2
	$X < -2$	9	-3,67	-2 / -5
Incisivo inferior	$X > 2$	1	2,5	2,5
	$-2 < X < 2$	20	0,67	1,8 / -0,5
	$X < -2$	0		
Lábio inferior	$X > 2$	6	2,98	4,5 / 2,3
	$-2 < X < 2$	8	-0,18	1 / -1,8
	$X < -2$	7	-2,71	-2 / -3,5

O gráfico linear, a seguir, mostra os deslocamentos médios em cada superposição para as quatro regiões anatômicas analisadas.

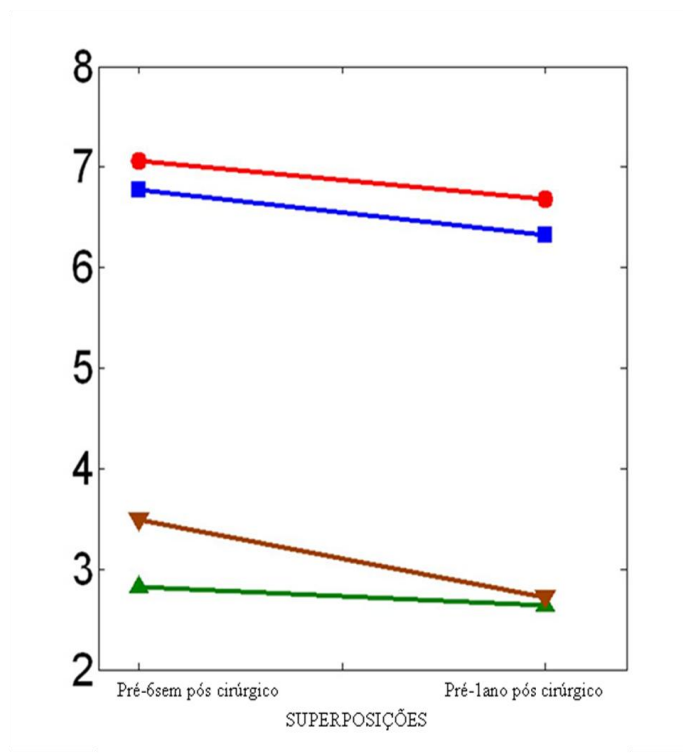


Gráfico - Deslocamentos médios em cada superposição para as quatro regiões anatômicas analisadas, sendo o pogônio mole representado pela linha vermelha, o pogônio duro pela linha azul, o lábio inferior pela linha marrom e o incisivo inferior pela linha verde.

4.2 Correlação entre o deslocamento do pogônio mole e do pogônio duro

A análise da correlação entre o deslocamento do pogônio mole e o deslocamento do pogônio duro encontrou alta correlação em todos os tempos analisados, com significância estatística de $p < 0,0001$. Na superposição entre os tempos pré-cirúrgico e seis semanas pós-cirurgia ou remoção do splint cirúrgico a correlação de Pearson foi de $r = 0,92292$. Entre os tempos pré-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico foi de $r = 0,85679$ e entre seis semanas pós-cirurgia e um ano pós-cirurgia foi de $r = 0,77336$ (tabela 5).

A análise de regressão linear mostrou que quando comparando as fases pré-cirúrgica e seis semanas pós-cirúrgica, o pogônio mole se moveu para frente um pouco mais do que o pogônio duro, com uma regressão de 1,03:1. Já entre as fases pré-cirúrgica e um ano pós-cirúrgico a regressão foi de 1,04:1. Entre os tempos seis semanas e um ano pós-cirúrgicos a regressão foi de 1,7:1 (tabela 5).

Tabela 5 – Correlação de Pearson e análise de regressão linear entre o pogônio duro e o pogônio mole nos três intervalos analisados.

Região anatômica	Superposição	Correlação de Pearson	Regressão
pog duro/pog mole	pré-6sem pós	0,92292 (<0,001)	0,97264 (<0,001)
pog duro/pog mole	pré-1ano pós	0,85679 (<0,001)	0,95731 (<0,001)
pog duro/pog mole	6sem pós-1ano pós	0,77336 (<0,001)	0,56904 (<0,001)

4.3 Correlação entre o deslocamento do incisivo inferior e do lábio inferior

Na comparação entre os tempos pré-cirúrgico e seis semanas pós-cirúrgico foi encontrado uma correlação baixa ($r=0,116$), não estatisticamente significativa ($p=0,61$), entretanto, quando comparando o tempo pré-cirúrgico com um ano pós-cirúrgico a correlação foi média ($r=0,55$) e estatisticamente significativa ($p=0,0114$). Na comparação entre seis semanas e um ano pós-cirúrgico novamente a correlação foi baixa ($r=0,21$) e não estatisticamente significativa ($p=0,35$) (tabela 6).

O modelo de regressão linear não foi calculado para as superposições pré-cirúrgica e seis semanas pós-cirúrgica e seis semanas e um ano pós-cirúrgico devido aos valores não significativos da correlação de Pearson, mas para o pré-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico foi encontrado uma regressão de 2,2:1 (tabela 6).

Tabela 6 – Correlação de Pearson e análise de regressão linear entre o incisivo inferior e o lábio inferior nos três intervalos analisados.

Região anatômica	Superposição	Correlação de Pearson	Regressão
Inc inf/lábio inf	pré-6sem pós	0,11651	
Inc inf/lábio inf	pré-1ano pós	0,55305 (<0,05)	0,4465
Inc inf/lábio inf	6sem pós-1ano pós	0,21047	

5 DISCUSSÃO

Embora a Tomografia Computadorizada venha sendo utilizada há alguns anos para avaliação de discrepâncias esqueléticas complexas e casos cirúrgicos, o uso clínico desta ferramenta ainda apresenta vários desafios, como: doses de radiação, custo do exame e desenvolvimento de métodos de análise de imagem acessíveis e confiáveis. O presente estudo conseguiu superar alguns destes desafios, ao utilizar baixa dose de radiação, característica da CBCT, e mais especificamente do tomógrafo NewTom, com dosagem comparável ao exame radiográfico periapical completo;^{5,37} baixo custo relativo, sendo o custo do exame da CBCT aproximadamente 20 vezes menor que aquele da tomografia computadorizada, e comparável aos novos equipamentos de radiografia digital, além deste exame permitir a reconstrução das radiografias lateral, frontal, panorâmica e axial a partir de uma única aquisição; desenvolvimento de avançados métodos de análise de imagem, calculando milhares de distâncias entre as superfícies para medir alterações com o tratamento, não dependendo da localização de pontos anatômicos em 3D, que são mais susceptíveis a erros; uso de modelos de superfície ao invés de *3D rendering*, que é uma projeção de imagem utilizada pelos *softwares* comerciais, como o Dolphin Imaging e o InVivo. O *3D rendering* permite apenas a visualização de estruturas 3D não permitindo medições de alterações estruturais por se tratar apenas de uma projeção de imagem. Além disto, todos os *softwares* utilizados neste estudo são de livre acesso ao público e foram desenvolvidos com finalidade de pesquisa.^{5,37}

O método de superposição descrito por Cevidanes, Bailey, Tucker, Styner, Mol, Phillips et al.⁶ e utilizado neste estudo representou um avanço àquele descrito por Kawamata, Fujishita, Nagahara, Kanematu, Niwa e Langlais,²⁸ já que o primeiro baseia-se em um registro totalmente automático que reconhece a escala de cinza dos *voxels* da base do crânio, não dependendo do operador, enquanto o segundo depende do observador para superpor e girar a tomografia pós-cirúrgica até que referências anatômicas sejam posicionadas sobre as referências correspondentes no modelo pré-cirúrgico. Além disso, com o método de Cevidanes, Bailey, Tucker, Styner, Mol, Phillips et al.⁶ é possível, utilizando apenas a base anterior do crânio ao invés de sua superfície total, realizar a superposição de modelos de pacientes jovens para verificar alterações com o crescimento.³⁸

Cevidanes, Bailey, Tucker, Styner, Mol, Phillips et al.⁶ constataram que um dos grandes desafios na utilização de imagens 3D geradas pela CBCT é a compilação e adaptação de *softwares* para a construção dos modelos 3D e avaliação das mudanças pelo tratamento ao

longo do tempo. Diversos *softwares* possibilitam a reconstrução rápida de um modelo 3D a partir dos cortes tomográficos (*3D rendering*). Este recurso é útil para uma observação clínica do esqueleto crânio-facial, entretanto, este tipo de reconstrução tridimensional tem apenas a finalidade de visualização. A superposição de modelos 3D descrita na metodologia deste trabalho requer a reconstrução de um modelo de superfície real, apresentando volume interno e superfícies tridimensionais que podem ser comparadas em diferentes tempos de observação. A visualização dos modelos 3D superpostos e o cálculo das distâncias entre superfícies exibem de forma clara a localização, magnitude e direção das alterações ocorridas durante a cirurgia, permitindo, mais especificamente, a quantificação dos movimentos ântero-posteriores, transversos e verticais das estruturas anatômicas avaliadas.

Além de ser válido para pesquisa, este método parece ter grande valor clínico para análise individual de casos orto-cirúrgicos de rotina ou ainda para os mais complexos, e pode ter interessante utilidade no ensino da Ortodontia e Cirurgia Buco-maxilo-facial. As maiores limitações para a realidade brasileira ainda são os custos do equipamento de CBCT e, tecnicamente, o tempo e o *expertise* necessários para se trabalhar com modelos 3D. A geração das imagens tridimensionais, superposição e comparação das superfícies demanda tempo operacional, computadores voltados para manipulação de imagens, grande capacidade de armazenamento e utilização de diversos programas. Todos os *softwares* utilizados estão disponíveis gratuitamente e a maioria sofre constante atualização. A tendência é que ocorra a compilação de diferentes funções, atualmente realizadas por diferentes ferramentas, em um mesmo programa mais completo e de fácil manuseio, que se torne mais atraente para o usuário e reduza o tempo de trabalho.

A cirurgia de avanço de mandíbula foi descrita como sendo altamente estável em estudos anteriores que utilizaram a radiografia cefalométrica como método de avaliação. Entretanto, com a disponibilização da tomografia computadorizada para pesquisa, que é uma fonte de informação com precisão de 1,25 a 1,5mm⁵², todos os estudos que foram feitos com radiografias deveriam ser refeitos para que as decisões clínicas não sejam baseadas em resultados incertos.

Este estudo foi o primeiro a utilizar a técnica de superposição de exames de tomografia computadorizada na base do crânio para verificar a estabilidade do pogônio duro, pogônio mole, incisivo inferior e lábio inferior após a cirurgia de avanço mandibular e avaliar a correlação entre o deslocamento do tecido mole e o deslocamento do tecido duro.

Foi encontrado que com exceção do lábio inferior, as outras estruturas se mostraram altamente estáveis, não demonstrando diferenças significativas entre as superposições do pré e

seis semanas pós-cirurgia e do pré e um ano pós-cirurgia, concordando com achados anteriores de Proffit, Turvey e Phillips¹¹⁻¹² e Bailey, Cevidanes e Proffit¹.

Entretanto, Thuer, Ingervall e Vuillemin¹³ encontraram após 13 meses da cirurgia de avanço de mandíbula, uma manutenção de apenas 70% do resultado. Joss e Thuer¹⁵ encontraram que após 14 anos da cirurgia, o ponto B havia recidivado em torno de 2,4mm, o que representava 50% do avanço inicial e o pogônio duro havia recidivado 3,2mm correspondendo a 60% do avanço inicial. O incisivo inferior teria recidivado 1,7mm (42%) e o lábio inferior 4,2mm, mantendo um avanço não significativo de apenas 1,33mm. Mas estes estudos foram feitos com radiografia cefalométrica, exame não tão preciso quanto à tomografia computadorizada de feixe cônico, e com uma amostra muito menos expressiva do que a amostra de Proffit, Turvey e Phillips¹¹⁻¹² e Bailey, Cevidanes e Proffit¹.

Embora as mudanças do presente estudo não tenham sido estatisticamente significativas, mais da metade da amostra apresentou mudanças no pogônio mole e pogônio duro maior que 2mm para frente ou para trás. Esta alteração não foi considerada estatisticamente significativa mas pode ser vista como clinicamente relevante.

Já na avaliação do incisivo inferior, apenas um paciente apresentou mudanças maiores que 2mm, o que pode representar uma camuflagem das alterações pós-cirúrgicas do pogônio duro e mole. Deve-se ter em mente que a medida do incisivo foi feita em apenas um ponto na borda incisal deste, não foi feita considerando a inclinação axial do mesmo devido ao fato dos *softwares* e a resolução das imagens ainda não permitirem tanta precisão, desta forma, a borda incisal pode ter se mantido em posição enquanto que o incisivo em si apresentava alterações na sua inclinação para compensar o deslocamento pós-cirúrgico da mandíbula. Simmons, Turvey, Phillips e Proffit¹⁴ também encontraram em seu estudo que mesmo observando um movimento posterior da mandíbula de 2 a 4mm em alguns pacientes da amostra, o *overjet* não se alterou de forma significativa. Eles concluíram que haveria uma remodelação esquelética compensada por mudanças na postura mandibular e no posicionamento dentário. Assim, é necessário que os *softwares* disponíveis para a manipulação de imagens tomográficas se tornem mais estáveis e que os tomógrafos evoluam a ponto de fornecer imagens ainda mais precisas e com radiações toleráveis para que as pesquisas possam ser cada vez mais detalhadas e precisas.

Em relação à correlação entre o deslocamento do pogônio mole e o pogônio duro, foi encontrado uma correlação de 1,03:1 entre os tempos pré-cirúrgico e seis semanas pós-cirúrgico, 1,04:1 entre os tempos pré-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico e 1,07:1 entre os tempos seis semanas pós-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico. Isto mostra que o pogônio mole

acompanha razoavelmente bem o deslocamento do pogônio duro, terminando inclusive em uma posição um pouco mais anterior do que o deslocamento do pogônio mole, o que pode ser considerado favorável ao resultado cirúrgico.

Vários estudos anteriores utilizando radiografias cefalométricas objetivaram avaliar a correlação entre o deslocamento do pogônio duro e do pogônio mole. A maioria destes encontrou uma correlação alta de 1:1, corroborando com os achados do presente estudo. Isto pode ser visto nos trabalhos de Thuer, Ingervall e Vuillemin¹³ e de Lines e Steinhauser²¹, que foram os primeiros a tentar predizer esta correlação.

Coleta, Wolford, Gonçalves e Santos Pinto²³ compararam a resposta do pogônio mole com e sem mentoplastia e encontraram que quando o avanço era feito associado a mentoplastia, o pogônio mole apresentava uma correlação pior com o pogônio duro (89%), e quando não era associado a mentoplastia, a correlação subia para 91%. Os autores atribuíram este achado ao fato dos pacientes que precisavam de mentoplastia corresponderem aos casos mais severos. Shaughnessy, Mobarak, Hogevoid e Espeland²⁴ avaliaram a resposta do tecido mole após mentoplastia isolada e concluíram que o pogônio mole acompanhou o deslocamento do pogônio duro em uma proporção de 0,9:1 e que o lábio inferior não sofreu nenhum efeito significativo.

Já em relação à correlação entre o deslocamento do lábio inferior e do incisivo inferior, o presente estudo não encontrou resultado estatisticamente significativo para a superposição entre os tempos pré-cirúrgico e seis semanas pós-cirúrgico. Mas quando comparando os tempos pré-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico, houve uma correlação de 2,2:1. Uma possível explicação para estes resultados seria a presença de edema no tempo seis semanas pós-cirurgia que já teria diminuído após um ano. Outra possibilidade seria a presença dos *brackets* no tempo seis semanas pós-cirúrgico, que poderia estar empurrando o lábio para frente, e após um ano, como a maioria dos pacientes já havia removido o aparato ortodôntico, a correlação se apresentou melhor.

Os estudos anteriores utilizando radiografias encontraram resultados variados entre 0,26:1 até 0,85:1. Lines e Steinhauser²¹, e Thuer, Ingervall e Vuillemin¹³ encontraram uma correlação de 0,66:1. Coleta, Wolford, Gonçalves e Santos Pinto²³ não encontraram uma boa correlação entre o lábio e o incisivo inferior e observaram que o lábio se tornou mais fino após a cirurgia. Estes achados mostram uma correlação bastante variável entre estas estruturas.

Desta forma, os resultados encontrados estão de acordo com os achados de estudos anteriores que a posição do lábio inferior não é tão precisa quanto a posição do pogônio mole.

Das quatro estruturas avaliadas, o lábio inferior foi a única estrutura anatômica que apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tempos seis semanas após-cirurgia e um ano após-cirurgia, com variações de 3,5mm de movimento para trás até 4,5mm de movimento para frente.

Esta dificuldade em prevêr as mudanças no lábio inferior pode ser atribuída à grande variabilidade dos lábios em relação à forma, espessura e tamanho. Existe a teoria²⁴ de que lábios mais finos responderiam de forma mais precisa ao deslocamento dos incisivos e que lábios espessos responderiam de forma não previsível. Desta forma, estudos futuros deveriam tentar classificar diferentes tipos de lábio para averiguar se assim seria possível prever como este reagiria à cirurgia de avanço de mandíbula.

6 CONCLUSÕES

Após análise das imagens tridimensionais dos resultados da cirurgia de avanço mandibular isolada, pode-se concluir que:

- O pogônio duro, pogônio mole e incisivo inferior se mostraram altamente estáveis após cirurgia e apenas o lábio inferior apresentou alterações significativas entre os tempos seis semanas pós-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico;
- O deslocamento do pogônio mole apresentou alta correlação com o deslocamento do pogônio duro em todos os tempos analisados, entretanto o deslocamento do lábio inferior não demonstrou boa correlação com o deslocamento do incisivo inferior, apresentando apenas uma correlação média entre os tempos pré-cirúrgico e um ano pós-cirúrgico.

REFERÊNCIAS

1. Bailey LJ, Cevidanes LH, Proffit WR. Stability and predictability of orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004 Sep; 126(3): 273-7.
2. Bailey LJ, Collie F, White RP. Long-term soft tissue changes after orthognathic surgery. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1996; 11(1): 7-18.
3. Mah J, Huang J, Bumann A. The cone-beam decision in orthodontics. In: McNamara Jr JA, Kapila SD, editores. 32nd Moyers Symposium. Digital radiography and three-dimensional imaging; 2005. Ann Arbor: University of Michigan; c2006. p. 59-75.
4. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998; 8(9): 1558-64.
5. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol.* 2003 Jul; 32(4): 229-34.
6. Cevidanes L, Bailey LJ, Tucker GR Jr, Styner MA, Mol A, Phillips CL et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005 Nov; 34(6): 369-75.
7. Cevidanes L, Bailey LJ, Tucker SF, Styner MA, Mol A, Phillips CL et al. Three-dimensional cone-beam computed tomography for assessment of mandibular changes after orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Jan; 131(1): 44-50.
8. Cevidanes L, Oliveira A, Phillips C, Motta A, Styner M, Tyndall D. Three dimensional short-term mandibular displacements following class III surgery. In: International Association for Dental Research. [Proceedings of] the IADR/AADR/CADR 85th General Session and Exhibition [evento na internet]; 2007 Mar 21-24; New Orleans, LA. Alexandria, VA: IADR; 2007. [acesso em 2009 mar] Abstract 1827. Disponível em: http://iadr.confex.com/iadr/2007orleans/techprogram/abstract_91356.htm

9. Grauer D, Cevidanes LHS, Phillips C, Mol A, Styner M, Proffit W. 3D CBCT Assessment of Maxillary Surgical Outcomes 1 year Post-Surgery. In: International Association for Dental Research. [Proceedings of] the ADEA/AADR/CADR Meeting & Exhibition [evento na internet]; 2006 Mar 8-11; Orlando, FL. Alexandria, VA: IADR; 2006. [acesso em 2009 mar]. Abstract 0813. Disponível em: http://iadr.confex.com/iadr/2006Orld/techprogram/abstract_76785.htm

10. Lee B, Cevidanes LHS, Phillips C, Mol A, Styner M, Proffit W. 3D assessment of mandibular changes 1 year after orthognathic surgery. In: International Association for Dental Research. [Proceedings of] the ADEA/AADR/CADR Meeting & Exhibition [evento na internet]; 2006 Mar 8-11; Orlando, FL. Alexandria, VA: IADR; 2006. [acesso em 2009 mar]. Abstract 1610. Disponível em: http://iadr.confex.com/iadr/2006Orld/techprogram/abstract_74880.htm

11. Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. Orthognathic surgery: a hierarchy of stability. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1996; 11(3): 191-204.

12. Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: an update and extension. *Head Face Med.* 2007 Apr; 30: 3-21.

13. Thuer U, Ingervall B, Vuillemin T. Stability and effect on the soft tissue profile of mandibular advancement with sagittal split osteotomy and rigid internal fixation. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1994; 9(3): 175-85.

14. Simmons KE, Turvey TA, Phillips C, Proffit WR. Surgical-orthodontic correction of mandibular deficiency: five-year follow-up. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1992; 7(2): 67-79.

15. Joss CU, Thuer UW. Stability of the hard and soft tissue profile after mandibular advancement in sagittal split osteotomies: a longitudinal and long-term follow-up study. *Eur J Orthod.* 2008; 30: 16-23.

16. Pangrazio-Kulbersh V, Berger JL, Ortho D, Kaczynski R, Shunock M. Stability of skeletal Class II correction with 2 surgical techniques: The sagittal split ramus osteotomy and the total mandibular subapical alveolar osteotomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001 Aug; 120(2): 134-43.

17. Schendel SA, Epker BN. Results after mandibular advancement surgery: An analysis of 87 cases. *J Oral Surg.* 1980; 38: 265.

18. De Clercq CA, Neyt LF, Mommaerts MY, Abeloos JV, De Mot BM. Condylar resorption in orthognathic surgery: a retrospective study. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg.* 1994; 9: 233-40.
19. Veltkamp T, Buschang PH, English JD, Bates J, Schow SR. Predicting lower lip and chin response to mandibular advancement and genioplasty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002 Dec; 122(6): 627-34.
20. Peck H, Peck S. A concept of facial esthetics. *Esthetics.* 1970; 40: 284-317.
21. Lines PA, Steinhauser EW. Soft tissue changes in relationship to movement of hard structures in orthognathic surgery: a preliminary report. *J. Oral Surg.* 1974 Dec; 32: 891-6.
22. Hamada T, Motohashi N, Kawamoto T, Ono T, Kato Y, Kuroda T. Two dimensional changes in soft tissue profile following surgical mandibular advancement in Japanese regrognathic adults. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg.* 2001; 16(4): 272-9.
23. Coleta KED, Wolford LM, Gonçalves JR, dos Santos Pinto A, Cassano DS, Gonçalves DAG. Maxillo-mandibular counter-clockwise rotation and mandibular advancement with TMJ Concepts total joint prostheses Part IV – Soft tissue response. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009. No prelo.
24. Shaughnessy S, Mobarak KA, Hogevoid HE, Espeland L. Long-term skeletal and soft-tissue responses after advancement genioplasty. *Am J Orthod Dentof Orthop.* 2006 Jul; 130(1): 8-17.
25. Albrechtsen LA, Larson BE. Changes in lower lip cross-sectional area subsequent to mandibular advancement surgery. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg.* 1997; 12(4): 287-96.
26. Mah J, Hatcher D. Three-dimensional craniofacial imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004 Sep; 126(3): 308-9.
27. Cevidanes L, Franco AA, Gerig G, Proffit WR, Slice DE, Enlow DH et al. Assessment of mandibular growth and response to orthopedic treatment with 3-dimensional magnetic resonance images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 Jul; 128(1): 16-26.

28. Kawamata A, Fujishita M, Nagahara K, Kanematu N, Niwa K, Langlais RP. Three-dimensional computed tomography evaluation of postsurgical condylar displacement after mandibular osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998 Apr; 85(4): 371-6.
29. Sarment DP. Dental applications for cone-beam computed tomography. In: McNamara Jr JA, Kapila SD, editors. 32nd Annual Moyers Symposium. Digital radiography and three-dimensional imaging. Ann Arbor: University of Michigan; c2006. p. 43-58.
30. Scholz R. The radiology question: film, indirect, direct or cone-beam? In: McNamara Jr JA, Kapila SD, editors. 32nd Annual Moyers Symposium. Digital radiography and three-dimensional imaging. Ann Arbor: University of Michigan; c2006; p. 23-32.
31. Brooks SL. Digital radiography: who's in charge? In: McNamara Jr JA, Kapila SD, editors. 32nd Annual Moyers Symposium. Digital radiography and three-dimensional imaging. Ann Arbor: c2006; p. 33-41.
32. Avendanio B, Frederiksen NL, Benson BW, Sokolowski TW. Effective dose and risk assessment from detailed narrow beam radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996 Dec; 82(6): 713-9.
33. White SC. 1992 assessment of radiation risk from dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 1992 Aug; 21(3): 118-26.
34. Gijbels F, Jacobs R, Bogaerts R, Debaveye D, Verlinden S, Sanderink G. Dosimetry of digital panoramic imaging. Part I: Patient exposure. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005 May; 34(3): 145-9.
35. Gijbels F, Sanderink G, Wyatt J, Van Dam J, Nowak B, Jacobs R. Radiation doses of indirect and direct digital cephalometric radiography. *Br Dent J.* 2004 Aug 14; 197(3): 149-52; discussion 140.
36. Visser H, Rodig T, Hermann KP. Dose reduction by direct-digital cephalometric radiography. *Angle Orthod.* 2001 Jun; 71(3): 159-63.
37. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB MercuRay, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006 Jul; 35(4): 219-26.

38. Cevidanes L, Motta A. 3D imaging for early diagnosis and assessment of treatment response. In: Mcnamara Jr JA, Kapila SD, editores. 33rd Annual Moyers Symposium . Early orthodontic treatment: is the benefit worth the burden?; 2006. Ann Arbor: University of Michigan; c2007. p.305-21.

39. Cevidanes L, Motta A, Styner M, Proffit W. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed-tomography models. [artigo na internet]. Sacramento, CA: AADMRT; c2000-2006. [acesso em 2009 mar] From the Fall 2006 AADMRT Newsletter. Disponível em http://www.aadmrt.com/static.aspx?content=currents/cevidanes_fall_06

40. Baumrind S. Commentary. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002 Apr;121(4): 342-8.

41. Terajima M, Yanagita N, Ozeki K, Hoshino Y, Mori N, Goto, TK et al. Three-dimensional analysis system for orthognathic surgery patients with jaw deformities. Am J Orthod Dent Orthop. 2008; 134: 100-11.

42. Xia J, Ip HHS, Samman N, Wong HTF, Gateno J. Three-dimensional virtual-reality surgical planning and soft-tissue prediction for orthognathic surgery. IEEE transactions on information technology in biomedicine. 2001 Jun; 5(2): 97-107.

43. Alves PVM, Zhao L, Patel PK, Bolognese AM. Three-dimensional facial surface analysis of patients with skeletal malocclusion. J Craniofac Surg. 2009 Mar; 20(2): 290-6.

44. Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT. Three-dimensional assessment of facial soft-tissue asymmetry before and after orthognathic surgery. Br J Oral Maxillofac Surg. 2004; 42: 396-404.

45. Harrell WE Jr, Hatcher DC, Bolt RL. In search of anatomic truth: 3-dimensional digital modeling and the future of orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002 Sep; 122(3): 325-30.

46. Miller AJ, Maki K, Hatcher DC. New diagnostic tools in orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004 Oct; 126(4): 395-6.

47. Nkenke E, Zachow S, Benz M, Maier T, Veit K, Kramer M. et al. Fusion of computed tomography data and optical 3D images of the dentition for streak artefact correction in the simulation of orthognathic surgery. Dentomaxillofac Radiol. 2004 Jul; 33(4): 226-32.

48. Ono I, Ohura T, Narumi E, Kawashima K, Matsuno I, Nakamura S et al. Three-dimensional analysis of craniofacial bones using three-dimensional computer tomography. *J Craniomaxillofac Surg.* 1992 Feb-Mar; 20(2): 49-60.

49. Xia J, Samman N, Yeung RW, Shen SG, Wang D, Ip HH, Tideman H. Three-dimensional virtual reality surgical planning and simulation workbench for orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 2000 Winter; 15(4): 265-82.

50. Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, et al. User guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage.* 2006 Jul 1; 31(3): 1116-28. Epub 2006 Mar 20.

51. Gerig G, Jomier M, Chakos M. Valmet: a new validation tool for assessing and improving 3D object segmentation. *Med Image Comput Comput Assist Interv Int Conf Med Image Comput Comput Assist Interv.* 2001; 2208: 516-28.

52. Khambay B, Nebel JC, Bowman J, Walker F, Hadley DM, Ayoub A. 3D stereophotogrammetric image superimposition onto 3D CT scan images: the future of orthognathic surgery. A pilot study. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 2002; 17(4): 331-41.

ANEXO - Aprovação do comitê de ética



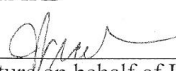
THE UNIVERSITY
of NORTH CAROLINA
at CHAPEL HILL

OFFICE OF HUMAN RESEARCH ETHICS
Medical School Building 52
Mason Farm Road
CB #7097
Chapel Hill, NC 27599-7097
(919) 966-3113
Web site: ohre.unc.edu
<https://my.research.unc.edu> for IRB status
Federalwide Assurance (FWA) #4801

To: Ceib Phillips

CB:7450

From: Biomedical IRB


Authorized signature on behalf of IRB

Approval Date: 2/09/2009

Expiration Date of Approval: 2/08/2010

RE: Notice of IRB Approval by Full Board Review

Submission Type: Renewal

Study #: 03-1642 (Former IRB Number DENT-2046)

Study Title: Influence on Stability Following Orthognathic Surgery

Sponsors: NIH

This submission has been approved by the above IRB for the period indicated.

Study Description:

The purpose of this study is to learn 1. what happens to facial bones and jaw joints after jaw surgery; 2. how subjects feel and what they experience during recovery; 3. how surgery affects the way subjects feel about themselves and they way they look; 4. to document what happens during the clinical treatment.

Submission Description:

This amendment, dated January 14, 2009, contains a modification requesting an increase in number of subjects from 300 to 500. The consent form has also been modified to clarify how and when questionnaires are completed by subjects.

Regulatory and other findings:

This approval includes a limited waiver of HIPAA authorization to identify potential subjects for recruitment into this research study, as allowed under 45 CFR 164.512. This temporary waiver provides access to protected health information (PHI) to confirm eligibility and facilitate initial contact, after which consent and HIPAA authorization will be sought. Access and use is limited to the minimum amount of PHI necessary to review eligibility criteria and to contact potential subjects.

This research, which involves children, meets criteria at 45 CFR 46.404 (research involving no greater than minimal risk). Permission of one parent or guardian is sufficient.

Social security numbers (SSN) may be collected for this study for tax identification purposes. The subject is required to disclose his/her SSN in order to receive the incentive payment(s).

Investigator's Responsibilities:

Federal regulations require that all research be reviewed at least annually. It is the Principal Investigator's responsibility to submit for renewal and obtain approval before the expiration date. You may not continue any research activity beyond the expiration date without IRB approval. Failure to receive approval for continuation before the expiration date will result in automatic termination of the approval for this study on the expiration date.

When applicable, enclosed are stamped copies of approved consent documents and other recruitment materials. You must copy the stamped consent forms for use with subjects unless you have approval to do otherwise.

You are required to obtain IRB approval for any changes to any aspect of this study before they can be implemented (use the modification form at ohre.unc.edu/forms). Should any adverse event or unanticipated problem involving risks to subjects or others occur it must be reported immediately to the IRB using the adverse event form at the same web site.

This study was reviewed in accordance with federal regulations governing human subjects research, including those found at 45 CFR 46 (Common Rule), 45 CFR 164 (HIPAA), 21 CFR 50 & 56 (FDA), and 40 CFR 26 (EPA), where applicable.

CC:

Atousa Safavi, Orthodontics