

Avaliação da cirurgia de avanço mandibular por meio da superposição de modelos tomográficos tridimensionais

Alexandre Trindade Simões da Motta*, Felipe de Assis Ribeiro Carvalho**, Lúcia Helena Soares Cevidanes***, Marco Antonio de Oliveira Almeida****

Resumo

Objetivo: avaliar mudanças nas posições de côndilos, ramos e mento após a cirurgia de avanço mandibular. **Metodologia:** foram realizadas tomografias de feixe cônico antes da cirurgia (T1), uma semana (T2) e seis semanas após a cirurgia (T3) em 20 pacientes retrognatas com padrão normal ou horizontal. Modelos 3D computadorizados foram construídos e superpostos através de um método automático utilizando a base do crânio de T1 como referência. Regiões anatômicas de interesse foram selecionadas e analisadas separadamente. Distâncias entre as superfícies anatômicas foram computadas entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3. Direções de deslocamento foram visualizadas com métodos de mapas coloridos e semitransparências. **Resultados:** um deslocamento anteroinferior do mento foi observado em todos os casos entre T1-T2 (>4mm em 87,5%); entre T2-T3, observou-se um movimento anterossuperior em 69% dos pacientes, e com algum componente posterior em 25% (<3mm). Entre T1-T3, observou-se um deslocamento anteroinferior em 87,5% dos casos, e somente anterior em 12,5% (>4mm em 80%). Considerando-se todas as direções de deslocamento, os côndilos apresentaram um movimento menor que 2mm em 77,5% (T1-T2) e 90% (T2-T3 e T1-T3) dos casos, enquanto os ramos deslocaram-se menos de 3mm em 72,5% (T1-T2) e menos de 2mm em 87,5% (T2-T3) e 82% (T1-T3) dos casos. **Conclusão:** importantes deslocamentos foram observados nos ramos e côndilos após a cirurgia, mas mudanças após a remoção do *splint* sugerem uma resposta adaptativa tendendo às posições pré-cirúrgicas. As mudanças no mento após seis semanas sugeriram adaptações aceitáveis na maioria dos casos, mas com considerável variabilidade individual.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico. Imagem tridimensional. Cirurgia assistida por computador. Simulação por computador. Ortodontia. Cirurgia bucal.

* Doutor, mestre e especialista em Ortodontia (Universidade do Estado do Rio de Janeiro/UERJ). Estágio de doutorando, bolsa CAPES 382705-4, na University of North Carolina at Chapel Hill (UNC). Professor adjunto de Ortodontia da Universidade Federal Fluminense (UFF/Niterói).

** Especialista em Ortodontia pela UERJ e em Radiologia Oral pela ABORJ. Mestre em Ortodontia pela UERJ. Visiting Scholar na UNC.

*** PhD em Biologia Oral (UNC) - Professora do Departamento de Ortodontia (UNC/Chapel Hill).

**** Pós-doutorado em Ortodontia pela UNC. Professor titular de Ortodontia na UERJ.

INTRODUÇÃO

A aplicação de imagens tridimensionais (3D) do complexo craniofacial em estudos prospectivos controlados pode ser considerada um dos maiores avanços na busca de um mais completo diagnóstico, planejamento e avaliação dos resultados do tratamento^{6,19}. Investigações utilizando a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT)¹⁵ em Ortodontia e Cirurgia Oral e Maxilofacial têm mostrado que esse novo instrumento pode melhorar as possibilidades clínicas de identificação dos diferentes padrões de posicionamento e remodelação dos ramos e côndilos após a cirurgia ortognática⁴.

Na hierarquia de estabilidade para os diferentes procedimentos ortocirúrgicos, o avanço da mandíbula mostra um alto grau de estabilidade em avanços de até 10mm em pacientes com face normal ou curta. Existem mais de 90% de chance desse procedimento apresentar alterações menores do que 2mm nos pontos de referência no primeiro ano pós-cirúrgico, além de quase nenhuma chance de mostrar mudanças acima de 4mm. A mentoplastia, o procedimento auxiliar mais comum, também é considerada altamente estável e previsível^{1,17,18}.

Entretanto, problemas clínicos foram relatados em alguns pacientes⁹, como reabsorção condilar em longo prazo, acompanhada de recidiva com abertura de mordida na região anterior. Isso ocorreria em 5 a 10% dos pacientes submetidos ao avanço de mandíbula. Porém, um aumento do comprimento mandibular em longo prazo – por crescimento residual nos côndilos – seria tão provável quanto uma redução do mesmo devido à reabsorção condilar^{13,20}. Parecem ocorrer mudanças na posição condilar após a osteotomia bilateral sagital do ramo (BSSO) para avanço¹², e tanto rotação quanto deslocamento transversal dos côndilos têm sido descritos². Entretanto, ainda pouco se sabe sobre a influência desses fatores, e da subsequente reabsorção e remodelação óssea, sobre a instabilidade pós-tratamento.

Problemas na identificação de pontos anatômicos durante as análises cefalométricas tradicionais têm sido considerados uma fonte significativa de erros na determinação de importantes medições craniofaciais⁹. Estudos baseados em comparações com normas populacionais padronizadas e representações cefalométricas bidimensionais (2D) de fenômenos 3D não podem responder muitas questões relacionadas aos mecanismos de resposta ao tratamento e localização da remodelação esquelética¹¹. Os complexos movimentos durante as cirurgias para correção de deformidades dento-faciais precisam ser avaliados em três dimensões, com o objetivo de melhorar os resultados, a estabilidade, aumentar a previsibilidade e reduzir os riscos de sintomas de desordens temporomandibulares após a cirurgia⁵.

Novas aplicações ortodônticas de técnicas avançadas de imagens 3D incluem superposições de modelos computadorizados para verificação de crescimento, mudanças com o tratamento e estabilidade, além de análises dos tecidos moles e simulação computadorizada de procedimentos cirúrgicos. Alguns trabalhos^{4,5,7} aplicaram as superposições de modelos 3D em pacientes Classe III, mas nenhum trabalho avaliou as alterações cirúrgicas em pacientes Classe II com esse tipo de método.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio da superposição de modelos tridimensionais, os deslocamentos do mento, côndilos e ramos entre as fases pré-cirúrgica, pós-cirúrgica imediata e após a remoção do *splint* cirúrgico.

METODOLOGIA

O estudo incluiu 20 pacientes (16 do gênero feminino e 4 do gênero masculino, idade média = 27,08 anos, de 13,9 a 53,7 anos) apresentando Classe II com padrão normal ou horizontal. Os mesmos foram tratados consecutivamente no Programa de Deformidades Dentofaciais da University of North Carolina at Chapel Hill (UNC) e submetidos a preparo ortodôntico seguido de avanço mandibular isolado através da técnica

BSSO, sendo que em sete deles foi realizada uma mentoplastia como procedimento auxiliar. Não foram incluídos pacientes apresentando fissuras labiopalatais, problemas resultantes de trauma ou condições degenerativas, como artrite reumatoide. Os pacientes haviam previamente consentido em realizar exames de CBCT, em diferentes fases do tratamento, de acordo com um protocolo experimental aprovado pelo Comitê de Ética da UNC.

Os exames foram realizados uma semana antes da cirurgia (T1), uma semana após a cirurgia (T2) e seis semanas após a cirurgia (T3). O exame T2 foi realizado para avaliação das alterações pelo procedimento cirúrgico, e o exame T3 realizado imediatamente após a remoção do *splint* cirúrgico, para a avaliação das mudanças adaptativas a curto prazo. O protocolo radiológico envolveu, para 16 pacientes, um *scan* de 36 segundos da cabeça com um campo de visão de 230mm x 230mm, 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 imediatamente após a exposição. Os quatro pacientes restantes haviam sido irradiados com o NewTom 9000, equipamento precursor do atual, com um FOV de 9 polegadas, de forma que o mento desses pacientes havia sido cortado na imagem tomográfica. Mesmo assim, esses indivíduos foram incluídos na amostra, aproveitando-se os dados referentes aos côndilos e ramos. Como todo o volume 3D do complexo craniofacial é capturado durante esse 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.

Um estudo de validação da aplicação em casos ortocirúrgicos do método descrito a seguir foi publicado em 2005⁴. Além disso, uma descrição mais profunda do método será publicada nesse periódico¹⁴.

Os arquivos de imagem das 60 tomografias

foram exportados em formato DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*), convertidos para o formato GIPL e reformatados 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.

O processo de segmentação representa a reconstrução volumétrica das estruturas anatômicas visíveis nos cortes tomográficos. Para esse fim, foi utilizado o *software* InsightSNAP (<http://www.itksnap.org/>), 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 foi construído um modelo tridimensional constituído pela base do crânio, maxila e mandíbula. A visualização 3D do objeto permite a navegação através dos *voxels* da imagem volumétrica, de forma que esse pode ser ampliado, girado e movimentado pelo observador.

Com o objetivo de avaliar alterações no mesmo indivíduo, modelos de diferentes fases foram superpostos utilizando-se o *software* Imagine (<http://www.ia.unc.edu/dev/download/>), que utiliza um método totalmente automático de registro por *voxel*, dispensando 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 nesse procedimento, onde o *software* compara, entre duas imagens tomográficas, a intensidade da escala de cinzas de cada *voxel* dessa região. Dessa forma, a base do crânio pré-cirúrgica (T1) foi utilizada como referência para a superposição com T2 e T3, separadamente.

No passo seguinte, os modelos das três fases do mesmo paciente foram superpostos ao mesmo tempo, com o objetivo de controlar o corte e seleção das regiões anatômicas de interesse para análise no estudo. Referências anatômicas foram utilizadas para determinar as regiões de corte: (1) o longo eixo dos caninos inferiores da fase

pós-cirúrgica serviu de referência para a seleção do mento; (2) uma tangente passando pelo contorno anterior dos côndilos e paralela ao bordo posterior do ramo serviu de base para o corte dos ramos; e (3) uma linha descendente cortando o pescoço do côndilo a partir da interface com o corte do ramo foi a referência utilizada para a seleção dos côndilos.

As regiões anatômicas foram posteriormente separadas como objetos 3D independentes, mantendo seu posicionamento espacial original dentro da tomografia da qual foram originados. Ou seja, cada região, de cada fase, foi preparada para comparações em pares, analisados através do *software* MeshValmet (<http://www.ia.unc.edu/dev/download/>), que mede automaticamente as distâncias entre as superfícies de uma estrutura entre dois tempos e no mesmo indivíduo, permitindo a quantificação dos deslocamentos de ramos, côndilos e mento resultantes da cirurgia mandibular.

Para a obtenção dos dados, foram realizadas comparações entre T1 e T2, T2 e T3, e T1 e T3 para cinco variáveis: mento (16 casos), ramo esquerdo, ramo direito, côndilo esquerdo e côndilo direito (20 casos). Foram obtidos valores das distâncias entre superfícies e realizada uma interpretação visual da direção do deslocamento nos sentidos superior, inferior, lateral, medial, anterior e posterior. A exibição gráfica das estruturas superpostas segue uma escala de cores, também conhecida como mapas coloridos, de acordo com a direção e magnitude do deslocamento daquela região. As superfícies exibidas em vermelho mostram um deslocamento “para fora” e assumem valores positivos; superfícies em azul indicam um deslocamento “para dentro”, com valores negativos; e superfícies em verde indicam ausência de deslocamento.

Pode-se observar, na figura 1, o deslocamento de um côndilo direito entre T1 e T2. Em vermelho, observa-se o deslocamento superior, posterior

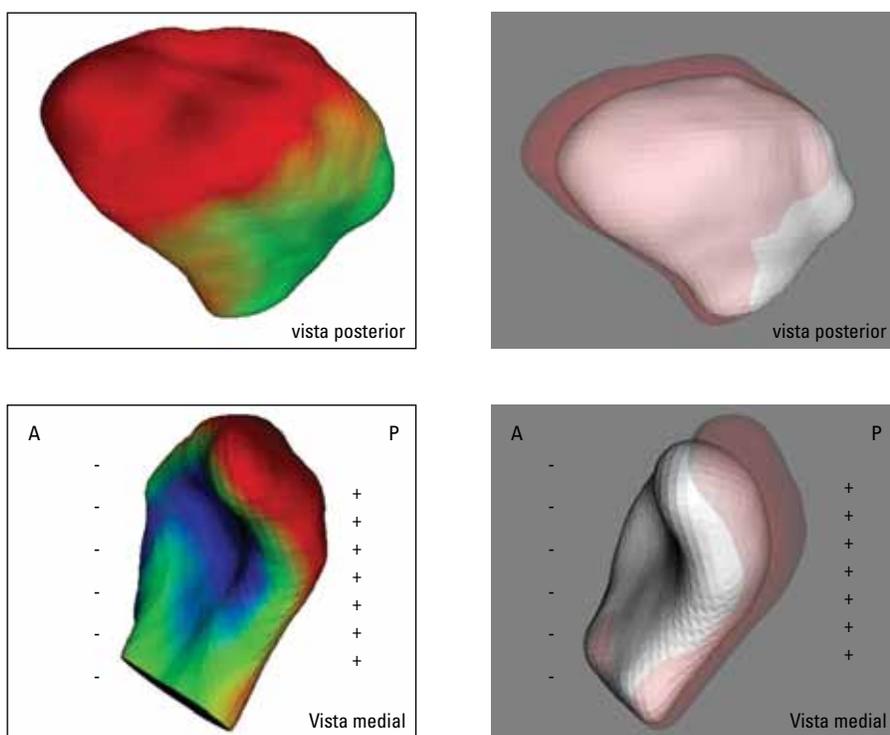


FIGURA 1 - Visualização do deslocamento de um côndilo direito, entre T1 e T2. À esquerda, através do método dos mapas coloridos, as superfícies em vermelho indicam o deslocamento superior, posterior e medial, confirmado pela exibição em azul nas superfícies anterior e lateral. À direita, visualização através das semitransparências, com T1 em branco e T2 em vermelho (A = anterior; P = posterior).

e medial, confirmado pela exibição em azul nas superfícies anterior e lateral, opostas ao movimento. A utilização de outra ferramenta permitiu uma diferente visualização das alterações cirúrgicas, desta vez sob a forma de semitransparências. Esse tipo de visibilidade identifica claramente a localização, magnitude e direção dos deslocamentos mandibulares.

Foi realizada uma estatística descritiva, expressa em gráficos de direção de deslocamento e de quantidade de deslocamento para cada estrutura avaliada. Os gráficos de direção de deslocamento exibem, em número de pacientes, os movimentos nos sentidos anterior, posterior, inferior, superior, lateral e medial entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, além de situações sem deslocamento (s/d). Os gráficos de quantidade de deslocamento foram baseados em categorizações dos movimentos das estruturas (intervalos em milímetros), entre os mesmos tempos de avaliação, expressas em número de pacientes. Os valores foram diferentemente categorizados para o mento, ramos e côndilos, de acordo com as magnitudes de movimentação de cada região. Os resultados entre T1-T2 mostram os deslocamentos ocorridos com o procedimento cirúrgico; entre T2-T3 exibem os fenômenos ocorridos após a remoção do *splint* cirúrgico; e entre T1-T3 mostram os efeitos totais da cirurgia de avanço mandibular em uma observação a curto prazo.

RESULTADOS

Os pacientes apresentaram um deslocamento anteroinferior do mento com a cirurgia (Gráf. 1), com uma magnitude maior que 4mm em 87,5% dos casos (14 pacientes entre T1-T2). É importante destacar que um aumento vertical era um dos objetivos de tratamento nos casos de retrognatismo com padrão horizontal, ou seja, com o terço inferior da face reduzido. Entre T2-T3, 25% (4 pacientes) apresentaram movimento do mento com algum componente posterior (<3mm) e 69% (11 pacientes) mostraram movimento anterosuperior. Alterações verticais com rotação anti-horária

e deslocamento adicional para frente foram provavelmente relacionados à remoção do *splint* (espessura do acrílico). Analisando-se as alterações entre T1-T3, observa-se o avanço do mento em todos os casos, e em apenas 12,5% (2 pacientes) não houve também deslocamento no sentido inferior. Em mais de 80% (13 pacientes) o deslocamento superou 4mm (Gráf. 2).

Os côndilos apresentaram tendência mais marcante ao deslocamento lateroposterior com a cirurgia (T1-T2), com maior equilíbrio na distribuição vertical, contraposto a um deslocamento medioanterior na maioria dos casos entre T2-T3, com uma leve tendência ao movimento superior (Gráf. 3, 4). A quantidade de deslocamento entre T1-T3 foi comparável às mudanças com a cirurgia, sugerindo uma resposta adaptativa importante.

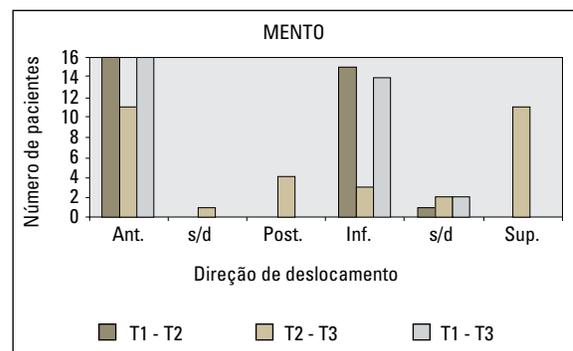


GRÁFICO 1 - Direções de deslocamento do mento entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 16; s/d = sem deslocamento).

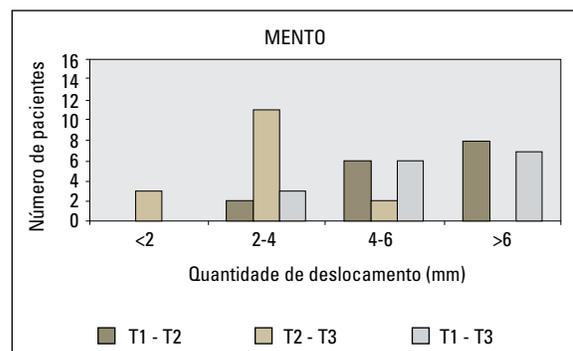


GRÁFICO 2 - Categorização da quantidade de deslocamento do mento entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 16).

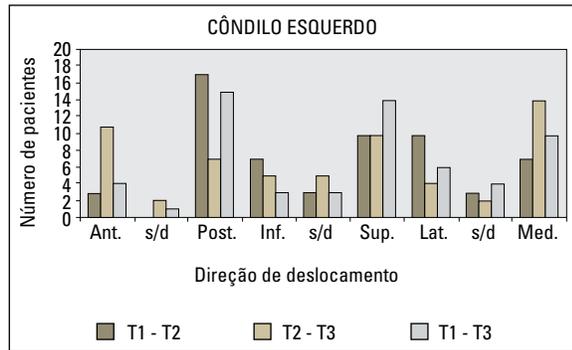


GRÁFICO 3 - Direções de deslocamento do côndilo esquerdo entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20; s/d = sem deslocamento).

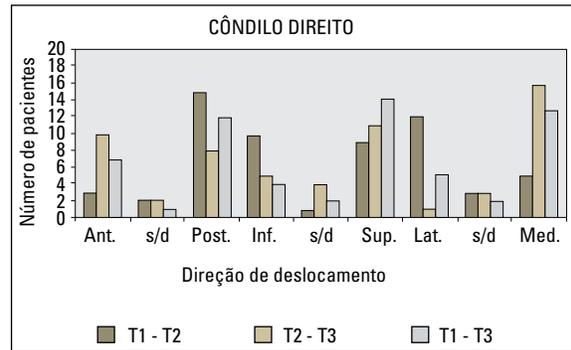


GRÁFICO 4 - Direções de deslocamento do côndilo direito entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20; s/d = sem deslocamento).

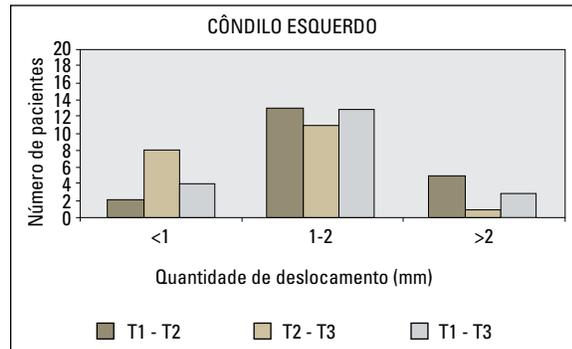


GRÁFICO 5 - Categorização da quantidade de deslocamento do côndilo esquerdo entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20).

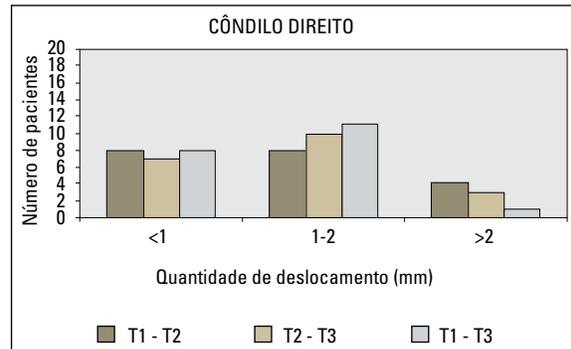


GRÁFICO 6 - Categorização da quantidade de deslocamento do côndilo direito entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20).

Considerando-se todas as direções de deslocamento, as distâncias entre as superfícies foram pequenas: 77,5% dos côndilos tiveram movimento menor do que 2mm com a cirurgia (T1-T2), enquanto 90% se moveram menos do que 2mm no curto prazo, entre T2-T3 (Gráf. 5, 6). Uma observação entre T1-T3 mostrou uma resultante de deslocamento medioposterossuperior, onde 90% dos côndilos apresentaram deslocamento menor que 2mm e apenas 5% foram deslocados mais de 3mm.

Os ramos exibiram uma tendência a movimentos “para fora” com a cirurgia (inferolatero-posterior), com maior destaque para o desvio lateral, e “para dentro” (superomedioanterior) após a remoção do *splint* cirúrgico (T2-T3), também

sugerindo uma resposta adaptativa importante, ainda que mais concentrada abaixo de 2mm (Gráf. 7, 8). Os resultados sugerem que os ramos foram empurrados para trás durante a cirurgia, seguido por uma adaptação muscular na direção das posições iniciais. Foram observadas mudanças inferiores a 3mm com a cirurgia em 72,5% dos casos, e inferiores a 2mm em 87,5% dos casos após seis semanas (Gráf. 9, 10). A resultante dos movimentos cirúrgicos e adaptativos mostra uma tendência superolateroanterior (T1-T3), com deslocamento inferior a 2mm em 82% dos ramos. Foram observados alguns deslocamentos clinicamente importantes resultantes do procedimento cirúrgico em casos específicos. Quatro casos apresentaram deslocamentos dos ramos acima de 4mm.

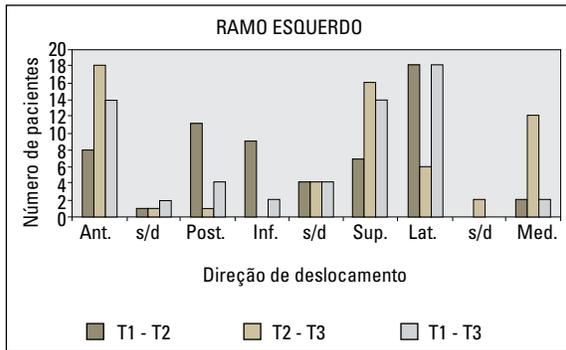


GRÁFICO 7 - Direções de deslocamento do ramo esquerdo entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20; s/d = sem deslocamento).

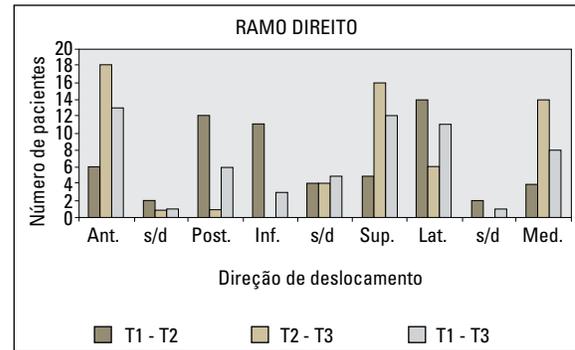


GRÁFICO 8 - Direções de deslocamento do ramo direito entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20; s/d = sem deslocamento).

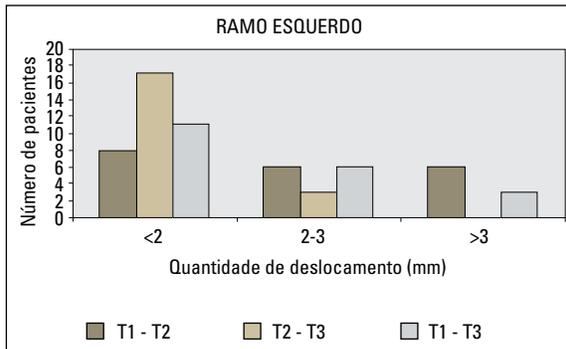


GRÁFICO 9 - Categorização da quantidade de deslocamento do ramo esquerdo entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20).

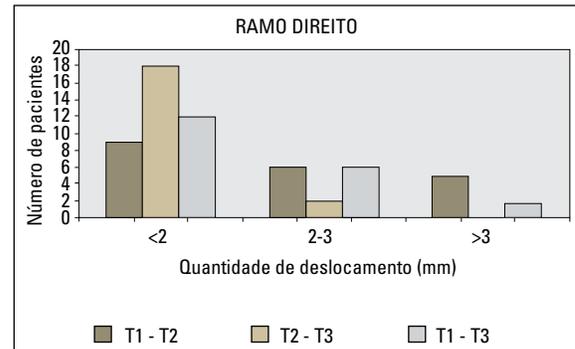


GRÁFICO 10 - Categorização da quantidade de deslocamento do ramo direito entre T1-T2, T2-T3 e T1-T3, expressa em número de pacientes (n = 20).

DISCUSSÃO

Esse trabalho apresenta, através do método de superposição automatizada tridimensional, as alterações cirúrgicas em casos de avanço mandibular imediatamente após a cirurgia e em um curto prazo pós-cirúrgico de seis semanas, no dia da remoção do *splint* cirúrgico. Os dados prévios disponíveis para comparação na literatura foram baseados em análises 2D^{1,2,9,10,12,13,16,17,18,20}, utilizando projeções cefalométricas laterais e pontos de referência determinados pelo operador. Os dados até agora disponíveis referentes aos resultados e estabilidade cirúrgicos através da superposição de modelos 3D são concentrados em pacientes Classe III, principalmente comparando a cirurgia combinada de avanço de maxila e recuo de mandíbula

com a cirurgia isolada de maxila^{5,7,8}.

A visibilidade dos modelos 3D superpostos e o cálculo das distâncias entre superfícies exibem de forma clara a localização, magnitude e direção das rotações mandibulares durante a cirurgia, permitindo, mais especificamente, a quantificação dos movimentos anteroposteriores, transversos e verticais dos ramos e côndilos acompanhando a cirurgia mandibular. O método utilizado no presente trabalho baseia-se em um registro totalmente automático, que reconhece a escala de cinza dos *voxels* da base do crânio de duas tomografias, não dependendo da marcação de pontos pelo operador^{4,5}. A metodologia aplicada utiliza doses relativamente baixas de radiação, avançados métodos de imagem, assim como *softwares* gratuitos

desenvolvidos para pesquisas.

Os resultados obtidos nesse experimento foram semelhantes aos encontrados na literatura relacionada à cirurgia de avanço mandibular^{1,17}, e esclarecem questões ligadas às alterações nos três planos do espaço. Também levantam questões sobre remodelação óssea e deslocamentos associados à recidiva, que poderão ser observadas em um acompanhamento de longo prazo. Este tipo de procedimento cirúrgico é considerado altamente estável^{1,17,18} e, nesta observação em curto prazo, 25% dos pacientes apresentaram algum tipo de movimento posterior do mento após a remoção do *splint* cirúrgico. Nos poucos casos onde ocorreu movimento posterior entre T2-T3, o mesmo foi menor do que 3mm (Gráf. 2) e, comparando-se as superposições entre T1-T2 e T1-T3, observou-se visualmente grande similaridade, tanto na área e tonalidade de cor da região em vermelho, correspondente ao avanço mandibular nos mapas coloridos, quanto na diferença entre os modelos branco e vermelho nas semitransparências (Fig. 2).

O avanço mandibular com aumento do terço inferior da face foi realizado em parte da amostra, com importantes deslocamentos inferiores acompanhando o movimento anterior do mento e, em alguns casos com pouca sobressaliência, foram observadas maiores alterações verticais do que horizontais (Fig. 3). Presume-se que o giro horário da

mandíbula seja mais estável do que o giro anti-horário, já que, no primeiro, as fibras musculares mastigatórias inseridas na região posterior do corpo e ramo mandibulares tendem a ser encurtadas, enquanto no segundo tendem a ser estiradas. Mesmo assim, o *splint* de acrílico parece ter importante papel na manutenção da altura oclusal após a cirurgia e, depois de removido, observou-se uma esperada tendência de fechamento da mordida, que foi acompanhada, em algumas situações, por um movimento anterior adicional (Fig. 4).

Foram notadas, nesse trabalho, menores alterações pós-cirúrgicas no mento quando o movimento cirúrgico foi eminentemente horizontal. Entretanto, o tamanho da amostra não permitiu divisão em subgrupos com ou sem alteração vertical. Excelente estabilidade¹⁶ foi relatada em pacientes com deficiência mandibular tratados com avanço de mandíbula isolado ou associado à impacção de maxila, com alterações menores do que 2mm durante o primeiro ano pós-cirúrgico, enquanto maiores alterações por remodelação esquelética (>2mm) foram observadas no período de um a cinco anos após a cirurgia. Interessantes achados mostraram ainda que, em um grupo dos pacientes com mordida aberta anterior pré-tratamento, raramente ocorre uma recidiva da mesma em longo prazo, ainda que se observem alterações esqueléticas pelo padrão de crescimento vertical,

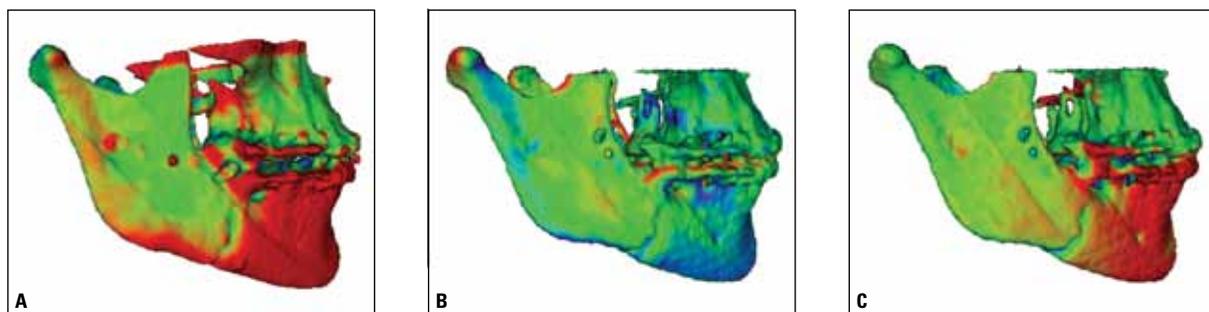


FIGURA 2 - Exemplo de um caso mostrando algum movimento posterior entre T2-T3 (B). Nota-se que a superposição entre T1-T3 (C) representa um avanço total menor que o verificado na superposição entre T1-T2 (A), quando comparadas a área e a tonalidade das superfícies em vermelho. Mesmo assim, os modelos superpostos em C parecem mostrar um bom posicionamento maxilomandibular seis semanas após a cirurgia. Uma avaliação dos ramos mostra um suave movimento lateral entre T1-T2 (A), um deslocamento adaptativo para medial entre T2-T3 (B) e as superfícies em verde entre T1-T3 (C) ilustram o retorno à posição inicial.

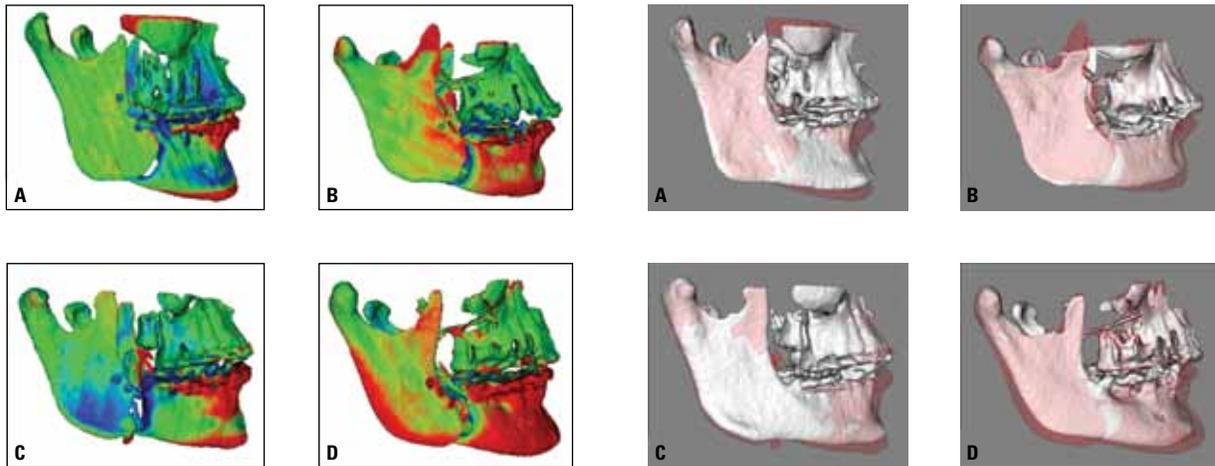


FIGURA 3 - Esquerda: mapas coloridos de quatro pacientes da amostra, exibindo as distâncias entre superfícies dos modelos de T1 e T2 superpostos. Pode-se observar um deslocamento anteroinferior do mento com a cirurgia, ainda com o *splint* cirúrgico. Os pacientes **A** e **C** apresentaram um maior deslocamento vertical, exibido em vermelho na superfície inferior da sínfise e no processo alveolar anterior. Os pacientes **B** e **D** apresentaram deslocamento vertical e notável avanço do mento, destacado por maiores áreas em vermelho nas superfícies anteriores do mento e corpo mandibulares. Direita: semitransparências dos mesmos casos, com T1 em branco e T2 em vermelho.

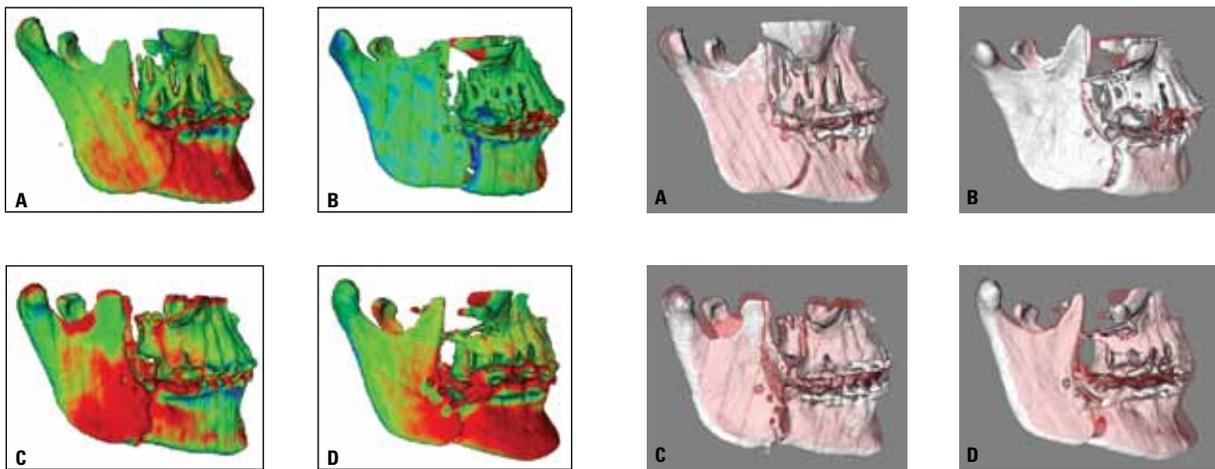


FIGURA 4 - Acompanhamento a curto prazo (T2-T3) dos casos exibidos na figura anterior. Após a remoção do *splint*, ocorreu uma tendência de movimento anterossuperior na maioria dos casos da amostra. Pode-se observar um movimento adicional para frente nessa fase, destacado pelas superfícies em vermelho nos mapas coloridos e pelas diferenças anteroposteriores nas semitransparências dos modelos de T2 (branco) e T3 (vermelho). Uma comparação dos ramos entre as figuras 3 e 4 (T1-T2 x T2-T3) sugere uma acomodação dos deslocamentos cirúrgicos após seis semanas, com um movimento mediolateral nos pacientes **B** e **C** e anteroposterior no paciente **D**.

já que mudanças compensatórias nas posições incisais tendem a manter a sobremordida ou até aumentá-la. Uma futura comparação com um grupo de pacientes Classe II verticais submetidos à impacção maxilar e avanço mandibular pode ajudar a esclarecer de forma tridimensional as diferenças de resultados e estabilidade, assim como a reabsorção e a remodelação condilares, de

acordo com giros mandibulares no sentido horário ou anti-horário. É importante destacar ainda que a mentoplastia é um procedimento auxiliar considerado altamente estável^{1,17,18}, portanto sua execução nos casos que necessitam de complementação estética anteroposterior e/ou vertical pode contribuir positivamente para a qualidade do tratamento.

Os deslocamentos observados em ramos e côndilos foram considerados importantes clinicamente, ainda que concentrados abaixo de 3mm e 2mm, respectivamente, e ainda que o posicionamento do mento se mantivesse estável. Nota-se que as imagens tridimensionais ilustram de forma mais nítida e completa esses tipos de deslocamentos, portanto movimentos previamente descritos em trabalhos utilizando métodos 2D^{2,3,9,10} podem passar a ter outro significado quando visualizados em três dimensões e em tamanho real. Na verdade, os resultados sugerem que houve uma importante adaptação muscular com tendência de retorno às posições iniciais com a remoção do *splint* cirúrgico e a retomada das funções mandibulares. Entretanto, em alguns casos, o segmento proximal sofreu um maior deslocamento, que pode se manter mesmo em um acompanhamento em longo prazo. Com os deslocamentos condilares concentrados abaixo de 2mm, nesse trabalho, questiona-se as consequências clínicas de tais alterações, de forma que acompanhamentos em longo prazo podem mostrar se os mesmos foram pequenos o bastante para permitir uma remodelação adaptativa sem levar à sequelas negativas.

Na análise das direções de deslocamento, observou-se razoável variabilidade individual dos movimentos, principalmente dos côndilos, e tendências direcionais mais marcantes nos ramos. Pelo tamanho reduzido da amostra, torna-se difícil estabelecer relações mais diretas entre o procedimento cirúrgico e o comportamento das estruturas. Portanto, tentou-se estabelecer apenas algumas tendências direcionais. Pode-se sugerir que os deslocamentos lateroposterior nos côndilos e lateroposteroinferior nos ramos entre T1-T2 foram resultantes da pressão exercida durante a osteotomia sagital do ramo, deslizamento dos fragmentos e subsequente fixação rígida, enquanto os deslocamentos medioanterior e medioanterossuperior entre T2-T3 significariam um retorno às posições iniciais, pela ação da musculatura.

Um aumento da distância entre os gônios e ra-

mos, verificado através de radiografias cefalométricas laterais e frontais, foi relatado na literatura². No presente trabalho, não foram realizadas medições entre pontos bilaterais, mas superposições entre diferentes fases de acompanhamento permitiram visualizar a tendência a deslocamentos “para fora” com o procedimento cirúrgico, corroborando com tais achados. Estudos com radiografias submentovértex mostraram que, normalmente, ocorrem rotações estruturais de 5 a 10 graus, não levando a problemas funcionais, além da quantidade de rotação aparentemente diminuir com o tempo de acordo com o processo de remodelação. Entretanto, se os côndilos fossem deslocados anteriormente ou medialmente, poderia haver tendência à dor e, em alguns casos, restrição de movimento^{1,16}.

Na análise dos deslocamentos do mento, as direções foram obviamente anteriores com o procedimento cirúrgico e mostraram pouca variação após a remoção do *splint*, até porque a amostra utilizada não apresentava pacientes assimétricos, portanto não se esperavam movimentos laterais. Correlacionando-se o comportamento dos côndilos com as alterações do mento, sugere-se que o deslocamento anterior dos primeiros após a remoção do *splint* pode ser um dos responsáveis, junto com o fechamento de mordida, por algum movimento anterior do mento em T3, e talvez por parte da estabilidade da correção.

Achados adicionais, como a ocorrência de reabsorção e remodelação óssea, poderão ser encontrados em maiores amostras, em acompanhamentos a longo prazo dos deslocamentos estruturais e com um aprimoramento da metodologia. A amostra desse trabalho será submetida a tomografias de controle, permitindo avaliação da estabilidade em trabalhos subsequentes.

CONCLUSÃO

O método tridimensional utilizado permitiu uma clara visualização e avaliação quantitativa dos resultados do tratamento ortocirúrgico. Importantes deslocamentos foram observados nos ramos

e côndilos com a cirurgia, mas mudanças após a remoção do *splint* cirúrgico sugerem uma resposta adaptativa tendendo às posições pré-cirúrgicas, com destaque para o movimento lateromedial dos ramos mandibulares. As mudanças no mento após seis semanas sugeriram adaptações aceitáveis na

maioria dos casos, mas com considerável variabilidade individual.

Enviado em: julho de 2009
Revisado e aceito: outubro de 2009

Assessment of mandibular advancement surgery with 3D CBCT models superimposition

Abstract

Objectives: To assess surgery and short-term post-surgery changes in the position of the condyles, rami and chin after mandibular advancement. **Methods:** Pre-surgery (T1), 1 week post-surgery (T2), and 6 week post-surgery (T3) CBCT scans were acquired for 20 retrognathic patients with short or normal face height. 3D-models were built and superimposed through a fully automated voxel-wise method using the cranial base of the pre-surgery scan as reference. Anatomic regions of interest were selected and analyzed separately. Within-subject surface distances between T1-T2, T2-T3, and T1-T3 were computed. Color-coded maps and semi-transparent display of overlaid structures allowed the evaluation of displacement directions. **Results:** After an anteroinferior chin displacement with surgery in all the cases (>4mm in 87.5%), 25% of the patients showed some kind of posterior movement (< 3mm), and 69% showed an anterosuperior movement after splint removal. Comparing T1-T3, an anteroinferior (87.5% of the cases) or only inferior (12.5%) displacement was observed (>4mm in 80%). Considering all directions of displacement, the surface distance differences for the condyles and rami were small: 77.5% of the condyles moved <2mm with surgery (T1-T2), and 90% moved <2mm in the short-term (T2-T3) and in the total evaluation (T1-T3), while the rami showed a <3mm change with surgery in 72.5% of the cases, and a <2mm change in 87.5% (T2-T3) and in 82% (T1-T3). **Conclusion:** Expected displacements with surgery were observed and post-surgery changes suggested a short-term adaptive response toward recovery of condyle and ramus displacements. The changes on the chin following splint removal suggested an acceptable adaptation, but with considerable individual variability.

Keywords: Cone-beam computed tomography. Tridimensional image. Computer-assisted surgery. Computer simulation. Orthodontics. Oral surgery.

REFERÊNCIAS

- Bailey LJ, Cevidanes LH, Proffit WR. Stability and predictability of orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004 Sep;126(3):27-37.
- Becktor JP, Rebellato J, Becktor KB, Isaksson S, Vickers PD, Keller EE. Transverse displacement of the proximal segment after bilateral sagittal osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002 Apr;60(4):395-403.
- Bettega G, Cinquin P, Lebeau J, Raphaël B. Computer-assisted orthognathic surgery: clinical evaluation of a mandibular condyle repositioning system. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002 Jan;60(1):27-34.
- Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker GR Jr, Styner MA, Mol A, Phillips CL, Proffit WR, Turvey T. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005 Nov;34(6):369-75.
- Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker SF, Styner MA, Mol A, Phillips CL, Proffit WR, Turvey T. 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.
- Cevidanes L, Motta AT, Styner M, Phillips C. 3D imaging for early diagnosis and assessment of treatment response. In: McNamara Jr JA, Kapila SD. Early orthodontic treatment: is the benefit worth the burden? 33rd Annual Moyers Symposium, Ann Arbor; 2007. 44:305-21.
- Cevidanes L, Oliveira A, Phillips C, Motta AT, Styner M, Tyndall D. Three dimensional short-term mandibular displacements following Class III surgery. *J Dent Res. (Spec Iss A):* 1827, 2007.
- Cevidanes L, Oliveira A, Phillips C, Motta AT, Styner M. 3D assessment of surgical changes at splint removal for Class III patients. *Book of Abstracts of the AAO 107th Annual Session;* 2007. 15:32.
- De Clercq CA, Neyt LF, Mommaerts MY, Abeloos JV, De Mot BM. Condylar resorption in orthognathic surgery: a retrospective study. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1994;9(3):233-40.
- Epker BN, Wylie GA. Control of the condylar-proximal mandibular segments after sagittal split osteotomies to advance the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1986 Dec;62(6):613-7.

11. 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.
12. Harris MD, Van Sickels JE, Alder M. Factors influencing condylar position after the bilateral sagittal split osteotomy fixed with bicortical screws. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999 Jun;57(6):650-4.
13. Mihalik CA, Proffit WR, Phillips C. Long-term follow-up of Class II adults treated with orthodontic camouflage: a comparison with orthognathic surgery outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003 Mar;123(3):266-78.
14. Motta AT, Carvalho FR, Oliveira A, Cevidanes LHS, Almeida MA. Superposição automatizada de modelos tomográficos tridimensionais em cirurgia ortognática. *Dental Press J Orthod.* no prelo.
15. 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.
16. Proffit WR, Bailey LJ, Phillips C, Turvey TA. Long-term stability of surgical open-bite correction by Le Fort I osteotomy. *Angle Orthod.* 2000 Apr;70(2):112-7.
17. Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. Orthognathic surgery: a hierarchy of stability. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1996;11(3):191-204.
18. 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.
19. Sarment DP. Dental applications for cone-beam computed tomography. In: McNamara Jr JA, Kapila SD. *Digital radiography and three-dimensional imaging.* 32nd Annual Moyers Symposium; 2006. 43: 43-58.
20. Simmons KE, Turvey TA, Phillips C, Proffit WR. Surgical-orthodontic correction of mandibular deficiency: five-year follow-up. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1992;7(2):67-79.

Endereço para correspondência

Alexandre Trindade Simões da Motta
Av. das Américas, 3500 - Bloco 7/sala 220 - Ed. Hong Kong 3000
CEP: 22.640-102 - Barra da Tijuca - Rio de Janeiro/RJ
E-mail: alemotta@rjnet.com.br