



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Alan Robert Moreira Schmitt

**Avaliação da precisão do posicionamento da maxila em cirurgia
ortognática maxilomandibular comparando o planejamento
cirúrgico no articulador com o planejamento cirúrgico virtual**

Rio de Janeiro

2016

Alan Robert Moreira Schmitt

Avaliação da precisão do posicionamento da maxila em cirurgia ortognática maxilomandibular comparando o planejamento cirúrgico no articulador com o planejamento cirúrgico virtual

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: Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais.

Orientadores: Prof. Dr. Fabio Gambôa Ritto

Prof. Dr. Paulo José D'Albuquerque Medeiros

Rio de Janeiro

2016

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

S355 Schmitt, Alan Robert Moreira.
Avaliação da precisão do posicionamento da maxila em cirurgia ortognática maxilomandibular comparando o planejamento cirúrgico no articulador com o planejamento cirúrgico virtual / Alan Robert Moreira. - 2016.
60 f.

Orientadores: Fabio Gâmbôa Ritto e Paulo José D'Albuquerque Medeiros.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia.

1. Cirurgia ortognática. 2. Procedimentos cirúrgicos ortognáticos. 3. Cirurgia ortognática - planejamento. 4. Cirurgia guiada por imagem. I. Ritto, Fabio Gâmbôa. II. Medeiros, Paulo José D'Albuquerque. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. IV. Título.

CDU
616.314

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

Assinatura

Data

Alan Robert Moreira Schmitt

Avaliação da precisão do posicionamento da maxila em cirurgia ortognática maxilomandibular comparando o planejamento cirúrgico no articulador com o planejamento cirúrgico virtual

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: Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais.

Aprovado em 18 de março de 2016.

Orientadores: Prof. Dr. Fabio Gambôa Ritto

Faculdade de Odontologia – UERJ

Prof. Dr. Paulo José D’Albuquerque Medeiros

Faculdade de Odontologia – UERJ

Banca examinadora:

Prof. Dr. Danilo Passeado Branco Ribeiro

Faculdade de Odontologia – UERJ

Prof. Dr. Henrique Martins da Silveira

Faculdade de Odontologia – UERJ

Prof. Dr. Roberto Prado

Faculdade de Odontologia – UERJ

Rio de Janeiro

2016

DEDICATÓRIA

À minha mãe, mulher guerreira que deixou muitas saudades e boas lembranças. Foi a principal responsável pela formação do meu caráter. O amor que recebi dela, hoje me dá forças para enfrentar os desafios da vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por colocar no meu caminho pessoas incríveis, que me ensinam a ser uma pessoa melhor a cada dia.

À minha mãe, que me deixou recentemente, e me fez amadurecer para enfrentar novas responsabilidades. Tenho certeza que um dia nos reencontraremos.

À Thalita, o grande amor da minha vida, que está sempre ao meu lado e que divide comigo todos os momentos de felicidade e tristeza. Tenho sorte de ter ao meu lado essa pessoa tão especial e companheira.

À minha irmã, Nauana, que me ensinou a ensinar. Uma pessoa muito especial que trouxe muitas responsabilidades, e também muitas alegrias. Fico muito feliz em participar de suas conquistas, e tê-la ao meu lado durante as minhas.

À minha família: meu pai, Robert; meus irmãos, Gabriel e Roger; minhas avós, Sophie e Iracema. Pessoas muito importante, que representam a minha base.

Ao Prof. Fabio Ritto, por me orientar durante essa etapa. Obrigado pela compreensão e paciência nos momentos difíceis e por ter acreditado em mim até aqui.

Ao Prof. Paulo José, por ser um exemplo de profissional e pessoa, e por dividir comigo um pouco do seu vasto conhecimento. Um verdadeiro mestre, meu eterno chefe.

Aos meus Professores e Mestres, Henrique Martins, Roberto Prado, Danilo Passeado, Rodrigo Alvitos, Ramiro Beato e Maurício Andrade, por terem me ensinado a amar a Cirurgia Buco-maxilo-facial e por serem exemplos de profissionais.

Ao meu grande amigo, Paulo Henrique, que é um verdadeiro irmão e que está sempre ao meu lado me apoiando e participando das minhas conquistas.

Aos amigos, que a residência me deu, Daniel Marlière, Diego Pacheco, Saulo de Matos. Por todos os momentos compartilhados juntos, e por estarem sempre por perto, apesar da distância.

A todos os colegas do HUPE, que estiveram ao meu lado durante e depois da residência. Em especial ao João Gabriel, que me recebeu em sua casa durante estes dois anos; à Thais Pimentel, ao Hugo Leonardo e à Raphaela Capela, que me

ajudaram na condução desta e de outras pesquisas. Posso dizer que este é um trabalho feito por várias mãos.

Aos professores do mestrado, que me passaram um pouco de seus conhecimentos.

Aos colegas do mestrado, turma 2014-2016, em especial ao João Vitor, por essa caminhada conjunta, rumo ao objetivo de nos tornarmos profissionais diferenciados.

Aos pacientes, pela confiança. Eles são fundamentais para a nossa construção profissional e pessoal.

A todos os funcionários da FO/UERJ e do HUPE. São guerreiros que trabalham nos bastidores, mas que fazem tudo acontecer.

RESUMO

SCHMITT, Alan Robert Moreira. **Avaliação da precisão do posicionamento da maxila em cirurgia ortognática maxilomandibular comparando o planejamento cirúrgico no articulador com o planejamento cirúrgico virtual.** 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

O sucesso da cirurgia ortognática não depende apenas dos aspectos técnicos durante a realização do procedimento, mas também da formulação e execução precisas de um planejamento de cirurgia ortognática maxilomandibular. O objetivo do presente estudo foi comparar a precisão entre 2 técnicas de planejamento cirúrgico: o planejamento cirúrgico no articulador (PCA) e o planejamento cirúrgico virtual (PCV). Um estudo retrospectivo foi conduzido para avaliar o prontuário de 30 pacientes operados entre 2011 e 2015. Os critérios de inclusão foram: 1) pacientes submetidos à cirurgia ortognática maxilomandibular; 2) disponibilidade de tomografias computadorizadas (TCs) pré e pós-operatórias; 3) disponibilidade dos registros do planejamento cirúrgico. Dois grupos foram criados, de acordo com o tipo de planejamento cirúrgico. Quinze pacientes foram operados após PCA (grupo controle) e 15, após PCV (grupo teste). As TCs pré e pós-operatórias foram sobrepostas e a distância linear entre pontos de referência maxilares foi medida para determinar a diferença linear média entre os movimentos planejados e os obtidos. Os dados foram tabulados e a precisão entre os 2 métodos foi determinada através do teste-t para amostras independentes. O critério de sucesso adotado foi uma diferença linear média menor que 2mm. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação ao sexo ($p=0,462$) e o tipo de deformidade ($p=0,425$). A diferença linear média entre os movimentos planejados e os obtidos do PCA foi de 1,27mm ($\pm 1,05$ mm) contra 1,20mm ($\pm 1,08$ mm) do PCV. No PCA, 80% dos pontos sobrepostos apresentaram imprecisões menores que 2mm e 49,1% menores que 1mm. No PCV esses valores foram 83,6% e 48,5%, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as técnicas de planejamento, quanto à precisão ($p<0,05$). O planejamento cirúrgico virtual é uma técnica precisa para o planejamento de cirurgia ortognática. Quando comparada ao planejamento cirúrgico no articulador, precisão semelhante foi encontrada.

Palavras-chave: Cirurgia ortognática. Planejamento cirúrgico no articulador. Planejamento cirúrgico virtual.

ABSTRACT

SCHMITT, Alan Robert Moreira. **Accuracy of upper jaw positioning in orthognathic surgery comparing articulator surgical planning with virtual surgical planning**. 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

The success of orthognathic surgery depends not only on the technical aspects during the procedure, but also the formulation and execution of a precise surgical planning. The aim of this study was to compare the accuracy of 2 techniques for maxilomandibular orthognathic surgery planning: articulator surgical planning (ASP) and the virtual surgical planning (VSP). A retrospective study was conducted to evaluate the medical records of 30 patients submitted to surgery between 2011 and 2015. Inclusion criteria were set as: 1) patients undergoing maxilomandibular orthognathic surgery; 2) availability of pre- and postoperative computed tomography (CT); 3) availability of surgical planning records. Two groups were created, according to the type of surgical planning. Fifteen patients were operated after ASP (control group) and 15 after VSP (test group). The pre- and postoperative CT were superimposed and the linear distance between upper jaw reference points was measured to determine the mean linear difference between the movements planned and obtained. Data were tabulated and the accuracy between methods was determined by the t-test for independent samples. The success criterion adopted was a mean linear difference smaller than 2mm. There was no statistically significant difference between groups regarding gender ($p = 0.462$) and type of deformity ($p = 0.425$). The mean linear difference between planned and obtained movements for ASP was 1,27 mm (± 1.05 mm), and for VSP was 1,20mm ($\pm 1,08$ mm). In ASP, 80% of overlapping reference points had imprecision lower than 2 mm, and 49.1% lower than 1mm. In VSP these values were 83.6% and 48.5%, respectively. There was no statistically significant difference between planning techniques regarding accuracy ($p < 0.05$). The virtual surgical planning is a precise technique for orthognathic surgery planning. When virtual surgical planning was compared to articulator surgical planning, similar accuracy was found.

Keywords: Orthognathic surgery. Articulator surgical planning. Virtual surgical planning.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1 - | Orientação de cabeça no Dolphin Imaging..... | 23 |
| Figura 2 - | Traçados cefalométrico e de previsão..... | 24 |
| Figura 3 - | Montagem e cirurgia de modelos no ASA..... | 26 |
| Figura 4 - | Simulação cirúrgica virtual no Dolphin Imaging..... | 27 |
| Figura 5 - | Sobreposição das tomografias..... | 31 |
| Figura 6 - | Realização das medidas nas tomografias computadorizadas sobrepostas..... | 32 |
| Figura 7 - | Gráficos de caixas avaliando a imprecisão em cada região no PCA. | 37 |
| Figura 8 - | Gráficos de caixas avaliando a imprecisão em cada região no PCV. | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Sexo e tipo de deformidade..... | 34 |
| Tabela 2 - Diferença linear média entre os movimentos verticais planejados e obtidos em diferentes pontos de referência da maxila..... | 35 |
| Tabela 3 - Diferença linear média entre os movimentos anteroposteriores planejados e obtidos em diferentes pontos de referência da maxila.. | 35 |
| Tabela 4 - Diferença linear média entre os movimentos transversais planejados e obtidos em diferentes pontos de referência da maxila.. | 35 |
| Tabela 5 - Diferença linear média entre os movimentos planejados e obtidos de acordo com a direção do movimento para todas as medidas..... | 36 |
| Tabela 6 - Teste de confiabilidade intra-examinador..... | 39 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|--|
| 2D | Bidimensional |
| 3D | Tridimensional |
| ASA | Articulador semi-ajustável |
| ATM | Articulação temporomandibular |
| CAD/CAM | Computer-aided design and computer-aided manufacturing |
| CASS | Computer-aided surgical simulation |
| CCI | Coeficiente de correlação intraclasse |
| LMS | Linha média superior |
| mm | Milímetro |
| PCA | Planejamento cirúrgico no articulador |
| PCV | Planejamento cirúrgico virtual |
| PHF | Plano horizontal de Frankfurt |
| PNC | Posição natural de cabeça |
| RC | Relação cêntrica |
| TC | Tomografia computadorizada |
| TCFC | Tomografia computadorizada de feixe cônico |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|--|-----------|
| | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 14 |
| 2 | PROPOSIÇÃO..... | 21 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 22 |
| 3.1 | Fabricação do guia intermediário no PCA..... | 24 |
| 3.2 | Fabricação do guia intermediário no PCV..... | 25 |
| 3.3 | Análise da precisão do posicionamento maxilar..... | 29 |
| 3.4 | Análise estatística..... | 33 |
| 4 | RESULTADOS..... | 34 |
| 5 | DISCUSSÃO..... | 40 |
| | CONCLUSÃO..... | 49 |
| | REFERÊNCIAS..... | 50 |
| | ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa..... | 57 |
| | ANEXO B - Ficha de cirurgia de modelos no PCA..... | 59 |
| | ANEXO C - Ficha de sobreposição..... | 60 |

INTRODUÇÃO

O sucesso da cirurgia ortognática não depende apenas dos aspectos técnicos durante a realização do procedimento, mas também da formulação e execução precisas de um planejamento cirúrgico. Os métodos de planejamento de cirurgia ortognática maxilomandibular, envolvendo cirurgia de modelos de gesso montados em um articulador, utilizados por cerca de 50 anos, podem apresentar uma série de limitações, principalmente para aqueles pacientes com deformidades dento faciais complexas¹⁻⁶.

Durante cada etapa do planejamento cirúrgico no articulador (PCA), que envolve montagem de modelos de gesso em articulador semi-ajustável (ASA) corte e reposicionamento dos modelos com o auxílio da Plataforma de Erickson, pequenas imprecisões podem ocorrer e, quando somadas, podem gerar imprecisões significantes.⁴

Os dados obtidos utilizam diferentes sistemas de coordenadas em cada uma das etapas do planejamento: exame físico, exames de imagem e montagem no articulador. Essas discrepâncias, somadas, podem ser responsáveis por um erro de 15% na projeção maxilar.^{3,4,7} Além disso, o cirurgião não consegue visualizar a totalidade dos dados em suas 3 dimensões nem as alterações que acontecem no esqueleto facial.³

A orientação dos modelos de gesso no ASA pode ser imprecisa, pois esse dispositivo foi desenvolvido para o planejamento de reabilitações orais com próteses dentárias.^{4,7,8} Ele não reproduz o eixo de rotação condilar do paciente, nem deformidades presentes na articulação temporomandibular (ATM).^{3,4,9} O arco facial, dispositivo responsável pela transferência da posição maxilar para o ASA, apresenta falhas estruturais. Os parafusos do arco podem se afrouxar durante o processo de registro, levando à uma incorreta orientação do modelo da maxila.³

O traçado cefalométrico e a cirurgia de modelos são dois processos realizados em tempos diferentes, com isso há um grande consumo de tempo;¹⁰

Uma outra possível fonte de imprecisão é o registro oclusal, geralmente realizado com placa de cera, que deve ser mordida pelo paciente, com oclusão em relação cêntrica (RC). Um incorreto registro e deformação do material podem levar à

imprecisão na montagem do modelo mandibular e, conseqüentemente, no resultado da cirurgia.¹¹

Com uma maior facilidade de acesso à tomografia computadorizada (TC), passou-se a utilizar programas de computador, inicialmente para fazer os traçados cefalométricos e análises faciais. Contudo, a cirurgia de modelos no articulador continuava sendo utilizada. Nos últimos anos esses *softwares* foram aperfeiçoados e passaram a ter novas funções, como a de planejamento cirúrgico virtual (PCV).

Para a realização do PCV, é necessário a obtenção de um modelo virtual composto da face. Esse é obtido pela fusão das imagens da TC com a imagem das superfícies oclusais, obtidas pela digitalização dos modelos de gesso, e eventualmente com a fotografia do paciente.^{3,12} O PCV pode, então, ser realizado e os guias cirúrgicos podem ser fabricados pelo sistema CAD/CAM (*computer-aided design and computer-aided manufacturing*).

O PCV elimina uma série de etapas existentes no PCA. Não há mais a necessidade de traçados cefalométricos manuais, nem da montagem dos modelos de gesso no ASA, todo o processo passa a ser feito através do *software*. Com a eliminação de etapas que poderiam levar à imprecisões no processo de planejamento, espera-se que o PCV apresente resultados mais precisos. No entanto, apesar de muitos estudos validarem a precisão do PCV,^{1,5,13-16} apenas um estudo comparando PCA e PCV foi encontrado.¹⁷

O objetivo do presente estudo é avaliar, através de sobreposições tomográficas, se o PCV é um método preciso no posicionamento da maxila de pacientes submetidos à cirurgia ortognática, quando comparado ao PCA.

1 REVISÃO DA LITERATURA

O planejamento pré-operatório para cirurgia ortognática envolve a coleta de uma série de dados de forma que o diagnóstico preciso da deformidade dento-facial seja realizado e um plano de tratamento seja desenvolvido.¹⁸ Esses dados são obtidos, tradicionalmente, através de diversas fontes: exame físico, fotografias, telerradiografias laterais e frontais, modelos de gesso e montagem dos modelos no ASA.^{4,7} A partir do planejamento, os guias cirúrgicos são confeccionados, e são de vital importância em cirurgia ortognática para a obtenção de resultados previsíveis, particularmente em cirurgias maxilomandibulares, que envolvam movimentos complexos nos 3 planos.¹⁹

O planejamento convencional de cirurgia ortognática envolve a obtenção de modelos de gesso dentoalveolares, que são montados em um ASA com uso do arco facial.²⁰ O objetivo da montagem é reproduzir a relação tridimensional (3D) entre o crânio e a região maxilomandibular.²⁰⁻²² Uma telerradiografia lateral é obtida, e o traçado cefalométrico da área de interesse é realizado. Durante esse processo, programas de computadores podem ser utilizados. O plano cirúrgico é então executado nos modelos montados no ASA com o auxílio da Plataforma de Erickson para medir os movimentos. Após correto posicionamento dos modelos, os guias cirúrgicos são, manualmente, confeccionados em resina acrílica.¹ Portanto, quanto mais precisa for a montagem dos modelos no ASA, mais fidedignas serão as informações fornecidas sobre os movimentos.⁶

Apesar do processo convencional ser satisfatório, ele apresenta uma série de limitações, tais como:

- a) é um processo manual com várias etapas, nas quais sistemas de coordenadas diferentes são frequentemente utilizados. O exame físico e as fotografias são obtidas com o paciente em posição natural de cabeça (PNC). A telerradiografia lateral é orientada no plano horizontal de Frankfurt (PHF) e os modelos de gesso articulados são orientados no plano axis-orbital. Essas discrepâncias somadas, podem ser responsáveis por uma diferença de 15% entre a projeção maxilar planejada e a obtida;^{3,4,7}

- b) não é possível ter uma visão 3D do complexo craniofacial, principalmente em pacientes assimétricos. Tem sido documentado que cerca de 34% dos pacientes que possuem deformidade dentofacial apresentam algum tipo de assimetria.³ Além disso, não há uma representação das osteotomias;²
- c) o ASA não foi desenvolvido para cirurgia ortognática.⁶ Trata-se de um equipamento desenvolvido para reabilitações protéticas.^{8,7} Ele não reproduz o verdadeiro eixo de rotação e translação dos côndilos e não reproduz possíveis assimetrias na região da ATM.^{3,4,9} Deformidades na base do crânio e nos maxilares não são reproduzidas no articulador.⁹ Imprecisões maiores tendem a ocorrerem planejamento de grandes magnitudes verticais, que levam à rotação e translação dos côndilos mandibulares;^{3,4,6}
- d) a montagem dos modelos no ASA, com a utilização de um arco facial, geralmente apresenta imprecisões angulares, as quais podem conduzir a erros que serão incorporados ao guia, afetando o resultado da cirurgia.^{4,9,22} O arco facial pode ser posicionado inapropriadamente ou pode se mover durante o processo de registro.^{3,9} As angulações do modelo maxilar montado no ASA, em comparação com o traçado cefalométrico, mostraram uma diferença de cerca de 8°.^{3,6} Erros sistemáticos no PCA serão incorporados ao guia cirúrgico e resultarão em movimentos adversos dos segmentos ósseos;^{2,3}
- e) o traçado preditivo e a cirurgia de modelos são dois processos realizados em tempos diferentes, com isso há um consumo maior de tempo. Atualmente, um cirurgião experiente demora de 3 a 5 horas durante esse processo;¹⁰
- f) o registro oclusal geralmente é realizado através de uma placa de cera, que deve ser mordida pelo paciente, com oclusão em RC. Essa cera pode deformar-se durante armazenagem e manipulação e, em alguns tipos de deformidades, o registro de cera pode não fornecer uma estabilidade aos modelos durante a montagem, devido à pouca quantidade de intercuspidação dentária desses pacientes. Caso isso ocorra, haverá uma montagem imprecisa do modelo de gesso inferior, que pode levar a erros de posicionamento no momento da cirurgia,

principalmente em cirurgias iniciadas pela maxila, onde a mandíbula servirá de referência para o posicionamento maxilar.¹¹

Sharifi et al.²³ conduziram um estudo que avaliou a precisão do PCA. Eles observaram que ocorreu, na maxila, um avanço menor e uma impacção maior do que planejado. Na mandíbula houve um recuo maior do que aquele planejado. Essas diferenças, entretanto, não foram estatisticamente significantes. Os autores concluíram que os erros ocorrem por: a) imprecisão no registro realizado pelo arco facial, b) imprecisões na cirurgia de modelos, transferidas para o guia cirúrgico intermediário e c) autorrotação da mandíbula, quando os pacientes estão na posição de decúbito dorsal.

Em 1994 Cottrell e Wolford²⁴ apresentaram uma modificação na técnica de cirurgia de modelos convencional, com o objetivo de tornar o procedimento cirúrgico mais preciso, para os casos de cirurgias iniciadas pela mandíbula. Nessa técnica, a montagem dos modelos no articulador é realizada da mesma forma, porém ao invés de posicionar inicialmente o modelo superior de acordo com os dados obtidos no planejamento, o modelo mandibular é posicionado primeiro, de acordo com os dados obtidos no exame físico e no traçado cefalométrico. O método utiliza linhas de referências desenhadas na base do modelo, que deve ser quadrada. O posicionamento é realizado diretamente no ASA, sem auxílio da Plataforma de Erickson, e sem que haja movimentos no eixo condilar do articulador. Segundo os autores, este método permite uma fácil quantificação dos movimentos e reduz as etapas da cirurgia de modelos. Outra vantagem é que não há movimento do pino incisal do articulador, ou seja, possíveis assimetrias articulares não irão interferir na cirurgia de modelos. Wolford e Galiano⁹ modificaram a técnica em 2007, abolindo o uso do arco facial durante a montagem. Para a transferência da posição maxilar, eles utilizam uma mesa oclusal, que é um dispositivo fixado ao articulador que permite ao cirurgião posicionar a maxila de acordo com o ângulo do plano oclusal determinado pelo traçado e pelas medidas clínicas do nivelamento maxilar (*roll*) e da rotação da linha média (*yaw*).

Outras modificações na técnica de cirurgia de modelos convencional foram propostas.^{6,7,11,20,25} Entretanto, avanços na tecnologia 3D resultaram em um aparato tecnológico desenvolvido para uso no planejamento e na produção de guias cirúrgicos pelo sistema CAD/CAM, tornando possível a migração para o planejamento em ambiente virtual.^{18,26-28}

A tomografia computadorizada *multislice* e, mais recentemente, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) fornecem imagens volumétricas das estruturas anatômicas da face do paciente. Usando uma sequência de algoritmos matemáticos, os dados podem ser convertidos em imagens 3D do esqueleto maxilo-facial e do tecido mole que o cobre.³ Dessa forma é possível interagir com essas imagens, simulando as mudanças nos tecidos duros e moles.⁵ Embora a TCFC reduza significativamente a exposição à radiação, em comparação com tomografia multislice, ela ainda é maior do que nas radiografias panorâmicas e telerradiografias. As vantagens e desvantagens devem ser parte do processo de decisão ao selecionar o tipo de plano de tratamento.²

Diferentes softwares estão disponíveis para o PCV e a fabricação de guias cirúrgicos, utilizando a tecnologia CAD/CAM.^{5,18,27} O planejamento virtual introduziu uma nova metodologia na rotina de cirurgias buco-maxilo-faciais, que passaram a trabalhar em um ambiente computadorizado.⁵ O PCV é realizado a partir de um modelo virtual composto, construído pela fusão da imagem volumétrica 3D do esqueleto maxilo-facial, obtida com a tomografia, com as imagens das superfícies das arcadas dentárias, obtidas pela digitalização dos modelos.^{3,12} É possível também fundir a fotografia do paciente a este modelo virtual composto.³

A digitalização através de escâneres de superfície é uma forma não invasiva e precisa de capturar as superfícies oclusais e a oclusão, e tem sido sugerida por vários grupos.^{29,30} Swennen et al.³¹ descreveram e validaram uma técnica que utiliza um triplo escaneamento, através de TCFC, que elimina a necessidade do uso de modelos de gesso durante o PCV.

O planejamento virtual apresenta várias vantagens quando comparado ao planejamento convencional, incluindo:

- a) a avaliação diagnóstica é realizada com o auxílio de um modelo virtual 3D. Essa ferramenta de diagnóstico faz com que seja possível avaliar não apenas o *pitch*, mas também *roll* e *yaw*, e outras assimetrias faciais, que poderiam não ser detectadas no exame físico, na análise cefalométrica lateral bidimensional (2D), ou em modelos de gesso montados em um ASA;^{2,3,5}
- b) o PCV fornece ao cirurgião liberdade para simular diferentes procedimentos cirúrgicos, para determinar o planejamento mais adequado ao paciente;^{2,3,5}

- c) a simulação 3D é útil para analisar os ossos e os tecidos moles.^{2,3,5} Novos algoritmos estão sendo rapidamente desenvolvidos, nos *softwares*, para prever as alterações em tecidos moles em resposta ao movimento dos segmentos ósseos subjacentes;^{2,3}
- d) redução no custo final do tratamento, apesar do alto investimento inicial, além de propiciar uma diminuição do tempo dedicado ao planejamento, tanto para o paciente, quanto para o cirurgião.^{1,3,10}

Os guias cirúrgicos são vitais na cirurgia ortognática para que resultados previsíveis sejam obtidos. Apesar dos guias cirúrgicos feitos por CAD/CAM serem precisos,³² ainda pode ser um desafio alcançar a precisão trans-operatória quando movimentos de translação e rotação complexos são realizados nos três planos. O planejamento virtual proporciona novas oportunidades de incorporar sistemas de navegação à cirurgia, que podem ajudar no posicionamento correto dos segmentos ósseos, independentemente do posicionamento do maxilar oposto. Este posicionamento independente minimizaria o erro trans-operatório.^{2,33}

Tucker et al.¹ relataram que residentes de cirurgia poderiam se beneficiar de treinamento cirúrgico virtual e que a simulação por computador tem o potencial de aumentar a previsibilidade na sala de operações. Uma revisão sistemática da literatura realizada por Gurusamy et al.³⁴ demonstrou que o treinamento de realidade virtual para residentes de cirurgia resultou em maior precisão, diminuição do tempo de cirurgia, e diminuição de erros.

Devido à digitalização completa do plano de tratamento, os dados podem ser armazenados *on-line* e economizar o espaço, normalmente ocupado por materiais utilizados no planejamento convencional. O PCV pode ser facilmente visualizado e discutido com os colegas em qualquer lugar do mundo através da internet. O custo final do tratamento pode ser reduzido, devido à diminuição do tempo de cirurgia, de complicações e necessidade de reoperação.^{5,32,10}

Na única revisão sistemática publicada, comparando a precisão entre as técnicas convencional e virtual, Stokbro et al.² incluíram 7 artigos e observaram que, em 6 deles, o critério de sucesso para avaliar o método de planejamento foi uma diferença de até 2mm entre os movimentos planejados e o obtidos. Diferenças menores que 2mm são consideradas clinicamente insignificantes em análise cefalométrica lateral.^{35,36}

As duas principais técnicas para medir a diferença entre o movimento planejado e o movimento obtido são: a) a diferença linear entre superfícies sobrepostas e b) diferença linear entre 2 pontos de referência.² Os pontos de referência, em ambos os modelos pré e pós-operatórios, dão uma estimativa mais fiel da diferença. No entanto, esse método baseia-se na colocação manual dos pontos de referência. Xia et al.¹⁴ calcularam a precisão linear média na colocação desses pontos, que foi de 0,12mm, com um desvio padrão de 0,19mm, o que é uma diferença muito pequena e não clinicamente significativa.

O PCV se mostra promissor no tratamento de deformidades complexas. Através da técnica virtual é possível o tratamento desses casos em único estágio, através de técnicas de espelhamento do lado não afetado sobre o afetado, fabricação de gabaritos para serem usados na escultura de osso autógeno, impressão de modelos para pré-modelar as placas, redução do tempo da cirurgia, e simulação de diferentes planejamentos.²⁶

Em termos de custo benefício, o PCV apresenta algumas vantagens: a) menor tempo gasto pelo cirurgião; b) menor tempo gasto pelo paciente em consultas pré-operatórias; c) menor custo quando aplicado em uma grande escala; d) melhores resultados, principalmente em casos complexos.¹⁰

Uma das questões que ainda requer mais estudos é a cefalometria 3D. O uso do traçado cefalométrico tradicional apresenta uma série de limitações. Os pontos craniométricos variam de um lado para outro, e criam planos variados cuja avaliação é complexa, conforme demonstrado por Xia et al.^{3,37} As assimetrias faciais afetam de forma significativa as medidas cefalométricas 2D. Apenas através de uma avaliação 3D é possível obter uma análise correta, em relação à forma, tamanho, posição e orientação da região maxilo-facial.³⁸ O exame físico, contudo, permanece como uma das etapas mais importantes para o diagnóstico da deformidade e para a determinação do plano de tratamento.^{3,37}

Para Xia e Gateno,³⁹ dois problemas básicos estão associados ao planejamento cefalométrico tradicional 2D. Primeiro, alguns parâmetros não podem ser medidos em cefalogramas planos, tais como a profundidade, enquanto outros parâmetros requerem uso de mais de uma incidência, tais como a forma, a orientação e a posição de uma determinada estrutura. O segundo problema básico ocorre nas assimetrias faciais, onde as medidas cefalométricas 2D estão distorcidas.

Para resolver esses problemas, alguns autores vêm desenvolvendo sistemas de análise cefalométrica 3D,^{27,39} porém mais estudos ainda são necessários.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente estudo é avaliar, através de sobreposições tomográficas, se o PCV é um método preciso no posicionamento da maxila de pacientes submetidos à cirurgia ortognática maxilomandibular, quando comparado ao PCA.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

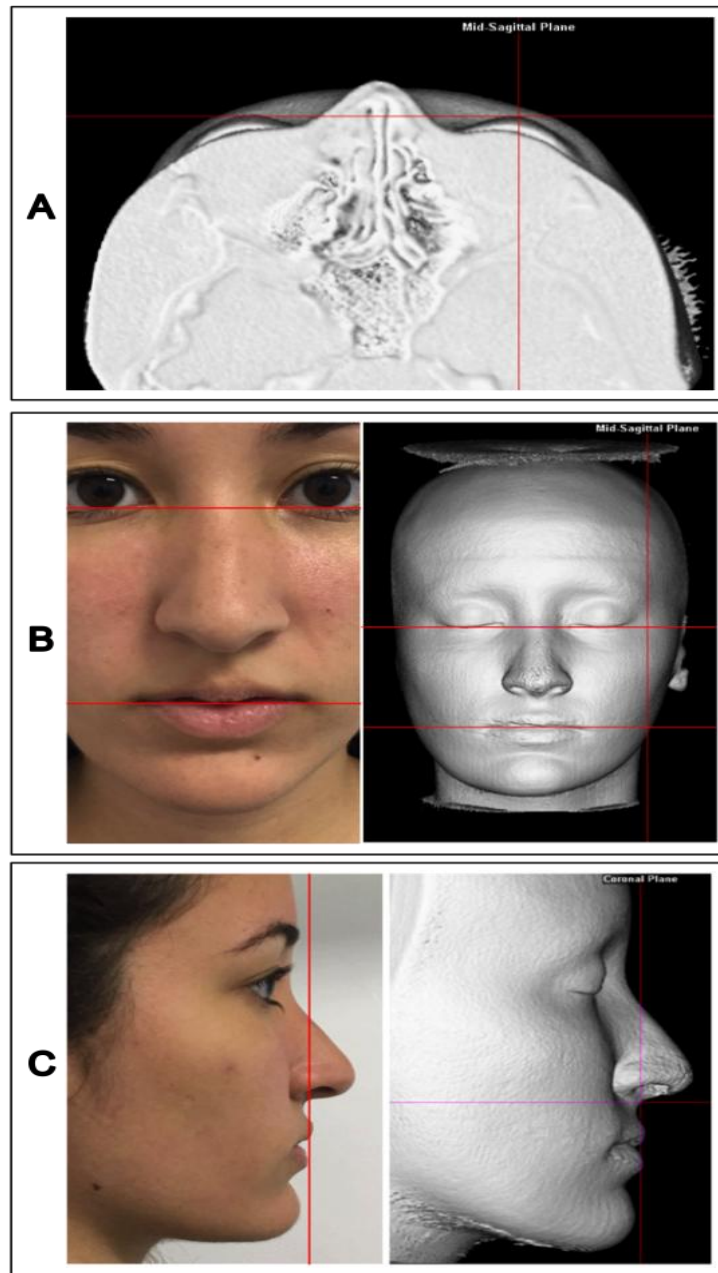
Este é um estudo retrospectivo que analisou 30 prontuários de pacientes adultos submetidos à cirurgia ortognática, entre Março de 2011 e Setembro de 2015, após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto (Anexo A). Todos os pacientes foram operados por uma equipe de professores e residentes. Os critérios de inclusão para o estudo foram os seguintes: a) cirurgia ortognática maxilomandibular; b) disponibilidade de TC pré e pós-operatórias; c) disponibilidade dos registros do planejamento cirúrgico. Os pacientes foram divididos em 2 grupos de acordo com a planejamento cirúrgico realizado: a) planejamento cirúrgico no articulador e b) planejamento cirúrgico virtual.

O plano de tratamento cirúrgico, em ambos os grupos, foi realizado após exame físico, fotografias da face em PNC, análise tomográfica, e estudos dos modelo de gesso, de acordo com o preconizado por Arnett¹¹. A TCFC pré-operatória foi transferida para o Dolphin Imaging (Dolphin Imaging and Management Solutions, Chatsworth, CA, EUA) e a cabeça foi orientada em PNC com o auxílio de dados do exame físico e de fotografias (Figura 1). Foram construídas as seguintes imagens: radiografia panorâmica e telerradiografias em normas frontal e lateral. Traçados cefalométrico e de previsão foram então realizados (Figura 2).

A osteotomia Le Fort I foi realizada em todos os pacientes de acordo com o método descrito por Bell⁴⁰. Um fio de Kirschner inserido no násio sem incisão, como referência externa, e um guia cirúrgico foram utilizados para determinar as posições vertical e horizontal da maxila, respectivamente. Após a eliminação de interferências ósseas, a maxila foi fixada com 4 miniplacas de titânio em forma de "L". A osteotomia mandibular bilateral também foi realizada como descrita por Bell⁴⁰, por meio de osteotomia sagital bilateral da mandíbula ou de osteotomia vertical do ramo. O cirurgião definiu a sequência de cirurgia de acordo com a sua preferência profissional.

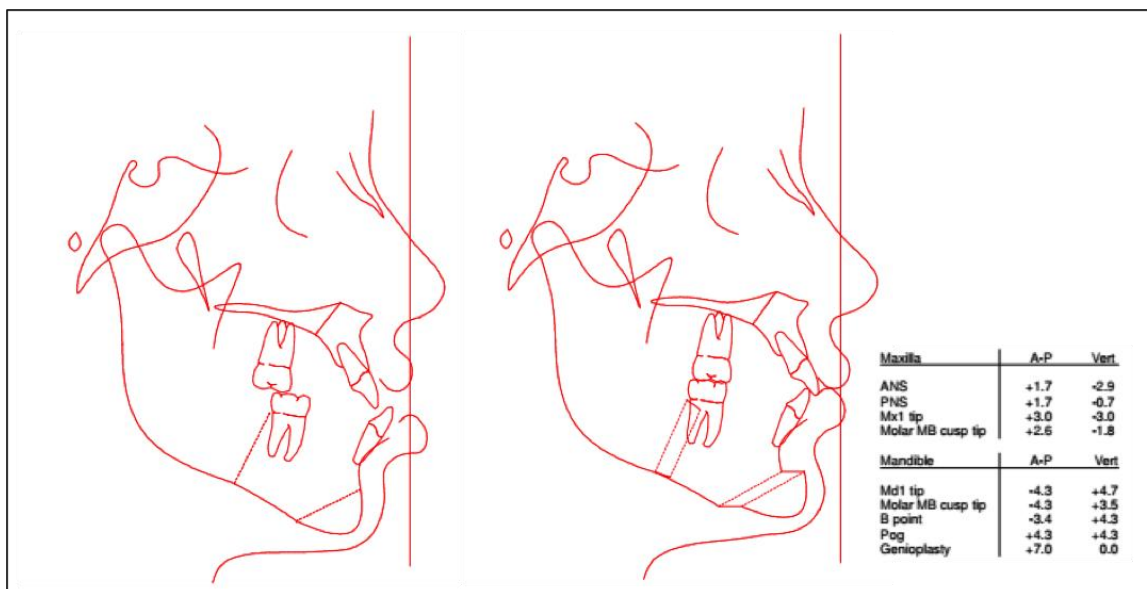
A TCFC pré-operatória foi feita, no mínimo, uma semana antes do procedimento; e a pós-operatória, pelo menos, 10 dias após a cirurgia. O guia intermediário foi fabricado de acordo com o método de planejamento cirúrgico utilizado, PCA ou PCV.

Figura 1 – Orientação de cabeça no Dolphin Imaging



Legenda: A orientação de cabeça deve ser realizada visualizando na TCFC a imagem sólida dos tecidos moles. (A) Deve-se iniciar a orientação pelo *yaw*, em um corte axial, de acordo com o exame físico; (B) em seguida, deve-se corrigir o *roll* em vista frontal, utilizando como referência uma foto frontal em PNC, com linhas horizontais passando pelas comissuras palpebrais e labiais; (C) por fim, a correção do *pitch* em vista lateral, utilizando como referência uma foto de perfil em PNC, com uma linha vertical passando pelo ponto subnasal. Observar como a glabella, os lábios e o pogônio se relacionam com a linha.

Figura 2 – Traçados cefalométrico e de previsão



3.1 Fabricação do guia intermediário no PCA

As cirurgias de modelos no ASA foram realizadas conforme a técnica descrita por Ritto et al.⁴¹ Dois modelos maxilares e 2 mandibulares, para cada paciente, foram montados em um ASA (Bioarte Ltda, São Carlos, SP, Brasil) através de um arco facial (Bioarte Ltda, São Carlos, SP, Brasil) e de um registro de mordida em RC, simulando a condição pré-operatória do paciente (Figura 3A). Um modelo mandibular e outro maxilar foram identificados como Original, para não serem cortados. Em seguida, as seguintes medidas do modelo maxilar Original foram anotadas na ficha de cirurgia de modelos (Anexo B): 1) posição vertical dos incisivos centrais, caninos, e pontas de cúspide mesiovestibular dos primeiros molares (ou segundos, em caso de ausência dos primeiros); 2) posição anteroposterior dos incisivos centrais; 3) posição transversal do ponto de contato dos incisivos centrais, e pontas de cúspide mesiovestibular dos primeiros molares (ou segundos, em caso de ausência dos primeiros). O segundo modelo da maxila foi então cortado e reposicionado de acordo com plano de tratamento, na Plataforma de Erickson (Great Lakes Orthodontic, Tonawanda, NY, EUA). Depois de atingir a posição desejada do arco superior, ele foi colocado de volta no articulador. O segundo modelo inferior foi então cortado, levado à oclusão final, e fixado nessa posição (Figura 3B).

Uma vez que os 4 modelos estavam montados (2 superiores e 2 inferiores), um par de modelos Originais e um par de modelos Operados estavam disponíveis. As medidas dos mesmos pontos eram então registradas na ficha de cirurgia de modelos, a partir do modelo maxilar Operado. Os registros das medidas da maxila Original e maxila Operada, contidos na ficha de cirurgia de modelos, foram utilizados no presente estudo.

Nas cirurgias iniciadas a partir da maxila, o guia intermediário foi fabricado entre o modelo maxilar Operado e o modelo mandibular Original. Já nas cirurgias iniciadas a partir da mandíbula, o guia intermediário foi fabricado entre o modelo mandibular Operado e o modelo maxilar Original. Todos os guias foram fabricados usando resina acrílica autopolimerizável (Jet, Clássico, São Paulo, SP, Brasil).

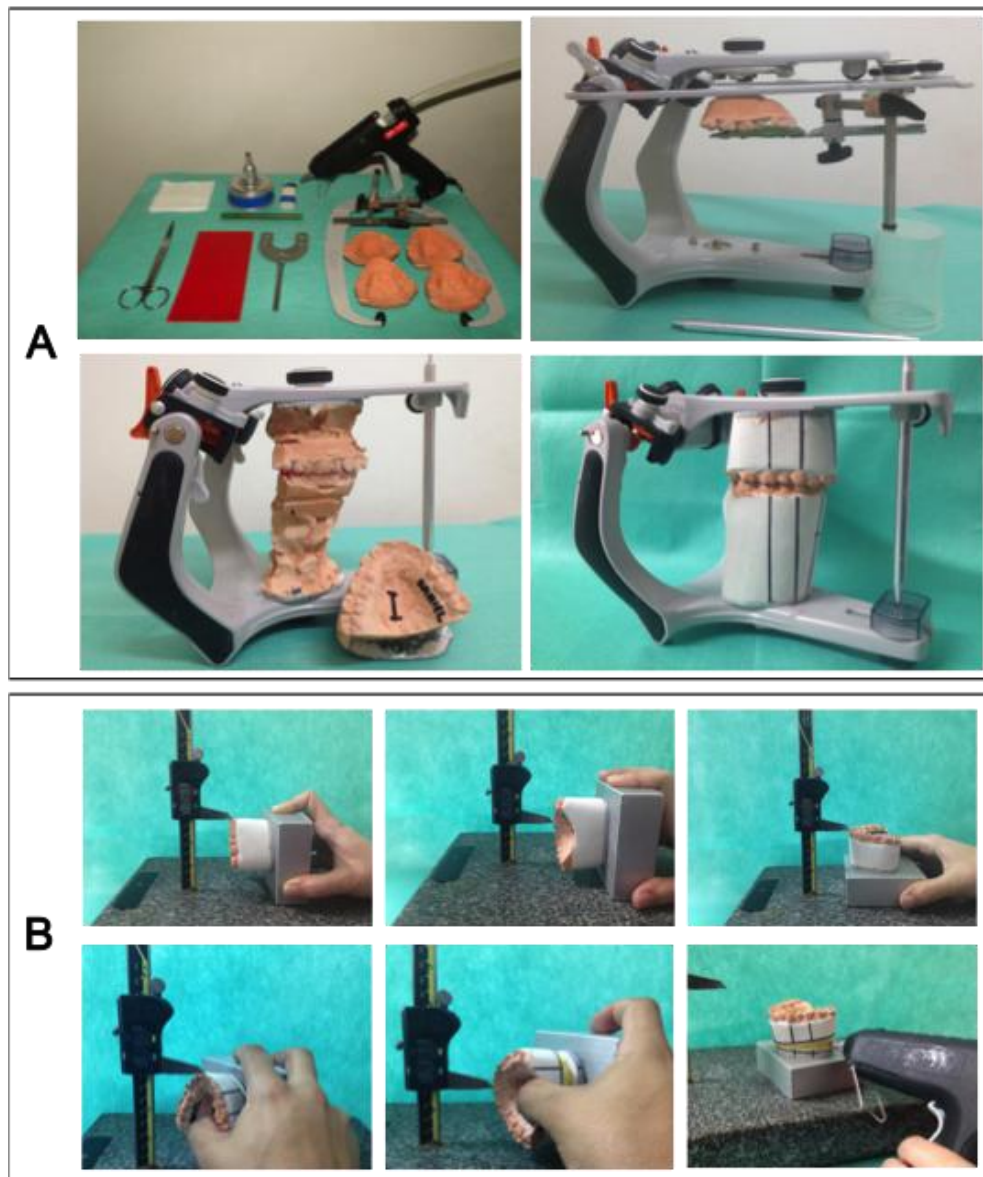
3.2 Fabricação do guia intermediário no PCV

Modelos das arcadas superior e inferior de cada paciente foram obtidos. A oclusão final foi determinada manualmente e os modelos de gesso foram fixados pela superfície interna com o auxílio de um bastão de adesivo aquecido por dispositivo semelhante a pistola, tornando-o um gel, que em seguida retornava ao estado sólido. Esses modelos em oclusão final foram digitalizados com um escâner de superfície 3D a laser 3Shape R700 (precisão de 20 µm; 3Shape A/S, Copenhagen, Dinamarca). Após esse passo, os modelos foram separados e digitalizados individualmente. Os modelos digitalizados individualmente foram então sobrepostos nos modelos digitalizados em oclusão final (Figura 4A). Esta etapa permitiu relacionar os modelos em oclusão final na plataforma virtual, assim como mobiliza-los de forma independente durante o PCV.

Os arquivos dos modelos de gesso digitalizados foram carregados no programa Dolphin Imaging e as arcadas superior e inferior sobrepostas à TC (Figura 4B). Usando a ferramenta *Virtual Model Surgery* do programa, as osteotomias foram, virtualmente, realizadas na maxila e na mandíbula (Figura 4C). A maxila foi então reposicionada, de acordo com o plano de tratamento cirúrgico (Figura 4D). Após o posicionamento da maxila, a posição mandibular foi obtida usando a função *Piggyback* do software; assim, o segmento mandibular distal foi automaticamente

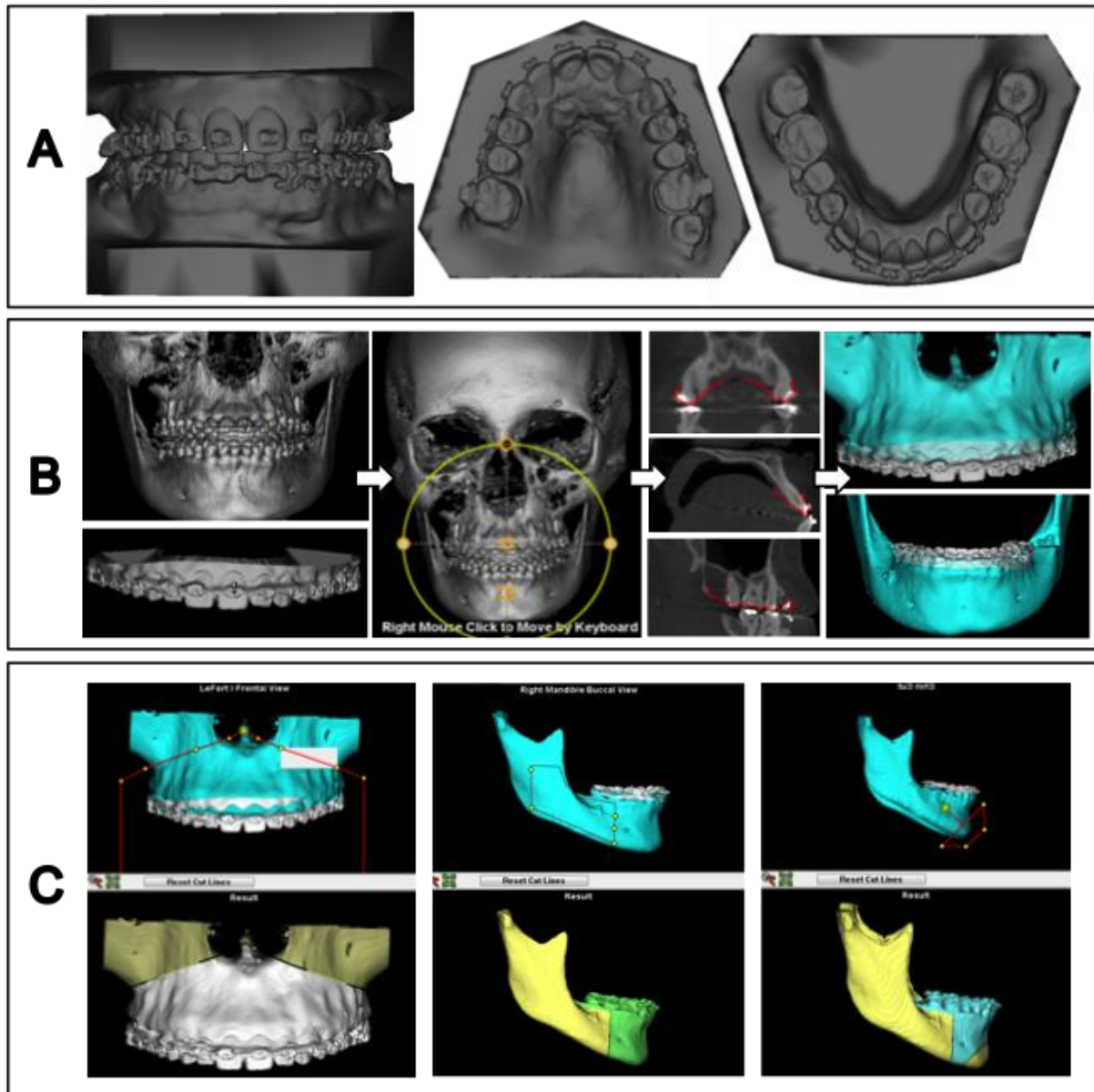
movido para a oclusão final, conforme determinado na manipulação dos modelos de gesso antes da digitalização (Figura 4E). Após essas etapas, a mentoplastia pode ser realizada, se indicada. Finalizada a simulação virtual da cirurgia, os dados do planejamento ficam arquivados no *software*. Esses dados foram utilizados para determinar os movimentos planejados.

Figura 3 – Montagem e cirurgia de modelos no ASA



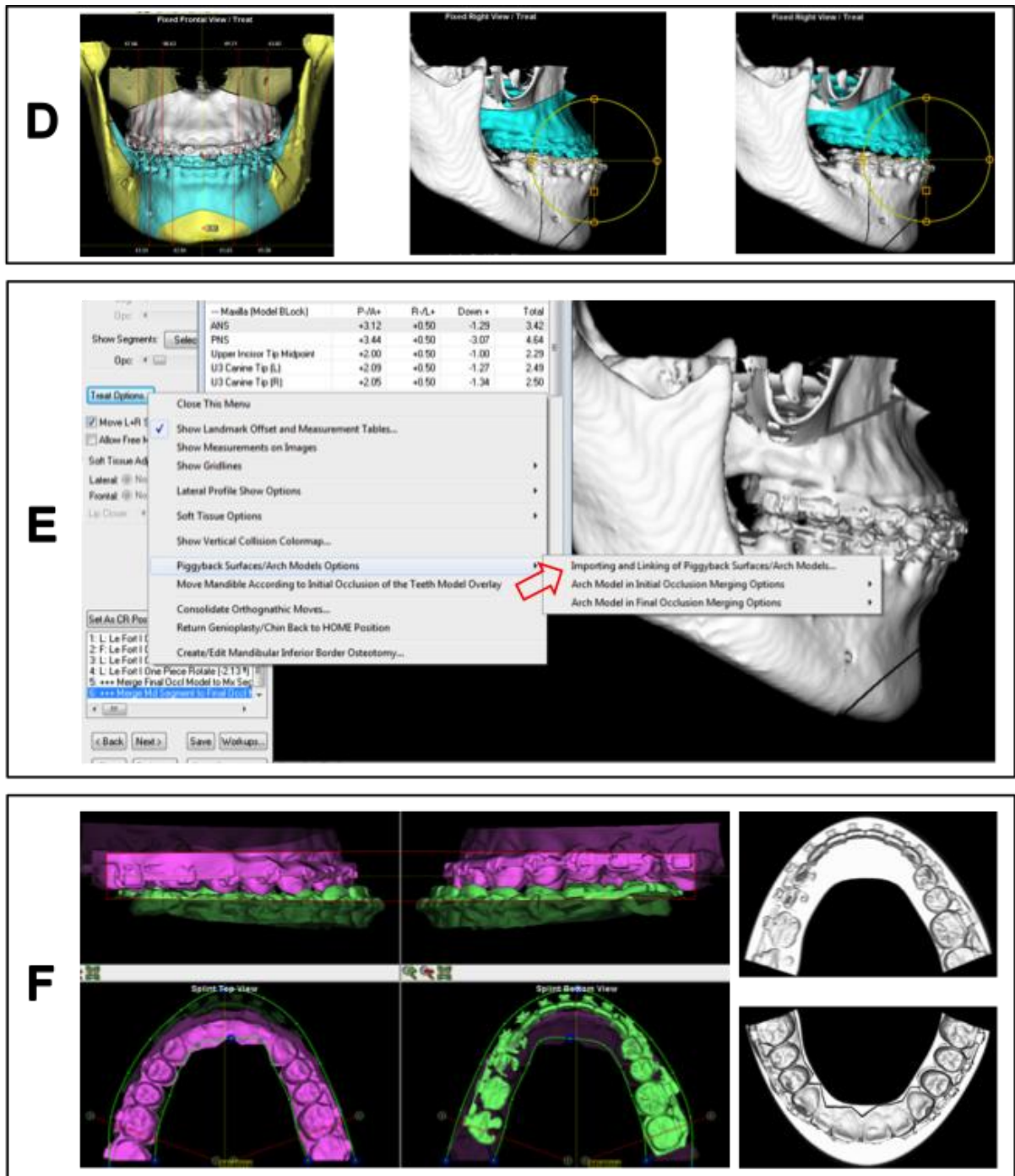
Legenda: (A) Etapas da montagem dos modelos de gesso no ASA, e (B) cirurgia de modelos com o auxílio da Plataforma de Erickson.

Figura 4 – Simulação cirúrgica virtual no Dolphin Imaging



Legenda: (A) Modelos de gesso digitalizados em oclusão e individualmente; (B) sobreposição das arcadas digitalizadas na TCFC; (C) simulação cirúrgica iniciada pela realização das osteotomias no modelo virtual; (D) simulação dos movimentos, iniciando pela maxila. A correção deve seguir a seguinte sequência: *yaw*, *roll* e *pitch*; (E) realização do *piggyback*, levando a mandíbula para a oclusão final; e (F) construção virtual do guia cirúrgico intermediário.

Figura 4 – Simulação cirúrgica virtual no Dolphin Imaging (conclusão)



Legenda: (A) Modelos de gesso digitalizados em oclusão e individualmente; (B) sobreposição das arcadas digitalizadas na TCFC; (C) simulação cirúrgica iniciada pela realização das osteotomias no modelo virtual; (D) simulação dos movimentos, iniciando pela maxila. A correção deve seguir a seguinte sequência: *yaw*, *roll* e *pitch*; (E) realização do *piggyback*, levando a mandíbula para a oclusão final; e (F) construção virtual do guia cirúrgico intermediário.

Um guia intermediário virtual foi fabricado a partir da posição pós-operatória da maxila e a posição pré-operatória da mandíbula, quando a cirurgia foi planejada para iniciar pela maxila; ou a partir da posição pós-operatória da mandíbula e a posição pré-operatória da maxila, quando a cirurgia foi planejada para começar pela mandíbula (Figura 4F). Um arquivo .stl foi gerado, e um guia intermediário foi fabricado, a partir dele, usando um sistema CAD/CAM e resina foto-ativada (Stratasys Objet Eden260VTM;. Stratasys Corporate, Arita Mattsoff VP Marketing, Israel).

3.3 Análise da precisão do posicionamento maxilar

Para avaliar a precisão foram realizadas medidas das distâncias vertical, anteroposterior e transversal de pontos de referência dentários, na maxila. Os pontos analisados nos 2 grupos foram aqueles registrados na ficha de cirurgia de modelos no ASA. Os dentes utilizados como referência foram: 1) os incisivos centrais superiores (11 e 21); 2) os caninos superiores (13 e 23), e 3) os primeiros molares superiores (16 e 17) ou segundos molares superiores (17 e 27), em caso de ausência dos primeiros.

A TC pós-operatória foi sobreposta à TC pré-operatória, através da superposição do *neurocrânio*, usando a função *Superimpose* do Dolphin (Figura 5). Assim, a posição da cabeça pré-operatória, em que a cirurgia foi planejada, foi mantida. Usando imagens sagital, coronal e axial foram medidas as distâncias lineares entre as imagens pré e pós-operatórias, para cada ponto maxilar (Figura 6). As distâncias avaliadas foram:

- a) Distância vertical entre os seguintes pontos maxilares pré e pós-operatórios:
 - Ponto médio na borda incisal do incisivo central direito;
 - Ponto médio na borda incisal do incisivo central esquerdo;
 - Ponta da cúspide do canino direito;
 - Ponta da cúspide do canino esquerdo;
 - Ponta da cúspide mesiovestibular do primeiro molar direito ou segundo

molar direito, em caso de ausência do primeiro molar;

- Ponta da cúspide mesiovestibular do primeiro molar esquerdo ou segundo molar esquerdo, em caso de ausência do primeiro molar.

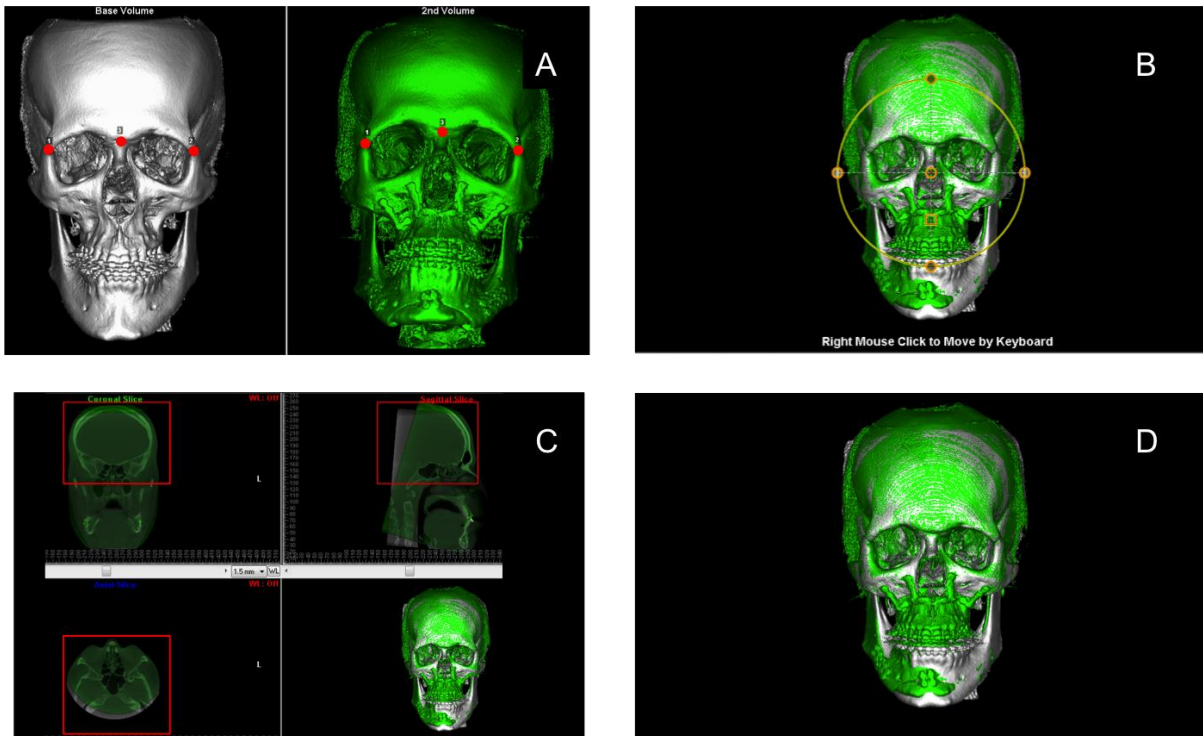
b) Distância horizontal entre os seguintes pontos maxilares pré e pós-operatórios:

- Ponto médio na borda incisal do incisivo central direito;
- Ponto médio na borda incisal do incisivo central esquerdo.

c) Distância transversal entre os seguintes pontos maxilares pré e pós-operatórios:

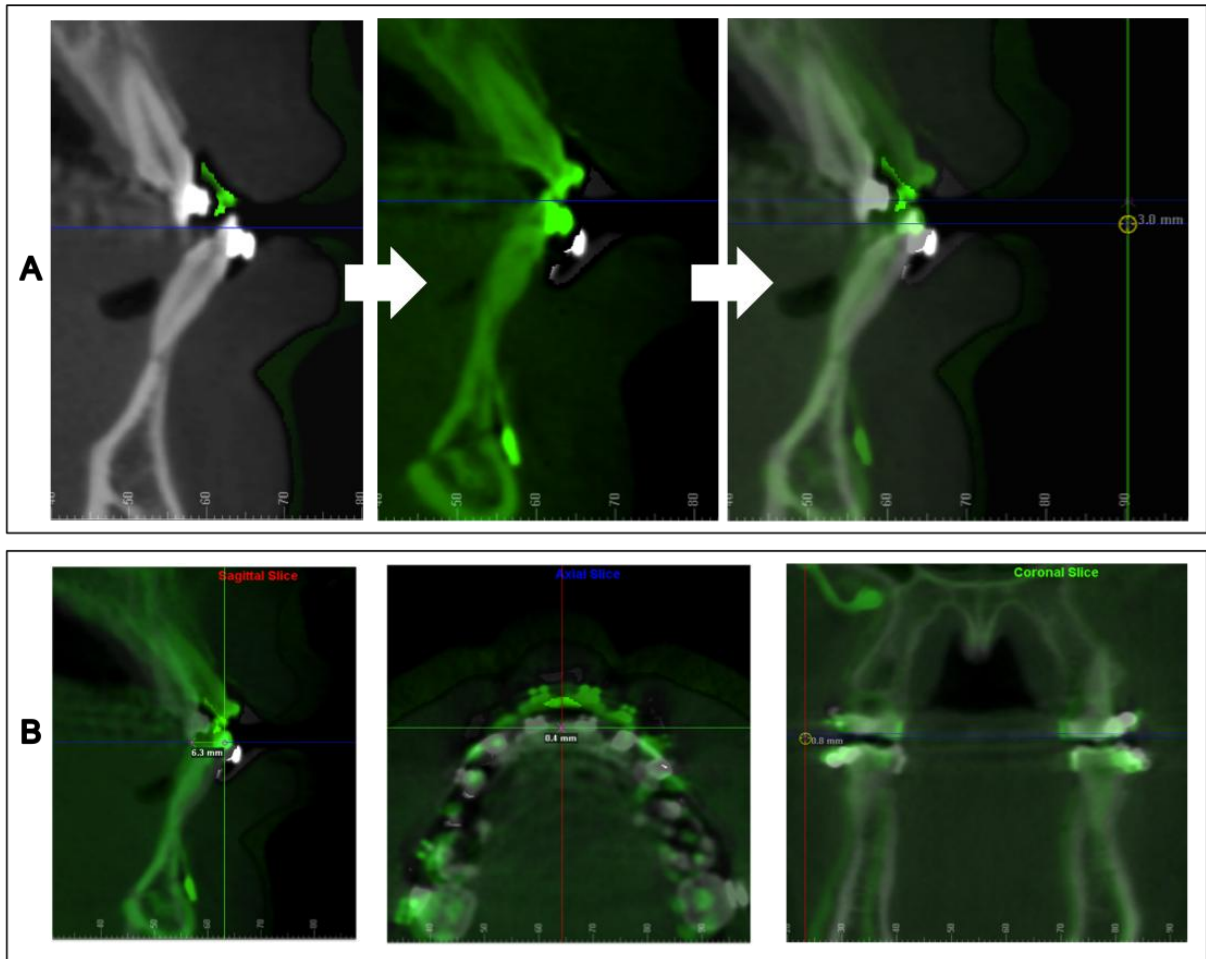
- Ponto de contato entre os incisivos centrais (linha média superior - LMS);
- Ponta da cúspide mesiovestibular do primeiro molar direito (ou segundo molar direito, em caso de ausência do primeiro molar);
- Ponta da cúspide mesiovestibular do primeiro molar esquerdo (ou segundo molar esquerdo, em caso de ausência do primeiro molar).

Figura 5 – Sobreposição das tomografias



Legenda: O processo de sobreposição das TCFCs é realizado em 3 etapas. (A) Primeiro as tomografias são colocadas lado a lado e são escolhidos 3 pontos comuns entre elas, no neurocrânio, gerando uma sobreposição aproximada; (B) em seguida, um refinamento da sobreposição é feito pelo operador; e (C) por fim, utilizando a ferramenta *Auto Superimposition*, é selecionada uma área não envolvida na cirurgia, através de cortes coronal, sagital e axial. Dessa forma o *software* sobrepõe essas estruturas de forma precisa, sem interferência da área modificada pela cirurgia. (D) Sobreposição concluída.

Figura 6 – Realização das medidas nas tomografias computadorizadas sobrepostas



Legenda: As medidas são realizadas através de cortes coronal, sagital e axial. Em branco observamos as estruturas do exame pré-operatório e em verde as do pós-operatório. (A) O *software* dispõe de uma ferramenta com a qual é possível evidenciar, ora a TCFC pré-operatória, ora a pós-operatória, facilitando a seleção dos pontos de referência. (B) Por uma vista sagital realizamos as medidas verticais e anteroposteriores de incisivos e caninos, em um corte axial avaliamos a linha média e em um corte coronal avaliamos as medidas transversais e verticais dos molares.

Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo avaliador, com um limite de 10 exames por dia. Cada medida foi realizada três vezes e obteve-se o valor médio, que foi estatisticamente analisado. Os dados foram anotados na ficha de sobreposição (Anexo C).

3.4 Análise estatística

Os Movimentos Planejados para a maxila foram acessados nos registros da cirurgia modelos, no grupo controle; e nos registros do planejamento virtual, no grupo teste. Já os Movimentos Finais foram determinados através da média das medidas obtidas na superposição das TCFC, que foram anotadas na ficha de sobreposição.

A diferença linear média entre o movimento planejado e o movimento obtido, para cada ponto de referência, foi calculada.

As variáveis categóricas sexo e o tipo de deformidade foram analisadas através do teste de qui-quadrado.

Análises descritivas foram realizadas para determinar a imprecisão média de cada grupo e a frequência. A precisão entre os 2 métodos foi determinada através do teste-t para amostras independentes. Diagramas de caixa foram obtidos para analisar como as medidas se comportaram em cada um dos grupos do presente estudo.

A medida do erro do método foi determinada por medidas repetidas dos mesmos pontos cefalométricos. Todas as medidas foram repetidas, em um intervalo de 15 dias. O erro do método foi calculado através do coeficiente de correlação intraclasse (CCI). Os critérios de Weir⁴² foram utilizados para determinar a confiabilidade do método. O intervalo de confiança foi fixado em 95%, o SPSS versão 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para a análise estatística.

4 RESULTADOS

Um total de 30 pacientes foi incluído na análise de dados, 15 em cada grupo. O grupo de PCA foi composto por 8mulheres e 7 homens; 4 pacientes apresentaram padrão facial Classe II e 11, classe III. O grupo de PCV foi composto por 5 mulheres e 10 homens; 1 paciente tinha padrão facial Classe I, 2 tinha padrão Classe II e 12, classe III. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os 2 grupos em relação ao sexo ($p=0,462$) e o tipo de deformidade ($p=0,425$)(Tabela 1).

Tabela 1 - Sexo e tipo de deformidade

| Variável | PCA | PCV | Valor de p |
|---------------------|----------|----------|------------|
| Sexo, No.(%) | | | |
| Masculino | 7(46,7) | 10(66,7) | p= 0,462 |
| Feminino | 8(53,3) | 5(33,3) | |
| Deformidade, No.(%) | | | |
| Classe I | 0(0) | 1(6,7) | p= 0,425 |
| Classe II | 4(26,7) | 2(13,3) | |
| Classe III | 11(73,3) | 12(80) | |

Levando-se em consideração todas as medidas realizadas, a diferença linear média entre os movimentos planejados e os obtidos, do PCA foi de 1,27mm ($\pm 1,05$ mm) contra 1,20mm ($\pm 1,08$ mm) do PCV. No PCA, 80% dos pontos sobrepostos apresentaram valores menores que 2mm e 49,1% menores que 1mm. No PCV esses valores foram 83,6% e 48,5%, respectivamente.

Ao se avaliar o posicionamento vertical da maxila, observamos que a imprecisão foi similar em ambos os grupos para todas as regiões avaliadas. No PCA a precisão média foi levemente maior nos dentes 11, 21, 26 e 13; enquanto no PCV foi maior nos dentes 16 e 23. Em todos os pontos medidos a imprecisão média do posicionamento vertical foi menor do que 2mm (Tabela 2).

O PCV se mostrou mais preciso no posicionamento anteroposterior da maxila (Tabela 3). No posicionamento transversal o PCA se mostrou mais preciso apenas na LMS (Tabela 4). Em ambos os casos não houve, porém, diferença estatisticamente significativa e a imprecisão média também foi menor que 2mm para todas as regiões avaliadas. A Tabelas 5 apresenta a diferença linear média de acordo com a direção do movimento (vertical, anteroposterior e transversal).

Tabela 2 - Diferença linear média entre os movimentos verticais planejados e obtidos em diferentes pontos de referência da maxila

| Ponto de referencia | Tipo de Cirurgia | n | Média (mm) | Desvio padrão | p |
|---------------------|------------------|----|------------|---------------|-------|
| 11 | articulador | 15 | 1,46 | 1,39 | 0,804 |
| | virtual | 15 | 1,58 | 1,25 | |
| 21 | articulador | 15 | 1,14 | 1,31 | 0,381 |
| | virtual | 15 | 1,57 | 1,32 | |
| 16 | articulador | 15 | 1,42 | 1,30 | 0,533 |
| | virtual | 15 | 1,18 | 0,61 | |
| 26 | articulador | 15 | 1,49 | 1,00 | 0,792 |
| | virtual | 15 | 1,62 | 1,57 | |
| 13 | articulador | 15 | 1,19 | 1,10 | 0,623 |
| | virtual | 15 | 1,38 | 0,96 | |
| 23 | articulador | 15 | 1,11 | 0,89 | 0,577 |
| | virtual | 15 | 1,31 | 1,01 | |

Tabela 3 - Diferença linear média entre os movimentos anteroposteriores planejados e obtidos em diferentes pontos de referência da maxila

| Ponto de referencia | Tipo de Cirurgia | n | Média (mm) | Desvio padrão | p |
|---------------------|------------------|----|------------|---------------|-------|
| 11 | articulador | 15 | 1,36 | 0,69 | 0,310 |
| | virtual | 15 | 1,01 | 1,11 | |
| 21 | articulador | 15 | 1,35 | 0,78 | 0,167 |
| | virtual | 15 | 0,89 | 1,00 | |

Tabela 4 - Diferença linear média entre os movimentos transversais planejados e obtidos em diferentes pontos de referência da maxila

| Ponto de referencia | Tipo de Cirurgia | n | Média (mm) | Desvio padrão | p |
|---------------------|------------------|----|------------|---------------|-------|
| LMS | articulador | 15 | 0,96 | 0,83 | 0,910 |
| | virtual | 15 | 0,99 | 0,87 | |
| 16 | articulador | 15 | 1,26 | 1,07 | 0,408 |
| | virtual | 15 | 0,96 | 0,89 | |
| 26 | articulador | 15 | 1,25 | 1,21 | 0,198 |
| | virtual | 15 | 0,74 | 0,89 | |

Tabela 5 - Diferença linear média entre os movimentos planejados e obtidos de acordo com a direção do movimento para todas as medidas

| Direção do Movimento | Tipo de Cirurgia | Imprecisão média (mm) | Desvio padrão (mm) |
|----------------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| Vertical | articulador | 1,30 | 1,15 |
| | virtual | 1,44 | 1,14 |
| Anteroposterior | articulador | 1,35 | 0,72 |
| | virtual | 0,95 | 1,04 |
| Transversal | articulador | 1,16 | 1,03 |
| | virtual | 0,90 | 0,87 |

Na Figura7 temos os gráficos de caixas demonstrando como a imprecisão ocorreu em cada ponto, no PCA. É possível observar que, apesar de haver imprecisão maior do que 3mm, a imprecisão média ficou em torno de 1mm. Três quartos das medidas estão entre 0 e 2mm aproximadamente.

Na Figura8 temos os gráficos de caixas demonstrando como a imprecisão ocorreu em cada ponto, no PCV. O comportamento foi semelhante ao do PCA, porém a imprecisão média foi levemente superior, de um modo geral.

Após um intervalo de 15 dias, todas as medidas foram refeitas para se avaliar a confiabilidade intra-examinador. Realizou-se o teste de correlação de Pearson, na qual se obteve o coeficiente de correlação intraclasse para cada paciente. Segundo os critérios de Weir⁴², verificou-se uma confiabilidade excelente para todas as medidas reavaliadas (Tabelas 6).

Figura 7 – Gráficos de caixas avaliando a imprecisão em cada região no PCA

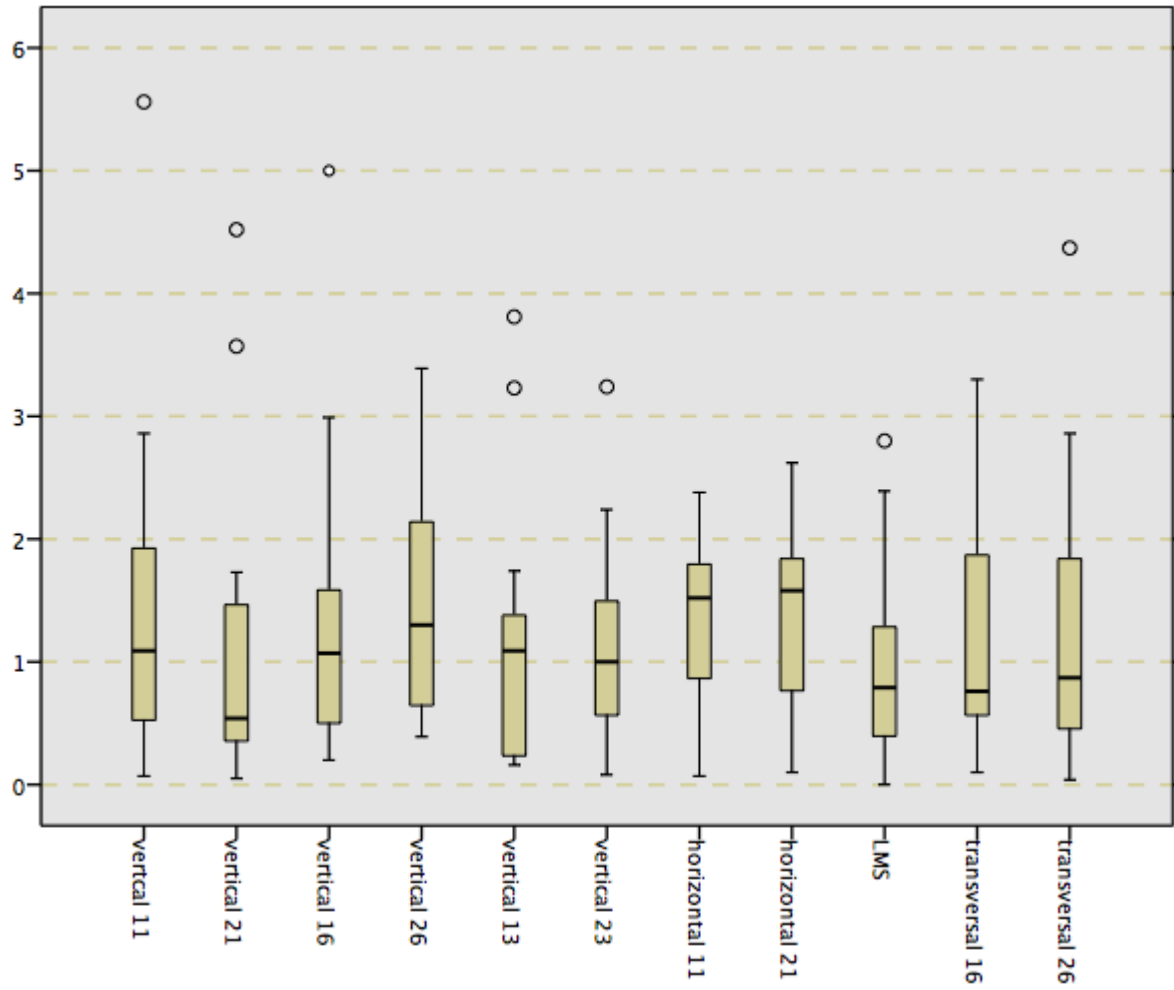


Figura 8 – Gráficos de caixas avaliando a imprecisão em cada região no PCV

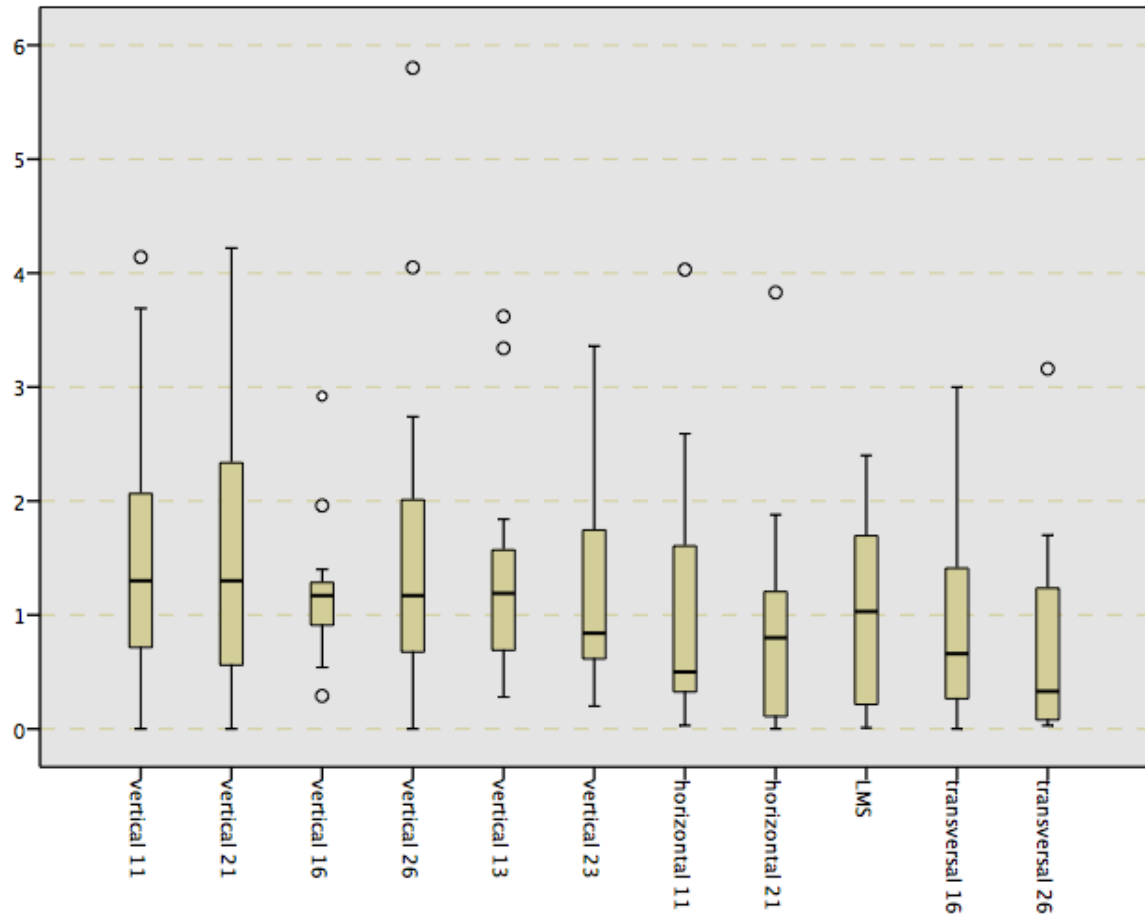


Tabela 6 - Teste de confiabilidade intra-examinador

| Grupo | Paciente | CCI | Confiabilidade* |
|-------|----------|-------|-----------------|
| PCA | 1 | 0,999 | Excelente |
| | 2 | 0,988 | Excelente |
| | 3 | 0,988 | Excelente |
| | 4 | 0,997 | Excelente |
| | 5 | 0,997 | Excelente |
| | 6 | 0,999 | Excelente |
| | 7 | 0,989 | Excelente |
| | 8 | 0,983 | Excelente |
| | 9 | 0,981 | Excelente |
| | 10 | 0,983 | Excelente |
| | 11 | 0,999 | Excelente |
| | 12 | 0,990 | Excelente |
| | 13 | 0,989 | Excelente |
| | 14 | 0,997 | Excelente |
| | 15 | 0,996 | Excelente |
| PCV | 16 | 0,994 | Excelente |
| | 17 | 0,980 | Excelente |
| | 18 | 0,992 | Excelente |
| | 19 | 0,980 | Excelente |
| | 20 | 0,997 | Excelente |
| | 21 | 0,993 | Excelente |
| | 22 | 0,992 | Excelente |
| | 23 | 1,000 | Excelente |
| | 24 | 0,991 | Excelente |
| | 25 | 0,999 | Excelente |
| | 26 | 0,981 | Excelente |
| | 27 | 0,985 | Excelente |
| | 28 | 0,999 | Excelente |
| | 29 | 0,997 | Excelente |
| | 30 | 0,999 | Excelente |

Nota:* Segundo os critérios de Weir⁴², CCI entre 0,8 e 1 indica confiabilidade excelente.

5 DISCUSSÃO

Considerando como critério de sucesso diferenças lineares menores que 2mm, para o posicionamento da maxila em cirurgia ortognática, foi possível determinar que o PCV é uma técnica precisa, com resultados comparáveis ao do PCA. Resultados semelhantes foram obtidos no estudo de Kwon et al.,¹⁷ que comparou o PCV com o PCA. Os autores desse estudo acharam uma diferença linear vertical média total de 1,17mm \pm 0,74 para o PCA e 0,95mm \pm 0,58 para o PCV, resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo (1,27mm \pm 1,05 e 1,20mm \pm 1,08mm, respectivamente). Uma metodologia diferente, porém, foi utilizada. O estudo foi realizado a partir de telerradiografias frontal e de perfil, tanto para a realização do PCV quanto para a avaliação da precisão.

O PCA é uma técnica utilizada há mais de 50 anos, largamente estudada e melhorada ao longo do tempo. O potencial de erro, pelo uso de diferentes coordenadas ao longo do processo de planejamento, é reconhecido e requer muita atenção. Sabendo-se disso, um criterioso controle do posicionamento da cabeça durante todo processo é fundamental. O objetivo é manter o mesmo posicionamento de cabeça durante o exame físico, as fotografias, o traçado cefalométrico e a montagem dos modelos de gesso no articulador. Ao final da montagem, a posição dos modelos é, rotineiramente, conferida, levando-se em consideração medidas realizadas clinicamente e através da tomografia, tais como a sobremordida, o trespasse horizontal e a posição vertical dos caninos e molares. Caso haja algum erro de orientação e posicionamento, é recomendado repetir o processo de montagem. Isso permite uma correta confecção do guia cirúrgico e, conseqüentemente, uma correta transferência do planejamento para o paciente, durante cirurgia.

Outra possível causa de imprecisão da técnica convencional é a dificuldade de análise e quantificação da deformidade, através de imagens 2D. Essa dificuldade pode ser minimizada com o uso de tecnologias 3D em conjunto ao PCA. Todos os pacientes incluídos no grupo controle foram submetidos a um planejamento com o auxílio de imagens 3D, pois um dos critérios de inclusão era a disponibilidade de TCs pré e pós-operatórias. Dessa forma, alterações de posicionamento, orientação, tamanho e forma, complexas de serem avaliadas em imagens planas, puderam ser

quantificadas e corrigidas durante a execução do PCA. Portanto, a análise cefalométrica 2D mesmo tendo sido utilizada, foi complementada com uma análise 3D.

O PCV é uma técnica recente e que depende de um programa de computador, com ferramentas complexas. A funcionalidade de todas essas ferramentas ainda não é totalmente dominada, a cada dia novas ferramentas são descobertas e até mesmo desenvolvidas. Uma vez que falhas sejam identificadas, novas ferramentas e estratégias poderão ser utilizadas para o melhoramento da técnica. Somente o uso a longo prazo é capaz de identificar e corrigir as causas de imprecisões, como ocorreu no caso do PCA.

Na última década foi desenvolvido, pelo grupo do Xia e Gateno, um protocolo conhecido como CASS (*computer-aided surgical simulation*).¹⁴ Trata-se de uma sequência de etapas que incluem: 1) obtenção de múltiplas modalidades de imagem que são usadas para criar um modelo preciso do esqueleto crânio-facial; 2) técnica especial para orientação do crânio na PNC; 3) análise e quantificação da deformidade; 4) simulação da cirurgia no computador e 5) transferência do planejamento para o paciente através de guias cirúrgicos e gabaritos produzidos pela técnica CAD/CAM. Vários estudos conduzidos pelo grupo demonstraram que a técnica é viável, precisa e com um bom custo-benefício^{3,10,14,16,26,37-39,43-45}. Através dos avanços que eles proporcionaram, realizamos algumas adaptações e obtivemos resultados semelhantes quanto à precisão do PCV. Em um estudo prospectivo, multicêntrico, realizado pelo grupo em 2013,¹⁶ o erro médio no posicionamento maxilar foi de 0,6mm no posicionamento vertical, 0,8mm no transversal e 1,0mm no anteroposterior; enquanto no presente estudo foi de 1,4mm, 0,95mm e 0,9mm, respectivamente.

Como a sequência invertida é a técnica preferencialmente utilizada pelos cirurgiões deste estudo, a posição da maxila é determinada pela intercuspidação das arcadas (com o sem o uso de um guia) e pela medida da posição vertical dos incisivos, realizada através de referencial externo fixado ao násio. A mandíbula não foi avaliada no presente estudo, pois nas fichas de cirurgia de modelo no articulador, apenas os movimentos planejados para o maxilar superior estavam disponíveis.

Dentre os parâmetros avaliados, o posicionamento vertical foi o que apresentou maior imprecisão média (1,30mm no PCA e 1,44mm no PCV). No início da cirurgia, a distância entre um ponto no incisivo central superior e um referencial

externo instalado no násio do paciente é anotada. Ao final da cirurgia maxilar, uma nova medida, nos mesmos pontos, deve ser realizada para determinar o posicionamento vertical da maxila, conforme o valor planejado. Porém, um fato pouco observado é que o valor planejado não leva em consideração o movimento anteroposterior a ser realizado. Quanto maior for esse movimento, mais irá influenciar na distância entre o incisivo e o referencial externo. Trata-se de um erro muito pequeno, mas pode ter influenciado nos resultados.

Numerosas técnicas foram demonstradas para o controle vertical trans-operatório da maxila. Kretschmer et al.⁴⁶ utilizaram um referencial externo transcutâneo na região nasal e demonstraram uma imprecisão de 0,5mm. Gil et al.⁴⁷ usaram a região mediocantal como ponto de referência externa e mostraram que o posicionamento vertical da maxila apresentou erros de até 1mm em 97% dos casos. O uso de guias de posicionamento dos segmentos ósseos, que independam de referencial externo, também foi proposto. Zinser et al.³³ criaram guias de posicionamento, que não dependiam do maxilar oposito, para a maxila, a mandíbula e ainda para posicionamento condilar. Trata-se de um protocolo patenteado e que apresentou excelente precisão quanto ao posicionamento da maxila (< 0,23mm). Segundo o autor, as técnicas de posicionamento maxilar que utilizam referencial externo, como a utilizada no presente estudo, controla apenas o movimento na região do incisivo. O plano maxilar e a dimensão posterior não podem ser controlados, podendo haver imprecisão de até 0,6mm. Entretanto, estes dispositivos de posicionamento trans-operatório ainda são pouco acessíveis e de difícil adaptação durante a cirurgia.

Segundo Swennen et al.,²⁷ alguns problemas podem ocorrer, durante a realização da TCFC: 1) O tempo de realização do exame é de 40 segundos, em média, e os pacientes podem se mover durante a aquisição das imagens resultando em artefatos de movimentação; 2) A escala de cinza do mesmo tecido pode variar de acordo com sua posição dentro do campo de visão do tomógrafo. Durante a reconstrução 3D (renderização) a visualização de certas estruturas, como os côndilos, fica prejudicada; e 3) apesar da TCFC produzir menos artefato na região oclusal do que a tomografia computadorizada *multislice*, as imagens não permitem a obtenção de dados precisos das superfícies dentais e da intercuspidação.

As tomografias pós-operatórias, utilizadas no presente estudo, foram realizadas em até 10 dias após a cirurgia. Para Swennen et al.,²⁷ a época ideal seria

entre a terceira e a sexta semanas, pois durante as 2 semanas iniciais do pós-operatório, o edema da mucosa bucal pode interferir na oclusão. Após a sexta semana, a consolidação óssea começa a aparecer e pode dificultar a identificação das linhas de osteotomia. Além disso, a ortodontia é frequentemente retomada a partir desse ponto. Esses cuidados são importantes, sobretudo quando se deseja avaliar a posição mandibular. No entanto, o presente estudo avaliou apenas a posição maxilar, que não sofre interferência de edema ou oclusão.

Uma outra fonte de imprecisão em cirurgia ortognática pode ser a posição do côndilo mandibular na fossa, durante planejamento pré-operatório ou no trans-operatório. Erros no posicionamento da ATM durante exames tomográficos podem afetar o resultado da cirurgia, no PCV.¹⁶ Este erro pode ser eliminado quando o côndilo mandibular é colocado em RC, durante a realização da TC pré-operatória.²

Para Hsu et al,¹⁶ uma das etapas mais importantes do PCV é a correta manipulação da oclusão em relação cêntrica e a fabricação de uma guia oclusal para ser utilizado durante a realização da TC. A captura errada dessa relação pode acarretar em imprecisões no posicionamento anteroposterior dos maxilares (quando os dois côndilos encontram-se em posição protruída no modelo pré-operatório) ou laterodesvios (quando apenas um côndilo encontra-se protruído). Esse erro ocorre quando a maxila é operada primeiro, uma vez que o guia intermediário irá posicionar a maxila utilizando a mandíbula não operada.

Alguns pacientes posicionam habitualmente a mandíbula para frente e/ou para o lado. Se essa alteração não é conhecida pré-operatoriamente, uma relação interoclusal incorreta é obtida e os modelos serão montados imprecisamente. Quando se realiza a cirurgia primeiro na maxila, o guia intermediário não será capaz de posicionar a maxila corretamente, pois a posição mandibular durante a cirurgia será diferente daquela obtida durante a montagem no articulador. O mesmo ocorre no PCV, caso a TC não tenha sido realizada com o paciente em RC. Perez e Ellis⁴⁸ propõem que a oclusão seja checada antes da cirurgia, com o paciente anestesiado, para verificar se está de acordo com a montagem. Caso não esteja correta, uma nova cirurgia de modelos deve ser realizada com a utilização de um registro de mordida obtido no trans-operatório, a cirurgia deve, então, ser atrasada ou adiada. Uma outra alternativa seria iniciar a cirurgia pela mandíbula.^{48,49}

Uma possível solução para um correto posicionamento condilar durante a cirurgia, seria a utilização de um guia de posicionamento condilar e mandibular que

não dependesse da relação interoclusal. Zinser³³descreveu um protocolo patenteado, que utiliza um guia para o posicionamento do segmento proximal, e obteve uma precisão no posicionamento do côndilo mandibular, em RC dentro da fossa glenoidea ($<0,05^\circ$ e $<0,18\text{mm}$).

Trabalhar em um ambiente 3D proporciona uma melhor representação das estruturas anatômicas e oferece uma visão mais precisa de como os côndilos irão se comportar, quando a mandíbula for mobilizada⁵. Se alguma protrusão ou laterodesvio da mandíbula ocorre durante o exame, existe a possibilidade de correção do posicionamento condilar através do software, segundo Stokbro et al.²Entretanto, essa avaliação requer uma sensibilidade muito grande do cirurgião, além de ser um campo que requer mais estudos.

No presente estudo, 15 prontuários de pacientes submetidos ao PCV foram avaliados e a diferença linear média entre o movimento planejado e o obtido foi de 1,2mm, sendo que 83,6% dos pontos sobrepostos apresentaram valores menores que 2mm. Resultados semelhantes foram relatados em diversos estudos que avaliaram a precisão do PCV.^{1,5,13-16,33} Nos estudos conduzidos por Mazzoni et al.,¹⁵Marchetti et al.¹³e Tucker et al.¹foram incluídos, respectivamente, 10, 25 e 20 pacientes. O critério de sucesso foi estipulado como $<2\text{mm}$, assim como o presente estudo. A precisão foi avaliada através da diferença linear entre as superfícies sobrepostas, diferentemente do presente estudo, que avaliou a diferença linear entre pontos de referência. O erro médio encontrado por Mazzoni et al.¹⁵ foi de 1,09mm, com diferenças lineares menores do que 2mm em 86,5% das superfícies sobrepostas. No estudo de Marchetti et al.¹³ 80% dos valores medidos eram menores que 2mm. Tucker et al.¹ encontraram um erro linear médio $<0,5\text{mm}$, com 100% das superfícies com erros abaixo de 2mm, precisão melhor que a encontrada no nosso estudo.

Hsu et al.¹⁶ realizaram um estudo multicêntrico, no qual avaliaram 65 pacientes. No estudo de Xia et al.,¹⁴foram incluídos 5 pacientes e no estudo de Zinser et al.,³³ 8 pacientes preencheram os critérios de inclusão. Os 3 estudos apresentaram metodologias semelhantes, também assumindo um critério de sucesso de $<2\text{mm}$. Outro achado semelhante dos estudos foi que 100% dos pontos sobrepostos apresentaram valores $<2\text{mm}$. Assim como no presente estudo, a precisão foi avaliada pela diferença linear média entre diferentes pontos de referência. No estudo de Hsu et al.¹⁶ a diferença linear média encontrada ficou entre

1 e 1,1mm. No trabalho de Xia et al.¹⁴ a imprecisão média foi de <0,9mm. Um erro linear médio <0,5mm foi encontrado no estudo de Zinser et al.³³

Centenero e Hernández-Alfaro⁵ avaliaram 16 casos e utilizaram o CCI para determinar a precisão do PCV. CCI <0,4 indicaram baixa correlação, valores entre 0,4 e 0,74 indicaram correlação boa/normal e CCI maiores que 0,75 indicaram uma excelente correlação. Dos 17 pontos de referência avaliados, 3 apresentaram baixa correlação, 4 boa/normal e 10 alta. A metodologia desse estudo não permite a comparação com os nossos achados.

O PCA requer a utilização de um aparato extenso. São utilizados: ASA, arco facial, cera para registro, recortador de gesso, massa de modelar, cola quente, entre outros. Dessa forma, o processo é mais dispendioso, além de necessitar de um espaço físico apropriado. O custo-benefício do PCV foi avaliado, e constatou-se que planejamento virtual representa uma economia de tempo para o cirurgião, para o paciente e uma diminuição dos custos quando aplicado em grande escala.¹⁰ O PCV apresenta um investimento inicial alto, mas que se dissolve ao longo do tempo, diferentemente do PCA.

Com o surgimento das tecnologias 3D, todo o processo passou a ser realizado em um mesmo ambiente, com o auxílio de um computador. A terceirização de etapas, como a digitalização dos modelos e a impressão dos guias, deu ao cirurgião mais tempo para que ele se dedicasse ao planejamento e à cirurgia.¹⁰

Um importante avanço na técnica de PCV, utilizada no nosso estudo, foi a forma como a oclusão final é determinada. Xia e Gateno desenvolveram um complexo algoritmo^{39,43} para que os modelos fossem automaticamente articulados. Como este recurso ainda não é de fácil acesso, a solução foi a obtenção de modelos de gesso, a determinação manual da oclusão final, e a digitalização seguindo o protocolo descrito anteriormente. Essa etapa pode ser considerada uma desvantagem, pois há ainda a necessidade de obtenção de modelos de gesso. Entretanto, tais modelos são indispensáveis para a avaliação do preparo ortodôntico e para a determinação da necessidade ou não de segmentação.

Uma correta articulação dos modelos é fundamental para a precisão do planejamento, uma vez que pequenas alterações no posicionamento de qualquer um das maxilares pode gerar assimetria facial, como observado por Ellis²⁰. Em nosso protocolo, a simulação cirúrgica começa pela correção da deformidade da maxila. Com a maxila na posição desejada, é dado ao software o comando para que a

mandíbula seja levada automaticamente para a oclusão final, ou seja, é a oclusão final que determina o posicionamento mandibular.

Nosso protocolo envolve o planejamento sendo feito a partir da maxila, pois a avaliação e a quantificação da deformidade do maxilar superior é mais fácil. Dados importantes como o desvio da linha média e a exposição de incisivos são determinantes no planejamento cirúrgico e devem ser obtidos através do exame físico.⁴⁵ Se, após a simulação cirúrgica da maxila, a mandíbula for levada em oclusão e observar-se a existência de alguma assimetria facial relevante, pequenos ajustes podem ser realizados na posição maxilar de maneira a se obter a melhor harmonia possível.

Muitas vezes o planejamento inicial precisa ser alterado quando o contato entre os segmentos ósseos proximal e distal da mandíbula é pobre ou gera assimetria. Foi demonstrado que o passo mais crítico, para se obter a harmonia facial, é a restauração da simetria mandibular.⁴⁵ Considerando a base do crânio como o centro de rotação, durante a cirurgia ortognática, os pontos mais afastados desse centro formam um arco maior quando girados em torno desse eixo. Portanto, pequenas rotações na maxila podem ter grande repercussão na assimetria mandibular. A possibilidade de observar como os segmentos osteotomizados irão se comportar é uma importante vantagem do PCV. Essa observação pré-operatória pode diminuir o tempo da cirurgia e possíveis complicações.⁵

O planejamento 3D requer um correto posicionamento da cabeça. O PNC é uma posição precisa e reprodutível.^{50,51} Existem dispositivos digitais de orientação, utilizados para capturar a PNC³, porém são equipamentos ainda não disponíveis em nosso serviço. Para superar esse problema, a orientação do modelo virtual da face dos pacientes é realizada utilizando como referência, fotografias dos pacientes em vista lateral e frontal, tiradas em PNC. Essa foi a técnica preconizada tanto para o PCA quanto para o PCV. Porém, não foi objetivo do presente estudo avaliar se o posicionamento de cabeça estava correto. As sobreposições foram realizadas a partir da posição de cabeça orientada no pré-operatório, a mesma utilizada no planejamento. Dessa forma, a existência de erro de orientação de cabeça não interferiu na avaliação da precisão do PCV. Se, no PCA, a orientação utilizada no traçado cefalométrico foi diferente da orientação dos modelos montados no ASA, imprecisões podem ter sido geradas.

A partir de um modelo virtual devidamente orientado, uma análise cefalométrica 3D pôde ser utilizada na análise e quantificação da deformidade. Para tanto, um sistema de referência externa, composto pelos planos sagital, coronal e axial, foi utilizado. Estes planos são fáceis de se definir e não são afetados pela deformidade facial ou assimetrias. Uma avaliação completa da deformidade envolve a análise 3D do tamanho, da forma, da posição e da orientação das estruturas crânio-maxilo-faciais.⁴⁴ Observamos que ambas as técnicas de planejamento cirúrgico apresentaram uma grande precisão no posicionamento do *pitch*, *yaw* e *roll*. Acreditamos que isso se deva ao uso de ferramentas 3D na análise e quantificação da deformidade, mesmo para os casos nos quais o planejamento foi executado no ASA. Importante ressaltar, porém, que nenhum sistema específico de análise cefalométrica 3D foi utilizado.

Um desenho de estudo ideal para a comparação da eficácia de diferentes tipos de tratamento ou técnicas é aquele em que todas as etapas do procedimento são devidamente controladas e em que as amostras sejam aleatoriamente distribuídas entre os grupos controle e teste. A randomização em cirurgia ortognática é um processo difícil, as deformidades apresentam diferentes complexidades, o que pode inviabilizar a criação de grupos homogêneos em relação a: direção dos movimentos, magnitude dos movimentos, anatomia da articulação, densidade do tecido mole, qualidade do preparo ortodôntico. Tem sido relatado que a direção do movimento cirúrgico pode influenciar no grau de precisão do posicionamento maxilar.^{17, 25}

A avaliação somente do posicionamento da maxila foi realizado no presente estudo, pois nas fichas de cirurgia de modelos do PCA, apenas os valores planejados para a maxila eram anotados. Nenhuma informação a respeito do planejamento dos movimentos mandibulares e dos tecidos moles estavam disponíveis.

Durante a triagem dos prontuários foi observado que a técnica de planejamento cirúrgico sofreu uma série de mudanças ao longo do tempo. Antes de 2011, praticamente todos os casos eram planejados através de imagens 2D e com a cirurgia de modelos feita no ASA, com a utilização da Plataforma de Erickson. Entre 2011 e 2013 passou-se a utilizar a TCFC durante o planejamento, porém as cirurgias de modelos de gesso ainda eram realizadas, tanto pela técnica convencional, quanto pela técnica descrita por Wolford e Galiano⁹. A partir de 2014,

o PCV começou a ser utilizado. Um problema observado foi que nem todas as fichas com os dados da cirurgia de modelos puderam ser localizadas. Dessa forma, apenas 15 pacientes puderam ser incluídos em cada grupo.

CONCLUSÃO

O planejamento cirúrgico virtual é uma técnica precisa para o posicionamento da maxila em cirurgia ortognática maxilomandibular. Quando comparada ao planejamento cirúrgico no articulador, apresenta precisão semelhante.

Outras considerações:

A relação custo-benefício do PCV é melhor, pois há uma economia de tempo para o cirurgião, o paciente também economiza tempo em consultas pré-operatórias, há uma redução dos custos quando utilizado em grande escala e todas as etapas do planejamento passam a ser realizadas em um único ambiente e com uma melhor visualização 3D do complexo maxilomandibular.

O presente estudo detectou possíveis fontes de imprecisão no PCV que merecem ser estudadas em busca de soluções. Mais estudos precisam ser conduzidos, para aprimorar os métodos de avaliação tridimensional das deformidades dentofaciais, melhorar a previsão de resposta dos tecidos moles, determinar a correta relação entre côndilo e fossa articular e desenvolver técnicas de navegação cirúrgica.

REFERÊNCIAS

1. TUCKER S, et al. Comparison of actual surgical outcomes and 3-dimensional surgical simulations. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v.68, n.10, p. 2412-21, out. 2010. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239109017625>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
2. STOKBRO et al. Virtual planning in orthognathic surgery. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v.43, n.8, p. 957–965, ago. 2014. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0901502714001283>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
3. XIA JJ, GATENO J, TEICHGRAEBER JF. New clinical protocol to evaluate craniomaxillofacial deformity and plan surgical correction. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 67, n.10, p. 2093-106, out. 2009. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239109005527>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
4. BARBENEL JC, et al. Errors in orthognathic surgeryplanning: the effect of inaccurate study modelorientation. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 39, n.11, p. 1103–8, nov. 2010. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0901502710003103>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
5. CENTENERO SAH, HERNÁNDEZ-ALFARO F. 3D planning in orthognathic surgery: CAD/CAM surgical splints and prediction of the soft and hard tissues results e our experience in 16 cases. **J. CraniomaxilloFac. Surg.**, Stuttgart, v. 40, n.2, p. 162-8, fev. 2012. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1010518211000576>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
6. ELLIS 3rd E, THARANON W, GAMBRELL K. Accuracy of face-bow: transfer effect on surgical prediction and postsurgical result. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 50, n.6, p. 562-7, jun. 1992.
7. GATENO J, FORREST KK, CAMP B. A Comparison of 3 methods of face-bow transfer recording: implications for orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 59, n.6, p. 635-40, jun. 2001. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239101661603>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

8. WALKER F, et al. Face bow and articulator for planning orthognathicsurgery: 1 face bow. **Br. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Edinburgh, v. 46, n. 7, p. 567–72, out. 2008. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0266435608000818>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
9. WOLFORD LM, GALIANO A. A simple and accurate method for mounting models in orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 65, n. 7, p.1406-9, jul. 2007. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S027823910601233X>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
10. XIA JJ, et al. Cost-effectiveness analysis for computer-aided surgical simulation in complex cranio-maxillofacial surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 64, n. 12, p. 1780-4, dez. 2006. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239106013760>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
11. ARNETT W, MCLAUGHLIN RP. Facial and dental planning for orthodontists and oral surgeons. **Mosby**, 2004.
12. SCHENDEL SA, LANE C. 3D orthognathic surgery simulation using image fusion. **Semin. Orthod.**, Philadelphia, PA, v. 15, n. 1, p. 48-56, mar. 2009. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1073874608000698>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
13. MARCHETTI C, et al. Mathematical modeling and numerical simulation in maxillo-facial virtual surgery (VISU). **J. Craniofac. Surg.**, Burlington, v. 17, n. 4, p. 661-667, jul. 2006.
14. XIA JJ, et al. Accuracy of the computer-aided surgical simulation (CASS) system in the treatment of patients with complex craniomaxillofacial deformity: a pilot study. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 65, n. 2, p. 248-54, fev. 2007. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239106018842>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
15. MAZZONI S, et al. Simulation-guided navigation: a new approach to improve intraoperative three-dimensional reproducibility during orthognathic surgery. **J. Craniofac. Surg.**, Burlington, v. 21, n. 6, p. 1698-705, nov. 2010.
16. HSU SSP, et al. Accuracy of a computer-aided surgical simulation protocol for orthognathicsurgery: a prospective multicenter study. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 71, n. 1, p. 128-42, jan. 2013. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239112003965>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

17. KWON TG, et al. Accuracy of maxillary repositioning in two-jaw surgery with conventional articulator model surgery versus virtual model surgery. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 43, n. 6, p. 732-8, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0901502713011880>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
18. XIA J, et al. Computer-assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v.29, n. 1, p. 11-17, fev. 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0901502700801162>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
19. ELLIS 3rd E. Bimaxillary surgery using anintermediate splint to position the maxilla. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 57, n. 1, p. 53-56, jan. 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S027823919990633X>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
20. ELLIS 3rd E. Accuracyof model surgery:evaluation of an oldtechnique and introduction of anew one. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 48, n. 11, p. 1161-7, nov. 1990.
21. MAYRINK G, et al. Comparative study between 2 methods ofmounting models in semiaadjustablearticulator for orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 11, p. 2879-82, nov. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239111000073>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
22. ZIZELMANN C, et al. An evaluation of face-bow transfer forthe planning of orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 70, n. 8, p. 1944-50, ago.2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239111013991>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
23. SHARIFI A, et al. How accurate is model planningfor orthognathic surgery?**Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen,v. 37, n. 12, p. 1089-93, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0901502708002312>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
24. COTTRELL DA, WOLFORD LM. Altered orthognathic surgical sequencingand a modified approach tomodel surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 52, n. 10, p. 1010-20, out. 1994.

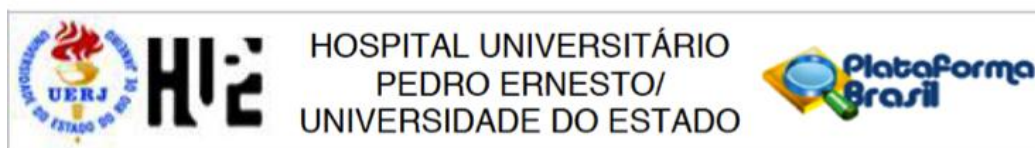
25. WILYE GA, et al. Mandibular model surgery for orthognathic surgery: the Perthtechnique to improve planning. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 3, p. 950-3, mar. 2011. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239110015879>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
26. GATENO J, et al. Clinical feasibility of computer-aided surgical simulation (CASS) in the treatment of complex craniomaxillofacial deformities. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 65, n. 4, p. 728-34, abr. 2007. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239106004344>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
27. SWENNEN GRJ, et al. Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 67, n. 10, p. 2080-92, out. 2009. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239109012257>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
28. SCHENDEL SA, JACOBSON R. Three-dimensional imaging and computer simulation for office-based surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 67, n. 10, p. 2107-14, out. 2009. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239109006107>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
29. SANTLER G. The Graz hemisphere splint: A new precise, noninvasive method of replacing the dental arch of 3D-models by plaster models. **J. Craniomaxillofac. Surg.**, Stuttgart, v. 26, n. 3, p. 169-73, jun. 1998. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1010518298800085>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
30. SWENNEN GR, et al. The use of a new 3D splint and double CT scan procedure to obtain an accurate anatomic virtual augmented model of the skull. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 36, n. 2, p. 146-52, fev. 2007. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0901502706004425>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
31. SWENNEN GR, et al. A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning. **J. Craniomaxillofac. Surg.**, Stuttgart, v. 20, n. 2, p. 297-307, mar. 2009.

32. MCCORMICK SU, DREW SJ. Virtual model surgery for efficient planning and surgical performance. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 3, p. 638-44, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S027823911001503X>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
33. ZINSER MJ, et al. Computer-assisted orthognathic surgery: feasibility study using multiple CAD/CAM surgical splints. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.**, New York, NY, v. 113, n. 5, p. 673-87, mai. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2212440312000296>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
34. GURUSAMY K, et al. Systematic review of randomized controlled trials on the effectiveness of virtual reality training for laparoscopic surgery. **Br. J. Surg.**, v. 95, n. 9, p. 1088–97, set. 2008.
35. DONATSKY O, et al. Computerized cephalometric orthognathic surgical simulation prediction and postoperative evaluation of precision. **Int. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Copenhagen, v. 21, n. 4, p. 199-203, abr. 1992.
36. ONG TK, BANKS RJ, HILDRETH AJ. Surgical accuracy in Le Fort I maxillary osteotomies. **Br. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Edinburgh, v. 39, n.2, p. 96-102, abr. 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0266435600905771>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
37. GATENO J, XIA JJ, TEICHGRAEBER JF. New methods to evaluate craniofacial deformity and to plan surgical correction. **Semin. Orthod.**, v. 17, n. 3, p. 225-34, set. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1073874611000119>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
38. GATENO J, XIA JJ, TEICHGRAEBER JF. Effect of facial asymmetry on 2-dimensional and 3-dimensional cephalometric measurements. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 3, p. 655-62, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239110015028>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
39. CHANG YB, et al. In vitro evaluation of new approach to digital dental model articulation. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 70, n. 4, p. 952-62, abr. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239111003375>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
40. BELL WH, et al. Surgical Correction of Dentofacial Deformities. **WB Saunders**, 1980.

41. RITTO FG, et al. Accuracy of maxillary positioning after standard and inverted orthognathic sequencing. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol**, v. 117, n. 5, p. 567-74, mai. 2014. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2212440314000224>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
42. WEIR JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. **J Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 231-240, fev.2005.
43. CHANG YB, et al. An automatic and robust algorithm of reestablishment of digital dental occlusion. **IEEE Trans. Med, Imaging**, New York, NY, v. 29, n. 9, p. 1652-63, set. 2010. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org.ez25.periodicos.capes.gov.br/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5482178>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
44. GATENO J, XIA JJ, TEICHGRAEBER JF. New 3-dimensional cephalometric analysis for orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 3, p. 606-22, mar. 2011. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239110013546>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
45. XIA JJ, et al. Outcome study of computer-aided surgical simulation in the treatment of patients with craniomaxillofacial deformities. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 7, p. 2014-24, jul. 2011. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239111002114>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
46. KRETSCHMER, WB, et al. Accuracy of maxillary positioning in bimaxillary surgery. **Br. J. Oral Maxillofac. Surg.**, Edinburgh, v. 47, n. 6, p. 446-49, set. 2009. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0266435609002174>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
47. GIL JN, et al. Medial canthal region as an external reference point in orthognathic surgery. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 2, p. 352-55, fev. 2011. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239110010542>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
48. PEREZ D, ELLIS 3rd E. Implications of sequencing in simultaneous maxillary and mandibular orthognathic surgery. **Atlas Oral Maxillofacial. Surg. Clin. N. Am.**, Philadelphia, v. 24, n.1, p. 45-53, mar. 2016. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1061331515000608>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

49. PEREZ D, ELLIS 3rd E. Sequencing bimaxillary surgery: Mandible first. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, PA, v. 69, n. 8, p. 2217-24, ago. 2011. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0278239110015090>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
50. MOORREES CFA. Natural head position-a revival. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 105, n.5, p. 512-13, mai. 1994. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0889540694700141>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
51. BARBERA AL, SAMPSON WJ, TOWNSEND GC. Variation in natural head position and establishing corrected head position. **Homo**, Stuttgart, v. 65, n. 3, p. 187–200, jun. 2014. Disponível em: <<http://www-sciencedirect-com.ez25.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0018442X14000249>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da precisão do posicionamento dos maxilares em cirurgia ortognática comparando a cirurgia de modelos convencional e a cirurgia virtual

Pesquisador: Alan Robert Moreira Schmitt

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 36881614.5.0000.5259

Instituição Proponente: Hospital Universitário Pedro Ernesto

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA EDUCACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 856.767

Data da Relatoria: 21/10/2014

Apresentação do Projeto:

O projeto está apresentado de forma correta

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar a precisão de duas técnicas de planejamento para cirurgia ortognática

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há riscos para os participantes da pesquisa

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O assunto é atual e relevante

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Toda a documentação pertinente foi apresentada

Recomendações:

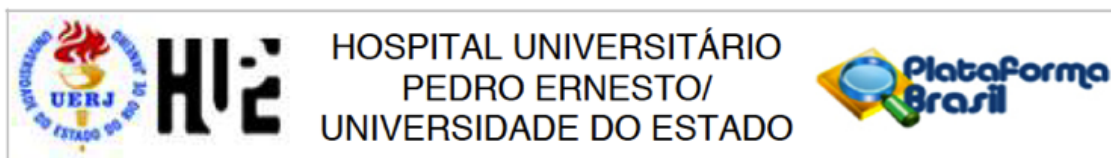
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O trabalho pode ser realizado da forma como foi apresentado

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br



Continuação do Parecer: 856.767

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e termo de consentimento livre e esclarecido. Nestas circunstâncias a inclusão de pacientes deve ser temporariamente interrompida até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas. 2. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes. 3. O Comitê de Ética solicita a V. S^a., que ao término da pesquisa encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto.

RIO DE JANEIRO, 04 de Novembro de 2014

Assinado por:
WILLE OIGMAN
(Coordenador)

Endereço: Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** cep-hupe@uerj.br

ANEXO B – Ficha de cirurgia de modelos no PCA**FICHA DE CIRURGIA DE MODELOS**

PACIENTE: _____

CIRURGIÃO: _____ DATA: _____

PLANEJAMENTO: _____

VERTICAL

| DENTE | VALOR INICIAL | VALOR DESEJADO | VALOR PLANEJADO |
|-------|---------------|----------------|-----------------|
| 11 | | | |
| 21 | | | |
| 13 | | | |
| 23 | | | |
| 16 | | | |
| 26 | | | |

ANTEROPSTERIOR

| DENTE | VALOR INICIAL | VALOR DESEJADO | VALOR PLANEJADO |
|-------|---------------|----------------|-----------------|
| 11 | | | |
| 21 | | | |

TRANSVERVAL

| DENTE | VALOR INICIAL | VALOR DESEJADO | VALOR PLANEJADO |
|-------|---------------|----------------|-----------------|
| LMS | | | |
| 16 | | | |
| 26 | | | |

ANEXO C – Ficha de sobreposição

FICHA DE SOBREPOSIÇÃO

PACIENTE: _____

() PCA () PCV

() 1ª. AFERIÇÃO () 2ª. AFERIÇÃO

DATA ____/____/____

VERTICAL

| DENTE | medida 1 | medida 2 | medida 3 | média | valor planejado | valor obtido | Diferença linear média |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|--------------------|-----------------|---------------------------|
| 11 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |

ANTEROPSTERIOR

| DENTE | medida 1 | medida 2 | medida 3 | média | valor planejado | valor obtido | Diferença linear média |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|--------------------|-----------------|---------------------------|
| 11 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |

TRANSVERVAL

| DENTE | medida 1 | medida 2 | medida 3 | média | valor planejado | valor obtido | Diferença linear média |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------|--------------------|-----------------|---------------------------|
| LMS | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |