

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Lucas Garcia Santana

**MUDANÇAS POSICIONAIS TRIDIMENSIONAIS DOS PONTOS E LINHAS
CEFALOMÉTRICAS DE REFERÊNCIA DE ESTABILIDADE ASSOCIADAS AO
CRESCIMENTO FACIAL**

Belo Horizonte

2017

Lucas Garcia Santana

**MUDANÇAS POSICIONAIS TRIDIMENSIONAIS DOS PONTOS E LINHAS
CEFALOMÉTRICAS DE REFERÊNCIA DE ESTABILIDADE ASSOCIADAS AO
CRESCIMENTO FACIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração: Ortodontia.

Linha de Pesquisa: Crescimento e desenvolvimento do complexo crânio-facial.
Aspectos de relevância clínica

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki

Belo Horizonte

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

S232m Santana, Lucas Garcia
Mudanças posicionais tridimensionais dos pontos e linhas cefalométricas de referência de estabilidade associadas ao crescimento facial / Lucas Garcia Santana. Belo Horizonte, 2017.
71 f. : il.

Orientador: Bernardo Quiroga Souki
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

1. Crânio - Crescimento. 2. Ossos faciais - Crescimento. 3. Cefalometria. 4. Tomografia computadorizada por raios x. 5. Crianças - Desenvolvimento. 6. Imagem tridimensional. I. Souki, Bernardo Quiroga. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 611.716

Lucas Garcia Santana

**MUDANÇAS POSICIONAIS TRIDIMENSIONAIS DOS PONTOS E LINHAS
CEFALOMÉTRICAS DE REFERÊNCIA DE ESTABILIDADE ASSOCIADAS AO
CRESCIMENTO FACIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de Concentração: Ortodontia.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

- 1- Prof. Dr. Robert Willer Farinazzo Vitral – UFJF
- 2- Prof. Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva – PUC Minas
- 3- Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki – PUC Minas

DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 30 de novembro de 2017

A dissertação, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora

Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki
Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares
**Coordenador do Programa de Pós-graduação
em Odontologia**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me manter renovado e com saúde a cada dia, tendo isto como mais importante, as outras coisas proverão.

Aos meus pais, Vander e Edna, agradeço por me darem sempre as condições e suporte necessárias para alcançar meus objetivos, entendendo minha ausência em momentos importantes. Vocês são os maiores responsáveis pela minha caminhada.

À minha irmã Caroline, que sempre aparece em momentos essenciais dando força, sendo uma válvula de escape para momentos difíceis.

Agradeço aos meus colegas da Turma XVII do mestrado em Ortodontia da PUC Minas, Fabíola, Fernanda, Francisco, Lílian, Paula e Valéria. A caminhada não foi fácil, e tenho certeza que a convivência diária com todos vocês me fez crescer como pessoa. Todo sucesso para nossa turma!

Agradeço aos professores do Programa em Ortodontia da PUC Minas, nosso querido COP, liderados de forma séria e competente pelo professor Dauro Oliveira. Professores Armando Lima, Flávio Almeida, Hélio Brito, Heloísio Leite, Ildeu Andrade, José Maurício, José Eymard e Tarcísio Junqueira. Obrigado por tudo! Acredito que cada um de vocês, com suas diferenças, se completam como equipe e fazem deste curso uma experiência única de profissionalismo, dedicação e excelência.

Agradeço ao Professor Bernardo Souki, meu orientador neste trabalho. Sua dedicação, seriedade e zelo durante todo o desenvolvimento deste trabalho foram impecáveis. A forma como você trabalha é admirável, e serei sempre grato por esta oportunidade com você neste projeto. Certamente você é um exemplo que quero seguir.

Agradeço ao Professor Leandro Marques, por me mostrar que a Ortodontia deve ser realizada de maneira séria, e ter me incentivado a realizar este curso.

Aos funcionários da PUC Minas, que são pessoas de suma importância para o bom desenvolvimento das diversas atividades.

Agradeço aos pacientes e seus familiares, pela confiança e paciência com meu trabalho.

“O futuro é um labirinto para quem não sabe o que quer.”
(Charlie Brown Junior).

RESUMO

A base craniana e adjacências é considerada estável do ponto de vista de crescimento e, por isto, tem sido utilizada pela Ortodontia como a referência para a superposição total facial nos estudos sobre os efeitos de tratamentos e do crescimento. O objetivo desse estudo foi testar, por meio de um registro volumétrico tridimensional (3-D), se os pontos e linhas cefalométricas utilizados como referência de estabilidade são de fato estáveis e, portanto confiáveis como referenciais cefalométricos durante o processo de crescimento humano. A amostra deste estudo retrospectivo foi de 67 pacientes, entre 8 e 17 anos de idade, tratados em dois programas de pós-graduação em Ortodontia. Os indivíduos foram divididos em três grupos, de acordo com a faixa etária: Grupo 1 (de 8 a 10 anos); Grupo 2 (de 11 a 13 anos); Grupo 3: (de 14 a 17 anos). As tomografias computadorizadas de feixes cônicos (TCFC), usadas no diagnóstico ortodôntico dos tratamentos realizados nestes pacientes, foram analisadas em dois tempos distintos: pré-tratamento (T0) e pós-tratamento (T1). Avaliações das mudanças 3-D foram realizadas a partir da superposição volumétrica de T1 em T0 na fossa craniana anterior. Mudanças angulares das linhas S-N, N-Ba e do plano horizontal de Frankfurt, além do deslocamento dos pontos cefalométricos Násio (N), Sela (S), Básio (Ba), Pório (Po) e Orbital (Or), nas projeções cartesianas X, Y, Z; e do deslocamento total Euclidiano (3-D) foram quantificadas por meio do *software 3D Slicer*. O nível de significância estatística foi estabelecido em 5%. O teste Kolmogorov–Smirnov confirmou a distribuição normal das variáveis estudadas, e o teste T de Student pareado foi usado para avaliar as mudanças ao longo do tempo. O coeficiente de correlação intra-classe mostrou elevados valores, atestando a adequada repetibilidade intra-examinador. Todos os pontos cefalométricos utilizados como referência de estabilidade apresentaram mudanças estatisticamente significantes em todos os grupos ($P < 0,05$). As linhas S-N e N-Ba, e o Plano Horizontal de Frankfurt apresentaram deslocamentos estatisticamente significantes ($P < 0,05$) no Grupo 1, enquanto que nos Grupos 2 e 3 estas linhas não mostraram diferenças significantes ($P > 0,05$). Conclui-se que os pontos cefalométricos cranianos, considerados estáveis, apresentam mudanças posicionais durante o crescimento facial na infância. Entretanto, a partir dos 11 anos de idade, as linhas cefalométricas de referência de estabilidade são mais confiáveis para avaliações de crescimento.

Palavras-chave: Crescimento e desenvolvimento. Cefalometria. Tomografia computadorizada por raios X. Imagem tridimensional.

ABSTRACT

The cranial base (BC) and adjacencies is considered stable from the point of view of growth, and for this reason it has been used in Orthodontics as one of its references for superimposition and growth analysis. Several points and cephalometric lines have been presented as stable references for measurements and superimpositions. The objective of this study was to test, through a three-dimensional volumetric (3-D) method, if the cephalometric points and lines used as a reference of stability are in fact stable and therefore reliable during the growth process. The sample of this retrospective study was of 67 adolescents between 8 and 17 years of age treated in two graduate programs in Orthodontics. The individuals were divided into three groups, according to the children's age: Group 1 (from 8 to 10 years); Group 2 (from 11 to 13 years old, Group 3: (from 14 to 17 years old). Cone-beam CT scans used for the orthodontic diagnosis were analyzed at two different times: pre-treatment (T0) and posttreatment (T1). The volumetric superposition of T1 in T0, at the anterior cranial fossa, allowed the assessment of the 3-D changes. Angular changes of the S-N, N-Ba and Frankfort horizontal plan, as well as the displacement of the cephalometric points Nasion (N), Sella (S), Basion (Ba), Porion (Po) and Orbitale (Or), in the Cartesian projections X Y Z; and Euclidean total displacement (3-D) were quantified using the Slicer software. The level of statistical significance was set at 5%. The Kolmogorov-Smirnov test confirmed the normal distribution, and the paired Student's t-test was used to evaluate the changes along the time. Intra-class correlation (ICC) showed high values intra-examiner repeatability. All cephalometric points used as stability reference showed statistically significant changes in all groups ($P < 0.05$). The S-N and N-Ba lines and the Frankfurt Horizontal Plan showed statistically significant displacements ($P < 0.05$) in Group 1, while in Groups 2 and 3 these lines did not show significant differences ($P > 0,05$). It is concluded that cranial cephalometric points considered stable showed positional changes during facial growth, and that from the age of 11, these cephalometric stable lines are more reliable for cephalometric evaluations.

Keywords: Growth and development. Cephalometry. Tomography, X-ray computed. Imaging, three-dimensional.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2-D	Bidimensional
3-D	Tridimensional
Ba	Básio
BC	Base do crânio
DICOM	Comunicação de imagens digitais em Medicina
FOV	<i>Field of view</i>
N	Násio
N-Ba	Linha násio-básio
Or	Orbital
PHF	Plano Horizontal de Frankfurt
Po	Pório
PUC Minas	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerias
S	Ponto S
S-N	Linha sela-násio
TCFC	Tomografia computadorizada de feixes cônicos

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Orientação dos modelos no sistema de coordenadas cartesianas.....	33
FIGURA 2 - Aproximação e sobreposição de T1 em T0 na fossa craniaiana anterior	34
FIGURA 3 - Identificação dos pontos cefalométricos em T0 e T1.....	35
FIGURA 4 - Identificação dos pontos cefalométricos no <i>3-D Slicer</i> - eixo X.....	36
FIGURA 5 - Identificação dos pontos cefalométricos no <i>3-D Slicer</i> - eixo Y.....	36
FIGURA 6 - Identificação dos pontos cefalométricos no <i>3-D Slicer</i> - eixo Z.....	37
FIGURA 7 - Linha S-N para medidas angulares de <i>pitch</i>	37
FIGURA 8 - Linha N-Ba para medidas angulares de <i>pitch</i>	38
FIGURA 9 - Plano Horizontal de Frankfurt para medidas angulares de <i>pitch</i>	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Mínimo, máximo e média de idade.....	31
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 Considerações iniciais.....	21
1.2 Estado da arte.....	21
2 OBJETIVOS.....	27
2.1 Objetivo geral	27
2.2 Objetivos específicos.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Desenho do estudo	29
3.2 Hipóteses	29
3.3 Amostra.....	30
3.3.1 Critérios de inclusão.....	30
3.3.2 Critérios de exclusão.....	30
3.3.3 Variáveis dependentes.....	31
3.3.4 Variáveis independentes	31
3.4 Método de registro	31
3.5 Método de medida	31
3.6 Calibração.....	39
3.7 Método de análise	39
4 ARTIGO	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS	65
ANEXO A - Parecer Consubstanciado do CEP PUC Minas	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Em 2013, sob a coordenação do Professor Bernardo Quiroga Souki, teve início no Programa de Pós-graduação em Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gérias (PUC Minas) uma linha de pesquisa avaliando por meio de imagens tridimensionais obtidas de tomografias computadorizadas de feixes cônicos (TCFC), mudanças esqueléticas associadas ao crescimento normal e mudanças associadas a intervenções ortodônticas e ortopédicas. O primeiro projeto de pesquisa, teve como objetivo avaliar os efeitos esqueléticos do ativador Herbst. Este projeto de pesquisa vem envolvendo, desde então, uma sequência de alunos da PUC Minas em nível de Mestrado e Doutorado, com uma significativa produção de dissertações e trabalhos científicos. Neste projeto criaram-se parcerias com um serviço de Radiologia Odontológica (Life Imagem) e com o Laboratório de Imagens da Universidade de Michigan (*Dental and Craniofacial Bionetwork for Image Analysis – DCBIA*).

Dentro deste projeto guarda-chuva, um dos braços é a presente investigação, que teve como objetivo geral avaliar, através de um registro volumétrico tridimensional (3-D), se os pontos e linhas cefalométricas utilizados como referência de estabilidade, são estáveis e, portanto, confiáveis durante o processo de crescimento facial humano. Um objetivo secundário foi avaliar se eventuais mudanças posicionais destes pontos de referência irão impactar em medidas que tem como referência linhas da base craniana de análises cefalométricas.

Apresentam-se de forma completa nessa dissertação de Mestrado os dados referentes ao primeiro objetivo geral, e de forma preliminar os achados dos primeiros casos analisados que se referem ao segundo objetivo geral.

1.2 Estado da arte

A introdução da radiografia na Odontologia, no século passado, e mais precisamente, a padronização da telerradiografia em norma lateral em 1931 por Broadbent (BROADBENT, 1931), proporcionou um excelente instrumento auxiliar de diagnóstico ortodôntico. A partir disto foi possível avaliar o crescimento e

desenvolvimento da face, sendo esta uma importante ferramenta na prática ortodôntica contemporânea. De forma praticamente unânime, para um bom diagnóstico e plano de tratamento de pacientes em crescimento, os ortodontistas contam com as informações oferecidas pelas análises cefalométricas convencionais (ARAT, 2003). Já nas primeiras observações, ficou claro que a base do crânio (BC) era a primeira estrutura a se desenvolver e a mais estável ao longo dos anos no complexo craniofacial (STEINER, 1953; BJORK, 1955; FORD, 1958; STEUER, 1972).

A BC é formada inicialmente por cartilagens, ainda na fase embrionária, continuando na primeira infância, adolescência e chegando até a idade adulta (STEUER, 1970). Através da ossificação endocondral, a cartilagem vai sendo substituída até a formação de osso. Em resumo, pessoas jovens têm quatro sítios de crescimento na base do crânio na direção ântero-posterior: 1) sincondrose esfenoccipital, 2) sincondrose esfenotmoidal, 3) cartilagem entre osso etmoide e osso frontal e 4) osso frontal (FORD, 1958).

Estudos mostraram que o plano cribiforme não cresce significativamente após os 7,7 anos, sendo que, após a irrupção dos primeiros molares permanentes, ela permanece imutável (FORD, 1958; COBEN, 1998; BASTIR, 2006). O forame cego e a crista galli também se mostram estruturas estáveis em diversas fases de crescimento (AFRAND, 2014; AFRANDO, 2017). Porém estes conceitos tem sido questionados. Sabe-se que outras estruturas da base craniana, como a sincondrose esfenoccipital e osso frontal, continuam ativas até fases tardias do desenvolvimento (COBEN, 1998; AFRAND, 2014). A sincondrose esfenoccipital continua ativa até cerca de 20 anos, e sua atividade afeta a estabilidade da base anterior do crânio (COBEN, 1998). O osso frontal também continua a se desenvolver na fase de adolescência, sendo uma área de grande instabilidade da BC, tanto no sentido vertical, sagital e transversal (STEUER, 1972; AFRAND, 2014).

Análises cefalométricas consagradas, como as de Björk, Steiner e Ricketts utilizam a BC como referência para obter dados e realizarem a superposição de traçados (ARAT, 2003; ARAT, 2010). Numerosos planos e pontos foram sugeridos para as sobreposições cefalométricas, como os pontos násio (N), básio (Ba), ponto T, ponto Pt, ponto S (S), ponto W (ARAT, 2003; PIERI, 2007; MALTA, 2009; AFRAND, 2014), linha S-N, com referência em S, ligando os pontos N e S (STEINER, 1953), linha N-Ba, ligando os pontos N e Ba, CC-N (base craniana

anterior), CC-Ba (base craniana posterior) (RICKETTS, 1981) e Po-Or, ligando os pontos Pório (Po) Orbital (Or), também chamado de plano horizontal de Frankfurt (JACOBSON, 1995; ARAT, 2003; PIERI, 2005; MALTA, 2009; AFRAND, 2014).

A sobreposição da BC mostra uma tendência da face de deslocamento para baixo e para frente, através de uma combinação de remodelação (deposição e reabsorção) e deslocamento (primário e secundário). Sabe-se também, que o crescimento da maxila está diretamente relacionado com a BC anterior, e a mandíbula com a BC posterior (ENLOW, 1990).

Realizar superposição cefalométrica tendo como referência a BC é confiável (FORD, 1958), contudo, a BC não é totalmente imutável, apresentando variações durante o crescimento e desenvolvimento (FORD, 1958; STEUER, 1970; PIERI, 2005; AFRAND, 2014; AFRAND, 2017). A aposição de ossos na região frontal e o aumento do tamanho do seio frontal afetam o ponto N e contribuem para o aumento do comprimento do crânio anterior. A sela túrcica sofre remodelação e se move para trás e para baixo durante o crescimento, afetando a posição do ponto S (AFRAND, 2014). A utilização da linha N-Ba mostra resultados satisfatórios para sobreposições, porém seu movimento para cima em relação ao plano cribiforme durante o crescimento, teoricamente é uma desvantagem (FORD, 1958). Segundo Peiri (2005), a média anual de variação para as medidas N-Ba (base craniana total) é de 1,42 mm, CC-N (base craniana anterior) de 0,74 mm, CC-Ba (base craniana posterior) de 0,64 mm, com o gênero masculino crescendo significativamente mais que o feminino. Estas variações devem ser observadas e levadas em consideração durante a previsão de crescimento, tendo assim influência sobre tratamentos durante o diagnóstico e tratamentos ortodônticos.

Além das estruturas localizadas na BC, outra referência utilizada para análise cefalométricas é o Plano Horizontal de Frankfurt (PHF). Em 1984, após deliberação ocorrida no Congresso Geral da Sociedade Alemã de Antropologia, foi reconhecido o Plano Von Ihering como plano horizontal transversal que a cabeça assume em posição normal, sendo este chamado de Plano Horizontal de Frankfurt. O PHF no crânio é dado pela união dos pontos Pório (borda superior e externa do meato acústico externo) e orbitário (ponto mais inferior da margem da órbita), alcançando assim uma uniformidade na pesquisa craniométrica. Supostamente o PHF reproduz diferenças máximas na configuração do crânio entre os grupos raciais com a menor variabilidade dentro de cada grupo (MOORREES, 1958; JACOBSON, 1995). O PHF

é uma referência útil para o estudo de esqueletos, mas não para orientação da posição de cabeça natural em vida, porque o PHF localizado em vida é normalmente distribuído em torno de uma horizontal verdadeira extracraniana.

Em 1922, Paccini transferiu os pontos de referências craniométricos utilizados na antropologia para a radiografias para o estudo do crescimento craniofacial. Com isto, o ortodontista que lidava com sujeitos vivos, em vez de um crânio inerte, usou o PHF com fidelidade em cefalometria (JACOBSON, 1995).

Os estudos clássicos realizados com o objetivo de se avaliar como ocorre o crescimento craniofacial utilizaram-se de observações lineares das estruturas do crânio, sendo possíveis através de métodos de análise cefalométrica, por meio de imagens radiográficas bidimensionais (2-D). Porém, este tipo de análise está sujeita a erros frequentes, seja por imagens de baixa qualidade ou pela dificuldade de se observar as variadas estruturas da base craniana que se sobrepõem, levando a erros do observador (CEVIDANES, 2006). Além das diferentes interpretações de sobreposições, a análise cefalométrica 2-D utiliza-se de pontos anatômicos e planos de estruturas variadas da base do crânio que se sobrepõem, e assim, a sua utilização é passível de erros individuais (CEVIDANES, 2006). Mesmo com radiografias de ótima qualidade, identificar as estruturas necessárias pode gerar dificuldades e tornar-se um fator limitante de sua utilização (ARAT, 2003; CEVIDANES, 2006).

Com o advento das tomografias computadorizadas de feixes cônicos (TCFC), e seu uso pela Odontologia, é possível realizar análises das estruturas faciais através de imagens 3-D. Uma das vantagens da TCFC, além da reprodução de radiografias em 2-D, é a possibilidade de reconstrução morfológica do crânio em três dimensões, permitindo uma completa visualização e mensuração das estruturas craniofaciais (CEVIDANES, 2006; MOTTA, 2010). Desde o primeiro artigo publicado, em 1998, o uso da TCFC como método de diagnóstico 3-D tem aumentando ao longo dos anos, especialmente na Ortodontia, diminuindo os erros causados por análise em 2-D (MOTTA, 2010).

Qualquer exame radiográfico, bem como a TCFC representam para a saúde riscos, embora pequenos, para os pacientes que as realizam. Preocupações com aumento no número de exames realizados e suas consequências à saúde e os riscos de câncer devem ser levadas em consideração, mesmo a TCFC

apresentando níveis de radiação menores se comparada com as tomografias médicas (CEVIDANES, 2011).

O objetivo da sobreposição 3-D de imagens em série é entender como as mudanças no tamanho e posições esqueléticas e dos componentes faciais dos tecidos moles contribuem para as mudanças do tratamento ortodôntico/ortopédico ou cirúrgico. Tal compreensão tem o potencial de melhorar as nossas interpretações de variações nas respostas do paciente ao tratamento. Antes de entender como as aplicações de TCFC podem ser traduzidas para uma melhor avaliação dos resultados do tratamento, é necessário compreender o registro 3-D e processos de sobreposição (CEVIDANES, 2011).

Com as novas ferramentas de análise de imagens 3-D, podemos superar algumas das limitações das sobreposições cefalométricas. A reconstrução das estruturas do crânio em 3-D permite sobreposições fiéis para avaliação do crescimento, através de medidas qualitativas e quantitativas, o que não é possível em 2-D, permitindo assim usá-las com mais confiabilidade no diagnóstico, planejamento e plano de tratamento ortodôntico (MOTA, 2010). O método de sobreposição em 3-D permite um registro volumétrico, o que elimina os sistemáticos erros da sobreposição em 2-D (CEVIDANES, 2006).

O método de sobreposição automatizado representa uma inovação, pois é totalmente baseado em registros em *voxels* (que compara os níveis e intensidades de cinza das imagens), o que elimina o erro em quando se depende de uma sobreposição através de pontos anatômicos específicos (MOTA, 2010). A automação dos métodos 3-D permite uma análise da imagem independente de erros do observador (CEVIDANES, 2006; CEVIDANES, 2010; MOTTA, 2010).

Outra vantagem é o uso de estruturas anatômicas em tamanho e forma reais, ao invés de imagens sobrepostas projetadas. Avaliações de superfícies tridimensionais em comparação com ângulos e linhas cefalométricas podem implicar em resultados mais detalhados e confiáveis (MOTTA, 2010).

Análises das imagens de TCFC em série para avaliar as mudanças ao longo do tempo incluem quatro passos: construção do modelo virtual em 3-D; registro de imagens; sobreposição dos modelos 3-D; mensuração quantitativa das mudanças (CEVIDANES, 2009; CEVIDANES, 2011). Existem diferenças nos resultados encontradas em superposições de imagens 3-D em relação a indivíduos em crescimento e sem crescimento. Indivíduos nos quais o crescimento da base do

crânio está completo, o registro é feito usando os conjuntos de dados de nível de cinza em toda a superfície da base do crânio. Quanto maior a superfície utilizada, melhor será o registro. Por este motivo, para os pacientes adultos toda a superfície da base do crânio é utilizada para o registro. Com o crescimento ainda ativo na sincondrose esfeno-occipital, paredes laterais do crânio, bem como dos lobos frontais (COBEN, 1998; CEVIDANES, 2009), o registro para superposição requer duas etapas. Em primeiro lugar, um alinhamento inicial da cabeça (aproximação) é feito de maneira manual, não automatizada, utilizando toda a base do crânio, e, em seguida, um registro mais fino é realizado na estrutura estável sobre a base anterior do crânio. Este registro inclui pequenas estruturas da base anterior do crânio, que completa seu crescimento aos 7 anos, como: parede anterior da sela, processo clinóide anterior, plano esfenoidal, asas menores do esfenóide, lâminas cribiformes, superfície superior orbital e cortical interna do osso frontal (CEVIDANES, 2009; MOTTA, 2010).

Análises tridimensionais são muito mais complexas que as análises em cefalometrias 2-D, pois a localização dos contornos do osso pode ser muito mais difícil do que localizar os pontos anatômicos cefalométricos. Os procedimentos computadorizados 3-D são mais demorados e seu uso na rotina clínica é difícil. Porém, metodologias em análise 3-D representam grande utilidade em pesquisa sobre crescimento e desenvolvimento. Por meios de registros volumétricos, podem-se avaliar as reais alterações que a base do crânio apresenta durante o desenvolvimento (CEVIDANES, 2006; CEVIDANES, 2009; CEVIDANES, 2011).

Neste estudo, através de uma amostra de 67 TCFC do banco de dados da PUC Minas e da Universidade Positivo, pré-tratamento e pós-tratamento, de pacientes em diversos estágios de maturação, foram reconstruídos modelos virtuais 3-D para avaliação, por registro volumétrico, dos pontos cefalométricos utilizados como referência de estabilidade. O objetivo do trabalho foi avaliar se há mudanças posicionais dos pontos e linhas cefalométricas de referência durante o desenvolvimento humano normal, e qual o impacto de eventuais mudanças na confiabilidade de análises cefalométricas tradicionais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar, através de um registro volumétrico 3-D, se os pontos e linhas utilizados como referência de análises cefalométricas tradicionais são estáveis e, portanto, confiáveis durante o processo de crescimento.

2.2 Objetivos específicos

- a) avaliar se há deslocamento látero-lateral (projeção sobre o eixo X) dos pontos cefalométricos N, Ba, S, Po e Or;
- b) avaliar se há deslocamento ântero-posterior (projeção sobre o eixo Y) dos pontos cefalométricos N, Ba, S, Po e Or;
- c) avaliar se há deslocamento superior-inferior (projeção sobre o eixo Z) dos pontos cefalométricos N, Ba, S, Po e Or;
- d) avaliar se eventuais mudanças posicionais destes pontos irá impactar em linhas de referências de estabilidade de análises cefalométricas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenho do estudo

Foi realizado um estudo retrospectivo longitudinal observacional em que foi coletado, no banco de dados de pacientes tratados nas clínicas de Pós-graduação em Ortodontia da PUC Minas e da Universidade Positivo, indivíduos que deveriam estar em fase de crescimento e possuírem, por motivos de tratamento ortodôntico interceptador, TCFC adquiridas antes (T0) e ao final da interceptação (T1).

O uso de TCFC para pacientes em fase de tratamento interceptador ortodôntico se justifica, neste caso, com finalidade acadêmica e de pesquisa, uma vez que as reais alterações esqueléticas deste tipo de tratamento numa perspectiva 3-D não são consolidadas na literatura. O presente estudo contempla um projeto guarda-chuva, aprovado pelo Comitê de Ética da PUC Minas, sob o número 21534013.8.5137 (ANEXO A).

A partir daí, os indivíduos selecionados foram divididos em três grupos observacionais, de acordo com a respectiva faixa etária ao início do tratamento. O Grupo 1, envolveu indivíduos entre 8 e 10 anos de idade; o Grupo 2 indivíduos entre 11 e 13 anos de idade e o Grupo 3 indivíduos entre 14 e 17 anos de idade.

Estas TCFC foram transformadas em modelos 3-D, onde pode-se analisar os resultados de deslocamento quantitativos e angulares de pontos e linhas cefalométricas consideradas estáveis para análises cefalométricas tradicionais, e avaliar se elas são de fato confiáveis, por uma perspectiva tridimensional.

3.2 Hipóteses

- a) hipótese nula: os pontos e linhas cefalométricas utilizadas como referência de base crânio são estáveis e não sofrem alterações posicionais 3-D durante o processo de desenvolvimento;
- b) hipótese alternativa: os pontos e linhas cefalométricas utilizadas como referência de base do crânio não são estáveis e sofrem mudanças posicionais 3-D durante o processo de desenvolvimento.

3.3 Amostra

Este estudo consistiu de uma amostra de conveniência de 138 TCFC, sendo 69 pré-tratamento (T0) e 69 pós-tratamento (T1), de pacientes ortodônticos em fase ativa de crescimento facial (estágios de maturação vertebral variando de CS2 a CS5) (BACCETTI, 2005). O tempo médio entre os exames T0 e T1 foi de 8 a 12 meses. Durante as etapas de processamento das imagens nos *software* para medição 3-D, dois indivíduos da amostra foram perdidos, pois não foi possível realizar a aproximação em nível de voxel, provavelmente pelas TCFC terem sido corrompidas durante o processo de gravação em mídia física. A Tabela 1 mostra a distribuição destes indivíduos e a média de idade dos grupos.

3.3.1 Critérios de inclusão

- a) indivíduos com faixa etária entre 8 e 17 anos;
- b) indivíduos com má oclusão de Classe II (ANB \geq 4);
- c) presença dos primeiros molares permanentes;
- d) estágio de maturação pelo método das vértebras cervicais entre CS2 e CS5.

3.3.2 Critérios de exclusão

- a) portadores de síndromes, fissuras, deformidades dentofaciais;
- b) portadores de disfunção temporomandibular;
- c) indivíduos com comprometimento da saúde geral de acordo com a história médica e exame físico;
- d) indivíduos que foram submetidos à tratamento ortodôntico prévio onde foi utilizado Aparelho Extra Bucal e/ou ativadores mandibulares.

Tabela 1- Mínimo, máximo e média de idade

	n	Mínimo	Máximo	Média	DP
Grupo 1	21	8	10	9,10	0,700
Grupo 2	30	11	13	12,3	0,740
Grupo 3	16	14	17	14,50	1,033

DP: desvio padrão.

Fonte: Dados da pesquisa.

3.3.3 Variáveis dependentes

- a) ponto Násio (N);
- b) ponto S;
- c) ponto Básio (Ba);
- d) ponto Pório (Po);
- e) ponto Orbital (Or);
- f) linhas S-N, N-Ba;
- g) PHF.

3.3.4 Variáveis independentes

- a) maturação do indivíduo por: estágio de desenvolvimento da vértebras cervicais, maturação da sincondrose esfenoccipital e idade cronológica;
- b) padrão facial: dólicofacial (face longa), mesofacial (equilibrada) e braquifacial (curta);
- c) raça e gênero;
- d) variação do tempo de observação entre T0 e T1.

3.4 Método de registro

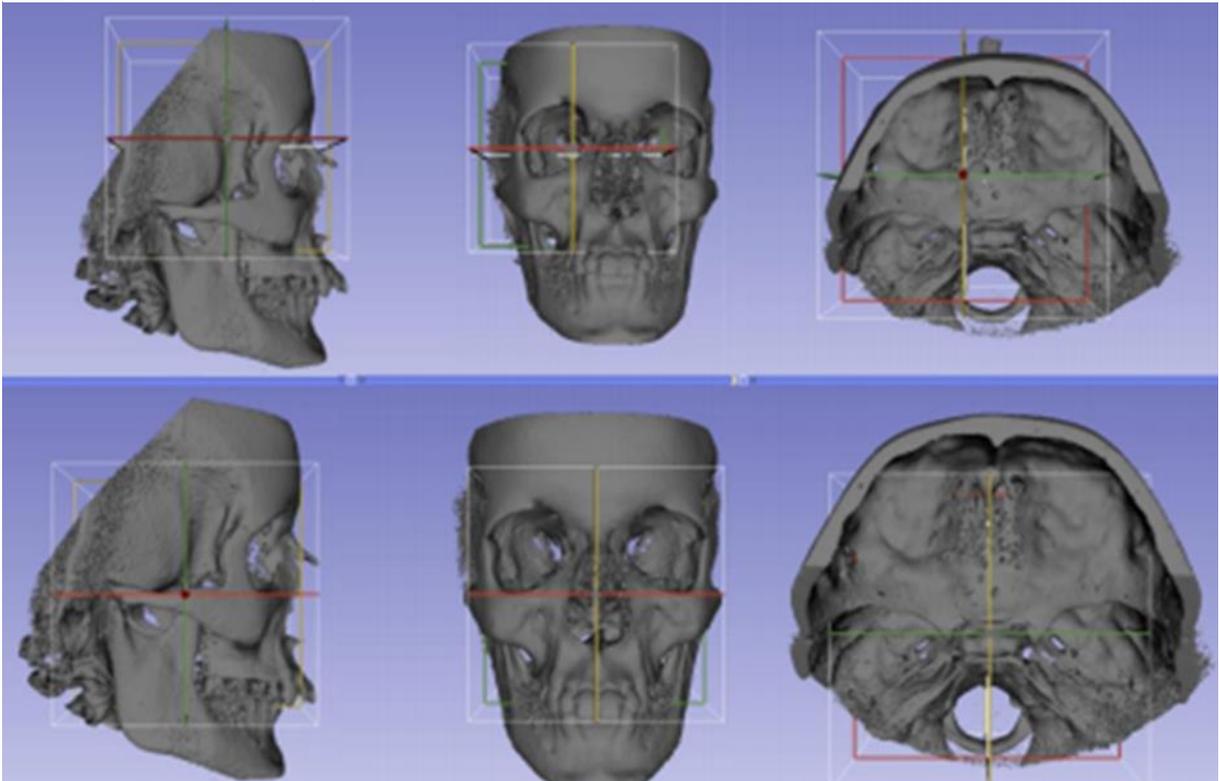
TCFC de todos os indivíduos foram obtidas antes do início do tratamento (T0), e imediatamente após o término da terapia ortodôntica (T1). As imagens oriundas do arquivo da PUC Minas foram obtidas através de uma parceria com a empresa Life Imagem, enquanto as imagens oriundas da Universidade Positivo foram obtidas no tomógrafo da própria universidade. Conferiu-se no exame tomográfico que os dentes se encontravam em máxima intercuspidação habitual no momento da aquisição tomográfica. As imagens foram obtidas pelo mesmo modelo de tomógrafo i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania, Estados Unidos) com FOV de 23cm x 17cm (crânio estendido), voxel de 0,3 x 0,3 x 0,3 mm, 36.90mA, 120 kV e tempo de exposição de 40 segundos.

3.5 Método de medida

Modelos virtuais 3-D, construídos a partir das TCFC, permitiram avaliar as mudanças entre T0 e T1. O processamento das TCFC e dos modelos virtuais foi feito através dos *software* *ITK-SNAP* (YUSHKEVIC,2006) (*software* gratuito, www.itksnap.org), *3D SLICER* (Fedorov, 2012) (*software* gratuito, www.slicer.org). Para tanto, as tomografias foram submetidas a uma série de processamentos que incluíram sete etapas:

- a) transformação do arquivo DICOM em *gipl.gz* - Para otimização dos arquivos gerados pelo *software* utilizado para fazer a segmentação das estruturas (*ITK-SNAP*), todos as tomografias que foram recebidas da clínica de Radiologia, que estavam em formato DICOM tiveram que ser primeiramente transformadas em arquivos *gipl.gz* utilizando o *ITK-SNAP*;
- b) orientação dos modelos no sistema de coordenadas cartesianas - os modelos 3-D construídos à partir das TCFC foram orientados nos três planos do espaço, sendo usado como referência, numa vista sagital o PHF, numa vista axial a linha passando pelo centro do forame magno e pela crista galli e numa vista coronal a linha tocando o ponto orbital direito e esquerdo (Figura 1). Esta etapa gera uma matriz de orientação, que foi aplicada nas TCFC T0 e T1;

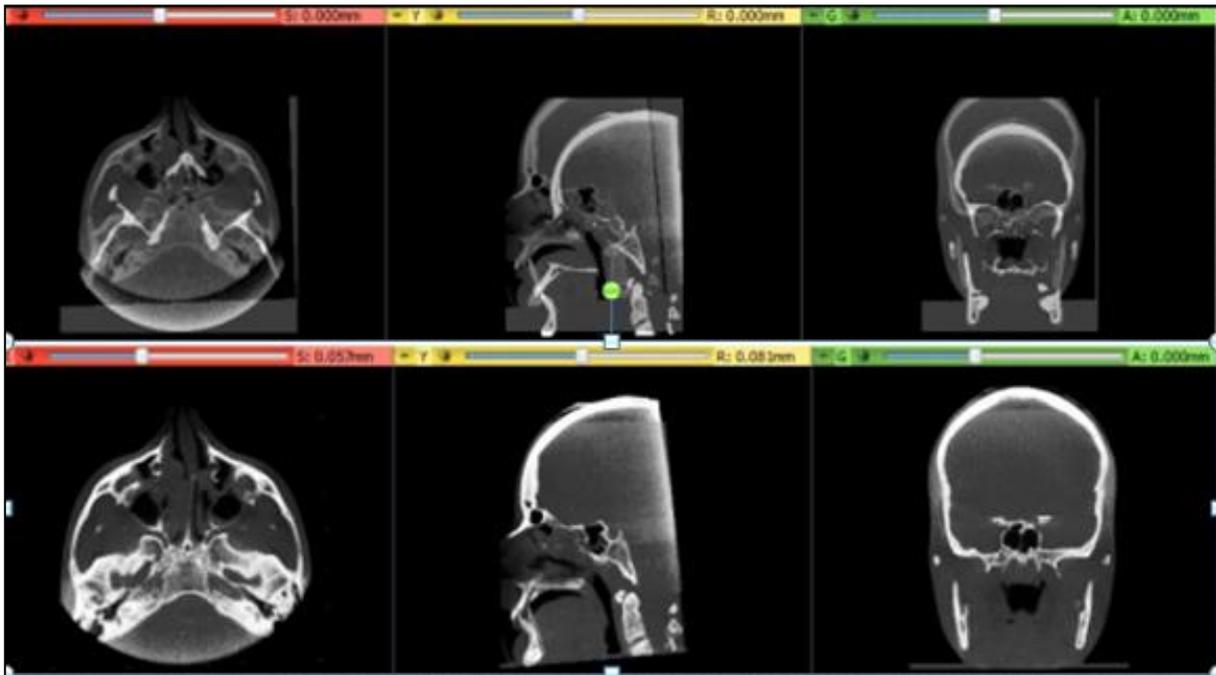
Figura 1 – Orientação dos modelos no sistema de coordenadas cartesianas



Fonte: Elaborado pelo autor.

- c) aproximação das tomografias - a TCFC em T1 foi manualmente aproximada (*best-fit*) em relação à TCFC em T0 nas vistas sagital, axial e coronal, através do *software 3D SLICER*. (Fig. 2). Para a superposição utilizou-se a aproximação da base de crânio, contornando a parede anterior da sela túrcica, passando pelo assoalho da BC até a altura da crista galli. A Figura 2 ilustra a aproximação na base do crânio nas três vistas;
- d) registro volumétrico em nível sub voxel - foram feitas superposições tridimensionais e volumétricas de maneira automática pelo *software 3D SLICER*, que realizou um registro da base anterior do crânio, conforme descrito previamente por LeCornu et al. (2013). Para realizar esta operação, foram utilizados os arquivos *scan T0* e o *scan T1* aproximados;

Figura 2 - Aproximação e sobreposição de T1 em T0 na fossa cranaiana anterior

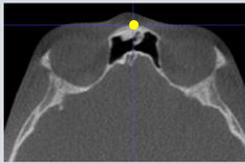
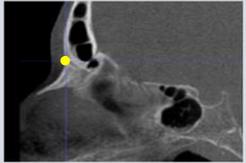
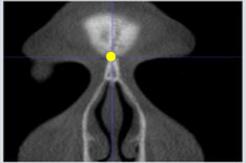
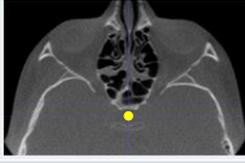
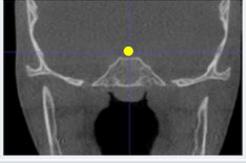
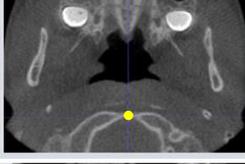
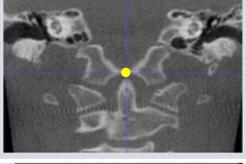
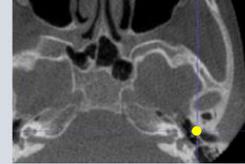
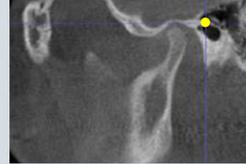
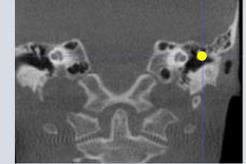
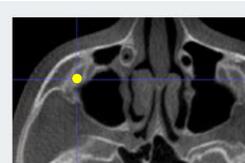
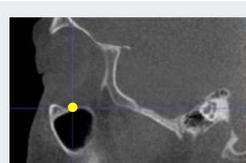
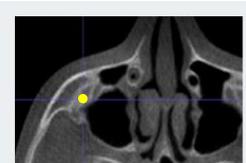


Fonte: Elaborado pelo autor.

- e) Identificação dos pontos cefalométricos - Os pontos cefalométricos foram identificados e conferidos nos três planos do espaço, numa vista axial (XY), vista sagital (YZ) e vista coronal (XZ), no *software ITK-SNAP* (Fig. 3), da seguinte forma: N - parte mais anterior da sutura fronto-nasal; Ponto S - centro geométrico da sela túrcica; Ba - porção mais inferior na margem anterior do forame Magno; Po - ponto mais superior do meato acústico externo; Or - ponto mais inferior no contorno inferior da órbita;
- f) Medidas quantitativas - O *software 3D SLICER* calcula a distâncias em milímetros entre os pontos identificados nos modelos iniciais e finais a partir de triângulos que formam as superfícies tridimensionais, em uma comparação entre dois tempos de observação, de forma que os deslocamentos entre as duas estruturas possam ser quantificados (Fig. 4, 5 e 6).
- g) Medidas angulares - O *software 3D SLICER* permite a análise da diferença de *pitch*, que é um termo importado da aviação, que significa a rotação de um corpo, sobre o eixo x do espaço. Dentre as três formas possíveis de rotação sobre um corpo, *pitch* (eixo X), *yaw* (eixo Z) e *roll* (eixo Y), foram analisados as mudanças sobre *pitch* (Fig. 7, 8 e 9), pois esta forma de rotação é possível de ser sentida nas superposições cefalométricas, e consequentemente, linhas

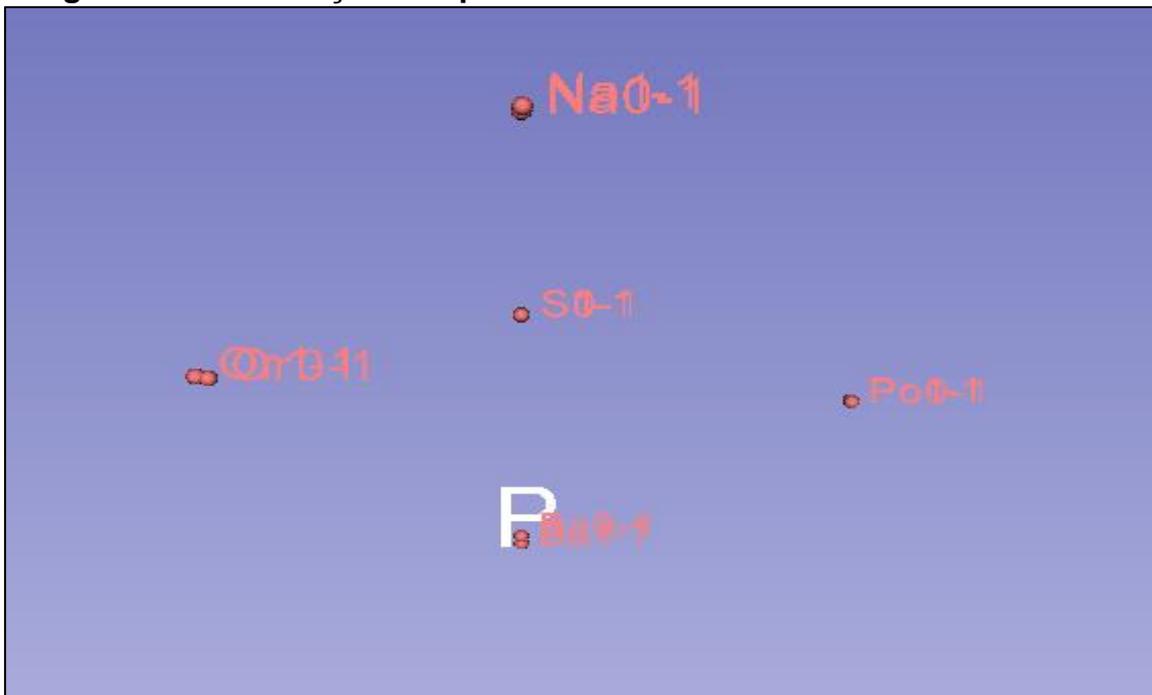
utilizadas para medidas angulares também acabam sendo afetadas. Foram definidas três linhas que são usadas como referências para medidas cefalométricas tradicionais, que são: 1) linha S-N; 2) N-Ba; 3) PHF. O *pitch* foi medido como as mudanças no ângulo formado por essas linhas e o plano cartesiano entre T1 e T0 em uma perspectiva sagital.

Figura 3 - Identificação dos pontos cefalométricos em T0 e T1

Ponto cefalométrico	Vista axial (XY)	Vista sagital (YZ)	Vista coronal (XZ)
Násio (N) Parte mais anterior da sutura fronto-nasal			
Ponto S Cento geométrico da sela túrcica			
Básio (Ba) Porção mais inferior na margem anterior do forame Magno			
Pório (Po) Ponto mais superior do meato acústico externo			
Ponto Orbital (Or) Ponto mais inferior no contorno inferior da órbita			

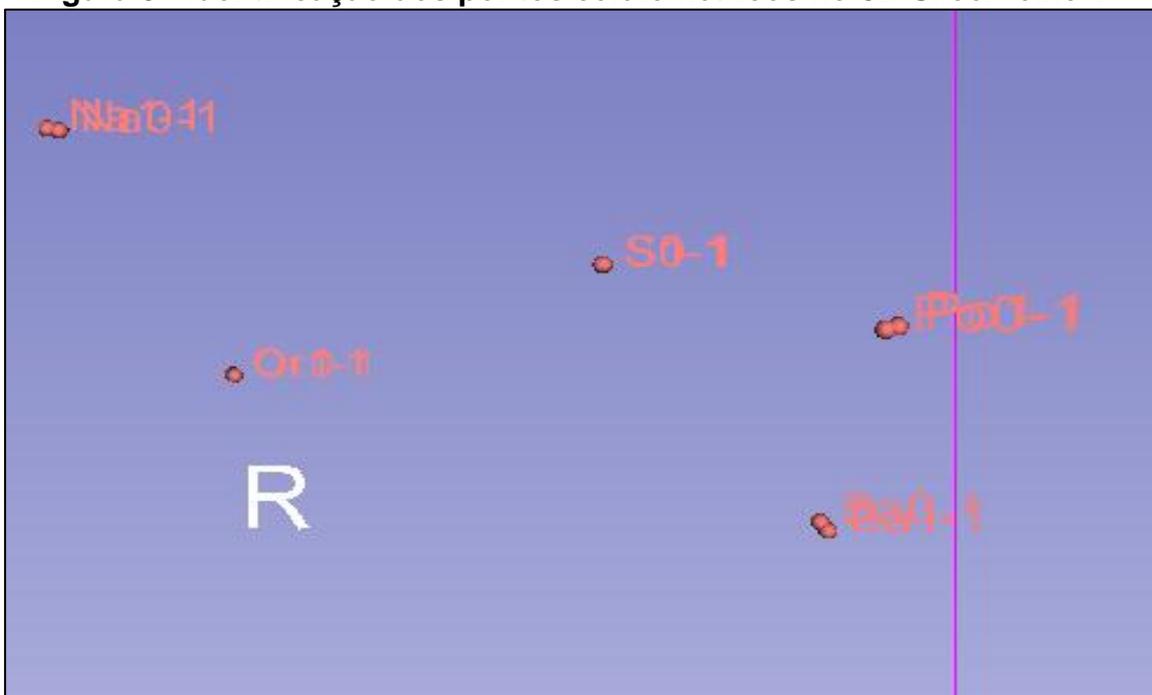
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - Identificação dos pontos cefalométricos no 3D Slicer- eixo Z



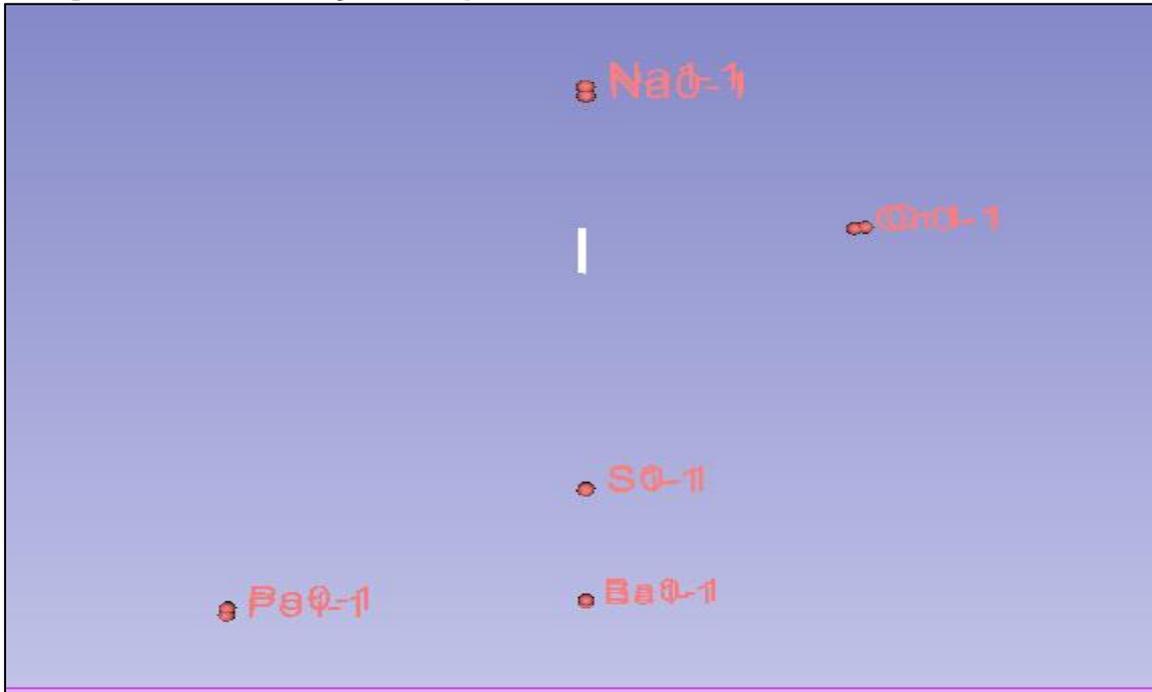
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 - Identificação dos pontos cefalométricos no 3D Slicer- eixo Y



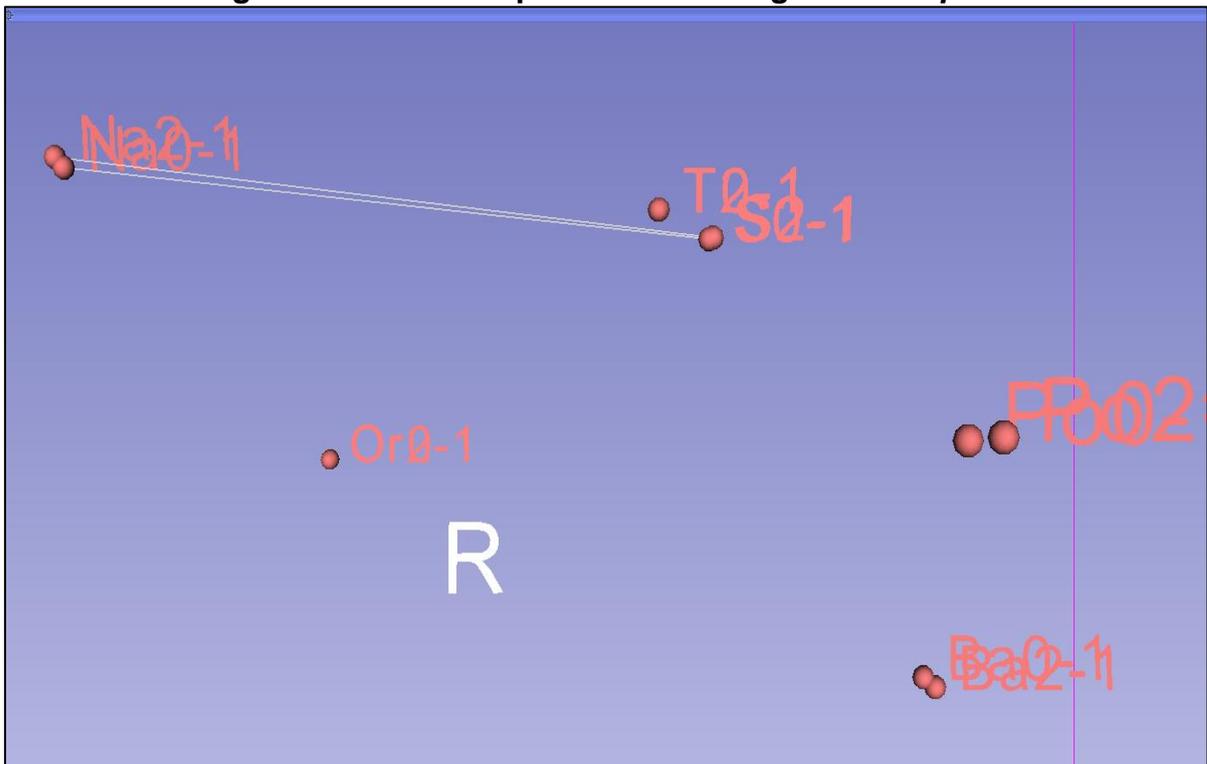
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 - Identificação dos pontos cefalométricos no 3D Slicer- eixo X



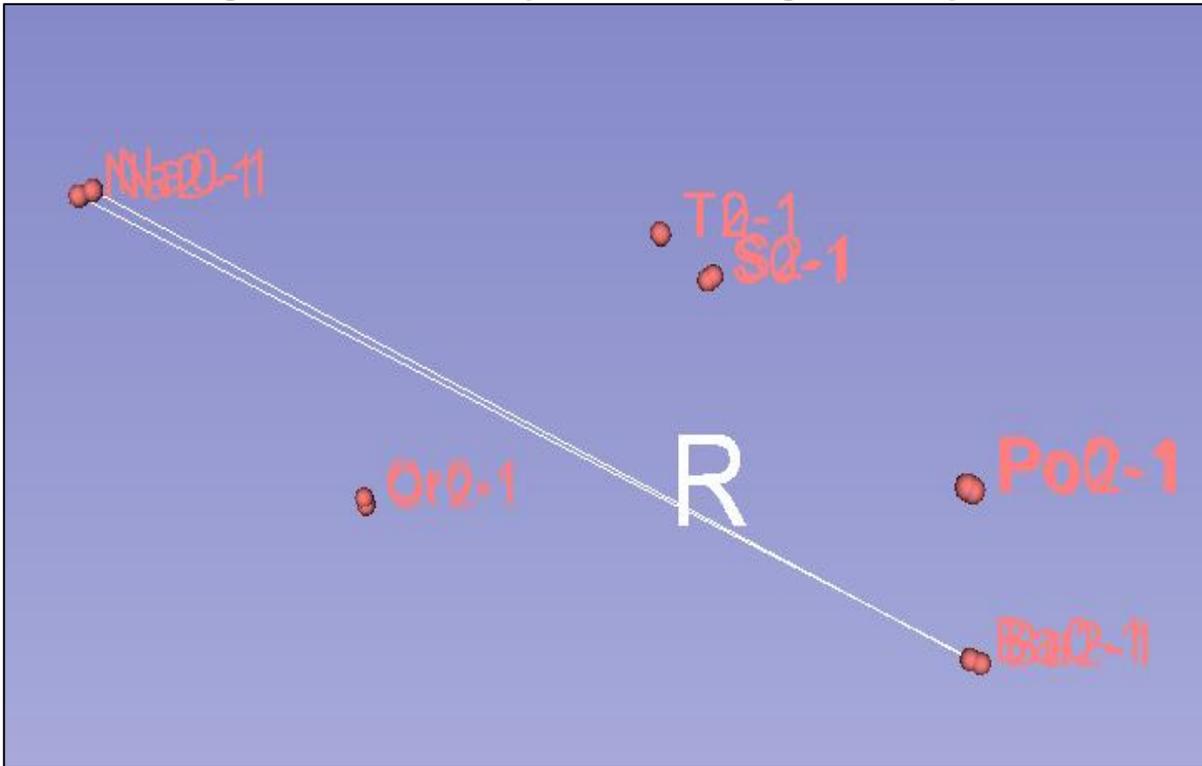
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 - Linha S-N para medidas angulares de *pitch*



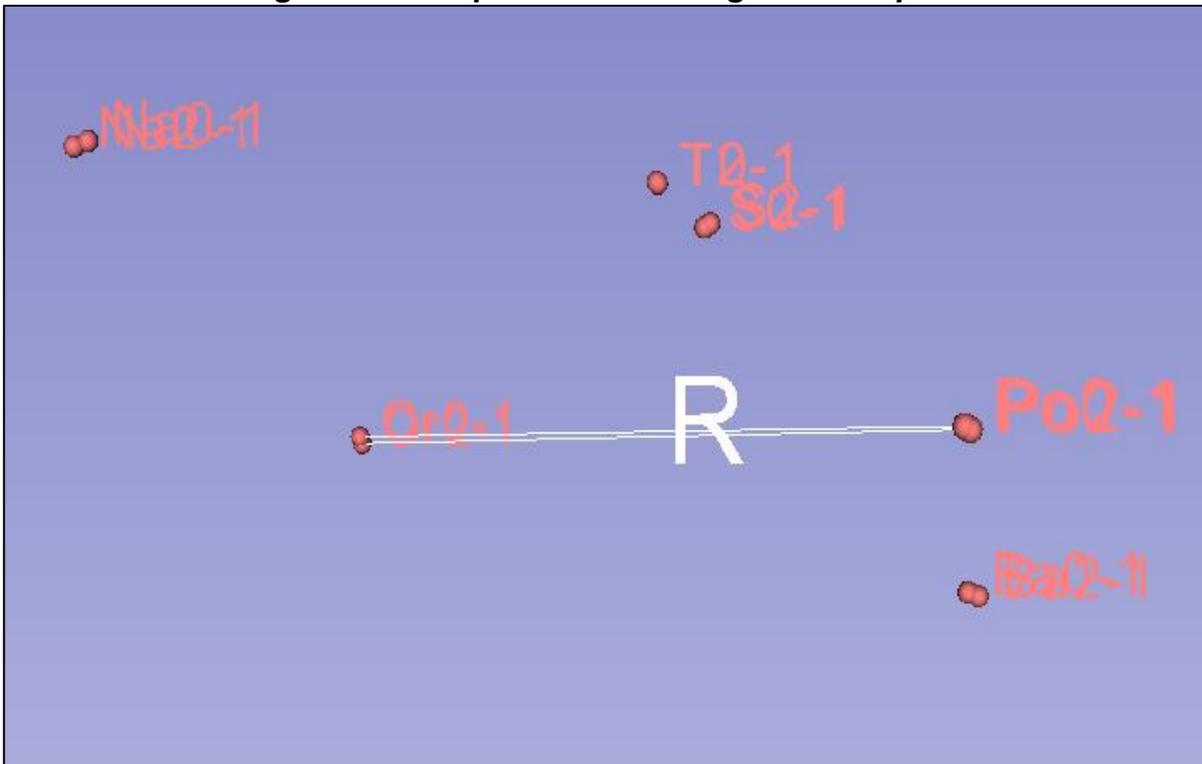
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 - Linha N-Ba para medidas angulares de *pitch*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 - PHF para medidas angulares de *pitch*



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 Calibração

Após a análise de todos os indivíduos, um mesmo examinador repetiu, 20 dias após o término da análise de todos os casos consecutivos, o método para 20 casos aleatórios, para comprovar repetibilidade de sua avaliação. Repetibilidade significa a capacidade de um mesmo examinador, nas mesmas condições de trabalho, conseguir identificar e encontrar resultados semelhantes das medições anteriores. Isto minimiza os possíveis erros individuais e torna o método mais confiável.

3.7 Método de análise

A análise dos dados foi conduzida utilizando o *software* estatístico SPSS (versão 20.0; SPSS, Chicago, IL, EUA). O teste de Kolmogorov-Smirnov, sobre a igualdade de distribuições de probabilidade contínuas e unidimensionais, foi usado para comparar uma amostra com uma distribuição de probabilidade de referência. As variáveis referentes ao estudo apresentaram distribuição normal. O Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC, do inglês *Intraclass correlation coefficient*) ou coeficiente de reprodutibilidade (R) é uma estimativa da fração da variabilidade total de medidas devido a variações entre os indivíduos. No estudo foi utilizado para avaliar a concordância intra-examinador entre os dados obtidos pela análise dos casos consecutivos e os dados repetidos pela calibração. O teste t pareado foi utilizado para avaliar as mudanças ocorridas pelas variáveis ao longo do tempo entre T0 e T1. No estudo foi adotado o nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

4 ARTIGO

Three-dimensional positional changes of the cephalometric points and lines of reference for stability associated with facial growth

Artigo preparado dentro das normas do periódico *The Angle Orthodontist* (Qualis A2). Normas para submissão de artigos podem ser visualizadas no endereço eletrônico: <http://www.angle.org/page/submit>.

Three-dimensional positional changes of the cephalometric points and lines of reference for stability associated with facial growth

Lucas Garcia Santana^a, Lucia Helena Soares Cevidanes^b, Antônio Carlos de Oliveira Ruellas^b, Paula Loreiro Cheib^c, Bernardo Quiroga Souki^d

^a Resident, Graduate Program in Orthodontics, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

^b Associate Professor, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

^c PhD Student, Graduate Program in Orthodontics, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

^d Associate Professor, Department of Orthodontics, Graduate Program in Orthodontics, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Corresponding Author:

Dr. Bernardo Quiroga Souki

Departamento de Ortodontia, Pontifícia Universidade Católica

Avenida Dom José Gaspar, 500 Prédio 46, sala 106 – Coração Eucarístico

Belo Horizonte – MG – Brazil CEP 30535-901

Telephone: +55 31 3319-4414

E-mail: souki.bhe@terra.com.br

ABSTRACT

Objectives: The objective of this study was to test, through a three-dimensional volumetric record, if the points and lines used as reference of traditional cephalometric analyzes are stable and therefore valid in the analysis of growth of Class II patients.

Materials and Methods: Cone-beam computed tomographies (CBCT) of 67 patients between 8 and 17 years old were evaluated. Subjects were divided into three groups: Group 1 (8-10 years), Group 2 (11-13 years) and Group 3 (14-17 years). The CBCTs used as diagnostic tests were analyzed at two different times (T0 and T1) and in several stages of maturation. 3-D evaluations were performed using the superposition of T1 and T0. Evaluation of the changes in the X, Y and Z axes of the displacement of the cephalometric points N, S, Ba, Po and Or, as well as the angular differences of the S-N, Ba-N and Frankfort horizontal plane were performed.

Results: All landmarks changed three-dimensional in all three groups. The Or point presented changes only in the transversal direction, remaining stable horizontally and vertically in all groups. The S-Na and Ba-Na lines and the Frankfurt Horizontal Plan showed statistically significant displacements ($P < 0.5$) in Group 1, while in Groups 2 and 3 these lines did not show significant differences ($P > 0, 05$) being valid as cephalometric references of stability.

Conclusions: The cephalometric reference points of stability showed positional changes during facial growth. From the age of 11 the cranial cephalometric lines are more reliable for the cephalometric evaluations.

KEY WORDS: Growth and development; Cephalometry; Tomography X- Ray computed; Imaging three-dimensional.

INTRODUCTION

The evaluation of the maxilo-mandibular treatment outcomes of Class II growing patients needs a stable region of interest for the superimposition of different time-point records. Classically, some cephalometric landmarks located in the cranial base (CB) have been used.^{1,2,3,4} But are they really stable?

During the embryony stage, the CB is a cartilaginous structure, but its ossification takes place very early.^{5,6} The cribriform plate does not grow significantly after 7.7 years of age or after eruption of the first permanent molars.^{5,7,8} The cegum foramen and crista galli are also stable structures at various stages of growth.^{9,10} However, it is known that some structures of the cranial base, as the spheno-occipital synchondrosis and the frontal bone, remain active until later stages of development,^{7,8} which may influence the results obtained by the superposition of different time point records in the growth assessment..

The most frequently used landmarks used in cephalometrics are the points S and nasion (N),^{1,3} but both of them present evident spatial changes along normal growth. The geometric center of the sella turcica must displace with the growth and development of the hypophysis gland. In the same way, increases in the thickness of the frontal bone contribute to increase the length of the anterior cranial base, both in the vertical, sagittal and transverse directions.^{6,9,11} Therefore, the nasion point displace as the outer layer of frontal bone also present a significant remodeling with aging.¹¹ Are these points reliable for the cephalometric analysis of growing individuals?

The introduction of the three-dimensional (3-D) diagnostic and analysis methods, through cone-beam computed tomography (CBCT), brought to orthodontics the possibility to evaluate the real changes that occur in the craniofacial complex, in the three planes of space, overcoming limitations inherent to two-dimensional analyzes (2-D).^{12,13,14,15} Since 3-D images allow for a fully automated volumetric superposition based on voxel in the anterior cranial fossa, systematic errors and limitations inherent to two-dimensional (2-D) imaging techniques can be minimized.^{12,13}

Two-dimensional cephalometric analysis present only the sagittal and vertical projection of landmarks that present spatial changes in the transverse perspective with the normal growth of the head. The concept of Euclidean 3-D distance in mathematics is the distance between two points, which can be proved by the

repeated application of the Pythagorean theorem. Applying this formula, Euclidean space becomes a metric space, grouping the one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional distances into a single measure.

The objective of the study was to test, using of a 3-D volumetric methodology, if the points and lines used as reference of traditional cephalometric analyzes are stable and therefore valid for the superimposition of different time-point records during the facial analysis of Class II growing individuals.

MATERIALS AND METHODS

This retrospective study was approved by the ethics committee of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais (PUC Minas), under the number 21534013.8.5137.

This study consisted of a convenience sample of 138 CBCT's collected from 69 Class II patients treated either at the graduate program in orthodontics of PUC Minas and Positivo University, 69 pretreatment (T0) and 69 posttreatment (T1). Patients presented skeletal ages varying from CS2 and CS5.¹⁶ The mean time between the T0 and T1 exams was 8 to 12 months. CBCT scans were acquired using i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania, United States) with FOV of 16cm x 22cm, voxel of 0.3 x 0.3 x 0.3mm, 36.90 mA 120kV and 40 seconds of exposure. All patients were instructed to maintain maximum bite during the acquisition of CBCT. During the processing stages, two individuals of the sample were lost, because it was not possible to perform the voxel-based registration.

The individuals selected were allocated in three observational groups, according to their age group. Group 1 involved individuals between 8 and 10 years of age; Group 2 individuals between 11 and 13 years of age and Group 3 individuals between 14 and 17 years of age. The mean age for Group 1 was 9.1 years for Group 2, 12.3 years and Group 3, 14.5 years (Table 1).

Inclusion criteria were: 1) individuals aged between 8 and 16 years; 2) individuals with Class II malocclusion ($ANB \geq 4$); 3) presence of the first permanent molars; 4) stage of maturation between CS2 and CS5. Patients with severe or syndromic craniofacial deformities were excluded.

Five cephalometric reference points of stability of traditional analyzes were identified: nasion (N) - anterior part of the fronto-nasal suture; point S (S) - geometric center of the sella turcica; basion (Ba) - lower portion in the anterior margin of the

foramen magnum; porion (Po) - the uppermost point of the external acoustic meatus; orbital (Or): the lowest point on the lower contour of the orbit.

Two software (ITK-SNAP and 3DSlicer) were used for three-dimensional measurements. The head orientation of the models and scans in the Cartesian coordinate system in the three planes of space used as a reference. In a sagittal view, the Frankfort horizontal plane, in an axial view the line passing through the center of the foramen magnum and the crista galli, and in a coronal view the line tangent to the right and left orbital points. After the head orientation of T0 scan, the T1 scan was superimposed on T0 at the CB. References for the best-fit during the superimposition was the anterior wall of the sella turcica, the CB floor, including the crista galli in the anterior cranial fossa.

Quantitative measures of the point-to-point of displacement of cephalometric points in the three planes of space were calculated, as well as the Euclidean distance between them (3-D distance). Angular pitch measurements were also performed between lines and planes connecting these points and used as reference for cephalometric angular measurements. The lines and plane used were: 1) S-N; 2) Ba-N; and 3) Frankfort horizontal plane (FH).

The same examiner repeated, 20 days after the completion of the first analysis of all cases, the identification of the points in 20 random cases, to certify the repeatability of the method. The Kolgomorov-Smirnov test was used to test normal distribution. The paired t-test was used to evaluate the changes in variables over time between T0 and T1. The significance level was set at 5% ($P < 0.05$).

RESULTS

Intra-rater agreement

The intra-class correlation coefficient (ICC) showed excellent reliability in the repetition of cephalometric landmarks measuring of cephalometric landmarks in the X (right-left), Y (anteroposterior) and Z (superior-inferior) axes, and also Euclidean 3-D, (Table 2).

Euclidean distance between the cephalometric landmarks

Tables 3, 4 and 5 show that all points in all three age groups showed statistically significant changes in their Euclidean distance between the two observational time-points.

Displacement of cephalometric landmarks

The displacement of the cephalometric points in the X, Y and Z perspective was evaluated after T1 superimposition at T0 in the anterior cranial fossa, and quantified with 3D SLICER software. There were different positional changes in the three groups analyzed.

Group 1: The results (Table 6) showed that relative to the displacement on the X axis (right-left), only the Or point showed a statistically significant change ($P < 0.05$), while the others presented stability in this sense. The results of displacement on the Y axis (antero-posterior) showed that all points, except the point Or, changed over time ($P < 0.05$), showing no sagittal stability. Point Na moved forward (0.8mm) on this axis, while points S, Ba, and Po moved backward in the sagittal direction. The displacement on the Z (superior-inferior) axis showed statistically significant changes of the points Ba (moved down) and Po (moved upwards), while points Na, S and Or showed small displacements, which were not statistically significant ($P > 0.05$).

Group 2: Table 7 shows the differences provided by the displacement of the points between observation times. The points Na and Or presented statistically significant changes ($P < 0.005$) on the X axis, while the other points were stable in this sense. The Na point showed displacement in the distal direction to the midline, while the Or point in the mesial direction to the midline. On the Y axis, only the Or point was shown to be stable ($P \geq 0.05$). The point Na moved forward (0.6mm), and points S (0.2mm), Ba (0.6mm) and Po (0.4mm) shifted statistically significant backward movement. On the Z axis, the point Ba moved 0.5mm down and the point Po 0.3mm up, which represented statistically significant changes ($P < 0.05$). The other points were stable in the vertical direction.

Group 3: The results shown in Table 8 indicate that all the cephalometric points analyzed presented stability in the right-left direction (X axis). On the Y axis, the points Na (0.8mm), Po (0.2mm) and Or (0.02mm) presented displacements that were not significant ($P < 0.05$). The S point shifted up 0.2mm and the point Ba shifted back 0.5mm, which was statistically significant ($P < 0.05$). On the Z axis, all analyzed points presented changes that were not statistically significant, indicating a stability of these points in the vertical direction in this age group.

Rotation of cephalometric lines

The reference lines for cephalometric measurements, S-N line, N-Ba line and FH plane, showed variations on their validity as stable structures when the three groups were observed separately. Although the cephalometric points presented changes in the X, Y and Z axes, compensations between these changes might have influenced the angular pitch measurements. The results found for the groups were:

- Group 1: All three lines showed statistically significant changes ($P < 0.05$) over the observation time (Table 9). They were not reliable as a reference of stability in this age group. The S-Na line showed a difference of 0.3° between T0 and T1, the Na-Ba line showed a difference of 0.2° and the FPH changed 0.3° between the observation time;
- Group 2: Table 10 shows the angular differences observed in this group. The S-Na line presented a change of 0.1° , the Na-Ba line change of 0.01° , while the FH plane presented a change of 0.1° . All these changes were not statistically significant ($P \geq 0.05$), which represents stability of these cephalometric reference lines in this age group;
- Group 3: The angular results of this group are represented in Table 11. The S-Na, Na-Ba and PHF lines showed small angular changes between T0 and T1, which was not statistically significant ($P \geq 0.05$). Therefore, they can be considered valid as reference for cephalometric angular measures.

DISCUSSION

Classically, cephalometrics has been the most important and frequently used method of assessment of craniofacial changes along the time,^{1,3} and thus orthodontists frequently use the CB and adjacencies as a valid stable region for the investigation of changes associated with growth and treatment. But our findings showed that points, lines and planes used as stable references are likely not to be valid in all age groups of Class II individuals. All cephalometric points showed changes in their three-dimensional positions (Euclidean distance) in all age groups of the present study.

Sagittal changes, reported by 2-D studies, show a displacement of the nasal point in the sagittal direction, up to the young adult stage.^{11,17,18} Knott¹⁹ reported that increases in the thickness of the frontal bone, by apposition in the glabella region and enlargement of the frontal sinus, contribute to increase the length of the anterior cranial base and move the N forward to adulthood. The results found in this 3-D study were contrary to this, showing sagittal stability of the N point after 13 years of age. As the maximum age of the subjects in our study was 17 years, a late growth of this structure after age 17 may explain this difference.

Arat,¹¹ in a longitudinal study, compared cephalometrics of 30 patients, with superposition to perpubertal (11 years), postpubertal (15 years) and post retainer (32 years of age). The N point moved forward (1.8 mm) and the Ba point moved backward (1.3 mm) and the S point remained stable in the pubertal and post pubertal phases. The present 3-D study confirmed these findings in regard the N and Ba points. However, they do not agree with the behavior of point S, which in the 3-D evaluation showed to be unstable, moving backward.

In the vertical direction, by means of 2-D superposition, Bjork⁴ observed the apposition in the tuberculum sella of the last juvenile years until adult age, increasing the vertical craniofacial height. Arat¹¹ reported the downward displacement of the points N, Ba and S, during pubertal periods and follow-up. Afrand¹⁰ observed three-dimensional that there is no vertically stable structure at the anterior cranial base in adolescents (13-14.6 years). We found results that go against this observation, since the older individuals (Group 1 and 2) presented vertical stability in the region of the anterior cranial base (point N), as well as in all the analyzed points. As our period of observation was up to 17 years of age only, changes after this period may have triggered such differences.

Transverse changes in the orbit skeletal were reported by Lee²⁰, which evaluated three-dimensional skeletal changes in adolescents (13-14 years) in the orbit region and they concluded that there were changes in this region in the transverse and anteroposterior significant statistical sense, however, these changes were clinically minimal, considering the valid Or Point for superposition. The present study found changes in the Or point only in the transverse direction. These transverse changes are not sensitive to 2-D cephalometric superposition, so the or point is reliable for evaluations of this type.

An important aspect that Coben⁵ drew attention in his study was the role of spheno-occipital synchondrosis, which may remained active up to 20 years of age, influencing the forward displacement of anterior and posterior CB. Considering the role of spheno-occipital synchondrosis, Junger²¹ suggested that only FH plane is reliable for angular measurements in growing patients. Ricketts²² considered that the displacements of the anterior and posterior CB would occur proportionally, then suggested that the reference line connecting the points Ba and N is reliable for measurements. Our results suggest that in older individuals, after 11 years, the FH plane and the S-N and N-Ba lines are reliable as references for superposition.

The method of recording the images of the present study is based on voxel of 0.3 x 0.3mm, which represents the error of the method, since this is the smallest clinical difference that the software can detect. Thus variations in the location of the cephalometric points within voxel may represent small differences in measurements.

CONCLUSIONS

It was concluded that cephalometric reference points of stability present three-dimensional positional changes (Euclidean distance) during facial growth.

Clinically, it was observed that:

- The points evaluated are not valid as a stable references from 8 to 13 years of age.
- N, Po and Or points are valid as a sagittal stable reference from 14 to 17 years.
- All points evaluated are valid as a vertical stable reference from 14 to 17 years.
- The lines evaluated are not valid as a stable reference for measures from 8 to 11 years of age.
- All the lines evaluated are valid as a vertical stable reference from 11 to 17 years.

REFERENCES

1. Steiner C. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod.* 1953;39:729-755.

2. Moorrees CFA. Natural head position: a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs. *Am J Phys Anthropol.* 1958;16:213-234. 1958.
3. Jacobson A. Radiographic Cephalometry: from basics to video. Chicago, EUA. Quintessence Pub. Co. 1995.
4. Bjork A. Cranial base development: a follow-up x-ray study of the individual variation in growth occurring between the ages of 12 and 20 years and its relation to brain case and face development. *Am J Orthod.* 1955;41:198-225
5. Ford EHR. Growth of the human cranial base. *Am J Orthod.* 1958;44:498-506.
6. Steuer I. The cranial base for superimposition of lateral cephalometric radiographs. *Am J Orthod.* 1972; 61:493-500.
7. Coben SE. The spheno-occipital synchondrosis: The missing link between the profession's concept of craniofacial growth and orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998; 114:709-712.
8. Bastir M. Craniofacial levels and the morphological maturation of the human skull. *Journal of Anatomy.* 2006;209:637-654.
9. Afrand M. Anterior cranial-base time-related changes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2014;146:21-32.
10. Afrand M. Growth changes in the anterior and middle cranial bases assessed with cone-beam computed tomography in adolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2017;15:342-350.
11. Arat ZM. Longitudinal growth changes of the cranial base from puberty to adulthood. *Angle Orthod.* 2010; 80:725-732.
12. Cevidanes LHC. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;129:611-618.
13. Cevidanes LHC. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;136:94-99.
14. Cevidanes LHC. Cranial Base Superimposition for 3D Evaluation of Soft Tissue Changes. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;137:120-129.
15. Cevidanes LHC. Clinical application of 3D imaging for assessment of treatment outcomes. *Seminars in Orthodontics.* 2011;17:72-80.

16. Baccetti T. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Seminars in Orthodontics*. 2005; 11:119-29.
17. Cevitanes LHC. Three-dimensional superimposition of the skull base for the longitudinal evaluation of the effects of growth and of treatment. *Orthod Fr*. 2009;80:347-357.
18. Alexander AE. Semilongitudinal cephalometric study of craniofacial growth in untreated Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135:1-14.
19. Knott V.B. Change in cranial base measures of human males and females from age 6 years to early adulthood. *Growth*. 1971;35:145-158.
20. Lee B. Normal orbit skeletal changes in adolescents as determined through cone-beam computed tomography. *Head Face Medicine*. 2016;12:32.
21. Junger T H. Cephalometric assessment of sagittal jaw base relationship prior to orthognathic surgery: the role of anterior cranial base inclination. *Int J Adult Orthognath Surg*. 2000;15: 290-298.
22. Ricketts RM. *Provocations and perceptions in cranio-facial orthopedics*. [S.l]: Rocky Mountain, 2v. 1989.

TABLES

Table 1. Minimum, maximum and mean age

	n	Minimum	Maximum	Mean	SD
Group 1	21	8	10	9.1	0.70
Group 2	30	11	13	12.3	0.74
Group 3	16	14	17	14.5	1.03

SD indicates standard deviation.

Table 2. Intraclass correlation coefficient (ICC) values for repeatability of landmarks in X, Y and Z axes

Landmark	X	Y	Z
	ICC	ICC	ICC
N	0.89	0.95	0.96
S	0.87	0.95	0.96
Ba	0.89	0.95	0.96
Po	0.84	0.93	0.91
Or	0.83	0.92	0.90

asterisks indicates statistical difference between groups.

Table 3. Changes between T0 and T1 of the Euclidean distance (3-D) of the landmarks of Group 1

Landmark	Mean (mm)	SD (mm)	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
N	0.956	0.4386	0.000*	0.757	1.156
S	0.576	0.2697	0.000*	0.453	0.699
Ba	1.118	0.6172	0.000*	0.837	1.399
Po	0.702	0.4488	0.000*	0.497	0.906
Or	0.863	0.5258	0.000*	0.623	1.102

asterisks indicates statistical difference.

Table 4. Changes between T0 and T1 of the Euclidean distance (3-D) of the landmarks of Group 2

Landmark	Mean (mm)	SD (mm)	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
N	0.804	0.440	0.000*	0.645	0.962
S	0.480	0.296	0.000*	0.373	0.587
Ba	1.026	0.712	0.000*	0.769	1.283
Po	0.693	0.574	0.000*	0.486	0.900
Or	0.877	0.566	0.000*	0.673	1.082

asterisks indicates statistical difference.

Table 5. Changes between T0 and T1 of the Euclidean distance (3-D) of the landmarks of Group 3

Landmark	Mean (mm)	SD (mm)	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
N	1.189	1.890	0.024*	0.181	2.196
S	0.462	0.248	0.000*	0.329	0.594
Ba	1.014	0.757	0.000*	0.610	1.417
Po	0.609	0.350	0.000*	0.422	0.796
Or	0.981	0.600	0.000*	0.661	1.301

asterisks indicates statistical difference.

Table 6. Changes (mm) between T0 and T1 of the landmarks in the three planes in Group 1

Displacement	Mean	SD (mm)	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
X axis					
N	-0.005	0.040	0.532	-0.023	0.012
S	-0.008	0.028	0.196	-0.021	0.004
Ba	-0.016	0.043	0.093	-0.036	0.003
Po	-0.008	0.057	0.518	-0.034	0.018
Or	0,712	0.556	0.000*	0.459	0.965
Y axis					
N	0.871	0.435	0.000*	0.673	1.069
S	-0.383	0.296	0.000*	-0.518	-0.248
Ba	-0.708	0.622	0.000*	-0.991	-0.425
Po	-0.394	0.634	0.010*	-0.683	-0.105
Or	-0.008	0.078	0.643	-0.043	0.027
Z axis					
N	-0.134	0.381	0.123	-0.307	0.039
S	0.077	0.414	0.403	-0.111	0.266
Ba	-0.568	0.662	0.001*	-0.870	-0.266
Po	0.247	0.291	0.001*	0.115	0.380
Or	-0.150	0.432	0.127	-0.346	0.046

X: right-left; Y: anterior-posterior; Z: superior-inferior.

asterisks indicates statistical difference between groups.

Table 7. Changes (mm) between T0 and T1 of the landmarks in the three planes in Group 2

Displacement	Mean	SD	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
X axis					
N	-0.015	0.037	0.030*	-0.028	-0.001
S	-0.008	0.040	0.248	-0.022	0.006
Ba	-0.012	0.050	0.188	-0,030	0,006
Po	-0.086	0.387	0.219	-0,225	0,053
Or	0.437	0.838	0.006*	0,135	0,739
Y axis					
N	0.616	0.456	0.000*	0.451	0.781
S	-0.272	0.370	0.000*	-0.406	-0.139
Ba	-0.625	0.650	0.000*	-0.860	-0.391
Po	-0.426	0.583	0.000*	-0.636	-0.216
Or	0.012	0.089	0.440	-0.019	0.044
Z axis					
N	0.127	0.491	0.152	-0.049	0.304
S	0.096	0.317	0.094	-0.017	0.211
Ba	-0.574	0.652	0.000*	-0.810	-0339
Po	0.129	0.351	0.045*	0.003	0.256
Or	-0.013	0.455	0.868	-0.177	0.150

X: right-left; Y: anterior-posterior; Z: superior-inferior.

asterisks indicates statistical difference.

Table 8. Changes (mm) between T0 and T1 of the landmarks in the three planes in Group 3

Displacement	Mean	SD	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
X axis					
N	0.074	0.244	0.244	-0.056	0.204
S	-0.010	0.089	0.647	-0.057	0.037
Ba	0.021	0.040	0.056	-0.000	0.043
Po	-0.014	0.069	0.431	-0.051	0.023
Or	0.476	1.000	0.076	-0.056	1.010
Y axis					
N	0.849	2.018	0.113	-0.226	1.924
S	-0.174	0.270	0.021*	-0.319	-0.030
Ba	-0.507	0.706	0.012*	-0.883	-0.130
Po	-0.252	0.519	0,071	-0.529	0.024
Or	-0.027	0.085	0.218	-0.072	0.017
Z axis					
N	0.079	0406	0.445	-0.136	0.296
S	0.112	0.403	0.281	-0.102	0.327
Ba	-0.307	0.890	0.187	-0.782	0.166
Po	0.085	0.410	0.417	-0.132	0.304
Or	0.044	0.366	0.633	-0.150	0.239

X: right-left; Y: anterior-posterior; Z: superior-inferior.

asterisks indicates statistical

Table 9. Angular pitch changes between T0 and T1 of cephalometric lines in Group 1

Line	Mean (°)	SD	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
S-N	0.357	0.507	0.004	-0.588	-0.126
N-Ba	0.205	0.336	0.011	-0.359	-0.052
FH	0.341	0.443	0.002	-0.543	-0.139

S-Na: line between the points nasion and sella; N-Ba: line between the nasion and basion points; FH: Frankfort horizontal plane.

Table 10. Angular pitch changes between T0 and T1 of cephalometric lines in Group 2

Line	Mean (°)	SD (mm)	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
S-N	0.146	0.450	0.076	-0.308	0.016
N-Ba	0.019	0.323	0.734	-0.136	0.096
FH	0.148	0.504	0.105	-0.330	0.032

S-Na: line between the points nasion and sella; N-Ba: line between the nasion and basion points; FH: Frankfort horizontal plane.

Table 11. Angular pitch changes between T0 and T1 of cephalometric lines in Group 3

Line	Mean (°)	SD	P value	95% CI for difference	
				Minimum	Maximum
S-N	0.124	0.591	0.414	-0.439	0.190
N-Ba	0.084	0.523	0.528	-0.363	0.194
FH	0.035	0.452	0.756	-0.277	0.205

S-N: line between the points nasion and sella; N-Ba: line between the nasion and basion points; FH: Frankfort horizontal plane.

ACKNOWLEDGMENT

We thank Life Imagem for the partnership in acquiring the CBCT's and Dr Alexandre Moro from the Positivo University for ceding part of the sample studied.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procurou-se responder a perguntas relacionadas ao crescimento e desenvolvimento do complexo craniofacial. A primeira questão levantada foi avaliar se de fato, as mudanças avaliadas e relatadas por trabalhos sobre este tema, que até então tinham sido realizadas através de métodos bidimensionais (AFRAND, 2014), eram confiáveis sob uma perspectiva tridimensional. Com o surgimento das técnicas 3-D foi possível desenvolver métodos de sobreposição volumétrica e então a possibilidade de avaliação mais precisa das mudanças posicionais dos pontos cefalométricos que são considerados referência de estabilidade durante o período de crescimento. Considerando que grande parte dos pacientes ortodônticos recebem terapias durante os períodos circumpuberais, onde mudanças corporais associadas ao crescimento normal são esperadas, decidiu-se estudar os indivíduos neste estágio de maturação.

Através de um estudo retrospectivo longitudinal observacional, em que foi coletado no banco de dados de pacientes tratados nas clínicas de Pós-graduação em Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e da Universidade Positivo, foram selecionados indivíduos que estavam em fase de crescimento pelo método de maturação cervical entre CS2 e CS5 (BACCETTI, 2005) e possuírem, por motivos de tratamento ortodôntico interceptador, TCFC adquiridas antes e ao final da interceptação. Estes indivíduos foram divididos em três grupos por faixa etária, assim foi atingindo uma maior homogeneidade na amostra. Os grupos foram: Grupo 1, que envolveu indivíduos entre 8 e 10 anos de idade; o Grupo 2, com indivíduos entre 11 e 13 anos de idade; e o Grupo 3, indivíduos entre 14 e 17 anos de idade.

Baseando-se nos resultados alcançados após o período observacional, que foi entre 8 e 12 meses, é lícito concluir que:

- a) todos os pontos, em todos os três grupos de faixa etária apresentaram mudanças estatisticamente significantes em sua distância euclidiana entre os tempos de observação;
- b) ponto N: se desloca para o lado e para frente entre 8 a 13 anos, se mantendo estável após os 14. No sentido vertical, apresenta estabilidade em todas as idades avaliadas;

- c) ponto S: se desloca para trás entre 8 a 17 anos. Se mantém estável no sentido transversal e vertical entre os 8 a 17 anos;
- d) ponto Ba: se desloca para baixo e para trás dos 8 aos 13 anos. Após os 14 anos, se mantém estável no sentido vertical e transversal, deslocando-se para trás;
- e) ponto Po: se desloca para cima e para trás dos 8 aos 13 anos. Após os 14 anos, se mantém estável em todos os planos do espaço;
- f) ponto Or: se desloca no sentido látero-lateral dos 8 aos 13 anos, se mantendo estável no sentido vertical e sagital. Após os 14 anos se mantém estável em todos os planos do espaço;
- g) as linhas S-N, N-B e PHF: apresentam mudanças angulares estatisticamente significantes dos 8 a 10 anos, não sendo válidas como referencial de estabilidade cefalométrica;
- h) todas as linhas avaliadas não apresentaram mudanças angulares estatisticamente significantes dos 11 aos 17 anos, portanto são válidas como referência estável nesta faixa etária.

Até o momento não havia estudos avaliando estas mudanças dos pontos de referência de estabilidade cefalométrica através de métodos 3-D. Este método de avaliação supera os métodos radiográficos 2-D, evitando superposição de estruturas, distorções de imagens, dificuldades em se localizar pontos e permitindo uma avaliação nos três planos do espaço, eixos X, Y e Z (CEVIDANES, 2006; CEVIDANES, 2009; CEVIDANES, 2011).

O trabalho não tem como objetivo invalidar as tradicionais superposições e análises cefalométricas, pois estas historicamente, ainda representam um método confiável de avaliação dentro da ortodontia. Mesmo com o maior acesso as TCFC, ainda há certos lugares onde este acesso é limitado, então as análises 2-D apresentam grande valor. O estudo calculou, através de fórmulas matemáticas, os reais deslocamentos destes pontos considerados de estabilidade nos três planos do espaço. Assim, é possível que mesmo quando ainda se usar métodos de avaliação de imagem 2-D, o profissional possa, através destes resultados, avaliar com senso crítico os resultados obtidos 2-D, alcançando um diagnóstico de crescimento e conseqüentemente um plano de tratamento mais adequado dentro da prática ortodôntica.

REFERÊNCIAS

- AFRAND, M. Anterior cranial-base time-related changes: A systematic review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.146, n.1, p. 21-32, July 2014.
- AFRAND, M. Growth changes in the anterior and middle cranial bases assessed with cone-beam computed tomography in adolescents. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.151, n.21, p. 342-350, Feb. 2017.
- ALEXANDER, AE. Semilongitudinal cephalometric study of craniofacial growth in untreated Class III malocclusion, **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.135, n.6, p. 700-714, June 2009.
- ARAT, Z.M. The displacement of craniofacial reference landmarks during puberty: a comparison of three superimposition methods. **The Angle Orthodontist**, v.73, n. 4, p. 374-380, Aug. 2003.
- ARAT, Z.M. Longitudinal growth changes of the cranial base from puberty to adulthood. **The Angle Orthodontist**, v.80, n.4, p. 725-732, July 2010.
- BACCETTI, T. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. **Seminars in orthodontics**, v.11, n.3, p. 119-129, Sept. 2005.
- BASTIR, M. Craniofacial levels and the morphological maturation of the human skull. **Journal of Anatomy**, v.209, n.5, p. 637-654, Nov. 2006.
- BJORK, A. Cranial base development: a follow-up x-ray study of the individual variation in growth occurring between the ages of 12 and 20 years and its relation to brain case and face development. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.41, n.3, p. 198-225, Mar. 1955.
- BJORK, A. Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. **The European Journal of Orthodontics**, v.5, n.1, p. 10-46, Feb. 1983.
- BROADBENT, B.H. A new raio-x technique and its application to orthodontia. **The Angle Orthodontist**, v.1, n.2, p. 45-66, Apr. 1931.
- CEVIDANES, L.H.C. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.129, n.5, p. 611-618, May 2006.
- CEVIDANES, L.H.C. et al. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.136, n.1, p. 94-99, July 2009.

CEVIDANES, L.H.C., STYNER, M., PROFFIT, W.R. Three-dimensional superimposition of the skull base for the longitudinal evaluation of the effects of growth and of treatment. **L'Orthodontie Française**, v.80, n.4, p. 347-357, Dec. 2009.

CEVIDANES, L.H.C. et al. Cranial Base Superimposition for 3D Evaluation of Soft Tissue Changes. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.137, n.4, p. 120-129, Apr. 2010.

CEVIDANES, L.H.C. et al. Clinical application of 3D imaging for assessment of treatment outcomes. **Seminars in Orthodontics**, v.17, n.1, p. 72-80, Mar. 2011.

COBEN, S.E. The spheno-occipital synchondrosis: The missing link between the profession's concept of craniofacial growth and orthodontic treatment. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.114, n.6, p. 709-712, Dec. 1998.

ENLOW, D.H. **Crescimento facial**. 3. ed. Philadelphia: Iglu, 1990. 553p.

FEDOROV, A. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v.30, n.9, p. 1323-1341, Nov. 2012.

FORD, E.H.R. Growth of the human cranial base. **American Journal of Orthodontics**, v.44, n.7, p. 498-506, July 1958.

JACOBSON, A. **Radiographic Cephalometry: from basics to video**. Chicago, EUA. Quintessence Pub. Co. 1995.

LECORNU, M. et al. Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients treated with the Herbst appliance: a pilot study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.144, n.6, p. 818–830, Dec. 2013.

MALTA, L. A. Quantification of cranial base growth during pubertal growth. **Journal of Orthodontics**, v.36, n.4, p. 229-235, Dec. 2009.

MOTTA, A.T.S. et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models in orthognathic surgery. **Dental Press Journal Orthodontics**, v.15, n.2, p. 39-41, Mar./Apr. 2010.

MELSEN, B. The cranial base: the postnatal development of the cranial base studied histologically on human autopsy material. **Acta Odontologica Scandinavica**, v.66, n.6, p. 689-691, Dec. 1974.

MOORREES, C.F.A. Natural head position: a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs. **American Journal of Physical Anthropology**, v.16, n.2, p. 213-234, June 1958.

PAIXÃO, M.B. Estudo comparativo entre traçados cefalométricos manual e difital, através do programa Dolphin Imaging em telerradiografias laterais. **Dental Press Journal Orthodontics**, v.15, n.6, p. 123-130, nov./dez. 2010.

PIERI, L.V. Crescimento da base craniana nos diferentes tipos faciais nos relacionamentos maxilomandibulares ortopédicos de classe I, II e III – Parte 1. **Dental Press Journal Orthodontics**, v.12, n.1, p. 110-117, jan./fev. 2007.

RICKETTS, RM. Perspectives in the Clinical Application of Cephalometrics. **The Angle Orthodontist**, v.51, n.2, p. 115-150, Apr. 1981.

STEINER, C.C. Cephalometrics for you and me. **American Journal of Orthodontics**, v.39, n.10, p. 729-755, Oct. 1953.

STEUER, I. The cranial base for superimposition of lateral cephalometric radiographs. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v.61, n.5, p. 493-500, May 1972.

YUSHKEVIC, P.A. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability, **Neuroimage**, v.31, n.3, p. 1116-1128, July 2006.

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP PUC Minas

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS - PUCMG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A MORFOLOGIA DAS ARTICULAÇÕES TEMPOROMANDIBULARES É AFETADA PELA TERAPIA ORTOPÉDICA COM ATIVADOR MANDIBULAR HERBST?

Pesquisador: Paula Loureiro Cheib Vilefort

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 21534013.8.0000.5137

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 408.327

Data da Relatoria: 09/09/2013

Apresentação do Projeto:

O ativador mandibular tipo Herbst é um aparelho ortopédico não funcional que vem sendo utilizado de maneira rotineira na Ortodontia para o tratamento das más oclusões de Classe II de Angle com retrognatismo mandibular. Apesar de diversos estudos já terem avaliado os efeitos dentoesqueléticos de tal método terapêutico, as evidências sobre as mudanças ósseas ao nível das articulações temporomandibulares (ATM), por terem sido baseadas essencialmente em exame por ressonância magnética, são inconclusivas. O objetivo desse trabalho será avaliar as mudanças na morfologia e no posicionamento do côndilo após a terapia com aparelho tipo Herbst. A amostra será composta de 20 pacientes, ATENDIDOS NA CLÍNICA DE Ortodontia da PUC Minas, na faixa etária de 12 a 16 anos e nas fases de dentadura mista final ou permanente jovem, portadores de má oclusão de Classe II devido a deficiência mandibular. Serão feitas Tomografias Computadorizadas de Felxe Cônico que serão obtidas antes da instalação do aparelho, imediatamente após a instalação e depois da remoção do aparelho. Por meio dos softwares Dolphin Imaging e Image J serão realizadas avaliações para quantificar o deslocamento total e as alterações na morfologia do côndilo.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar, por meio de Tomografia Computadorizada de Felxe Cônico, as mudanças estruturais ao

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 228
 Bairro: Condição Eucarístico CEP: 30.535-001
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3319-4517 Fax: (31)3319-4517 E-mail: cep.proppg@pucminas.br

Continuação do Parecer: 400.027

nível da articulação temporomandibular de pacientes portadores de má oclusão de Classe II tratados com ativador mandibular tipo Herbst.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O procedimento de ativação mandibular é indispensável para o tratamento podendo, provocar dorimento durante a primeira semana, além de desconforto na fala e na alimentação. O uso de analgésicos convencionais poderá trazer alívio ao dorimento. O paciente receberá o tratamento ortodôntico completo na clínica de Ortodontia da PUC Minas, com isenção total dos custos do tratamento (oferecido pela própria Instituição), bem como dos exames complementares, que serão feitos na própria universidade ou em clínica particular (oferecido sem custos pelos pesquisadores).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo é relevante, respaldado pela literatura.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha rosto - OK

TICLE - OK

Tomografias custeadas pelos professores responsáveis pela disciplina (termo de responsabilidade anexado).

Anexada declaração da Instituição, isentando os participantes dos custos do tratamento.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

NDM

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 225
Bairro: Coração Eucarístico CEP: 30.535-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3010-4517 Fax: (31)3318-4517 E-mail: cep.propag@pucminas.br

Continuação do Process: 406.127

BELO HORIZONTE, 27 de Setembro de 2013

Assinado por:
CRISTIANA LEITE CARVALHO
(Coordenador)

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 03, sala 225
Bairro: Cidade Universitária CEP: 30.535-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3319-4517 Fax: (31)3319-4517 E-mail: cep.propog@pucminas.br