

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Centro de Ciências da Saúde

Faculdade de Odontologia

**AVALIAÇÃO DAS VIAS AÉREAS EM PACIENTES SUBMETIDOS À
CIRURGIA DE AVANÇO MANDIBULAR**

Lígia Vieira Claudino

CD, MO

Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos, para a obtenção do Título de Doutor em Odontologia (Ortodontia).

Rio de Janeiro

2017

**AVALIAÇÃO DAS VIAS AÉREAS EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA
DE AVANÇO MANDIBULAR**

LÍGIA VIEIRA CLAUDINO, CD, MO

Orientadores: Prof. Dr. EDUARDO FRANZOTI SANT' ANNA

Prof. Dr^a. CLÁUDIA TRINDADE MATTOS

Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos, para obtenção do Título de Doutor em Odontologia (Ortodontia).

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Alexandre T. Simões da Motta
CD, MO, DO

Prof^a. Dr^a. Adriana A. Cury Saramago
CD, MO, DO

Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima
CD, MO, DO

Prof. Dr. Eduardo F. Sant'Anna
CD, MO, DO

Prof^a. Dr^a. Mônica Tirre de Souza Araújo
CD, MO, DO

Rio de Janeiro

2017

Ficha Catalográfica

CLAUDINO, Lúgia Vieira

Avaliação das vias aéreas em pacientes submetidos à cirurgia de avanço mandibular. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2017.

xv, 71f.

Tese: Doutorado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia, 2017.

1 Faringe

2 Avanço mandibular

3 Tomografia

4 Teses

I Título

II Tese (Doutorado – UFRJ/Faculdade de Odontologia)

Aos meus pais Lúcia e Manoel

Aos meus irmãos Márcio (*in memoriam*) e Mércio

Ao meu esposo Saullo

A minha filha Júlia

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus** e a **Nossa Senhora** por sempre guiarem meus passos e proporcionarem mais esta conquista em minha vida.

Aos meus amados pais, **Manoel Claudino** e **Lúcia de Fátima**, por todo amor, educação, dedicação, incentivo e confiança em mim depositados. Em meio a tantas adversidades nunca mediram esforços para me proporcionar a melhor educação possível.

Ao meu marido, **Saullo de Oliveira**, presente de Deus em minha vida. Agradeço imensamente por todo amor, companheirismo, cumplicidade, paciência e incentivos, por sempre está presente em todos os momentos, inclusive nos de maior dificuldade. Sem você ao meu lado não teria conseguido chegar até aqui, te amo!

Aos meus irmãos, **Márcio** (*in memoriam*) e **Mércio**, por todo companheirismo e incentivo, a minha cunhada **Jandira** e a meus amados sobrinhos, **Matheus** e **Anna Beatriz**, por existirem e alegrarem ainda mais nossas vidas.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna**, pelos ensinamentos, pela orientação deste trabalho, pelo incentivo e confiança em mim depositados desde o mestrado.

À minha querida orientadora, **Prof^a. Dr^a. Cláudia Trindade Mattos**, por todo apoio, paciência, incentivo, disponibilidade e sincera amizade. Sou imensamente grata por toda orientação dada em todas as fases desse trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ, **Dra. Ana Maria Bolognese, Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas, Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna, Dr. José Fernando S. Brazzalle, Dr. José Vinícius Bolognesi Maciel, Dr. Lincoln Issamu Nojima, Dra. Margareth Maria Gomes de Souza, Dra. Maria Evangelina Monnerat, Dra. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima e Dra. Mônica Tirre de Souza Araújo** pelos ensinamentos transmitidos durante o curso.

À amiga, **Alline Birra Nolasco Fernandes**, pela convivência, companheirismo e parceria durante os anos de mestrado e doutorado.

Aos colegas de turma, **Dayanne Lopes da Silva, Geórgia Wain Thi Lau, Teresa Cristina Pereira de Oliveira** e aos demais colegas de Doutorado, **Adriele Araújo, Amanda Cunha, Ana Paula Tenório, Daniel Paludo Brunetto, Hibenon Lopes Filho, Luciana Duarte Caldas, Lúcio Maia, Rodrigo Lopes e Sânia Ornellas**, pela amizade, convivência e ensinamentos compartilhados.

Aos funcionários do Curso de Pós-Graduação em Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ, **Diane Esteves de Souza Gomes, Fernanda Ribeiro da Silva, Mônica Mello, Robson Antônio França (in memoriam), Vanilda Saturnino e Waltencir da Silva**, pela amizade e assistência prestadas durante o curso.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pelo incentivo à qualificação através da bolsa de estudos concedida.

À **Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ)**, pelo auxílio financeiro concedido a este projeto de tese.

A todos os demais amigos e familiares que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desse trabalho.

RESUMO

CLAUDINO, Lígia Vieira. Avaliação das vias aéreas em pacientes submetidos à cirurgia de avanço mandibular. Orientadores: Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna; Dr^a. Cláudia Trindade Mattos. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2017. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). 71f.

Objetivou-se avaliar se existem diferenças entre os limites anatômicos anteriores e posteriores utilizados para determinação 3D das subdivisões das vias aéreas faríngeas (VAF) de acordo com idade; sexo; padrões esqueléticos anteroposterior e vertical; e inclinação craniocervical, e avaliar em tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) a área de secção transversa mínima (ASTM) e o volume das VAF de pacientes submetidos a cirurgia de avanço mandibular em um período de acompanhamento pós-cirúrgico de no mínimo um ano. Foram realizados dois estudos, no primeiro, a amostra incluiu 150 TCFCs de pacientes saudáveis divididas nos seguintes grupos: por faixa etária: crianças de 6 a 11 anos, crianças de 12 a 16 anos e adultos (acima de 16 anos); por sexo: feminino e masculino; por padrão esquelético horizontal: Classe I ($1^\circ \leq ANB \leq 5^\circ$), Classe II ($ANB > 5^\circ$), e Classe III ($ANB < 1^\circ$); pelo padrão vertical: braquifacial ($FMA < 22^\circ$), mesofacial ($22^\circ \leq FMA \leq 28^\circ$) e dolicofacial ($FMA > 28^\circ$); e pela inclinação craniocervical (CCI): postura natural da cabeça ($90^\circ \leq CCI \leq 110^\circ$), flexão da

cabeça (CCI < 90°), e extensão da cabeça (CCI >110°). Regiões anatômicas foram delimitadas para determinar a correspondência entre estruturas anteriores e posteriores das VAF. No segundo estudo, 14 pacientes com necessidade de cirurgia de avanço mandibular foram avaliados em três tempos: (T1) pré-cirúrgico, (T2) pós-cirúrgico, e (T3) período de acompanhamento de no mínimo 12 meses. Um grupo controle foi constituído por 14 TCFCs de pacientes Classe I esquelética. Foram avaliadas a ASTM e volume total da faringe (VTF), velofaringe e orofaringe. No estudo referente aos limites anatômicos, não foram observadas diferenças significativas entre a frequência de localização das regiões anatômicas entre diferentes faixas etárias e padrões esqueléticos anteroposterior e vertical. Entretanto, foram observadas diferenças estatísticas na localização da epiglote, valécula, hioide, C2 e C3 de acordo com a CCI, e na localização da valécula, C3 e C4 de acordo com o sexo. Quanto ao estudo que avaliou as VAF de pacientes submetidos à cirurgia de avanço mandibular, foi observado um aumento significativo ($p < 0,05$) no VTF e na ASTM e esta alteração se manteve estável em T3. Os volumes da velofaringe e orofaringe avaliados apresentaram um aumento expressivo clínico não significativo durante o período de acompanhamento e quando comparado ao grupo controle. Conclui-se que ambas estruturas, anteriores ou posteriores podem ser utilizadas para delimitar as VAF independente da faixa etária, padrões esqueléticos vertical e horizontal. No entanto, os estudos devem ser pareados em relação ao sexo e a CCI deve ser padronizada. A cirurgia de avanço mandibular proporcionou um aumento no VTF e na ASTM que permaneceu estável no período de acompanhamento de no mínimo um ano.

SUMMARY

CLAUDINO, Lígia Vieira. Airway evaluation in patients undergoing mandibular advancement surgery. Orientador: Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna; Dr^a. Cláudia Trindade Mattos. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2017. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). 71f.

The aim of this study was to evaluate if there were differences between anterior and posterior anatomical limits used for 3D (three-dimensional) determination of pharyngeal airway (PA) subdivisions according to age, sex, horizontal skeletal pattern, vertical pattern and craniocervical inclination and to evaluate in cone beam computed tomography (CBCT) the minimum cross-sectional area (CSA) and pharyngeal airway volume (PAV) in patients submitted to mandibular advancement surgery with a minimum of one year post-surgical follow-up period. Two studies were performed, in the first the sample included 150 CBCT scans from healthy patients divided into groups according to the following: age: children aged 6 to 11 years, children aged 12 to 16 years and adults (older than 16 years); sex: female and male; anteroposterior skeletal pattern: Class I ($1^\circ \leq ANB \leq 5^\circ$), Class II ($ANB > 5^\circ$), and Class III ($ANB < 1^\circ$); vertical pattern: brachyfacial ($FMA < 22^\circ$), mesofacial ($22^\circ \leq FMA \leq 28^\circ$) and dolichofacial ($FMA > 28^\circ$); and cranio cervical inclination (CCI): natural head posture ($90^\circ \leq CCI \leq 110^\circ$), head flexion ($CCI < 90^\circ$), and head

extension ($CCI > 110^\circ$). Anatomical regions were created to determine the correspondences between structures located anteriorly and posteriorly to the pharyngeal airway. In the prospective study that evaluated airways in patients submitted to mandibular advancement surgery, 14 patients were evaluated in three times: pre-surgical (T1), post-surgical (T2) and follow-up of at least 12 months (T3). A control group was composed by 14 initial CBCT scans of skeletal Class I patients. Linear measures were analyzed to characterize the orthognathic surgery. CSA and total PA, velopharynx and oropharynx volumes were evaluated. In the study of anatomical limits determination, no statistically significant differences were observed between the frequencies of location of anterior and posterior anatomical regions among age, different anteroposterior skeletal pattern and vertical patterns. However, the location of epiglottis, vallecula, hyoide, C2 and C3 were statistically different according to the CCI, and the location of vallecula, C3 e C4 were different according to sex. Regarding the study that evaluated the airways of patients submitted to mandibular advancement surgery, a significant ($p < 0.05$) increase was seen in total PAV and in CSA and these changes were stable in the follow-up period. Oropharynx and velopharynx volumes evaluated presented an expressive clinical and not significant increase, approaching that observed in the control group. We concluded that anterior and posterior structures may be used to determine upper airway limits regardless of age, vertical and anteroposterior skeletal pattern. However, the studies must be paired according to sex and CCI must be standardized. Mandibular advancement surgery provided an increase in total PAV and in minimum CSA which remained stable after a minimum of 1-year of follow-up.

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| 3D | Tridimensional/ 3-dimensional |
| A | Ponto A |
| ASTM | Área de Secção Transversa Mínima |
| B | Ponto B |
| C1 | Primeira vertebra cervical |
| C2 | Segunda vértebra cervical |
| C3 | Terceira vértebra cervical |
| C4 | Quarta vértebra cervical |
| CAPES | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CBCT | Cone Beam Computed Tomography |
| CCI | Inclinação Crânio Cervical/ Craniocervical Inclination |
| cm ² | Centímetro quadrado |
| CSA | Cross-sectional area |
| DICOM | Digital Imaging and Communications in Medicine |
| DP | Desvio Padrão |
| ENA | Espinha Nasal Anterior |
| ENP | Espinha Nasal Posterior |
| <i>et al</i> | e outros |
| FOV | Field of View |
| IESC | Instituto de Estudos em Saúde Coletiva |

| | |
|------|---|
| KV | Kilovolt |
| mA | Miliampère |
| Me | Ponto mento |
| mm | Milímetro / millimeters |
| N | Násio |
| OSA | Obstrutive Sleep Apnea |
| PA | Pharyngeal Airway |
| PAV | Pharyngeal Airway Volume |
| PNS | Posterior Nasal Spine |
| Pp | Plano Palatino |
| S | Segundo |
| SAOS | Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono |
| SD | Standard Deviation |
| T1 | Período pré-cirúrgico |
| T2 | Período pós-cirúrgico |
| T3 | Período de acompanhamento de no mínimo 12 meses |
| TCFC | Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico |
| U | Úvula/ Uvula |
| UA | Upper Airway |
| UERJ | Universidade Estadual do Rio de Janeiro |
| UFRJ | Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| VAF | Via Aérea Faríngea |
| VTF | Volume Total da Faringe |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1- Inclinação craniocervical (CCI): ângulo formado pelas linhas OPT e NSL..... | 7 |
| Figura 2- Regiões anatômicas A1, A2, A3 e A4 criadas para determinar a localização das vértebras cervicais C1, C2, C3 e C4..... | 8 |
| Figura 3 - Regiões anatômicas B1, B2, B3 e B4 criadas para determinar a localização da úvula, epiglote, valécula e hioide..... | 10 |
| Figura 4 - Medidas lineares realizadas para caracterizar mudanças horizontais e verticais na posição da maxila e da mandíbula: ENP Vert e Hor; A Vert e Hor, B Vert e Hor; Me Vert e Hor..... | 14 |
| Figura 5 - Limites utilizados nos segmentos das vias aéreas faríngeas: A , via aérea faríngea total; B , velofaringe; C ; orofaringe..... | 16 |
| ARTIGO 1 | |
| Fig 1- Anatomical ranges A1, A2, A3 and A4 created to determine cervical vertebrae location C1, C2, C3 and C4..... | 32 |
| Fig 2- Anatomical ranges B1, B2, B3 and B4 created to determine uvula, epiglottis, vallecula and hyoid location..... | 32 |
| ARTIGO 2 | |
| Fig 1- Limits used in the pharyngeal airway segments: A, Total pharyngeal airway limits; B, velopharynx limits; C, oropharynx limits..... | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|---|--------|
| ARTIGO 1 | |
| Table I – Mean and standard deviation of ANB, FMA, and CCI for individual groups..... | 33 |
| Table II - Frequencies of anterior structures in each anatomical region, for all patients and considering, age, sex, skeletal class, vertical pattern and cranio cervical inclination (CCI)..... | 34 |
| Table III - Frequencies of posterior structures in each anatomical region, for all patients and considering, age, sex, skeletal class, vertical pattern and cranio cervical..... | 35 |
| ARTIGO 2 | |
| Table I - Sample characterization..... | 51 |
| Table II – Surgical characterization..... | 51 |
| Table III – Comparison between pharyngeal airway volume and axial area before (T1) and after orthognathic surgery in two follow-up times (T2 and T3) and compared to the control group..... | 52 |
| Table IV - correlation between changes in upper airway dimensions and horizontal distance between B point to Nasio and Hyoid (anteroposterior) to Nasio..... | 52 |

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 PROPOSIÇÃO..... | 4 |
| 3 DELINEAMENTO DA PESQUISA..... | 5 |
| 4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA..... | 18 |
| 4.1 ARTIGO 1: WHAT LIMITS AND REFERENCES SHOULD WE USE WHEN ASSESSING PHARYNGEAL AIRWAYS IN CBCT? CLAUDINO LV, MATTOS CT, LUCIANA DC, SANT'ANNA EF. A ser submetido à revista American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics..... | 18 |
| 4.2 ARTIGO 2: AIRWAY VOLUME AND MINIMUM CROSS- SECTIONAL AREA CHANGES AFTER MANDIBULAR ADVANCEMENT SURGERY: A CBCT 1-YEAR MINIMUM FOLLOW-UP CONTROLLED STUDY. CLAUDINO, L V; MATTOS, CT; COSER, RC; SANT' ANNA, EF. A ser submetido à International Jornal of Oral and Maxillofacial Surgery..... | 36 |
| 5 DISCUSSÃO..... | 53 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 61 |
| ... | |

| | | |
|-----|---------------------------------|----|
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 62 |
| 8 | APÊNDICE..... | 67 |
| 8.1 | APÊNDICE 1..... | 67 |
| 8.2 | APÊNDICE 2..... | 68 |
| 9 | ANEXOS..... | 70 |
| 9.1 | ANEXOS 1..... | 70 |
| 9.2 | ANEXOS 2..... | 71 |

1 INTRODUÇÃO

Há mais de três décadas o estudo das características das vias aéreas superiores tem despertado interesse não só da Ortodontia, como também de outras especialidades que atuam na região de cabeça e pescoço, como Otorrinolaringologia, Patologia e Cirurgia. Esse aspecto vem sendo amplamente estudado, uma vez que é frequente o diagnóstico de pacientes que apresentam sinais e sintomas de obstrução de vias aéreas e desequilíbrios craniofaciais associados (Linder-Aronson, 1979; Mcnamara, 1981; Tso *et al.*, 2009).

Com o advento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), tornou-se possível a obtenção de imagens tridimensionais do crânio e da face, ricas em detalhes e informações, e com boa precisão e fidelidade, favorecendo a avaliação das vias aéreas superiores. Diferentemente das teleradiografias, este exame possibilita a avaliação da área de secção transversa e volume desta estrutura além de apresentar menor custo e dose de radiação inferior às das tomografias computadorizadas convencionais (Montgomery *et al.*, 1979; Hechler, 2008; Aboudara *et al.*, 2009; Loubele *et al.*, 2009).

Entretanto, segundo três revisões sistemáticas publicadas recentemente, aspectos importantes relativos à avaliação das vias aéreas superiores em TCFC precisam ser elucidados para que os estudos apresentem boa qualidade metodológica, tais como: validade e confiabilidade dos modelos tridimensionais

gerados pela TCFC, impacto da fase respiratória, influência da posição da língua e morfologia mandibular nas dimensões das vias aéreas, estudos tridimensionais (3D) longitudinais e transversais das vias aéreas e definição dos limites anatômicos tridimensionais das vias aéreas superiores em TCFC (Guijarro-Martinez e Swennen, 2011; Alsufyani *et al.*, 2012; Chistovam *et al.*, 2016).

Desse modo, ainda não há consenso entre os autores quanto as referências a serem utilizadas ao se determinar os limites para avaliação das vias aéreas superiores em TCFC. Alguns autores utilizam pontos nas vértebras cervicais (Grauer *et al.*, 2009; El e Palomo, 2010; Guijarro-Martinez e Swennen, 2013; Celikoglu *et al.*, 2014) e outros usam outras referências anatômicas, como a valécula e a epiglote (Guijarro-Martinez e Swennen, 2011; Dalmau *et al.*, 2015; Feng *et al.*, 2015).

Além disso, não está bem estabelecido na literatura se estruturas como úvula, epiglote, valécula, hioide e vértebras cervicais, utilizadas como referência para determinação das vias aéreas faríngeas, apresentam diferenças em sua localização de acordo com idade e sexo e, características craniofaciais como padrão esquelético anteroposterior, padrão vertical e posicionamento da cabeça dos indivíduos (Shen *et al.*, 1994; Jose *et al.*, 2014; Tsai, 2002). Estes aspectos devem ser estabelecidos antes de futuras avaliações e esta foi uma das preocupações inicialmente levadas em consideração no presente estudo.

Estudos têm sugerido que as dimensões das vias aéreas faríngeas estariam intimamente relacionadas com o padrão esquelético anteroposterior dos indivíduos (El e Palomo, 2011; Claudino *et al.*, 2013; Cabral *et al.*, 2017). Desse modo, pacientes com deficiência mandibular apresentariam vias aéreas mais constrictas e

este aspecto poderia aumentar o risco de desenvolvimento de distúrbios respiratórios como a SAOS (Shigeta *et al.*, 2008; Walsh *et al.*, 2008).

Deficiências mandibulares, em casos leves e moderados podem ser tratados com redirecionamento no crescimento mandibular ou camuflagem ortodôntica. Entretanto, em casos severos a realização da cirurgia de avanço mandibular torna-se necessária (Jiang *et al.*, 2017).

A literatura tem sugerido que a cirurgia ortognática poderia resultar em alterações nas dimensões das vias aéreas de acordo com a direção e magnitude do movimento esquelético. Entretanto, na maioria dos estudos publicados os resultados são baseados em análises cefalométricas (Mattos *et al.*, 2011; Jiang *et al.*, 2017).

Chistovam *et al.* (2016) publicaram uma revisão sistemática com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes tipos de cirurgia ortognática nas dimensões das vias aéreas, utilizando imagens 3D. Em virtude do reduzido número de estudos realizados, não há evidência científica de que a cirurgia de avanço mandibular isolada resulte em alterações a longo prazo nas vias aéreas faríngeas.

Tendo em vista a escassez de estudos prospectivos e controlados; com limites bem definidos das vias aéreas em imagens tridimensionais de pacientes submetidos à cirurgia de avanço mandibular, sobretudo durante um período de acompanhamento pós-cirúrgico a longo prazo; justifica-se a realização do presente trabalho.

2 PROPOSIÇÃO

2.1. Avaliar se existem diferenças entre os limites anatômicos anteriores e posteriores utilizados para determinação tridimensional das subdivisões das vias aéreas faríngeas (VAF) de acordo com a idade, sexo, padrão esquelético anteroposterior e vertical, e inclinação da cabeça.

2.2. Avaliar em TCFC a área de secção transversa mínima e o volume das vias aéreas faríngeas de pacientes submetidos a cirurgia de avanço mandibular em um período de acompanhamento de no mínimo um ano e comparar os resultados com o grupo controle de Classe I esquelética.

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

3.1. ARTIGO 1: WHAT LIMITS AND REFERENCES SHOULD BE USED WHEN ASSESSING PHARYNGEAL AIRWAYS IN CBCT?

No primeiro artigo objetivou-se avaliar se existem diferenças entre os limites anatômicos anteriores e posteriores utilizados para determinação tridimensional das subdivisões das vias aéreas faríngeas (VAF) de acordo com idade, sexo, padrão esquelético anteroposterior, padrão vertical e inclinação da cabeça.

Neste trabalho, a amostra foi constituída por 150 tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) pertencentes ao banco de dados da clínica do programa de pós-graduação em Odontologia (Mestrado em Ortodontia) da UFRJ, solicitadas como parte da documentação inicial necessária ao diagnóstico e planejamento dos casos dos pacientes que iniciam o tratamento ortodôntico nesta instituição e realizadas em clínica radiológica privada (Radiologia Odontológica Doutor Murillo Torres), no Rio de Janeiro/RJ.

A autorização para utilização das TCFCs levou em consideração os princípios éticos legais regulamentados pela resolução CNS 196/96, valendo-se para tanto do termo de responsabilidade para utilização do banco de dados da Disciplina de Ortodontia (Apêndice 1, página 64), tendo sido o presente estudo submetido e aprovado pelo ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Estudos

em Saúde Coletiva (IESC) da UFRJ sob o número: 0036.0.239.000-11 (Anexo 1, página 67).

Como critérios de inclusão, os pacientes deveriam apresentar: boas condições de saúde; arquivos digitais no formato DICOM de TCFC obtidos em um mesmo equipamento (I-Cat® Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA) de acordo com o protocolo padrão (120 kV, 5 mA, 13x17cm² de FOV, 0,4 mm³ de voxel e tempo de 20s de escaneamento); imagens tomográficas que incluíssem o limite mais anteroinferior da quarta vértebra cervical-C4 . Os critérios de exclusão foram: síndromes, distúrbios neoromculares e anomalias craniofaciais.

Os dados demográficos idade e sexo foram coletados e utilizados para caracterizar a amostra. Foram geradas reconstruções volumétricas para cada tomografia e o posicionamento da cabeça foi padronizado (Cevidane *et al.*, 2009). Foram obtidas imagens cefalométricas laterais bidimensionais a partir do software Dolphin Imaging versão 11.5 (Dolphin Imaging, Chatsworth, California, USA). Foram realizadas medidas angulares para caracterizar a amostra, sendo elas: os ângulos ANB, FMA e Inclinação craniocervical CCI (OPT/SN) (Muto *et al.*, 2002). (Figura 1, página 7)

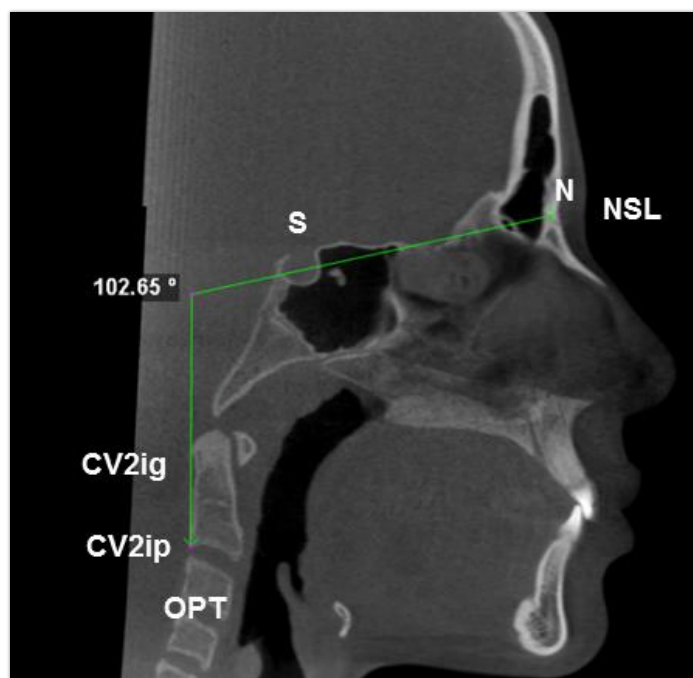


Figura 1 Inclinação craniocervical (CCI): ângulo formado pelas linhas OPT e NSL.

A amostra foi dividida nos seguintes grupos: por faixa etária: crianças com idade entre 6 a 11 anos, adolescentes com idade entre 12 a 16 anos e adultos com idade acima de 16 anos (Abramson *et al.*, 2009); por sexo: feminino e masculino; por padrão esquelético anteroposterior: Classe I ($1^\circ \leq ANB \leq 5^\circ$), Classe II ($ANB > 5^\circ$), e Classe III ($ANB < 1^\circ$) (Elham e Susan, 2005); pelo padrão vertical braquifacial ($FMA < 22^\circ$), mesofacial ($22^\circ \leq FMA \leq 28^\circ$) e dolicofacial ($FMA > 28^\circ$) (Lione *et al.*, 2013); e pela inclinação craniocervical (CCI): postura natural da cabeça ($90^\circ \leq CCI \leq 110^\circ$), flexão da cabeça ($CCI < 90^\circ$), e extensão da cabeça ($CCI > 110^\circ$) (Muto *et al.*, 2002).

Regiões anatômicas foram criadas no corte do plano sagital mediano para determinar a localização correspondente da úvula, ponta da epiglote, valécula e osso hioide (estruturas localizadas anteriormente à via aérea faríngea) e dos pontos mais inferior e anterior das vértebras cervicais C1, C2, C3 e C4 (estruturas posteriores à via aérea faríngea).

A localização dos pontos mais inferior e anterior das vértebras cervicais (C1, C2, C3 e C4) foi avaliada, para cada paciente, de acordo com a relação entre essas estruturas e as seguintes regiões anatômicas:

A1- Limite superior: plano palatino (pp), limite inferior: linha paralela ao pp passando pela úvula;

A2- Limite superior: limite inferior de A1, limite inferior: linha paralela ao pp passando pela ponta da epiglote;

A3- Limite superior: limite inferior de A2, limite inferior: linha paralela ao pp passando pela valécula;

A4- Limite superior: limite inferior de A3, limite inferior: término da imagem tomográfica. (Figura 2, página 8)

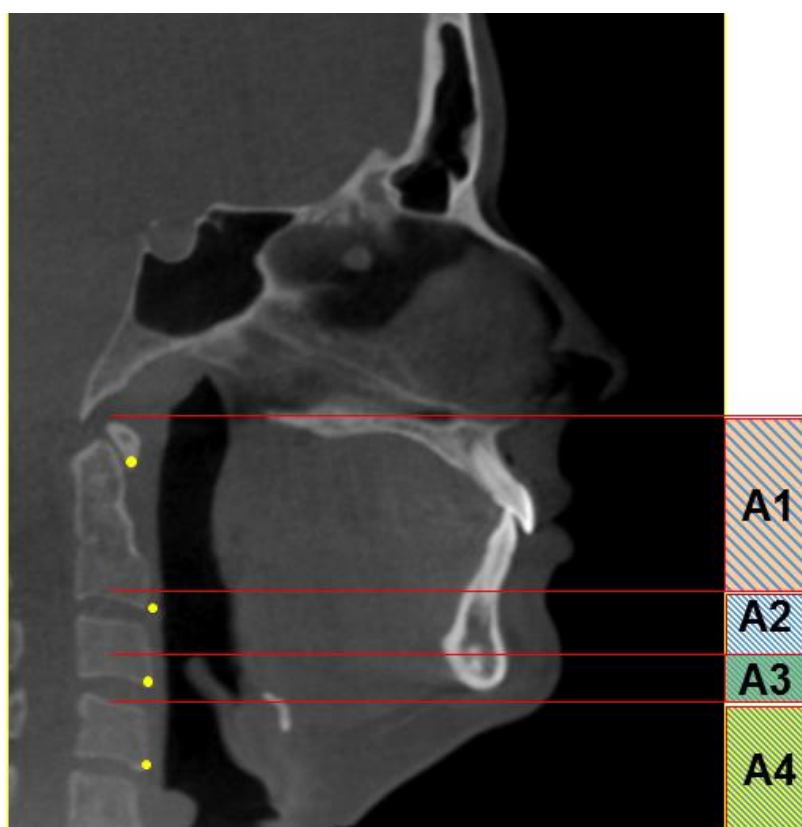


Figura 2 Regiões anatômicas A1, A2, A3 e A4 criadas para determinar a localização dos pontos mais anteroinferiores das vértebras cervicais C1, C2, C3 e C4.

De forma semelhante, a localização da úvula, ponta da epiglote, valécua e hioide foi avaliada, para cada paciente, de acordo com a relação entre essas estruturas e as seguintes regiões anatômicas:

B1- Limite superior: linha paralela ao plano palatino (pp) passando pelo ponto mais inferior e anterior de C1, limite inferior: linha paralela ao pp passando pelo ponto mais inferior e anterior de C2;

B2- Limite superior: limite inferior de B1, limite inferior: linha paralela ao pp passando pelo ponto mais inferior e anterior de C3;

B3- Limite superior: limite inferior de B2, limite inferior: linha paralela ao pp passando pelo ponto mais inferior e anterior de C4;

B4- Limite superior: limite inferior de B3, limite inferior: término da imagem tomográfica. (Figura 3, página 10).

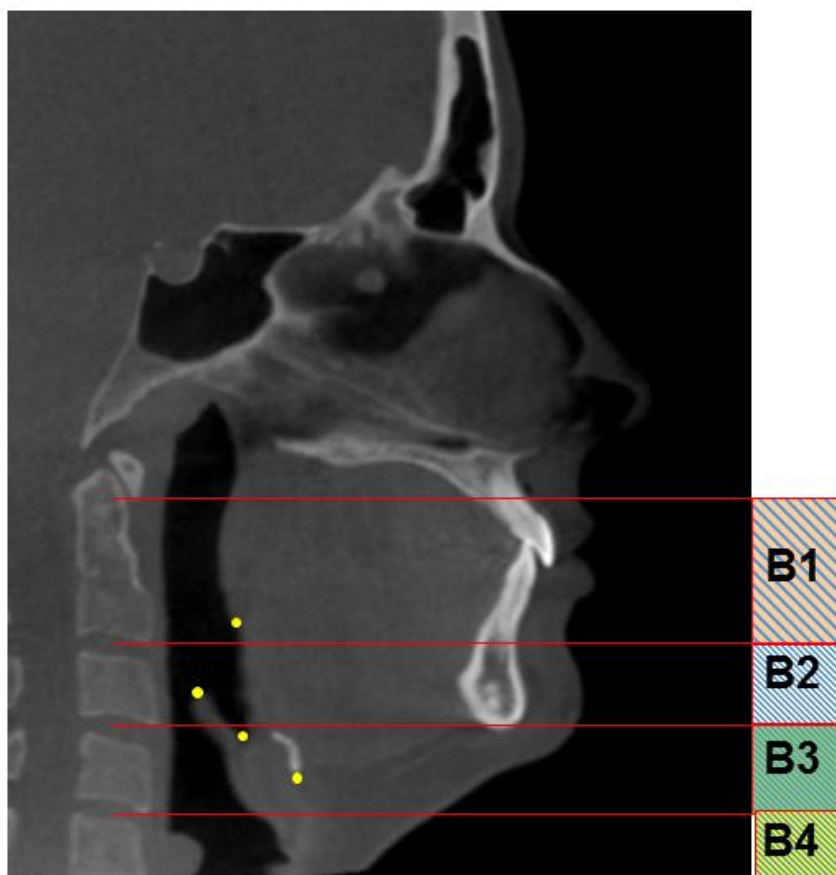


Figura 3 Regiões anatômicas B1, B2, B3 e B4 criadas para determinar a localização da úvula, epiglote, valécula e hioide.

A relação entre a localização das estruturas anteriores e posteriores e as regiões anatômicas foi avaliada por dois examinadores em 30% das tomografias. As avaliações também foram repetidas pelo mesmo examinador em 10% das tomografias após o intervalo de uma semana. A análise de concordância interobservador foi realizada pelo coeficiente Kappa ponderado e a calibração do examinador foi avaliada pelo coeficiente de correlação intraclass.

A análise descritiva dos dados foi realizada utilizando-se as frequências para todos os pacientes e para os grupos individuais.

O teste Qui-quadrado foi aplicado para verificar se houve diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as frequências de localização nas

estruturas das VAS, nos diferentes tipos de padrões esqueléticos anteroposteriores e verticais, inclinação crânio-cervical, idade e sexo.

3.2 ARTIGO 2: AIRWAY VOLUME AND MINIMUM CROSS-SECTIONAL AREA CHANGES AFTER MANDIBULAR ADVANCEMENT SURGERY: A CBCT 1-YEAR MINIMUM FOLLOW-UP CONTROLLED STUDY

Este estudo prospectivo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva (IESC) da UFRJ sob o parecer de número 0045.0.239.000.10 (Anexo 2, página 68). Todos os pacientes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Foi realizado o cálculo amostral baseado no desvio padrão ($DP=28\text{mm}^2$) de um estudo anterior (Marcussen *et al.*, 2017). Uma amostra constituída por 14 pacientes em cada grupo seria necessária para identificar diferenças de 30mm^2 na área axial mínima, utilizando-se a formula de (Pandis, 2012) com um poder de 80% e o valor de $\alpha=0.05$.

O grupo experimental foi composto por 14 pacientes (5 homens e 9 mulheres) com média de idade de 29,03 anos (variação 17,08 - 44,42 anos) em fase pré-cirúrgica. Os seguintes critérios de inclusão foram utilizados na seleção da amostra para o grupo experimental: planejamento de cirurgia de avanço mandibular para correção de discrepâncias entre as bases ósseas; fase cirúrgica no Hospital Universitário Pedro Ernesto da UERJ e boas condições de saúde. Os critérios de exclusão foram: fissura de lábio e palato; síndromes e desordens craniofaciais e cirurgia craniofacial prévia. Oito pacientes além de serem submetidos a cirurgia de avanço mandibular e/ou mentoplastia, também foram submetidos a cirurgia de

impacção maxilar. Entretanto, não houve planejamento de movimento anteroposterior da maxila para nenhum dos pacientes incluídos.

O grupo controle foi constituído por 14 TCFCs iniciais de pacientes de Classe I esquelética (6 homens e 8 mulheres) com idade média de 26,28 anos (variação 19 - 40 anos), selecionados do banco de dados da clínica do programa de pós-graduação em Odontologia (Mestrado em Ortodontia) da UFRJ. As TCFCs utilizadas foram solicitadas, quando necessário, como parte da documentação inicial para o diagnóstico e planejamento do tratamento ortodôntico. Nenhum paciente deste grupo foi submetido ao exame de TCFC para esta pesquisa. Os seguintes critérios de inclusão foram utilizados na seleção da amostra do grupo controle: padrão esquelético anteroposterior de Classe I; arquivos no formato DICOM; nenhum histórico de tratamento ortodôntico ou cirúrgico prévio ou outro tratamento que pudesse interferir no curso normal do crescimento e desenvolvimento maxilomandibular; e boas condições de saúde.

Os exames tomográficos foram solicitados para o grupo experimental em três tempos: pré-cirúrgico (T1, n=14), pós-cirúrgico (T2, n=13) - no mínimo um mês após a cirurgia ($2,8 \pm 1,6$; 1-6 meses); e acompanhamento (T3, n=10) - no mínimo 12 meses após a cirurgia ($17,1 \pm 4,2$; 12-24 meses). Todos os exames tomográficos foram realizados em clínica odontológica privada (Radiologia Odontológica Doutor Murillo Torres), no Rio de Janeiro/RJ, sendo utilizado o mesmo tomógrafo (I-CAT 3D DENTAL IMAGING SYSTEM, Pensilvania, USA), padronizando-se os exames (120 kV, 5 mA, 13x17cm² de FOV, 0,4 mm³ de voxel e tempo de 20s de escaneamento). As TCFCs foram realizadas com o paciente em máxima intercuspidação e sentado em posição vertical, e com o plano horizontal de Frankfurt paralelo ao solo.

Uma reconstrução volumétrica foi obtida de cada tomografia e importada no formato DICOM (digital imaging and communications in medicine) para o software Dolphin imaging (versão 11.5; Dolphin Imaging, Chatsworth, California, USA) para observações e análises. O posicionamento da cabeça foi padronizado (Cevidanes *et al.*, 2009).

imagens cefalométricas laterais bidimensionais foram criadas das TCFCs no software Dolphin Imaging versão 11.5 e os ângulos craniocervical (Muto *et al.*, 2002) e ANB foram avaliados para caracterizar a amostra.

Medidas lineares foram realizadas no corte do plano sagital mediano (N-ENA) para caracterizar mudanças horizontais e verticais na posição da maxila e da mandíbula, sendo elas (Figura 4, página 14):

- 1) ENP Vert (mm): distância vertical em milímetros entre a espinha nasal posterior (ENP) e a linha horizontal passando pelo ponto násio (N);
- 2) ENP Hor (mm): distância horizontal em milímetros entre a espinha nasal posterior (ENP) e a linha vertical passando pelo ponto násio (N);
- 3) A Vert (mm): distância vertical em milímetros entre o ponto A e a linha horizontal passando pelo ponto násio (N);
- 4) A Hor (mm): distância horizontal em milímetros entre o ponto A e a linha vertical passando pelo ponto násio (N).
- 5) B Vert (mm): distância vertical em milímetros entre o ponto B e a linha horizontal passando pelo ponto násio (N);
- 6) B Hor (mm): distância horizontal em milímetros entre o ponto B e a linha vertical passando pelo ponto násio (N);
- 7) Me Vert (mm): distância vertical em milímetros entre o ponto mento (Me) e a linha horizontal passando pelo ponto násio (N);

- 8) Me Hor (mm): distância horizontal em milímetros entre o ponto Me e a linha vertical passando pelo ponto násio (N);

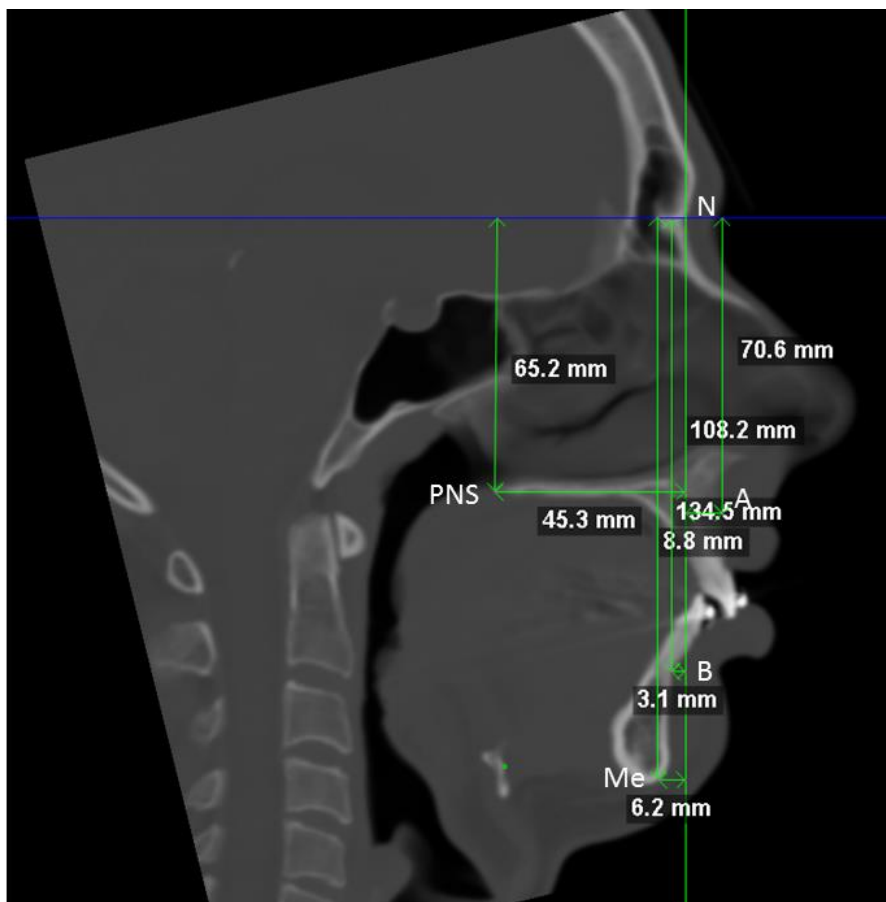


Figura 4 Medidas lineares realizadas no plano sagital mediano (N-ENA) para caracterizar mudanças horizontais e verticais na posição da maxila e da mandíbula: ENP Vert e Hor; A Vert e Hor; B Vert e Hor; Me Vert e Hor.

Para determinação da posição do osso hioide foram utilizadas as seguintes coordenadas cartesianas, considerando o ponto N como origem (zero): X (latero-lateral), Y (vertical) and Z (antero-posterior).

As seguintes regiões das vias aéreas faríngeas foram avaliadas: via aérea faríngea total; velofaringe e orofaringe. Para a via aérea faríngea total, o limite superior foi definido na vista sagital pelo plano paralelo ao plano horizontal de

Frankfurt passando pelo ponto mais anteroinferior da primeira vértebra cervical- C1, e o limite inferior pelo plano paralelo ao plano horizontal de Frankfurt passando pelo ponto mais anteroinferior da terceira vértebra cervical-C3. Para a velofaringe, o limite superior foi o mesmo definido anteriormente e o limite inferior, o plano paralelo ao plano horizontal de Frankfurt passando pela úvula. O limite superior da orofaringe foi o limite inferior da velofaringe e o limite inferior, o plano paralelo ao plano horizontal de Frankfurt passando pelo ponto mais anteroinferior da terceira vértebra cervical-C3 de acordo com os dados apresentados no estudo anterior e com a metodologia descrita por (Grauer *et al.*, 2009; e Brasil *et al.*, 2016) adaptada para o presente estudo (Figura 5, página 16).

Os volumes e as áreas de secção transversa mínima foram avaliados utilizando-se uma ferramenta específica do modo 3D do software Dolphin imaging na qual foi acessada a ferramenta “Sinus/ Airway”, com o valor de sensibilidade de detecção do espaço aéreo padronizado em 73%, como proposto por (Alves *et al.*, 2012). Os limites para cada região de interesse foram inicialmente definidos no plano sagital. Em seguida, selecionando a opção “Add” foram inseridos um ou mais pontos amarelos denominados “seed points” que determinam quais áreas serão incluídas no cálculo do volume. Para garantir que toda área de interesse fosse incluída dentro dos limites previamente estabelecidos, percorreu-se todos os cortes nos três planos, sagital, axial e coronal adicionando “seed points” quando necessário. Após a delimitação da estrutura nos três planos, selecionou-se a tecla “ Update airway” e o software automaticamente calculou o volume das vias aéreas faríngeas em mm³. Para o cálculo da área de secção transversa mínima, selecionou-se a opção “enable Minimum Axial Area” e duas linhas horizontais

paralelas foram fornecidas e posicionadas nos limites superior e inferior das vias aéreas sendo obtida a área de maior restrição em mm^2 .

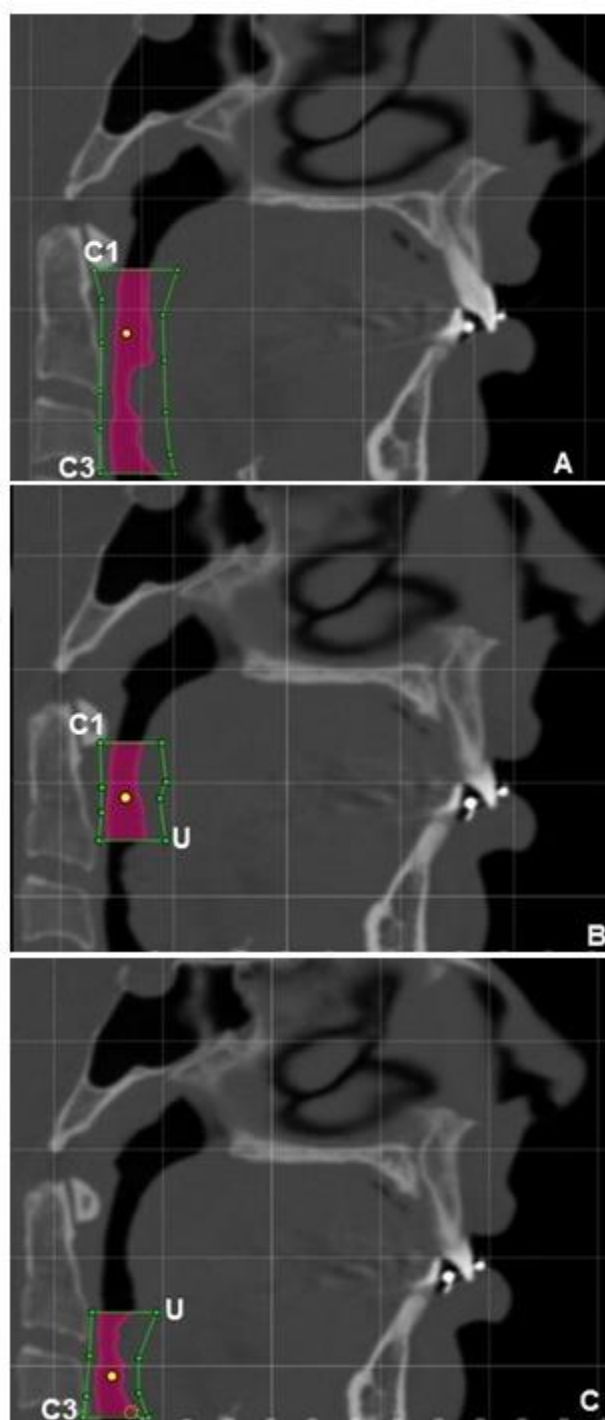


Figura 5 Limites utilizados nos segmentos das vias aéreas faríngeas: **A**, via aérea faríngea total; **B**, Velofaringe; **C**, orofaringe.

Todas as medidas foram repetidas em 35% das tomografias, pelo mesmo operador, após o intervalo de uma semana. A calibração do examinador foi avaliada pelo coeficiente de correlação intraclasse.

A análise descritiva dos dados, incluindo média e desvio padrão, foi realizada para as variáveis quantitativas. O teste de Kolmogov-Smirnov foi aplicado para avaliar a normalidade dos dados. O teste One-way ANOVA de medidas repetidas com a correção de Bonferroni foi utilizado para verificar se houve diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os exames nos diferentes períodos de tempo (T1, T2 e T3). Adicionalmente, diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre cada período de tempo (T1, T2 e T3) e o grupo controle foram avaliadas e a correção de Benjamini-Hochberg foi utilizada para ajustar o p valor para comparações múltiplas.

Correlações entre as mudanças nas dimensões das vias aéreas e a distância do ponto B até o Nasio foram avaliadas pelo coeficiente de correlação de Pearson.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 WHAT LIMITS AND REFERENCES SHOULD WE USE WHEN ASSESSING PHARYNGEAL AIRWAYS IN CBCT? CLAUDINO LV, MATTOS CT, LUCIANA DC, SANT'ANNA EF. A ser submetido à revista American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.

INTRODUCTION

For decades, studies of upper airway (UA) characteristics have been reported extensively in several fields of Dentistry and Medicine. The unclear relationship between UA characteristics and craniofacial growth and development may have been the reason for part of those articles.¹⁻³

Recently, with the advent of cone beam computed tomography (CBCT), it is possible to obtain 3-dimensional images of the skull and face and to assess UA with good accuracy and reproducibility.^{4,5} In contrast to cephalometric radiograph, the CBCT has the advantage of assessing soft tissues in 3 dimensions, which allows measurements of volume, morphology, and minimum axial area of pharyngeal airway. Additionally, CBCT has lower cost and uses a significantly reduced radiation dose compared with medical computed tomography machines.^{4,6}

However, according to three systematic reviews recently published, although the 3-dimensional analysis of UA can be accurate and reliable, important aspects still need to be clarified, including 3-dimensional CBCT definition of the anatomical boundaries of this structure.⁷⁻⁹

There is no consensus concerning which anatomical boundaries should be used to define UA specific regions in CBCT. Some authors have used references in cervical vertebrae¹⁰⁻¹³ and others have used boundaries located in anatomical structures anterior to the UA, such as uvula and epiglottis¹⁴⁻¹⁹. Didactically, the subdivision of UA is performed considering the location of the structure as follow: nasopharynx, velopharynx, oropharynx and hypopharynx. However, the limits for each subdivision are very variable in the literature, making it difficult to compare the studies.²⁰

The choice of adequate limits for airway assessment must take into account aspects such as the kind of study. In an intervention study that evaluate changes in UA after skeletal movement, for example, changes in soft palate, tongue and hyoid bone position²¹ may indicate that these structures could be inappropriate as limits for UA division.

In addition, it is not clear in the literature if structures like uvula, epiglottis, vallecula, hyoid and cervical vertebrae could present differences in their location according to confounding factors such as age and sex, and craniofacial characteristics like skeletal malocclusion, vertical pattern and head inclination.²²⁻²⁴

In this sense, the goal of this cross-sectional observational study is to evaluate if there is difference between anterior and posterior anatomical structures used for 3-dimensional determination of pharyngeal airway (PA) subdivisions according to age, sex, skeletal malocclusion, vertical pattern and head inclination

and whether these structures may be used with the same efficiency to determine 3-dimensional definition of pharyngeal subdivision.

MATERIAL AND METHODS

This retrospective study was approved by the Ethics in Research Committee of the Institute of Studies in Collective Health of Universidade Federal do Rio de Janeiro.

The sample included 150 cone beam computed tomography scans (CBCT) from the orthodontic records of the clinics of the postgraduate program in the school of dentistry of Universidade Federal do Rio de Janeiro. No exam was requested specifically for this research and all CBCTs had been requested when needed for diagnosis and planning of patients starting their orthodontic treatment.

The inclusion criteria were: good health conditions, CBCT DICOM file obtained from the same device (i-CAT; Imaging Sciences International, Hatfield, Pa, USA) according to a standard protocol (120 kV, 5 mA, 13 x 17 cm FOV, 0.4mm³ voxel, and 20 seconds scanning time) and tomographic imaging that included the most anteroinferior limit of the fourth cervical vertebrae-C4. Exclusion criteria were syndrome, neuromuscular disorders, craniofacial anomalies.

A volumetric reconstruction was created for each tomography and head position was standardized²⁵. 2-dimensional lateral cephalometric images were obtained from the CBCT scans in the Dolphin Imaging software version 11.5 (Dolphin Imaging, Chatsworth, California, USA). The craniocervical inclination²⁶, and ANB and FMA angles were measured to characterize the sample.

The subjects were divided into groups according to the following: age: children with mixed dentition (6 to 11 years), adolescents (12 to 16 years) and adults (older than 16 years)²⁷; sex: female and male; horizontal pattern (ANB angle): Class

I ($1^\circ < ANB < 5^\circ$), Class II ($ANB > 5^\circ$), and Class III ($ANB < 1^\circ$)²⁸; vertical pattern (FMA Angle): brachyfacial ($FMA < 22^\circ$), mesofacial ($22^\circ < FMA < 28^\circ$) and doliofacial ($FMA > 28^\circ$)²⁹; and craniocervical inclination (CCI)²⁶: natural head posture ($90^\circ < CCI < 110^\circ$), head flexion ($CCI < 90^\circ$), and head extension ($CCI > 110^\circ$).

Anatomical regions were created in the midsagittal slice to determine the correspondent localization of uvula, tip of epiglottis, vallecula and hyoid (structures located anterior to the pharyngeal airway), and the lower and most anterior point in the C1, C2, C3 and C4 cervical vertebrae (structures located posterior to the pharyngeal airway).

The lower and most anterior point in the C1, C2, C3 and C4 cervical vertebrae location was assessed, for each patient, according to the relationship between these structures and the following anatomical regions: A1- Upper limit: palatal plane (pp), Lower limit: line parallel to the pp passing by the uvula; A2- Upper limit: lower limit of A1, Lower limit: line parallel to the pp passing by the tip of epiglottis; A3- Upper limit: lower limit of A2, Lower limit: line parallel to the pp passing by the vallecula, and A4- Upper limit: lower limit of A3, Lower limit: lower limit of tomographic imaging. (Fig-1).

Similarly, uvula, epiglottis, vallecula and hyoid location was assessed, for each patient, according to the relationship between these structures and the following anatomical regions: B1- Upper limit: line parallel to the palatal plane (pp) passing by the lower and most anterior point in the C1, Lower limit: line parallel to the pp passing by the lower and most anterior point in the C2; B2- Upper limit: lower limit of B1, Lower limit: line parallel to the pp passing by the lower and most anterior point in the C3; B3- Upper limit: lower limit of B2, Lower limit: line parallel to the pp passing by

the lower and most anterior point in the C4; B4- Upper limit: lower limit of B3, lower limit: lower limit of tomographic imaging. (Fig 2).

Statistical analysis

The relationship between anterior and posterior structures location and the anatomical regions were performed by 2 examines in 30% of the CBCT scans. Concordance analyses of the operator was tested with the weighted kappa coefficient. All analyses were repeated for the same operator in 10% of the CBCT scans after a 2-week interval. Calibration of the operator was tested with the intraclass correlation coefficient.

A descriptive analysis was performed using frequencies for all patients and for individual groups.

The Chi-square test was applied to verify whether there were statistically significant differences between the frequencies of location among different skeletal malocclusion, vertical patterns and craniocervical inclination. The level of significance of 0.05 was adopted.

RESULTS

The weighted kappa coefficient results were $Kappa=1$ for all variables assessed showed perfect agreement. The intraclass correlation coefficient results were higher than 0.99 for all variables assessed.

Table I present the mean and standard deviation of ANB, FMA and CCI for different skeletal class, vertical pattern and craniocervical inclination groups.

The frequencies of anterior and posterior structures in each anatomical region, for all patients and considering age, sex, different skeletal Class, vertical pattern and craniocervical inclination were described in Tables II and III.

Considering all patients, the uvula was located in B1 anatomical region for 94.7% (n=142) of the cases ranging from 90.4% to 100% in the subgroups. (Table II).

The tip of epiglottis was located in B2 for 80.7% (n= 121) of the all patients ranging from 70% to 88.9% in the subgroups, and was located in B3 for 13.3% (n=20) of the all patients ranging from 2.9% to 23.8% in the subgroups except for the head extension subgroup ($CCI > 110^\circ$). In this subgroup, the location of the tip of epiglottis was more frequent in B2, but with a lower percentage than all other subgroups (55%) and the frequency in B1 (33%) was greater than in B3 (11%) (Table II).

For the vallecula, it was more frequently located in B3 (66%) (n=99) ranging from 50% to 76.8% in the subgroups, followed by B2 (30.7%) (n=46), ranging from 18.4% to 46.7% in the subgroups except for the head extension subgroup ($CCI > 110^\circ$). In this subgroup, the location of the vallecula was more frequent in B2 (61.1%) than in B3 (33.3%). (Table II).

The hyoid was located in B3 anatomical region for 77.3% (n=116) of the cases ranging to 61.1% to 95.2% in the subgroups, and was located in B4 for 14.7% (n=22) ranging from 0.9% to 26.1% in the subgroups except for the head extension subgroup ($CCI > 110^\circ$). In this subgroup, the location of hyoid was more frequent in B2 (27.7%) than in B4 (11.1%). (Table I).

For structures located posterior to the airway, in 100% of the cases (n=150), cervical vertebrae C1 was located in A1 anatomical region (Table III).

For 90,7% (n=136) of the patients, C2 was located in A2 anatomical region, ranging from 86.4% to 95.7% in the subgroups, except for the head extension subgroup ($CCI > 110^\circ$). In this subgroup, the location of C2 was more frequent in A2,

but with a lower percentage than all other subgroups (66.6%), followed by a relatively high frequency in A3 (27.7%) (Table III).

C3 was more frequently located in A3 (63,3%) (n=95), ranging from 43.3% to 70.2% in the subgroups, followed by A4 (23.4%) ranging from 9.4% to 40% in the subgroups except for the head extension subgroup (CCI >110°). In this subgroup, the location of C3 was more frequent in A4 (61.1%) than in A3 (27.7%) (table III).

In 95.4% (n=143) of the cases, C4 was located in A4 anatomical region ranging from 89.7% to 100% in the subgroups (Table III).

No statistically significant differences were observed between the frequencies of location of anterior and posterior anatomical regions among age, different skeletal class and vertical patterns according to Chi-square test (Tables II and III) ($p>0.05$).

However, the Chi-square test showed that the location of epiglottis, vallecula, hyoide, C2 and C3 were statistically different according to craniocervical inclination and the location of vallecula, C3 e C4 were statistically different according to sex (Tables II and III) ($p<0.05$).

DISCUSSION

The anatomical regions of UA are defined in anatomical literature as nasopharynx, velopharynx, oropharynx and hypopharynx according to its localizations. However, there are no protocols or consensus about the limits that should be used for this didactic division and they are chosen very subjectively^{20,30,31}.

In scientific literature, this lack of standardization among different studies that evaluated upper airway in CBCT can also be observed and, consequently, comparisons among groups are extremely difficult because of this methodological limitation⁷.

In this sense, a recent validation study was published aiming to provide clinical 3-dimensional anatomical limits for the upper airway subregions.¹² The regions of upper airway, nasopharynx, oropharynx and hypopharynx were defined by the authors according to clinical experience and a previous study.⁷ Nonetheless, it is unknown if there are differences in anterior and posterior anatomical structures to delimit upper airway subdivisions, according to sex, age, and craniofacial characteristics like different skeletal class, vertical pattern and craniocervical inclination.²²⁻²⁴

In view of this limitation, the present study tried to investigate if there is difference between anterior and posterior anatomical structures used for 3-dimensional determination of pharyngeal airway (PA) subdivisions according to age, sex, skeletal malocclusion, vertical pattern and head inclination in CBCT.

Abramson et al. (2009)²⁷ evaluated if size and shape UA were associated with age and sex using 3-dimensional imaging. These authors observed that UA size was correlated with age, predominantly during the primary and permanent stages of dentition, corresponding to periods of significant somatic growth. In view of these results, our study stratifies the age range similarly to evaluated if there were differences in uvula, tip of epiglottis, vallecula, hyoid and cervical vertebrae position in children, adolescents and adults. There was no statistically significant difference between the frequencies of location of these anterior and posterior anatomical regions regarding age.

However, there were a sexual dimorphism regarding the vallecula, C3 and C4 position. In males, the vallecula was more frequently located in B3 (76.8%) followed by B2 (18.8%) and in female, the location of vallecula was more frequent in B3 (56.8%), but with a lower percentage than in the male group, followed by a

relatively high frequency in B2 (40.7%). This result indicates that vallecula is located below in males than in females. Inversely, C3 and C4 is located above in males than in females.

Ours results show that both anterior structures, such as uvula and epiglottis, and posterior structures, such as cervical vertebrae, could be used for upper airway analyses. Nevertheless, posterior structures are always located below and, in consequence, the anatomical subregion defined by them will be located below too.

It is important to notice that the use of posterior structures could be more appropriate in cases where patients are submitted to surgical procedures, since the position of structures like soft palate, tongue and hyoid bone could be modified with this procedure^{16,18,32,33}. However, some studies that evaluate the effect of orthognathic surgery on the UA did not consider this aspect.^{18,34,35}

In this study, the evaluation of structures that delimit nasopharynx was not performed as this structure presents a complex anatomy, difficult to be analyzed in CBCT.^{36,37}

Another region difficult to evaluated is the hypopharynx, not because its anatomy, but because its inferior location. Sometimes, depending on the size of the patient, a larger field of view (FOV) may be necessary to include the referred area^{38,39}, and that could require a higher dose of radiation. For that reason, the increase of FOV with the single purpose of evaluating the hypopharynx region is not recommended.

In Orthodontics, the FOV of 12-in is generally used because of the need to encompass all the craniofacial region like in cases where you want to cephalometrically analyze the patient³⁸. However, it is not always possible to reach

the hypopharynx regions in its totality, until C4. In this study, some CBCTs were excluded because of this fact.

There was no statistically significant difference between the frequencies of location of anterior and posterior anatomical regions among age and different horizontal and vertical patterns (Tables II and III). This result could indicate that the boundaries could be used for all groups of patients independent of the age and horizontal and vertical pattern, allowing comparisons between groups.

The correct position of the patient's head is one of the essential aspects that must be considered for evaluation of the craniofacial morphology and pharyngeal airway space especially for longitudinal superimposition of the images.^{26,40,41}

In this sense, our study evaluated that there was statistic difference between craniocervical inclination and positions of the structures of the UA. The results showed that the localization of epiglottis, vallecula, hyoide, C2 and C3 were statistically different according to craniocervical inclination. The greater the angle, there was a tendency for structures located anterior to the airway (epiglottis, vallecula and hyoide) to be positioned more superiorly. Inversely, the smaller the angle, there was a tendency for posterior structures (C2 and C3) to be positioned more superiorly (Tables II and III). These results indicate that it is important to standardize the craniocervical inclination to establish these correct limits.

In conclusion, the evaluation of difference between anterior and posterior anatomical structures used for 3-dimensional determination of PA subdivisions according to age, sex, horizontal and vertical pattern, and head inclination in CBCT performed in this study indicates that both structures may be used to delimited UA limits regardless of the age, vertical and horizontal skeletal pattern. However,

craniocervical inclination must be standardized and special attention must be paid to sexual dimorphism.

REFERENCES

1. Tso HH, Lee JS, Huang JC, Maki K, Hatcher D, Miller AJ. Evaluation of the human airway using cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:768-776.
2. McNamara JA. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. *Angle Orthod* 1981;51:269-300.
3. Linder-Aronson S. Respiratory function in relation to facial morphology and the dentition. *Br J Orthod* 1979;6:59-71.
4. Aboudara C, Nielsen I, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher D. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:468-479.
5. Lenza MG, Lenza MM, Dalstra M, Melsen B, Cattaneo PM. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study. *Orthod Craniofac Res* 2010;13:96-105.
6. Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, Pauwels R, Vanheusden S, Suetens P et al. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol* 2009;71:461-468.
7. Guijarro-Martinez R, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011;40:1227-1237.
8. Alsufyani NA, Flores-Mir C, Major PW. Three-dimensional segmentation of the upper airway using cone beam CT: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol* 2012;41:276-284.
9. Christovam IO, Lisboa CO, Ferreira DM, Cury-Saramago AA, Mattos CT. Upper airway dimensions in patients undergoing orthognathic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2016;45:460-471.
10. El H, Palomo JM. Measuring the airway in 3 dimensions: a reliability and accuracy study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:S50.e51-59; discussion S50-52.
11. Grauer D, Cevitanes LS, Styner MA, Ackerman JL, Proffit WR. Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: relationship to facial morphology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:805-814.

12. Guijarro-Martinez R, Swennen GRJ. Three-dimensional cone beam computed tomography definition of the anatomical subregions of the upper airway: a validation study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2013;42:1140-1149.
13. Celikoglu M, Bayram M, Sekerci AE, Buyuk SK, Toy E. Comparison of pharyngeal airway volume among different vertical skeletal patterns: a cone-beam computed tomography study. *Angle Orthod* 2014;84:782-787.
14. Chang Y, Koenig LJ, Pruszynski JE, Bradley TG, Bosio JA, Liu D. Dimensional changes of upper airway after rapid maxillary expansion: a prospective cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:462-470.
15. Dalmau E, Zamora N, Tarazona B, Gandia JL, Paredes V. A comparative study of the pharyngeal airway space, measured with cone beam computed tomography, between patients with different craniofacial morphologies. *J Craniomaxillofac Surg* 2015;43:1438-1446.
16. Efendiyeva R, Aydemir H, Karasu H, Toygar-Memikoglu U. Pharyngeal airway space, hyoid bone position, and head posture after bimaxillary orthognathic surgery in Class III patients: long-term evaluation. *Angle Orthod* 2014;84:773-781.
17. Feng X, Li G, Qu Z, Liu L, Nasstrom K, Shi XQ. Comparative analysis of upper airway volume with lateral cephalograms and cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;147:197-204.
18. Kim MA, Kim BR, Choi JY, Youn JK, Kim YJ, Park YH. Three-dimensional changes of the hyoid bone and airway volumes related to its relationship with horizontal anatomic planes after bimaxillary surgery in skeletal Class III patients. *Angle Orthod* 2013;83:623-629.
19. Raffaini M, Pisani C. Clinical and cone-beam computed tomography evaluation of the three-dimensional increase in pharyngeal airway space following maxillo-mandibular rotation-advancement for Class II-correction in patients without sleep apnoea (OSA). *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 2013;41:552-557.
20. Guijarro-Martinez R, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2011;40:1227-1237.
21. Lye KW. Effect of orthognathic surgery on the posterior airway space (PAS). *Ann Acad Med Singapore* 2008;37:677-682.
22. Shen GF, Samman N, Qiu WL, Tang YS, Xia J, Huang YL. Cephalometric studies on the upper airway space in normal Chinese. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1994;23:243-247.
23. Jose NP, Shetty S, Mogra S, Shetty VS, Rangarajan S, Mary L. Evaluation of hyoid bone position and its correlation with pharyngeal airway space in different types of skeletal malocclusion. *Contemp Clin Dent* 2014;5:187-189.

24. Tsai HH. The positional changes of hyoid bone in children. *J Clin Pediatr Dent* 2002;27:29-34.
25. Cevidanes L, Oliveira AE, Motta A, Phillips C, Burke B, Tyndall D. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthod* 2009;79:971-977.
26. Muto T, Takeda S, Kanazawa M, Yamazaki A, Fujiwara Y, Mizoguchi I. The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS). *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31:579-583.
27. Abramson Z, Susarla S, Troulis M, Kaban L. Age-related changes of the upper airway assessed by 3-dimensional computed tomography. *Journal of Craniofacial Surgery* 2009;20:657-663.
28. Abu Allhaija ES, Al-Khateeb SN. Uvulo-glosso-pharyngeal dimensions in different anteroposterior skeletal patterns. *Angle Orthod* 2005;75:1012-1018.
29. Lione R, Franchi L, Noviello A, Bollero P, Fanucci E, Cozza P. Three-dimensional evaluation of masseter muscle in different vertical facial patterns: a cross-sectional study in growing children. *Ultrasound Imaging* 2013;35:307-317.
30. Netter FH. *Atlas de anatomia humana Atlas of Human Anatomy: 2ed.* Porto Alegre: Artimed, 2000.
31. Sobotta J. *Atlas de anatomia humana atlas of human anatomy: 21 ed.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
32. Goncales ES, Rocha JF, Goncales AG, Yaedu RY, Sant'Ana E. Computerized cephalometric study of the pharyngeal airway space in patients submitted to orthognathic surgery. *J Maxillofac Oral Surg* 2014;13:253-258.
33. Li YM, Liu JL, Zhao JL, Dai J, Wang L, Chen JW. Morphological changes in the pharyngeal airway of female skeletal class III patients following bimaxillary surgery: a cone beam computed tomography evaluation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2014;43:862-867.
34. Hatab NA, Konstantinovic VS, Mudrak JKH. Pharyngeal airway changes after mono- and bimaxillary surgery in skeletal class III patients: Cone-beam computed tomography evaluation. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 2015;43:491-496.
35. Kochel J, Meyer-Marcotty P, Sickel F, Lindorf H, Stellzig-Eisenhauer A. Short-term pharyngeal airway changes after mandibular advancement surgery in adult Class II-Patients-a three-dimensional retrospective study. *Journal of Orofacial Orthopedics-Fortschritte Der Kieferorthopadie* 2013;74:137-152.
36. Claudino LV, Mattos CT, Ruellas ACD, Anna EFS. Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: A preliminary study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2013;143:799-809.

37. El H, Palomo JM. Airway volume for different dentofacial skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:e511-521.

38. da Silva MB, Sant'Anna EF. The evolution of cephalometric diagnosis in orthodontics. *Dental Press J Orthod* 2013;18:63-71.

39. Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG. Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *J Orthod* 2005;32:282-293.

40. Cassi D, De Biase C, Tonni I, Gandolfini M, Di Blasio A, Piancino MG. Natural position of the head: review of two-dimensional and three-dimensional methods of recording. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2016.

41. Muto T, Yamazaki A, Takeda S, Kawakami J, Tsuji Y, Shibata T et al. Relationship between the pharyngeal airway space and craniofacial morphology, taking into account head posture. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:132-136.

TABLES AND FIGURES

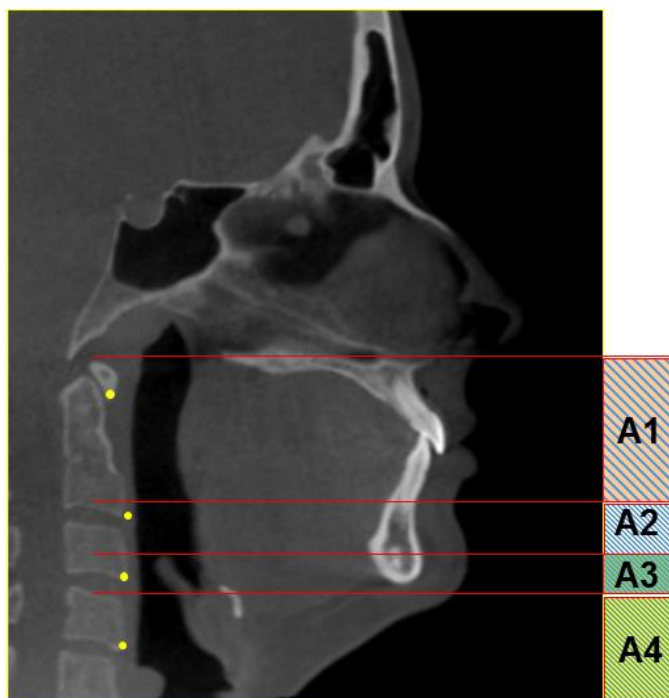


Fig 1. Anatomical ranges A1, A2, A3 and A4 created to determine cervical vertebrae location C1, C2, C3 and C4.

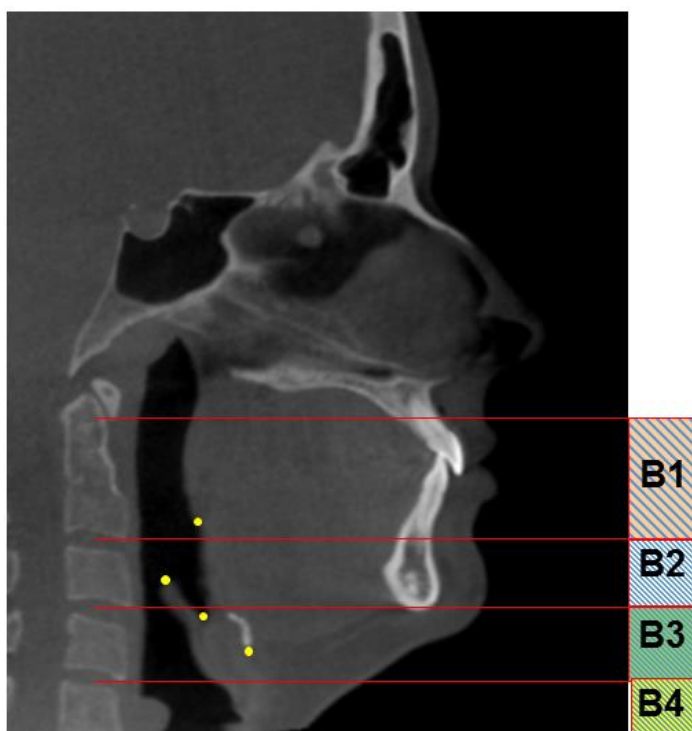


Fig 2. Anatomical ranges B1, B2, B3 and B4 created to determine uvula, epiglottis, vallecula and hyoid location.

Table I. Mean and standard deviation of ANB, FMA and CCI for individual groups

| | ANB | | FMA | | CCI | |
|--|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | mean(°) | SD (°) | mean(°) | SD (°) | mean(°) | SD (°) |
| SKELETAL CLASS | | | | | | |
| Class I ($1^\circ \leq \text{ANB} \leq 5^\circ$) (n=67) | 3.21 | 1.22 | 25.5 | 5.3 | 99.1 | 10.8 |
| Class II ($\text{ANB} > 5^\circ$) (n=54) | 7.2 | 1.7 | 27.5 | 5.7 | 103.2 | 9.3 |
| Class III ($\text{ANB} < 1^\circ$) (n=29) | -2.06 | 2.4 | 21.8 | 4.8 | 96.9 | 10.01 |
| VERTICAL PATTERNS | | | | | | |
| Brachyfacial $\text{FMA} < 22$ (n=38) | 1.4 | 4.2 | 18.8 | 2.5 | 97.6 | 9.8 |
| Mesofacial $22 \leq \text{FMA} \leq 28$ (n=68) | 3.7 | 2.9 | 24.8 | 1.7 | 100.2 | 9.4 |
| Dolicofacial $\text{FMA} > 28$ (n=44) | 5.2 | 3.4 | 32.2 | 4 | 100.2 | 11.7 |
| CCI | | | | | | |
| Natural head posture $90^\circ < \text{CCI} < 110^\circ$ (n=111) | 4.08 | 3.5 | 25.2 | 4.9 | 99.9 | 5.4 |
| Head flexion $\text{CCI} < 90^\circ$ (n=21) | 1.2 | 3.9 | 23.9 | 5.3 | 84.7 | 4.9 |
| Head extension $\text{CCI} > 110^\circ$ (n=18) | 3.8 | 3.5 | 28.9 | 8.6 | 119.3 | 6.2 |

| Table II Frequencies of anterior structures in each anatomical region, for all patients and considering, age, sex, different skeletal class, vertical pattern and cranio cervical inclination (CCI) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|----------|---------|---------|--------------------|-----------------------|------------|------------|---------|--------------------|-----------|------------|------------|---------|--------------------|---------|-----------|------------|------------|--------------------|
| | Uvula | | | | Chi-Square p value | Tip of the Epiglottis | | | | Chi-Square p value | Vallecula | | | | Chi-Square p value | Hyoid | | | | Chi-Square p value |
| | B1 n(%) | B2 n(%) | B3 n(%) | B4 n(%) | | B1 n(%) | B2 n(%) | B3 n(%) | B4 n(%) | | B1 n(%) | B2 n(%) | B3 n(%) | B4 n(%) | | B1 n(%) | B2 n(%) | B3 n(%) | B4 n(%) | |
| All Patients | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 142 (94.7) | 8 (5.3) | 0 | 0 | | 9 (6) | 121 (80.7) | 20 (13.3) | 0 | | 1 (0.7) | 46 (30.7) | 99 (66) | 4 (2.7) | | 0 | 12 (8) | 116 (77.3) | 22 (14.7) | |
| Age | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Children with mixed dentition (6-11 years) (n=30) | 29 (96.7) | 1 (3.3) | 0 | 0 | 0.321 | 4 (13.3) | 21 (70) | 5 (16.7) | 0 | 0.358 | 0 | 14 (46.7) | 15 (50) | 1 (3.3) | 0.219 | 0 | 3 (10) | 25 (83.3) | 2 (6.7) | 0.054 |
| Children with permanent dentition (12-16 years) (n=74) | 68 (91.9) | 6 (8.1) | 0 | 0 | | 3 (4.1) | 61 (82.4) | 10 (13.5) | 0 | | 1 (1.4) | 23 (31.1) | 49 (66.2) | 1 (1.4) | | 0 | 8 (10.8) | 58 (78.4) | 8 (10.8) | |
| Adults (older than 16 years) (n=46) | 45 (97.8) | 1 (2.2) | 0 | 0 | | 2 (4.3) | 39 (84.8) | 5 (10.9) | 0 | | 0 | 9 (19.6) | 35 (76.1) | 2 (4.3) | | 0 | 1 (2.2) | 33 (71.7) | 12 (26.1) | |
| sex | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Male (n=69) | 66 (95.7) | 3 (4.3) | 0 | 0 | 0.620 | 2 (2.9) | 54 (78.3) | 13 (18.8) | 0 | 0.08 | 0 | 13 (18.8) | 53 (76.8) | 3 (4.3) | 0.016* | 0 | 5 (7.2) | 49 (71) | 15 (21.7) | 0.078 |
| Female (n=81) | 76 (93.8) | 5 (6.2) | 0 | 0 | | 7 (8.6) | 67 (82.7) | 7 (8.6) | 0 | | 1 (1.2) | 33 (40.7) | 46 (56.8) | 1 (1.2) | | 0 | 7 (8.6) | 67 (82.7) | 7 (8.6) | |
| Skeletal Class | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Class I (1° < ANB < 5°) (n=67) | 64 (95.5) | 3 (4.5) | 0 | 0 | 0.683 | 4 (6) | 49 (73.1) | 14 (2.9) | 0 | 0.164 | 0 | 18 (26.9) | 47 (70.1) | 2 (3) | 0.130 | 0 | 6 (9) | 47 (70.1) | 10 (18.2) | 0.238 |
| Class II (ANB > 5°) (n=54) | 50 (92.6) | 4 (7.4) | 0 | 0 | | 3 (5.6) | 48 (88.9) | 3 (5.6) | 0 | | 0 | 21 (38.9) | 33 (61.1) | 0 | | 0 | 3 (5.6) | 47 (87) | 4 (7.4) | |
| Class III (ANB < 1°) (n=29) | 28 (96.6) | 1 (3.4) | 0 | 0 | | 2 (6.9) | 24 (82.8) | 3 (10.3) | 0 | | 1 (3.4) | 7 (24.1) | 19 (65.5) | 2 (6.9) | | 0 | 3 (10.3) | 22 (75.9) | 4 (13.8) | |
| Vertical Pattern | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brachyfacial FMA<22 (n=38) | 38 (100) | 0 | 0 | 0 | 0.237 | 2 (5.3) | 30 (78.9) | 6 (15.8) | 0 | 0.982 | 1 (2.6) | 7 (18.4) | 29 (76.3) | 1 (2.6) | 0.137 | 0 | 4 (10.5) | 28 (73.7) | 6 (15.8) | 0.751 |
| Mesofacial 22≤FMA≤28 (n=68) | 63 (92.6) | 5 (7.4) | 0 | 0 | | 4 (5.9) | 55 (80.9) | 9 (13.2) | 0 | | 0 | 28 (41.2) | 38 (55.9) | 2 (2.9) | | 0 | 6 (8.8) | 54 (79.4) | 8 (11.8) | |
| Dolicofacial FMA>28 (n=44) | 41 (93.2) | 3 (6.8) | 0 | 0 | | 3 (6.8) | 36 (81.8) | 5 (11.4) | 0 | | 0 | 11 (25) | 32 (72.7) | 1 (2.3) | | 0 | 2 (4.5) | 34 (77.3) | 8 (18.2) | |
| CCI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Natural head posture 90° < CCI < 110° (n=111) | 106 (95.49) | 5 (4.5) | 0 | 0 | 0.643 | 3 (2.7) | 95 (85.58) | 13 (11.71) | 0 | 0.000* | 0 | 30 (27.02) | 77 (69.36) | 4 (3.6) | 0.005* | 0 | 7 (6.30) | 85 (76.57) | 19 (17.11) | 0.006* |
| Head flexion CCI < 90° (n=21) | 19 (90.47) | 2 (9.5) | 0 | 0 | | 0 | 16 (76.19) | 5 (23.80) | 0 | | 0 | 5 (23.8) | 16 (76.19) | 0 | | 0 | 0 | 20 (95.23) | 1 (0.90) | |
| Head extension CCI > 110° (n=18) | 17 (94.44) | 1 (5.55) | 0 | 0 | | 6 (33.33) | 10 (55.55) | 2 (11.11) | 0 | | 1 (5.55) | 11 (61.11) | 6 (33.33) | 0 | | 0 | 5 (27.77) | 11 (61.11) | 2 (11.11) | |

| Table III Frequencies of posterior structures in each anatomical region, for all patients and considering, age, sex, different skeletal class, vertical pattern and cranio cervical inclination (CCI) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---------|---------|---------|---------|--------------------|------------|----------|---------|---------|--------------------|-----------|------------|------------|---------|--------------------|---------|----------|------------|--------|--------------------|
| | C1 | | | | | Chi-Square p value | C2 | | | | Chi-Square p value | C3 | | | | Chi-Square p value | C4 | | | | Chi-Square p value |
| | A1 n(%) | A2 n(%) | A3 n(%) | A4 n(%) | A1 n(%) | | A2 n(%) | A3 n(%) | A4 n(%) | A1 n(%) | | A2 n(%) | A3 n(%) | A4 n(%) | A1 n(%) | | A2 n(%) | A3 n(%) | A4 n(%) | | |
| All Patients | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 150 (100) | 0 | 0 | 0 | | 6(4) | 136(90.7) | 8(5.3) | 0 | | 0 | 20(13.3) | 95(63.3) | 35(23.4) | | 0 | 0 | 7(4.7) | 143(95.4) | | |
| Age | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Children with mixed dentition (6-11 years) (n=30) | 30 (100) | 0 | 0 | 0 | - | 1 (3.3) | 26 (86.7) | 3 (10) | 0 | 0.286 | 0 | 5 (16.7) | 13 (43.3) | 12 (40) | 0.116 | 0 | 0 | 2 (6.7) | 28 (93.3) | 0.531 | |
| Children with permanent dentition (12-16 years) (n=74) | 74 (100) | 0 | 0 | 0 | | 5 (6.8) | 66 (89.2) | 3 (4.1) | 0 | | 0 | 10 (13.5) | 51 (68.9) | 13 (17.6) | | 0 | 0 | 2 (2.7) | 72 (97.3) | | |
| Adults (older than 16 years) (n=46) | 46 (100) | 0 | 0 | 0 | | 0 | 44 (95.7) | 2 (4.3) | 0 | | 0 | 5 (10.9) | 31 (67.4) | 10 (21.7) | | 0 | 0 | 3 (6.5) | 43 (93.5) | | |
| sex | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Male (69) | 69 (100) | 0 | 0 | 0 | - | 2 (2.9) | 66 (95.7) | 1 (1.4) | 0 | 0.113 | 0 | 14 (20.3) | 45 (65.2) | 10 (14.5) | 0.011* | 0 | 0 | 6 (8.7) | 63 (91.3) | 0.037* | |
| Female (81) | 81 (100) | 0 | 0 | 0 | | 4 (4.9) | 70 (86.4) | 7 (8.6) | 0 | | 0 | 6 (7.4) | 50 (61.7) | 25 (30.9) | | 0 | 0 | 1 (1.2) | 80 (98.8) | | |
| Skeletal Class | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Class I (1° < ANB < 5°) (n=67) | 67 (100) | 0 | 0 | 0 | - | 2 (3) | 61 (91) | 4 (6) | 0 | 0.937 | 0 | 12 (17.9) | 42 (62.7) | 13 (9.4) | 0.507 | 0 | 0 | 4 (6) | 63 (94) | 0.082 | |
| Class II (ANB > 5°) (n=54) | 54 (100) | 0 | 0 | 0 | | 3 (5.6) | 48 (88.9) | 3 (5.6) | 0 | | 0 | 5 (9.3) | 36 (66.7) | 13 (24.1) | | 0 | 0 | 0 | 54 (100) | | |
| Class III (ANB < 1°) (n=29) | 29 (100) | 0 | 0 | 0 | | 1 (3.4) | 27 (93.1) | 1 (3.4) | 0 | | 0 | 3 (10.3) | 17 (58.6) | 9 (31) | | 0 | 0 | 3 (10.3) | 26 (89.7) | | |
| Vertical Patterns | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brachyfacial FMA<22 (n=38) | 38 (100) | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 36 (94.7) | 2 (5.3) | 0 | 0.625 | 0 | 5 (13.2) | 25 (65.8) | 8 (21.1) | 0.816 | 0 | 0 | 2 (5.3) | 36 (94.8) | 0.549 | |
| Mesofacial 22≤FMA≤28 (n=68) | 68(100) | 0 | 0 | 0 | | 3 (4.4) | 61 (89.7) | 4 (5.9) | 0 | | 0 | 8 (11.8) | 42 (61.8) | 18 (26.5) | | 0 | 0 | 4 (5.9) | 64 (94.1) | | |
| Dolicofacial FMA>28 (n=44) | 44 (100) | 0 | 0 | 0 | | 3 (6.8) | 39 (88.6) | 2 (4.5) | 0 | | 0 | 7 (15.9) | 28 (63.6) | 9 (20.5) | | 0 | 0 | 1 (2.3) | 43 (97.7) | | |
| CCI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Natural head posture 90° < CCI < 110° (n=111) | 111 (100) | 0 | 0 | 0 | - | 4 (3.6) | 104 (93.6) | 3 (2.7) | 0 | 0.000* | 0 | 14 (12.6) | 78 (70.27) | 19 (17.1) | 0.000* | 0 | 0 | 6 (5.4) | 05 (95.59) | 0.183 | |
| Head flexion CCI < 90° (n=21) | 21 (100) | 0 | 0 | 0 | | 1 (4.7) | 20 (95.2) | 0 | 0 | | 0 | 4 (19.04) | 12 (57.14) | 5 (23.8) | | 0 | 0 | 0 | 21 (100) | | |
| Head extension CCI >110° (n=18) | 18 (100) | 0 | 0 | 0 | | 1 (5.5) | 12 (66.66) | 5 (27.7) | 0 | | 0 | 2 (11.11) | 5 (27.77) | 11 (61.11) | | 0 | 0 | 1 (5.5) | 17 (94.44) | | |

4.2 AIRWAY VOLUME AND MINIMUM CROSS-SECTIONAL AREA CHANGES AFTER MANDIBULAR ADVANCEMENT SURGERY: A CBCT 1-YEAR MINIMUM FOLLOW-UP CONTROLLED STUDY. CLAUDINO, L V; MATTOS, CT; COSER, RC; SANT' ANNA, EF. A ser submetido à International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery

INTRODUCTION

The interest of the inter relation between airway dimension, craniofacial morphology and orthognathic surgery has increased in recent years by medical professionals who work in the head and neck region.¹⁻³ Studies reported that upper airway dimensions may be affected by anteroposterior skeletal patterns, and that patients with mandibular deficiency have narrower pharyngeal dimensions⁴⁻⁶ that may increase OSA risk.^{7,8}

Orthognathic surgery becomes necessary in severe cases of mandibular deficiency when the treatment with growth modification and orthodontic camouflage is not possible⁹. An important characteristic of the surgery that must be emphasized is that skeletal movement results in changes in soft palate, tongue and hyoid bone position, and consequently, pharyngeal airway may also be changed.¹⁰

The literature has suggested that orthognathic surgery may result in alterations in the pharyngeal airway dimensions according to the direction and magnitude of skeletal movements. However, in most of the published studies, these results were based on cephalometric analyses.^{2,9} These analyses are limited because they reproduce the airways and other three-dimensional (3D) structures in two dimensions, resulting in distortion, differences in magnifications, superimposition of the bilateral craniofacial structures and there is lack of

information about cross-sectional area and volume.¹¹⁻¹³ Recently, cone-beam computed tomography (CBCT) has been extensively studied, providing 3D reconstruction and allowing visualization of areas of interest in various planes. It also enables reliable linear, cross-sectional area (CSA), and volumetric assessment of the upper airways when based on well-defined parameters^{4,11,14}.

Christovam et al.³ published a systematic review concerning the effect of different types of orthognathic surgery on the dimensions of the upper airways using three-dimensional images. The results indicate that there is moderate evidence to conclude that the upper airway minimum CSA and volume increase significantly after maxillomandibular advancement. However, it is not well established if this effect in airway dimensions also occurs after mandibular advancement without maxillary advancement due to the small number of studies, and if it is permanent.

In this sense, the aim of this study is to analyze in CBCT, airway volume and minimum cross-sectional area in a postsurgical follow up period in patients with mandibular deficiency and to compare these results with a control group of Class I patients.

MATERIAL AND METHODS

This prospective study was approved by the Ethics in research of the Institute of Collective Health Studies from Universidade Federal do Rio de Janeiro in Brazil. All patients signed a consent form.

A sample size calculation was performed based on the mean standard deviation ($SD=28\text{mm}^2$) from a previous study¹⁵. A sample size of least 14 patients in each group would be necessary to detect differences of 30mm^2 in the minimum

CSA, with a test power of 0.80 ($\alpha=0.05$). The formula used was described by Pandis¹⁶.

The experimental group was composed by 14 patients (5 man, 9 woman) with mean age of 29.03 years (range 17.08-44.42 years) in the pre-surgical phase. The following inclusion criteria were used in sample selection for the experimental group: patients being submitted orthodontic treatment; planning of mandibular advancement surgery to correct discrepancy between bone bases; in pre-surgical phase in Pedro Ernesto University Hospital from Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil; and good health conditions. Exclusion criteria were: cleft lip and palate; syndrome or craniofacial disorders and previous craniofacial surgeries. Eight patients were also submitted to maxillary surgery in addition to mandibular advancement and/or genioplasty. Nonetheless, there were no planned anteroposterior movement in the maxilla for any of the patients included.

The control group was composed by 14 initial CBCT scans of skeletal Class I patients (6 man and 8 woman) with mean age of 26.28 years (range 19-40 years) recruited from the database of pretreatment records from the orthodontic clinic of the postgraduate program in Universidade Federal do Rio de Janeiro. The CBCTs scans used were requested as part of the initial records when necessary for diagnosis and planning of orthodontic treatment. No patient of this group was submitted to CBCT exam for this research. The following inclusion criteria were used in control sample selection: skeletal Class I pattern; DICOM file; no previous orthodontic treatment or other treatment that might interfere with the natural course of maxillomandibular growth and development and good health conditions.

The tomographic exams were requested for experimental groups in three times: pre-surgical (T1, n=14), post-surgical (T2, n=13) – at least one month after

surgery (2.8 ± 1.6 , range 1-6); and follow up (T3, n=10) – at least 12 months after surgery (17.1 ± 4.2 , range 12-24). All exams were performed in a single radiologic clinic using an I-CAT scan (Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania, USA, 120 kVp, 5 mAs, 13 x 17 cm FOV, 0.4 mm³ voxel, scanning time of 20 s). The CBCT scans were performed with each subject in maximum intercuspation and sitting in a vertical position, and with the Frankfurt horizontal plane parallel to the ground.

A volumetric reconstruction was obtained for each tomography and imported as digital imaging and communication in medicine (DICOM) data files into Dolphin imaging software (version 11.5; Dolphin Imaging, Chatsworth, California, USA) for observation and analysis. Head position was standardized for all CBCT images in three spatial planes: axial, coronal and sagittal¹⁷.

Two-dimensional lateral cephalometric images were obtained from the CBCT scans in the Dolphin Imaging software version 11.5 (Dolphin Imaging, Chatsworth, California, USA). The craniocervical inclination¹⁸ and ANB angles were measured to characterize the sample.

The following linear measures were analyzed to characterize horizontal and vertical changes of maxilla and mandible position:

- 1) PNS Vert (mm): Vertical distance in millimeter between posterior nasal spine (PNS) and horizontal line passing through the nasio (N);
- 2) PNS Hor (mm): Horizontal distance in millimeter between posterior nasal spine (PNS) and vertical line passing through the nasio (N);
- 3) A Vert (mm): Vertical distance in millimeter between A point and horizontal line passing through the nasio (N);

- 4) A Hor (mm): Horizontal distance in millimeter between A point and vertical line passing through the nasio (N);
- 5) B Vert (mm): Vertical distance in millimeter between B point and horizontal line passing through the nasio (N);
- 6) B Hor (mm): Horizontal distance in millimeter between B point and vertical line passing through the nasio (N);
- 7) Me Vert (mm): Vertical distance in millimeter between mento (Me) point and horizontal line passing through the nasio (N);
- 8) Me Hor (mm): Horizontal distance in millimeter between mento (Me) point and vertical line passing through the nasio (N);

To determine hyoid position, the following cartesian coordinates were used, considering N the origin point: X (latero-lateral), Y (vertical) and Z (antero-posterior).

The following regions of the pharyngeal airway were evaluated: total pharyngeal airways, velopharynx and oropharynx. For total pharyngeal airways, the upper limit was defined in the sagittal view by a plane parallel to the Frankfurt plane that intersected the lower point in the first cervical vertebra, and the lower limit was a plane parallel to the Frankfurt plane that intersected the lower and most anterior point in the third cervical vertebra. The velopharynx presented the same upper limit described above and as the lower limit, a plane parallel to the Frankfurt plane that intersected the uvula. The upper limit of the oropharynx was the lower limit of Velopharynx and the lower limit was a plane parallel to the Frankfurt plane that intersected the lower and most anterior point in the third cervical vertebra according to methodology described by Grauer *et al.*¹⁹ and Brasil *et al.*²⁰ adapted for this study. (Figure 1).

The volumes and minimum cross-sectional areas were measured with the tool for airway volume calculation in the 3-dimensional mode of the Dolphin Imaging software in the 73 threshold values as proposed by Alves *et al.*²¹ The limits for each portion of interest were defined in the sagittal slice, and the software automatically calculated the total volume and the most constricted airway area (minimum cross-sectional area-CSA) in the region previously set.

All measurements were repeated in 35% of the CBCT scans after a 2-week interval. Calibration of the operator was tested with the intraclass correlation coefficient.

A descriptive analysis, including mean and standard deviation, was performed for all quantitative variables. The Kolmogorov-Smirnov test was applied to assess the normality of the data. One-way ANOVA of repeated measures with Bonferroni correction was used to verify whether there were statistically significant differences ($p < 0.05$) among the exams in the different time periods (T1, T2 and T3). Additionally, statistically significant differences ($p < 0.05$) between each time period (T1, T2 and T3) and the control group values were evaluated and the Benjamini-Hochberg correction was used to adjust the p value for multiple comparisons.

Correlation between changes in upper airway dimensions and horizontal distance between B point to Nasio were evaluated by Pearson's correlation coefficient.

RESULTS

The intraclass correlation coefficient results were higher than 0.95 for all variables assessed; this confirmed the calibration of the operator.

Table I characterizes the sample, showing the descriptive statistics for age, ANB angle, and CCI angle for each time period (T1, T2 and T3). Intragroup comparison among time periods is presented and each of these values was also compared with the same measurement in the unique time period of the control group. Statistically significant differences ($p < 0.05$) were observed for ANB among all time periods and compared to the control and for initial CCI measures compared to the other time periods and with the control group.

Table II presents linear measures that characterize the movement decorrent of the orthognathic surgery in the maxilla, mandible and hyoid bones. There were statistically significant horizontal anteroposterior changes in the mandible (points B and Me) and in the hyoid bones, which was maintained or even greater after the longest follow-up.

Table III shows the changes in PAV and minimum CSA. A significant ($p < 0.05$) increase was seen in total PAV and these changes were stable in the follow-up period, however, no statistically significant changes were observed for the velopharynx and oropharynx volume. The minimum CSA increased after surgery and additionally after follow-up and this difference between final follow-up and pre-surgical values was significant when the total region and the subregions were analyzed. No area measurement between experimental and control groups presented statistically significant differences.

Table IV shows the correlation between changes in volume and minimum cross-sectional area of the pharyngeal airway, and the anteroposterior horizontal distance between B point and Hyoid and a vertical line passing through Nasio. A negative correlation was observed between the pharyngeal volume ($\rho = -0.44$, $p = 0.01$) and cross-sectional area ($\rho = -0.36$, $p = 0.04$) changes and hyoid

anteroposterior displacement. That means that anteroposterior displacements of the hyoid bone in the anterior direction tended to be accompanied by increases in pharyngeal airway dimensions.

DISCUSSION

Previous studies suggest that orthognathic surgery used for dentofacial deformity treatment may increase pharyngeal airway space with advancements^{2,9,15,22-25}, benefiting patients with narrow airways who are predisposed to OSAs risk^{7,8}. However, the stability of this gain is controversial²⁶.

Our study aimed to analyze airway dimensional changes in a post-surgical follow up period in patients submitted to mandibular advancement surgery.

Many studies have been performed to evaluate changes of upper airway after orthognathic surgery in CBCT. Nevertheless, most of these studies did not assess a post-surgical follow up period^{15,23,24}. In our study, the post-surgical CBCT scans were requested for experimental groups in two times as follow: T2-at least one month after surgery, this was done to allow the subside of the initial oedema^{27,28} that could have interfered in the pharyngeal airway measurement; and T3- at least 12 months after surgery to evaluate stability. Previous studies assumed stable soft tissue volume after 6 months²⁹. However, oedema may be clinically observed in some patients in this period. In our study, we decided use at least 1-year postoperative to evaluate stability, assuming no persistent swelling after 12 months.²⁸

For characterization of the sample we measured ANB and CCI angles. The ANB angle is a good reference used to determine the relationship between the maxilla and the mandible and it has often been used.^{30,31} In this study, statistically

significant decrease was observed for ANB angle between T1 and T2 time period (T1-7.5°; T2-4.1° and T3-4.6°), evidencing the anteroposterior ortho-surgical correction and its stability. Nevertheless, the ANB angle approaches but does not match the control group (ANB-1.7°).

For the CCI angle, statistically significant differences were observed between T1 and other times intervals (T2 and T3), and between T1 and the control Group (Table I). This difference could be justified by the fact that Class II patients tend to exhibit a greater extension of the head than other groups^{32,33}. After surgery, this angle decreased in the experimental group and became similar to the values in the control group. It is important to emphasize that the CCI angles values obtained for all groups and times were not far from those defined by Muto et al¹⁸ for not interfering in the airway volume (90° to 110°).

In this study, linear measures were performed in the sagittal plane to observe vertical and horizontal changes in the maxilla, mandible, and hyoid promoted by orthognathic surgery. Vertical changes were observed in the maxillary position as a consequence of the surgery, and this movement may have favored the mandible rotation counterclockwise. However, this difference was not statistically significant after follow-up (T3). Additionally, no statistically significant differences were found in PNS Hor, A vert and A Hor for the 3 times intervals. These results indicate that the maxilla did not present significant changes after follow-up. On the other hand, a statistically significant horizontal change was observed in the mandible, which remained stable after a minimum of 1-year follow-up.

The hyoid bone underwent an expressive change in its anteroposterior position (Hyoid Z), resulting in a forward movement in the follow-up. Similar results were found by Jiang et al⁹, who observed that the hyoid bone moved superiorly and

forward after surgery in the mandibular advancement group, and the movement was stable at a post-surgical follow up period.

The velopharynx and oropharynx volume increased and approximated those observed in the control group. These changes were not statistically significant. However, these results were clinically expressive as can be seen in Table III. These results may be due to the reduced sample. Significant increase in PAV after mandibular advancement surgery were observed in studies that used larger samples. However, these studies did not have a control group and a long post-surgical follow up period^{15,24}.

The pharyngeal airway cross-sectional area is an important parameter to predict pharyngeal airway dimension and may be correlated with obstructive sleep apnea syndrome and its gravity.³⁴ In our study, a statistically significant increase of minimum cross-sectional area was observed and that remained stable in the follow-up period. These results corroborate with the findings of others researches.²³⁻²⁵

Most of these studies that assessed the pharyngeal airway changes after mandibular advancement did not compare these results with a control group. In our study, a control group composed by Class I patients without mandibular deficiency was formed and used as a normality pattern. Our results showed that PAV and minimum CSA increased and approximated those observed in the control group.

A moderate negative correlation was observed between PAV and CSA changes and hyoid anteroposterior displacement. These results indicate that the bigger the change in hyoid anteroposterior position, the greater the pharyngeal airway CSA area and volume.

A limitation of this investigation was the drops outs that occurred in the sample. One patient did not return for the post-surgical exam (only for the follow-up)

and four patients were lost in the follow-up period. However, it is a limitation of the prospective studies.

In conclusion, this present study showed that there were increased in linear dimensions in sagittal plane for the mandible after orthognathic surgery. The hyoid bone underwent a forward movement, this movement was stable during the time and presented a negative moderate correlation with pharyngeal cross-sectional area and volume. Regarding pharyngeal airway evaluation, the greatest increase was see in pharyngeal airway total volume and cross-sectional area and this change was stable in a follow up period.

The knowledge about the influence of mandibular advancement surgery on pharyngeal dimensions may act as a useful guide for surgeon and orthodontists to indicate modifications in pharyngeal minimal cross-sectional area when planning orthognathic treatment.

REFERENCES

1. Guijarro-Martinez R, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2011;40:1227-1237.
2. Mattos CT, Vilani GN, Sant'Anna EF, Ruellas AC, Maia LC. Effects of orthognathic surgery on oropharyngeal airway: a meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011;40:1347-1356.
3. Christovam IO, Lisboa CO, Ferreira DM, Cury-Saramago AA, Mattos CT. Upper airway dimensions in patients undergoing orthognathic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2016;45:460-471.
4. Claudino LV, Mattos CT, Ruellas ACD, Anna EFS. Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: A preliminary study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2013;143:799-809.
5. Cabral M, de Queiroz Ribeiro LR, Cardeal CM, Bittencourt MA, Crusoe-Rebello IM, Souza-Machado A. Evaluation of the oropharynx in class I and II skeletal patterns by CBCT. *Oral Maxillofac Surg* 2017;21:27-31.

6. Zheng ZH, Yamaguchi T, Kurihara A, Li HF, Maki K. Three-dimensional evaluation of upper airway in patients with different anteroposterior skeletal patterns. *Orthodontics & Craniofacial Research* 2014;17:38-48.
7. Shigeta Y, Enciso R, Ogawa T, Shintaku WH, Clark GT. Correlation between retroglossal airway size and body mass index in OSA and non-OSA patients using cone beam CT imaging. *Sleep and Breathing* 2008;12:347-352.
8. Walsh JH, Leigh MS, Paduch A, Maddison KJ, Philippe DL, Armstrong JJ et al. Evaluation of pharyngeal shape and size using anatomical optical coherence tomography in individuals with and without obstructive sleep apnoea. *J Sleep Res* 2008;17:230-238.
9. Jiang C, Yi Y, Fang S, Wang J. Pharyngeal Airway Space and Hyoid Bone Positioning After Different Orthognathic Surgeries in Skeletal Class II Patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2017.
10. Lye KW. Effect of orthognathic surgery on the posterior airway space (PAS). *Ann Acad Med Singapore* 2008;37:677-682.
11. Aboudara C, Nielsen I, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher D. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:468-479.
12. Bronoosh P, Khojastepour L. Analysis of Pharyngeal Airway Using Lateral Cephalogram vs CBCT Images: A Cross-sectional Retrospective Study. *Open Dent J* 2015;9:263-266.
13. Lenza MG, Lenza MMD, Dalstra M, Melsen B, Cattaneo PM. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study. *Orthodontics & Craniofacial Research* 2010;13:96-105.
14. Weissheimer A, Menezes LM, Sameshima GT, Enciso R, Pham J, Grauer D. Imaging software accuracy for 3-dimensional analysis of the upper airway. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142:801-813.
15. Marcussen L, Stokbro K, Aagaard E, Torkov P, Thygesen T. Changes in Upper Airway Volume Following Orthognathic Surgery. *J Craniofac Surg* 2017;28:66-70.
16. Pandis N. Sample calculations for comparison of 2 means. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141:519-521.
17. Cevidanes L, Oliveira AE, Motta A, Phillips C, Burke B, Tyndall D. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthod* 2009;79:971-977.
18. Muto T, Takeda S, Kanazawa M, Yamazaki A, Fujiwara Y, Mizoguchi I. The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS). *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31:579-583.

19. Grauer D, Cevitanes LSH, Styner MA, Ackerman JL, Proffit WR. Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: Relationship to facial morphology. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2009;136:805-814.
20. Brasil DM, Kurita LM, Groppo FC, Haiter-Neto F. Relationship of craniofacial morphology in 3-dimensional analysis of the pharynx. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2016;149:683.
21. Alves M, Jr., Baratieri C, Mattos CT, Brunetto D, Fontes Rda C, Santos JR et al. Is the airway volume being correctly analyzed? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141:657-661.
22. Goncales ES, Duarte MA, Palmieri C, Jr., Zakhary GM, Ghali GE. Retrospective analysis of the effects of orthognathic surgery on the pharyngeal airway space. *J Oral Maxillofac Surg* 2014;72:2227-2240.
23. Kochar GD, Chakranarayan A, Kohli S, Kohli VS, Khanna V, Jayan B et al. Effect of surgical mandibular advancement on pharyngeal airway dimensions: a three-dimensional computed tomography study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2016;45:553-559.
24. Kochel J, Meyer-Marcotty P, Sickel F, Lindorf H, Stellzig-Eisenhauer A. Short-term pharyngeal airway changes after mandibular advancement surgery in adult Class II-Patients-a three-dimensional retrospective study. *Journal of Orofacial Orthopedics-Fortschritte Der Kieferorthopadie* 2013;74:137-152.
25. Raffaini M, Pisani C. Clinical and cone-beam computed tomography evaluation of the three-dimensional increase in pharyngeal airway space following maxillo-mandibular rotation-advancement for Class II-correction in patients without sleep apnoea (OSA). *J Craniomaxillofac Surg* 2013;41:552-557.
26. Chang MK, Sears C, Huang JC, Miller AJ, Kushner HW, Lee JS. Correlation of Airway Volume With Orthognathic Surgical Movement Using Cone-Beam Computed Tomography. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2015;73:S67-S76.
27. Yamamoto S, Miyachi H, Fujii H, Ochiai S, Watanabe S, Shimosato K. Intuitive Facial Imaging Method for Evaluation of Postoperative Swelling: A Combination of 3-Dimensional Computed Tomography and Laser Surface Scanning in Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2016;74:2506.e2501-2506.e2510.
28. van der Vlis M, Dentino KM, Vervloet B, Padwa BL. Postoperative swelling after orthognathic surgery: a prospective volumetric analysis. *J Oral Maxillofac Surg* 2014;72:2241-2247.
29. Kau CH, Cronin A, Durning P, Zhurov AI, Sandham A, Richmond S. A new method for the 3D measurement of postoperative swelling following orthognathic surgery. *Orthod Craniofac Res* 2006;9:31-37.

30. Hart PS, McIntyre BP, Kadioglu O, Currier GF, Sullivan SM, Li J et al. Postsurgical volumetric airway changes in 2-jaw orthognathic surgery patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;147:536-546.
31. Hong JS, Oh KM, Kim BR, Kim YJ, Park YH. Three-dimensional analysis of pharyngeal airway volume in adults with anterior position of the mandible. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2011;140:E161-E169.
32. Liu Y, Sun X, Chen Y, Hu M, Hou X, Liu C. Relationships of sagittal skeletal discrepancy, natural head position, and craniocervical posture in young Chinese children. *Cranio* 2016:1-8.
33. D'Attilio M, Caputi S, Epifania E, Festa F, Tecco S. Evaluation of cervical posture of children in skeletal class I, II, and III. *Cranio* 2005;23:219-228.
34. Enciso R, Nguyen M, Shigeta Y, Ogawa T, Clark GT. Comparison of cone-beam CT parameters and sleep questionnaires in sleep apnea patients and control subjects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:285-293.

TABLES AND FIGURES

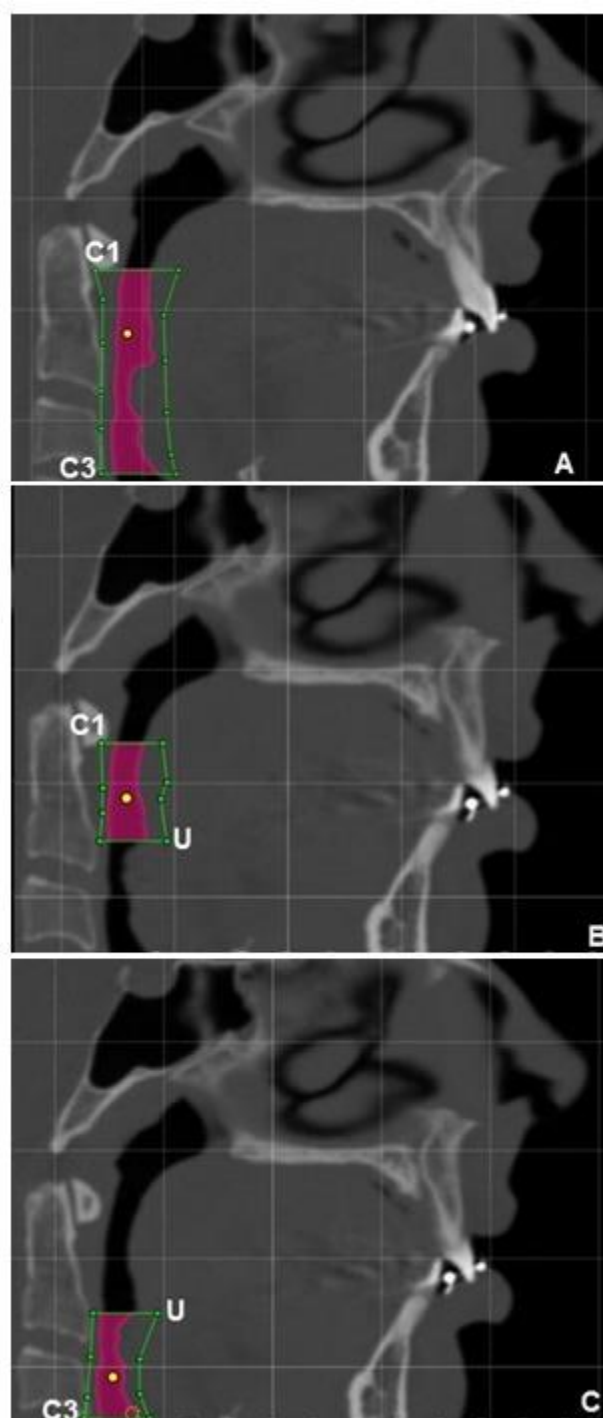


Fig 1. Limits used in the pharyngeal airway segments: **A**, Total pharyngeal airway limits; **B**, velopharynx limits; **C**, oropharynx limits;

| Table I. Sample Characterization | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------|----------|------------------|
| | Surgical Patients | | | | Control Group (n=14) | | adjusted p-value |
| | All patients (n=14) | | Follow up patients (n=9) | | Mean (SD) | Range | |
| | Mean (SD) | Range | Mean (SD) | Range | Mean (SD) | Range | |
| Age (years) | | | | | | | |
| T1 (n=14) | 29.03 (9.8) | 17.08-44.42 | 32.00 (10.03) ^a | 18.17-44.42 | | | 0.507 |
| T2 (n=13) | 30.04 (9.8) | 17.41-45.08 | 32.50 (9.8) ^b | 19.25-45.08 | 26.28 (6.7) | 19-40 | 0.378 |
| T3 (n=10) | 32.6 (9.9) | 20.42-46.08 | 33.71 (9.9) ^c | 20.42-46.08 | | | 0.129 |
| ANB (°) | | | | | | | |
| T1 (n=14) | 7.5 (2.8) | 2-11.1 | 7.8(0.93) ^a | 3.1-11.1 | | | 0.009* |
| T2 (n=13) | 4.1 (2.1) | 1-7.8 | 4.9 (0.6) ^b | 2-7.8 | 1.7 (1.1) | 0-3.8 | 0.009* |
| T3 (n=10) | 4.6 (1.8) | 2.6-8.5 | 4.7(0.6) ^c | 2.6-8.5 | | | 0.009* |
| CCI (°) | | | | | | | |
| T1 (n=14) | 104.3 (9.1) | 87.4-119.7 | 105.2(10.1) ^a | 87.4-119.7 | | | 0.047* |
| T2 (n=13) | 100.1 (10.9) | 81.4-118.5 | 97.6(12.3) ^b | 81.4-118.5 | 97.5 (5.0) | 89.9-106 | 0.491 |
| T3 (n=10) | 97.5 (9.1) | 86.1-109.2 | 98.5(8.9) ^b | 86.1-109.2 | | | 0.989 |

Different superscript letters mean statistically significant difference (same column).
* Indicate statistically significant difference in same line

| Table II. Surgical Characterization | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| | T1 (n=14) | T2 (n=13) | T3 (n=10) | T2-T1 (surgical changes) | T3-T2 (relapse) | T3-T1 (overall changes) |
| | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) | Mean (SD) |
| ANB (°) | 7.5 (2.8) ^a | 4.1 (2.1) ^b | 4.6 (1.8) ^c | -3.4 (2.4)* | -0.13 (1.0) | -3.3 (1.7)* |
| PNS Vert (mm) | -54.25 (4.5) ^a | -52.7 (3.5) ^b | -53.9 (2.9) ^a | 1.7 (1.9)* | -1.6 (1.0)* | 0.12 (1.9) |
| PNS Hor (mm) | -44.9 (3.4) ^a | -44.9 (3.3) ^a | -42.9 (2.1) ^a | -0,06 (3.4) | 1.5 (2.4) | 1.7 (4.2) |
| A Vert (mm) | -57.2 (3.7) ^a | -54.2 (4.1) ^a | -54.8 (3.2) ^a | 3.1 (3.6)* | -1.17 (2.9) | 1.7 (3.8) |
| A Hor (mm) | 3.5 (3) ^a | 3.3 (3.2) ^a | 5.6 (3.4) ^a | -0,01 (2.1) | 0.9 (1.0) | 1.5 (1.8) |
| B Vert (mm) | -101.6 (10.7) ^a | -98.0 (6.8) ^b | -99.8 (6.4) ^{ab} | 4.4 (8.0) | -0,6 (2.3) | 2.8 (5.0) |
| B Hor (mm) | -8.0 (7.2) ^a | -1.0 (5.1) ^b | 1.3 (4.3) ^b | 7.4 (5.3)* | 1.6 (3.1) | 9.3 (7.8)* |
| Me Vert (mm) | -116.8 (8.6) ^a | -115.0 (7.4) ^a | -117.6 (6.0) ^a | 1.5 (4.8) | -1.5 (4.8) | 1.6 (3.2) |
| Me Hor (mm) | -9.1 (8.9) ^a | 1.4 (6.5) ^b | 3.3 (5.9) ^b | 11.3 (8.4)* | 1.1 (3.7) | 12.5 (10.6)* |
| Hyoid X (laterolateral) | -1.4 (2.5) ^a | -1.3 (2.3) ^a | 0.1 (1.6) ^a | 0,25 (2.7) | 1.7 (2.6) | 0.25 (2.7) |
| Hyoid Y (Vertical) | -118.6 (9.8) ^a | -100.6 (62.9) ^a | -117,1 (8.0) ^a | 18,2 (64.6) | -24.3 (79.4) | 2.3 (5.3) |
| Hyoid Z(anteroposterior) | -50.6 (9.1) ^a | -45.2 (8.3) ^{ab} | -41.7 (5.8) ^b | 6.1 (6.2)* | 2.5 (8.6) | 9.4 (6.9)* |

Different superscript letters mean statistically significant difference (same line).

Table III. Comparison between pharyngeal airway volume and axial area before(T1) and after orthognatic surgery in two follow-up times (T2 and T3) and compared to control group

| Pharyngeal Volume | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|--------------|-------------------------------|--------------|----------------------|------------------|
| | Experimental Group | | | | Control Group (n=14) | |
| | All patients | | Follow-up patients (n=9) | | | Adjusted p-value |
| Total pharyngeal Volume | Mean (SD) | Increase (%) | Mean (SD) | Increase (%) | Mean (SD) | |
| T1 (n=14) | 17546.1 (8740.8) | | 14945.5(5494.8) ^a | | 23110.5 (6300.4) | 0.79 |
| T2 (n=13) | 19845.9(10019.7) | 13.10 | 16447.1(6558.2) ^{ab} | 10.04 | | 0.19 |
| T3 (n=10) | 22133.8 (6509.8) | 26.14 | 22028.3(6895.6) ^b | 47.39 | | 0.37 |
| Velopharynx Volume | | | | | | |
| T1 (n=14) | 10642.1(6844.7) | | 8751.1(5710.9) ^a | | 14157.5 (4296.4) | 0.35 |
| T2 (n=13) | 11335.06 (6416.1) | 6.5 | 10001.7(4942.0) ^a | 14.29 | | 0.19 |
| T3 (n=10) | 13876.4(4860.5) | 30.39 | 13615.1(5080.2) ^a | 55.58 | | 0.33 |
| Oropharynx Volume | | | | | | |
| T1 (n=14) | 7197.7(3228.1) | | 6568.8(1852.4) ^a | | 8714.4 (42661) | 0.17 |
| T2 (n=13) | 8913.8 (4838.2) | 23.84 | 7040.5 (3364.2) ^a | 7.18 | | 0.30 |
| T3 (n=10) | 7967.2 (3341.1) | 10.69 | 7948.9(3543.3) ^a | 21.00 | | 0.32 |

| Pharyngeal CSA | | | | | | |
|-----------------|--------------------|--------------|-----------------------------|--------------|----------------------|------------------|
| | Experimental Group | | | | Control Group (n=14) | |
| | All patients | | Follow up patients (n=9) | | | Adjusted p-value |
| Total CSA | Mean (SD) | Increase (%) | Mean (SD) | Increase (%) | Mean (SD) | |
| T1 (n=14) | 213.2 (144.4) | | 157.9 (64.4) ^a | | 301.9 (121.5) | 0.82 |
| T2 (n=13) | 269.5 (169.5) | 26.40 | 209.4 (85.0) ^{ab} | 32.61 | | 0.85 |
| T3 (n=10) | 263.5 (99.9) | 24.5 | 261.2(105.7) ^b | 65.42 | | 0.76 |
| velopharynx CSA | | | | | | |
| T1 (n=14) | 334.5 (203.9) | | 268.2 (126.9) ^a | | 424.7 (121.4) | 0.75 |
| T2 (n=13) | 394.7 (225.8) | 17.99 | 321.7 (148.9) ^{ab} | 19.94 | | 0.86 |
| T3 (n=10) | 416.7 (133.6) | 24.57 | 416.3 (141.7) ^b | 55.21 | | 0.88 |
| Oropharynx CSA | | | | | | |
| T1 (n=14) | 132.7 (136.0) | | 187.9(62.8) ^a | | 314.3 (131.6) | 0.35 |
| T2 (n=13) | 294.7 (174.5) | 122.07 | 214.5(85.8) ^{ab} | 14.15 | | 0.84 |
| T3 (n=10) | 267.5 (96.2) | 101.58 | 264.9 (101.6) ^b | 40.97 | | 0.79 |

Different superscript letters mean statistically significant difference (same column).

Table IV. Correlation between changes in upper airway dimensions and hozizontal distance between B point to Nasio and Hyoid (anteroposterior) to Nasio

| | B (Horizontal) | | Hyoid (Anteroposterior) | | |
|--------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|--|
| | Correlation Coefficient | p value | Correlation Coefficient | p value | |
| Pharyngeal Volume | | | | | |
| Total | -0.27 | 0.12 | -0.43 | 0.81 | |
| Velopharynx | -0.10 | 0.55 | -0.40 | 0.83 | |
| Oropharynx | -0.12 | 0.49 | -0.44* | 0.01 | |
| Pharyngeal CSA | | | | | |
| Total | 0.031 | 0.86 | -0.2 | 0.27 | |
| Velopharynx | -0.16 | 0.37 | -0.25 | 0.16 | |
| Oropharynx | -0.14 | 0.41 | -0.36* | 0.04 | |

5 DISCUSSÃO

As vias aéreas faríngeas são uma estrutura complexa que tem sido amplamente estudada por áreas do conhecimento como Cirurgia e Ortodontia. Apesar da natureza dinâmica das vias aéreas, exames de imagens utilizados no diagnóstico ortodôntico como as teleradiografias e TCFCs da cabeça são capazes de fornecer informações relevantes sobre a morfologia desta estrutura em determinado momento estático (Guijarro-Martinez e Swennen, 2011).

Neste sentido, a utilização da TCFC para avaliação das vias aéreas tem sido crescente, já que esta tecnologia possibilita a avaliação da área de secção transversa e volume desta estrutura, características que não podem ser avaliadas em radiografias cefalométricas. Além disso, as TCFCs apresentam menor custo e dose de radiação inferior às das tomografias computadorizadas convencionais. Entretanto, uma das principais limitações metodológicas dos estudos que avaliam as vias aéreas em TCFC é a falta de padronização no que se refere aos limites a serem utilizados para definição desta complexa estrutura (Montgomery *et al.*, 1979; Hechler, 2008; Aboudara *et al.*, 2009; Guijarro-Martinez e Swennen, 2011) .

Visando minimizar o erro sistemático resultante da falta de padronização destes limites, o primeiro artigo teve como objetivo avaliar se existem diferenças entre os limites anatômicos anteriores e posteriores utilizados para determinação

tridimensional das subdivisões das vias aéreas faríngeas (VAF) de acordo com a idade, sexo, padrões esqueléticos horizontal e vertical, e inclinação da cabeça em TCFC.

Nossos resultados mostraram que tanto as estruturas anteriores, como a úvula e epiglote, quanto as estruturas posteriores, vertebrae cervicais, poderiam ser utilizadas como limites para avaliação das vias aéreas. Entretanto, estruturas posteriores encontram-se sempre localizadas mais inferiormente quando comparadas as estruturas anteriores e, em consequência, as sub-regiões anatómicas definidas por esses pontos posteriores também apresentariam esta característica.

Em determinados casos, sub-regiões mais inferiores como a hipofaringe são de difícil avaliação, dependendo do tamanho do paciente, um maior campo de visão (FOV) se faz necessário para que o ponto mais anteroinferior de C4 seja incluído na tomografia (da Silva MB e Sant'Anna EF, 2013; Kau *et al.*, 2005) e isso pode requerer uma maior dose de radiação. Por esse motivo, não é recomendado o aumento do FOV com o objetivo único de avaliar a hipofaringe. No presente estudo, algumas tomografias foram excluídas do estudo por não englobarem toda região da hipofaringe, até o ponto mais anteroinferior de C4.

Por outro lado, a utilização das vértebras cervicais poderia ser mais apropriada em casos em que os pacientes tenham sido submetidos a algum tipo de intervenção, como a cirurgia ortognática, tendo em vista que a posição de estruturas como o palato mole, a língua e o osso hioide podem sofrer modificações em seu posicionamento em decorrência da movimentação esquelética (Kim *et al.*, 2013; Efendiyeva *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2014).

Abramson *et al.* (2009) objetivaram avaliar a associação entre a idade, sexo e o tamanho e forma das vias aéreas utilizando imagens tridimensionais. Os autores observaram uma correlação entre o tamanho das vias aéreas e a idade dos pacientes, predominantemente durante os estágios da dentição decídua e permanente, que correspondem aos períodos de significativo crescimento somático. De forma semelhante, nossa amostra foi estratificada em faixas etárias com o intuito de avaliar diferenças no posicionamento da úvula, ponta da epiglote, valécula, hioide e vértebras cervicais em crianças em dentição mista, permanente e em adultos. Entretanto, não foram observadas diferenças estatísticas entre as frequências de localização das regiões anatômicas anteriores e posteriores em relação à idade.

No presente estudo foi observado um dimorfismo sexual em relação a posição da valécula, C3 e C4. Nos homens, a valécula esteve mais frequentemente localizada em B3 (76,8%) seguida por B2 (18,8%). Nas mulheres, a localização da valécula foi predominante in B3 (56,8%), mas com uma menor porcentagem que nos homens, seguida por uma frequência relativamente alta em B2 (40,7%). Estes resultados indicam que a valécula apresenta uma localização mais inferior nos homens do que nas mulheres. Inversamente, C3 e C4 apresentam uma localização mais superior nos homens do que nas mulheres.

Não foram observadas diferenças significativas entre a frequência de localização das regiões anatômicas anteriores e posteriores nos diferentes tipos de padrões esqueléticos, horizontal e vertical. Estes resultados sugerem que estes limites podem ser utilizados, para todos os grupos, independentemente do tipo de padrão esquelético, permitindo a comparação entre eles.

Entretanto, um dos principais aspectos que devem ser levados em consideração para a avaliação da morfologia craniofacial e das vias aéreas faríngeas do paciente é o correto posicionamento da cabeça durante a realização da TCFC, principalmente em estudos longitudinais em que há análises com sobreposição de imagens.

No presente estudo observou-se que a posição da epiglote, valécula, hioide, C2 e C3 diferiram significativamente de acordo com a inclinação craniocervical. Quanto maior o ângulo, maior a tendência das estruturas anteriores (epiglote, valécula e hioide) estarem localizadas mais superiormente. Por outro lado, quanto menor o ângulo, maior a tendência das estruturas posteriores (C2 e C3) estarem localizadas mais superiormente. Estes resultados apontam para importância de se padronizar o ângulo CCI para estabelecer estes limites.

O primeiro estudo justifica-se pela necessidade de determinação de limites adequados para a avaliação do volume e área de secção transversa mínima das vias aéreas faríngeas. Estabelecendo-se limites adequados para avaliação das vias aéreas, o segundo estudo teve como objetivo avaliar a área de secção transversa mínima e o volume das vias aéreas faríngeas de pacientes submetidos a cirurgia de avanço mandibular em um período de acompanhamento de no mínimo um ano.

No segundo artigo, as vias aéreas faríngeas foram avaliadas em sua totalidade tendo como limites as vértebras cervicais C1 e C3 e foram subdivididas em velofaringe, tendo como limites C1 e úvula; e orofaringe, da úvula à C3. A escolha das vértebras cervicais como referências para avaliação total das vias aéreas faríngeas se deveu ao fato dessas estruturas (vértebras cervicais) estarem localizadas mais inferiormente, como observado no estudo anterior, de forma que, estando localizada mais inferiormente, a via aérea faríngea determinada por esses

limites poderia ser mais sensível às possíveis modificações esqueléticas da mandíbula decorrentes da cirurgia ortognática.

A úvula foi utilizada como referência para subdividir a via aérea total em velofaringe e orofaringe tendo em vista que não foram observadas diferenças em relação ao posicionamento dessa estrutura no estudo anterior em relação a idade, sexo, tipo de padrão esquelético e CCI.

Vários estudos foram realizados com o intuito de avaliar modificações nas vias aéreas decorrentes de cirurgia de avanço mandibular, utilizando-se a TCFC. Entretanto, a maioria desses estudos não avaliou o período de acompanhamento pós- cirúrgico (Kochel *et al.*, 2013; Kochar *et al.*, 2016; Marcussen *et al.*, 2017). No presente estudo, TCFCs pós-cirúrgicas foram solicitadas para o grupo experimental em dois tempos: T2 - no mínimo 1 mês após a cirurgia, para minimizar a influência do edema inicial (Yamamoto *et al.*, 2016; Van der Vlis *et al.*, 2014), que poderia interferir na avaliação das vias aéreas; e T3 - no mínimo 12 meses após a cirurgia para que a estabilidade das possíveis modificações pudesse ser avaliada. Estudos anteriores têm considerado que após seis meses da cirurgia ortognática, os volumes dos tecidos moles se apresentariam estáveis (Kau *et al.*, 2006). Entretanto, durante este período, algum edema ainda pode ser clinicamente observado em alguns pacientes. No presente estudo, optou-se por utilizar um período de no mínimo 12 meses para avaliar a estabilidade pós-cirúrgica, considerando haver pouco ou nenhum edema persistente após este período (Van der Vlis M *et al.*, 2014).

Para caracterização da amostra foram utilizados os ângulos ANB e CCI. Observou-se uma redução significativa do ANB com a cirurgia (T1=7,5°; T2=4,1° e T3=4,6°), evidenciando a correção cirúrgica anteroposterior e sua estabilidade. No

entanto, o ANB se aproximou, mas ainda foi estatisticamente diferente do grupo controle (ANB=1,7°).

Para o ângulo CCI, foram observadas diferenças estatísticas entre o tempo inicial e os demais (T2 e T3) do grupo experimental, e entre os grupos experimentais (T1) e controle. Esta diferença pode ser justificada pelo fato de que os pacientes Classe II tendem a exibir uma maior extensão da cabeça quando comparados a grupos Classe I e III (D'atilio *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2016). Após a cirurgia, houve uma diminuição do ângulo CCI no grupo experimental que se tornou semelhante ao grupo controle. É importante enfatizar que os valores dos ângulos CCI obtidos para todos os grupos não se distanciaram daqueles estabelecidos por Muto *et al.*, 2002, não interferindo nas dimensões das vias aéreas (90° a 110°).

No que se refere à caracterização do procedimento cirúrgico, no presente estudo não foram observadas mudanças anteroposteriores significativas na maxila após um período de acompanhamento. Por outro lado, as alterações mandibulares e no osso hioide permaneceram estáveis após o mínimo de 12 meses de acompanhamento. Foi observada uma mudança vertical no posicionamento da espinha nasal posterior que pode ter favorecido a rotação da mandíbula do sentido anti-horário.

Os volumes total e de todos os segmentos avaliados no grupo experimental, velofaringe e orofaringe, aumentaram e se aproximaram dos valores do grupo controle. A média de volume total das vias aéreas faríngeas, durante o período de acompanhamento de no mínimo 12 meses (T3), apresentou um aumento significativo quando comparado ao período pré-cirúrgico (T1). As mudanças observadas nos volumes da velofaringe e orofaringe em T3 foram bastante expressivas do ponto de vista clínico, a velofaringe e orofaringe apresentaram um

aumento de 55,58% e 21%, respectivamente, em seu volume quando comparados ao período pré-cirúrgico (T1). O aumento significativo do volume das vias aéreas faríngeas também foi observado após a cirurgia de avanço mandibular em estudos anteriores no entanto, estes estudos não foram controlados e nem fizeram um acompanhamento pós-cirúrgico a longo prazo (Kochel *et al.*, 2013; Marcussen *et al.*, 2017).

No que se refere à ASTM das vias aéreas faríngeas, foi observado um aumento estatisticamente significativo desta estrutura, que se manteve estável no período de acompanhamento. Este parâmetro é um importante preditor das dimensões das vias aéreas e pode estar correlacionado com a SAOS e a sua gravidade (Enciso *et al.*, 2010). Estes resultados corroboraram com aqueles observados por outros autores (Kochel *et al.*, 2013; Raffaini e Pisani, 2013; Kochar *et al.*, 2016).

Vale salientar que a grande parte dos estudos que avaliam as vias aéreas de pacientes submetidos a cirurgia de avanço mandibular não são controlados. No nosso estudo, um grupo controle constituído por pacientes Classe I, sem deficiência mandibular, foi utilizado como padrão de normalidade. Nossos resultados mostraram que o volume das vias aéreas faríngeas e a área de secção transversa mínima aumentou e se aproximou dos valores obtidos para o grupo controle.

Uma moderada correlação negativa foi observada entre as mudanças no volume e área de secção transversa mínima, e o deslocamento anteroposterior do osso hioide. Esses resultados indicam que quanto maior o deslocamento anteroposterior no osso hioide resultante da cirurgia de avanço mandibular, maiores os volumes e área de secção transversa mínima.

Uma limitação do presente estudo foi as perdas ocorridas na amostra. Um paciente não realizou o exame pós-cirúrgico (T2), apenas o exame de acompanhamento (T3), e quatro pacientes não realizaram o exame de acompanhamento. Entretanto, esta é uma limitação inerente aos estudos prospectivos.

Em síntese, enfatizamos a importância do conhecimento acerca das possíveis mudanças nas vias aéreas faríngeas de pacientes submetidos a cirurgia de avanço mandibular. Estes dados podem servir de guia para cirurgiões e ortodontistas no que se refere ao diagnóstico e planejamento ortocirúrgico, visando a melhoria na qualidade de vida desses pacientes.

6 CONCLUSÕES

6.1 Conclui-se que ambas as estruturas, anteriores e posteriores podem ser utilizadas para delimitar as vias aéreas superiores independente da idade, padrões esqueléticos vertical e anteroposterior. No entanto, o dimorfismo sexual deve ser considerado e a inclinação craniocervical deve ser padronizada;

6.2 No que se refere às mudanças nas vias aéreas após a cirurgia de avanço mandibular pode-se concluir que houve um aumento significativo do volume total e da área de secção transversa mínima das vias aéreas faríngeas que permaneceram estáveis durante o período de acompanhamento. Os valores da área de secção transversa mínima e volume das vias aéreas aproximaram-se dos valores observados no grupo controle, porém sem atingí-lo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUDARA, C. et al. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 135, n. 4, p. 468-79, Apr 2009. ISSN 0889-5406.

ABRAMSON, Z. et al. Age-related changes of the upper airway assessed by 3-dimensional computed tomography. **J Craniofac Surg**, v. 20, Suppl. 1, p. 657-63, Mar 2009.

ALSUFYANI, N. A.; FLORES-MIR, C.; MAJOR, P. W. Three-dimensional segmentation of the upper airway using cone beam CT: a. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 41, n. 4, p. 276-84, May 2012. ISSN 0250-832X (Print) 0250-832x.

ALVES, M., JR. et al. Is the airway volume being correctly analyzed? **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 141, n. 5, p. 657-61, May 2012. ISSN 0889-5406.

BRASIL et al. Relationship of craniofacial morphology in 3-dimensional analysis of the pharynx. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. v. 149, n. 5, p. 683-691.e1, May 2016. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.11.021.

CABRAL, M. et al. Evaluation of the oropharynx in class I and II skeletal patterns by CBCT. **Oral Maxillofac Surg**, v. 21, n. 1, p. 27-31, Mar 2017. ISSN 1865-1550.

CELIKOGLU, M. et al. Comparison of pharyngeal airway volume among different vertical skeletal patterns: a cone-beam computed tomography study. **Angle Orthod**, v. 84, n. 5, p. 782-7, Sep 2014. ISSN 0003-3219.

CEVIDANES, L. et al. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. **Angle Orthod**, v. 79, n. 5, p. 971-7, Sep 2009. ISSN 0003-3219 (Print) 0003-3219.

CHRISTOVAM, I. O. et al. Upper airway dimensions in patients undergoing orthognathic surgery: a systematic review and meta-analysis. **Int J Oral Maxillofac Surg**. v. 45, n.4, p. 460-71, Apr 2016.

CLAUDINO, L. V. et al. Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: A preliminary study. **American Journal of Orthodontics**

and Dentofacial Orthopedics, v. 143, n. 6, p. 799-809, Jun 2013. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000320927800010 >.

DA SILVA, M. B., SANT'ANNA, E. F. The evolution of cephalometric diagnosis in orthodontics. **Dental Press J Orthod** 2013;18:63-71.

D'ATTILIO, M. et al. Evaluation of cervical posture of children in skeletal class I, II, and III. **Cranio**, v. 23, n. 3, p. 219-28, Jul 2005. ISSN 0886-9634 (Print) 0886-9634.

DALMAU, E. et al. A comparative study of the pharyngeal airway space, measured with cone beam computed tomography, between patients with different craniofacial morphologies. **J Craniomaxillofac Surg**, v. 43, n. 8, p. 1438-46, Oct 2015. ISSN 1010-5182.

EFENDIYEVA, R. et al. Pharyngeal airway space, hyoid bone position, and head posture after bimaxillary orthognathic surgery in Class III patients: long-term evaluation. **Angle Orthod**, v. 84, n. 5, p. 773-81, Sep 2014. ISSN 0003-3219.

EL, H.; PALOMO, J. M. Measuring the airway in 3 dimensions: a reliability and accuracy study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 137, n. 4 Suppl, p. S50.e1-9; discussion S50-2, Apr 2010. ISSN 0889-5406.

_____. Airway volume for different dentofacial skeletal patterns. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 139, n. 6, p. e511-21, Jun 2011. ISSN 0889-5406.

ELHAM SALEH ABU ALLHAIJA AND SUSAN NADEEM AL-KHATEEB. Uvulo-Glosso-Pharyngeal Dimensions in Different Anteroposterior Skeletal Patterns. **The Angle Orthodontist**, v. 75, n. 6, p. 1012-18, nov 2005.

ENCISO, R. et al. Comparison of cone-beam CT parameters and sleep questionnaires in sleep apnea patients and control subjects. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 109, n. 2, p. 285-93, Feb 2010. ISSN 1079-2104.

FENG, X. et al. Comparative analysis of upper airway volume with lateral cephalograms and cone-beam computed tomography. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 147, n. 2, p. 197-204, Feb 2015. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000348736200010 >.

GRAUER, D. et al. Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: Relationship to facial morphology. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 136, n. 6, p. 805-814, Dec 2009. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000272427200019 >.

GUIJARRO-MARTINEZ, R.; SWENNEN, G. R. J. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 40, n. 11, p. 1227-1237, Nov 2011. ISSN 0901-5027. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000298726800001 >.

_____. Three-dimensional cone beam computed tomography definition of the anatomical subregions of the upper airway: a validation study. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 42, n. 9, p. 1140-1149, Sep 2013. ISSN 0901-5027. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000323586200016 >.

HECHLER, S. L. Cone-beam CT: applications in orthodontics. In: (Ed.). **Dent Clin North Am**. United States, v.52, 2008. p.809-23, vii. ISBN 0011-8532 (Print) 0011-8532 (Linking).

JIANG, C. et al. Pharyngeal Airway Space and Hyoid Bone Positioning After Different Orthognathic Surgeries in Skeletal Class II Patients. **J Oral Maxillofac Surg**, Mar 06 2017. ISSN 0278-2391.

JOSE, N. P. et al. Evaluation of hyoid bone position and its correlation with pharyngeal airway space in different types of skeletal malocclusion. **Contemporary Clinical Dentistry**. v. 5, n. 2, p. 187-89, Apr-Jun 2014. doi:10.4103/0976-237X.132313.

KAU, C.H. Richmond S, Palomo JM, Hans MG. Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. **J Orthod**. v.32, n.4, p.282-293, Dez 2005.

KAU, C. H., et al. A new method for the 3D measurement of postoperative swelling following orthognathic surgery. **Orthod Craniofac Res**. v, n.1, p. 31-7, Feb 2006.

KIM, M. A. et al. Three-dimensional changes of the hyoid bone and airway volumes related to its relationship with horizontal anatomic planes after bimaxillary surgery in skeletal Class III patients. **Angle Orthod**, v. 83, n. 4, p. 623-9, Jul 2013. ISSN 0003-3219.

KOCHAR, G. D. et al. Effect of surgical mandibular advancement on pharyngeal airway dimensions: a three-dimensional computed tomography study. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 45, n. 5, p. 553-559, May 2016. ISSN 0901-5027. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000374798800002 >.

KOCHEL, J. et al. Short-term pharyngeal airway changes after mandibular advancement surgery in adult Class II-Patients-a three-dimensional retrospective study. **Journal of Orofacial Orthopedics-Fortschritte Der Kieferorthopadie**, v. 74, n. 2, p. 137-152, Mar 2013. ISSN 1434-5293. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000316149300007 >.

LI, Y. M. et al. Morphological changes in the pharyngeal airway of female skeletal class III patients following bimaxillary surgery: a cone beam computed tomography evaluation. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 43, n. 7, p. 862-7, Jul 2014. ISSN 0901-5027.

LINDER-ARONSON, S. Respiratory function in relation to facial morphology and the dentition. **Br J Orthod**, v. 6, n. 2, p. 59-71, Apr 1979. ISSN 0301-228X (Print) 0301-228X (Linking).

LIONE, R. et al. Three-dimensional evaluation of masseter muscle in different vertical facial patterns: a cross-sectional study in growing children. **Ultrason Imaging**, v. 35, n. 4, p. 307-17, Oct 2013. doi: 10.1177/0161734613502468.

LIU, Y. et al. Relationships of sagittal skeletal discrepancy, natural head position, and craniocervical posture in young Chinese children. **Cranio**, p. 1-8, Jan 07 2016. ISSN 0886-9634 (Print) 0886-9634.

LOUBELE, M. et al. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. **Eur J Radiol**, v. 71, n. 3, p. 461-8, Sep 2009. ISSN 0720-048x.

MARCUSSEN, L. et al. Changes in Upper Airway Volume Following Orthognathic Surgery. **J Craniofac Surg**, v. 28, n. 1, p. 66-70, Jan 2017. ISSN 1049-2275.

MATTOS, C. T. et al. Effects of orthognathic surgery on oropharyngeal airway: a meta-analysis. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 40, n. 12, p. 1347-56, Dec 2011. ISSN 0901-5027.

MCNAMARA, J. A. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. **Angle Orthod**, v. 51, n. 4, p. 269-300, Oct 1981. ISSN 0003-3219 (Print) 0003-3219 (Linking).

MONTGOMERY, W. M. et al. Computed tomography: a three-dimensional study of the nasal airway. **Am J Orthod**, v. 76, n. 4, p. 363-75, Oct 1979. ISSN 0002-9416 (Print) 0002-9416 (Linking).

MUTO, T. et al. The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS). **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 31, n. 6, p. 579-83, Dec 2002. ISSN 0901-5027 (Print) 0901-5027.

PANDIS, N. Sample calculations for comparison of 2 means. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 141, n. 4, p. 519-21, Apr 2012. ISSN 0889-5406.

RAFFAINI, M.; PISANI, C. Clinical and cone-beam computed tomography evaluation of the three-dimensional increase in pharyngeal airway space following maxillo-mandibular rotation-advancement for Class II-correction in patients without sleep apnoea (OSA). **J Craniomaxillofac Surg**, v. 41, n. 7, p. 552-7, Oct 2013. ISSN 1010-5182.

SHEN et al., Cephalometric studies on the upper airway space in normal Chinese. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 23, n.4, p. 243-7, Aug 1994. ISSN 0901-5027.

SHIGETA, Y. et al. Correlation between retroglossal airway size and body mass index in OSA and non-OSA patients using cone beam CT imaging. **Sleep and Breathing**, v. 12, n. 4, p. 347-52, Nov 2008. ISSN 1520-9512 (Print) 1520-9512.

TSAI HH. The positional changes of hyoid bone in children. **J Clin Pediatr Dent** v. 27, n. 1, p. 29-34. 2002.

TSO, H. H. et al. Evaluation of the human airway using cone-beam computerized tomography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 108, n. 5, p. 768-76, Nov 2009. ISSN 1079-2104.

VAN DER VLIS, M. et al., Postoperative swelling after orthognathic surgery: a prospective volumetric analysis. **J Oral Maxillofac Surg**. v. 72, n. 11, p. 2241-7, Nov 2014. doi: 10.1016/j.joms.2014

WALSH, J. H. et al. Evaluation of pharyngeal shape and size using anatomical optical coherence tomography in individuals with and without obstructive sleep apnoea. **J Sleep Res**, v. 17, n. 2, p. 230-8, Jun 2008. ISSN 0962-1105.

YAMAMOTO, S. et al. Intuitive Facial Imaging Method for Evaluation of Postoperative Swelling: A Combination of 3-Dimensional Computed Tomography and Laser Surface Scanning in Orthognathic Surgery. **J Oral Maxillofac Surg**, v. 74, n. 12, p. 2506.e1-2506.e10, Dec 2016. ISSN 0278-2391.

8 APÊNDICE

8.1 APÊNDICE 1- TERMO DE RESPONSABILIDADE PARA UTILIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS DA DISCIPLINA DE ORTODONTIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE ORTODONTIA

PARA UTILIZAÇÃO DE BANCO DE DADOS DA DISCIPLINA DE ORTODONTIA

Eu, Margareth Maria Gomes de Souza, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Ortodontia) da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, autorizo o acesso ao arquivo da Clínica da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ, localizada na Av. Professor Rodolpho Paulo Rocco, 325 Ilha do Fundão – Rio de Janeiro – RJ – Brasil, para fins de pesquisa de Dissertação de Mestrado Intitulada: “ANÁLISE TRIDIMENSIONAL DO ESPAÇO AÉREO FARÍNGEO DE PACIENTES COM DIFERENTES PADRÕES ESQUELÉTICOS”.

Responsabilizo-me, juntamente com Eduardo Franzotti Sant’Anna, Professor Doutor da Faculdade de Odontologia da UFRJ e Lígia Vieira Claudino, aluna do Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Ortodontia da UFRJ, a privacidade de seus conteúdos, como preconizam os Documentos Internacionais e a Res. 196/96 do Ministério da Saúde e o Código Penal Brasileiro.

Rio de Janeiro, 25 de agosto de 2011.



Margareth Maria Gomes de Souza
MARGARETH MARIA GOMES DE SOUZA
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em
Ortodontia-Ortodontia
Faculdade de Odontologia - UFRJ

Av. Professor Rodolpho Paulo Rocco, 325.
Cidade Universitária – Ilha do Fundão
CEP: 21941-590 – Rio de Janeiro – RJ
Tel. (0xx21) 2562-2015 2590-9771
E-mail: orto@odonto.ufrj.br

Apêndice 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do protocolo: Avaliação tomográfica de pacientes submetidos a cirurgia de avanço mandibular com acompanhamento a longo prazo.

Pesquisador(es) responsável(s): Prof. Dr. Eduardo Franzotti Sant’Anna; Prof. Dr. Roberto Prado; Doutoranda Cláudia Trindade Mattos.

Você foi convidado a participar de um estudo e deve ficar à vontade para decidir se deseja ou não participar. Leia cuidadosamente o que segue e pergunte ao profissional responsável sobre qualquer dúvida que você possa ter.

Para a cirurgia que você vai fazer, são necessários alguns exames. Um exame que fornece ao cirurgião muitas informações e segurança no planejamento e determinação da cirurgia é a tomografia computadorizada. Ela fornece uma visão tridimensional de todo o complexo craniofacial (maxila, mandíbula, crânio e dentes). Além disso, a realização de nova tomografia após a cirurgia possibilita a visualização das mudanças obtidas com a cirurgia. O acompanhamento a longo prazo é previsto e rotineiro para se acompanhar a estabilidade da cirurgia.

Este estudo será conduzido pelo programa de pós-graduação em Odontologia-Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e tem o objetivo de avaliar por meio de tomografias computadorizadas as alterações decorrentes da cirurgia de avanço mandibular.

Para este fim, será necessário que o paciente realize tomografias computadorizadas previamente (antes da cirurgia), logo após a cirurgia e 6 meses após a cirurgia.

Todas as tomografias serão realizadas na Radiologia Odontológica Doutor Murilo Torres (R. Visc. Pirajá, 303, sl 510, Ipanema, RJ, 22410-001- Fone: (21) 2247-0189/ 3579-8250/3042-4808).

Esse exame é realizado rotineiramente na prática médica e odontológica, apresenta dose de radiação menor do que um conjunto de radiografias, e não apresenta outros riscos para o paciente. Os benefícios para o paciente são um exame com maiores recursos e informações para o planejamento cirúrgico e para o acompanhamento da cirurgia, além do benefício para a sociedade por um maior conhecimento dos efeitos desse tipo de procedimento cirúrgico.

Observações adicionais

1) Se você desejar não participar ou ser excluído do estudo a qualquer momento, o tratamento não será prejudicado.

2) Assegura-se que será mantido sigilo em relação à sua identidade, sendo acessível somente aos participantes da pesquisa.

3) Garante-se o esclarecimento de dúvidas, antes e durante o curso da pesquisa. **O profissional responsável poderá ser encontrado no endereço Av. Professor Rodolpho Paulo Rocco, 325 – Ilha do Fundão – Departamento de Odontopediatria e Ortodontia – Faculdade de Odontologia, no telefone (021) 25902727 e celular (21) 95311848 (Doutoranda Cláudia).**

4) Este estudo poderá ser publicado em revista científica ou apresentado em reuniões científicas. Contudo, a identidade dos participantes não será divulgada.

5) Assegura-se que os dados obtidos não serão ser usados para outros fins que os não previstos no protocolo.

Eu,(paciente) acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações sobre o estudo acima citado que li ou que foram lidas para mim. Eu discuti com a Doutoranda Cláudia Mattos e o Dr. Roberto Prado sobre minha decisão de participar desse estudo e ficaram claros os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos, riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimento permanentes. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento nesta Instituição.

Assinatura do Paciente

Assinatura do Pesquisador Responsável

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 20__


*Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique o fato à Comissão de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto pelo telefone (21) 25876353 ou pelo e-mail **cep-hupe@uerj.br***

9 ANEXOS

9.1 Anexo 1: Aprovação do comitê de ética

| Andamento do projeto - CAAE - 0036.0.239.000-11 | | | | |
|--|----------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Título do Projeto de Pesquisa | | | | |
| Análise tridimensional do espaço aéreo faríngeo de pacientes com diferentes padrões esqueléticos | | | | |
| Situação | Data Inicial no CEP | Data Final no CEP | Data Inicial na CONEP | Data Final na CONEP |
| Aprovado no CEP | 17/06/2011 13:52:54 | 19/09/2011 11:33:09 | | |
| Descrição | Data | Documento | Nº do Doc | Origem |
| 1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet | 27/05/2011 18:36:06 | Folha de Rosto | FR432769 | Pesquisador |
| 3 - Protocolo Aprovado no CEP | 19/09/2011 11:33:09 | Folha de Rosto | 110/2011 | CEP |
| 2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List) | 17/06/2011 13:52:54 | Folha de Rosto | 0036.0.239.000-11 | CEP |

Anexo 2: Aprovação do comitê de ética

| • Andamento do projeto - CAAE - 0045.0.239.000-10  | | | | |
|---|----------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Título do Projeto de Pesquisa | | | | |
| Avaliação tomográfica de pacientes submetidos a cirurgia de avanço mandibular | | | | |
| Situação | Data Inicial no CEP | Data Final no CEP | Data Inicial na CONEP | Data Final na CONEP |
| Aprovado no CEP | 26/07/2010 15:30:51 | 31/05/2011 11:29:06 | | |
| Descrição | Data | Documento | Nº do Doc | Origem |
| 2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List) | 26/07/2010 15:20:46 | Folha de Rosto | 0043.0.239.000-10 | CEP |
| 1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet | 05/07/2010 10:54:03 | Folha de Rosto | FR353973 | Pesquisador |
| 3 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List) | 26/07/2010 15:30:51 | Folha de Rosto | 0045.0.239.000-10 | CEP |
| 4 - Protocolo Aprovado no CEP | 31/05/2011 11:29:06 | Folha de Rosto | 07/2011 | CEP |