YEDA DA SILVA

**Alterações dos seios paranasais em pilotos de caça
por meio de imagens tomográficas**

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Doutor
em Ciências

Programa de Radiologia

Orientador: Prof. Dr. Claudio Campi de
Castro

**São Paulo
2020**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Silva, Yeda da
Alterações dos seios paranasais em pilotos de caça
por meio de imagens tomográficas / Yeda da Silva. --
São Paulo, 2020.
Tese (doutorado) -- Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Radiologia.
Orientador: Claudio Campi de Castro.

Descritores: 1.Doença inflamatória 2.Seios
paranasais 3.Seio maxilar 4.Volume seio maxilar
5.Tomografia computadorizada multidetectores
6.Pilotos 7.Aeronaves

USP/FM/DBD-109/20

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

*Aos meus pais, pela dedicação inestimável e por todos sacrifícios que
fizeram e fazem por mim.*

AGRADECIMENTOS

Ao amor maior da minha vida, meu filho Pedro, pela compreensão e pelo carinho irrestritos.

Ao meu esposo André, pelo carinho, ajuda e compreensão durante todos esses anos de pesquisa.

A meu orientador Professor Claudio Campi de Castro e a meu coorientador Professor José Parga Filho, pela dedicação incomensurável, pelos bons conselhos e por todas as portas abertas para minha vida como pesquisadora.

À Professora Doutora Emiko Saito Arita e à Mestre Luciana Munhoz, pela ajuda no conhecimento técnico e pelo acolhimento da pesquisa.

Ao amigo Icaro Fonseca de Lima, pela ajuda e dedicação inimaginável durante toda a pesquisa.

À querida Lia, secretária do Departamento, por tanto carinho e estímulo durante todos esses anos de pesquisa.

Ao Coronel Aviador Rômulo Coutinho Lucas e à médica Andreza Gomes Damasceno, pelo incondicional apoio junto à pesquisa dos pilotos de caça na Base Aérea de Natal (BANT – Esquadrão JOKER).

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

RESUMO

ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1	Função dos seios paranasais	5
2.1.1	Anatomia e particularidades dos seios frontais.....	5
2.1.2	Anatomia e particularidades das células etmoidais	6
2.1.3	Anatomia e particularidades do seio esfenoidal	7
2.1.4	Anatomia e particularidades dos seios maxilares	9
2.1.5	Complexo ostiomeatal	10
2.1.5.1	<i>Processo uncinado.....</i>	<i>11</i>
2.1.5.2	<i>Bula etmoidal</i>	<i>12</i>
2.1.5.3	<i>Infundíbulo</i>	<i>12</i>
2.1.6	Ciclo nasal	12
2.1.6.1	<i>Movimento ciliar</i>	<i>13</i>
2.1.7	Anatomia normal das fossas nasais e cavidades paranasais	13
2.1.7.1	<i>Cavidade nasal</i>	<i>13</i>
2.1.8	Septo nasal	14
2.1.9	Variações das conchas nasais médias	14
2.2	Variações dos processos uncinados	15
2.2.1	Variações nas células etmoidais	15
2.3	Mucosa e tabique sinusal.....	15
2.3.1	Mucosa sinusal	15
2.3.2	Tabique sinusal	16
2.4	Sinusopatias.....	17
2.4.1	Rinossinusite.....	17

2.4.1.1	<i>Rinossinusopatia aguda</i>	17
2.4.1.2	<i>Rinossinusopatia crônica</i>	18
2.4.2	Mucocele	22
2.4.3	Antrólitos	22
2.5	Principais alterações nos seios paranasais de interesse em imaginologia	23
2.5.1	Espessamento da mucosa sinusal	23
2.5.2	Mucocele	24
2.5.3	Pseudocisto de retenção mucoso	25
2.5.4	Pólipos	26
2.5.5	Obstrução do complexo ostiomeatal	26
2.5.6	Opacificação do seio paranasal	27
2.6	Métodos diagnósticos	28
2.7	Avaliação volumétrica dos seios maxilares: revisão da literatura	29
2.8	Medicina aeroespacial	32
2.8.1	Conceito	32
2.8.2	Aeronave	33
2.8.2.1	<i>Acelerações</i>	33
2.8.2.2	<i>Sistema de ambientação da cabine</i>	34
2.8.2.3	<i>Sistema de oxigênio</i>	36
2.8.2.4	<i>Aeronave A29 Super Tucano</i>	37
2.8.2.5	<i>Meio aeroespacial</i>	39
2.8.3	Distúrbios orgânicos ligados ao voo	39
2.8.3.1	<i>Aerodilatação</i>	40
2.8.3.2	<i>Doença descompressiva</i>	41
2.8.3.3	<i>Hipóxia</i>	42
2.8.3.4	<i>Aerocinetose</i>	43
3	OBJETIVOS	45
4	METODOLOGIA DO TRABALHO	47
4.1	Critérios de inclusão e exclusão	47
4.2	Características do grupo dos pilotos	48
4.3	Características do grupo-controle	50
4.4	Equipamento	50

4.5	Protocolo de aquisição de imagem	50
4.6	Avaliação dos achados tomográficos	51
4.6.1	Avaliação das características imaginológicas das alterações infecciosas e/ou inflamatórias dos seios paranasais	51
4.6.2	Avaliação do septo nasal	52
4.6.3	Avaliação das características imaginológicas das principais variantes anatômicas do complexo ostiomeatal	53
4.6.4	Software utilizado para aquisição de volumetria	63
4.6.5	Questionário padrão	69
4.6.6	Análise estatística	69
5	RESULTADOS	72
5.1	Características da amostra	72
5.2.1	Avaliação inter-observador quanto às medidas de volumetria	73
5.2.3	Análise de volumetria nos grupos pilotos e controle	76
5.3	Análise do espessamento mucoso dos seios paranasais	79
5.4	Análise de pólipos/pseudocisto de retenção mucoso dos seios paranasais	81
5.5	Análise de opacificação total dos seios paranasais	83
5.6	Análise de obstrução do complexo ostiomeatal	84
5.7	Análise de desvio de septo nasal	86
5.8	Análise das principais variantes anatômicas do complexo ostiomeatal	86
5.9	Variáveis descritivas do grupo dos pilotos	90
6	DISCUSSÃO	92
6.1	Volumetria dos seios paranasais	92
6.2	Alterações inflamatórias dos seios paranasais	94
6.3	Variantes anatômicas do complexo ostiomeatal	97
6.4	Considerações finais	99
7	CONCLUSÃO	101
8	ANEXOS	103
8.1	ANEXO A - Termo de aprovação do comitê de ética	103
8.2	ANEXO B - Termo de consentimento livre e esclarecido	104
9	REFERÊNCIAS	108

LISTA DE SIGLAS ABREVIATURAS

AFA	Academia de Força Aérea
BANT	Base Aérea de Natal (BANT)
cc	Centímetros Cúbicos
cm	Centímetros
col.	Colaboradores
Dicom	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
EPCAR	Escola Preparatória de Cadetes do Ar
FAB	Força Aérea Brasileira
FOV	Campo de Visão
G	Força Gravitacional
GAV	Grupo de Aviação
ICC	Coeficientes de Correlação Intraclass
kV	Quilovoltagem
mA	Miliamperes
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de Mercúrio
mSv	MiliSievert
PN	Polipose Nasal
PpO ₂	Pressão Parcial de Oxigênio
PRM	Pseudocisto de Retenção Mucoso
RM	Ressonância Magnética
RSC	Rinossinusopatia Crônica
TACF	Teste de Avaliação do Condicionamento Físico
TC	Tomografia Computadorizada
TpO ₂	Tensão Parcial de Oxigênio
UH	Unidade Hounsfield

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Imagem ilustrada em 3D dos seios frontais	6
Figura 2	Imagem ilustrada e 3D das células etmoidais.....	7
Figura 3	Imagem ilustrada em 3D do seio esfenoidal	8
Figura 4	Imagem ilustrada em 3D dos seios maxilares	10
Figura 5	Imagem no plano coronal demonstrando os componentes e relações anatômicas do complexo ostiomeatal. Em destaque: bula etmoidal (BE), concha nasal média (CNM), hiato semilunar (HS), infundíbulo etmoidal (IE), processo uncinado (PU), forame orbitário inferior (FIO), parte não integrante da unidade ostiomeatal	11
Figura 6	Traje pressurizado utilizado pelo grupo-piloto durante o voo...	35
Figura 7	Máscara de oxigênio usada durante o voo pelo grupo dos pilotos – Modelo Gentex MBU 12.....	37
Figura 8	A-29 Super Tucano chegando ao Hamid Karzai International Airport, no Afeganistão, em 15 de janeiro de 2016.....	38
Figura 9	Demonstração da esquadrilha da Fumaça com a aeronave A29 Super Tucano	38
Figura 10	Fluxograma de trabalho de critérios de inclusão e exclusão ...	48
Figura 11	Da amostra do presente estudo: pseudocisto de retenção mucoso no seio maxilar esquerdo visibilizado em TC (janela óssea) nos planos: A (sagital), B (coronal) e C (axial)	54
Figura 12	Da amostra do presente estudo: corte Coronal em TC (janela óssea), mensurando pólipos/pseudocisto de retenção mucoso em seio maxilar lado direito	54
Figura 13	Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea), evidenciando pólipos/pseudocisto de retenção mucoso no seio esfenoidal direito e espessamento mucoso das células etmoidais posteriores à esquerda.....	55

Figura 14	Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea), mensuração de pólipos/pseudocisto de retenção mucoso no seio maxilar direito; opacificação total do seio maxilar esquerdo.....	55
Figura 15	Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea) evidenciando espessamento mucoso do seio maxilar direito e desvio do septo nasal para a direita	56
Figura 16	Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea) evidenciando espessamento mucoso do esfenoidal esquerdo e das células etmoidais anteriores e posteriores	56
Figura 17	Da amostra do presente estudo: corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando obstrução do complexo ostiomeatal à direita	57
Figura 18	Da amostra do presente estudo: concha bolhosa à direita (ponta da seta branca) evidenciada na TC (janela óssea) - A: corte sagital, B: corte coronal e C: corte axial.....	57
Figura 19	Da amostra do presente estudo: Corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando célula de Haller à direita promovendo estreitamento do complexo ostiomeatal à direita	58
Figura 20	Da amostra do presente estudo: corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando desvio medial do processo uncinado à direita (seta branca)	59
Figura 21	Da amostra do presente estudo: Corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando pólipos/pseudocisto de retenção mucoso no seio maxilar esquerdo e curvatura paradoxal do corneto médio bilateralmente (setas brancas).....	60
Figura 22	Da amostra do presente estudo: Corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando hipertrofia do processo uncinado à direita	61
Figura 23	Da amostra do presente estudo: célula de Agger nasi à esquerda em TC (janela óssea) nos planos ortogonais A (sagital), B (axial) e C (coronal)	62
Figura 24	Da amostra do presente estudo: bulla etmoidal à esquerda em TC (janela óssea) nos planos ortogonais A (sagital), B (axial) e C (coronal). Da amostra do presente estudo: bulla etmoidal à esquerda em TC (janela óssea) nos planos ortogonais A (sagital), B (axial) e C (coronal).	62
Figura 25	Segmentação dos seios maxilar direito (cor azul) e maxilar esquerdo (cor vermelha) com o uso do software 3D	64

Figura 26	Da amostra do presente estudo: <i>software</i> 3D Slicer, TC dos seios maxilares cortes (A): axial, (B): sagital e (C): coronal.....65
Figura 27	Da amostra do presente estudo: <i>software</i> 3D Slicer, TC dos seios maxilares, quantificação do volume com "Label Statistics"66
Figura 28	Da amostra do presente estudo: <i>software</i> 3D Slicer, seio maxilar direito (cor azul) com volume expresso em cc.....66
Figura 29	Da amostra do presente estudo: <i>software</i> 3D Slicer, TC seios maxilares, reconstrução em 3D, visibilização em perfil do seio maxilar direito (cor azul) e seio maxilar esquerdo (vermelho).....67
Figura 30	Da amostra do presente estudo: <i>software</i> 3D Slicer, TC seios maxilares, seio maxilar direito (cor azul): A) corte axial; B) reformatação em 3D; C) corte sagital; e D) corte coronal.....67
Figura 31	Da amostra do presente estudo: <i>software</i> 3D Slicer, cortes axiais em TC, preenchimento com "Auto Trace" do seio maxilar esquerdo.....68
Figura 32	Workflow resumido de trabalho com o <i>software</i> 3D SLICER...68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores de coeficientes de correlação intraclasse (ICC).....	73
Tabela 2	Comparações de grupos das variáveis categóricas	74
Tabela 3	Média do volume do seio maxilar direito do grupo-piloto e controle (cc)	77
Tabela 4	Média do volume do seio maxilar esquerdo do grupo-piloto e controle em (cc)	78
Tabela 5	Volume do seio maxilar (média dos dois observadores e média dos lados direito e esquerdo).....	79
Tabela 6	Análise do espessamento mucoso dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle	80
Tabela 7	Análise de pólipos/pseudocistos de retenção mucosa dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle	82
Tabela 8	Análise de opacificação total dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle.....	83
Tabela 9	Análise de obstrução do complexo ostiomeatal x espessamento mucoso dos seios maxilares, etmoidais anteriores e frontais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle.....	85
Tabela 10	Análise de desvio de septo nasal (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle	86
Tabela 11	Comparação dos grupos quanto às principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal.....	87
Tabela 12	Associação entre obstrução do complexo ostiomeatal e as principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal no grupo de pilotos – lado direito.....	88
Tabela 13	Associação entre obstrução do complexo ostiomeatal e outras variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal no grupo de pilotos – lado esquerdo	88
Tabela 14	Associação entre obstrução do complexo ostiomeatal e as principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal no grupo-controle – lado direito	89

Tabela 15	Associação entre obstrução complexo ostiomeatal e as principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal no grupo-controle – lado esquerdo	89
Tabela 16	Altitude de cabine, altitude média de voo e total de horas de voo do grupo dos pilotos	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Diagramas de Bland-Altman observando-se volumetria inicial do seio maxilar direito e esquerdo em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle.....	75
Gráfico 2	Diagramas de Bland-Altman observando-se volumetria final dos seio maxilar direito e esquerdo em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle.....	76
Gráfico 3	Diagramas de Bland-Altman observando-se a média do volume do seios maxilar direito (inicial e final) em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle.....	78
Gráfico 4	Diagramas de Bland-Altman observando-se a média do volume do seios maxilar esquerdo (inicial e final) em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle	79

RESUMO

Silva Y. *Alterações tomográficas dos seios paranasais em pilotos de caça por meio de imagens tomográficas* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2020.

Introdução: Há muitas incertezas e desconhecimentos acerca dos efeitos fisiológicos do voo sobre o organismo. Vem sendo observados quadros recorrentes de sinusopatia em pilotos de caça, porém, há escassos relatos publicados na literatura sobre o referido tema. **Objetivo:** O objetivo desta investigação foi avaliar e documentar os possíveis efeitos fisiológicos do voo sobre os seios paranasais em pilotos de caça da Força Aérea Brasileira, fazendo um estudo prospectivo e longitudinal, correlacionando achados tomográficos dos seios paranasais, bem como, o volume dos seios maxilares e relacionando esses achados com as variáveis de voo. **Materiais e métodos:** Para tanto, foram mensurados o volume dos seios maxilares, as alterações inflamatórias em todos os seios paranasais, as alterações anatômicas do complexo ostiomeatal, e alterações do septo nasal em pilotos de caça antes e após o programa de treinamento (com duração de 8 meses) utilizando tomografia computadorizada multidetectores, considerando os efeitos de altitude de cabine, altitude de voo e horas de voo. Os seios maxilares foram selecionados para a verificação volumétrica por apresentarem características anatômicas mais favoráveis e menos variações anatômicas quando comparados aos demais seios paranasais e, conseqüentemente, poder evidenciar melhor as alterações fisiológicas provocadas pelo voo. Foram formados dois grupos para comparação e correlação estatística: o grupo dos pilotos de caça (15) e o grupo-controle (41). Ambos os grupos foram formados por jovens de 20 a 30 anos de idade cronológica, gênero masculino, sem comorbidades prévias. Para mensuração da volumetria dos seios maxilares, foi utilizado o *software* 3D Slicer 4.10, utilizando-se a técnica semiautomática com mensuração da volumetria total dos seios maxilares em centímetros cúbicos (cc). Concomitantemente, foi realizada análise das alterações anatômicas do complexo ostiomeatal, bem como, desvio de septo nasal nas tomografias iniciais e finais, e as principais alterações inflamatórias dos seios paranasais. Os resultados de variáveis quantitativas foram descritos por médias, desvios padrões, medianas, valores mínimos e máximos. Valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística. Os dados foram analisados com o programa computacional Stata/SE v.14.1. StataCorpLP, USA. **Resultados:** Observaram-se diferenças volumétricas (aumento) entre a avaliação inicial e final dos seios maxilares em ambos os seios maxilares no grupo dos pilotos quando comparado ao grupo-controle, com resultados estatísticos significativos. Quanto às alterações inflamatórias dos seios paranasais, houve aumento do espessamento mucoso nos seios maxilares e etmoidal anterior no grupo dos pilotos. Não foram observadas alterações do septo nasal neste

período e as principais alterações anatômicas no grupo de estudo foram: célula de Agger nasi, desvio de septo nasal, curvatura paradoxal da concha média, alterações do processo uncinado e concha média bolhosa.

Conclusões: Para o aumento do volume dos seios maxilares, algumas das hipóteses relacionadas são as mudanças de força G, a expansão do gás de acordo com a Lei de Boyle e a pressão positiva da máscara de oxigênio. Em relação às alterações inflamatórias dos seios paranasais, as hipóteses relacionadas são as mudanças de força G, alterações da pressão atmosférica e redução da umidade da máscara de voo.

Descritores: Doença inflamatória; Seios paranasais; Seio maxilar; Volume seio maxilar; Tomografia computadorizada multidetectores; Pilotos; Aeronaves.

ABSTRACT

Silva Y. *Tomographic changes of paranasal sinuses in fighter pilots using tomographic images* [thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2020.

Introduction: There are many uncertainties and unknowns about the physiological effects of flight on the organism. Recurrent cases of sinus disease have been observed in fighter pilots, however, there are few reports published in the literature about this subject. **Objective:** The objective of this investigation was to evaluate and document the possible physiological effects of flight on the paranasal sinuses in fighter pilots of the Brazilian Air Force, making a prospective and longitudinal study, correlating tomographic findings of the paranasal sinuses, as well as the volume of the maxillary sinuses and relating these findings to flight variables. **Materials and Methods:** For this purpose, maxillary sinus volumes, inflammatory changes in all paranasal sinuses, anatomical changes in the ostiomeatal complex and nasal septum changes in fighter pilots were measured before and after the training program (lasting 8 months) using multidetector computed tomography, considering the effects of cabin altitude, flight altitude and flight hours. The maxillary sinuses were selected for volumetric verification for the reason that they present more favorable anatomical characteristics and less anatomical variations when compared to the other paranasal sinuses and, therefore, to be able to better demonstrate the physiological changes caused by the flight. Two groups were formed for comparison and statistical correlation: the fighter pilot group (15) and the control group (41). Both groups were formed by young men of 20-30 years of age, male, without previous comorbidities. To measure the volumetry of the maxillary sinuses, the 3D Slicer 4.10 software was used, using the semi-automatic technique with the measurement of the total volumetry of the maxillary sinuses in cubic centimeters (cc). Concomitantly, an analysis of the anatomical changes of the ostiomeatal complex was performed, as well as deviation of the nasal septum in the initial and final CT scans and the main inflammatory changes in the paranasal sinuses. The results of quantitative variables were described by means, standard deviations, medians, minimum and maximum values. Values of $p < 0.05$ indicated statistical significance. The data were analyzed with the computer program Stata / SE v.14.1. StataCorpLP, USA. **Results:** Volumetric differences (increase) were observed between the initial and final evaluation of the maxillary sinuses in both maxillary sinuses in the pilot group when compared to the control group, with significant statistical results. As for inflammatory changes in the paranasal sinuses, there was increased mucous thickening in the maxillary and anterior ethmoidal sinuses in the group of pilots. No changes in the nasal septum were observed in this period and the main anatomical changes in the study group were: Agger nasi cell, deviated nasal septum, paradoxical curvature of the middle concha,

changes in the uncinate process and bullous middle concha. **Conclusions:** For the increase in the volume of the maxillary sinuses, some of the related hypotheses are changes in the G force, the expansion of the gas according to Boyle's law and the positive pressure of the oxygen mask. Regarding inflammatory changes in the paranasal sinuses, the related hypotheses are changes in G-force, changes in atmospheric pressure and reduced humidity of the flight mask.

Descriptors: Inflammatory disease; Paranasal sinuses; Maxillary sinus; Maxillary sinus volume; Multidetector computed tomography; Pilots; Aircraft.

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Os seios paranasais são conhecidos como cavidades ósseas com múltiplas funções: secreção de muco para umidificar a cavidade nasal e umedecimento do ar inspirado; isolamento térmico do ar; absorção de impactos às estruturas cranianas¹. Dentre os seios paranasais, o seio maxilar é o primeiro a desenvolver-se, iniciando seu desenvolvimento a partir da 17ª semana do período pré-natal e adquirindo rápida expansão após o nascimento. Ele cresce simultaneamente com outros ossos, e sua forma e seu tamanho são determinados, mas não restringidos pelos perímetros das estruturas ósseas adjacentes.

Os seios paranasais podem ser acometidos por afecções patológicas diversas, tais como: espessamento mucoso, pólipos, cistos de retenção, hipoplasia, tumores, síndrome do seio silencioso, condições sistêmicas (como osteopetrose) ou alterações desencadeadas por eventos traumáticos, pós-cirúrgicos e pós-radiação².

Os seios paranasais podem ser avaliados por meio de diferentes métodos imagiológicos, como: raios-x convencionais, tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM). A TC, além de permitir a análise de alterações patológicas dos seios da face, permite avaliação da volumetria, particularmente dos seios maxilares, quando associada a *softwares* específicos.

O volume do seio maxilar aumenta até os 12 anos de idade, juntamente com a pneumatização do osso alveolar maxilar e se estabiliza após a erupção do último molar superior². Aproximadamente, por volta dos 12 a 13 anos de idade cronológica, o assoalho do seio maxilar apresenta-se nivelado ao assoalho da cavidade nasal; aos 20 anos, próximo à erupção dos terceiros molares, sua pneumatização com consequente determinação de seu volume final se completa.

Tem sido observado um crescente aumento de alterações inflamatórias dos seios paranasais em aeronavegantes, particularmente em pilotos, porém, há escassos relatos de alterações dos seios paranasais na medicina aeroespacial.

No que se refere a possíveis alterações nos seios paranasais, tanto patológicas como volumétricas, não há publicações na literatura mundial direcionadas aos pilotos de caça especificamente.

Assim, visando a um melhor entendimento sobre os efeitos das alterações fisiológicas durante o voo nos seios paranasais, o objetivo deste estudo prospectivo foi avaliar as alterações tomográficas inflamatórias de todos os seios paranasais, alterações anatômicas do septo nasal, principais variantes anatômicas do complexo ostiomeatal e o volume dos seios maxilares em pilotos de aviões de caça antes e após o programa de treinamento, considerando os efeitos de variáveis de voo, tais como altitude de voo, altitude de cabine e horas de voo, comparando-os com um grupo-controle de indivíduos não aeronavegantes, com a mesma faixa etária, mesmo gênero e mesmas condições de saúde física.

Os seios maxilares foram selecionados para a verificação volumétrica por apresentarem características anatômicas mais favoráveis e menos variações anatômicas quando comparados aos demais seios paranasais e, conseqüentemente, poder evidenciar melhor as alterações fisiológicas provocadas pelo voo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura foi dividida em tópicos e subtópicos para melhor entendimento, objetivando o embasamento teórico das características dos seios paranasais e das alterações investigadas.

2.1 Função dos seios paranasais

Os seios paranasais são cavidades encontradas no interior dos ossos da maxila, frontal, etmoide e esfenóide. Suas paredes são revestidas por um mucoperiósteo que continua com a mucosa respiratória da cavidade nasal¹. Algumas das funções dos seios paranasais: diminuição do peso do crânio, aumento da ressonância da voz, proteção das estruturas intraorbitais e intracranianas, contribuição para a secreção de mucos, umidificação do ar inalado e equilíbrio da pressão na cavidade nasal durante as variações barométricas.

2.1.1 Anatomia e particularidades dos seios frontais

Os seios frontais (Figura 1) são derivados do recesso frontal, porção do meato médio e das células aéreas do infundíbulo etmoidal¹. A aeração e o desenvolvimento deles são radiologicamente evidentes aos 5 ou 6 anos de idade e seu desenvolvimento completo se dará dos 10 aos 12 anos. Cerca de 4% da população não tem seio frontal e outros 4 a 5% têm somente pequenas células superiores. Intersepto completo separa os seios direito e esquerdo que, por sua vez, podem ser divididos em subcompartimentos ou recessos por septos ósseos completos ou incompletos¹. Os seios frontais estão

intimamente associados com o teto da órbita, seios etmoidais, nariz e fossa cerebral anterior.

Fonte: Imagens *Public Domain* Licenciadas sob a Licença *Creative Commons Zero* (CC0).
Dreamstime [disponível em: <https://pt.dreamstime.com>]

Figura 1 - Imagem ilustrada em 3D dos seios frontais

2.1.2 Anatomia e particularidades das células etmoidais

As células etmoidais (Figura 2) estão presentes ao nascimento e continuam a crescer até a puberdade, sendo, geralmente, divididas em três grupos: o anterior, o médio e o posterior. As células etmoidais anteriores costumam drenar por óstios individuais que se abrem no infundíbulo. As células etmoidais médias usualmente drenam via bulla etmoidal, ou drenam

diretamente no hiato semilunar, ou através do infundíbulo, e dali para o meato médio pelo hiato semilunar. As células etmoidais posteriores são as localizadas entre a lamela basal e o seio esfenoidal, e drenam no meato superior e, subsequentemente, no recesso esfenoetmoidal¹.

Fonte: Imagens *Public Domain* Licenciadas sob a Licença *Creative Commons Zero* (CC0).
Dreamstime [disponível em: <https://pt.dreamstime.com>]

Figura 2 - Imagem ilustrada e 3D das células etmoidais

2.1.3 Anatomia e particularidades do seio esfenoidal

Os seios esfenoidais (Figura 3) são os mais posteriores dos seios paranasais. O seu tamanho é extremamente variável, e está dividido nas partes direita e esquerda por um septo ósseo. Seus óstios são localizados

medialmente na porção anterossuperior da parede anterior de cada seio, que se comunicam com o recesso esfenoetmoidal na porção posterior do meato superior¹. O recesso esfenoetmoidal situa-se bem lateralmente ao septo nasal e pode, às vezes, ser visto nos cortes coronais, mas é mais bem visualizado nos cortes sagitais ou axiais.

Fonte: Imagens *Public Domain* Licenciadas sob a Licença *Creative Commons Zero* (CC0).
Dreamstime [disponível em: <https://pt.dreamstime.com>]

Figura 3 - Imagem ilustrada em 3D do seio esfenoidal

2.1.4 Anatomia e particularidades dos seios maxilares

Os seios maxilares (Figura 4) são os primeiros seios paranasais a se formar e comunicam-se com o meato médio através do óstio maxilar e, subsequentemente, pelo infundíbulo e hiato semilunar¹. Podem se estender lateralmente para dentro do zigoma e/ou, ínfero-medialmente, para o palato duro. Nos seios maxilares, o fluxo mucoso é deslocado em direção ao óstio primário, de onde é transportado através do infundíbulo para o hiato semilunar e, dali, para o meato médio. A partir do meato médio, as secreções dos seios maxilares, frontais e etmoidais seguem para a nasofaringe. É comum encontrarmos assimetria nos tamanhos ou nos formatos dos seios. As superfícies ósseas internas são cobertas por epitélio colunar pseudoestratificado ciliar, sob uma camada de mucina, com capacidade de reter materiais inalados³. Os óstios dos seios frontais, maxilares e etmoide anterior compartilham uma conexão comum com a cavidade nasal, denominada por “complexo ostiomeatal”².

Variações anatômicas relacionadas aos seios maxilares são, especialmente, óstios acessórios², hipoplasia do seio maxilar³ e a pneumatização não fisiológica, que, usualmente, é secundária à perda de dentes superiores posteriores^{2,4}. Mediante a remoção ou ausência de dentes superiores, o seio maxilar tende a expandir-se para inferior, ou seja, em direção ao rebordo alveolar da maxila, especialmente por conta da redução na resistência da parede ínfero-anterior do antro e da pressão do ar inalado no movimento respiratório. Por conseguinte, o edentulismo total ou parcial posterior-superior resulta em aumento do volume desta cavidade sinusal em particular². Somente por volta dos seis anos de idade cronológica, a cavidade do seio maxilar torna-se radiograficamente visível e, também, a partir desta idade, inicia-se o delineamento de sua forma piramidal. Aproximadamente após os 12 anos de idade cronológica, apresenta crescimento rápido que se estabiliza depois da erupção do último molar superior².

Fonte: Imagens *Public Domain* Licenciadas sob a Licença *Creative Commons Zero* (CC0).
Dreamstime [disponível em: <https://pt.dreamstime.com>]

Figura 4 - Imagem ilustrada em 3D dos seios maxilares

2.1.5 Complexo ostiomeatal

É a área lateral à concha média na qual há confluência da drenagem dos seios frontal e maxilar, bem como, das células etmoidais anteriores e médias. É formado pelo infundíbulo etmoidal, processo uncinado, bula etmoidal, hiato semilunar e meato médio⁵ (Figura 5).

Fonte: Gonçalves FG, Jovem CL, Moura LO. Tomografia computadorizada das células etmoidais intra e extramurais: ensaio iconográfico. *Radiol Bras.* 2011 Sept - Oct;44(5):321-6.

Figura 5 - Imagem no plano coronal demonstrando os componentes e relações anatômicas do complexo ostiomeatal. Em destaque: bula etmoidal (BE), concha nasal média (CNM), hiato semilunar (HS), infundíbulo etmoidal (IE), processo uncinado (PU), forame orbitário inferior (FIO), parte não integrante da unidade ostiomeatal

2.1.5.1 Processo uncinado

É uma fina lâmina óssea que se origina do labirinto etmoidal e estende-se posterior e inferiormente, formando parte da parede nasal lateral⁵ (Figura 5). O processo uncinado é o limite inferior do infundíbulo. A inserção superior do processo uncinado é variável, podendo ser na lâmina papirácea, na junção do cometo médio com a lâmina cribriforme ou no cometo médio. O processo

uncinado pode ser pneumatizado simulando uma concha bolhosa ou uma bula etmoidal globosa.

2.1.5.2 *Bula etmoidal*

É a maior célula etmoidal anterior (Figura 5), sendo limitada lateralmente pela lâmina papirácea. Esta célula drena no infundíbulo ou diretamente no meato médio⁶. A bula etmoidal forma a parede posterior do recesso frontal, que é a via de drenagem do seio frontal. O espaço aéreo entre a bula etmoidal e a borda livre do processo uncinado é o hiato semilunar, que se comunica medialmente com o meato médio. Lateral e inferiormente, o hiato semilunar comunica-se com o infundíbulo.

2.1.5.3 *Infundíbulo*

É uma estrutura tubuliforme (Figura 5) que conecta o seio maxilar ao meato médio. O seu limite superior é a bula etmoidal e o inferior, o processo uncinado.

2.1.6 **Ciclo nasal**

As funções do nariz são respiração, defesa e olfação. Para que ocorra a respiração, tem papel fundamental o ciclo nasal, que ocorre em 80% dos indivíduos. Durante o ciclo nasal, uma fossa nasal está congesta, com redução da secreção serosa e mucosa, enquanto a outra fossa está descongestionada, com acúmulo de secreção, ou seja, existe uma alternância do fluxo de ar que entra em cada cavidade paranasal, durando 1 a 4 horas⁷. As alterações decorrentes do ciclo nasal podem ser caracterizadas à RM com o aumento de volume da mucosa e hipersinal em T2 nas fossas nasais,

cornetos e seios etmoidais, observando-se alternância de lado desse mecanismo⁷. Tais alterações não devem ser confundidas com processo inflamatório. O epitélio que reveste os seios paranasais e fossas nasais é pseudoestratificado cilíndrico ciliado. Espessamento do revestimento mucoso pode ser decorrente de processo inflamatório, edema e hiperplasia mucosa.

2.1.6.1 Movimento ciliar

É responsável pelo impulsionamento do muco do interior dos seios paranasais para as fossas nasais e coanas. Cada cavidade paranasal tem o seu movimento ciliar, com direção estabelecida, e, quando há contato das superfícies das mucosas, esse movimento pode ficar prejudicado, causando estagnação da secreção no interior do seio e, posteriormente, à sinusopatia (8). Esse movimento das células ciliares é, muitas vezes, no sentido antigravitacional, em direção ao óstio do seio, sendo que o muco deve se movimentar por todo o seio até atingir o óstio.

2.1.7 Anatomia normal das fossas nasais e cavidades paranasais

2.1.7.1 Cavidade nasal

A cavidade nasal tem três cornetos ou conchas: inferior, médio e superior; eventualmente, pode estar presente o corneto supremo. Os termos concha e cometo são utilizados muitas vezes como sinônimos, porém, o termo cometo inclui a parte óssea, que seria a concha propriamente dita, e a mucosa⁸. Cada concha tem a sua própria lamela. A lamela é definida como uma placa óssea em forma de L, que conecta a concha ao etmoide e à base do crânio. Em relação ao corneto médio, a porção anterior da lamela tem a sua inserção na base do crânio, com orientação frontal, e é a porção vertical

da lamela basal, enquanto a inserção da porção posterior tem orientação transversal.

2.1.8 Septo nasal

O septo nasal é delimitado pelo vômer, lâmina perpendicular do etmoide e cartilagem septal. Alterações do septo nasal (Figura 15) podem resultar em variações morfológicas, como o desvio de septo, a deformidade da junção condrovomer e o esporão nasal. O desvio de septo é a divergência da linha mediana associada a deformidades ou à assimetria das conchas adjacentes ou da estrutura da parede nasal, e que possuem apresentação variável na população^{9,10}.

2.1.9 Variações das conchas nasais médias

A concha média bolhosa (Figura 18), variação originada da pneumatização da placa óssea que a compõe por extensão das células etmoidais, pode ser uni ou bilateral. Os graus de pneumatização da concha são variados, podendo ocasionar obstrução do meato médio ou do infundíbulo, além de poder promover desvio do septo nasal para o lado contralateral¹⁰.

A curvatura paradoxal (Figura 21) ocorre quando a convexidade da concha média está voltada para a parede medial do seio maxilar e, dependendo do grau de curvatura da concha, pode promover compressão do infundíbulo e obstrução sinusal^{10,11}.

2.2 Variações dos processos uncinados

O processo uncinado é uma extensão superior da parede lateral do nariz e uma importante estrutura anatômica para o recesso frontal, orientando, assim, a sua drenagem. Algumas das principais variações são: hipertrofia (Figura 22), desvio (Figura 20) e pneumatização, podendo interferir na drenagem e no comprometimento do complexo ostiomeatal, e predispondo a obstruções⁹.

2.2.1 Variações nas células etmoidais

As células etmoidais infraorbitárias (Figura 19), ou células de Haller, são células etmoidais localizadas inferiormente à bulla etmoidal, ao longo do assoalho da órbita e relacionadas ao teto do seio maxilar, podendo promover a obstrução do complexo ostiometal, consequentemente, a drenagem mucociliar, predispondo a rinossinusites¹⁰.

As células de Agger nasi (Figura 23) estão situadas anteriormente à margem superior do ducto nasolacrimal e, anteriormente, ao plano do infundíbulo do seio maxilar, sendo consideradas as células etmoidais extramurais mais anteriores. A prevalência relatada em diferentes séries varia amplamente de 10% a 98%¹⁰, correspondendo a diferentes definições anatômicas. Estudos evidenciam que suas maiores dimensões estão correlacionadas à sinusopatia frontal e ao lacrimejamento¹².

2.3 Mucosa e tabique sinusal

2.3.1 Mucosa sinusal

Os seios paranasais são internamente revestidos pela mucosa sinusal, constituída por epitélio colunar pseudoestratificado ciliar (epitélio respiratório)

apoiado sobre o tecido conjuntivo, que envolve no seu perimeio glândulas serosas e mucosas, responsáveis pela produção de secreções protetivas. Tais secreções são levadas pelos cílios em direção ao óstio maxilar, e excretadas, por fim, no meato médio e na cavidade nasal¹³. Eventualmente, as secreções são excretadas na nasofaringe e deglutidas¹⁴.

Microscopicamente, o epitélio que compõe a mucosa sinusal apresenta-se altamente prismático e outros tipos celulares, além das células produtoras de secreções mucosa e serosa, podem ser eventualmente observadas, como basófilos e eosinófilos. Além disso, a presença de colágeno do tipo VII pode ser observada dentre as camadas epiteliais¹⁵.

A mucosa que cobre a superfície dos seios paranasais é também denominada de membrana de Schneiderian^{16,17}. Esta membrana encontra-se fortemente aderida ao perióstio e possui por volta de 1 mm de espessura. A membrana de Schneiderian não é radiograficamente visível; exceto quando a mucosa apresenta-se em desequilíbrio fisiológico, ou seja, mediante a presença de quadros infecciosos ou inflamatórios¹⁶.

2.3.2 Tabique sinusal

Constituem finas protuberâncias ósseas oriundas das paredes da cavidade óssea, com tamanhos variados. Podem ser divididos em dois grupos, de acordo com sua origem: congênitos e adquiridos¹⁸. Tabiques sinusais congênitos podem ser encontrados em qualquer parede do seio maxilar e desenvolvem-se concomitantemente à face média^{18,19}. Tabiques sinusais adquiridos ou secundários surgem em áreas nas quais a reabsorção do processo alveolar da maxila ocorre de maneira irregular ao longo do assoalho do seio maxilar¹⁸, como resultado de perdas dentárias ou mesmo reabsorção óssea de qualquer outra natureza^{20,21}.

Em relação à orientação, frequentemente, tabiques sinusais apresentam-se com orientação transversal, seguido de orientação em direção sagital²². A presença destes tabiques, além de representarem risco à

perfuração da membrana sinusal ainda podem obstruir a visualização da cavidade sinusal e dificultar a instrumentação ou preparação cirúrgica do local, especialmente durante cirurgias de elevação do assoalho do seio maxilar²³.

2.4 Sinusopatias

2.4.1 Rinossinusite

O termo clássico “sinusite” vem sendo substituído, atualmente, por “rinossinusite”, uma denominação mais apropriada, que reflete a contiguidade anatômica e funcional entre as cavidades paranasais e as fossas nasais. A rinite pode manifestar-se isoladamente, mas a “sinusite”, raramente, ocorre sem a associação com a rinite.

Clinicamente, a rinossinusite é uma resposta inflamatória da mucosa de revestimento das cavidades paranasais, que, geralmente, se estende às fossas nasais e, em alguns casos, até o neuroepitélio e o osso subjacente.

2.4.1.1 Rinossinusopatia aguda

Na maioria dos casos, os sintomas clínicos e os achados endoscópicos são suficientes para o diagnóstico da rinossinusite aguda. Os métodos de imagem, particularmente a TC e a RM, estão indicados nos casos de rinossinusites complicadas, que incluem celulite pré e pós-septal, e complicações intracranianas, incluindo abscessos cerebrais, meningite e trombose de seio cavernoso, em que a RM é o método de imagem mais indicado²⁴.

Nas rinossinusites agudas não complicadas, a TC evidencia a presença de espessamento mucoso com nível líquido ou a presença de bolhas de ar em meio à cavidade opacificada. O significado da presença de nível líquido é

variável, dependendo da cavidade paranasal acometida. Nos seios frontal e maxilar, o nível hidroaéreo sugere rinossinusite aguda, porém sendo importante a associação com quadro clínico compatível. Nível líquido também pode ser observado após outras situações, como trauma com hemossinus, barotrauma, lavagem anual e, eventualmente, durante o uso de sonda nasogástrica.

Os sinais e sintomas mais encontrados na infecção aguda são dor na arcada dentária superior, pressão facial, congestão e obstrução nasal, secreção purulenta nasal e na rinofaringe. Pode ocorrer também a diminuição do olfato, cacosmia, epistaxe, febre, dor de cabeça, halitose, fadiga, dor de ouvido, tosse e irritação de garganta. O local da dor facial pode auxiliar a identificação do seio paranasal acometido²⁵.

2.4.1.2 Rinossinusopatia crônica

A classificação de sinusite crônica é estabelecida para os quadros com manifestação clínica continuada por período superior a três meses²⁶. Pode haver fases de piora, denominadas exacerbações agudas da rinossinusite crônica. Esse quadro difere da sinusite aguda recorrente, que consiste em múltiplos episódios agudos (ao menos três por semestre), entre os quais os sinais e os sintomas desaparecem completamente²⁶. As estimativas da prevalência de RSC em todo o mundo variam significativamente, em parte, devido a diferenças nos critérios diagnósticos utilizados (por exemplo, diagnóstico baseado em sintomas *versus* inclusão de rinoscopia objetiva ou achados de imagem). Nos Estados Unidos, as estimativas variaram de 2% (com base no código de diagnóstico da Classificação Internacional de Doenças-9) a 16% (com base no *National Health Interview Survey*) da população^{27,28}, enquanto, em vários países europeus, variou de 7 a 27%, com uma média de 10,9%²⁹. A RSC pode se manifestar abruptamente, começando como uma infecção respiratória superior inespecífica ou uma sinusite aguda que não consegue se resolver ou se desenvolve lenta e insidiosamente

durante meses ou anos. Ocasionalmente, a primeira manifestação da RSC pode ser uma apresentação relativamente aguda, com dor de cabeça intensa ou dor facial ou alterações visuais (como diplopia)²⁹.

Sinais e sintomas - existem quatro sinais/sintomas cardinais de RSC em adultos:

- Drenagem mucopurulenta nasal anterior e/ou posterior;
- Obstrução nasal/congestão;
- Dor facial, pressão e/ou plenitude;
- Redução ou perda do sentido do olfato.

Vários outros sintomas são relatados por pacientes com RSC, incluindo fadiga, mal-estar, tosse, distúrbios do sono, dor ou pressão no ouvido, tontura, halitose, dor dentária, disфонia ou irritação nasal ou da garganta. No entanto, nenhum deles é específico o suficiente para ser clinicamente útil no diagnóstico.

Os quatro sintomas cardinais da RSC podem estar presentes em qualquer subtipo de doença e não diferenciar entre os subtipos de RSC.

A RSC ocorre tanto em crianças quanto em adultos, embora seja tipicamente diagnosticada em adultos jovens ou de meia-idade^{30,31}. Em vários estudos em adultos, a média de idade no diagnóstico foi de 39 anos de idade²⁷. São diversos os fatores relacionados à patogênese das rinossinusites crônicas, incluindo alergia, imunodeficiências, variações anatômicas, como desvio do septo nasal, que pode ser congênito ou adquirido, anormalidades ciliares e fatores mecânicos, como sondas nasais e ventilação mecânica²⁴.

A fisiopatologia dos diferentes subtipos permanece incompletamente compreendida, embora seja uma área de intenso estudo multidisciplinar^{32,33}. Os três subtipos de RSC são:

- RSC com polipose nasal - RSC com polipose nasal (RSC com PN) é caracterizada pela presença de pólipos nasais bilaterais no meato médio. Os pólipos nasais são translúcidos, cinza-amarelados a

brancos, massas brilhantes compostas de material inflamatório gelatinoso, que podem se formar na cavidade nasal ou seios paranasais³⁴. Um a quatro por cento da população geral tem pólipos nasais, e acredita-se que a maioria seja sintomática²⁹.

Apresentação - A apresentação característica da RSC com PN é a congestão/obstrução nasal, plenitude e pressão sinusal, drenagem nasal posterior e hiposmia ou anosmia. Em contraste, febre e dor facial severa são incomuns.

No exame físico, pólipos grandes são, frequentemente, visíveis com rinoscopia anterior, enquanto pólipos menores requerem endoscopia nasal ou imagem.

Os pólipos nasais, geralmente, começam a se formar em torno do complexo ostiomeatal, embora possam, eventualmente, ser encontrados em todas as cavidades nasais e seios³⁵. O gatilho inicial para o seu desenvolvimento é, provavelmente, variável. A polipose nasal na RSC com PN deve ser bilateral²⁹. Pólipos unilaterais são relativamente incomuns. Se confirmado por imagem dos seios, esse achado deve levar à consideração de outros diagnósticos, incluindo papiloma invertido ou tumores nasais^{36,37}.

A RSC com PN afeta, geralmente, pacientes imunocompetentes. Em um subconjunto de pacientes, a RSC nasal com PN está associada à asma e a reações adversas à aspirina e a outros antiinflamatórios não esteroidais (AINEs) que inibem a ciclooxigenase-1 (COX-1).

- **RSC fúngica alérgica** - 8 a 12 % dos casos. A sinusite fúngica é uma doença complexa, possuindo diversos esquemas de classificação propostos. Propõe-se classicamente que a sinusite fúngica pode ser dividida em alérgica, bola fúngica ou micetoma, sinusite fúngica indolente e sinusite fúngica invasiva fulminante³⁸. Cada uma possui formas distintas de apresentação clínica, histopatologia e terapêutica. Os principais patógenos responsáveis pela sinusite fúngica são

Aspergillus sp., *Fusarium sp.*, *Candida sp.*, e *Alternatia sp.*, entre outros³⁹;

- RSC sem polipose nasal - A RSC sem polipose nasal – RSC sem polipose nasal (RSC sem PN) – é a forma mais comum de RSC, sendo responsável por 60 a 65% dos casos⁴⁰. A RSC sem PN descreve a presença de RSC sem os achados específicos que definem as outras duas síndromes (por exemplo, polipose nasal ou mucina alérgica com hifas fúngicas).

Apresentação - Uma apresentação típica da RSC sem PN é a de sintomas persistentes com exacerbações periódicas caracterizadas por aumento da dor/pressão facial e/ou aumento da drenagem anterior ou posterior. A fadiga é um sintoma frequente de acompanhamento. A febre é, geralmente, ausente ou de baixo grau. Um subconjunto de pacientes apresenta sintomas recorrentes de rinosinusite aguda, que respondem bem ao tratamento com antibióticos. Esses pacientes podem apresentar sintomas persistentes entre os episódios, e, nesse caso, poderiam ser classificados como RSC sem PN. Alternativamente, eles podem estar completamente livres de sintomas entre os episódios, caso em que foram descritos como tendo "rinosinusite aguda recorrente" ou "rinosinusite recorrente crônica"³⁵. A RSC sem PN é heterogênea e pode incluir pacientes com rinite alérgica e não alérgica, anormalidades estruturais e/ou imunodeficiência.

O estabelecimento do diagnóstico requer evidência objetiva de doença da mucosa sinusal na tomografia computadorizada de seios da face (TC) ou exame endoscópico direto, porque os sintomas isolados não são suficientemente específicos.

Evidência objetiva de inflamação da mucosa requer a demonstração de um ou mais dos seguintes achados usando endoscopia nasal e/ou tomografia computadorizada^{41,42}:

- Muco ou edema purulento no meato médio ou nas regiões etmoidais;
- Pólipos na cavidade nasal ou meato médio;

- Imagem radiográfica demonstrando espessamento da mucosa ou opacificação parcial ou completa dos seios paranasais.

2.4.2 Mucocoele

A mucocoele dos seios paranasais é uma doença benigna caracterizada pelo preenchimento de muco de um seio paranasal, com possível expansão, sendo decorrente da obstrução do óstio deste seio⁴³. As lesões, geralmente, são revestidas por epitélio colunar pseudoestratificado, mas, em alguns casos, podem estar associadas a áreas de epitélio escamoso, infiltração de células inflamatórias, reabsorção óssea e nova formação óssea⁴⁴. É mais comum em adultos e, geralmente, se origina de uma obstrução sinusal, que pode ser espontânea ou secundária a fatores como trauma ou cirurgia de seios paranasais do passado⁴⁵. A mucocoele sinusal é rara na população pediátrica, e tais casos devem induzir a investigação da fibrose cística⁴⁶.

A mucocoele é, mais usualmente, observada no seio frontal e etmoidal (distribuição frontoetmoidal). Comparativamente, os seios maxilar e esfenoidal são, menos frequentemente, afetados⁴⁷. Outros locais raros foram descritos na literatura, incluindo a crista Galli⁴⁸, células de Onodi⁴⁹, conchas médias (concha bolhosas), células de Haller⁵⁰ e, até mesmo, no processo uncinado pneumatizado⁵¹.

Clinicamente, além dos sintomas usuais de sinusite, os pacientes com mucocoele, geralmente, apresentam especificamente dor de cabeça ou dor facial. Se ocorrer extensão intracraniana ou orbital, os pacientes podem relatar distúrbios visuais ou exibir proptose⁵².

2.4.3 Antrólitos

Antrólitos representam massas sinonasais calcificadas, usualmente encontradas nas cavidades dos seios paranasais ou nasais, frequentemente

circundadas por mucosa inflamada⁵³. Pode ter origem endógena como sequestro ósseo, produtos sanguíneos, como trombos e dentes; ou exógenos, como corpos estranhos⁵⁴. São benignos e podem ser assintomáticos.

2.5 Principais alterações nos seios paranasais de interesse em imagiologia

As doenças inflamatórias e infecciosas que acometem os seios paranasais apresentam uma gama variada de expressões imaginológicas que devem ser devidamente interpretadas e, juntamente com os dados clínicos, são úteis no diagnóstico final da afecção investigada. Estas alterações principais são: o espessamento da mucosa sinusal, pólipos, mucocelos, pseudocisto de retenção mucoso, opacificação e obstrução do complexo ostiomeatal⁵⁵.

Estes sinais imaginológicos foram utilizados na execução deste estudo, e são descritos da seguinte forma:

2.5.1 Espessamento da mucosa sinusal

O epitélio respiratório que cobre a superfície interna das cavidades paranasais pode apresentar espessamento radiograficamente detectável, especialmente na TC, mediante processos inflamatórios, infecciosos (na maioria, de origem odontogênica), na presença de processos hiperplásicos, edema^{56,57} ou processos alérgicos. O espessamento da mucosa sinusal também é denominado de “espessamento mucoso” ou, mesmo, “espessamento da membrana basal”⁵⁸.

Isoladamente, o espessamento da mucosa sinusal, sem a respectiva correlação clínica, não é indicativo de presença de afecções sinusais, especialmente processos agudos⁵⁶. Todavia, na presença de um processo

cl clinicamente aferido, como em casos de rinossinusite aguda de origem bacteriana, é um achado radiográfico⁵⁹.

Compreende um achado imaginológico relativamente usual inclusive em pacientes assintomáticos⁶⁰, expresso radiograficamente como uma banda radiopaca, não corticalizada, paralela à parede óssea do seio⁵⁶. Na literatura, não há concordância sobre o valor numérico exato deste espessamento que indicaria ausência de processos patológicos sinusais. Postula-se que um espessamento de até 2 mm verificados em TC ou RM é indicativo de ausência de sinusopatia⁶¹.

2.5.2 Mucoccele

A mucoccele caracteriza-se pelo acúmulo de secreção, descamação e inflamação dentro de uma cavidade paranasal com expansão das suas paredes ósseas, sendo decorrente da obstrução do óstio desse seio, podendo ocorrer também no pós-operatório. Mucocelos são mais comuns nos seios frontal (65%), etmoidal (25%) e maxilar (10%), sendo o esfenoidal o local menos acometido. Na TC, caracteriza-se por expansão da cavidade paranasal com remodelagem, afilamento e erosão óssea com conteúdo⁶².

A TC proporciona informação bem detalhada sobre a estrutura óssea, sendo considerada o método complementar de escolha. A mucoccele aparece, usualmente, como uma opacidade do seio, isodensa/discretamente hiperdensa em relação ao tecido cerebral, mas, quando houver infecção aguda, ela pode aparecer hiperatenuante e com realce periférico pelo contraste⁶³. Assim, é possível fazer o diagnóstico diferencial com neoplasias, já que a mucoccele não sofre nenhum realce⁶³. O arcabouço ósseo adjacente encontra-se, geralmente, remodelado podendo haver áreas de espessamento e erosão.

2.5.3 Pseudocisto de retenção mucoso

O pseudocisto de retenção mucosa (PRM) é uma lesão benigna e autolimitada resultante do fluxo de muco dentro da mucosa do seio devido à obstrução ductal. Sugere-se que a PRM é de origem não odontogênica⁶⁴. No entanto, ressalta-se que as doenças periapicais e periodontais associadas a molares superiores, a reações alérgicas, a trauma, a tabagismo e à alteração da temperatura e umidade do ar podem ser importantes fatores etiológicos para sinusites e PRM. Como a patogênese da RPM parece ser baseada em hipóteses, muitos nomes foram atribuídos a essa lesão, incluindo pseudocisto, cisto de retenção do seio maxilar, cisto seroso, cisto mucoso e muco maxilar benigno.

Um pseudocisto não tem revestimento epitelial e é circundado por um tecido conjuntivo fibroso⁶⁴.

O PRM é, comumente, encontrado durante exames radiográficos realizados por outras razões. A lesão aparece em radiografias panorâmicas e periapicais de dentes superiores posteriores como uma radiopacidade bem definida, homogênea, em forma de cúpula, hemisférica ou circular de diferentes dimensões, mais comumente localizada no assoalho do seio maxilar, preservando as paredes do seio. Quando o PRM preenche completamente o seio maxilar, a interpretação radiográfica torna-se difícil, uma vez que sua aparência pode simular a sinusite maxilar⁶⁵. A tomografia computadorizada dos seios da face fornece um diagnóstico mais preciso principalmente nos diagnósticos diferenciais e permite a realização de imagens tridimensionais. Na TC, os pseudocistos de retenção se apresentam com baixa atenuação e como uma lesão arredondada bem definida dentro do seio paranasal. A menos que seja extremamente grande, o seio paranasal afetado, geralmente, permanece aerado. Na RM, os PRM se apresentam como lesões de intensidade de sinal variável em T1 e hiperintenso em T2.

2.5.4 Pólipos

A mucosa espessada de uma inflamação crônica sinusal, frequentemente, gera pregas irregulares chamadas pólipos. As poliposes da mucosa sinusal podem se desenvolver numa área isolada ou em diversas áreas do seio⁶⁶. Os pólipos estão, geralmente, associados a processos alérgicos e são produzidos por proliferação focal da mucosa dos seios da face. Os pólipos alérgicos são, na maioria das vezes, múltiplos, enquanto que os infecciosos tendem a ser solitários. Um pólipo pode ser radiograficamente diferenciado dos pseudocistos de retenção sabendo-se que os pólipos, muitas vezes, possuem um revestimento da membrana bastante espessado, já que a massa polipoide nada mais é do que uma acentuação do espessamento mucoso⁶⁶. Nos pseudocistos, o revestimento da membrana adjacente, comumente, não é visível. Radiograficamente, surgem como massas radiopacas não corticalizadas, planas e em forma de cúpula, não é delimitada por qualquer limite ósseo e tem aspecto interno homogêneo e radiopaco. Normalmente, o assoalho do seio intacto está intacto.

2.5.5 Obstrução do complexo ostiomeatal

Devido à complexa anatomia dos seios paranasais e devido à drenagem dos mesmos na cavidade nasal, a obstrução do complexo ostiomeatal predispõe a infecções sinusais recorrentes e espessamento mucoso crônico. Graus variáveis de obstrução ostial do seio são comuns na RSC. As imagens de tomografia corte coronal demonstram melhor as obstruções e o sistema de drenagem do complexo ostiomeata⁶⁷ (Figura 17).

Algumas variações anatômicas do complexo ostiomeatal podem promover estreitamento e até obstrução: concha bolhosa – aproximadamente 10% (intervalo 4-15%) (Figura 18); bulla etmoidal proeminente (Figura 19); células do Agger nasi (Figura 23); células de Haller (células etmoidais infraorbitais); alterações do processo uncinado (hipertrofia, horizontalização,

desvio, inserção anômala, processo uncinado aerado) (Figuras 20 e 22); desvio de septo nasal (Figura 15); concha média paradoxal: convexidade da concha nasal direcionada para a parede nasal lateral^{9,67} (Figura 21).

2.5.6 Opacificação do seio paranasal

A opacificação do seio é um preenchimento completo de um seio com material inflamatório ou fluido. A opacificação pode ser observada com infecção bacteriana persistente, secreção purulenta, secreção mucosa, espessamento da mucosa polipoide ou acúmulo de mucina alérgica. O exame de imagens de TC em janelas "ósseas" *versus* "partes moles" pode ser útil no reconhecimento de hiperdensidades. TC combinada com RM é útil na diferenciação entre as diferentes causas de opacificação sinusal⁵⁵. Na tomografia computadorizada, observa-se imagem com densidade de partes moles preenchendo total ou quase totalmente o interior dos seios paranasais.

As alterações nasossinusais podem também ser quantificadas utilizando-se o critério proposto pela *American Academy of Otolaryngology Task Force on Rhinosinusitis*, que preconiza o sistema de pontuação Lund-Mackay⁶⁸. Nesse sistema, cada cavidade paranasal (seios maxilares, frontais, esfenoidais, e células etmoidais anteriores e posteriores) e os complexos ostiomeatais recebem uma pontuação, sendo 0 quando estão normais, 1 quando estão parcialmente obliterados e 2 quando estão totalmente obliterados. A soma dos pontos varia de 0 a 24. Em pacientes adultos, Bhattacharyya e Fried⁶⁹ propuseram que pacientes com pontuação de 4 ou mais, segundo o critério de Lund, sejam considerados "positivos", enquanto, nos pacientes com pontuação de 2 a 3, deve haver maior correlação com critérios clínicos e endoscópicos. Essa quantificação não é normalmente utilizada na avaliação de sinussopatia⁶⁹, podendo ser utilizada em protocolos de pesquisa.

2.6 Métodos diagnósticos

A análise imaginológica dos seios paranasais é mandatória no planejamento preciso para cirurgias que incluem abordagem nestas cavidades ou áreas adjacentes⁷⁰. Os seios paranasais podem ser avaliados por meios de radiografias simples (Técnica de Waters ou mento-naso, Caldwell ou fronto-naso, Hirtz ou submento-vértice e incidência em perfil), tomografias computadorizadas e RM⁷¹.

Todavia, as radiografias simples podem subestimar seriamente a presença de afecções nos seios paranasais e nem sempre é possível determinar a origem da infecção que acomete principalmente o seio maxilar sem a complementação por outros exames⁷².

A TC tem sido largamente empregada para o estudo dos seios paranasais, promovendo detalhe tridimensional, especialmente do tecido ósseo⁷³, permitindo avaliação detalhada de estruturas anatomicamente complexas⁷⁴, assim como, avaliação da presença de anastomoses intrasinusais de largo diâmetro; da espessura das paredes ósseas; das alterações na membrana sinusal e, por fim, a detecção de sinusopatias⁷⁵. Porém, a TC tem limitações, que incluem seu custo maior, exposição à radiação ionizante e caracterização limitada dos tecidos moles por conta da falta de resolução de contraste para estes tecidos⁷⁶.

A RM provém resolução acurada para tecidos moles, permitindo descrição e caracterização detalhada da anatomia das cavidades sinusais, de massas sinonasais⁵³, envolvimento por processos inflamatórios ou infecciosos de tecidos moles extrasinusais e intrasinusais⁷⁷, além de afecções de origem fúngica⁷⁸.

2.7 Avaliação volumétrica dos seios maxilares: revisão da literatura

O tamanho do seio paranasal humano foi, inicialmente, determinado por meio de medidas anatômicas, injeção de diferentes materiais em cadáveres ou radiografia simples⁷⁹.

Há muita incerteza ainda na determinação experimental da determinação do volume dos seios maxilares baseados em TC, havendo discordâncias entre valores volumétricos dos seios maxilares intra e interobservadores⁸⁰. Na literatura, há evidências de que os seios maxilares podem sofrer alterações com a idade, observando-se aumento de tamanho na infância e adolescência⁸¹. No entanto, há poucos relatos detalhados de quaisquer mudanças de idade no adulto e nos idosos.

A TC tem sido amplamente utilizada para avaliar o volume dos seios paranasais, embora a ressonância magnética seja superior à TC na mensuração de tecidos moles, seu uso é limitado pelo seu custo relativamente alto e acessibilidade restrita⁸⁰. A principal vantagem da TC é o excelente detalhamento anatômico ósseo que ela proporciona, destacando os limites dos seios maxilares. A mensuração da volumetria do seio maxilar pode ser útil para identificar doenças que acometem os seios paranasais e fazer o planejamento cirúrgico de afecções do assoalho bucal, no entanto, a literatura mostra uma falta de consenso em estudos que aferem o volume⁸². Isso pode ser atribuído a diferentes técnicas de aquisição de dados de tomografia computadorizada, métodos de segmentação, focos de investigação, entre outras razões. Os métodos para quantificar volumetricamente o seio maxilar são comumente manuais ou semiautomáticos, com imagens de tomografia computadorizada, e ambos requerem experiência e tempo do pesquisador.

Em estudo datado de 2008, os autores avaliaram um total de 90 pessoas (180 seios maxilares), sendo divididos em dois grupos: um grupo de 45 pessoas com idade entre 15 e 16 anos, com diagnóstico clínico e tomográfico de rinossinusite crônica por um período de 2 anos e outro grupo com 45 pessoas com a mesma faixa etária sem história de rinossinusite crônica. O volume do seio maxilar foi medido usando um programa tridimensional de

reconstrução de TC (V-worksTM 4.0). Paralelamente, foi mensurada a espessura óssea dos seios maxilares, células etmoidais e do corneto médio. Além disso, foi avaliado o efeito da duração da doença. Os resultados evidenciaram um volume médio do seio maxilar de 22,5 cc ($\pm 4,4$ cc) no grupo com rinossinusite crônica e de 20,0 cc ($\pm 4,1$ cc) no grupo-controle, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p = 0,02$). Entretanto, não houve correlação encontrada entre a duração da doença e volume do seio maxilar ($r = 0,07$, $p = 0,69$). As espessuras médias dos ossos das paredes foram 1,0 mm no seio maxilar, 0,80 mm nas células etmoidais e de 1,8 mm no corneto médio no grupo-controle. Já no grupo com rinossinusite, as espessuras ósseas foram de 1,2 mm no seio maxilar, 1,2 mm nas células etmoidais e de 2,4 mm no corneto médio; essas diferenças foram significativas ($p < 0,01$)⁸³.

Em outro estudo, datado de 2010, os autores avaliaram 260 pessoas (520 seios maxilares) com idade de até 25 anos utilizando como método a reconstrução tridimensional. Os resultados evidenciaram que os seios maxilares foram pneumatizados ao nascimento em todos os casos, exibindo um padrão de crescimento monomodal e aumentaram até os 15 anos de idade, sendo o volume médio após o crescimento de $14,8 \pm 1,36$ cc⁸⁴.

Em estudo posterior de 2011, foram avaliados exames tomográficos de 100 indivíduos (total de 200 seios maxilares), dividindo em grupo-controle (50 indivíduos sadios) e grupo de indivíduos acometidos por rinossinusite crônica (50 indivíduos). Os volumes dos seios maxilares foram comparados. As análises dos volumes foram realizadas com o uso do Eigentool, um *software* de análise de imagem desenvolvido no Laboratório de Análise de Imagens de Radiologia do Sistema de Saúde Henry Ford, que inclui ferramentas para exibição, processamento, extração de informações e quantificação de imagens médicas. As mensurações foram registradas: a) volume de ar livre no seio maxilar, b) espessamento da mucosa do seio maxilar e c) espessura óssea da parede lateral do seio maxilar. Quanto aos resultados, foi evidenciado volumes de $24,1 \pm 9,7$ cc no seio maxilar direito e de $24,7 \pm 9,0$ cc no seio maxilar esquerdo no grupo-controle. No grupo com rinossinusite crônica, a porção da doença da mucosa ao volume total do seio foi de 51,8%

(direita) e 50,7% (esquerda), quanto ao valor da espessura óssea, mensurada em mm, a média nos controles foi de $0,98 \pm 0,2$ mm (direita) e de $1,0 \pm 0,3$ mm (esquerda). Já os pacientes com rinossinopatia crônica tiveram uma espessura óssea significativamente maior $1,9 \pm 0,8$ mm (direita) e de $2,0 \pm 0,9$ mm (esquerda; $p < 0,0001$)⁸⁵.

Em 2013, investigadores analisaram 15 pessoas (30 seios maxilares) com o objetivo de comparar o volume dos seios maxilares utilizando-se imagens volumétricas 3D com a segmentação volumétrica utilizando o software Simplant (*Simplant, Materialize Dental NV, Leuven, Bélgica*) e a determinação do volume por meio do método de cálculo geométrico de acordo com a equação geométrica: Volume da pirâmide = Área da superfície da base $\times$ 1/3 da altura. Os resultados evidenciaram boa correlação dos métodos, embora não ter sido significativamente estatísticos. Neste estudo, o método geométrico para mensuração do volume dos seios maxilares se mostrou ser uma alternativa mais fácil, barata e menos sofisticado comparado ao Software Simplant⁸⁶.

Em 2015, pesquisadores analisaram um total de 115 pacientes (230 seios maxilares), idade média de $44,75 \pm 9,64$ anos (variação de 27 a 63 anos) com o objetivo de avaliar o efeito das diferenças climáticas e de altitude sobre o volume dos seios paranasais, e a frequência das variações anatômicas comparando as tomografias dos seios paranasais de pacientes nascidos e vivendo em clima frio, seco e de alta altitude (grupo 1) com aqueles de pacientes que nasceram e vivem na costa ao nível do mar em um clima temperado (grupo 2). Outro objetivo do estudo foi de diferenciar os achados tomográficos quanto ao gênero. Os resultados evidenciaram que os volumes dos seios maxilares foram de 18,2 cc (intervalo, 5,0-37,6 cc) nas pessoas que vivem no grupo 1 e de 15,0 cc (intervalo 4,11-41,40 cc) no grupo 2, de modo que não houve correlação de altitude e clima na volumetria dos seios maxilares, não existindo diferença estatisticamente significativa entre os grupos em termos de volumes ($p > 0,025$). Quando comparados os gêneros, foi observado que o volume do seio maxilar foi maior no sexo masculino em comparação às mulheres ($p < 0,025$). O valor médio do volume do seio maxilar

foi de $15,7 \pm 5,3$ cc e foi significativamente maior no sexo masculino que no feminino ($p = 0,004$). Não houve correlação estatisticamente significativa entre o volume dos seios maxilares com a idade ou lado⁸⁷.

Em 2018, pesquisadores avaliaram 30 pessoas (totalizando 60 seios maxilares) com o objetivo de desenvolver uma ferramenta automatizada para quantificar o volume total e livre de ar do seio maxilar com base em imagens de tomografia computadorizada. Os resultados evidenciaram um volume médio total para pacientes adultos, entre 28 a 32 anos, de $10,9$ cc ($\pm 2,8$ cc) a $24,7$ cc ($\pm 9,0$). Na comparação dos métodos, os resultados evidenciaram diferenças mínimas com percentuais médios entre os métodos automatizados e manual de $7,2\% \pm 5,83\%$ cc e $6,9\% \pm 4,3\%$ cc para o volume total e livre de seio maxilar, respectivamente. Neste estudo, os autores evidenciaram que não há diferença na mensuração do volume dos seios maxilares utilizando-se segmentação manual e semiautomático⁸⁸.

Em 2019, os autores avaliaram um total de 400 seios maxilares em 200 pacientes por meio de método semiautomático de um *software* de imagem (MIMICS 19.0 Software de modelagem 3D; Materialize HQ Technologielaan, Leuven, Bélgica) usando sequências de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico com impressão em 3D em pacientes entre 18 a 55 anos. Os resultados evidenciaram que não houve diferença estatística nos volumes dos seios maxilares direito e esquerdo, o volume do seio maxilar no sexo masculino foi significativamente maior que o das mulheres e que o volume do seio maxilar diminuiu com o aumento da idade⁸⁹.

2.8 Medicina aeroespacial

2.8.1 Conceito

A primeira referência que relatava as alterações fisiológicas sofridas com a altitude ocorreu em 1590 pela pelo padre Jesuíta José de Acosta,

dissertando sobre as doenças na travessia do Paricaca, nos Andes peruanos⁹⁰.

Com o início dos voos em balões e aviões, começaram os relatos sobre alterações devido à hipóxia, à hipotermia, a mal-estar do voo e a mudanças de pressão. Foram relatados, a seguir, acidentes e mortes em consequência dos voos, e, logo, iniciaram-se estudos para enfrentar esses eventos e tornar a atividade aérea mais segura. Antes da Primeira Guerra Mundial, já havia 32 publicações analisando aspectos da Medicina Aeroespacial⁹¹.

Com a invenção do avião, em 1906, por Albert Santos Dumont, o homem começou a desenvolver diversas reações fisiológicas até então não conhecidas. Desenvolveu-se, então, um ramo completamente novo e fundamental para o aeronavegante, a Medicina de Aviação, atualmente já evoluída para a Medicina Aeroespacial, que é a especialidade médica que avalia o funcionamento do organismo com vistas ao desempenho de atividade aérea⁹².

2.8.2 Aeronave

2.8.2.1 Acelerações

A aceleração pode ser conceituada como uma força física capaz de modificar o movimento de um corpo, quanto a sua velocidade, à direção ou a ambas as grandezas. A aceleração da gravidade ou constante gravitacional é da ordem de 9,81 metros por segundo ao quadrado ou 32,2 pés por segundo ao quadrado, sendo uma grandeza física representada pela unidade "G". A força "G" é a razão entre uma determinada aceleração e a aceleração devida à gravidade. Convencionalmente, existem três eixos de aceleração, de acordo com as forças inerciais agindo sobre o corpo humano: Gx.: aceleração atuando no eixo ântero-posterior (+ Gx = quando a força inercial atua da frente para trás, - Gx = quando a força inercial age de trás para frente); Gy: aceleração atuando no eixo lado a lado (+ Gy = quando a força inercial atua

da esquerda para a direita); - Gy = quando a força inercial atua da direita para a esquerda (+ Gz = quando a força inercial atua da cabeça aos pés; -Gz = quando a força inercial atua de pés para cabeça)⁹³.

2.8.2.2 Sistema de ambientação da cabine

O sistema de ambientação de cabine consiste em um conjunto de equipamentos que têm a complexa função de promover uma adequada qualidade no ar presente no interior da cabine do avião ou da nave espacial. O microclima de cabine caracteriza-se por um ambiente em que o ar da cabine encontra-se pressurizado, oxigenado, purificado e refrigerado⁹². O ar do meio ambiente, ao ser captado e filtrado pelo sistema de aeronave, sofre uma pressurização, seguida de um resfriamento ou aquecimento, para, então, circular pela cabine da aeronave e ser, finalmente, parcialmente eliminado. Assim, o ar que já circulou e voltou a ser reaproveitado, retornando à cabine, passa, antes, por um sistema de filtros para que seja adequadamente tratado. A pressurização no interior da cabine permanece sempre constante independente da altitude em que se encontra a aeronave, sendo esta altitude, geralmente, em torno de 6000 a 10000 pés⁹² em aeronaves comerciais. O microclima das cabines tem como finalidade evitar os efeitos indesejáveis, decorrentes, principalmente, da baixa pressão atmosférica e de baixa concentração de oxigênio nos voos acima de doze mil pés de altitude⁹⁴. Embora os aviões comerciais, normalmente, viajem a uma altitude entre 6700 e 13.400 metros (22.000 e 44.000 pés) para melhorar a eficiência, o processo de pressurização mantém a pressão da cabine a uma altitude equivalente a 2.439 metros (8000 pés) ou menos, com pressões típicas de cabine de 1524 para 2439 metros (5000 a 8000 pés)⁹². A essa altitude, a pressão barométrica é reduzida para 564 mmHg, comparada com 760 mmHg ao nível do mar. O efeito líquido é uma pressão parcial de oxigênio no ar inspirado (PiO_2) de 108 mmHg, com pressões parciais associadas de oxigênio nos alvéolos e sangue arterial de indivíduos normais de 69 mmHg e 60 mmHg, respectivamente⁹⁵.

O sistema de pressurização tem como função manter a pressão no interior da cabine da aeronave, compatível com a altitude da cabine previamente estabelecida, proporcionando um maior conforto aos passageiros e tripulantes, ao mesmo tempo em que se procura diminuir o efeito da fadiga de voo sobre as pessoas. Os regulamentos da aviação estipulam que a altitude máxima da cabine não deve exceder 8000 pés durante as operações normais⁹⁵.

Além do sistema de pressurização de cabine das aeronaves, outra forma de proteção de pilotos e astronautas pode ser realizada por meio do uso dos chamados trajes pressurizados⁹⁶. Esses trajes possuem bolsas pneumáticas que têm a função de ajudar no retorno venoso, estabelecendo uma contrapressão corporal diante da baixa pressão atmosférica, evitando, assim, a instalação das manifestações orgânicas decorrentes da baixa pressão barométrica (Figura 6)⁹⁴.

Fonte: FAB⁹⁶

Figura 6 – Traje pressurizado utilizado pelo grupo-piloto durante o voo.

2.8.2.3 Sistema de oxigênio

O oxigênio de aviação é medicinal, portanto, isento de impurezas, além de apresentar uma especificação própria relacionada à quantidade de vapor d'água em sua composição. Assim sendo, a especificação requerida para o oxigênio de aviação é de 99,5% de oxigênio puro e 0,02 mg de vapor d'água por litro de gás de oxigênio em atmosfera padrão⁹⁷.

Nesse sistema, sem umidificador, é observada baixa umidade (12 a 21%), podendo ocasionar sintomas de secura nasal⁹⁸.

Em altitudes acima de 30 mil pés ou em aviões de caça com cabines não pressurizadas, é utilizada a máscara oronasal que fornece oxigênio sob pressão positiva na concentração de 100%. Os reguladores de demanda de pressão são projetados para fornecer oxigênio na inalação, seja como uma mistura de ar e oxigênio ou 100% de oxigênio. Este regulador também fornece uma aplicação de pressão positiva de oxigênio para a máscara facial, permitindo que os pulmões dos usuários sejam pressurizados com oxigênio. As válvulas de inalação e expiração são especialmente projetadas para permitir a acumulação de pressão de oxigênio dentro da peça facial da máscara e, assim, fornecer oxigênio sob pressão para os pulmões⁹⁹. Existem vários tipos e modelos de máscaras de voo para pilotos. A máscara de voo utilizada nos pilotos de caça do esquadrão Joker (BANT) durante o treinamento foi o modelo Gentex MBU-12/P (Figura 7). Usado com sistemas de demanda de pressão, o Gentex MBU-12/P possui um design de baixo perfil, proporcionando boa estabilidade durante manobras G. Com um design avançado da válvula de respiração combinada, proporciona uma resistência à expiração extremamente reduzida durante a respiração por pressão e um diafragma rolante reduz o potencial de adesão da válvula causada pelo acúmulo de resíduos. Este modelo atende ou excede os requisitos da Especificação da Força Aérea dos Estados Unidos da América, especificação MIL-M-87163⁹⁹.

Fonte: Gentex Corporation⁹⁹

Figura 7 - Máscara de oxigênio usada durante o voo pelo grupo dos pilotos – Modelo Gentex MBU 12

2.8.2.4 Aeronave A29 Super Tucano

A aeronave utilizada pelos aspirantes a tenente aviador no Esquadrão Joker (BANT) foi o modelo A29 Super Tucano (Figuras 8 e 9). Em 1988, a Embraer e a FAB começaram a trabalhar num projeto de um derivado do Tucano para instrução, patrulha e combate contrainsurgência, do qual resultaria o designado A-29 Super Tucano (EMB-314)¹⁰⁰.

A plataforma do EMB-314 Super Tucano foi projetada nas versões monoposto e bi-posto, apresentando tecnologia de última geração com uma vida útil em potencial de 18.000 horas em missões típicas de instrução, ou 12.000 horas em ambientes operacionais de combate¹⁰⁰.

No Brasil, atualmente, o Super Tucano opera no mais recente e mais sofisticado sistema de vigilância em funcionamento no mundo o Serviço de

Vigilância da Amazônia (SIVAM), em que a aeronave cumpre missões de vigilância de fronteira, perseguindo e interceptando alvos aéreos.

O Super Tucano A-29 foi adquirido por forças aéreas de vários países e, atualmente, no Brasil, opera com 99 aeronaves¹⁰⁰.

Fonte: Poder aéreo¹⁰¹

Figura 8 - A-29 Super Tucano chegando ao *Hamid Karzai International Airport*, no Afeganistão, em 15 de janeiro de 2016

Fonte: FAB¹⁰²

Figura 9 - Demonstração da esquadrilha da Fumaça com a aeronave A29 Super Tucano

2.8.2.5 Meio aeroespacial

O meio aeroespacial é um ambiente hostil e agressivo ao ser humano. A partir de determinada altitude, inicia-se um desequilíbrio da homeostase orgânica. Fatores como pressão atmosférica, umidade, temperatura, luminosidade afetam o aeronavegante à medida que ele se afasta da superfície da Terra.

As radiações cósmicas são provenientes do espaço sideral ou das galáxias, sendo as erupções solares as responsáveis por sua origem e emissão. A intensidade da radiação que incide nas aeronaves depende de fatores como: altitude, latitude e atividade solar. Sabe-se que passageiros de aeronaves supersônicas, que voam a mais de 75000 pés de altitude, estão mais susceptíveis a sofrer a ação das radiações cósmicas quando comparadas às pessoas que utilizam a aviação convencional¹⁰³.

A superfície da Terra é aquecida por radiação, decorrente da ação do Sol, enquanto que as camadas intermediárias têm seu aquecimento por convecção. A temperatura na atmosfera terrestre tende a diminuir na medida em que a aeronave se distancia da superfície da Terra. O corpo humano, quando em ambientes de baixa temperatura, provoca uma contração das arteríolas e contrações musculares como forma de compensação termorreguladora¹⁰⁴.

A pressão atmosférica também apresenta uma progressiva diminuição em seus valores na medida em que se ganha altitude¹⁰⁵ e essa diminuição pode afetar o organismo do indivíduo que esteja submetido a estas condições, desencadeando vários distúrbios orgânicos, comprometendo a homeostase e promovendo distúrbios orgânicos.

2.8.3 Distúrbios orgânicos ligados ao voo

Fatores relacionados à atividade aérea somados às forças acelerativas desenvolvidas pelas aeronaves podem desencadear alterações no organismo

humano, como aerodilatação, aeroembolismo, hipóxia, hiperventilação, desorientação aeroespacial, aerocinetose, dissincronose, ebulismo, e distúrbios visuais e oculares¹⁰⁶.

2.8.3.1 Aerodilatação

A aerodilatação ou barodilatação é o fenômeno no qual ocorre a expansão dos gases existentes nas cavidades orgânicas, decorrente da diminuição da pressão atmosférica, que acontece por ocasião da elevação da altitude, e corresponde a uma das formas de disbarismo¹⁰⁵. A explicação física é dada pela Lei de Boyle-Mariotte (Lei da Dilatação dos Gases), que diz: “a uma temperatura constante, o volume ocupado por um gás (ou uma mistura gasosa) é inversamente proporcional à pressão exercida sobre ele”¹⁰⁷. A baixa pressão barométrica promove a dilatação dos gases do ouvido médio e nos seios da face, chamados de aerotite e aerosinusite, respectivamente. O quadro de aerotite ou barotite ocorre quando a comunicação do ouvido médio com o meio exterior está obstruída em virtude de infecções das vias aéreas superiores ou por outras patologias. A obstrução impede que ocorra a equalização da pressão do ouvido médio com a pressão do meio ambiente, principalmente, durante a descida e, em algumas vezes, durante a decolagem da aeronave¹⁰⁵. Na aerotite, o indivíduo pode apresentar dor de ouvido de intensidade variada, acompanhada de diminuição da acuidade auditiva, ruptura da membrana timpânica e sangramento do ouvido. Os seios da face são cavidades localizadas nos ossos do crânio, sendo essas cavidades preenchidas normalmente com ar. Durante uma ascensão (descompressão), a pressão atmosférica diminui e a tendência do ar retido no interior dos seios da face seria expandir-se. Como o seio da face é uma cavidade de paredes rígidas (óssea), indeformável, a tendência é de que ocorra um aumento da pressão no seu interior. Não havendo bloqueios para o fluxo de ar, tais como edema, secreções, pólipos, cicatrizes ou patologia que altere a configuração anatômica, o ar sairá para a faringe equalizando a pressão do seio da face

com a pressão atmosférica ambiente¹⁰⁸. Durante a descida, a pressão atmosférica aumenta, e a pressão do seio da face, que equalizou com a pressão ambiente de altitude, estará mais baixa que a pressão ambiente à medida que ocorre a descida (recompressão)¹⁰⁸. Havendo qualquer condição que comprometa a equalização da pressão do seio da face com a pressão ambiente, ocorrerá a barosinusite, que é um barotrauma, uma agressão ao seio da face causada pela variação da pressão. A barosinusite é mais frequente na descida do que na subida⁹² e pode manifestar-se na forma obstrutiva ou não obstrutiva. Na forma obstrutiva, acontece a obliteração dos óstios de comunicação entre a cavidade sinusal e o meio ambiente (nariz) em virtude do edema da mucosa sinusal. Já na forma não obstrutiva, a comunicação entre o meio ambiente e a cavidade sinusal se encontra normal, porém, a presença de secreção nessa região, ao migrar da cavidade sinusal para a narina durante a decolagem ou pouso, ocasionaria a obstrução dos óstios de comunicação. A aerossinusite ocorre, principalmente, durante a descida¹⁰⁹, observando-se que as doenças nasosinusais e as variações anatômicas (desvio de septo, obstruções do complexo ostiomeatal) que levam à obstrução da ventilação dos seios paranasais podem favorecer também o desenvolvimento de aerossinusites¹⁰⁹. O tratamento da aerodilatação consiste, basicamente, na aplicação de medidas profiláticas gerais e medidas preventivas relacionadas ao voo.

2.8.3.2 Doença descompressiva

O aeroembolismo, conhecido também pela denominação de doença descompressiva, tem, na lei de Henry, sua explicação física: “a quantidade de um gás dissolvido em um líquido varia diretamente com a pressão que este gás está exercendo neste líquido”. A doença descompressiva começa com a formação e o aumento no tamanho de bolhas extravasculares e intravasculares quando a soma das tensões do gás dissolvido (oxigênio, dióxido de carbono, ozônio e hélio) e vapor de água excede a pressão

absoluta local. De todos os gases orgânicos dissolvidos no sangue e nos outros líquidos corporais, é o nitrogênio o principal responsável pelos fenômenos de aeroembolismo. A embolia gasosa arterial afeta, mais frequentemente, o cérebro, mas pode, ocasionalmente, afetar o coração e outros órgãos. É um evento raro na aviação, observando-se uma taxa de menos de 0,1% por exposição que podem ocorrer em treinamento de altitude¹¹⁰.

2.8.3.3 Hipóxia

A hipóxia é um dos mais importantes fenômenos que afetam o homem no voo. A explicação física para o fenômeno da hipóxia relacionada com a altitude é dada pela lei de Dalton: “a pressão total de uma mistura de gases é igual à somatória da pressão parcial de cada um dos gases que fazem parte desta mistura”. Independente da altitude, o ar atmosférico é composto, de um modo geral, 21% do oxigênio, 78% de nitrogênio e 1% de outros gases. No nível do mar, a pressão atmosférica é de 760 mmHg e a pressão parcial de oxigênio e nitrogênio é, respectivamente, de 150 mmHg e 610 mmHg. Quanto maior a altitude, menor a pressão parcial de oxigênio na atmosfera¹¹¹.

A hipóxia de altitude é a que acontece em virtude da diminuição da pressão parcial de oxigênio na atmosfera, decorrente da elevação da altitude, podendo ser do tipo aguda em ascensão normal, fulminante ou crônica.

Fatores gerais, como uma alta velocidade de ascensão da aeronave, altitude absoluta de voo, prolongado tempo de exposição a uma baixa tensão parcial de oxigênio (TpO₂) ou pressão parcial de oxigênio (PpO₂), elevada temperatura de cabine e atividade física durante a viagem, são situações que predispoem à instalação ou ao agravamento do quadro de hipóxia¹⁰⁷.

Glicose e oxigênio são os substratos para o metabolismo oxidativo no cérebro sob condições normóxicas ou normobáricas. Sob condições hipóxicas, o cérebro pode continuar a usar glicose, mas será rapidamente depletado de adenosina trifosfato como resultado da privação de oxigênio¹⁰⁸.

Quando o suprimento de adenosina trifosfato, eventualmente, declina para níveis insuficientes para manter a atividade das bombas de íons, rápida e generalizada, ocorre despolarização da membrana causando uma depressão extensa da transmissão sináptica e, portanto, o isolamento neuronal funcional eletrofisiológico¹⁰⁸.

2.8.3.4 Aerocinetose

A cinetose é uma entidade clínica que faz parte do chamado grupo de doenças cinéticas. Utiliza-se o termo aerocinetose àquelas situações em que o aparecimento dos sinais e sintomas da cinetose são uma consequência dos movimentos produzidos por uma aeronave em voo. Trata-se de uma crise neurovegetativa com sintomas de desorientação, cefaleia, náusea, ansiedade, vômitos, sonolência, palidez, sudorese, salivação, entre outros. Essa predisposição está relacionada a fatores como: instabilidade emocional, fadiga, hiperexcitabilidade labiríntica, indivíduos vagotônicos, pessoas idosas e do sexo feminino. Elementos como odores fortes, vibrações, luminosidade, ruídos, excesso de estímulos visuais e ambientes de microgravidade favorecem o desencadeamento da aerocinetose. A incidência desse distúrbio orgânico está em torno de 2 a 5%, sendo mais comum durante os procedimentos de pouso e decolagem das aeronaves¹⁰⁹.

3 OBJETIVOS

3 OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo foram:

- 1) Avaliar, utilizando TC, as alterações volumétricas dos seios maxilares em pilotos de caça submetidos aos efeitos fisiológicos do voo, comparando-os com o grupo-controle;
- 2) Verificar prevalência de alterações inflamatórias dos seios paranasais em pilotos de caça e a evolução das respectivas patologias no período de estudo; comparando-as com o grupo-controle;
- 3) Descrever a prevalência das principais variantes anatômicas do complexo ostiomeatal na amostra estudada.

4 METODOLOGIA DO TRABALHO

4 METODOLOGIA DO TRABALHO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 26/08/2015, aprovou o Protocolo de Pesquisa nº 351/15 intitulado: “Estudo Tomográfico Dos Seios Paranasais Em Pilotos De Caça E A Correlação Com As Variáveis De Voo” apresentado pelo Departamento de Radiologia E Oncologia. Todos os participantes deste estudo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

4.1 Critérios de inclusão e exclusão

A população de pilotos foi constituída por 18 pilotos do caça A-29 Super Tucano do esquadrão Joker (2º/5º GAV) com idade entre 20 e 30 anos, na cidade de Natal, Rio Grande do Norte, sem comorbidades associadas, durante o período de 8 meses (março a novembro de 2015).

Os pilotos com cirurgia, remoção de elementos dentários e doença prévia dos seios paranasais foram excluídos do estudo.

Os pilotos selecionados para estudo foram pilotos jovens que iniciaram os voos de caça, sendo, então, submetidos a todos os efeitos fisiológicos do voo durante o período de oito meses e, após todo este período, foram submetidos novamente a estudos tomográficos dos seios paranasais para comparação. Neste estudo, 2 pilotos foram excluídos do estudo por não completarem o período total de 8 meses e 1 piloto foi excluído por realização de cirurgia sinonasal. Paralelamente, foi realizado o grupo-controle de 41 pessoas com a mesma faixa etária e sexo, porém, não aeronavegantes, sendo as mesmas submetidas a exames tomográficos no período de 8 meses (março a novembro de 2016) na cidade de Curitiba, Paraná. A Figura 10 resume o fluxograma de critérios de inclusão e exclusão da população de pilotos da presente amostra.

Figura 10 - Fluxograma de trabalho de critérios de inclusão e exclusão

4.2 Características do grupo dos pilotos

Para ser um aviador de caça da Força Aérea Brasileira, são necessários vários passos. A jornada poderá se iniciar já no ensino médio na Escola Preparatória de Cadetes do Ar, localizada em Barbacena (MG). É na instituição da FAB de ensino médio que os jovens têm seus primeiros contatos com a vida militar.

Entre os requisitos para ingressar na EPCAR, está a idade. O candidato não pode ter menos de 14 anos nem completar 19 até 31 de dezembro do ano da matrícula. A seleção envolve provas de Língua Portuguesa, Língua Inglesa, Matemática e Redação. Ao final do terceiro ano, os alunos são submetidos ao Teste de Aptidão à Pilotagem Militar, prova decisiva para quem pretende se tornar um aviador militar. O teste é realizado na Academia de Força Aérea (AFA), em Pirassununga, no interior de São Paulo.

Outro caminho para se tornar um aviador é fazer o processo de seleção diretamente para a AFA. No ingresso, realizado anualmente, os candidatos não devem ter menos de 17 anos nem completar 23 anos de idade até 31 de dezembro do ano da matrícula.

O processo seletivo é destinado a candidatos com ensino médio completo. O exame de admissão compreende as etapas de Exame de Escolaridade; Inspeção de Saúde; Exame de Aptidão Psicológica; Teste de Aptidão à Pilotagem Militar; Teste de Avaliação do Condicionamento Físico; e Validação Documental.

A rotina na AFA é intensa e envolve muitas atividades. Os cadetes aviadores iniciam a instrução aérea voando na aeronave T-25 Universal, avião de instrução primária/básica, no segundo ano de estudos. No 4ª ano, os militares realizam a sua instrução na aeronave T-27 Tucano, turboélice de instrução avançada.

Ao formar pela Academia, o cadete recebe os títulos de Bacharel em Ciências Aeronáuticas, com habilitação em Aviação Militar, e de Bacharel em Administração, com ênfase em Administração Pública.

Após a conclusão do curso com aproveitamento, o Cadete é nomeado Aspirante a Oficial da FAB¹¹². Após essa etapa, o aviador pode escolher entre as especializações de Asas Rotativas, Busca e Salvamento, Caça, Patrulha, Transporte e Reconhecimento. Os cursos de especialização nas aviações são realizados em Natal (RN) em 3 unidades: Esquadrão Gavião (1º/11º GAV), Esquadrão Rumba (1º/5º GAV) e Esquadrão Joker (2º/5º GAV)¹¹³. Os aviadores que ingressarem na especialização em Caça, como o presente grupo de estudo, seguirão seus treinamentos de voo na cidade de Natal em um período aproximado de 10 meses, com aulas teóricas, práticas de voo supervisionadas na aeronave Super Tucano A29 e serão submetidos a provas teórico-práticas neste período. Os aviadores que foram aprovados em todas as provas, no final do curso, serão nomeados tenentes aviadores de caça e seguirão em outras unidades da FAB.

Neste trabalho, portanto, o grupo dos pilotos foi composto, portanto, por aspirantes a tenente aviador de caça na unidade Esquadrão Joker (2º/5º GAV) subsidiado na cidade de Natal (Rio Grande do Norte).

4.3 Características do grupo-controle

O grupo-controle foi constituído por adultos jovens, da mesma faixa etária do grupo dos pilotos (20-30 anos de idade), do gênero masculino, saudáveis, sem comorbidades prévias e com hábito de práticas esportivas. O estudo e acompanhamento das tomografias dos seios paranasais ocorreu na cidade de Curitiba (Paraná) no período de março a novembro de 2016. O estudo teve, inicialmente, um total de 60 participantes voluntários que aceitaram participar do projeto, e foi explicado que todos teriam que repetir a tomografia dos seios paranasais em um período de 8 meses na cidade de Curitiba. Todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido previamente estabelecido pelo Comitê de Ética. Neste seguimento de 8 meses, ocorreram 16 desistências e a exclusão de 3 participantes que realizaram cirurgia de retirada de dente molar superior, totalizando, no final do estudo, o acompanhamento de 41 pessoas do grupo-controle.

4.4 Equipamento

Os exames tomográficos foram realizados no equipamento de TC multislice de 16 canais, da marca Toshiba Aquilion (Toshiba Activion, *Medical Systems Corporation*, Japan) tanto na cidade de Natal (Rio Grande do Norte-Brasil) para os pilotos de caça quanto na cidade de Curitiba (Paraná-Brasil) para o grupo-controle.

4.5 Protocolo de aquisição de imagem

Os pacientes ficaram em decúbito dorsal com o apoio da cabeça próprio do equipamento, fitas para imobilização, apoio nos joelhos e pés e mãos ao longo do corpo. Foi realizado escanograma lateral de 90° com cortes axiais e coronais, sendo o limite superior o seio frontal e o limite inferior o palato duro.

A angulação do gantry no corte axial será paralela ao palato duro e no corte coronal paralela ao ramo da mandíbula. A espessura do corte foi de 3 mm, intervalo de 4 mm, campo de visão (FOV) de 180 mm, 120 kV, 150 mA, tempo de corte de 1 s, filtro de partes moles e osso, janela com nível de 2000 UH e abertura de 200 UH. Este mesmo protocolo foi empregado para todos os exames de imagem em todos os momentos.

Para os pilotos de caça, as imagens foram adquiridas em 2 tempos diferentes: antes do treinamento e após o período de treinamento de 8 meses (março a novembro de 2015). Para os indivíduos do grupo-controle, o intervalo de tempo entre as imagens iniciais e finais foi o mesmo (março a novembro de 2016). Os exames tomográficos dos pilotos foram realizados após um período de, pelo menos, 10 horas após a realização da prática de voo. Posteriormente, os exames foram analisados por dois radiologistas experientes, sendo realizados estudos cegos interobservadores quanto à volumetria dos seios maxilares.

4.6 Avaliação dos achados tomográficos

4.6.1 Avaliação das características imaginológicas das alterações infecciosas e/ou inflamatórias dos seios paranasais

As imagens de tomografia computadorizada (114 exames: 30 exames tomográficos do grupo de estudo e 82 exames do grupo-controle) foram, então, analisadas por 2 observadores na estação de trabalho (Workstation) utilizando-se o programa OsiriX® DICOM Viewer, sendo verificados os achados tomográficos nos planos axial, sagital e coronal. As alterações tomográficas observadas nos seios paranasais foram, então, classificadas em 4 categorias, de acordo com os casos típicos observados na amostra, baseando-se na literatura previamente descrita:

1. Espessamento da mucosa sinusal (acima de 2 mm); (Figuras 15 e 16);
2. Pólipos e pseudocistos antrais (cistos de retenção mucosos); (Figuras 11, 12, 13 e 14);
3. Obstrução do complexo ostiomeatal (Figura 17) e correlação com espessamento mucoso;
4. Opacificação total (Figura 14).

Imaginologicamente, conforme previamente citado na revisão da literatura, pólipos e pseudocistos antrais, apresentam-se, sob o ponto de vista imaginonológico, semelhantes, e sua distinção é mais bem evidenciada por ressonância magnética¹¹⁴. Assim, com a concordância de todos os observadores envolvidos, foram mantidos no mesmo grupo para fins de classificação.

Além do tipo de alteração, o sítio de comprometimento destas também foi descrito (unilateral ou bilateral). A presença de opacificação total e/ou espessamento também foi classificada de acordo com seio paranasal acometido.

A obstrução do complexo ostiomeatal foi mais bem analisada no plano coronal, sendo correlacionadas com as principais alterações anatômicas e processo inflamatório (espessamento mucoso).

4.6.2 Avaliação do septo nasal

Foi observada a presença ou não de desvio do septo nasal (Figura 15) nas tomografias iniciais e nas tomografias finais nos planos axial, sagital e coronal, correlacionando esses achados com alterações do complexo ostiomeatal, bem como, com as variáveis de voo.

4.6.3 Avaliação das características imaginológicas das principais variantes anatômicas do complexo ostiomeatal

As principais variações anatômicas do complexo ostiomeatal foram analisadas nos diferentes planos axial, sagital e coronal, sendo catalogadas abaixo, baseando-se na literatura previamente descrita:

1. Células de Agger nasi (Figura 23);
2. Células de Haller (Figura 19);
3. Desvio de septo (Figura 15);
4. Bula etmoidal proeminente (Figura 24);
5. Concha nasal bolhosa (Figura 18);
6. Concha média paradoxal (Figura 21);
7. Alterações do processo uncinado (hipertrofia, desvio medial, horizontalização) (Figuras 20 e 22).

Além do tipo de alteração, também foram descritas a unilateralidade e/ou bilateralidade das variações anatômicas, bem como, realizadas correlações com a presença ou ausência de comprometimento do complexo ostiomeatal ipsilateral e contralateral.

Figura 11 – Da amostra do presente estudo: pólip/pseudocisto de retenção mucoso no seio maxilar esquerdo visibilizado em TC (janela óssea) nos planos: A (sagital), B (coronal) e C (axial)

Figura 12 – Da amostra do presente estudo: corte Coronal em TC (janela óssea), mensurando pólip/pseudocisto de retenção mucoso em seio maxilar lado direito

Figura 13 – Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea), evidenciando pólip/pseudocisto de retenção mucoso no seio esfenoidal direito e espessamento mucoso das células etmoidais posteriores à esquerda

Figura 14 – Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea), mensuração de pólip/pseudocisto de retenção mucoso no seio maxilar direito; opacificação total do seio maxilar esquerdo

Figura 15 – Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea) evidenciando espessamento mucoso do seio maxilar direito e desvio do septo nasal para a direita

Figura 16 – Da amostra do presente estudo: corte axial em TC (janela óssea) evidenciando espessamento mucoso do esfenoidal esquerdo e das células etmoidais anteriores e posteriores

Figura 17 - Da amostra do presente estudo: corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando obstrução do complexo ostiomeatal à direita

Figura 18 – Da amostra do presente estudo: concha bolhosa à direita (ponta da seta branca) evidenciada na TC (janela óssea) - A: corte sagital, B: corte coronal e C: corte axial

Figura 19 - Da amostra do presente estudo: Corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando célula de Haller à direita promovendo estreitamento do complexo ostiomeatal à direita

Figura 20 – Da amostra do presente estudo: corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando desvio medial do processo uncinado à direita (seta branca)

Figura 21 – Da amostra do presente estudo: Corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando pólipos/pseudocisto de retenção mucoso no seio maxilar esquerdo e curvatura paradoxal do corneto médio bilateralmente (setas brancas)

Figura 22 – Da amostra do presente estudo: Corte coronal em TC (janela óssea) evidenciando hipertrofia do processo uncinado à direita

Figura 23 - Da amostra do presente estudo: célula de Agger nasi à esquerda em TC (janela óssea) nos planos ortogonais A (sagital), B (axial) e C (coronal)

Figura 24 – Da amostra do presente estudo: bulla etmoidal à esquerda em TC (janela óssea) nos planos ortogonais A (sagital), B (axial) e C (coronal). Da amostra do presente estudo: bulla etmoidal à esquerda em TC (janela óssea) nos planos ortogonais A (sagital), B (axial) e C (coronal).

4.6.4 Software utilizado para aquisição de volumetria

O *software* 3 D Slicer foi utilizado para avaliar as imagens e obter o volume dos seios maxilares. O 3D Slicer é uma plataforma de *software* para análise (incluindo registro e segmentação interativa) e visualização (incluindo mensuração de volume) de imagens médicas para pesquisa em terapia guiada por imagem. Um *software* livre e de código aberto disponível em vários sistemas operacionais: Linux, MacOSX e Windows. Extensível, com poderosos recursos de *plug-in* para adicionar algoritmos e aplicativos¹¹⁵.

O *software* de código aberto Slicer (www.slicer.org; *The Brigham and Women's Hospital*, Boston, Massachusetts, EUA) foi usado para segmentar e realizar a reconstrução tridimensional das cavidades sinusais e do crânio. A versão utilizada foi a versão 4.10. O método de cálculo de volume foi a soma das áreas das imagens sequenciais. Este método requer a delimitação manual do perímetro dos seios maxilares, avaliando-se as fatias da imagem em sua extensão total. O volume individual de cada fatia é adicionado ao volume das seções anteriores e, quando o volume total de seios maxilares é totalmente marcado nas imagens sequenciais, a função volumétrica do *software* é acionada resultando em volume final dos seios maxilares mensurados em cc. Para cada fatia, o *software* calcula o volume dentro da área de interesse identificada em cc, levando em consideração a espessura da fatia.

As imagens, primeiramente, foram importadas do CD DICOM. Posteriormente, foi definida a delimitação do perímetro ósseo do seio maxilar e definição de limiares pré-definidos para a visualização das cavidades pneumatizadas dos seios maxilares utilizando-se pixels entre -318 a -1024 UH. Na sequência, foram selecionadas para a edição de imagens a cor azul para volumetria do seio maxilar direito e a cor vermelha para o seio maxilar esquerdo (Figura 25), utilizando-se de preenchimento semiautomático denominado de "Auto Trace" (Figura 31) e ferramentas de preenchimento manuais *software* 3D Slicer, incluindo-se os achados de opacificação total, espessamento mucoso, pseudopólipo/cisto de retenção mucoso nos seios

maxilares. As análises e o preenchimento foram, inicialmente, realizados nas fatias axiais e, posteriormente, nas demais fatias (coronais e sagitais) (Figura 26).

Após todo o preenchimento dos seios maxilares, foi feita a análise da mensuração da volumetria por meio da ferramenta Label Statistics do *software* 3D Slicer (Figuras 27 e 28), evidenciando os valores dos volumes totais dos seios maxilares em cc. Foram realizadas, também, reconstruções tridimensionais para melhor avaliação dos seios maxilares (Figuras 29 e 30). Um esquema de fluxo de trabalho com o 3D Slicer encontra-se sumarizado na Figura 32.

Figura 25 – Segmentação dos seios maxilar direito (cor azul) e maxilar esquerdo (cor vermelha) com o uso do software 3D

Figura 26 – Da amostra do presente estudo: *software* 3D Slicer, TC dos seios maxilares cortes (A): axial, (B): sagital e (C): coronal

Figura 27 – Da amostra do presente estudo: software 3D Slicer, TC dos seios maxilares, quantificação do volume com "Label Statistics"

Figura 28 – Da amostra do presente estudo: *software* 3D Slicer, seio maxilar direito (cor azul) com volume expresso em cc

Figura 29 – Da amostra do presente estudo: *software* 3D Slicer, TC seios maxilares, reconstrução em 3D, visibilização em perfil do seio maxilar direito (cor azul) e seio maxilar esquerdo (vermelho)

Figura 30 – Da amostra do presente estudo: *software* 3D Slicer, TC seios maxilares, seio maxilar direito (cor azul): A) corte axial; B) reformatação em 3D; C) corte sagital; e D) corte coronal

Figura 31 – Da amostra do presente estudo: *software* 3D Slicer, cortes axiais em TC, preenchimento com "Auto Trace" do seio maxilar esquerdo

Figura 32 – Workflow resumido de trabalho com o *software* 3D SLICER

4.6.5 Questionário padrão

Paralelamente às tomografias, foram realizados questionários-padrão contemplando os seguintes itens:

- Horas de voo por dia;
- Altitude de voo (mensurados em pés);
- Altitude de cabine (mensurada em pés);
- Idade do piloto ou do indivíduo do grupo-controle;
- Queixa clínica: se os pilotos apresentaram durante o treinamento ocorrência de barotrauma, aerocinetose, cefaleia e distúrbio visual;
- Comorbidades associadas: se os indivíduos incluídos na pesquisa apresentaram alguma outra alteração, como hipertensão arterial, hiperglicemia e cardiopatias. De acordo com os critérios de inclusão, somente os indivíduos saudáveis, ou seja, sem comorbidades associadas, participaram deste estudo.

Todos os dados foram catalogados em planilha para posterior análise estatística.

4.6.6 Análise estatística

Os resultados de variáveis quantitativas foram descritos por médias, desvios padrões, medianas, e valores mínimos e máximos. Para variáveis categóricas, foram apresentadas frequências e percentuais. Para a comparação de dois grupos, em relação à variável IAH basal, foi usado o teste t de Student para amostras independentes. Para variáveis quantitativas contínuas que atenderam a condição de normalidade, as comparações foram feitas usando-se o modelo de análise de covariância (ANCOVA), incluindo IAH basal como covariável. As demais variáveis foram analisadas considerando-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Variáveis categóricas foram analisadas usando-se o teste de Qui-quadrado. Para avaliar a correlação

entre as variáveis pressão CPAP e pressão FORM, foram estimados coeficientes de correlação linear de Pearson. A concordância entre os dois métodos de avaliação da pressão foi analisada considerando-se o método de Bland-Altman. Os dados de variáveis quantitativas contínuas que não atenderam a condição de normalidade foram submetidos a uma transformação logarítmica. Valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística. Os dados foram analisados com o programa computacional Stata/SE v.14.1. StataCorpLP, USA.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 Características da amostra

Foram avaliados um total de 112 tomografias dos seios paranasais, sendo 30 tomografias do grupo-piloto e 82 tomografias do grupo-controle. Os resultados estatísticos foram subdivididos em tópicos para melhor interpretação e análise dos dados em: volumetria dos seios maxilares (direito e esquerdo), espessamento mucoso seios maxilares (direito e esquerdo), espessamento mucoso dos seios frontais (direito e esquerdo), espessamento mucoso dos seios esfenoidais (direito e esquerdo), espessamento mucoso das células etmoidais anteriores (direito e esquerdo), espessamento mucoso das células etmoidais posteriores, espessamento mucoso dos seios frontais (direito e esquerdo), opacificação total dos seios maxilares (direito e esquerdo), opacificação total dos seios frontais (direito e esquerdo), presença de pólipos/pseudocisto de retenção mucoso dos seios maxilares (direito e esquerdo), pólipos/pseudocisto retenção mucoso dos seios frontais (direito e esquerdo), obstrução do complexo ostiometal (direito e esquerdo). Foram catalogadas as principais variações anatômicas do complexo ostiomeatal: desvio de septo, células de Haller (direita e esquerda), células de Agger nasi (direita e esquerda), bulla etmoidal proeminente (direito e esquerda), concha nasal bolhosa (direita e esquerda), curvatura paradoxal da concha nasal (direita e esquerda) e alterações do processo uncinado (direito e esquerdo). Paralelamente, foram realizadas análises isoladas de desvio do septo nasal observando-se a evolução temporal (8 meses) juntamente com as variáveis de voo.

5.2.1 Avaliação inter-observador quanto às medidas de volumetria

Para avaliar a concordância entre os dois observadores, inicialmente, foram estimados coeficientes de correlação intraclass (ICC), separadamente para o grupo de pilotos e o grupo-controle. Na tabela abaixo, são apresentados os valores estimados dos ICC's.

Tabela 1 - Valores de coeficientes de correlação intraclass (ICC)

Volumetria	ICC	
	Controle	Pilotos
Inicial-direita	1	1
Inicial-esquerda	0,998	1
Final-direita	0,998	1
Final-esquerda	0,999	1

Em seguida, para cada medida, testou-se a hipótese nula de que a diferença média entre as medidas dos dois observadores é igual a zero (as médias das medidas são iguais), *versus* a hipótese alternativa de que as diferenças médias são diferentes de zero (as médias das medidas são diferentes de zero). Na tabela abaixo, são apresentadas estatísticas descritivas das medidas e os valores de p dos testes estatísticos, separadamente para os grupos de pilotos e controle.

Tabela 2 - Comparações de grupos das variáveis categóricas

Grupo	Variável	Observador	Média	Desvio padrão	Diferença média (2-1)	p*
Piloto (n=15)	Inicial direito	1	20,49	5,27	-0,014	0,712
		2	20,48	5,29		
	Inicial esquerdo	1	20,74	5,91	-0,021	0,306
		2	20,72	5,94		
	Final direito	1	20,86	5,32	-0,050	0,137
		2	20,81	5,32		
	Final esquerdo	1	21,06	5,88	0,016	0,461
		2	21,08	5,88		
Controle (n=41)	Inicial direito	1	19,96	5,83	0,017	0,482
		2	19,97	5,81		
	Inicial esquerdo	1	20,05	5,65	-0,034	0,557
		2	20,02	5,63		
	Final direito	1	19,95	5,81	0,055	0,306
		2	20,01	5,86		
	Final esquerdo	1	20,068	5,57	0,003	0,947
		2	20,071	5,60		

*Teste t de Student para amostras pareadas, $p < 0,05$

Por fim, foram construídos diagramas de Bland-Altman para cada medida de volumetria (direito e esquerdo), para cada grupo. Nesses diagramas, no eixo horizontal, são apresentadas as médias das medidas dos dois observadores e, no eixo vertical, são apresentadas as diferenças entre as medidas dos dois observadores (observador 2 – observador 1). Também são apresentados os intervalos de confiança de 95% para as diferenças.

Gráfico 1 - Diagramas de Bland-Altman observando-se volumetria inicial do seio maxilar direito e esquerdo em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Gráfico 2 - Diagramas de Bland-Altman observando-se volumetria final dos seio maxilar direito e esquerdo em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle

5.2.3 Análise de volumetria nos grupos pilotos e controle

Para esta análise, foram consideradas as médias das medidas de volumetria feitas pelos dois observadores. Vamos chamar essas médias simplesmente de “Volumetria”.

Inicialmente, foram feitas as comparações das avaliações iniciais com as avaliações finais de Volumetria. Para tanto, dentro de cada um dos grupos, testou-se a hipótese nula de que as médias de volumetria são iguais nos momentos inicial e final, *versus* a hipótese alternativa de médias diferentes.

Em seguida, os grupos de Pilotos e Controle foram comparados em relação à variação ocorrida entre as medidas iniciais e finais, ou seja, em relação à diferença entre inicial e final. Para tanto, testou-se a hipótese nula

de variações médias iguais nos dois grupos, *versus* a hipótese alternativa de variações médias diferentes, ajustando-se para a volumetria no momento inicial. Na análise do volume dos seios maxilares, foi observada uma alta correlação entre os resultados de volumetria inicial e volumetria final (Tabelas 3 e 4). Quando comparada apenas a volumetria inicial e final do grupo dos pilotos, observa-se um aumento estatisticamente significativo tanto no seio maxilar esquerdo (volume médio inicial de 20,73 cc e volume médio final de 21,07 cc) ($p: 0,002$), quanto no seio maxilar direito (volume médio inicial de 20,48 cc e volume médio final de 20,83 cc) ($p: 0,008$). Na avaliação da média do volume dos seios maxilares (média do volume dos seios maxilares direito e esquerdo), foi observado aumento significativo do volume dos seios maxilares no grupo dos pilotos (média volume inicial: 20,61 e volume final: 20,95) quando comparado ao grupo-controle (volume inicial: 20,00 e volume final: 20,03) ($p: 0,001$), ilustrada na Tabela 5.

Nas tabelas abaixo, são apresentadas as estatísticas descritivas de volumetria em cada um dos momentos, bem como, as estatísticas descritivas da diferença de volumetria final e inicial. Também são apresentados os valores de p dos testes estatísticos.

Tabela 3 - Média do volume do seio maxilar direito do grupo-piloto e controle (cc)

Grupo	Variável	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad	p* (inicial x final)
Piloto	Volumetria inicial	15	20,48	18,74	14,11	31,55	5,28	
	Volumetria final	15	20,83	18,90	14,54	31,59	5,32	0,008
	Final – inicial	15	0,349	0,156	0,014	1,573	0,441	
Controle	Volumetria inicial	41	19,96	20,25	7,385	37,40	5,82	
	Volumetria final	41	19,98	20,10	6,695	36,89	5,83	0,801
	Final – inicial	41	0,019	-0,027	-0,8755	1,893	0,492	

(*) Teste t de Student para amostras pareadas, $p < 0,05$

Variação de volumetria: Pilotos x Controle: $p = 0,028$ (Modelo de análise de covariância incluindo volumetria inicial como covariável; $p < 0,05$)

Tabela 4 - Média do volume do seio maxilar esquerdo do grupo-piloto e controle em (cc)

Grupo	Variável	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad	p* (inicial x final)
Piloto	Volumetria inicial	15	20,73	18,28	13,99	34,47	5,93	
	Volumetria final	15	21,07	18,82	14,50	34,50	5,88	0,002
	Final – inicial	15	0,338	0,175	-0,013	1,009	0,339	
Controle	Volumetria inicial	41	20,03	20,09	7,01	34,69	5,64	
	Volumetria final	41	20,07	20,08	6,86	34,40	5,58	0,644
	Final – inicial	41	0,037	-0,026	-0,869	1,982	0,514	

(*) Teste t de Student para amostras pareadas, $p < 0,05$

Variação de volumetria: Pilotos x Controle: $p = 0,035$ (Modelo de análise de covariância incluindo volumetria inicial como covariável; $p < 0,05$)

Gráfico 3 - Diagramas de Bland-Altman observando-se a média do volume do seios maxilar direito (inicial e final) em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Gráfico 4 - Diagramas de Bland-Altman observando-se a média do volume do seio maxilar direito (inicial e final) em cc no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Tabela 5 - Volume do seio maxilar (média dos dois observadores e média dos lados direito e esquerdo)

Lado	Avaliação	Grupo		p*
		Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Média	Inicial	20,61 ± 5,57	20,00 ± 5,59	
Dir e Esq	Final	20,95 ± 5,55	20,03 ± 5,56	
	Variação	0,34 ± 0,29	0,03 ± 0,45	0,014
	p**(inicial x final)	<0,001	0,686	

Resultados descritos por média ± desvio padrão

*ANCOVA ajustado para a avaliação inicial, $p < 0,05$

**Teste t de Student para amostras pareadas, $p < 0,05$

5.3 Análise do espessamento mucoso dos seios paranasais

Para cada uma das variáveis de espessamento (direito e esquerdo), testou-se a hipótese nula de que não há diferença entre as duas avaliações (inicial e final), *versus* a hipótese alternativa de que há diferença. Na Tabela 8, são apresentadas estatísticas descritivas dos resultados de espessamento (inicial, final, e diferença entre inicial e final) e os valores de p dos testes estatísticos.

Para as diferenças, valores positivos indicam que houve aumento do espessamento (Final maior do que inicial). Já valores negativos indicam que houve redução (Final menor do que inicial). Observa-se aumento do espessamento mucoso do seio maxilar esquerdo e das células etmoidais anteriores à esquerda no grupo dos pilotos com resultados estatisticamente significativos quando comparado ao grupo-controle (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise do espessamento mucoso dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Variável	Lado	Avaliação	Grupo		p* (pilotos x controle)
			Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Espessamento mucoso seio maxilar	Direito	Inicial	0 (0 ; 8)	0 (0 ; 15)	0,050
		Final	0 (0 ; 12)	2,1 (0 ; 21)	
		Variação	0 (0 ; 9)	0 (-9 ; 7)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	0,018	0,295	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 13)	0 (0 ; 11)	<0,001
		Final	10 (0 ; 26)	0,5 (0 ; 11)	
		Variação	7,7 (0 ; 20)	0 (-11 ; 5,6)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	0,003	0,191	
Espessamento mucoso seio frontal	Direito	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 7,6)	0,215
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 7,8)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (-4,5 ; 6,2)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	-	0,176	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 12)	0,616
		Final	0 (0 ; 4)	0 (0 ; 12)	
		Variação	0 (0 ; 4)	0 (-4,2 ; 7,5)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	0,317	0,128	
Espessamento mucoso seio esfenoidal	Direito	Inicial	0 (0 ; 4,7)	0 (0 ; 7,7)	0,205
		Final	0 (0 ; 7,1)	0 (0 ; 5,7)	
		Variação	0 (0 ; 5)	0 (-7,7 ; 4)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	0,109	0,889	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 12)	0,400
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 12)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (-0,3 ; 4,2)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	-	0,138	

continua

conclusão

Tabela 6 - Análise do espessamento mucoso dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Variável	Lado	Avaliação	Grupo		p* (pilotos x controle)
			Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Espessamento mucoso células etmoidais	Anterior	Inicial	0 (0 ; 7)	0 (0 ; 6,2)	0,139
		Final	0 (0 ; 7)	0 (0 ; 7,2)	
		Variação	0 (0 ; 5,8)	0 (-3,6 ; 7,2)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	0,042	0,460	
	Posterior	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 8)	0,657
		Final	0 (0 ; 2,6)	0 (0 ; 7,5)	
		Variação	0 (0 ; 2,6)	0 (-4,1 ; 7)	
		<i>p**(inicial x final)</i>	0,180	0,583	

Resultados descritos por mediana (mínimo; máximo)

*Teste não-paramétrico de Mann-Whitney, $p < 0,05$ **Teste não-paramétrico de Wilcoxon, $p < 0,05$

5.4 Análise de pólipos/pseudocisto de retenção mucoso dos seios paranasais

Para cada uma das variáveis de pólipos/pseudocisto de retenção mucoso (direito e esquerdo), testou-se a hipótese nula de que não há diferença entre as duas avaliações (inicial e final), *versus* a hipótese alternativa de que há diferença. Na Tabela 7, são apresentadas estatísticas descritivas dos resultados (inicial, final, e diferença entre inicial e final) e os valores de p dos testes estatísticos.

Para as diferenças, valores positivos indicam que houve aumento do pólipos/pseudocisto de retenção mucoso (Final maior do que inicial). Já valores negativos indicam que houve redução (Final menor do que inicial). Neste trabalho, foram observados raros casos de pólipos/pseudocisto de retenção mucoso sem achados estatísticos significativos (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de pólipos/pseudocisto de retenção mucoso dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Variável	Lado	Avaliação	Grupo		p* (pilotos x controle)
			Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Pólipo/Pseudocisto retenção mucoso seio maxilar	Direito	Inicial	0 (0 ; 7,9)	0 (0 ; 27)	0,359
		Final	0 (0 ; 14,9)	0 (0 ; 21)	
		Variação	0 (-0,3 ; 7)	0 (-22 ; 5)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	0,285	0,700	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 21,5)	0 (0 ; 18)	0,814
		Final	0 (0 ; 18)	0 (0 ; 23)	
		Variação	0 (-21,5 ; 1,4)	0 (-1,2 ; 15)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	0,715	0,116	
Pólipo/Pseudocisto retenção mucoso seio frontal	Direito	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	-
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 7)	0,545
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 7)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 6)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	0,317	
Pólipo/Pseudocisto retenção mucoso seio esfenoidal	Direito	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 6,3)	0,898
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 6,7)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0,4)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	-
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
Pólipo/Pseudocisto retenção mucoso cels etimoidais anteriores	Direito	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	-
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	-
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
Pólipo/Pseudocisto retenção mucoso cels etimoidais posteriores	Direito	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	-
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
	Esquerdo	Inicial	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	-
		Final	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		Variação	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 0)	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	

Resultados descritos por mediana (mínimo; máximo)

*Teste não-paramétrico de Mann-Whitney, $p < 0,05$ **Teste não-paramétrico de Wilcoxon, $p < 0,05$

5.5 Análise de opacificação total dos seios paranasais

Dentro de cada grupo (pilotos e controle), para a avaliação inicial e para a avaliação final, para cada variável relativa à opacificação total, testou-se a hipótese nula de que os resultados são iguais para casos com e sem a presença da variável (característica), *versus* a hipótese alternativa de resultados diferentes. Na Tabela 8, são apresentadas estatísticas descritivas de opacificação total de acordo com as classificações das variáveis e os valores de p dos testes estatísticos. Neste trabalho, foram observados raros casos opacificação total sem achados estatísticos significativos (Tabela 8).

Tabela 8 – Análise opacificação total dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Variável	Lado	Avaliação	Grupo		p* (piloto x controle)
			Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Opacificação total seio maxilar	Direito	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
	Esquerdo	Inicial	0%	4,9%	
		Final	0%	2,4%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
Opacificação total seio frontal	Direito	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
	Esquerdo	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
Opacificação total seio esfenoidal	Direito	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
	Esquerdo	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1

continua

conclusão

Tabela 8 - Análise opacificação total dos seios paranasais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Variável	Lado	Avaliação	Grupo		p* (piloto x controle)
			Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Opacificação total células etmoidais anteriores	Direito	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
	Esquerdo	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
Opacificação total células etmoidais posteriores	Direito	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1
	Esquerdo	Inicial	0%	0%	
		Final	0%	0%	
		<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
		Incidência	0%	0%	1

Resultados descritos por mediana (mínimo; máximo)

*Teste não paramétrico de Mann-Whitney, $p < 0,05$ **Teste não paramétrico de Wilcoxon, $p < 0,05$

5.6 Análise de obstrução do complexo ostiomeatal

Dentro de cada grupo (pilotos e controle), para a avaliação inicial e para a avaliação final, para cada variável relativa à obstrução do complexo ostiomeatal, testou-se a hipótese nula de que os resultados são iguais para casos com e sem a presença da variável (característica), *versus* a hipótese alternativa de resultados diferentes. Além dessa análise, foram correlacionados a presença de obstrução do complexo ostiomeatal e associações com espessamento mucoso dos seios maxilares, etmoidais anteriores e frontais (Tabela 9). Na Tabela 9, são apresentadas estatísticas descritivas de obstrução de complexo ostiomeatal e correlação com espessamento mucoso dos seios maxilares, etmoidais anteriores e frontais, não sendo realizados testes estatísticos, porque o número de casos foi

relativamente pequeno. Foi observado aumento do espessamento mucoso nas tomografias finais do grupo dos pilotos correlacionando com obstrução do complexo ostiomeatal nos seios maxilar esquerdo, frontal esquerdo e células etmoidais anteriores à esquerda.

Tabela 9 - Análise de obstrução do complexo ostiomeatal x espessamento mucoso dos seios maxilares, etmoidais anteriores e frontais (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Variável	Lado	Aval	Obstrução complexo ostiomeatal	Pilotos		Controles	
				n	Mediana (min - max)	n	Mediana (min - max)
Espessamento mucoso seio maxilar	Direito	Inicial	Não	13	0 (0 - 4,2)	33	0 (0 - 9,7)
			Sim	2	4 (0 - 8)	8	0 (0 - 15)
		Final	Não	13	0 (0 - 9)	33	2,1 (0 - 9,6)
			Sim	2	6,6 (1,2 - 12)	8	2,5 (0 - 21)
	Esquerdo	Inicial	Não	14	0 (0 - 13)	33	0 (0 - 11)
			Sim	1	0 (0 - 0)	7	3,3 (0 - 10)
		Final	Não	10	8,35 (0 - 20)	33	0 (0 - 11)
			Sim	5	20 (10 - 26)	7	2,3 (0 - 8)
Espessamento mucoso seio frontal	Direito	Inicial	Não	13	0 (0 - 0)	32	0 (0 - 7,6)
			Sim	2	0 (0 - 0)	7	0 (0 - 1,1)
		Final	Não	13	0 (0 - 0)	32	0 (0 - 7,8)
			Sim	2	0 (0 - 0)	7	0 (0 - 3)
	Esquerdo	Inicial	Não	14	0 (0 - 0)	34	0 (0 - 12)
			Sim	1	0 (0 - 0)	7	0 (0 - 6,4)
		Final	Não	10	0 (0 - 0)	34	0 (0 - 12)
			Sim	5	0 (0 - 4)	7	0 (0 - 4)
Espessamento mucoso das células etmoidais anteriores	Direito	Inicial	Não	13	0 (0 - 7)	33	0 (0 - 6,2)
			Sim	2	0 (0 - 0)	8	1,8 (0 - 5,8)
		Final	Não	13	1,3 (0 - 7)	33	0 (0 - 7,2)
			Sim	2	0 (0 - 0)	8	0 (0 - 7,2)
	Esquerdo	Inicial	Não	14	0 (0 - 7)	34	0 (0 - 6,2)
			Sim	1	0 (0 - 0)	7	2,8 (0 - 5,8)
		Final	Não	10	0 (0 - 5,8)	34	0 (0 - 7,2)
			Sim	5	1,3 (0 - 7)	7	2,8 (0 - 7,2)

Resultados descritos por mediana (mínimo; máximo)

5.7 Análise de desvio de septo nasal

Dentro de cada grupo (pilotos e controle), para a avaliação inicial e para a avaliação final, para a variável relativa a desvio de septo nasal, testou-se a hipótese nula de que os resultados de desvio de septo são iguais para casos com e sem a presença da variável (característica), *versus* a hipótese alternativa de resultados diferentes. Na Tabela 10, são apresentados resultados estatísticos e os valores de p dos testes estatísticos. Os resultados evidenciaram que não houve alterações de septo nasal tanto no grupo dos pilotos quanto no grupo-controle no período de 8 meses.

Tabela 10 - Análise de desvio de septo nasal (inicial x final) no grupo dos pilotos e no grupo-controle

Variável	Avaliação	Grupo		p* (piloto x controle)
		Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Desvio de septo	Inicial	33,3%	53,7%	
	Final	33,3%	53,7%	
	<i>p** (inicial x final)</i>	-	-	
	Incidência	0%	0%	1

*Teste exato de Fisher, $p < 0,05$

5.8 Análise das principais variantes anatômicas do complexo ostiomeatal

Foram catalogadas, na Tabela 11, as principais variações anatômicas do complexo ostiomeatal: desvio de septo nasal, células de Haller (direita e esquerda), células de Agger nasi (direita e esquerda), bulla etmoidal proeminente (direita e esquerda), concha nasal bolhosa (direita e esquerda), curvatura paradoxal da concha nasal (direita e esquerda) e alterações do processo uncinado (direito e esquerdo). Foram observadas que as variações anatômicas mais prevalentes no grupo dos pilotos foram: célula de Agger nasi, seguida por desvio de septo nasal, alterações do processo uncinado,

curvatura paradoxal da concha média e concha bolhosa. Já no grupo dos pilotos, as variações anatômicas mais prevalentes foram: desvio de septo nasal, seguida por célula de Aggner nasi, concha média bolhosa e curvatura paradoxal da concha nasal (Tabela 11).

Tabela 11 – Comparação dos grupos quanto às principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal

Variável	Grupo		p* (piloto x controle)
	Pilotos (n=15)	Controle (n=41)	
Obstrução complexo ostiomeatal direito	13,3%	22,0%	0,708
Obstrução complexo ostiomeatal esquerdo	6,7%	17,1%	0,428
Desvio septal inicial	33,3%	53,7%	0,233
Desvio septal final	33,3%	53,7%	0,233
Curvatura paradoxal da concha média direita	26,7%	14,6%	0,431
Curvatura paradoxal da concha média esquerda	0,0%	2,4%	1
Concha média bolhosa direita	20,0%	29,3%	0,735
Concha média bolhosa esquerda	20,0%	19,5%	1
Célula Haller direita	6,7%	4,9%	1
Célula Haller esquerda	0,0%	4,9%	1
Bulla etmoidal proeminente direita	13,3%	14,6%	1
Bulla etmoidal proeminente esquerda	6,7%	17,1%	0,428
Alterações do processo uncinado direita	33,3%	4,9%	0,012
Alterações do processo uncinado esquerda	13,3%	7,3%	0,602
Célula de Aggner nasi direita	53,3%	43,9%	0,560
Célula de Aggner nasi esquerda	33,3%	31,7%	1

*Teste exato de Fisher, $p < 0,05$

Outra análise foi realizada correlacionando as principais variações do complexo ostiomeatal e obstruções do complexo ostiomeatal ipsilateral (Tabelas 12, 13, 14 e 15) tanto no grupo dos pilotos quanto no grupo dos controles. Os resultados evidenciaram que, dentre as principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal, o desvio septal foi o mais correlacionado com obstruções do complexo ostiometal, porém sem resultados estatísticos significativos.

Tabela 12 - Associação entre obstrução complexo ostiomeatal e as principais variáveis anatômicas do complexo ostiometal no grupo de pilotos – lado direito

Variável – lado direito	Classif	Obstrução complexo ostiomeatal direito		p* (piloto x controle)
		Não	Sim	
Desvio septal	Não	69,2%	50,0%	1
	Sim	30,8%	50,0%	
Curvatura paradoxal da concha média	Não	84,6%	0,0%	0,057
	Sim	15,4%	100,0%	
Concha média bolhosa	Não	76,9%	100,0%	1
	Sim	23,1%	0,0%	
Célula Haller	Não	100,0%	50,0%	0,133
	Sim	0,0%	50,0%	
Bulla etmoidal proeminente	Não	92,3%	50,0%	0,257
	Sim	7,7%	50,0%	
Alterações do processo uncinado	Não	61,5%	100,0%	0,524
	Sim	38,5%	0,0%	
Célula de Aggner nasi	Não	53,8%	0,0%	0,467
	Sim	46,2%	100,0%	

*Teste exato de Fisher, $p < 0,05$

Tabela 13 - Associação entre obstrução complexo ostiomeatal e outras variáveis anatômicas do complexo ostiometal no grupo de pilotos – lado esquerdo

Variável – lado esquerdo	Classif	Obstrução complexo ostiomeatal esquerdo		p* (piloto x controle)
		Não	Sim	
Desvio septal	Não	71,4%	0,0%	0,333
	Sim	28,6%	100,0%	
Curvatura paradoxal da concha média	Não	100%	100%	1
	Sim	0%	0%	
Concha média bolhosa	Não	85,7%	0,0%	0,200
	Sim	85,7%	0,0%	
Célula Haller	Não	100%	100%	1
	Sim	0%	0%	
Bulla etmoidal proeminente	Não	92,9%	100,0%	1
	Sim	7,1%	0,0%	
Alterações do processo uncinado	Não	92,9%	0,0%	0,133
	Sim	7,1%	100,0%	
Célula de Aggner nasi	Não	71,4%	0,0%	0,333
	Sim	28,6%	100,0%	

*Teste exato de Fisher, $p < 0,05$

Tabela 14 - Associação entre obstrução complexo ostiomeatal e as principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal no grupo-controle – lado direito

Variável – lado direito	Classif	Obstrução complexo ostiomeatal direito		p* (piloto x controle)
		Não	Sim	
Desvio septal final	Não	50,0%	33,3%	0,466
	Sim	50,0%	66,7%	
Curvatura paradoxal da concha média	Não	84,4%	88,9%	1
	Sim	15,6%	11,1%	
Concha média bolhosa	Não	75,0%	55,6%	0,408
	Sim	25,0%	44,4%	
Célula Haller	Não	96,9%	88,9%	0,395
	Sim	3,1%	11,1%	
Bulla etmoidal proeminente	Não	84,4%	88,9%	1
	Sim	15,6%	11,1%	
Alterações do processo uncinado	Não	93,8%	100,0%	1
	Sim	6,3%	0,0%	
Célula de Aggner nasi	Não	53,1%	66,7%	0,706
	Sim	46,9%	33,3%	

*Teste exato de Fisher, $p < 0,05$ **Tabela 15** - Associação entre obstrução complexo ostiomeatal e as principais variáveis anatômicas do complexo ostiomeatal no grupo-controle – lado esquerdo

Variável – lado esquerdo	Classif	Obstrução complexo ostiomeatal esquerdo		p* (piloto x controle)
		Não	Sim	
Desvio septal	Não	47,1%	42,9%	1
	Sim	52,9%	57,1%	
Curvatura paradoxal da concha média	Não	97,1%	100,0%	1
	Sim	2,9%	0,0%	
Concha média bolhosa	Não	85,3%	57,1%	0,120
	Sim	14,7%	42,9%	
Célula Haller	Não	97,1%	85,7%	0,316
	Sim	2,9%	14,3%	
Bulla etmoidal proeminente	Não	88,2%	57,1%	0,082
	Sim	11,8%	42,9%	
Alterações do processo uncinado	Não	91,2%	100,0%	1
	Sim	8,8%	0,0%	
Célula de Aggner nasi	Não	67,6%	71,4%	1
	Sim	32,4%	28,6%	

*Teste exato de Fisher, $p < 0,05$

5.9 Variáveis descritivas do grupo dos pilotos

Na análise das variáveis do grupo dos pilotos, foi observada que a altitude de cabine de 6577 pés (± 880), a altitude voo foi de 8142 pés (± 892) e total de horas de voo foi de 93 horas (± 15) com desvio padrão de 880. A altitude média foi de 8142 pés com desvio padrão de 892 (Tabela 16).

No grupo dos pilotos, 2 casos tiveram cefaleia (13,3%), 4 tiveram infecção das vias aéreas (26,7%) e 2 tiveram barotrauma (13,3%).

Tabela 16 - Altitude de cabine, altitude média de voo e total de horas de voo do grupo dos pilotos

Variável	Média $\pm$ desvio padrão (mín – máx)
Altitude de cabine	6576 $\pm$ 800 (5683 – 8455)
Altitude média	8142 $\pm$ 892 (6157 – 9204)
Total de horas voadas	93 $\pm$ 15 (72 – 132)
Altitude de cabine de voo mensurada em pés	
Altitude média mensurada em pés	

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

6.1 Volumetria dos seios paranasais

Foi observado aumento do volume de seios maxilares em pilotos de aviões de caça após o término do programa de treinamento, com 8 meses de duração, quando comparado ao grupo-controle. O grupo-controle não apresentou alterações volumétricas nos seios maxilares no mesmo período. Analisando medidas estatísticas, aparece uma pequena alteração, porém, estamos avaliando seios maxilares, que são cavidades ósseas preenchidas com ar, que apresentam um volume pequeno. Se, em um período curto, de 8 meses, já observamos um aumento significativamente estatístico, nos interrogamos como ficariam em um período de 20 a 25 anos, que é a média de anos de voo de um aviador. A média do volume do seio maxilar (média dos dois observadores e média dos lados direito e esquerdo), com o *software* 3D Slicer, foi: 20,61 cc ($\pm 5,57$) no grupo dos pilotos e de 20,00 cc ($\pm 5,59$) no grupo dos pilotos no início do estudo, semelhantes com outros achados de volumetria dos seios maxilares utilizando outros *softwares* de análises^{82,88}.

Os seios maxilares têm uma tendência a reduzir de volume com a idade, observando-se um aumento do volume dos seios paranasais em pacientes desdentados e parcialmente desdentados⁵⁴. Isso pode ser explicado pela perda de dentes posteriores na maxila, levando à redução da estimulação mecânica do seio maxilar. Como consequência, o seio poderia se expandir (pneumatização) devido ao aumento da pressão e atividade osteoclástica da membrana Schneideriana.

Esta é a primeira pesquisa que avalia o volume dos seios maxilares em pilotos de aviões de caça. Nenhum dado anterior está disponível na literatura para realizar comparações diretas.

É bem conhecido que o desenvolvimento e a pneumatização dos seios maxilares terminam próximo aos 20 anos de idade e seu volume pode modificar-se somente mediante a presença de condições patológicas ou alterações anatômicas, como a presença de lesões de natureza histológica distintas ou mesmo quando dentes posteriores superiores são removidos^{116,117}.

Sabe-se, também, que o volume do seio maxilar pode apresentar-se significativamente menor em pacientes com rinossinusite crônica em comparação a indivíduos não acometidos por este processo patológico e que crianças com sinusopatia crônica de longa duração refratárias ao tratamento medicamentoso apresentaram redução do volume do seio maxilar e hiperostose óssea⁸³.

Neste estudo, uma das teorias para este aumento volumétrico do seios maxilares poderia estar associado à exposição de pilotos de aeronaves a mudanças repetitivas de força G e à lei dos gases (lei de Boyle-Mariotte).

Os pilotos de caça são fortemente expostos à força G (118) que afeta, principalmente, o fluxo sanguíneo da aorta podendo ocasionar hipotensão acentuada, isquemia cerebral¹¹⁹ e, possivelmente, alterações fisiológicas nos seios maxilares. Já foram observadas que as alterações repetitivas da força G resultam em respostas fisiológicas adaptativas, como aumento da pressão arterial média de repouso e da frequência cardíaca e ativação do sistema nervoso simpático.

Outra hipótese para o aumento do volume dos seios maxilares no grupo dos pilotos pode estar relacionada ao uso da máscara de oxigênio durante os voos. A máscara dos pilotos brasileiros é usada com oxigênio a 100% para prevenir a hipoxemia (MBU 12/P, Gentex Corporation, Estados Unidos da América)⁹⁹. Esta pressão positiva do oxigênio dentro da cavidade nasal, principalmente durante as manobras de alto G e, conseqüentemente, no interior do seio maxilar, pode culminar com a expansão do seio maxilar.⁽¹⁰⁵⁾ O comprimento do voo, as forças G mantidas e o uso de óculos com visão noturna também podem aumentar a pressão da máscara sobre a superfície da face¹⁰⁵.

Não existem muitos dados na literatura para tais evidências documentadas neste trabalho. No entanto, pilotos de aviões a jato de caça estão expostos a uma variedade de riscos ocupacionais, inerentes às próprias condições de voo que devem ser consideradas.

Sabe-se que algumas alterações fisiopatológicas distintas, decorrentes dos riscos ocupacionais aos quais a população de pilotos de caça é exposta, foram descritas. Uma delas é o “bruxismo”, hábito parafuncional que acarreta na contratura reflexa dos grupos musculares da mastigação, levando ao “ranger de dentes”¹²⁰; que fora associado a sinais de estresse crônico, principalmente em pilotos e quadros de cervicalgia em pilotos de caça^{121,122}. Ademais, alterações cardíacas adaptativas em pilotos de caça aposentados foram verificadas com exame ecocardiográfico^{123,124}, assim como, estado de hipercoagulabilidade devido à atividade de voo após o voo¹²⁵ e distúrbios visuais¹²⁶.

Há limitações do presente estudo, principalmente pelo número reduzido de aspirantes a pilotos de caça na Força Aérea Brasileira que entram todos os anos, bem como, um período restrito (8 meses) de acompanhamento. Uma grande dificuldade neste estudo foi a formação do grupo de controle, já que são jovens sadios que foram voluntários neste estudo e precisariam fazer um controle tomográfico em um período curto (8 meses). Além de todos esses aspectos limitantes do trabalho, outra dificuldade foi a evidência de escassez na literatura com abordagens de fisiologia de voo e artigos semelhantes para comparações diretas.

6.2 Alterações inflamatórias dos seios paranasais

O espessamento da mucosa sinusal é um sinal imaginológico presente em diversas sinusopatias, como processos inflamatórios, infecciosos e alérgicos¹⁶, concomitante a outras alterações nos seios paranasais¹³, sendo um achado muito frequente especialmente mediante a quadros de rinosinusites. Admite-se que o espessamento desta mucosa, detectável

imaginologicamente, possa ainda indicar normalidade, embora não exista um consenso sobre o valor numérico aceitável na literatura, que pode variar de 2 a 4 mm^{60,127}.

A presença de inflamação crônica na cavidade paranasal pode resultar em modificação quantitativa e qualitativa do tecido epitelial constituinte da mucosa sinusal, que leva ao seu espessamento¹²⁸.

Adicionalmente às alterações mencionadas, a inflamação crônica dos seios paranasais pode resultar em perda importante da mucosa ciliada, resultando em deficiência no transporte de mucina¹²⁹, levando ao acúmulo deste. Como consequência, a produção de mucina aumenta, gerando edema em óstios de drenagem, podendo culminar em sinusopatias outras de maior expressividade clínica, como, por exemplo, sinusites agudas¹³⁰.

A rinossinusite crônica, a rinite alérgica, bem como o desvio do septo nasal são as doenças mais frequentes na Otorrinolaringologia, promovendo um grande ônus financeiro, consumindo grande parte dos recursos de saúde^{131,132}, observando-se que o desenvolvimento de sinusopatia ao invés de sinusopatia crônica e dos pólipos nasais pode ser influenciado por fatores genéticos e ambientais^{133,134}. Na literatura, diversos fatores como: sexo masculino (especialmente população asiática), história de asma e sensibilidade à aspirina foram evidenciados como aumento da prevalência de sinusopatia e pólipos nasais¹³⁵⁻¹³⁸.

A etiologia da sinusopatia difere pela sua localização, enquanto a sinusite maxilar foi relatada como associada à doença dentária e infecção por fungo¹³⁹, a sinusopatia etmoidal e pólipos nasais foram relatados como associados à rinite alérgica, atopia e asma^{140,141}. Estudo populacional na Malásia revelou que o seio mais afetado na sinusopatia na TC foi o etmoide (21,8%), enquanto o seio mais afetado na ressonância magnética foi o seio maxilar (40,2%)¹⁴². Outros estudos mostraram que o seio mais acometido foi o seio maxilar (22,9%), seguido do etmoide anterior (10,0%) e do seio esfenoidal posterior (9,7%). Tanto a sinusopatia maxilar quanto a etmoidal foram relatadas como tendo maior prevalência em indivíduos do sexo masculino do que em mulheres¹⁴³.

No presente estudo, foi observado que houve uma maior prevalência de espessamento mucoso nos seios maxilares, seguido pelas células etmoidais anteriores, seios esfenoidais e seios frontais, tanto no grupo dos pilotos quanto no grupo-controle.

Um dos achados significantes e relevantes do estudo foi o aumento do espessamento mucoso, particularmente dos seios maxilares e das células etmoidais anteriores, observado nas análises comparativas das tomografias inicial e final no grupo dos pilotos. Não há trabalhos semelhantes na literatura para comparações diretas, porém, algumas das explicações para esses achados poderiam ser explicados por alterações fisiológicas do voo, tais como mudanças da força G, alteração de pressão atmosférica e redução da umidade pela máscara de voo. Estudos anteriores de 2008 já observaram uma predisposição de sinusopatia em pilotos com rinite alérgica quando comparado ao grupo-controle¹⁴⁴, observando-se que, em pilotos de transporte, a incidência de sinusopatia aguda foi discretamente maior quando comparado aos pilotos de caça e aos pilotos de helicóptero, sendo que algumas das possíveis causas atribuídas seriam alteração da pressão de cabine e altitude de voo¹⁴⁴. Estudo prévio realizado com pilotos de caça e helicóptero na China demonstrou que a incidência de sinusite crônica sem sintomas e cistos de seio nasal é alta em pilotos, sendo que a sinusite crônica é mais prevalente em pilotos de helicóptero quando comparados a pilotos de caça, observando-se que as mudanças da pressão atmosférica podem estar relacionadas a esses achados¹⁴⁵.

As demais alterações estudadas (pólipos/pseudocistos, opacificação parcial e total dos seios maxilares e frontais) não tiveram achados expressivos no presente estudo, embora tais alterações também possam estar relacionadas a quadros infecciosos e inflamatórios^{13,146}.

6.3 Variantes anatômicas do complexo ostiomeatal

Neste estudo, foram observadas que as principais variantes anatômicas do complexo ostiometal foram: células de Agger Nasi, concha média bolhosa, curvatura paradoxal, desvio do septo nasal, células de Haller e alterações do processo uncinado, concordantes com achados de outros estudos da literatura^{9,12}.

Referente ao desvio de septo nasal, foi observada uma prevalência de 33,3% no grupo dos pilotos e de 52,3% no grupo-controle, observando-se associação com obstrução do complexo ostiomeatal no grupo dos pilotos, sem resultados estatísticos significativos no presente estudo. A prevalência relatada na literatura varia de 40% a 96,9%⁹ devido a critérios diferentes para o grau e as características morfológicas do desvio septal. Neste estudo, quando comparadas as tomografias iniciais e finais, e correlacionadas com as variáveis de voo, não foram observadas alterações anatômicas do septo nasal, embora estudos prévios já evidenciassem deformidades nasais adquiridas em pilotos F-16 com o uso da máscara de oxigênio a 100%^{147,148}.

Na variante anatômica das célula de Agger nasi, foi observada prevalência de 33,3% a 53,3% no grupo dos pilotos e de 31,7% a 43,9% no grupo dos pilotos, observando-se correlação com obstrução do complexo ostiomeatal em 46,2% no grupo dos pilotos, não sendo estatisticamente significativo.

Na variante anatômica das células de Haller, foi constatada uma prevalência de 6,7% no grupo dos pilotos e de 4,9% no grupo-controle, não sendo observadas alterações significativas do complexo ostiomeatal na presente amostra. Estudos prévios mostram variações nas células de Haller de 4% a 45% nas prevalências estudadas¹⁴⁹, podendo ser fator etiológico significativo na sinusite maxilar recorrente¹⁵⁰.

Na avaliação da pneumapneumatização do corneto médio, foi observada prevalência de 20% no grupo dos pilotos e de 19,5 a 29,3% no grupo-controle, não sendo observadas alterações significativas do complexo ostiomeatal.

Esta variante anatômica tem sido evidenciada em trabalhos com casuística de 55%⁹, sendo fator obstrutivo do complexo ostiomeatal em 19%.

Foi observada prevalência de 26,7 a 33,3% de concha média paradoxal no grupo dos pilotos e de 14,5 a 53,7% no grupo-controle, sendo observada correlação com obstrução do complexo ostiomeatal no grupo dos pilotos em 15,4%. Estudos prévios evidenciam ocorrência de 7,9 % (151) e 25%⁹, sem comprometimento da via de drenagem do complexo ostiomeatal. Observam-se que pequenos cornetos médios paradoxais, que, geralmente, são bilaterais, não são considerados significativos, enquanto que os maiores têm o potencial de obstruir as vias de drenagem.

Na análise do processo uncinado, foi observada prevalência de 13,3 a 33,3% no grupo dos pilotos e de 4,9 a 7,3% no grupo-controle, sem alterações significativas com obstrução do complexo ostiomeatal. Autores descrevem que a orientação do processo uncinado está associada à configuração de três estruturas adjacentes (septo nasal, corneto médio e bulla etmoidal)⁹, sendo que, em 95% dos casos, foi associada ao aumento da bulla etmoidal¹⁵¹.

Bulla etmoidal proeminente pode comprometer o infundíbulo etmoidal e/ou o meato médio, sendo observadas incidências de 10%¹¹ a 89% dos casos¹⁵². Neste estudo, foi observada prevalência de 6,7 a 13,3% no grupo dos pilotos e de 14,6 a 17,1% no grupo-controle, não estando associado com comprometimento significativo do complexo ostiomeatal.

As variações anatômicas podem obstruir as vias de drenagem, como o complexo ostiomeatal, e predispor à sinusopatia crônica ou recorrente^{151,152}. Foi demonstrado neste estudo que o desvio do septo nasal seguido por célula de Aggner nasi e curvatura paradoxal da concha média foram as alterações anatômicas mais prevalentes que promoveram a obstrução do complexo ostiomeatal no grupo dos pilotos no presente estudo.

6.4 Considerações finais

Este estudo foi a primeira evidência documentada de aumento de volume dos seios maxilares e evidências significativas de aumento de espessamento mucoso nos seios maxilares em pilotos de caça relatados na literatura, sendo os aspectos fisiológicos do voo como possíveis causas.

A significância clínica destes achados são de extrema importância para abordagens futuras de prevenção de modificações fisiopatológicas e estruturais nos seios paranasais, como espessamento mucoso e expansão volumétrica em pessoas submetidas às inúmeras alterações da homeostase ocorridas pelo voo.

Há limitações do presente estudo, principalmente pelo número reduzido de aspirantes a pilotos de caça na Força Aérea Brasileira que entram todos os anos, bem como, um período restrito (8 meses) de acompanhamento. Além de todos esses aspectos limitantes do trabalho, outra dificuldade foi a evidência de escassez na literatura com abordagens de fisiologia de voo e artigos semelhantes para comparações diretas.

Finalizando, são necessários estudos futuros visando a um melhor entendimento e estabelecimento de correlação dos achados de aumento de alterações inflamatórias dos seios paranasais, bem como, o aumento volumétrico dos seios maxilares com as variáveis de voo.

7 CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que:

1) Houve aumento do volume dos seios maxilares do grupo dos pilotos quando comparado ao grupo-controle em período de 8 meses;

2) As principais alterações imaginológicas de ordem inflamatória observadas nas amostras estudadas foram espessamento mucoso, pólipos/pseudocistos de retenção mucosa seguida por opacificação total, sendo observado aumento de espessamento mucoso no grupo dos pilotos, principalmente nos seios maxilares e células etmoidais anteriores;

3) As variantes anatômicas do complexo ostiomeatal mais evidentes foram: célula de Agger nasi, desvio de septo nasal, curvatura paradoxal da concha média, alterações do processo uncinado e concha média bolhosa.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO A - Termo de aprovação do comitê de ética

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 26/08/2015, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 351/15 intitulado: “ESTUDO TOMOGRÁFICO DOS SEIOS PARANASAIS EM PILOTOS DE CAÇA E A CORRELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS DE VOO” apresentado pelo Departamento de RADIOLOGIA E ONCOLOGIA

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEPFMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: José Rodrigues Parga Filho

Pesquisador (a) Executante: Yeda da Silva

CEP-FMUSP, 26 de Agosto de 2015.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador Comitê de Ética em Pesquisa

8.2 ANEXO B - Termo de consentimento livre e esclarecido

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa: Estudo tomográfico dos seios paranasais em pilotos de caça e a correlação com as variáveis de voo

A JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS: O motivo que nos leva a estudar o problema é estudar as alterações dos seios paranasais em pilotos de caça devido às alterações fisiopatológicas que ocorrem no voo, a pesquisa se justifica devido ao fato de não existir pesquisas no Brasil de determinado tema . O objetivo desse projeto é a demonstração de alterações dos seios paranasais em pilotos de caça expostos a variáveis de voo como tempo de voo, altitude de voo, pressurização da aeronave e comorbidades associadas. Os procedimentos de coleta de material de dados serão da seguinte forma: realização de tomografia dos seios paranasais sem contraste em todos os participantes, sendo que em 8 (oito) meses, todos os participantes repetirão o mesmo exame; protocolo padrão a todos , contendo idade, tempo de voo/dia, altitude de cada voo, pressurização da aeronave; se o participante tem comorbidades associadas.

DESCONFORTOS E RISCOS E BENEFÍCIOS: Riscos inerentes as radiações ionizantes, considerando-se que não será utilizado contraste endovenoso nos exames de imagem.

FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA: Os exames serão analisados por dois radiologistas experientes e após 8 (oito) meses serão realizados novos exames para comparação. O participante será orientado após as análises para esclarecimentos dos resultados e acompanhamento caso seja necessário.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua

participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

O(s) pesquisador(es) irá(ão) tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados das pesquisas serão enviados para você e permanecerão confidenciais. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada no Curso de Medicina da Faculdade de Pública da Universidade de São Paulo e outra será fornecida a você.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS: A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

DECLARAÇÃO DA PARTICIPANTE OU DO RESPONSÁVEL PELA PARTICIPANTE: Eu, _____ fui informada (o) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. A pesquisadora Yeda da Silva e o orientador Prof. Dr. José Cláudio Campi de Castro certificaram-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais.

Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei chamar a pesquisadora Yeda da Silva no telefone (41___) 97414237 ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, sito à Av. Dr. Arnaldo, 715, Cerqueira César – São Paulo, SP.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome	Assinatura do Participante	Data
Nome	Assinatura do Pesquisador	Data
Nome	Assinatura da Testemunha	Data

9 REFERÊNCIAS

9 REFERÊNCIAS

1. Gardner ED, Gray DJ, O'Rahilly R. *Anatomia: estudo regional do corpo humano*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara; 2013.
2. de Castro A, Mims L, Hueston WJ. Rhinosinusitis. *Prim Care*. 2014;41(1):47-61.
3. Bolger WE, Butzin CA, Parsons DS. Paranasal sinus bony anatomic variation and mucosal abnormalities: CT analysis for endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope*. 1991;101(1 Pt 1):56-64.
4. Park JH, Tai K, Kanao A, Takagi M. Space closure in the maxillary posterior área through the maxillary sinus. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;145(1):95-102.
5. Mafee MF. Preoperative imaging anatomy of nasal-ethmoid complex for functional endoscopic sinus surgery. *Radiol Clin North Am*. 1993;31(1):1-20.
6. Stammberger H. Specific anatomy of the lateral nasal wall and ethmoid sinuses. In: Stammberger H, editor. *Functional endoscopic sinus surgery*. Philadelphia: BC Decker; 1991. p. 49-88.
7. Kennedy DW, Zinreich SJ, Kumar AJ, Rosenbaum AE, Johns ME. Physiologic mucosal changes within the nose and ethmoid sinus: imaging of the nasal cycle by MRI. *Laryngoscope*. 1988;98(9):928-33.
8. Gebrim EMS, Toyama C. Nariz e seios paranasais: Tomografia computadorizada e ressonância magnética. In: Gebrim EMS, Chammas MCC, Gomes RLE, [editores]. *Radiologia e diagnóstico por imagem: cabeça e pescoço*. Rio de Janeiro: Guanabara; 2010. p. 174-5.
9. Earwaker J. Anatomic variants in sinonasal CT. *Radiographics*. 1993;13(2):381-415.
10. Miranda CMNR, Maranhão CPM, Arraes FMNR, Padilha IG, Farias LPG, Jatobá MSA, et al. Variações anatômicas das cavidades paranasais à tomografia computadorizada multislice: o que procurar? *Radiol Bras*. 2011;44(4):256-62.
11. Alsowey AM, Abdulmonaem G, Elsammak A, Fouad Y. Diagnostic performance of Multidetector Computed Tomography (MDCT) in diagnosis of sinus variations. *Pol J Radiol*. 2017;82:713-25.

12. Riello APFL, Boasquevisque EM. Variações anatômicas do complexo ostiomeatal: achados tomográficos em 200 pacientes. *Radiol Bras.* 2008;41(3):149-54.
13. Mossa-Basha M, Blitz AM. Imaging of the paranasal sinuses. *Semin Roentgenol.* 2013;48(1):14-34.
14. Bangert BA. Imaging of paranasal sinus disease. *Pediatr Clin North Am.* 1997;44(3):681-99.
15. Matthias C, de Souza P, Merker HJ. Electron microscopic and immunomorphological investigations on the mucosa of the human paranasal sinuses. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 1997;254(5):230-5.
16. Goller-Bulut D, Sekerci AE, Köse E, Sisman Y. Cone beam computed tomographic analysis of maxillary premolars and molars to detect the relationship between periapical and marginal bone loss and mucosal thickness of maxillary sinus. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2015;20(5):e572-9.
17. Tadinada A, Fung K, Thacker S, Mahdian M, Jadhav A, Schincaglia GP. Radiographic evaluation of the maxillary sinus prior to dental implant therapy: a comparison between two-dimensional and three-dimensional radiographic imaging. *Imaging Sci Dent.* 2015;45(3):169-74.
18. Mohan N, Wolf J, Dym H. Maxillary sinus augmentation. *Dent Clin North Am.* 2015;59(2):375-88.
19. Chanavaz M. Maxillary sinus: anatomy physiology, surgery, and bone grafting related to implantology-eleven years of surgical experience (1979-1990). *J Oral Implantol.* 1990;16(3):199-209.
20. Krennmair G, Ulm CW, Lugmayr H, Solar P. The incidence, location, and height of maxillary sinus septa in the edentulous and dentate maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999;57(6):667-71.
21. Vinter I, Krmpotic-Nemanic J, Hat J, Jalsovec D. [Does the alveolar process of the maxilla always disappear after tooth loss?]. *Laryngorhinootologie.* 1993;72(12):605-7.
22. Tadinada A, Jalali E, Al-Salman W, Jambhekar S, Katechia B, Almas K. Prevalence of bony septa, antral pathology, and dimensions of the maxillary sinus from a sinus augmentation perspective: a retrospective cone-beam computed tomography study. *Imaging Sci Dent.* 2016;46(2):109-15.
23. Rosano G, Taschieri S, Gaudy JF, Lesmes D, Del Fabbro M. Maxillary sinus septa: a cadaveric study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(6):1360-4.

24. Rosenfeld RM. Acute sinusitis in adults. *N Engl J Med*. 2016;375(10):962-70.
25. Orlandi RR, Kingdom TT, Hwang PH, Smith TL, Alt JA, Baroody FM, et al. International consensus statement on allergy and rhinology: rhinosinusitis. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2016;6(Supl 1):S22-209.
26. Shasy RG, Moore EJ, Weaver A. Prevalence of the chronic sinusitis diagnosis in Olmsted County, Minnesota. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;130(3):320-3.
27. Hastan D, Fokkens WJ, Bachert C, Newson RB, Bislimovska J, Bockelbrink A, et al. Chronic rhinosinusitis in Europe-an underestimated disease: a GA²LEN study. *Allergy*. 2011;66(9):1216-23.
28. Fokkens WJ, Lund VJ, Mullol J, Bachert C, Alobid I, Baroody F, et al. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012: a summary for otorhinolaryngologists. *Rhinology*. 2012;50(1):1-12.
29. Rosenfeld RM, Piccirillo JF, Chandrasekhar SS, Brook I, Ashok Kumar K, Kramper M, et al. Clinical practice guideline (update): adult sinusitis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2015;152(2 Suppl):S1-S39.
30. Hamilos DL. Chronic rhinosinusitis patterns of illness. *Clin Allergy Immunol*. 2007;20:1-13.
31. Van Crombruggen K, Zhang N, Gevaert P, Tomassen P, Bachert C. Pathogenesis of chronic rhinosinusitis: inflammation. *J Allergy Clin Immunol*. 2011;128(4):728-32.
32. Tomassen P, Van Zele T, Zhang N, Perez-Novo C, Van Bruaene N, Gevaert P, et al. Pathophysiology of chronic rhinosinusitis. *Proc Am Thorac Soc*. 2011;8(1):115-20.
33. DeCastro A, Mims L, Hueston WJ. Rhinosinusitis. *Prim Care*. 2014;41(1):47-61.
34. Orlandi RR, Kingdom TT, Hwang PH, Smith TL, Alt JA, Baroody FM, et al. International consensus statement on allergy and rhinology: rhinosinusitis. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2016;6(Supl 1):S22-209.
35. Bhattacharyya N, Lee KH. Chronic recurrent rhinosinusitis: disease severity and clinical characterization. *Laryngoscope*. 2005;115(2):306-10.
36. Hamilos DL. Nasal polyps as immunoreactive tissue. *Allergy Asthma Proc*. 1996;17(5):293-6.

37. Arslan HH, Hidir Y, Durmaz A, Karslioglu Y, Tosun F, Gerek M. Unexpected tumor incidence in surgically removed unilateral and bilateral nasal polyps. *J Craniofac Surg*. 2011;22(2):751-4.
38. Saeed SR, Brookes GB. Aspergillosis of the paranasal sinuses. *Rhinology*. 1995;33(1):46-51.
39. Corey JP, Romberger CF, Shaw GY. Fungal diseases of the sinuses. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1990;103(6):1012-5.
40. Ikeda A, Ikeda M, Komatsuzaki A. A CT study of the course of growth of the maxillary sinus: normal subjects and subjects with chronic sinusitis. *J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 1998;60(3):147-52.
41. Bhattacharyya N, Lee LN. Evaluating the diagnosis of chronic rhinosinusitis based on clinical guidelines and endoscopy. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;143(1):147-51.
42. Rosenfeld RM, Piccirillo JF, Chandrasekhar SS, Brook I, Ashok Kumar K, Kramper M, et al. Clinical practice guideline (update): adult sinusitis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2015;152(2 Suppl):S1-S39.
43. Lund VJ, Milroy CM. Fronto-ethmoidal mucocoeles: a histopathological analysis. *J Laryngol Otol*. 1991;105(11):921-3.
44. Devars du Mayne M, Moya-Plana A, Malinvaud D, Laccourreye O, Bonfils P. Sinus mucocoele: natural history and long-term recurrence rate. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2012;129(3):125-30.
45. Nicollas R, Facon F, Sudre-Levillain I, Forman C, Roman S, Triglia JM. Pediatric paranasal sinus mucocoeles: etiologic factors, management and outcome. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2006;70(5):905-8.
46. Har-El G. Endoscopic management of 108 sinus mucocoeles. *Laryngoscope*. 2001;111(12):2131-4.
47. Cervantes SS, Lal D. Crista galli mucocoele: endoscopic marsupialization via frontoethmoid approach. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2014;4(7):598-602.
48. Victores A, Foroozan R, Takashima M. Recurrent onodi cell mucocoele: rare cause of 2 different ophthalmic complications. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;146(2):338-9.
49. Al-Sebeih KH, Bu-Abbas MH. Concha bullosa mucocoele and mucopyocoele: a series of 4 cases. *Ear Nose Throat J*. 2014;93(1):28-31.
50. Lee JH. Large haller cell mucocoele leading to maxillary sinusitis. *Ear Nose Throat J*. 2015; 94(4-5):E53-4.

51. Burrows AS. Mucocele of a pneumatized uncinate process: first reported case. *J Larygol Otol.* 2011;125(6):635-7.
52. Zainine R, Loukil I, Dhaouadi A, Ennaili M, Mediouni A, Chahed H, et al. [Ophthalmic complications of nasosinus mucocoeles]. *J Fr Ophtalmol.* 2014;37(2):93-8.
53. Madani G, Beale TJ. Differential diagnosis in sinonasal disease. *Semin Ultrasound CT MR.* 2009;30(1):39-45.
54. Sharan A, Madjar D. Maxillary sinus pneumatization following extractions: a radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008;23(1):48-56.
55. Swarupsinh V, Oliff J. The sinuses. In: Sutton D, editor. *Textbook of radiology and imaging.* 7th ed., Churchill Livingstone, 2003, p. 1519-29.
56. Desrosiers M, Evans GA, Keith PK, Wright ED, Kaplan A, Bouchard J, et al. Canadian clinical practice guidelines for acute and chronic rhinosinusitis. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011;40(Supl 2):S99-193.
57. Saitoh T, Kusunoli T, Yao T, Kawano K, Kojima Y, Miyahara K, et al. Relationship between epithelial damage or basement membrane thickness and eosinophilic infiltration in nasal polyps with chronic rhinosinusitis. *Rhinology.* 2009;47(3):275-9.
58. Poachanukoon O, Tangsathapornpong A, Tanuchit S. A comparison of cefditoren pivoxil 8-12 mg/kg/day and cefditoren pivoxil 16-20 mg/kg/day in treatment of children with acute presumed bacterial rhinosinusitis: a perspective, randomized, investigator-blinded, parallel-group study. *Clin Exp Otorhinolaryngol.* 2015;8(2):129-35.
59. Rak KM, Newell JD, Yakes WF, Damiano MA, Luethke JM. Paranasal sinuses on MR images of the brain: significance of mucosal thickening. *Am J Roentgenol.* 1991;156(2):381-4.
60. Lu Y, Liu Z, Zhang L, Zhou X, Zheng Q, Duan X, et al. Associations between maxillary sinus mucosal thickening and apical periodontitis using cone-beam computed tomography scanning: a retrospective study. *J Endod.* 2012;38(8):1069-74.
61. Kilickesmez O, Onerci Celebi O, Yalcinkaya M, Gokduman AR, Karagoz Y, Yigit O. Correlation of quantitative MR imaging findings with symptoms in patients with incidentally detected inflammatory sinonasal disease. *Diagn Interv Imaging.* 2018;99(2):65-72.
62. Gebrim EMS, Toyama C. Nariz e seios paranasais: Tomografia computadorizada e ressonância magnética. In: Gebrim EMS, Chammas MCC, Gomes RLE, [editores]. *Radiologia e diagnóstico por imagem: cabeça e pescoço.* Rio de Janeiro: Guanabara; 2010. p. 201.

63. Price HI, Batinitzky S, Karlin CA, Gilmore RL. Computed tomography of benign disease of the paranasal sinuses. *Radiographics*. 1983;3(1):107-40.
64. Allard RH, Van der Kwast WA, Van der Waal I. Mucosal antral cysts. Review of the literature and report of a radiographic survey. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1981;51(1):2-9.
65. Casamassimo OS, Lilly GE. Mucosal cysts of the maxillary sinus: a clinical and radiographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1980;50(3):282-6.
66. White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology: principles and interpretation*. 5th ed. St. Louis: Mosby; 2014.
67. Gebrim EMS, Toyama C. Nariz e seios paranasais: Tomografia computadorizada e ressonância magnética. In: Gebrim EMS, Chammas MCC, Gomes RLE, [editores]. *Radiologia e diagnóstico por imagem: cabeça e pescoço*. Rio de Janeiro: Guanabara; 2010. p. 174-9.
68. Lund VJ, Kennedy DW. Staging for rhinosinusitis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1997;117(3 Pt 2):S35-40.
69. Bhattacharyya N, Fried MP. The accuracy of computed tomography in the diagnosis of chronic rhinosinusitis. *Laryngoscope*. 2003;113(1):125-9.
70. Raghav M, Karjodkar FR, Sontakke S, Sansare K. Prevalence of incidental maxillary sinus pathologies in dental patients on cone-beam computed tomographic images. *Contemp Clin Dent*. 2014;5(3):361-5.
71. Shahbazian M, Vandewoude C, Wyatt J, Jacobs R. Comparative assessment of panoramic radiography and CBCT imaging for radiodiagnostics in the posterior maxilla. *Clin Oral Investig*. 2014;18(1):293-300.
72. Bell GW, Joshi BB, Macleod RI. Maxillary sinus disease: diagnosis and treatment. *Br Dent J*. 2011;210(3):113-8.
73. Shiki K, Tanaka T, Kito S, Wakasugi-Sato N, Matsumoto-Takeda S, Oda M, et al. The significance of cone beam computed tomography for the visualization of anatomical variations and lesions in the maxillary sinus for patients hoping to have dental implant-supported maxillary restorations in a private dental office in Japan. *Head Face Med*. 2014; 10(20):2-13.
74. Patcas R, Markic G, Müller L, Ulrich O, Peltomäki T, Kellenberger CJ, et al. Accuracy of linear intraoral measurements using cone beam CT and multidetector CT: a tale of two CTs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41(8):637-44.

75. Hauman CH, Chandler NP, Tong DC. Endodontic implications of the maxillary sinus: a review. *Int Endod J*. 2002;35(2):127-41.
76. Mafee MF, Tran BH, Chapa AR. Imaging of rhinosinusitis and its complications: plain film, CT, and MRI. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2006;30(3):165-86.
77. Cohen O, Warman M, Fried M, Shoffel-Havakuk H, Adi M, Halperin D, et al. Volumetric analysis of the maxillary, sphenoid and frontal sinuses: a comparative computerized tomography based study. *Auris Nasus Larynx*. 2018;45(1):96-102.
78. Nicolielo LF, Van Dessel J, Jacobs R, Martens W, Lambrichts I, Rubira-Bullen IR. Presurgical CBCT assessment of maxillary neurovascularization in relation to maxillary sinus augmentation procedures and posterior implant placement. *Surg Radiol Anat*. 2014;36(9):915-24.
79. Sánchez Fernández JM, Anta Escuredo JA, Sánchez Del Rey A, Santaolalla Montoya F. Morphometric study of the paranasal sinuses in normal and pathological conditions. *Acta Otolaryngol*. 2000;120(2):273-8.
80. Tikku T, Khanna R, Sachan K, Srivastava K, Munjal N. Dimensional changes in maxillary sinus of mouth breathers. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2013;3(1):9-14.
81. Spaeth J, Krügelstein U, Schlöndorff G. The paranasal sinuses in CT-imaging: development from birth to age 25. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1997;39(1):25-40.
82. Kirmeier R, Arnetzl C, Robl T, Payer M, Lorenzoni M, Jakse N. Reproducibility of volumetric measurements on maxillary sinuses. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(2):195-9.
83. Kim HY, Kim MB, Dhong HJ, Jung YG, Min JY, Chung SK, et al. Changes of maxillary sinus volume and bony thickness of the paranasal sinuses in longstanding pediatric chronic rhinosinusitis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2008;72(1):103-8.
84. Park IH, Song JS, Choi H, Kim TH, Hoon S, Lee SH. Volumetric study in the development of paranasal sinuses by CT imaging in Asian: a pilot study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2010;74(12):1347-50.
85. Deeb R, Malani PN, Gill B, Jafari-Khouzani K, Patel S, Zacharek MA. Three-dimensional volumetric measurements and analysis of the maxillary sinus. *Am J Rhinol Allergy*. 2011;25(3):152-6.
86. Hamdy RM, Abdel-Wahed N. Three-dimensional linear and volumetric analysis of maxillary sinus pneumatization. *J Adv Res*. 2014;5(3):387-95.

87. Selcuk OT, Erol B, Renda L, Osma U, Eyigor H, Gunsoy B, et al. Do altitude and climate affect paranasal sinus volume? *J Craniomaxillofac Surg*. 2015;43(7):1059-64.
88. Giacomini G, Pavan ALM, Altemani JMC, Duarte SB, Fortaleza CMCB, Miranda JRA. Computed tomography-based volumetric tool for standardized measurement of the maxillary sinus. *PLoS One*. 2018;13(1):e0190770.
89. Aktuna Belgin C, Colak M, Adiguzel O, Akkus Z, Orhan K. Three-dimensional evaluation of maxillary sinus volume in different age and sex groups using CBCT. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2019;276(5):1493-9.
90. Silveira SPER, Duarte APDS, Correia RMVG. Medicina aeronáutica: uma componente aérea da saúde military. *Revista Militar*. 2006 [acesso em 2019 set 01]. Disponível em: <http://www.revistamilitar.pt/artigo/120>
91. Gomes MAV, Alberti LR, Ferreira FL, Gomes VM. Aspectos históricos do transporte aeromédico e da medicina aeroespacial: revisão. *Rev Med Minas Gerais*. 2013;23(1):113-14.
92. Temporal WF. Pressurização de cabines/descompressão acidental. In: Temporal WF, organizador. *Medicina aeroespacial*. 3. ed. Rio de Janeiro: Luzes; 2005. p. 143-45.
93. Med AV. Aviation medicine: aerospace medicine [homepage na Internet]. G Force: what is? 2019 [acess 2019 nov 04]. Available from: <http://www.avmed.in/2012/06/g-force-what-is/>.
94. Gradwell DP, Macmillan AJF. Oxygen systems, pressure cabin and clothing. In: Gradwell DP, Rainford DJ, editors. *Ernsting's aviation and space medicine*. 5th ed. Flórida: CRC Press; 2016. p. 106.
95. Federal Aviation Administration. Introduction to aviation physiology. [Internet]. 2016 [acess 2019 nov 06]. Available from: https://www.faa.gov/pilots/training/airman_education/media/IntroAviationPhys.pdf.
96. Brasil. Força Área Brasileira. Museu Aeroespacial. Toque no acervo: macacão anti-g (MK2 B). [Homepage]. 2019 [acesso em 2019 nov 06]. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-toque-no-acervo/433-macacao-anti-g>
97. Marinho RC. A aeronave. In: Marinho RC. *Fundamentos da medicina aeroespacial*. Natal: Sincronia; 2018. p. 58-9.
98. Dorgam JV, Souza BB, Sarreta SMC, Ferreira MDS, Melo VR, Anselmo-Lima WT. Estudo histológico e ultra-estrutural da mucosa do seio maxilar em pacientes com rinossinusite crônica e polipose nasossinusal. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2004;70(1):7-13.

99. Gentex corporation [Homepage]. 2019 [acess 2019 nov 06]. Available from: <https://gentexcorp.com/>.
100. Embraer [Homepage]. 2019 [acesso em 2019 nov 06]. Disponível em: <https://defense.embraer.com/br/pt>
101. Poder Aéreo. Super Tucano bem na foto [Homepage]. 2016 [acesso em 2019 nov 06]. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2016/06/24/super-tucano-bem-na-foto/>
102. Brasil. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. Fotos [Homepage]. 2019. [acesso em 2019 nov 06]. Disponível em: <http://fab.mil.br/fotos>
103. Marinho RC. O meio aeroespacial. In: Marinho RC. *Fundamentos da medicina aeroespacial*. Natal: Sincronia; 2018. p. 66-7.
104. Rice GM, Snider D, Moore JL, Lavan JT, Folga R, VanBrunt TB. Evidence for –Gz adaptation observed with wearable biosensors during high performance jet flight. *Aerosp Med Hum Perform*. 2016;87(12):996-1003.
105. Russomano T, Castro JC. A atmosfera terrestre e as leis dos gases. In: Russomano T, Castro JC. *Fisiologia aeroespacial: conhecimentos essenciais para voar com segurança*. Porto Alegre: EDIPUCRS; 2012. p. 36-8.
106. Gradwell DP. Hypoxia and hyperventilation. In: Gradwell DP, Rainford DJ, editors. *Ernsting's aviation and space medicine*. 5th ed. Flórida: CRC Press; 2016. p. 49-53.
107. Temporal WF. Lei dos gases. In: Temporal WF, organizador. *Medicina aeroespacial*. 3. ed. Rio de Janeiro: Luzes; 2005. p. 43-4.
108. Caldera S. Otorrinolaringology. In: Gradwell DP, Rainford DJ, editors. *Ernsting's aviation and space medicine*. 5th ed. Flórida: CRC Press; 2016. p. 531.
109. Marinho RC. A aeronave. In: Marinho RC. *Fundamentos da medicina aeroespacial*. Natal: Sincronia; 2018 p. 109-11.
110. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet*. 2011;377(9760):153-64.
111. Gradwell DP. Hypoxia and hyperventilation. In: Gradwell DP, Rainford DJ, editors. *Ernsting's aviation and space medicine*. 5th ed. Flórida: CRC Press; 2016. p. 69-72.
112. Brasil. Força Aérea Brasileira. Academia da Força Aérea. Departamento de ensino da aeronáutica [Homepage]. [2019] [acesso em 2019 nov 07]. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/afa>.

113. Brasil. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. Veja como se tornar um piloto military da Força Aérea Brasileira: escolha profissional começa cedo e é marcada por esforço e dedicação [Homepage] 2015 Out 22 [acesso em 2019 nov 07]. Disponível em: <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/23345/DIAAVIADOR>
114. Weerakkody Y, Claassen B. Paranasal sinuses retention cysts. Radiopaedia Homepage]. [2019] [acesso em 2019 nov 07]. Disponível em: <https://radiopaedia.org/articles/paranasal-sinuses-retention-cysts>
115. Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, Finet J, Fillion-Robin JC, Pujol S, et al. 3D slicer as an image computing platform for the quantitative imaging network. *Magn Reson Imaging*. 2012;30(9):1323-41.
116. Velasco-Torres M, Padial-Molina M, Avila-Ortiz G, García-Delgado R, O'Valle F, Catena A, et al. Maxillary sinus dimensions decrease as age and tooth loss increase. *Implant Dent*. 2017;26(2):288-95.
117. Cho SH, Kim TH, Kim KR, Lee JM, Lee DK, Kim JH, et al. Factors for maxillary sinus volume and craniofacial anatomical features in adults with chronic rhinosinusitis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;136(6):610-5.
118. Federal Aviation Administration. Acceleration in aviation: G-force. [Internet] [2004]. Disponível em: <https://www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/Acceleration.pdf>.
119. Werchan PM, Schadt JC, Fanton JW, Laughlin MH. Total and regional cerebral blood flow during recovery from G-LOC. *Aviat Space Environ Med*. 1996;67(8):751-8.
120. Lurie O, Zadik Y, Einy S, Tarrasch R, Raviv G, Goldstein L. Bruxism in military pilots and non-pilots: tooth wear and psychological stress. *Aviat Space Environ Med*. 2007 Fev;78(2):137-9.
121. Chumbley EM, O'Hair N, Stolfi A, Lienesch C, McEachen JC, Wright BA. Home cervical traction to reduce neck pain in fighter pilots. *Aerosp Med Hum Perform*. 2016;87(12):1010-5.
122. Shiri R, Frilander H, Sainio M, Karvala K, Sovellius R, Vehmas T, et al. Cervical and lumbar pain and radiological degeneration among fighter pilots: a systematic review and meta-analysis. *Occup Environ Med*. 2015;72(2):145-50.
123. Yang XE, Chen ZG, Long L, Zhai DS, Zhao XJ, Fang RY. [Heart morphologic state in retired fighter pilots]. *Space Med Med Eng*. 2000;13(6):440-3.

124. Newman DG, Callister R. Cardiovascular training effects in fighter pilots induced by occupational high G exposure. *Aviat Space Environ Med.* 2008;79(8):774-8.
125. Biondi G, Farrace S, Mameli G, Marongiu F. Is there a hypercoagulable state in military fighter pilots? *Aviat Space Environ Med.* 1996;67(6):568-71.
126. Yilmaz U, Centiguc M, Akin A. Visual symptoms and G-LOC in the operational environment and during centrifuge training of Turkish jet pilots. *Aviat Space Environ Med.* 1999;70(7):709-12.
127. Kilickesmez O, Onerci Celebi O, Yalcinkaya M, Gokduman AR, Karagoz Y, Yigit O. Correlation of quantitative MR imaging findings with symptoms in patients with incidentally detected inflammatory sinonasal disease. *Diagn Interv Imaging.* 2018;99(2):65-7.
128. Dorgam JV, Souza BB, Sarreta SMC, Ferreira MDS, Melo VR, Anselmo-Lima WT. Estudo histológico e ultra-estrutural da mucosa do seio maxilar em pacientes com rinossinusite crônica e polipose nasossinusal. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2004;70(1):7-13.
129. Dorgam JV, Souza BB, Sarreta SMC, Ferreira MDS, Melo VR, Anselmo-Lima WT. Estudo histológico e ultra-estrutural da mucosa do seio maxilar em pacientes com rinossinusite crônica e polipose nasossinusal. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2004;70(1):7-13.
130. DeCastro A, Mims L, Hueston WJ. Rhinosinusitis. *Prim Care.* 2014;41(1):47-61.
131. Mattos JL, Woodard CR, Payne SC. Trends in common rhinologic illnesses: analysis of U.S. healthcare surveys 1995-2007. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2011;1(1):3-12.
132. Fokkens WJ, Lund VJ, Mullol J, Bachert C, Alobid I, Baroody F, et al. EPOS 2012: European position paper on rhinosinusitis and nasal polyps 2012: a summary for otorhinolaryngologists. *Rhinology.* 2015;50(1):1-12.
133. Henmyr V, Vandeplas G, Halldén C, Säil T, Olze H, Bacher C, et al. Replication study of genetic variants associated with chronic rhinosinusitis and nasal polyposis. *J Allergy Clin Immunol.* 2014;133(1):273-5.
134. Muluk NB, Arikan OK, Atasoy P, Kiliç R, Yalçinozan ET. The role of endothelial nitric oxide synthase (eNOS) in the pathogenesis of sinonasal polyps. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2014;18(6):918-29.
135. Soler ZM, Schlosser RJ. The role of fungi in diseases of the nose and sinuses. *Am J Rhinol Allergy.* 2012;26(5):351-8.

136. Collins MM, Pang YT, Loughran S, Wilson JA. Environmental risk factors and gender in nasal polyposis. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 2012;27(5):314-7.
137. Hakansson K, Thomsen SF, Konge L, Mortensen J, Backer V, Von Buchwald C. A comparative and descriptive study of asthma in chronic rhinosinusitis with nasal polyps. *Am J Rhinol Allergy*. 2014;28(5):383-7.
138. Thomas M, Yawn BP, Price D, Lund V, Mullol J, Fokkens W, et al. EPOS primary care guidelines: European position paper on the primary care diagnosis and management of rhinosinusitis and nasal polyps 2007: a summary. *Prim Care Respir J*. 2008;17(2):78-89.
139. Shi JB, Fu QL, Zhang H, Cheng L, Wang YJ, Zhu DD. Epidemiology of chronic rhinosinusitis: results from a cross-sectional survey in seven Chinese cities. *Allergy*. 2015;70(5):533-9.
140. Comacle P, Belaz S, Jegoux F, Ruaux C, Le Gall F, Gangneux JP, et al. Contribution of molecular tools for the diagnosis and epidemiology of fungal chronic rhinosinusitis. *Med Mycol*. 2016;54(8):794-800.
141. Tint D, Kubala S, Toskala E. Risk factors and comorbidities in chronic rhinosinusitis. *Curr Allergy Asthma Rep*. 2016;16(2):16.
142. Chandra RK, Lin D, Tan B, Tudor RS, Conley DB, Peters AT, et al. Chronic rhinosinusitis in the setting of other chronic inflammatory diseases. *Am J Otolaryngol*. 2011;32(5):388-91.
143. Nazri M, Bux SI, Tengku-Kamalden TF, Ng KH, Sun Z. Incidental detection of sinus mucosal abnormalities on CT and MRI imaging of the head. *Quant Imaging Med Surg*. 2013;3(2):82-8.
144. Hansen AG, Helvik AS, Nordgard S, Bugten V, Stovner LJ, Haberg AK, et al. Incidental findings in MRI of the paranasal sinuses in adults: a population-based study (HUNT MRI). *BMC Ear Nose Throat Disord*. 2014;14(1):13.
145. Ulanovski D, Barenboim E, Raveh E, Grossman A, Azaria B, Shpitzer T. Sinusitis in pilots of different aircraft types: is allergic rhinitis a predisposing factor? *Am J Rhinol*. 2008;22(2):122-4.
146. Xu X, Ma X, Zhang Y, Xiong W. [Comparative analysis on data of nasal sinus between helicopter and(strike) fighter pilots under physical examination for change to new-type aircraft]. *Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2012;26(2):62-4.
147. Bachert C, Hörmann K, Mösges R, Rasp G, Riechelmann H, Müller R, et al. An update on the diagnosis and treatment of sinusitis and nasal polyposis. *Allergy*. 2003; 58(3):176-91.

148. Schreinemakers JR, Van Amerongen P, Kon M. Acquired nasal deformities in fighter pilots. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2010;63(7):1271-9.
149. Schreinemakers JR, Westers P, Van Amerongen P, Kon M. Oxygen mask related nasal integument and osteocartilagenous disorders in F-16 fighter pilots. *PLoS One*. 2013;8(3):e56251.
150. Kennedy DW, Zinreich SJ, Rosenbaum AE, Johns ME. Functional endoscopic sinus surgery: theory and diagnostic evaluation. *Arch Otolaryngol*. 1985;111(9):576-82.
151. Bolger WE, Butzin CA, Parsons DS. Paranasal sinus bony anatomic variations and mucosal abnormalities: CT analysis for endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope*. 1991;101(1 Pt 1):56-64.
152. Bolger WE, Butzin CA, Parsons DS. Paranasal sinus bony anatomic variations and mucosal abnormalities: CT analysis for endoscopic sinus surgery. *Laryngoscope*. 1991;101(1 Pt 1):56-64.
153. Fadda GL, Rosso S, Aversa S, Petrelli A, Ondolo C, Succo G. Multiparametric statistical correlations between paranasal sinus anatomic variations and chronic rhinosinusitis. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2012;32(4):244-51.