



Mestrado Integrado em Medicina Dentária
Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

**Aplicações clínicas da tomografia computadorizada de feixe
cónico em pacientes ortodônticos**

Revisão da literatura

Ana Bárbara Nunes de Almeida e Silva

Orientador: Prof. Doutora Sónia Alves Pereira

Co-orientador: Prof. Doutora Ana Teresa Côrte-Real

Coimbra , 2018

Aplicações clínicas da tomografia computadorizada de feixe cónico em pacientes ortodônticos

Revisão da literatura

Nunes B¹, Corte-Real A², Alves Pereira S³

1. Aluna, 5^o ano, Mestrado Integrado, Faculdade de medicina, Universidade de Coimbra, Portugal.

2. DDS, MSc, PhD, Professora Auxiliar, Instituto de Medicina Legal e Ciências Forenses, Área de Medicina Dentária, Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

3. DDS, MSc, PhD, Professora Auxiliar, Instituto de Ortodontia, Área de Medicina Dentária, Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Área de Medicina Dentária, FMUC, Coimbra - Portugal
Av. Bissaya Barreto, Blocos de Celas,

3000-075 Coimbra

Tel.: +351 239 484 183

Fax.: +351 239 402 910

barbaranunes245@gmail.com

Resumo

Introdução: Na Medicina Dentária e particularmente em Ortodontia, as técnicas radiológicas convencionais, como a radiografia panorâmica, a telerradiografia lateral e frontal da face, as radiografias periapicais e oclusais ainda são as mais frequentemente requisitadas pelo profissional. A necessidade de métodos mais fidedignos e com menores distorções e sobreposições levam o médico-dentista a recorrer a alternativas tecnológicas, pouco invasivas e rápidas, que possam minimizar as sequelas da exposição à radiação. A tomografia computadorizada de feixe cónico (TCFC) tem vindo a destacar-se neste âmbito. Este exame complementar permite uma avaliação exaustiva dos detalhes anatómicos das estruturas crânio-faciais, sendo uma mais valia no diagnóstico e monitorização do tratamento ortodôntico.

Há que salientar, de entre a vasta área de aplicações clínicas da TCFC em ortodontia, as que mais se destacam: o diagnóstico/localização de dentes inclusos, os estudos cefalométricos, o planeamento na colocação de dispositivos expansores maxilares e micro-implantes, os tratamentos ortodôntico-cirúrgicos combinados e o diagnóstico de malformações crânio-faciais. Transversalmente aos itens supracitados e no contexto médico-legal, assume-se o médico dentista com um papel avaliador e tradutor da informação. Neste âmbito a TCFC é aplicada no mais correto exercício da justiça.

Objetivo: Esta revisão da literatura tem por objetivo clarificar a relevância da TCFC no âmbito da ortodontia, face às aplicações clínicas desta técnica em situações de maior complexidade de diagnóstico e tratamento. Além disto, abordar de forma genérica as técnicas radiográficas convencionais utilizadas em Ortodontia, referindo as diferenças entre elas, particularmente no que toca à dose de radiação aplicada.

Metodologia de Pesquisa: Foi realizada uma pesquisa eletrónica na base de dados MEDLINE/PubMed, com os termos "orthodontics", "cone-beam computed tomography" e "orthodontic application". Às publicações identificadas, foram aplicados os filtros: resumo disponível online, versão "Full text", publicações em língua inglesa ou portuguesa dos últimos 10 anos e estudos em humanos. Os títulos e resumos dos artigos foram seleccionados com base nos critérios de inclusão e exclusão. Outra literatura relevante para esta revisão foi adicionada manualmente.

Resultados: Foram identificados 1059 artigos. Considerando os critérios de exclusão e a análise da relevância dos trabalhos, consideramos para análise e elaboração desta revisão, 84 referências bibliográficas.

Conclusão: Há evidência científica de que esta técnica é uma ferramenta fundamental para um diagnóstico credível, em situações de elevada complexidade, quando nenhuma outra técnica convencional o permite.

Palavras-chave: “Ortodontia”, “Tomografia computadorizada de feixe cônico”, “Radiação”, “Aplicações” e “Imagiologia”

Abstract

Introduction: In dentistry and particularly in orthodontics, conventional radiological techniques such as panoramic radiography, frontal and lateral telerradiography of the face, periapical and occlusal radiographs are still the most frequently requested by the professional. The need for more reliable methods and with less distortions and overlaps lead the dentist to resort to technological alternatives, which are faster and not invasive, that can minimize the sequelae of radiation exposure. Cone-beam computed tomography (CBCT) has become very important in this field. This complementary examination allows an exhaustive evaluation of the anatomical details of the craniofacial structures, becoming an huge value in the diagnosis and monitoring of orthodontic and / or surgical treatment.

The wide range of clinical applications of CBCT in orthodontics should be emphasized: from orthognathic surgery, cephalometric studies, diagnosis / location of included teeth, planning of placement of maxillary expanders and micro-implants, diagnosis of cranial malformations facial and tumors of the oral cavity. Transversally to the already mentioned items and in the medico-legal context, the dentist is assumed to have an evaluating role and an information translator. In this context the TCFC is applied in the most correct exercise of justice.

Objective: This review aims to clarify the clinical applications of this technique, in orthodontics, in situations of greater complexity of diagnosis and treatment. In addition, to know a little about conventional radiological techniques and the differences between them, particularly with regard to radiation doses.

Research Methodology: An electronic search was performed in the MEDLINE / PubMed database, with the terms Mesh " orthodontics " AND " cone-beam computed tomography "; " Orthodontic application " AND " cone-beam computed tomography ", "Full text" version, in English and Portuguese, were published and published in the last 10 years. Titles and abstracts of articles were crawled based on inclusion and exclusion criteria. Other relevant literature for this review was added manually.

Results: There were 1059 articles. Considering the exclusion criteria and the analysis of the relevance of the work, we obtained 84 bibliographic references for the review.

Conclusion: There is scientific evidence that this technique is a fundamental tool for a credible diagnosis, in situations of high complexity, when no other conventional technique allows it.

Key words: " Orthodontics ", " Cone beam computed tomography ", " Radiation ", " Applications "and " Imagiology ".

Índice

Resumo	V
Abstract	VI
Índice Geral.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tabelas.....	X
Lista de abreviaturas	XI
1. Objectivos.....	1
2. Introdução.....	1
2.1- Contextualização histórica da radiologia em Medicina Dentária	1
2.2- Técnicas imagiológicas usadas no diagnóstico Ortodôntico	3
2.2.1- Cintigrafia óssea	4
2.2.2- Ressonância magnética.....	4
2.2.3- Radiografia panorâmica	4
2.2.4- Radiografia periapical	6
2.2.5- Radiografia oclusal.....	6
2.2.6- Telerradiografia de perfil da face	7
2.2.7- Telerradiografia frontal da face	8
2.2.8- Radiografia da mão e do punho.....	9
2.2.9- Tomografia axial computadorizada.....	10
2.2.10- Tomografia computadorizada de feixe cónico	11
2.3- Dose de radiação	13
2.4- Aplicações da TCFC na área da Ortodontia	15
3. Materiais e Métodos / Metodologia de pesquisa	24
3.1. Estratégia de pesquisa.....	25
3.2. Critérios de inclusão e exclusão para a revisão da literatura	26
4. Discussão	28
5. Conclusão.....	37
6. Bibliografia.....	38

Índice de figuras

Figura I: Mão esquerda de Bertha, esposa de Röntgen. Primeira radiografia da história.....	2
Figura II: Primeira radiografia realizada pelo Dr. Walkhoff aos seus próprios dentes.....	3
Figura III: Ortopantomografia de um paciente em dentição mista (32 peças dentárias definitivas)	5
Figura IV: Radiografias periapicais para diagnóstico de RRAE.....	6
Figura V: Radiografia oclusal de paciente portador de aparelho fixo de expansão com parafuso Hyrax. Exame de controlo, após a expansão da sutura média palatina.....	7
Figura VI: Representação de uma telerradiografia de perfil da face, de uma cefalometria realizada a partir dessa telerradiografia de perfil da face, foto de perfil do paciente.....	7
Figura VII: Representação esquemática dos estádios das vértebras cervicais de acordo com o método de Baccetti <i>et al.</i>	8
Figura VIII: Telerradiografia frontal do andar inferior da face. É possível observar a inclusão do 23.....	9
Figura IX: Exame radiográfico da mão e punho.....	9
Figura X: Reconstrução 3D do andar inferior da face após manipulação computadorizada para simulação da diminuição da densidade óssea.....	11
Figura XI: Aparelho de TCFC da marca I-Cat, (Imaging sciences International, Hatfield, Pennsylvania).....	12
Figura XII: Comparação gráfica da tomografia convencional (A) e da tomografia computadorizada de feixe cónico (B) com a fonte e detector de raios-x.....	13
Figura XIII: Cortes realizados via TCFC; (A) Vista axial de um 23 incluído; (B) vista axial do mesmo dente; (C) Vista frontal/ coronal.....	16
Figura XIV: Representações obtidas via TCFC da inclusão bilateral por vestibular dos dois caninos superiores.....	16
Figura XV: Cortes realizados via TCFC, analisados por InVivoDental®. Vista axial e vista sagital dos caninos 13 e 23 retidos (inclusão por vestibular dos 2 caninos superiores.....	17

Figura XVI: Reconstruções 3D de imagens DICOM. Destaca-se o posicionamento anatómico do dente 45 e o trajeto do nervo alveolar inferior.....	18
Figura XVII: Corte sagital de imagem DICOM analisada por InVivo®. Destaque para as mensurações das dimensões ósseas no 5º sextante, a nível vestibular e lingual, efetuadas perpendicularmente ao grande eixo do dente. Aqui é importante grande resolução da imagem.....	18
Figura XVIII: Três planos de corte tomográficos utilizados para diagnóstico da RRAE: coronal (superior esquerdo), sagital (superior direito) e axial (inferior esquerdo) A imagem inferior direita corresponde a reconstrução tridimensional de imagem DICOM.....	19
Figura XIX: Reconstrução tridimensional do 1/3 médio e 1/3 inferior da face. Excelente para avaliação da articulação temporo-mandibular.....	20
Figura XX: TCFC para visualização das dimensões transversais do maxilar superior e osso alveolar vestibular dos dentes posteriores superiores.....	21
Figura XXI: Conjunto de imagens obtidas via TCFC de um paciente com fenda lábio-palatina esquerda.....	22
Figura XXII: Reconstrução tridimensional via TCFC. Vista lateral para visualização e mensuração das vias aéreas superiores.....	22
Figura XXIII: Reconstruções obtidas por TCFC. Protocolo para isolamento dos dentes não erupcionados. Escolhendo "Dental view", aumentando o contraste e com diminuição do brilho.....	23
Figura XXIV: Fluxograma do processo de seleção das publicações.....	27

Índice de tabelas

Tabela I: Dose efetiva expressa em microsievverts (mSv). Adaptado de <i>American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology</i> (2013).....	13
Tabela II: Princípios básicos a serem seguidos na prática clínica aquando da utilização da TCFC (SEDENTEXT).....	14

Lista de abreviaturas

2D: Bidimensional

3D: Tridimensional

ALARA: As Low As Reasonably Achievable

ATM: Articulação Temporomandibular

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine

EFOV: Extended Field of View

ELM: Expansão Lenta Maxilar

ERM: Expansão Rápida Maxilar

FIC: Fratura Intracapsular do Côndilo

FLP: Fissura Labiopalatina

FOV: Field of View

ICRP: International Commission on Radiological Protection

mSv: microsieverts

PTD: Perceived Treatment Difficulty

RRAE: Reabsorção Radicular Apical Externa

SAOS: Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono

SEDENTEXCT: Safety And Efficacy Of A New And Emerging Dental X-Ray Modality

TAC: Tomografia Computorizada Médica

TCFC: Tomografia Computorizada de Feixe Cônico

1. Objetivos

Esta revisão da literatura tem por objetivo clarificar a relevância da TCFC no âmbito da ortodontia, face às aplicações clínicas desta técnica em situações de maior complexidade de diagnóstico e tratamento.

Além disto, abordar de forma genérica as técnicas radiográficas convencionais utilizadas em Ortodontia, referindo as diferenças entre as mesmas, particularmente no que respeita à dose de radiação aplicada.

2. Introdução

Os exames complementares de diagnóstico são instrumentos essenciais à realização de um adequado plano de tratamento e para a sua concretização com sucesso em qualquer área da Medicina Dentária.

A imagiologia é a especialidade médica que, provavelmente, mais se relaciona com as outras disciplinas dentro da Medicina Dentária, sendo um elemento fulcral para o correto diagnóstico, planeamento e acompanhamento no tratamento das doenças da cavidade oral.

2.1- Contextualização histórica da radiologia em Medicina Dentária

Se fizermos uma breve resenha histórica da radiologia em Medicina Dentária, constatamos que a descoberta dos raios X se deu na noite de 8 de novembro de 1895 por Wilhelm Conrad Roentgen, um professor de Física e Diretor do Instituto de Física do Universidade de Wurzburg. Roentgen deu-lhe esse nome já que representava o símbolo matemático para o desconhecido, tendo posteriormente atribuído o nome de "raios de Roentgen" (1). A descoberta deu-se enquanto trabalhava no seu laboratório com raios catódicos, quando observou como estes se propagavam para fora do tubo "Crookes-Hittorf", o que só seria possível se o tubo fosse envolvido por um cartão preto e estivesse num ambiente sem luz (2). Ao passar a corrente elétrica pelo tubo de Crookes, notou luminescência numa placa de platinocianeto de bário que se encontrava sobre a mesa. Para testar esta hipótese, colocou vários objetos entre o tubo e a placa

e observou que, praticamente, nenhum alterava a luminescência desta última, exceto o chumbo e a platina, que a barravam totalmente. Ao segurar os materiais entre o tubo e a placa, viu os ossos da sua mão. De seguida, substituiu a placa fluorescente por uma película fotográfica e conseguiu produzir uma imagem usando o tubo de Crookes como se fosse uma fonte luminosa. Percebeu, desta forma, que tinha descoberto uma nova forma de luz que os olhos eram incapazes de identificar e que ainda não tinha sido observada nem registada até essa data. (2)

Roentgen aventurou-se então a fazer a primeira radiografia do corpo humano. Colocou a mão da esposa numa película fotográfica e incidiu sobre ela os raios X. Assim, a primeira radiografia médica tirada foi da mão da Sra. Roentgen (Figura I) e a primeira radiografia industrial foi da arma de tiro de Roentgen. Por este feito foi posteriormente galardoado, em 1901, com o primeiro Prémio Nobel da Física. (1)



Figura I: Mão esquerda de Bertha, esposa de Röntgen. Primeira radiografia da história. (1)

Os médicos dentistas reconheceram muito rapidamente as vantagens deste meio de diagnóstico. Em apenas 2 semanas, após a primeira publicação da Röntgen em fevereiro de 1896, vários profissionais de saúde começaram a fazer radiografias de dentes. Otto Walkhoff, um dentista de nacionalidade alemã, fez uma radiografia aos seus próprios dentes molares (Figura II) com a ajuda de um amigo com uma exposição de 25 minutos e notou a grande dificuldade em permanecer imóvel durante tanto tempo.



Figura II: Primeira radiografia realizada pelo Dr. Walkhoff aos seus próprios dentes (2).

Kells, é considerado o grande revolucionário uma vez que criou o seu próprio e primeiro aparelho de raios X, apenas 4 meses após a sua descoberta. Após tomar conhecimento da descoberta de Röntgen, deu início a uma série de experiências com esta nova técnica de diagnóstico e em Julho de 1896 tornou-se no primeiro clínico do mundo a utilizar um aparelho de raios X no consultório. (1)

Apesar de toda esta descoberta, rapidamente se percebeu o quão prejudicial para a saúde poderia ser a prolongada exposição aos raios X, tendo sido Kells o primeiro a sofrer esses danos, o que levou os outros profissionais de saúde a serem mais cautelosos quanto à sua utilização.

2.2- Técnicas imagiológicas usadas no diagnóstico Ortodôntico

Ao longo de décadas, a comunidade médica, em prol de um bom diagnóstico, viu-se obrigada a desenvolver vários equipamentos de modo a obter informações de estruturas não visíveis a olho nu.

Na Medicina Dentária/Ortodontia, há métodos de diagnóstico que não recorrem a raios X, como por exemplo cintigrafia óssea e a ressonância magnética.

2.2.1- Cintigrafia óssea

A cintigrafia óssea é um exame funcional, no qual a partir da administração de compostos fosfatados marcados com isótopos emissores de radiação gama, se proporciona a deteção e registo da atividade dos osteoblastos (3). Assim, a radiação gama emitida pelo paciente transforma-se em energia fotoluminescente e, posteriormente, é mostrada como uma imagem funcional na tela de um monitor, a partir de um sinal elétrico. Este exame é importante quando se pretende avaliar a atividade do metabolismo ósseo (4). Em ortodontia, é utilizada no diagnóstico do crescimento assimétrico do côndilo, na avaliação da necessidade de uma condilectomia numa ATM disfuncional (5) ou no diagnóstico de uma hiperplasia condilar (6).

2.2.2- Ressonância magnética

A ressonância magnética é considerada por muitos como *gold standart* para a imagem da ATM, sendo a principal escolha quando são necessárias informações detalhadas sobre o derrame intracapsular da ATM e perfuração do disco articular (7). Porém, este exame deve ser solicitado apenas nos casos em que a sua imagem seja indispensável ao diagnóstico e tratamento destas situações.

Na área da ortodontia as técnicas radiográficas geradas por raios X, usualmente utilizadas no diagnóstico dos tecidos duros são: radiografia panorâmica, radiografia periapical, radiografia oclusal, telerradiografia do perfil da face, telerradiografia frontal da face, radiografia da mão, tomografia axial computadorizada (TAC) e a tomografia computadorizada de feixe cónico (TCFC).

2.2.3- Radiografia panorâmica

A radiografia panorâmica é utilizada na prática clínica ortodôntica para obter informações sobre as inclinações dentárias, os períodos de maturação dentária e dos tecidos circundantes aos dentes (8).

Este exame imagiológico exhibe todo o corpo da mandíbula, a maioria das partes da maxila e as suas estruturas internas, sendo necessária uma única projeção (Figura III). As suas principais vantagens são: a técnica simples e rápida, a melhor cobertura das arcadas dentárias e das suas estruturas, a menor dose de radiação ionizante a que o

paciente é sujeito quando comparada com a dose necessária para a realização de um *status* radiográfico, TAC ou TCFC. (4,5)

As principais indicações da radiografia panorâmica incluem a avaliação de lesões periapicais ou de dentes inclusos não observados nas radiografias periapicais, da fase precedente a uma cirurgia do foro maxilo-facial, do diagnóstico ortodôntico, da posição dos terceiros molares, de fraturas ósseas da mandíbula e da maxila e ainda das dimensões verticais do osso alveolar como parte do planeamento ortodôntico e pré-implante. (9)

No entanto, apresenta limitações que devem ser ponderadas no momento em que requisitamos o exame e, particularmente, na interpretação das imagens finais. Assim, está sujeita a distorções, apresenta relativamente pouca resolução em comparação com radiografias intra-orais e podem ocorrer diferenças na projeção da imagem dependendo do posicionamento do paciente e da curvatura da mandíbula. Além disso, não exibe os detalhes anatómicos mais específicos, quando comparada com as radiografias intra-orais. (10)

Conhecendo as indicações, vantagens, limitações e o princípio de formação da imagem da radiografia panorâmica, o médico dentista/ortodontista tem à disposição um excelente exame radiográfico complementar que lhe permite efetuar, na maioria dos casos, um correto diagnóstico e plano de tratamento. Juntamente com a telerradiografia da face, são os exames de eleição para a elaboração do diagnóstico ortodôntico e respetivo plano de tratamento. Quando estes exames não são suficientes, deverão ser requisitados outros elementos de diagnóstico complementares.



Figura III: Ortopantomografia de um paciente em dentição mista (32 peças dentárias definitivas).

2.2.4- Radiografia periapical

Técnica radiográfica intraoral em que há uma sobreposição reduzida das estruturas anatómicas, permitindo uma visualização direta dos dentes e do osso alveolar com menor interferência visual (Figura IV) (10). O papel da radiografia periapical em ortodontia é relevante, pois fornece informações detalhadas sobre os dentes e os tecidos circundantes: a detecção da reabsorção radicular apical externa, detecção de lesões de cáries, a análise do osso alveolar e eventuais lesões a este nível, a detecção de patologia periapical e de fraturas coroa/raiz e ainda a avaliação periodontal ao longo do tratamento. (11) (12)

De modo a contornar limitações como distorções foi desenvolvida uma técnica chamada de paralelismo onde a película radiográfica é colocada paralelamente ao longo eixo do dente e o emissor do feixe de raios X é colocado perpendicularmente em relação ao dente. (10)

Em relação às técnicas tomográficas computadorizadas apresenta melhor relação custo-benefício, contudo, a TAC e a TCFC continuam a ser os exames que permitem avaliar estas situações com mais precisão e com menor margem de erro. (11)



Figura IV: Radiografias periapicais para diagnóstico de RRAE.

2.2.5- Radiografia oclusal

Esta técnica exibe a totalidade do arco dentário, sendo muito útil na ortodontia particularmente com o objetivo de localizar dentes supranumerários / inclusos ou de controlar a abertura da sutura média palatina após colocação de aparelho fixo de expansão. Contudo, para a identificação da posição de dentes inclusos, a TCFC é o exame mais fiável, face à imagem 3D que esta técnica facultta. (10)

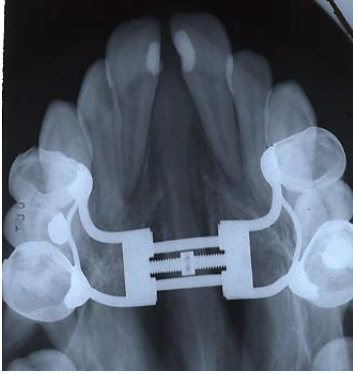


Figura V: Radiografia oclusal de paciente portador de aparelho fixo de expansão com parafuso Hyrax. Exame de controle, após a expansão da sutura média palatina.

2.2.6- Telerradiografia de perfil da face

Radiografia do crânio padronizada, eleita como exame de primeira linha no diagnóstico ortodôntico. É utilizada para avaliar as relações dos dentes com os maxilares e dos maxilares com o restante esqueleto facial e tecidos moles (Figura VI). Também é útil para avaliar o desenvolvimento e crescimento facial, traumas, patologias e anomalias de desenvolvimento. As suas principais indicações clínicas são a ortodontia e a cirurgia ortognática. Tem como vantagem o facto de necessitar de baixa exposição aos raios X. (10)

Uma desvantagem da telerradiografia de perfil da face convencional é produzir uma representação bidimensional (2D) de estruturas tridimensionais (3D) e, desta forma, nem todas as medições serem possíveis (7). A partir da telerradiografia de perfil da face obtém-se o traçado e a análise cefalométrica, que são ferramentas fundamentais e consideradas como parte integrante do diagnóstico no início do tratamento ortodôntico. (10)

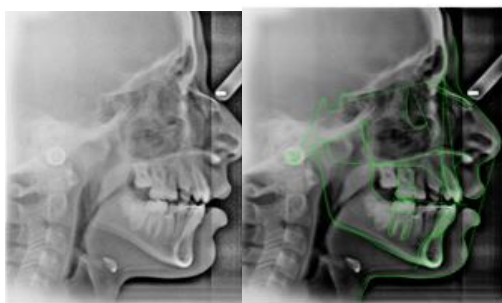


Figura VI: Representação de uma telerradiografia de perfil da face e de uma cefalometria realizada a partir dessa telerradiografia de perfil da face

A análise das vértebras cervicais efetuada a partir da telerradiografia de perfil da face, tem vindo a ser utilizada como método de determinação da maturação esquelética em ortodontia, devido ao facto das alterações morfológicas sofridas por estas vértebras serem observadas neste exame (13). Isto evita uma nova incidência de radiação, pois este exame já faz parte da documentação em ortodontia (14). Num estudo realizado, comparando o método de determinação da maturação esquelética através da radiografia da mão e do punho, com o método de Baccetti *et al.* (15), observou-se que existe uma grande correlação entre a idade cronológica e a maturação determinada pelos dois métodos permitindo concluir que a determinação da maturação esquelética utilizando as vértebras cervicais é uma alternativa válida na prática clínica ortodôntica (Figura VII). (13)

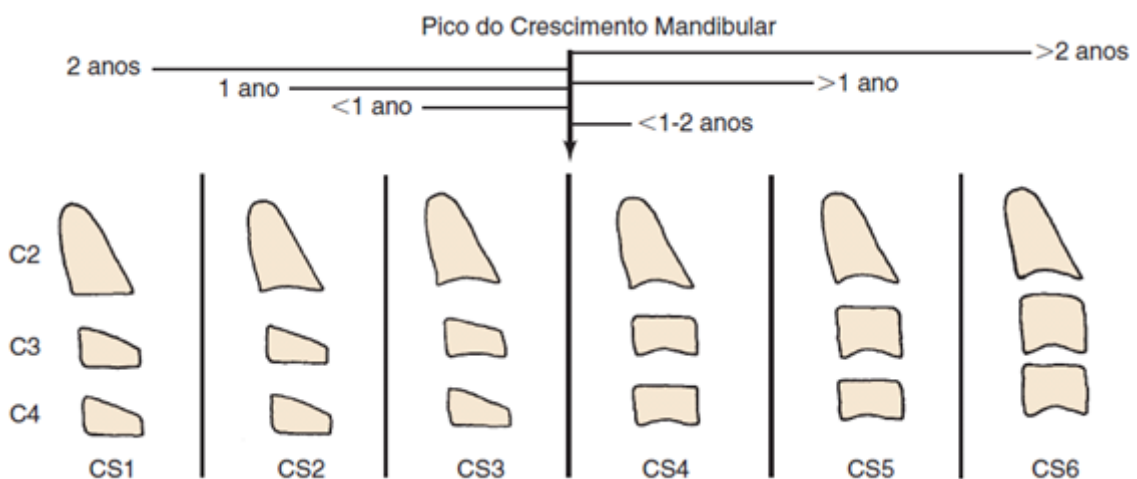


Figura VII: Representação esquemática dos estádios das vértebras cervicais de acordo com o método de Baccetti *et al.* (15) (Adaptado de Baccetti T, *et al.* 2005: 124)

2.2.7- Telerradiografia frontal da face

É um exame menos usado em ortodontia, mas com indicação específica nos casos de assimetria facial e atresia do maxilar superior por permitir uma avaliação frontal da face e crânio e da dimensão transversal dos maxilares (Figura VIII) (16) (17). Também aqui, a TCFC consegue substituir a necessidade deste exame face à reconstrução tridimensional que pode proporcionar.

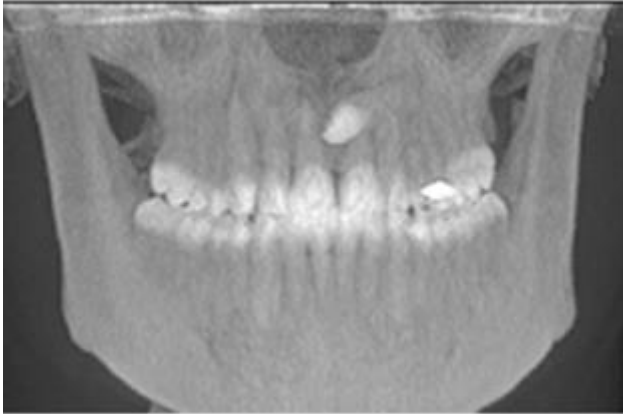


Figura VIII: Telerradiografia frontal do andar inferior da face. É possível observar a inclusão do 23.

2.2.8- Radiografia da mão e do punho

Este é o exame mais utilizado em ortodontia para a determinação da maturação esquelética (Figura IX). Os ossos da mão e do punho fornecem as bases para a avaliação da maturação esquelética, permitindo a observação das alterações que ocorrem até ao final da fase de crescimento. Atualmente existem vários métodos para determinar a maturação esquelética. Os métodos clássicos mais conhecidos e utilizados são: Greulich & Pyle (18), Tanner & Whitehouse (19), e Grave & Brown (20).



Figura IX: Exame radiográfico da mão e punho.

2.2.9- Tomografia axial computadorizada

A TAC é um método de diagnóstico radiológico que permite obter a reprodução de uma secção do corpo humano em qualquer um dos três planos do espaço, mostrando imagens do corpo humano em “fatias”. As tomografias computadorizadas utilizadas atualmente são a tomografia axial computadorizada (TAC) ou tomografia computadorizada *multislice* e a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) ou tomografia computadorizada volumétrica. (10)

A TAC foi desenvolvida pelo médico britânico Godfrey Hounsfield, tendo recebido o prémio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1979 como reconhecimento da comunidade científica à sua descoberta realizada em 1973 (21). Atualmente, para além de ser uma técnica muito requisitada em medicina, também já apresenta grande importância na medicina dentária, em áreas como a implantologia, ortodontia, cirurgia, periodontologia e endodontia.

A TAC permite a aquisição de imagens adquiridas por meio de um feixe de raios-X, em forma de leque, com uma trajetória circular ou espiral. Em relação à aquisição de imagem do crânio é adquirida em “fatias” e o computador une-as para a obtenção da imagem como um todo. A TAC é uma técnica que permite a secção do corpo humano em planos (axial, sagital e coronal) e a reconstrução e visualização em 3D, revelando informações sobre tamanho, forma e textura das estruturas de interesse. (10, 22)

Desta forma, para obtenção de imagens da maxila, recomenda-se obtenção de cortes axiais, paralelos ao plano palatino ou paralelos ao plano oclusal. Para o exame da mandíbula, os cortes axiais são obtidos paralelamente à base mandibular. (22)

A menor unidade da imagem na espessura do corte denomina-se por voxel, podendo oscilar de 0,5 a 20mm e por Hounsfield o valor da densidade da estrutura a radiografar, sendo que este valor varia de -1000 (densidade do ar) a +1000 densidade da cortical óssea) (23). Os aparelhos atuais, denominados de nova geração, acomodam o corpo todo e a reprodução de uma secção dura um segundo ou menos. Algumas máquinas reproduzem até uma fatia em apenas 0,5 segundos ou mesmo 0,1 segundos, permitindo realização de estudos funcionais em vez de somente análises estáticas. (23)

Os aparelhos modernos apresentam a tecnologia *multislice*, isto é, são capazes de adquirir 4 a 16 fatias de imagem por cada 360° em torno do paciente, havendo assim uma maior velocidade de aquisição da imagem, especialmente vantajoso quando o movimento do paciente constitui um fator limitante para o exame, assim como melhor resolução das imagens (22). A TAC fornece imagens que têm a capacidade de mostrar

cortes do local de um dado tecido escolhido pelo operador, com uma dada espessura (1-2 mm). (10)

A maior desvantagem da TAC médica é a elevada exposição à radiação. Outras desvantagens incluem altos custos dos exames e dispersão da imagem devido a objetos metálicos. A TAC tem algumas limitações nomeadamente no diagnóstico de fraturas dentárias que estão abaixo da sua capacidade de resolução e pode resultar em falsos-negativos. (22)

2.2.10- Tomografia computadorizada de feixe cónico

A tomografia computadorizada de feixe cónico (TCFC) tem sido cada vez mais associada à ortodontia, já que as doses de radiação efetiva são inferiores à da tomografia convencional. (24)

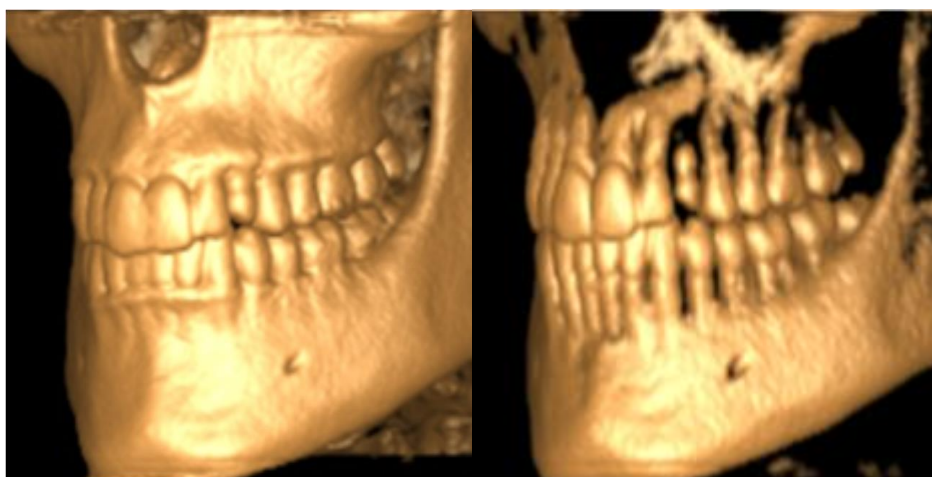


Figura X: Reconstrução 3D do andar inferior da face após manipulação computadorizada para simulação da diminuição da densidade óssea.

A TCFC, quando comparada à TAC, é de menor custo e está especialmente indicada para a região maxilo-facial. Este método radiográfico de imagem permite a obtenção de imagens 3D de alta precisão das estruturas dos tecidos duros (Figura X) e é a mais importante entre as técnicas imagiológicas de diagnóstico médico-dentário que surgiram nos últimos anos. (25)

Nesta técnica basta uma volta em torno da área de interesse para obter as informações necessárias para a reconstrução das imagens, sendo por isso, possível capturar uma quantidade de informações de áreas pequenas ou do crânio completo. Uma vez

radiografada a estrutura, um software é capaz de reproduzir com excelente resolução espacial todas as estruturas de forma proporcional (1:1), tamanho praticamente real, nos planos axiais, paraxiais, coronais e sagitais. (26)

Este método de diagnóstico tem alto contraste de resolução como resultado do tamanho do voxel isotrópico. Isto permite uma resolução muitas vezes superior à TAC (27). O tempo de análise é curto (aproximadamente 60 segundos) e numa exposição maxilo-facial, a dose de exposição à radiação equivale a 10 vezes menos do que na tomografia convencional (68 μ Sv e 600 μ Sv, respectivamente) e apresenta grande precisão dimensional (apenas 2% de ampliação). O mínimo de distorção e a relativamente baixa exposição à radiação são dois parâmetros positivos perante o médico-dentista, fornecendo ainda uma representação 3D das estruturas maxilo-faciais. (28)



Figura XI: Aparelho de TCFC da marca I-Cat, (Imaging sciences International, Hatfield, Pennsylvania) (22)

No que toca ao aspecto deste aparelho, é de salientar a sua semelhança com o aparelho de radiografia panorâmica (Figura XI). Durante o exame, o paciente é sentado com a cabeça posicionada entre a fonte de raios X, que emite um feixe cónico, e um detetor de raios X que giram em simultâneo à volta da cabeça do paciente (Figura XII). A imagem obtida, é então semelhante à de uma telerradiografia de perfil. (23, 25)

De seguida essa sequência de imagens gera uma imagem tridimensional por meio de um software (DICOM). O tempo de exposição efetiva é de apenas 3 a 6 segundos, apesar do tempo de exame ser de 10 a 70 segundos. (23) O software não só permite a obtenção de imagens em três dimensões, mas também imagens bidimensionais como radiografias panorâmicas e telerradiografias laterais e frontais. (23)

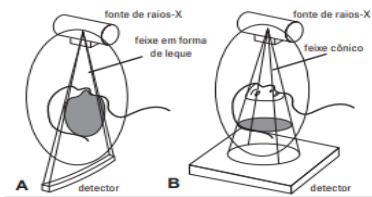


Figura XII: Comparação gráfica da tomografia convencional (A) e da tomografia computadorizada de feixe cônico (B) com a fonte e detector de raios-x (Adaptado de:Garib 2007) (22)

2.3- Dose de radiação

Tabela I- Dose efetiva expressa em microsievets (mSv). Adaptado de *American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology* (2013) (29)

Exame	Dose efetiva (mSv)
TCFC face e crânio (FOV » 15 cm)	52 a 1073
TCFC face (FOV 10 a15 cm)	61 a 603
TCFC maxilares (FOV«10 cm)	18 a 333
Multi-slice CT	426 a 1160
Radiografia panorâmica	6 a 50
Telerradiografia	2 a 10

Segundo a Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial, apesar das doses de radiação serem elevadas, nomeadamente na TCFC (Tabela I), não há evidência do aumento de risco de cancro induzido por radiação ao nível da exposição dentária, nem há ausência de evidência de tal efeito. Desta forma, o melhor será prevenir. Com este objetivo foram elaboradas cinco diretrizes relativamente ao uso de radiação para fins médicos, representados na tabela II.

Tabela II- Princípios básicos a serem seguidos na prática clínica aquando da utilização da TCFC (SEDENTEXT (29))

Princípio 1	A TCFC não deve ser utilizada como um método rotineiro em todos os pacientes
Princípio 2	A TCFC não deve ser realizada, a menos que uma história e um exame clínico tenham sido realizados
Princípio 3	A TCFC deve ser justificada para cada paciente, ou seja, deve ser requisitada quando as radiografias convencionais não fornecem as informações necessárias
Princípio 4	Deve respeitar o princípio de ALARA
Princípio 5	Utilizar a menor resolução alcançável possível sem comprometer a avaliação da área de interesse.

Deste modo, deve também ser seguido o princípio de ALARA (*As Low As Reasonably Achieved*), que diz respeito ao FOV: quanto maior for, maior será a exposição à

radiação. O FOV poderá ser pequeno (maxila ou mandíbula), médio (maxila e mandíbula) ou grande (rosto e crânio). (27)

Neste exame, o voxel apresenta altura, largura e profundidade de iguais dimensões, sendo que cada lado do voxel apresenta dimensão submilimétrica (menor que 1mm, normalmente de 0,119 a 0,4mm). (29)

Deste modo, quanto menor o voxel, maior a resolução espacial e maior a dose de radiação. Deverá ser utilizado o maior voxel possível, mas que também corresponda a uma boa resolução (29). Assim, uma TCFC com alta resolução (0,1 mm ou 0,2 mm de tamanho de voxel) só deverá ser solicitada quando se necessita de visualizar pequenos detalhes e estruturas delicadas, como no caso de reabsorção radicular, deiscência óssea ou fratura dentária (27).

Na Área de Medicina Dentária do Centro Hospitalar da Universidade de Coimbra (CHUC) o modelo de TCFC utilizado é o i-CAT, que apresenta o valor de 0,2 mm como o menor voxel possível.

2.4- Aplicações da TCFC na área da Ortodontia

As imagens obtidas com dispositivos de TCFC fornecem informações extremamente importantes para a Ortodontia (7). Com base na revisão atual da literatura disponível, podemos destacar as principais aplicações deste exame em Ortodontia:

2.4.1- Diagnóstico e plano de tratamento de dentes retidos (avaliação da posição tridimensional de dentes retidos e relação destes com os dentes e estruturas vizinhas)

2.4.1.1- Localização de caninos retidos

A ausência de incisivos laterais adjacentes e a dilaceração da raiz e anquiose dos caninos permanentes são os fatores locais mais comuns associados à existência de caninos maxilares inclusos. Com o avanço da tomografia computadorizada de feixe cónico, representações tridimensionais (3D) dos dentes e ossos são apresentados em alta resolução, como podemos observar na figura. Tadinada et al. (30) relataram que as dimensões ósseas alveolares e o perímetro do arco são significativamente reduzidos no lado onde se localiza o dente impactado quando comparado com o outro lado. No entanto, não avaliaram a inclinação dos incisivos nem a largura da cavidade. Foi

afirmado que as discrepâncias transversais maxilares podem aumentar a possibilidade de caninos impactados. Segundo Becker et al. (30), uma determinação tridimensional fornece ao clínico informações precisas acerca da posição do canino, possibilitando um diagnóstico e um plano de tratamento fiáveis para direcionar a nova posição do dente em causa, como podemos observar nas figuras XIII, XIV e XV.

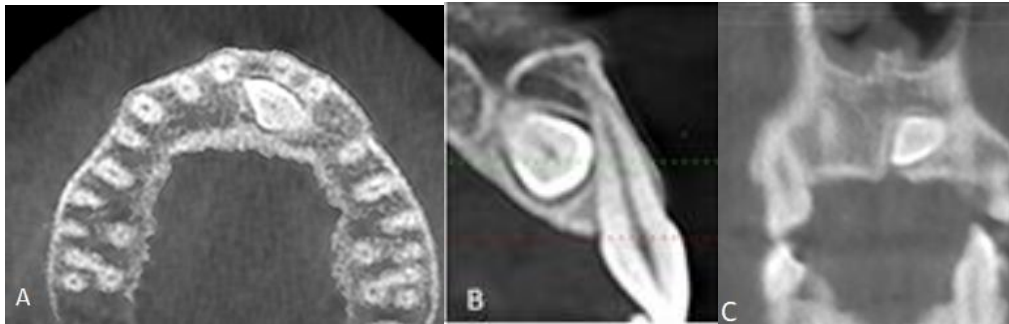


Figura XIII- Cortes realizados via TCFC; (A) Vista axial de um 23 incluso; (B) vista sagital do mesmo dente; (C) Vista frontal/ coronal.



Figura XIV- Representações obtidas via TCFC da inclusão bilateral por vestibular dos dois caninos superiores.

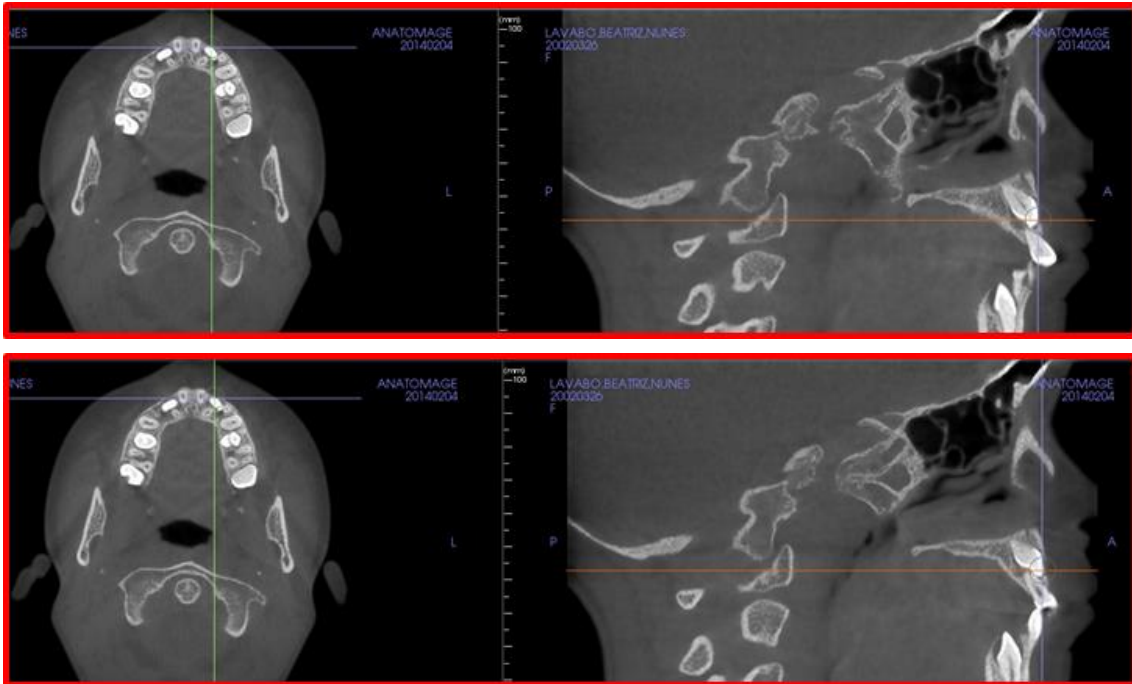


Figura XV- Cortes realizados via TCFC, analisados por InVivoDental®. Vista axial e vista sagital dos caninos 13 e 23 retidos (inclusão por vestibular dos 2 caninos superiores).

2.4.1.2- Localização de mesiodentes

Facilita a visualização destes com mais precisão e fornece ao clínico informações para uma abordagem cirúrgica mais eficaz e fidedigna. (31)

2.4.2- Avaliação do grau de reabsorção radicular de dentes adjacentes a caninos retidos.

A seqüela de erupção tardia ou tratamento de caninos impactados pode ser uma reabsorção severa dos incisivos laterais e centrais adjacentes. O uso da TCFC para a avaliação de caninos inclusos tem um potencial efeito diagnóstico e pode influenciar o resultado do tratamento.

2.4.3- Avaliação das relações anatómicas entre estruturas craniofaciais

O exame de CBCT permite a obtenção dos dados necessários para o planejamento do tratamento ortodôntico. A avaliação tridimensional das relações intermaxilares facilita a criação das estratégias mais corretas para uma boa reabilitação, já que é possível

observar com precisão o posicionamento das várias estruturas anatômicas, tal como é possível observar na figura XVI.

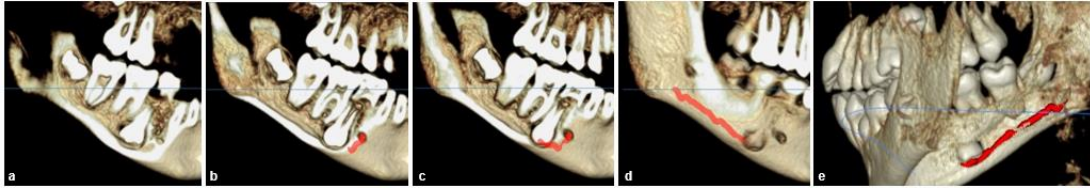


Figura XVI- Reconstruções 3D de imagens DICOM. Destaca-se o posicionamento anatômico do dente 45 e o trajeto do nervo alveolar inferior.

2.4.4- Avaliação da espessura da tábua óssea vestibular e lingual e da sua remodelação após o movimento dentário

Os pacientes hiperdivergentes apresentam mais restrições no que respeita ao movimento dos incisivos inferiores na direção vestibular e lingual, principalmente ao nível do ápice radicular. Garib et al. (32) avaliaram a espessura alveolar no 5º sextante, com o auxílio da TCFC, concluindo que a inclinação do dente deve ser tida em conta, avaliando o movimento dentário como um todo evitando, desta forma, o aparecimento de defeitos ósseos (Figura XVII). (32)

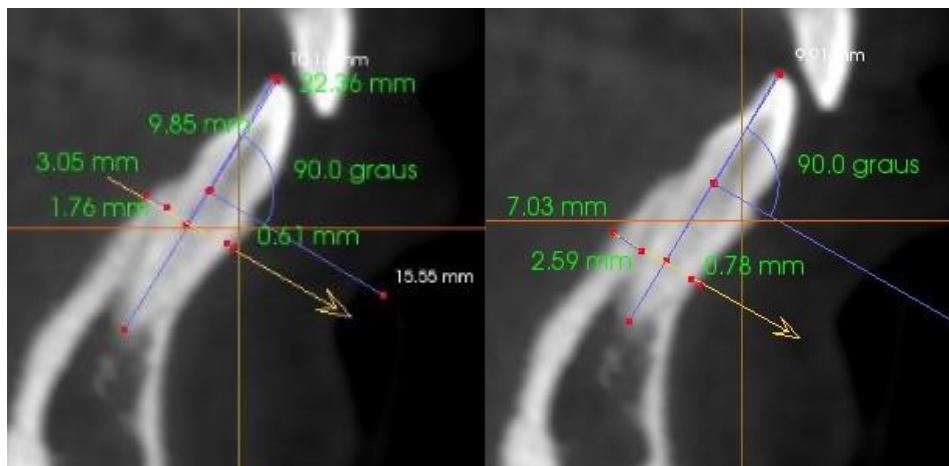


Figura XVII- Corte sagital de imagem DICOM analisada por InVivo®. Destaque para as mensurações das dimensões ósseas no 5º sextante, a nível vestibular e lingual, efetuadas perpendicularmente ao grande eixo do dente. Aqui é importante grande resolução da imagem.

2.4.5- Avaliação da Reabsorção radicular apical externa

A reabsorção radicular apical externa (RRAE) é um risco frequente do tratamento ortodôntico (33). Os dentes mais frequentemente afetados são os incisivos maxilares, incisivos mandibulares, seguidos dos molares (34, 35). A RRAE é de etiologia multifatorial podendo estar associada a lesões traumáticas dentárias prévias ao tratamento ortodôntico, bem como a diversos fatores biológicos e mecânicos (36) (Figura XVIII).

O diagnóstico clínico da RRAE é dificultado pela ausência de sintomas, pelo que pode ser diagnosticada por diferentes exames imagiológicos, como a ortopantomografia, telerradiografia de perfil da face, radiografia periapical e, recentemente, a TCFC (37).



Figura XVIII- Três planos de corte tomográficos utilizados para diagnóstico da RRAE: coronal (superior esquerdo), sagital (superior direito) e axial (inferior esquerdo) A imagem inferior direita corresponde a reconstrução tridimensional de imagem DICOM.

2.4.6- Estudo da articulação temporomandibular

Honey et al.(38) compararam imagens obtidas por tomografia clássica e tomografia de feixe cônico e verificaram que as imagens obtidas por esta última técnica eram mais precisas e mostravam maior fiabilidade no diagnóstico de distúrbios morfológicos e de erosão (Figura XIX). Em comparação, um exame de TCFC requer menos tempo, inclui obtenção de imagens tanto da ATM direita como da esquerda em apenas uma volta de 360° ao redor da cabeça do paciente o que simplifica a obtenção da técnica, sem grande esforço por parte, quer do paciente, quer do médico.



Figura XIX: Reconstrução tridimensional do 1/3 médio e 1/3 inferior da face. Excelente para avaliação da articulação temporo-mandibular.

2.4.7- Avaliação das dimensões transversais das bases apicais (Dispositivos de expansão maxilar)

No campo da ortodontia, os estudos realizados na morfologia das vias aéreas e região craniofacial usando radiografias 2D na década de 1970 receberam um interesse renovado após a introdução da tomografia computadorizada de feixe cônico. Em 2017, Di Carlo et al, dado o recente aumento de estudos da TCFC e os dados clínicos relativos à expansão rápida maxilar na ortodontia e na medicina do sono, realizaram uma revisão sistemática acerca desse tema, tendo constatado o aumento da área nasal, mas não da região orofaríngea. (39)

Pereira et al, também, avaliaram as alterações dentárias, dentoalveolares e ósseas que ocorrem a curto prazo após o tratamento com expansão rápida da maxila (ERM) e expansão lenta maxila (ELM). Foram incluídos neste estudo 21 pacientes submetidos a TCFC antes e depois da colocação de expansor. Concluíram que o grupo de ERM apresentou maior inclinação vestibular do que o grupo de ELM. (40)

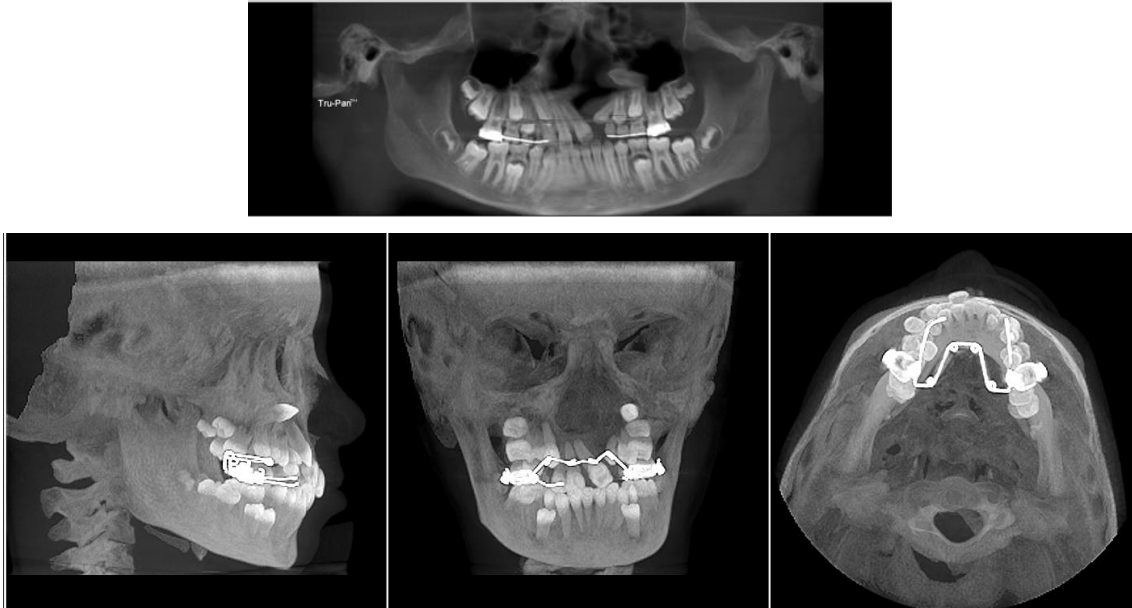


Figura XX: TCFC para visualização das dimensões transversais do maxilar superior e osso alveolar vestibular dos dentes posteriores superiores em paciente com Quad-Helix.

2.4.8- Análise quantitativa e qualitativa do osso alveolar para colocação de dispositivos de ancoragem temporários

Quando é necessária a utilização destes dispositivos, como os micro-implantes e as mini-placas, deve-se ter em conta a qualidade e quantidade óssea existente na área de interesse de modo a evitar o aparecimento de deiscências ósseas e/ou fenestrações ósseas. Este exame permite-nos ainda saber a distância destes dispositivos à raiz dos dentes vizinhos, a morfologia dos seios maxilares e do nervo alveolar inferior e do forâmen mentoniano, permitindo uma maior estabilidade e sucesso de tratamento com estes dispositivos. (41, 42)

2.4.9- Análise de malformações craniofaciais ou síndromes

2.4.9.1- Fenda palatina

Nestes casos, a reconstrução de imagens tridimensionais em associação com sistemas de navegação 3D permite uma avaliação pré-operatória uma vez que permite identificar o tamanho do defeito, a sua localização, a presença de dentes supranumerários, morfologia alveolar e dentária bem como as estruturas afetadas por este. (43) Assim o exame de TCFC, auxilia desde o planeamento cirúrgico até à evolução terapêutica.

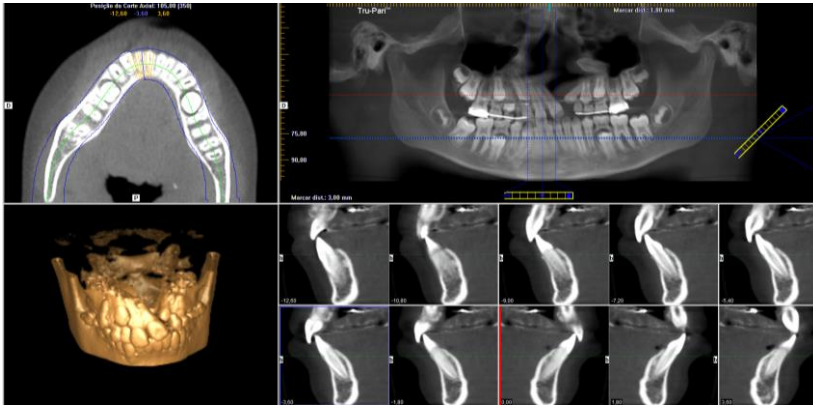


Figura XXI: Conjunto de imagens obtidas via TCFC de um paciente com fenda lábio-palatina esquerda.

2.4.9.2- Tratamento da síndrome de apneia obstrutiva do sono (SAOS)

A Síndrome de Apneia Obstrutiva de Sono (SAOS), está frequentemente associada a condições como asma, hipertensão arterial e obesidade, contribuindo para graves problemas cardiorrespiratórios.

A tomografia computadorizada de feixe cônico é uma ferramenta que torna possível avaliar as dimensões das vias aéreas superiores e das estruturas vizinhas, determinando as dimensões da naso, oro e hipofaringe, tais como a área de estreitamento máximo, o volume mínimo ântero-posterior e a dimensão lateral da faringe. Este exame apresenta a grande vantagem de criar uma menor área de exposição à radiação ionizante quando comparado com a Tomografia Computadorizada. (44)



Figura XXII: Reconstrução tridimensional via TCFC. Vista lateral para visualização e mensuração das vias aéreas superiores.

2.4.10- Medições do diâmetro mesiodistal de dentes permanentes ainda não erupcionados, para avaliação da discrepância dento-maxilar em dentição mista

Com a TCFC, e graças às suas propriedades, é possível avaliar com exatidão o diâmetro mesiodistal e não realizar apenas uma previsão. No entanto, embora seja um método preciso e confiável, os ortodontistas preferem um método rápido e não dispendioso, tornando as tabelas Preditivas de Moyers as ferramentas mais utilizadas nas análises de dentição mista. (45)



Figura XXIII: Reconstruções obtidas por TCFC. Protocolo para isolamento dos dentes não erupcionados. Escolhendo "Dental view", aumentando o contraste e com diminuição do brilho. (45).

2.4.11- Estudo cefalométrico

Apesar da TCFC permitir a avaliação da face de forma tridimensional, a cefalometria convencional pode ser executada normalmente a partir deste exame.

A imagem cefalométrica bidimensional pode ser obtida, originando tanto a telerradiografia lateral da face como a telerradiografia pósterio-anterior da face. Estas imagens bidimensionais podem ser transportadas para softwares específicos de mensurações cefalométricas. Há apenas uma diferença entre a imagem cefalométrica proveniente da TCFC e a telerradiografia lateral da face convencional. Enquanto a última revela uma ligeira ampliação do lado do paciente pelo qual entra o feixe de raios X (convencionalmente o lado direito), a primeira mostra-se ortogonal, com igual dimensão em ambos os lados.

2.4.12- Cirurgia ortognática

A cirurgia ortognática é um procedimento necessário para corrigir e reposicionar os maxilares e, por consequência, a posição dentária. Há inúmeros trabalhos relatados, em que se recorreu à TCFC para o planeamento do tratamento cirúrgico de discrepâncias esqueléticas maxilares, dada a mais valia que este exame constitui para este efeito. (46, 47)

2.4.13- Aplicações da TCFC no contexto médico legal

A aplicação da TCFC no contexto médico legal sobrepõe-se às suas aplicações na área da saúde, em geral. A relevante resolução das imagens e o elevado conteúdo de informação médica, permitem associar a esta tecnologia imagiológica um potencial pericial na avaliação do dano corporal e mais precisamente do estado de saúde do indivíduo.

Por um lado, destacamos que toda a informação retida no exame deve ser partilhada com todos os profissionais de saúde envolvidos na sua prescrição, em resposta ao motivo do exame. A informação pertinente para a avaliação do estado clínico do indivíduo deve ser destacada sem prejuízo da informação fora do âmbito do exame e de contributo significativo para a saúde geral do seu portador.

Por outro, destacamos que o software de edição de imagem permite elevado detalhe das estruturas anatómicas, e.g. na determinação da espessura óssea e proximidade de estruturas nobres, são parâmetros determinantes para o sucesso terapêutico. Do mesmo modo são parâmetros de referência na conduta segundo as boas práticas médicas. Consequentemente a correlação, análise e valoração de sequelas, ou seja, de consequências de trauma ou de intervenções terapêuticas podem ser detectadas através de TCFC, no âmbito da Ortodontia.

3. Materiais e Métodos / Metodologia de pesquisa

A metodologia aplicada consiste numa pesquisa bibliográfica da literatura atualmente disponível sobre as aplicações da tomografia computadorizada de feixe cónico em ortodontia, com avaliação crítica dos estudos incluídos.

A revisão da literatura foi efetuada de acordo com a metodologia PICO (composta por: população, intervenção, comparação e outcome) de forma a definir o tema, planear a estratégia de pesquisa e definir a questão PICO.

(P) População: pacientes ortodônticos;

(I) Intervenção: tomografia computadorizada de feixe cónico;

C) Comparação: comparar a aplicabilidade da TCFC com outros exames imagiológicos;

(O) Outcome/Prognóstico: verificar as várias aplicações da TCFC em ortodontia.

Questão estabelecida de acordo com a metodologia PICO

“Quais as aplicações clínicas da tomografia computadorizada de feixe cónico em pacientes ortodônticos?”

3.1. Estratégia de pesquisa

Foi realizada uma pesquisa eletrónica na base de dados Pubmed/ Medline (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)

Combinaram-se diferentes termos [“orthodontics” (MeSH Term); “cone-beam computed tomography” (MeSH Term) e “orthodontic applications”] com os conectores Booleanos “AND” e “OR”.

Foram realizadas duas pesquisas separadamente:

1) (((“orthodontics”[MeSH Terms]) AND (“cone-beam computed tomography”[MeSH Terms]) ; OR 2) (“orthodontics”[MeSH Terms]) AND “orthodontic applications” AND “cone-beam computed tomography”[MeSH Terms]);

3.2. Critérios de inclusão e exclusão para a revisão da literatura

A seleção de estudos para esta revisão respeitou os seguintes critérios de inclusão e exclusão.

Critérios de inclusão:

- Estudos realizados em humanos;
- Revisões sistemáticas, Meta-análises, ensaios clínicos, ensaios clínicos randomizados, revisões narrativas;
- TCFC aplicada especificamente na região orofacial;
- Publicações em língua inglesa e/ou portuguesa;
- Limite temporal: 01-01-2008 a 31-05-2018

Critérios de exclusão:

- Artigos que não cumpriam os critérios de inclusão;
- Estudos em animais, estudos in vitro, estudos ex vivo;
- TCFC fora da zona de interesse;
- Publicações elaborados não em língua portuguesa ou inglesa;
- Publicações irrelevantes;
- Publicações repetidas;
- Publicações anteriores a janeiro de 2008 e posteriores a 31 de Maio de 2018.

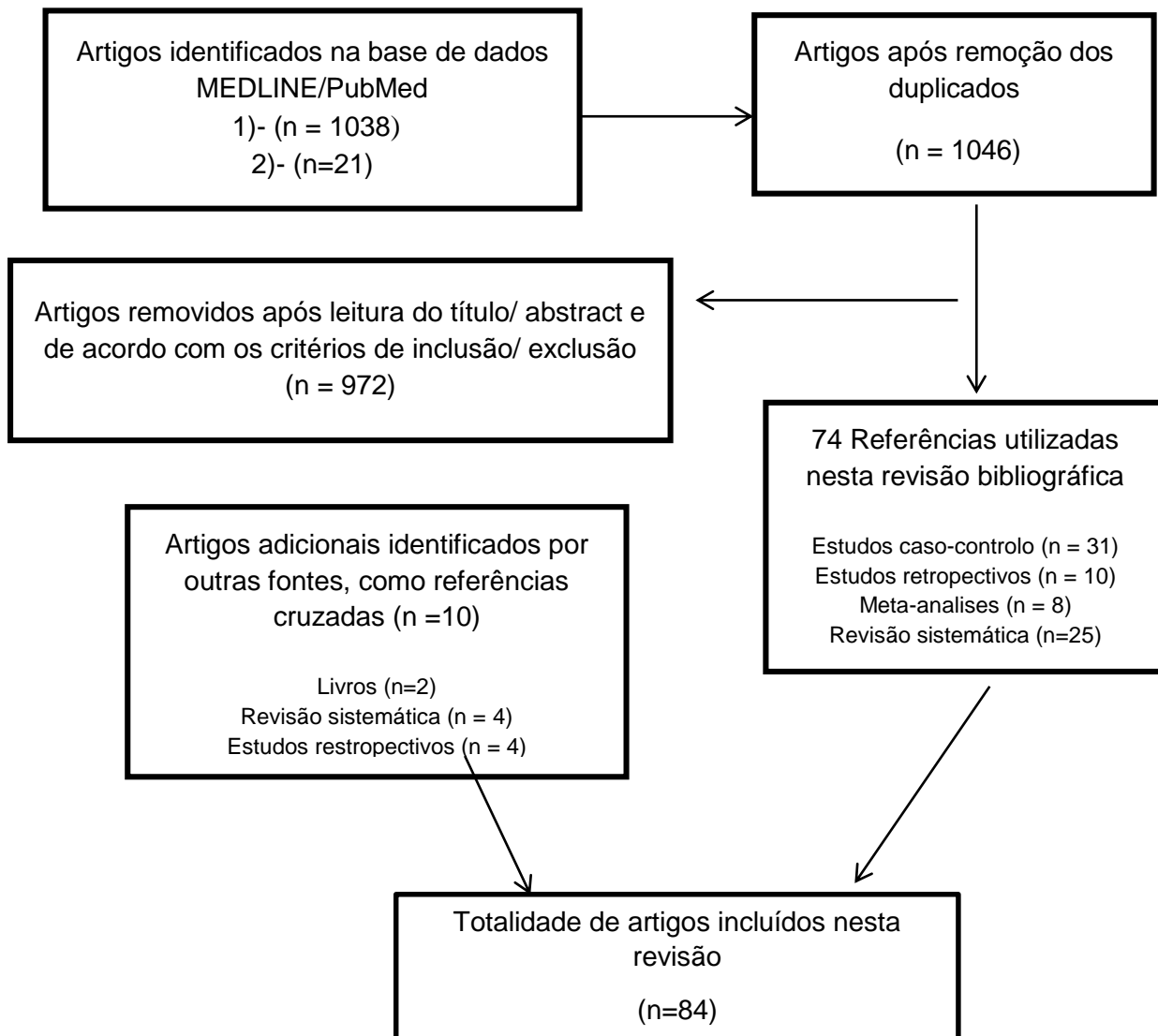


Figura XXIV - Fluxograma do processo de seleção das publicações.

4. Discussão

Na actualidade, a TCFC é um método de diagnóstico complementar bastante utilizado pelo médico-dentista. Assim, interessa discutir a importância e validade deste exame como ferramenta em Ortodontia e analisar de forma crítica a relação custo-benefício deste exame e a sua indicação na área de Ortodontia.

Uma das aplicações da TCFC diz respeito à identificação da localização de dentes inclusos e ao diagnóstico de reabsorções radiculares nos dentes adjacentes que podem advir dessas inclusões dentárias. Considerando que os caninos superiores são o segundo tipo de dentes mais propícios a sofrerem inclusão, é necessário elaborar estratégias para a sua localização exata e deste modo criar um plano de tratamento ortodôntico e/ou cirúrgico fidedigno. A identificação da localização correta de dentes inclusos pode ajudar a evitar complicações futuras, tais como anquilose, reabsorção dos dentes adjacentes e formação de lesões patológicas. (48)

Uma das limitações para a avaliação dos dentes inclusos é a ausência de um *gold standard* no que diz respeito ao exame complementar a realizar. (48)

Um outro grupo analisou as posições apicais da raiz dos caninos superiores inclusos através de radiografias panorâmicas e comparou essas posições com imagens de TCFC de 104 pacientes com inclusão canina unilateral. (50) Apesar da TCFC fornecer muitas vantagens em relação ao diagnóstico e previsão dos dentes inclusos, particularmente no que respeita às posições apicais da raiz no sentido lábio-palatino, os autores concluíram que a radiação relativamente alta a que este exame recorre, restringe o uso da TCFC.

Oleo-Aracena et al. (30) mediram a distância entre a sutura média palatina e o primeiro pré-molar, tendo concluído que a distância era menor no lado com canino incluso quando comparada com o lado sem inclusão, sendo de 12.72 ± 2.25 mm e de 14.67 ± 2.00 mm, respectivamente. Desta forma foi também avaliada a inclinação dos incisivos centrais e laterais, sendo que no lado onde existia inclusão estes apresentavam uma inclinação para distal e no lado sem inclusão canina estes apresentavam uma inclinação para mesial. Relativamente às dimensões dentoalveolares e à altura óssea, não foram encontradas diferenças estatisticamente relevantes. Desta forma, e analisando os resultados da TCFC em prol de um bom planeamento do tratamento ortodôntico, os autores concluíram que se deve ter em principal atenção a correção da assimetria

transversal e evitar o contacto da raiz dos incisivos com os caninos inclusos, provocado pela angulação dos primeiros no lado afetado.

Foi realizado um outro estudo, por Miresmaeili et al. (51) no sentido de avaliar a decisão nos casos de caninos inclusos por palatino com base na opinião do ortodontista e na análise do TCFC e para definir se se realizava a extrusão ortodôntica ou a extração destes dentes. Deste modo, foi realizado um cálculo do PTD (*perceived treatment difficulty*) que poderia variar de 2.38 a 9.32, sendo que quando superior a 7,5 os autores recomendam a extração do dente incluso.

Ainda relativamente à questão da inclusão dentária, Chang et al. (52) reportaram 2 casos clínicos em que foi realizada a erupção forçada do incisivo central maxilar incluso com as raízes dilaceradas. A avaliação da TCFC foi crucial nestes casos para a localização de cada um dos dentes e para a análise da reabsorção da raiz destes incisivos. Como plano de tratamento foi realizada a extrusão ortodôntica destes dentes.

Ucar et al. (54) analisaram a reabsorção radicular dos incisivos laterais superiores relacionando-a com a posição, localização e angulação do canino incluso, usando tomografia computadorizada de feixe cónico. Após análise destes exames 3D a reabsorção radicular dos incisivos laterais foi detectada do lado do canino incluso e a angulação do canino foi menor nos caninos deslocados para palatino do que nos caninos deslocados para vestibular. No entanto, não houve diferenças na reabsorção radicular nos incisivos quanto ao facto dos caninos estarem deslocados para vestibular ou palatino. (38)

A saúde dos tecidos periodontais e o grau de reabsorção dos caninos superiores impactados deve ser sempre monitorizada ao longo do tratamento ortodôntico (53).

Nos últimos anos, a TCFC tem-se revelado promissora no controlo de pacientes que apresentam reabsorção radicular apical externa associada ao movimento dentário ortodôntico (55) (56).

Patel et al. (57) para comprovar os benefícios da TCFC avaliaram reabsorções em vários dentes comparando com os resultados observados em radiografias intraorais. Os resultados deste estudo indicam a validade e a fiabilidade para detetar a presença de reabsorções radiculares. Embora a radiografia intraoral tenha bons resultados ao nível

da precisão, a exatidão superior da TCFC apresentou-se como uma mais valia no diagnóstico destas lesões.

Dudic et al. (58) por sua vez comparou a radiografia panorâmica à TCFC no que toca à avaliação de reabsorções radiculares resultantes do tratamento ortodôntico, tendo concluído que a TCFC fornece resultados mais fidedignos e com maior resolução do que a técnica convencional.

Outra aplicação da TCFC diz respeito à colocação de dispositivos de expansão rápida maxilar, tal como foi comprovado na revisão sistemática realizada por Di Carlo et al (39). Neste estudo, os autores avaliaram os efeitos da expansão rápida da maxila na morfologia das vias aéreas superiores, utilizando como exame complementar a TCFC. Christie et al. (59) após medições realizadas via TCFC, deparou-se com um aumento da largura nasal logo após o término do processo de expansão maxilar. Tais dados foram comprovados por El e Palomo, não tendo encontrado aumento dos níveis ao nível da orofaringe (60). Pelo contrário, Ribeiro et al. reportou um aumento ao nível da orofaringe, o que se poderá ser devido ao incorreto posicionamento da língua durante a realização do exame (61).

Esta última discrepância de resultados alerta o clínico para a existência de fatores que influenciam a determinação das vias aéreas, nomeadamente a posição da cabeça, a posição da língua, bem como os movimentos respiratórios, principalmente em crianças, durante a aquisição do exame radiológico. (39)

Num outro estudo, Pereira et al. recorreram a expansores do tipo Hass e avaliaram os efeitos que ocorreram imediatamente após o tratamento com expansão rápida da maxila (ERM) e lenta (ELM). As imagens tridimensionais mostraram que a ERM promoveu maiores alterações dentoalveolares e ósseas do que a ELM, sendo que só ocorreu expansão maxilar propriamente dita no grupo que sofreu o tratamento com ERM. (40)

Camps-Pereperez et al. avaliaram as alterações que ocorrem ao nível esquelético em pacientes que sofreram expansão rápida palatina cirurgicamente assistida e após análise das TCFC um dos estudos incluídos na sua revisão sistemática relatou um aumento significativo na menor secção transversal da via aérea nasal imediatamente após a cirurgia embora em vários casos se observe uma recidiva após 6 meses (62). Deste modo, ao contrário do que relatou Di Carlo (39), os autores concluíram que a

expansão maxilar, como procedimento isolado, não resulta numa melhoria estatisticamente significativa das dimensões das vias aéreas.

A realização da TCFC também permite uma melhor colocação/localização de mini-implantes. O recurso a mini-implantes tem sido cada vez mais a prática usual nos tratamentos ortodônticos. A zona paralela à sutura média palatina é considerada, para vários autores, um local alternativo para a sua colocação por permitir a colocação de dispositivos de maiores diâmetros, com maior profundidade e melhorando a estabilidade e segurança da inserção. A TCFC pode ser utilizada para efetuar medições da espessura do osso no palato, tal como fizeram Wang Y. et al (41), já que utilizaram este método para avaliação da profundidade óssea numa região de interesse e deste modo detetaram estruturas críticas como o canal incisivo e o seio maxilar.

Outro estudo foi realizado por Wang M. et al (42) de forma a detetar qual a zona do palato mais fiável para colocação de mini-implantes, tendo os resultados sido concordantes com o estudo anterior. Ambos os autores concluíram, através de medições de TCFC, que a espessura óssea diminui à medida que nos dirigimos para a região posterior do palato. Assim sendo, estes dispositivos devem ser colocados na região anterior, considerada como de baixo risco.

Liu et al. (63) concluíram, também com base na TCFC, que a região entre o primeiro e o segundo molar maxilar deve ser a primeira escolha para a colocação de micro-implantes na região da crista infrazigomática quando se pretende realizar a distalização de toda a dentição maxilar.

A TCFC tem-se revelado muito útil no campo da reabilitação facial, muitas vezes, associada ao tratamento ortodôntico. Tem vindo a ser um recurso essencial na cirurgia ortognática, não só no planeamento cirúrgico, mas também no fabrico das próprias guias cirúrgicas, como relatou Hatamleh (46). Neste caso específico, foram fabricadas guias cirúrgicas a partir de imagens tridimensionais e com o auxílio do software 3-Matic, num paciente que sofria de assimetria facial, devido a uma hiperplasia mandibular. Quando comparado com análises cefalométricas em 2D, um estudo tridimensional permite uma localização muito mais precisa das estruturas de interesse e evita a sobreposição das mesmas, o que permite uma avaliação pré e pós-operatória mais fiável.

Matthews-Brzozowska et al. (64) consideraram a TCFC, o *gold standard* no planeamento do tratamento/planeamento cirúrgico em casos de displasia cleidocraniana, tal como Kyteas et al. (65) no planeamento cirúrgico da hiperplasia condilar.

Udomlarptham et al. (49) compararam os resultados do planeamento bidimensional (2D) e da simulação cirúrgica tridimensional (3D) na correção cirúrgica da classe esquelética III em pacientes com assimetria facial. As medições cefalométricas pré-operatórias e pós-operatórias foram obtidas através da tomografia computadorizada por feixe cónico. O grupo sujeito a 2D teve 18 indivíduos e o plano cirúrgico foi estabelecido através da análise de exames radiológicos bidimensionais, enquanto o grupo que efetuou exames 3D teve 19 pacientes e o exame complementar foi realizado através de um dispositivo i-CAT, que auxiliou na digitalização dos modelos maxilares e mandibulares, onde posteriormente foi feita uma associação em 3 planos no software para uma representação da superfície dentária fiável. Os resultados deste estudo sugerem que as imagens 3D potenciam a melhoria da simetria e da harmonização facial quando utilizadas como exames complementares no diagnóstico e planeamento de uma cirurgia ortognática. (49)

Tang et al. (66) compararam 2 métodos de tratamento de fraturas intracapsulares do côndilo (FIC). Aqui, a realização da TCFC foi uma mais valia no diagnóstico da FIC e nos follow-ups seguintes, de 1 mês e 3 meses. A avaliação deste exame revelou que durante o processo de cicatrização natural, esta se deu no local da fratura, e o tratamento mais adequado foi a tração elástica intermaxilar, comparativamente com o outro método que consistia em mobilização mandibular e numa dieta líquida.

Hwang et al. (47) relatam um caso cirúrgico bem sucedido de um paciente de classe III esquelética grave e assimetria facial em que foi utilizada uma abordagem tridimensional no planeamento da cirurgia e na elaboração das guias cirúrgicas. Franzotti Sant'Anna (67) também relatam esta abordagem, com grande sucesso, no tratamento cirúrgico de uma discrepância esquelética de classe II.

A fenda labiopalatina (FLP) é uma malformação congénita caracterizada por uma alteração ocorrida nas primeiras semanas de vida intra-uterina e que provoca uma fusão incompleta das estruturas da cavidade oral. Este quadro clínico condiciona o

aparecimento de deiscências e fenestrações tanto na mandíbula como na maxila. Celikoglu et al. (68) compararam a prevalência desses defeitos ósseos em pacientes com fenda labiopalatina e em pacientes sem essa patologia. A presença de deiscência em pacientes afetados foi significativamente mais comum nos dentes anteriores da maxila (61,11%) e mandíbula (48,41%) quando comparados com os grupos de controle (7,78% e 16,67), respectivamente. Verificaram ainda, que as fenestrações eram superiores no osso que envolvia os incisivos centrais.

No entanto, Garib et al. (69) demonstraram nas imagens tomográficas, uma fina camada óssea alveolar nos dentes adjacentes às fendas, não tendo sido observada deiscência óssea durante a dentição mista. Num outro estudo mais recente (70) as medidas obtidas a partir de TCFC destes pacientes mostraram espessuras mais finas no osso alveolar labial dos incisivos centrais superiores no lado fissurado em comparação com o lado não fissurado, tendo apresentado deiscências labiais em 18 dos 30 pacientes. Outro estudo deste mesmo autor mostrou concordância com estes resultados já que a espessura óssea labial dos caninos era menor no lado da fenda em comparação com o lado não afetado (71). Apesar destes achados, dois outros estudos afirmam que a reabsorção do enxerto ósseo, e por consequente aparecimento de defeitos ósseos, não é influenciada pelo tamanho da fenda alveolar, tipo de fissura, estágio de desenvolvimento do canino, presença ou ausência de incisivo lateral ou mesmo pelo cirurgião (72)(73).

Bianchi et al. (74) avaliaram o efeito do reposicionamento do disco articular da articulação temporomandibular em mordidas abertas anteriores. Recorreram à TCFC para a construção dos modelos 3D dos côndilos, o que permitiu uma melhor compreensão da remodelação óssea dos côndilos após a cirurgia de reposicionamento do disco.

Por sua vez Stoustrup (75) quis comprovar que não existia nenhuma associação entre tipos de anomalias unilaterais do côndilo mandibular e assimetria facial em pacientes com artrite idiopática, tendo concluído que pacientes com artrite idiopática juvenil associada a anomalias condilares unilaterais apresentavam assimetrias dentofaciais mais severas do que os paciente sem anomalias condilares. Neste estudo a TCFC foi essencial no diagnóstico das anomalias unilaterais do côndilo.

Solem et al. (76) usaram a TCFC para avaliar o crescimento do ramo posterior da mandíbula e do côndilo em pacientes com microsomia craniofacial. Concluíram que nestes casos existia uma assimetria no crescimento do ramo posterior da mandíbula. Em contraste, pacientes com doença adquirida, não inflamatória, apresentavam assimetria no crescimento do côndilo.

Kristensen et al. (77) comprovou que a maioria dos pacientes com reabsorção idiopática condilar têm sinais ou sintomas de disfunção temporomandibular, tendo a TCFC auxiliado na avaliação dessa reabsorção.

Okkesim (84) relatou um caso onde pretendia correlacionar o envolvimento da articulação temporomandibular com a artrite psoriática. Após observação de TCFC concluiu que o envolvimento da ATM depende da severidade e do desenvolvimento da doença, sendo que quando acontece os danos são maioritariamente do tipo erosivos.

Segundo Garib et al. (32) pacientes adultos podem apresentar, previamente ao tratamento ortodôntico deiscências ósseas, maioritariamente na região dos incisivos inferiores, no 5º sextante. Pacientes com hiperdivergência parecem apresentar uma espessura mais fina das tábuas ósseas linguais ao nível do ápice radicular dos dentes permanentes, em comparação com pacientes hipodivergentes. Deste modo, a avaliação da espessura óssea através da análise de TCFC fornece ao ortodontista dados extremamente valiosos para que este possa calcular os movimentos dentários, sem que comprometam a qualidade óssea nessas zonas.

Queijo et al., com o auxílio da TCFC, compararam três métodos preditivos (Moyers 75, Moyers 50 e Tanaka-Johnston) de cálculo do diâmetro mesiodistal dos dentes permanentes não erupcionados em dentição mista (caninos e pré-molares). Este exame permitiu uma grande fiabilidade nos resultados, tendo concluído que o método de Moyers, pelo percentil 50, é o mais eficaz na determinação do diâmetro real do dente. (45)

A análise das vias aéreas superiores também é indispensável para diagnóstico e planeamento ortodôntico. A telerradiografia é o *gold standard* utilizado, no entanto com este exame apenas visualizamos as estruturas em dois planos. Por este motivo, tem-se vindo a recorrer à TCFC, dado que esta nos fornece uma dimensão do volume. As imagens obtidas fornecem informações preciosas em pacientes com espaço aéreo

faríngeo reduzido. (79) O exame tomográfico para avaliação das vias aéreas possui um protocolo específico, onde o paciente deve ser posicionado, em intercuspidação máxima, com o plano sagital médio perpendicular ao plano horizontal. No protocolo recomendado por Zinsly et al (79), é usado um valor de *voxel* de 0,25mm e tempo de exposição de 40 segundos. Dultra et al. (44) também recorreram a este exame imagiológico para comprovar que a síndrome da apneia do sono e a asma influenciam diretamente as dimensões do espaço aéreo, bem como a sua morfologia. Contudo os valores de FOV e de *voxel* não coincidem com os utilizados por Zinsly et al. (79), sendo que os valores de Dultra et al. foram de *voxel* de 0,4mm e de FOV de 22 cm em altura.

No contexto médico-legal, salientamos a recente preocupação da comunidade científica em fundamentar o diagnóstico e alternativas terapêuticas tendo por base a análise de TCFC. Sendo de destacar a interpretação cuidadosa dos riscos do procedimento no estudo brasileiro de 2017 (80) pela avaliação da correlação de lesões (alterações morfológicas do côndilo mandibular) com tempos terapêuticos. Este estudo fundamenta a necessidade de monitorização do procedimento terapêutico, em particular, para reabilitações associadas a longos períodos de tempo, bem como alerta para a análise de correlação causal entre um achado clínico de valoração médico-legal e uma intervenção por um profissional de saúde.

Dose de Radiação

A grande desvantagem da TCFC, em relação às outras técnicas radiográficas, diz respeito à dose de radiação. Por este motivo, a Associação Americana de Ortodontia afirma que não deve ser vista como uma prática rotineira em ortodontia.

Podemos definir como dose de radiação efetiva a soma da dose recebida por todos os tecidos e órgãos irradiados. Esta dose efetiva de radiação da TCFC depende do campo de visão (FOV) e da resolução ou dimensão do *voxel* escolhido, sendo que quanto maior o FOV e quanto menor o valor de *voxel*, maior será a exposição à radiação (81).

Uma das preocupações dos ortodontistas relativas a este tema passa pela possibilidade de atingir os limites de radiação impostos que levam à destruição celular. No entanto, numa revisão realizada por Scarfe et al. (81) concluiu-se que estes limites, nunca são

atingidos, numa única exposição de radiação num exame de TC, nomeadamente em crianças. Verificou-se que crianças e jovens que receberam doses de radiação equivalentes de 2 ou 3 exames de TC têm um risco triplicado de desenvolver leucemia ou cancro cerebral, sendo que esta TC pode apresentar uma dose eficaz de 2000 mSv. No entanto, verifica-se uma redução da dose para menos de 1000 mSv em Medicina Dentária.

Amintavakoli et al. (48) afirmam que a dose efetiva para a TCFC, num pequeno campo de visão, para crianças varia entre 7-521 μ Sv e para adultos oscila entre 5-652 μ Sv. A exposição à radiação para uma radiografia panorâmica varia entre 2,7-24,3 μ Sv, numa imagem cefalométrica varia entre 2-6 μ Sv e a realização de múltiplas periapicais tem o valor de 17 μ Sv. Com base nestes valores, podemos concluir que um exame de TCFC pode ser mais benéfico, em termos de exposição à radiação, do que a realização de múltiplas radiografias convencionais, particularmente se o campo de visão for reduzido.

Silva et al. (82) ,por sua vez, compararam a dose da radiação da TCFC com a de radiografias extra-orais em ortodontia, sendo que a dose efetiva de radiação da TCFC com FOV de 13 cm e voxel de 0.4 mm, no i-CAT correspondeu a 6 vezes a dose de uma telerradiografia de perfil da face e uma ortopantomografia. Concluiu também que a dose efetiva de uma TCFC se equiparou à dose de uma ortopantomografia com uma telerradiografia de perfil da face e exame periapical à boca toda.

Roberts et al. (83) avaliaram a radiação produzida pelo i-CAT em diferentes protocolos. Verificaram que um FOV de 22 cm de altura produziu uma dose efetiva de 182 μ Sv; um FOV de 13 cm associado a um voxel de 0.4 mm produziu 110 μ Sv; um FOV de 6 cm com voxel de 0,4 mm originou 36 μ Sv; e quando este último foi associado a um voxel de 0.2 mm, produziu 68 μ Sv.

Segundo a Comissão internacional de proteção radiológica (ICRP), uma radiografia panorâmica produz uma dose efetiva de 14 a 24 μ Sv e uma telerradiografia lateral produz apenas 5.6 μ Sv.

Como podemos verificar há pouco consenso no que diz respeito ao método radiológico em que nos devemos basear em ortodontia, devido à dose de radiação efetiva. Assim, antes de o clínico requisitar a TCFC devem ser medidos os riscos e benefícios deste exame radiológico, devendo só ser requisitado quando os benefícios ultrapassam os riscos.

De acordo com a Academia Americana de Radiologia Oral e Maxilofacial não há evidência de aumento do risco de desenvolver cancro após exames à região oral. Contudo, a radiação acumulada pode resultar num risco, pelo que o ortodontista deve assegurar os princípios básicos relacionados com as indicações da TCFC.

Em Ortodontia, a TCFC com alta resolução só deve ser requisitada quando se pretende observar áreas muito restritas, nomeadamente reabsorções radiculares e deiscências ósseas. Caso contrário o valor utilizado deverá ser entre 0,3 e 0,4 mm (28). Estes últimos valores são os mais frequentemente usados nesta especialidade da Medicina Dentária.
(84)

5. Conclusão

Os recentes avanços nas tecnologias de imagem revolucionaram o diagnóstico e o planeamento do tratamento em Ortodontia.

A tomografia computadorizada de feixe cónico, possibilitou uma nova visão na ortodontia, com vantagens, tais como: custo financeiro reduzido, menos desconforto para o paciente e baixa dose de radiação (quando comparada à TAC) e a possibilidade de imagens tridimensionais de excelente qualidade da região de face e crânio.

Contudo, devido à dose de radiação mais elevada em relação às radiografias convencionais, a TCFC não é um método padrão de diagnóstico em Ortodontia. O seu uso rotineiro, não é válido já que deve ser indicada com bastante critério e em situações específicas. É imperativo avaliar a relação risco/ benefício e ponderar a sua utilização respeitando sempre os princípios de ALARA. Assim, só deve ser requisitada quando houver potencial para dar novas informações não manifestadas nos exames radiográficos convencionais, melhorando o plano de tratamento

6. Bibliografia

1. Khare P, Nair P, Khare A, Singh V, Chatterjee R. The Road to Radiation Protection: A Rocky Path. *J Clin Diagnostic Res.* 2014;8(12):ZE01-ZE04.
2. Forrai J. HISTORY OF X-RAY IN DENTISTRY História dos raios X em Odontologia. 2007;3(3):205–11.
3. Güner DD, Oztürk Y, Sayman HB. Evaluation of the effects of functional orthopaedic treatment on temporomandibular joints with single-photon emission computerized tomography. *Eur J Orthod.* 2003;25(1):9–12.
4. Baydas B, Yavuz I, Uslu H, Dagsuyu IM, Ceylan I. Nonsurgical rapid maxillary expansion effects on craniofacial structures in young adult females: A bone scintigraphy study. *Angle Orthod.* 2006;76(5):759–67.
5. Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2010;137(4 SUPPL.):S79–85.
6. Paulsen HU, Rabøl a, Sørensen SS. Bone scintigraphy of human temporomandibular joints during Herbst treatment: a case report. *Eur J Orthod.* 1998;20(4):369–74.
7. Karatas OH, Toy E. Three-dimensional imaging techniques: A literature review. *Eur J Dent.* 2014;8(1):132–40.
8. Okşayan R, Aktan AM, Sökücü O, Haştar E, Ciftci ME. Does the Panoramic Radiography Have the Power to Identify the Gonial Angle in Orthodontics? *Sci World J [Internet].* 2012;2012:1–4.
9. Shahidi S, Zamiri B, Abolvardi M, Akhlaghian M, Paknahad M. Comparison of Dental Panoramic Radiography and CBCT for Measuring Vertical Bone Height in Different Horizontal Locations of Posterior Mandibular Alveolar Process. 2018;19(2):83–91.
10. Shah N. Recent advances in imaging technologies in dentistry. *World J Radiol [Internet].* 2014;6(10):794.
11. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of Root Resorption and Root Shape: Periapical vs Panoramic Films. *Angle Orthod.* 2001;71(3):185–9.
12. Pelagio C, Maués R, Ramos Do Nascimento R, De O, Vilella V. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *Dent Press J Orthod Dent Press J Orthod Dent Press J Orthod.* 2015;202020(111):52–852.
13. Maló L, Lima S, Teixeira V, Canova F, Alves S. Maturação esquelética numa população portuguesa - comparação entre maturação da mão e punho e vértebras cervicais. *Rev Port Estomatol Med Dent e Cir Maxilofac.* 2014;55(2):102–9.

14. Jaqueira LMF, Armond MC, Pereira LJ, Alcântara CEP de, Marques LS. Determining skeletal maturation stage using cervical vertebrae: evaluation of three diagnostic methods. *Braz Oral Res* [Internet]. 2010;24(4):433–7.
15. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod*. 2005;11(3):119–29.
16. Rajpara Y, Shyagali TR. An Assessment of sexual dimorphism in relation to facial asymmetry in esthetically pleasing faces. *Acta Inform Medica*. 2015;23(1):44–8.
17. Bajaj K, Rathee P, Jain P, Panwar VR. Comparison of the Reliability of Anatomic Landmarks based on PA Cephalometric Radiographs Comparison of the Reliability of Anatomic Landmarks based on PA Cephalometric Radiographs and 3D CT Scans in Patients with Facial Asymmetry. *Int J Clin Pediatr Dent* [Internet]. 2011;4(3):213–23.
18. Greulich, W. W.; Pyle, S. I. Radiographic atlas of skeletal development of hand and wrist. 2nd ed. Califórnia: Stanford University, 1959.
19. Tanner JM, Whitehouse RH, Healy MJR. A new system for estimating skeletal maturity from the hand wrist, with standards derived from a study of 2,600 healthy British children. Part II. Paris: International Children's Centre. 1962
20. Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop*. 1976;69:611–9.
21. Liguori C, Frauenfelder G, Massaroni C, Saccomandi P, Giurazza F, Pitocco F, et al. Emerging clinical applications of computed tomography. *Med Devices (Auckl)*. 2015;8:265–78.
22. Garib DG, Raymundo Jr. R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2007;12(2):139–56.
23. Lorenzoni DC, Bolognese AM, Garib DG, Guedes FR, Sant'Anna EF. Cone-beam computed tomography and radiographs in dentistry: Aspects related to radiation dose. *Int J Dent*. 2012;2012.
24. Scarfe WC, Farman a G, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*. 2006;72(1):75–80.
25. Vez CADA, Integra M, Às DA, Especia D. Odernos métodos de. 2008;41(1):62–71.
26. Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights Imaging*. 2015;6(1):1–16.
27. Kumar M, Shanavas M, Sidappa A, Kiran M. Cone beam computed tomography - know its secrets. *J Int oral Heal JIOH* [Internet]. 2015;7(2):64–8.
28. Garib DG, Calil LR, Leal CR, Janson G. Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? *Dental Press J Orthod* [Internet]. 2014;19(5):136–49.

29. Sedentext. Radiation Protection 172: Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology - Evidence-based Guidelines. Off Off Publ Eur Communities [Internet]. 2012;156.
30. D'Oleo-Aracena MF, Arriola-Guillén LE, Rodríguez-Cárdenas YA, Ruíz-Mora GA. Skeletal and dentoalveolar bilateral dimensions in unilateral palatally impacted canine using cone beam computed tomography. *Prog Orthod*. 2017;18(1).
31. Sane VD, Chandan S, Patil S, Patil K. Cone Beam Computed Tomography Heraldng New Vistas in Appropriate Diagnosis and Efficient Management of Incidentally Found Impacted Mesiodens. *J Craniofac Surg*. 2017;28(2):e105–6.
32. Garib DG, Yatabe MS, Ozawa TO, da Silva Filho OG. Alveolar bone morphology under the perspective of the computed tomography: Defining the biological limits of tooth movement. *Dental Press J Orthod* [Internet]. 2010;15(5):192–205.
33. Feller L, Khammissa RAG, Thomadakis G, Fourie J, Lemmer J. Apical External Root Resorption and Repair in Orthodontic Tooth Movement: Biological Events. 2016;2016.
34. Weltman B, Vig K, Fields H, Shanker S. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review. *J Orthod* 2010;
35. Årtun J, Van 't Hullenaar R, Doppel D, Kuijpers-Jagtman AM. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135(4):448–55.
36. Kumar V, Gossett L, Blattner A, Iwasaki LR, Williams K, Nickel JC. Comparison between cone-beam computed tomography and intraoral digital radiography for assessment of tooth root lesions. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2011;139(6):e533–41.
37. Pereira S. Reabsorção Radicular Apical Externa Associada Ao Tratamento Ortodôntico: Fatores de Suscetibilidade Genéticos, Biológicos e Mecânicos. Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra; 2014.
38. Algerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. *Eur J Orthod*. 2011;33(1):93–102.
39. Di Carlo G, Saccucci M, Ierardo G, Luzzi V, Occasi F, Zicari AM, et al. Rapid Maxillary Expansion and Upper Airway Morphology: A Systematic Review on the Role of Cone Beam Computed Tomography. *Biomed Res Int*. 2017;2017.
40. Pereira JS, Jacob HB, Locks A, Brunetto M, Ribeiro GLU. Evaluation of the rapid and slow maxillary expansion using cone-beam computed tomography: a randomized clinical trial. *Dent Press J Orthod*. 2017;22(2):61–8.
41. Wang Y, Qiu Y, Liu H, He J, Fan X. Quantitative evaluation of palatal bone thickness for the placement of orthodontic miniscrews in adults with different facial types. *Saudi Med J*. 2017;38(10):1051–7.

42. Wang M, Sun Y, Yu Y, Ding X. Evaluation of Palatal Bone Thickness for Insertion of Orthodontic Mini-Implants in Adults and Adolescents. *J Craniofac Surg.* 2017;28(6):1468–71.
43. Ghoneima A, Allam E, Kula K. Effects of primary alveolar grafting on alveolar bone thickness in patients with cleft lip and palate. *J Craniofac Surg.* 2017;28(5):1337–41.
44. Dultra F, KAA, Tavares A, Dultra J de A, Salles C, Crusoé-Rebello IM, Barbosa I, et al. Pharyngeal airspace of asthmatic individuals and those suffering from obstructive sleep apnea syndrome: Study by CBCT. *Eur J Radiol [Internet].* 2017;95(July):342–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.09.002>
45. Queijo L, Vale F, Corte-real A, Alves S. A computed tomographic , mixed dentition , space analysis comparison. 2016;6(3).
46. Hatamleh MM, Yeung E, Osher J, Huppa C. Novel treatment planning of hemimandibular hyperplasia by the use of three-dimensional computer-aided-design and computer-aided-manufacturing technologies. *J Craniofac Surg.* 2017;28(3):764–7.
47. Hwang HS, Oh MH, Oh HK, Oh H. Surgery-first approach in correcting skeletal Class III malocclusion with mandibular asymmetry. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2017;152(2):255–67.
48. Amintavakoli N, Spivakovsky S. Cone-beam computed tomography or conventional radiography for localising of maxillary impacted canines? *Evid Based Dent [Internet].* 2018;19(1):22–3.
49. Udomlarptham N, Lin CH, Wang YC, Ko EWC. Does two-dimensional vs. three-dimensional surgical simulation produce better surgical outcomes among patients with class III facial asymmetry? *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018;(February).
50. Kim SH, Son WS, Yamaguchi T, Maki K, Kim SS, Park SB, et al. Assessment of the root apex position of impacted maxillary canines on panoramic films. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2017;152(4):489–93.
51. Miresmaeili A, Basafa M, Mahvelati Shamsabadi R, Farhadian N, Moghymbeigi A, Mollabashi V. Treatment decision analysis for palatally-displaced canines based on orthodontists' opinion and CBCT. *Int Orthod.* 2017;15(4):625–39.
52. Chang NY, Park JH, Kim SC, Kang KH, Cho JH, Cho JW, et al. Forced eruption of impacted maxillary central incisors with severely dilacerated roots. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2016;150(4):692–702.
53. Oz AZ, Ciğer S. Health of periodontal tissues and resorption status after orthodontic treatment of impacted maxillary canines. *Niger J Clin Pract.* 2018;21(3):301–5.
54. Ucar Fİ, Celebi AA, Tan E, Topcuoğlu T, Sekerci AE. Effects of impacted maxillary canines on root resorption of lateral incisors. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie [Internet].* 2017;78(3):233–40.
55. Guo Y, He S, Gu T, Liu Y, Chen S. Genetic and clinical risk factors of root resorption

- associated with orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2016;150(2):283–9.
56. Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2009; 135(4):434–7.
 57. Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography – an in vivo investigation. 2009;831–8.
 58. Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2009; 135(4):434–7.
 59. Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2010;137(4 SUPPL.):S79–85.
 60. El H, Palomo JM. Three-dimensional evaluation of upper airway following rapid maxillary expansion A CBCT study. *Angle Orthod*. 2014;84(2):265–73.
 61. Ribeiro ANC, de Paiva JB, Rino-Neto J, Illipronti-Filho E, Trivino T, Fantini SM. Upper airway expansion after rapid maxillary expansion evaluated with cone beam computed tomography. *Angle Orthod* [Internet]. 2012;82(3):458–63.
 62. Camps-Perepérez I, Guijarro-Martínez R, Peiró-Guijarro MA, Hernández-Alfaro F. The value of cone beam computed tomography imaging in surgically assisted rapid palatal expansion: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;46(7):827–38.
 63. Liu H, Wu X, Yang L, Ding Y. Safe zones for miniscrews in maxillary dentition distalization assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;151(3):500–6.
 64. Matthews-Brzozowska T, Hojan-Jeziarska D, Loba W, Worona M, Matthews-Brzozowski A. Cleidocranial Dysplasia-dental Disorder Treatment and Audiology Diagnosis. *Open Med (Warsaw, Poland)* [Internet]. 2018 [cited 2018 Mar 13];13:1–8.
 65. Kytas PG, McKenzie WS, Waite PD, Kau CH. Comprehensive treatment approach for condylar hyperplasia and mandibular crowding with custom lingual braces and 2-jaw surgery. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;151(1):174–85.
 66. Tang Y, Wang X, Zhu Y, Sun H, Zhu M. A Comparative evaluation of CBCT outcomes of two closed treatment methods in intracapsular condylar fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* [Internet]. 2017;123(5):e141–7.
 67. Franzotti Sant'Anna E, Carneiro da Cunha A, Paludo Brunetto D, Franzotti Sant'Anna C. Camouflage of a high-angle skeletal Class II open-bite malocclusion

- in an adult after mini-implant failure during treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;151(3):583–97.
68. Celikoglu M, Buyuk SK, Hatipoglu M, Sekerci AE, Ciftci ME. Evaluation of dehiscence and fenestration in adolescents affected by bilateral cleft lip and palate using cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;152(4):458–64.
 69. Garib DG, Yatabe MS, Ozawa TO, Da Silva Filho OG. Alveolar bone morphology in patients with bilateral complete cleft lip and palate in the mixed dentition: Cone beam computed tomography evaluation. *Cleft Palate-Craniofacial J*. 2012;49(2):208–14.
 70. Yatabe M, Natsumeda GM, Miranda F, Janson G, Garib D. Alveolar bone morphology of maxillary central incisors near grafted alveolar clefts after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;152(4):501–508.e1.
 71. Yatabe MS, Ozawa TO, Janson G, Faco RADS, Garib DG. Are there bone dehiscences in maxillary canines orthodontically moved into the grafted alveolar cleft? *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015;147(2):205–13.
 72. Oberoi S, Chigurupati R, Gill P, Hoffman WY, Vargervik K. Volumetric assessment of secondary alveolar bone grafting using cone beam computed tomography. *Cleft Palate-Craniofacial J*. 2009;46(5):503–11.
 73. Garib D, Massaro C, Yatabe M, Janson G, Lauris JRP. Mesial and distal alveolar bone morphology in maxillary canines moved into the grafted alveolar cleft: Computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2017;151(5):869–77.
 74. Bianchi J, Pinto A dos S, Ignácio J, Obelenis Ryan DP, Gonçalves JR. Effect of temporomandibular joint articular disc repositioning on anterior open-bite malocclusion: An orthodontic-surgical approach. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2017;152(6):848–58.
 75. Stoustrup PB, Ahlefeldt-Laurvig-Lehn N, Kristensen KD, Arvidsson LZ, Twilt M, Cattaneo PM, et al. No association between types of unilateral mandibular condylar abnormalities and facial asymmetry in orthopedic-treated patients with juvenile idiopathic arthritis. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2018;153(2):214–23.
 76. Solem RC, Ruellas A, Miller A, Kelly K, Ricks-Oddie JL, Cevidanes L. Congenital and acquired mandibular asymmetry: Mapping growth and remodeling in 3 dimensions. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2016;150(2):238–51.
 77. Kristensen KD, Schmidt B, Stoustrup P, Pedersen TK. Idiopathic condylar resorptions: 3-dimensional condylar bony deformation, signs and symptoms. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;152(2):214–23.
 78. Okkesim A, Adisen M, Misirlioglu M. Temporomandibular joint involvement in psoriatic arthritis. *Niger J Clin Pract* [Internet]. 2017;20(11):1501.
 79. Zinsly S dos R, Moraes L de, Moura P De, Ursi W. Avaliação do espaço aéreo

faríngeo por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico. *SciELO Bras* [Internet]. 2010;15(5):150–8.

80. Silva RJ, Souza CVV, Souza GA, Ambrosano GMB, Freitas DQ. Changes in condylar volume and joint spaces after orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2018;47(4):511-517.
81. Scarfe WC. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontic treatment. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2013;116(2):238–57.
82. Silva MAG, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2008;133(5):1–5.
83. Roberts JA, Drage NA, Davies J, Thomas DW. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol*. 2009;82(973):35–40.
84. Sun Z, Smith T, Kortam S, Kim DG, Tee BC, Fields H. Effect of bone thickness on alveolar bone-height measurements from cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2011;139(2):e117–27.