

JEFFERSON LUIS OSHIRO TANAKA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM MÉTODO DE ANÁLISE
DE MATURAÇÃO ÓSSEA POR MEIO DE MEDIDAS DAS VÉRTEBRAS
CERVICAIS EM RADIOGRAFIAS CEFALOMÉTRICAS LATERAIS**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos,
Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção
do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em
BIOPATOLOGIA BUCAL, Área Radiologia Odontológica.

Orientador Prof. Titular Edmundo Medici Filho

São José dos Campos
2008

FOLHA DE APROVAÇÃO

Tanaka JLO. Desenvolvimento e análise de um método de avaliação de maturação óssea por meio de medidas das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, 2008.

São Jose dos Campos, 23 de setembro de 2008.

Banca examinadora

- 1) Prof. Tit. Edmundo Medici Filho
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
Universidade Estadual Paulista – UNESP
- 2) Prof^a. Adj. Elisa Emi Tanaka Carloto
Faculdade de Odontologia de Londrina
Universidade Estadual de Londrina – UEL
- 3) Prof. Dr. Antônio Francisco David
Curso de especialização em Radiologia e Imaginologia
Universidade Cruzeiro do Sul – UNICSUL
- 4) Prof^a. Dra. Lucia Teramoto
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
Universidade Estadual Paulista – UNESP
- 5) Prof. Adj. Julio Cezar de Melo Castilho
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
Universidade Estadual Paulista – UNESP

*"O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis."
(Fernando Pessoa)*

DEDICATÓRIA

*À minha esposa **Evelise**, amor da minha vida, minha companheira, apoiadora e incentivadora.*

*"Meu amor, quando digo que te amo profundamente... estou descrevendo apenas
superficialmente tudo o que sinto."
(Autor desconhecido)*

*Aos meus pais, **Luis** e **Eliza**, que são meu norte, exemplo de vida. O que sou hoje é resultado de seu amor, carinho e luta incansável.*

*Aos meus segundos pais, **Agostinho** e **Alaide**, pelo carinho, incentivo e confiança.*

*"Que riqueza não é, até entre os pobres, ser filho de bons pais."
(Autor desconhecido)*

*À minha irmã **Cristiane**, à minha prima-irmã **Iza Kelly**, e ao meu primo-cunhado **Rodovaldo**, pelo incentivo e carinho de sempre.*

*À toda a minha família, em especial à minha batian **Yoshiko**, que sempre me apoiaram e me incentivaram.*

*"A verdadeira felicidade está na própria casa, entre as alegrias da família."
(Leon Tolstói)*

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À Deus, por tudo o que me proporcionou até o momento.

**"O que nós somos é o presente de Deus a nós. O que nós nos tornamos é nosso presente a Deus."
(Eleanor Powell)**

*Querido **Professor Titular Edmundo Medici Filho**: vejo no senhor a imagem do meu próprio pai, inteligente, criativo, sensato. Agradeço muito pela felicidade de ter sido seu orientado. Tenho enorme respeito e admiração pelo senhor. Vou sentir falta das nossas conversas tomando cafezinho!!!*

**"Mestre, depois de pai, é o nome mais nobre e mais doce que um homem pode dar a outro."
(Edmundo de Amicis)**

Aos queridos amigos:

Antônio Francisco David e Sandra Maria Nobre David, Milton Soares Gonçalves e Janaina de Oliveira Gentil, Gustavo Nogara Dotto e Patrícia Pasquali Dotto, Lawrenne Ide Kohatsu, Carolina de Oliveira Tocalino Walter Porto, Aline Rose Cantarelli Morosolli, Luciano Pereira Rosa e Francine Cristina Silva Rosa: nunca na minha vida tive a oportunidade conhecer tantas pessoas boas como vocês de uma só vez e, melhor ainda, de tê-los como amigos! Cada momento vivido com vocês já fez valer esses quatro anos!

*Em especial aos amigos **David**, **Sandra**, **Milton**, **Janaina** e **Lawrenne** por terem nos trazido ao convívio de sua casa e de sua família, por acreditarem em nós, dando-nos inúmeras oportunidades, e pela valiosa colaboração com este trabalho.*

"Você conhece as pessoas que o esquecem. Você esquece das pessoas que você encontrou. Mas às vezes você conhece pessoas que você não pode esquecer. Esses são seus amigos." (Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

*À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - Universidade Estadual Paulista, na pessoa do seu diretor **Professor Doutor José Roberto Rodrigues**, por abrir as portas desta renomada escola a nós.*

*Ao programa de pós-graduação em Biopatologia Bucal, na pessoa de sua coordenadora **Professora Adjunta Cristiane Yumi Koga Ito**, pela competência, coerência, organização e dedicação com que conduz o programa.*

*Aos **professores da disciplina de Radiologia Odontológica** da FOSJC-UNESP:*

***Professor Titular Luiz Cesar de Moraes**, por estar sempre pronto a nos ajudar, pelo carinho e pela amizade.*

***Professor Adjunto Julio Cezar de Melo Castilho**, pelos ensinamentos.*

***Professora Adjunta Mari Eli Leonelli de Moraes**, pelo carinho, amizade e por nos trazer ao convívio de sua família.*

À Professora Doutora Lucia Teramoto, por suas valiosas considerações a respeito deste trabalho.

Ao Professor Doutor José Antônio Pereira Salgado pela amizade e pela confiança em mim depositada.

Ao Professor Doutor Camilo Daleles Rennó (DPI-INPE), cujos ensinamentos sobre estatística despertaram meu interesse por essa ciência e abriram minha mente para planejamentos de experimentos.

Aos professores do Curso de Especialização em Radiologia Odontológica da ABENO-SP:

Professora Associada Emiko Saito Arita, pela amizade, pelos conhecimentos e pelo incentivo.

Professor José Carlos Negrelli Musegante e Marcos Ribeiro Soares, verdadeiros mestres. Os conhecimentos por vocês transmitidos foram fundamentais para trilhar o caminho da Radiologia Odontológica.

À Professora Adjunta Elisa Emi Tanaka Carloto, por ter aceito o convite para fazer parte da banca examinadora e pelo trabalho, e por ter aberto as portas da disciplina de Radiologia da UEL.

Aos amigos do Curso de pós-graduação em Radiologia Odontológica da FOSJC - UNESP Luiz Roberto Coutinho Manhães Jr., Luís Roque Araújo dos Santos, Wilton Mitsunari Takeshita, Cléber Frigi Bissofi, Breno Cherfên Peixoto, Simone Maria Ragone Guimarães, Roberto Hiroshi Matsui, Rafaela Rangel Rosa, Michelle Bianchi de Moraes, Patrícia Superbi Lemos Maschtakow, Carolina Bacci Costa, Caio Vinicius

Bardi Matai, Daniela Imoto Takeshita, pelo convívio e pela troca de experiências. Em especial ao **Wilton**, pelos convites para ministrar aulas em seu curso de especialização, e à **Patrícia**, por toda a ajuda na resolução das pendências deste trabalho.

Aos professores do Curso de Especialização em Ortodontia da APCD-SBC **Adriana Calheta, Andressa Ladislau, Celso Cavaleiro, Luis Paulo Bellini, Roberto César de Oliveira e Priscila de Almeida**, por todo o apoio.

Às funcionárias da Disciplina de Radiologia **Conceição e Eliane**, pela presteza e amizade.

Às secretárias da Seção de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos **Erena, Rose, Lillian e Cidinha**, sempre dispostas a nos atender.

Aos professores do Curso de Especialização em Ortodontia e Ortopedia Facial da UEL-PR: **Carlos Eduardo de Oliveira Lima, Claudenir Rossato, Felix Höette, Luiz Sérgio Carreiro, Nivaldo Zamberlan, Paulo Eduardo Baggio, Ricardo Takahashi, Professor Tíeo Takahashi e Yoneo Tackahashi**, pelo convívio, amizade e conhecimentos transmitidos.

Às funcionárias da biblioteca e demais funcionários da faculdade.

À todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a execução desta tese.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	11
RESUMO.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Considerações gerais sobre o crescimento.....	15
2.2 Radiografias de mão e punho.....	19
2.3 Curva de crescimento.....	22
2.4 Vértebras cervicais.....	26
3 PROPOSIÇÃO.....	60
4 MATERIAL E MÉTODO.....	61
4.1 Criação do método MRVC.....	61
4.2 Validação do método MRVC.....	68
5 RESULTADOS.....	74
5.1 Criação do novo método.....	74
5.2 Validação do método.....	82
6 DISCUSSÃO.....	87
7 CONCLUSÕES.....	97
8 REFERÊNCIAS.....	98
ANEXO A.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

DP =	Desvio-padrão
CVM =	Cervical maturation stage
EC =	Estágio cervical
EMVC =	Estágio de maturação de vértebras cervicais
Evc =	Estágio de vertebra cervical
GP =	Greulich e Pyle
HF =	Hassel e Farman
IMC =	Índice de maturação carpal
IME =	Índice de maturação esquelética
IMV =	Índice de maturação vertebral
IMVC =	Índice de maturação de vértebras cervicais
MRVC =	Maturação por Razões em Vértebras Cervicais
PCM =	Pico de Crescimento Mandibular
PSCP =	Pico do Surto de Crescimento Puberal
SCP =	Surto de Crescimento Puberal

Tanaka JLO. Desenvolvimento e análise de um método de avaliação de maturação óssea por meio de medidas das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, 2008.

RESUMO

As alterações anatômicas das vértebras cervicais têm sido empregadas na análise de maturação óssea em Ortodontia e Ortopedia Funcional dos Maxilares. Como essas mudanças são sutis, o objetivo neste estudo foi desenvolver e avaliar um método de análise de maturação óssea empregando-se medidas dessas estruturas. Foram utilizados 246 pares de radiografias cefalométricas laterais e de mão/punho, 135 de indivíduos do sexo feminino e 111 do masculino, divididos em 5 grupos segundo a Curva de Crescimento de Mercadante. Nas radiografias cefalométricas laterais, 15 razões foram obtidas das vértebras C2, C3 e C4, utilizando o programa Radiocef 4.0®. A média de cada razão foi comparada entre os grupos por meio das análises ANOVA e Tukey, que apontaram 10 razões como as que melhor diferem cada fase e que foram utilizadas na criação do novo método. Neste método, denominado Maturação por Razões em Vértebras Cervicais (MRVC), a maturação óssea é classificada em 7 estágios a partir dos resultados das 10 razões. Para sua validação, utilizou-se outra amostra de 58 pares de radiografias cefalométricas laterais e de mão/punho, 28 do sexo feminino e 30 do masculino, submetidas à avaliação de 4 examinadores por três métodos: Curva de Crescimento, Hassel e Farman e método MRVC. Os resultados apontaram melhor desempenho intra e inter-examinadores para a Curva de Crescimento e desempenho semelhante entre o método MRVC e o de Hassel e Farman. Por outro lado, o método MRVC proporcionou resultados próximos ao da Curva de Crescimento na determinação da maturação óssea do indivíduo em relação ao pico do surto de crescimento puberal. Concluiu-se que foi possível criar um método de análise de maturação óssea por medidas das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais com eficácia comparável à da Curva de Crescimento.

PALAVRAS-CHAVE: Vértebras cervicais; desenvolvimento ósseo; determinação da idade pelo esqueleto; humanos/crescimento e desenvolvimento; radiografia; Ortodontia, cefalometria.

1 INTRODUÇÃO

A Ortodontia e a Ortopedia Funcional dos Maxilares caracterizam-se pela correção de discrepâncias dentárias, dento-alveolares e ósseas por meio de dispositivos que liberam força⁴⁵. Nessas especialidades o potencial de crescimento remanescente de um indivíduo é de suma importância^{26, 36 e 45}. Verifica-se que mais de 50% dos casos tratados ortodonticamente incluem más-occlusões nas quais o crescimento e desenvolvimento, principalmente o facial, cujo período de maior incremento geralmente coincide com o surto de crescimento puberal (SCP)^{20 e 30}, possuem grande importância no sucesso ou insucesso da terapia³⁶.

O crescimento do organismo humano não é constante. Dois surtos de crescimento são observados durante o seu desenvolvimento^{29, 40 e 48}. O segundo, mais importante para Ortodontia e Ortopedia Funcional dos Maxilares, acontece na adolescência, mas com diferentes intensidades e durações em cada indivíduo⁴⁸. Além disso, existe uma variabilidade na idade em que ocorre o início do SCP, que reflete as diferenças individuais da maturação física de crianças com a mesma idade cronológica^{16, 29 e 36}, o que limita o uso desse parâmetro para determinar o grau de desenvolvimento fisiológico do indivíduo. Segundo Hunter³⁰, o melhor indicador de desenvolvimento fisiológico é a maturação óssea, e a obtida pelo método radiográfico da mão e do punho é a que melhor retrata a idade biológica^{15 e 44}.

Vários métodos de avaliação de maturação óssea por radiografias foram propostos. Os mais difundidos utilizam radiografias de mão e punho^{27 e 45}. Entretanto, nos últimos anos, as vértebras cervicais

vêm sendo utilizadas para tal finalidade⁹, com a vantagem de eliminar exposição radiográfica adicional, já que estas estruturas são registradas em radiografias cefalométricas laterais convencionais freqüentemente solicitadas para o diagnóstico em Ortodontia e Ortopedia Funcional dos Maxilares^{21, 28 e 32}. No entanto, existe uma dificuldade na avaliação visual das alterações das vértebras cervicais, por serem muito sutis^{9, 27 e 40}.

Dessa maneira, o objetivo neste trabalho foi desenvolver um novo método de análise de maturação esquelética baseado em medidas das vértebras cervicais C2, C3 e C4 e avaliar sua validade no diagnóstico do estágio de desenvolvimento do indivíduo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações gerais sobre o crescimento

Björk e Helm⁷ afirmaram que a idade de início do SCP varia de acordo com o sexo, a geração, a população e o meio ambiente. Difere também de uma pessoa para outra. Afirmaram que a compreensão da relação entre a idade em que acontece o surto máximo de crescimento puberal e outros critérios da maturação esquelética é de grande valor para se determinar se o indivíduo já atingiu ou não o SCP.

Sobre o valor da avaliação de maturação óssea para a Ortodontia, Broadbent e Golden⁸ destacaram que a determinação do potencial de crescimento do complexo dentofacial tem sido um dos objetivos no planejamento do tratamento ortodôntico. As idades cronológica, dentária e óssea fazem parte de um conjunto de dados de diagnóstico que favorecem a escolha do tipo de tratamento a ser executado. Escolha de condutas como extração ou não-extração de pré-molares, extração seriada, e até indicações de correção por meio de Cirurgia Ortognática serão influenciadas pelo potencial de crescimento (direção e magnitude) do indivíduo.

Hägg e Taranger²⁵ pesquisaram o SCP e a maturação óssea de uma amostra de 212 crianças suecas, analisando os seguintes fatores: definição do SCP; idade do início, do pico e do final do crescimento adolescente; idade do acontecimento de níveis específicos de maturações dentária, óssea e puberal; e associação entre níveis

específicos de maturação e SCP. Para cada indivíduo foram registradas a estatura, a irrupção dentária, a idade de acontecimento da menarca e alterações na voz. Realizaram, também, radiografias de mão e punho anuais de todos os indivíduos. Observaram em seu estudo que o SCP iniciou-se, em média, aos 10 anos nos indivíduos do sexo feminino e aos 12,1 anos nos do sexo masculino. O pico do surto de crescimento puberal (PSCP) aconteceu dois anos após o início do SCP, em ambos os sexos. O SCP finalizou, em média, aos 14,8 anos nos indivíduos do sexo feminino e aos 17,1 anos nos do masculino.

Leite et al.³³ destacaram que a idade óssea não deve ser empregada como método único de diagnóstico, mas sim como uma complementação de um conjunto de informações para a determinação do grau de desenvolvimento biológico de um indivíduo.

Ursi⁴⁷ relatou que a compreensão dos eventos de crescimento é importante para o diagnóstico, planejamento e tratamento ortodôntico e seu resultado final. Decisões como extração ou não-extração, uso de aparelhos ortopédicos ou indicação para cirurgia ortognática, devem ser baseadas no estágio de maturação óssea em que se encontra o indivíduo. Explicou que os estágios de desenvolvimento pós-natal podem ser divididos em infância (do período gestacional até a pré-adolescência), adolescência (do término da infância até os 14 anos nos indivíduos do sexo feminino e 18 nos do sexo masculino) e fase adulta, subdividida em maturidade e senilidade. Na curva de crescimento humano são observadas altas taxas de crescimento após o nascimento, e uma fase longa de crescimento descendente. Esta é seguida por um pequeno surto entre os seis e sete anos de idade. Na adolescência, ocorre outro surto no crescimento, mais significativo do que o primeiro. Salientou que a demora no desenvolvimento dos seres humanos esteja provavelmente relacionada com a complexidade neural e comportamental desta espécie. Esse longo período de desenvolvimento dá ao cérebro tempo necessário para aprendizado, amadurecimento e socialização

antes do período de maturação sexual. Explicou ainda que o SCP é um fenômeno que ocorre em todas as crianças, mas com diferentes intensidades e durações em cada indivíduo. Nos indivíduos do sexo masculino, ocorre entre os 12,5 e 15 anos, e é responsável por um ganho de aproximadamente 20 cm em estatura e 20 kg de peso. Nos do sexo feminino, ocorre entre os 10,5 e 13 anos de idade, com incrementos de cerca de 8 cm anuais. Afirmou que a forte correlação entre o surto de crescimento estatural e o craniofacial possibilita o uso do acompanhamento longitudinal de crescimento para determinar a época do SCP. Entretanto, esse tipo de acompanhamento nem sempre está disponível, e geralmente localiza o surto após o mesmo já ter ocorrido. O surto de crescimento estatural coincide com o surto de crescimento craniofacial de maneira mais expressiva nos indivíduos do sexo masculino que nos do sexo feminino. Esse surto de crescimento craniofacial determina a indicação para tratamentos ortodônticos/ortopédicos das discrepâncias ósseas de um indivíduo.

Mercadante³⁵, verificando vários estudos, constatou que mais de 50% dos casos tratados ortodonticamente incluem más-oclusões nas quais o crescimento e desenvolvimento possuem grande importância no sucesso ou insucesso da terapia. Discrepâncias ósseas têm sido tratadas cada vez mais precocemente, em detrimento das discrepâncias dentárias, que podem ser corrigidas em qualquer época da vida. A avaliação da idade óssea, juntamente com as idades dentária e cronológica, altura e peso, são indicadores do nível de maturação fisiológica do indivíduo. A determinação da época em que ocorrerá o SCP proporcionará o uso de aparelhos adequados para a correção e para o direcionamento de crescimento. Lembrou que o SCP não ocorre na mesma época em todos os indivíduos, pois não está associado à idade cronológica que, por sua vez, não coincide com a idade óssea. Isto pode ser explicado por fatores genéticos, raciais, ambientais, nutricionais e socioeconômicos. Para o ortodontista, conforme salientou, a idade óssea

possui maior valor que a idade cronológica, pois representa com maior fidelidade o desenvolvimento biológico do indivíduo.

Canali et al.⁹ relataram que existe aceleração acentuada do crescimento durante a puberdade, e esse crescimento acentuado é de interesse para o ortodontista, visto que tratamentos ortodônticos realizados durante essa fase são mais efetivos, já que é máxima a capacidade de resposta das estruturas faciais aos estímulos do tratamento. Afirmaram haver uma variação individual na maturação fisiológica, que impede o uso da idade cronológica para tal avaliação. De acordo com os autores, a idade esquelética, avaliada por intermédio dos estágios de desenvolvimento dos centros de ossificação, é a melhor maneira de se obter a idade biológica do indivíduo, visto que o desenvolvimento ósseo é fundamental para o crescimento humano. Segundo os autores, o pico do SCP acontece antes nos indivíduos do sexo feminino.

Grave e Townsend²¹ verificaram que os picos de crescimento mandibular coincidem com o pico de crescimento estatural na maioria dos indivíduos. Nos indivíduos cujos picos de crescimento estatural e mandibular não foram coincidentes, uma variação de no máximo um ano para mais ou para menos foi observada entre os picos.

Conforme relataram Santos et al.⁴¹, o período de crescimento pré-puberal é a melhor fase para se iniciar terapias ortopédicas, visto que esse é o período em que as alterações craniofaciais são mais acentuadas. Por isso, o estágio de maturação biológica do indivíduo é a base para se tomar decisões a respeito do tipo de tratamento a ser adotado.

2.2 Radiografias de mão e punho

Baer e Durkatz⁶ avaliaram a assimetria de maturação dos ossos da mão e do punho entre os lados direito e esquerdo. Estudaram 474 radiografias de mão e punho de 123 indivíduos do sexo masculino e 122 do sexo feminino, todos com saúde normal. Todas as radiografias foram submetidas à análise de idade óssea pelo método de Greulich e Pyle²³ (GP). Concluíram que os ossos do carpo apresentam maior grau de assimetria em relação às epífises dos dedos e punho. Não encontraram diferenças significativas entre os sexos na porcentagem total de assimetrias de maturação da mão e punho. Quando um osso apresentava-se avançado em seu estágio de maturação em relação à idade cronológica do indivíduo, o mesmo osso do lado oposto também se apresentava adiantado, ou seja, centros específicos de ossificação não apresentam diferenças bilaterais de desenvolvimento.

Segundo Greulich e Pyle²³, qualquer órgão pode ser utilizado na avaliação do estágio de maturação biológica de um indivíduo, inclusive o esqueleto e partes dele. Isso porque o desenvolvimento de cada parte do corpo de indivíduos sadios se processa em harmonia. Portanto, o uso da mão e do punho para tal finalidade está indicado. Citaram algumas vantagens do uso desta estrutura: a) permite avaliar o progresso do indivíduo em direção à maturidade; b) permite diferenciar os que possuem maturação precoce ou atrasada; c) revela desequilíbrios de desenvolvimento esquelético; d) em associação à outra radiografia de mão e punho subsequente, permite quantificar a taxa de desenvolvimento ocorrida no período. Afirmaram, entretanto, que nenhuma técnica de avaliação de idade óssea disponível é completamente eficiente.

Ursi⁴⁷ afirmou que a determinação de idade óssea em radiografias de mão e punho depende da avaliação dos estágios de

ossificação de suas estruturas. Esses estágios são os indicadores mais utilizados em razão da facilidade e eficiência do método. Ossos longos iniciam como centros primários de ossificação, passando por alterações de forma até adquirirem epífises. Nesta fase existe uma linha radiolúcida que a separa da sua diáfise. Esta linha corresponde à cartilagem primária de crescimento. À medida que a epífise se desenvolve, sua largura vai aumentando até ultrapassar a largura da diáfise. Neste momento, projeções laterais se desenvolvem em direção à diáfise, caracterizando a fase de capeamento epifisário. A partir deste estágio, a cartilagem vai sendo substituída pela fusão óssea, do centro para as extremidades.

De acordo com Mercadante³⁵, o conhecimento da anatomia e dos estágios de maturação da mão e do punho é fundamental para interpretar as radiografias desta região. Descreveu que o punho é formado por dois ossos: epífises distais do rádio (R) e da ulna (U). A mão é composta por 27 ossos (excluindo-se os sesamóides) divididos em: carpo, metacarpo e falanges (Figura 1). O carpo é formado por oito ossos cubóides distribuídos em duas fileiras. A fileira superior (proximal) é composta, de lateral para medial, pelos ossos escaféide (E), semilunar (SL), piramidal (P) e pisiforme (Psi). A fileira inferior (distal) engloba, de lateral para medial, os ossos trapézio (T), trapezóide (TE), capitato (grande osso - GE) e hamato (ganchoso - G). Já o metacarpo é composto por cinco ossos longos, cada um com uma epífise (distal) e uma diáfise, com exceção do metacarpo do primeiro dedo, que possui duas epífises (proximal e distal). Estes ossos são numerados de 1 a 5 (M1, M2, M3, M4, M5), a partir do primeiro dedo. Próximo à parte interna e distal de M1, encontra-se o osso sesamóide adutor (S). Por sua vez, os dedos são em número de cinco, cada um com três falanges (proximal, média e distal), com exceção do primeiro dedo, que possui duas falanges (proximal e distal). Todas as falanges possuem epífises proximais. Da mesma forma que os ossos do carpo, as falanges são numeradas de 1 a 5 a partir do primeiro dedo, da seguinte maneira: falanges proximais FP1, FP2, FP3,

FP4, FP5; falanges médias FM2, FM3, FM4, FM5; e falanges distais FD1, FD2, FD3, FD4, FD5.

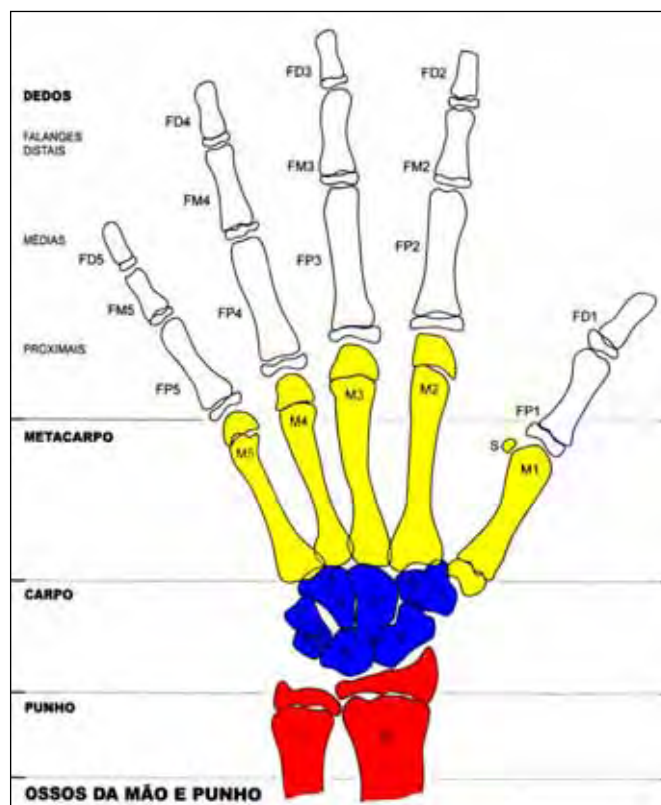


FIGURA 1 – Desenho esquemático dos ossos que compõem a mão e o punho³³.

Franco et al.¹⁵ destacaram a importância das radiografias de mão e punho na determinação de idade óssea. Dentre as vantagens dessa radiografia estão o registro de eventos de ossificação que se iniciam ao nascimento e persistem até a idade adulta. Além disso, permite que esses eventos sejam comparados no decorrer de seus desenvolvimentos e entre indivíduos, e possibilitam mostrar que ocorrem em sequência ordenada e constante.

Arat et al.² desenvolveram estudo com o objetivo de verificar o crescimento em diferentes regiões do complexo craniofacial e determinar a relação entre o nível de maturação óssea e o crescimento craniofacial em diferentes estágios maturacionais. Concluíram que o crescimento craniofacial apresenta maiores incrementos durante a fase de

capeamento epifisário da falange média do terceiro dedo (FM3cap) e união epifisária da falange distal do terceiro dedo (FD3u). Afirmaram que durante os estágios FM3u (união epifisária da falange média do terceiro dedo) e FP3u (união epifisária da falange proximal do terceiro dedo), as alterações craniofaciais observadas foram mínimas.

Freitas et al.¹⁶ destacaram que a radiografia de mão e punho é um método simples e altamente correlacionado com a maturação óssea total. Sua praticidade foi constatada, devido à grande quantidade de centros de formação óssea localizados em uma pequena área, possível de ser registrada com uma dose relativamente baixa de radiação.

2.3 Curva de crescimento

De acordo com Martins e Sakima³⁴, a fase de crescimento adolescente possui uma fase ascendente, um pico e uma fase descendente. O SCP, conforme relataram, tem duração de aproximadamente dois anos, dividido em uma fase de aceleração, um pico e uma fase de desaceleração. Afirmaram que clinicamente, interessa identificar o estágio em que o indivíduo se encontra em relação a esse pico. Descreveram os eventos da mão e punho em relação a essas fases do SCP:

a) estágios que ocorrem dois a três anos antes do pico do SCP, em ordem de aproximação:

- FP2=: Epífise da falange proximal do segundo dedo com a mesma largura da diáfise,
- FM3=: Epífise da falange média do 3º dedo com a mesma largura da diáfise;

b) estágios que ocorrem um a dois anos antes do pico do surto de crescimento puberal em ordem de aproximação:

- G1: Formação inicial do gancho radiopaco do hamato,
- Pisi: Ossificação do pisiforme,
- R=: Epífise do rádio com a mesma largura da diáfise;

c) estágios que ocorrem 0,5 ano antes do pico do SCP, ao mesmo tempo:

- S: Ossificação do osso sesamóide,
- G-2: Gancho radiopaco nítido no interior do osso hamato;

d) estágios que ocorrem durante até 0,5 ano depois:

- FM3cap: capeamento epifisário da falange média do 3º dedo,
- FP1cap: capeamento epifisário na falange proximal do 1º dedo,
- Rcap: capeamento epifisário do rádio;

e) Estágios que acontecem 1,5 a dois anos após o pico do SCP, em ordem de afastamento:

- FD3u: união epifisária da falange distal do terceiro dedo,
- FP1u: união epifisária da falange proximal do primeiro dedo;

f) estágios que acontecem dois a três anos depois do pico do SCP, na ordem de afastamento:

- FP3u: união epifisária na falange proximal do 3º dedo,
- FM3U: união epifisária na falange média do 3º dedo;

g) estágios que ocorrem de quatro a 4,5 anos após o pico do SCP:

- Ru: união epifisária do rádio.

Mercadante³⁵ realizou uma adaptação da Curva de Crescimento proposta em 1977 por Martins e Sakima³⁴. Essa curva

- Psi: início da ossificação do osso pisiforme. Marca o começo da adolescência.
- R: epífise do rádio com a mesma largura da diáfise. Este estágio, em associação aos estágios G1 e Psi, precede o pico do SCP na maioria dos indivíduos.
- Fdcap: capeamento epifisário das falanges distais.
- S: ossificação do sesamóide. Ocorre seis meses antes o início do SCP. Nunca surge após o pico do SCP.
- G2: gancho radiopaco nítido no osso hamato. Indica que o pico do SCP está para de ocorrer dentro de três meses.
- FDcap: capeamento epifisário das falanges proximais.
- FMcap: capeamento epifisário das falanges médias. Este estágio, somado ao FDcap, indica o pico do SCP. Um ano já se passou desde o início do SCP.
- Rcap: capeamento epifisário do rádio, que acontece aproximadamente três meses após o pico do SCP.
- M: menarca. Nos indivíduos do sexo feminino, sinaliza que o fim do SCP está para acontecer em seis meses. A simples indagação a indivíduo a respeito de sua ocorrência pode evitar a exposição radiográfica de mão e punho.
- FDui: início da união epifisária das falanges distais. Correlação com menarca. Indica que o SCP está para terminar dentro de seis meses.
- FPui: início da união epifisária das falanges proximais.
- FMui: início da união epifisária das falanges médias.
- FDut: união epifisária total das falanges distais. Indica o final do SCP. Os objetivos do tratamento devem ser atingidos até esta fase.
- FPut: união epifisária total das falanges proximais.

- FMut: união epifisária total das falanges médias.
- Rut: união epifisária total do rádio. Sinaliza o fim do crescimento maxilar. O crescimento estatural e o da cabeça da mandíbula persistem por mais um ou dois anos após esta fase. A senilidade do rádio (ausência de linha radiolúcida entre epífise e diáfise) determina o momento ideal para as cirurgias ortognáticas.

Lembrou Mercadante³⁵ que os estágios de maturação presentes nesse gráfico ocorrem em seqüência. Entretanto, para a utilização da curva, deve-se considerar o evento mais avançado.

2.4 Vértébras cervicais

Lamparski³² *apud* Santos et al.⁴⁰ observou que as vértebras cervicais sofrem alterações no decorrer da maturação óssea. Propôs seis estágios de vértebras cervicais (Evc), a partir de estudo, comparando a maturação destas estruturas e a maturação óssea da mão e do punho. Relatou que estas alterações que ocorrem entre a segunda e a sexta vértebra cervical podem ser empregadas na avaliação de maturação óssea, de forma confiável e com o mesmo valor clínico da avaliação da região da mão e do punho. Citou que os indicadores de maturação das vértebras são a concavidade das bordas inferiores, o aumento vertical e as alterações de forma dos corpos vertebrais e a inclinação das bordas superiores. Lamparski³² *apud* Santos et al.⁴⁰ descreveu os seis estágios de vértebras cervicais (Evc):

- a) estágio 1 (Evc 1): bordas inferiores de C2 a C6 planos. Bordas superiores de C2 a C6 inclinados de

posterior para anterior,

b) estágio 2 (Evc 2): concavidade na borda inferior de C2. Aumento da altura anterior dos corpos de C2 a C6,

c) estágio 3 (Evc 3): concavidade na borda inferior de C3,

d) estágio 4 (Evc 4): concavidade na borda inferior de C4. Início de formação de concavidades nas bordas inferiores de C5 e C6. Os corpos de todas as vértebras possuem forma retangular,

e) estágio 5 (Evc 5): concavidades distintas nas bordas inferiores de todas as vértebras. Corpos vertebrais com forma quase quadrada. Espaços intervertebrais reduzidos,

f) estágio 6 (Evc 6): concavidades profundas das bordas inferiores de C2 a C6. Corpos vertebrais com altura maior do que largura.

O'Reilly e Yanniello³⁷ afirmaram que uma vantagem dos métodos que empregam as vértebras cervicais na avaliação da idade óssea é a eliminação de uma exposição radiográfica, já que essas estruturas são registradas em radiografias cefalométricas laterais freqüentemente empregadas na Ortodontia. Realizaram estudo para investigar a relação entre os estágios de maturação cervical e o crescimento mandibular. Para tanto utilizaram radiografias cefalométricas laterais obtidas anualmente de 13 indivíduos leucodermas do sexo feminino, com idade entre nove e 15 anos. Mediram o comprimento total da mandíbula, o comprimento do corpo mandibular e a altura do ramo mandibular. A análise do grau de maturação óssea pelas vértebras cervicais foi baseada no método proposto por Lamparski³² citado por Santos et al.⁴⁰. Com os resultados, demonstraram que incrementos significantes no comprimento mandibular ocorreram entre os estágios 1 a 4. Aumentos no comprimento do corpo mandibular foram observados

entre os estágio 1 a 3. Já os aumentos no comprimento do ramo mandibular aconteceram entre os estágios 1 e 2. Os estágios de 1 a 3 foram observados antes do pico de crescimento puberal, e os estágios 2 e 3 no ano imediatamente precedente ao pico. Entretanto, encontraram variações individuais. O período pós-pico foi representado pelos estágios 4 e 5. Concluíram que os estágios de maturação das vértebras cervicais podem ser empregados na previsão da época de máximo crescimento mandibular na puberdade. Afirmaram que, apesar dos padrões determinados para esta pesquisa englobarem apenas idades ósseas compreendidas entre 10 e 15 anos, esse é o período mais crítico para a avaliação do grau de maturação óssea no qual a maioria dos tratamentos ortodônticos é realizada.

Com o objetivo de medir a altura e o comprimento das vértebras cervicais de indivíduos de 8, 11 e 15 anos de idade, Hellsing²⁸ avaliou radiografias laterais de crânio de 107 crianças e 22 adultos. Todos os indivíduos possuíam registros de suas estaturas. Obteve as medidas nas radiografias por meio de mesa digitalizadora com precisão de 0,1mm. Não encontrou diferenças significantes na estatura das crianças; entretanto, observou que os homens adultos eram significativamente mais altos que as mulheres adultas. A altura posterior média da segunda vértebra aumentou de 26,5 mm para 34,2 mm nos meninos e de 27,4 mm para 33,5 mm nas meninas, com o passar da idade. A altura posterior média da terceira à sexta vértebra aumentou de 6 mm para 12 mm, com valores maiores para as meninas, embora não estatisticamente significantes, em todas as faixas etárias. A altura anterior média da terceira à sexta vértebra aumentou de 5 mm para 13 mm, aproximadamente, nos indivíduos do sexo masculino e nos do feminino, sendo que esses valores foram maiores para as meninas, embora não significantes. O comprimento médio da terceira à sexta vértebra dos indivíduos do sexo masculino e os do feminino aumentou de 11 mm para 14 mm, mas com valores maiores nos da faixa etária dos quinze anos,

nos do sexo masculino. Quando comparou indivíduos do sexo masculino adultos e crianças de 15 anos de idade, encontrou valores significativamente maiores no comprimento e altura vertebrais, em adultos. Entretanto, não encontrou diferenças significantes entre meninas de quinze anos de idade e adultas. Portanto, aos 15 anos de idade, indivíduos do sexo feminino atingem medidas vertebrais de adulto, ao passo que meninos, aos 15 anos de idade, ainda não completaram o crescimento vertebral. Concluiu que existe a possibilidade do uso da altura e do comprimento das vértebras cervicais como método de predição de crescimento. Uma vantagem no uso dessa técnica está na eliminação de exposição radiográfica adicional, já que as vértebras cervicais são registradas em radiografias cefalométricas laterais convencionais.

Hassel e Farman²⁷ realizaram estudo em radiografias cefalométricas laterais com o objetivo de criar um método de avaliação de maturação óssea. Avaliaram radiografias cefalométricas laterais e de mão e punho de duzentos e vinte indivíduos divididos em 11 grupos de 10 homens e 10 mulheres de acordo com o índice de maturação óssea. A idade cronológica dos indivíduos estava compreendida entre oito e 18 anos. Avaliaram a idade óssea pelas radiografias de mão e punho segundo o índice de maturação óssea (IME) de Fishman¹². Para avaliação da idade óssea por meio das vértebras cervicais, utilizaram as vértebras C3 e C4 além do processo odontóide da vértebra C2. De acordo com a idade óssea obtida, cada radiografia cefalométrica foi pareada com sua respectiva radiografia de mão e punho, em cada um dos 11 grupos. De acordo com os resultados, determinaram seis categorias de índice de maturação das vértebras cervicais (IMVC):

- a) categoria 1 – Iniciação, correspondente aos índices de maturação esquelética (IME) 1 e 2, no qual o crescimento puberal está começando. Espera-se de 80% a 100% de crescimento. As vértebras possuem

formato de cunha, com a borda superior inclinado de posterior para anterior;

- b) categoria 2 – Aceleração, corresponde aos IME 3 e 4. Início da fase de aceleração, com previsão de 65% a 85% de crescimento esperado. Concavidades nas bordas inferiores de C2 e C3. Borda inferior de C4 ainda plana. Corpos de C3 e C4 com formato aproximadamente retangular;
- c) categoria 3 – Transição, correspondente ao IME 5 e 6. Estágio próximo ao pico de crescimento puberal, com 25% a 65% de crescimento restante esperado. Concavidades evidentes nas bordas inferiores de C2 e C3. Início de formação de concavidade na borda inferior de C4. Corpos de C3 e C4 com forma retangular horizontal;
- d) categoria 4 – Desaceleração, correspondente aos IME 7 e 8. Fase de desaceleração do crescimento puberal, com 10% a 25% de crescimento restante esperado. Concavidades distintas nas bordas inferiores de C2, C3 e C4. Corpos de C3 e C4 com forma aproximadamente quadrada;
- e) categoria 5 – Maturação, correspondente aos IME 9 e 10. 5% a 10% de crescimento esperado. Concavidades acentuadas em C2, C3 e C4. Formas de C3 e C4 quase quadradas ou quadradas;
- f) categoria 6 – Finalização, correspondente ao IME 11. Crescimento completo neste estágio. Pouco ou nenhum crescimento puberal esperado. Concavidades profundas nas bordas inferiores de C2, C3 e C4. C3 e C4 com forma quadrada ou retangular vertical.

Observaram que as formas das vértebras cervicais variam a cada nível de desenvolvimento esquelético, o que proporciona um meio de determinar o grau de maturação óssea de um indivíduo e, por consequência, seu potencial de crescimento restante. A anatomia vertebral de C3 e C4 muda de uma forma de cunha para retangular horizontal, quadrada e retangular vertical durante o processo de maturação óssea. As bordas inferiores das vértebras imaturas são planas, enquanto que as das maduras são côncavas. As concavidades aparecem sequencialmente em C2, C3 e C4 e se tornam progressivamente mais distintas à medida que a maturação ocorre. Lembraram ainda que maturação óssea é um processo contínuo, e os indicadores presentes na mão e punho e nas vértebras cervicais são classificados como eventos distintos. Entretanto, cada estágio se sobrepõe ao seguinte, o que torna difícil a diferenciação de casos limítrofes. A partir do método proposto neste estudo, o ortodontista poderá avaliar o grau de maturação óssea do indivíduo por uma simples olhada na radiografia cefalométrica e ter uma idéia da quantidade de crescimento remanescente para um determinado indivíduo.

Vastardis e Evans⁴⁹ afirmaram que anatomicamente, a coluna cervical é composta por sete vértebras enumeradas de C1 a C7. As típicas (C3 a C7) possuem um corpo cilíndrico, com duas faces articulares, e um arco vertebral anexado bilateralmente ao corpo. Dois pedículos com duas lâminas unindo-os são encontrados no arco vertebral. No encontro das lâminas observa-se um processo espinhoso. Dois outros processos (processos transversos) surgem um de cada lado do corpo vertebral (Figura 3). As duas primeiras vértebras são típicas em suas formas anatômicas. A C1, também conhecida como atlas, não possui corpo vertebral. Basicamente, essa vértebra é composta por dois arcos, um anterior e outro posterior. Quatro superfícies articulares estão presentes, duas superiores que se articulam com os côndilos occipitais, e duas inferiores, que se articulam com a segunda vértebra. A atlas possui

também um tubérculo localizado no arco anterior e um processo espinhoso no arco posterior. Já a vértebra C2 (denominada áxis) possui uma projeção superior típica, denominada processo odontóide ou dente, que se encaixa no espaço correspondente ao que seria o corpo vertebral de C1.



FIGURA 3 – Anatomia radiográfica das vértebras cervicais*.

García-Fernandez et al.¹⁸ realizaram estudo para verificar a correlação entre a maturação óssea das vértebras cervicais e a maturação indicada por radiografias de mão e punho. Estudaram radiografias cefalométricas laterais e de mão e punho de 113 indivíduos, cinquenta do sexo masculino e 63 do feminino. Avaliaram as radiografias

* RICHARDSON, M. L. **Radiographic Anatomy of the Skeleton**. Disponível em: <http://www.rad.washington.edu/radanat/CSpineLateral.html>. Acesso em: 03 abr.. 2006.

de mão e punho de acordo com o critério proposto por Fishman¹² e as cefalométricas segundo os critérios de Hassel e Farman²⁷. Pelos resultados, demonstraram que em 92% dos indivíduos do sexo feminino e em 96% do sexo masculino, a idade óssea obtida pelo método da mão e punho foi compatível com aquela obtida pelo índice de vértebras cervicais. Concluíram que é possível determinar precisamente o estágio de maturação óssea por meio das vértebras cervicais sem a necessidade do uso de radiografias adicionais, o que pode melhorar as condições de diagnóstico e tratamento ortodônticos. Afirmaram ainda que o uso desta técnica pelos ortodontistas deveria ser encorajado, devido a sua facilidade de emprego.

Santos et al.⁴⁰ fizeram estudo com a finalidade de verificar a aplicabilidade e a eficácia do método de avaliação de maturação óssea por meio das vértebras cervicais. Afirmaram que a vantagem desse método está no fato de que essas estruturas são registradas em radiografias cefalométricas laterais rotineiramente solicitadas como recurso de diagnóstico para a Ortodontia. Relataram ainda que as vértebras cervicais, apesar de freqüentemente ignoradas durante a avaliação dessas radiografias, podem ser visualizadas em idade bem precoce, fato que viabiliza seu uso em pesquisas sobre crescimento. Empregaram 67 radiografias cefalométricas em norma lateral de indivíduos do sexo masculino e do feminino, com faixa etária compreendida entre oito anos e cinco meses e 16 anos e cinco meses. A avaliação da idade óssea foi realizada segundo o método descrito por Hassel e Farman²⁷. Os testes intra e interexaminadores indicaram correlações positivas em todas as comparações. Pelos resultados do estudo, os autores demonstraram a reprodutibilidade do método tanto em relação a um mesmo examinador quanto a examinadores diferentes, sendo que a avaliação intra-examinador apresentou a maior porcentagem de coincidência de escores atribuídos. Todos os examinadores avaliados afirmaram que era possível observar as alterações progressivas no

formato das vértebras cervicais, mas que ao classificar um estágio específico de maturação, notaram certa dificuldade. Essas dificuldades se relacionavam a imagens duvidosas ou pouco nítidas, provavelmente causadas por erros na obtenção das radiografias. Entretanto, as mudanças morfológicas nessas estruturas podem ser utilizadas para avaliar a maturação óssea dos indivíduos. As variações nos escores atribuídos variaram em apenas um estágio de maturação, o que pode ser considerado aceitável. Esta variabilidade pode ser justificada pelo fato de que este tipo de avaliação envolve critérios subjetivos. Nenhum método de avaliação de idade óssea deve ser utilizado isoladamente. Deve-se reunir a maior quantidade de dados fornecidos por outros métodos para que um resultado mais confiável possa ser alcançado.

Santos e Almeida³⁹ afirmaram que existe uma grande preocupação quanto à simplificação dos recursos de diagnóstico à redução das exposições aos raios X a que são submetidos os indivíduos. Por isso, tem-se discutido o uso das vértebras cervicais presentes nas radiografias cefalométricas em norma lateral para a avaliação do estágio de maturação óssea. A vantagem desse método está na eliminação de exposições radiográficas adicionais. Realizaram estudo transversal com os seguintes objetivos: a) avaliar a aplicabilidade do método de avaliação da maturação óssea por meio de vértebras cervicais; b) comparar esse método com outro que utiliza radiografias de mão e punho; c) verificar a viabilidade desse método na prática clínica. Utilizaram amostra de radiografias cefalométricas em norma lateral e radiografias de mão e punho de 77 indivíduos não tratados ortodonticamente, com idade cronológica entre oito anos e cinco meses e 16 anos e 5 meses. Avaliaram o estágio de maturação óssea nas radiografias cefalométricas laterais pelo método proposto por Hassel e Farman²⁷. A idade óssea nas radiografias de mão e punho foi determinada a partir do método de Fishman¹². Realizaram testes intra e interexaminadores para verificar a reprodutibilidade dos métodos. Tais testes mostraram correlação positiva

e significativa em todas as comparações envolvendo as avaliações em radiografias cefalométricas laterais, indicando que os escores atribuídos a elas foram semelhantes, e comprovando a reprodutibilidade do método. As correlações entre as avaliações das radiografias de mão e punho foram discretamente maiores do que as das radiografias cefalométricas laterais. Explicaram o fato pela maior assimilação e familiaridade existente para os centros de ossificação da mão e do punho. Observaram que os escores não coincidentes nas radiografias cefalométricas laterais variaram, em sua maioria, em apenas um ponto. Esta variação não possui relevância clínica. Afirmaram ainda que casos limítrofes podem não permitir a determinação de um estágio com precisão. Quando compararam os dois métodos, encontraram correlação estatisticamente significativa para todos os examinadores. Ressaltaram que ambos os métodos envolvem critérios subjetivos e que, portanto, certa variabilidade é esperada. Esta variabilidade não chega a invalidar os métodos. A não-invalidação dos métodos é reforçada pelo fato de que os métodos empregados atualmente para determinação de idade óssea não devem ser utilizados isoladamente, mas sim associados a outros dados, de forma que maior precisão no diagnóstico seja atingida. Concluíram que a verificação das alterações morfológicas que acometem as vértebras cervicais durante o processo de maturação é útil na avaliação óssea do indivíduo e pode ser aplicada na prática clínica com relativa confiabilidade, complementando outros métodos existentes.

Kucukkeles et al.³¹ estudaram a compatibilidade existente entre os métodos de avaliação da idade óssea por meio das vértebras cervicais e da mão e punho. Avaliaram uma amostra de radiografias cefalométricas laterais e de mão e punho pertencentes a cento e oitenta indivíduos, 99 do sexo feminino e 81 do masculino, com idades entre oito e 18 anos. Determinaram a maturação óssea nas radiografias de mão e punho pelo método de Fishman¹². Na avaliação da maturação óssea nas radiografias cefalométricas, utilizaram o método proposto por Hassel e

Farman²⁷. Os testes intra e interobservadores revelaram que a reprodutibilidade foi maior no método de mão e punho. Ressaltaram, entretanto, que os observadores não estavam familiarizados com o método das vértebras cervicais. Encontraram alto nível de concordância entre os observadores na determinação dos estágios pré-pico e pós-pico de crescimento puberal. O mesmo não aconteceu com a fase de pico. Afirmaram que isto ocorre com a maioria dos métodos de avaliação de idade óssea. Portanto, o uso do método das vértebras cervicais requer atenção quando a determinação do pico de crescimento puberal é necessária. Afirmaram que a utilização dos indicadores presentes nas vértebras cervicais para avaliação da maturação óssea pode reduzir a necessidade de exposições radiográficas adicionais.

Franchi et al.¹⁴ realizaram estudo com o objetivo de estudar a validade do método de avaliação de maturação óssea da mandíbula pelas vértebras cervicais. Empregaram uma amostra de 24 indivíduos, 15 do sexo feminino e nove do sexo masculino, cujos registros continham radiografias cefalométricas e modelos em gesso obtidos anualmente. Analisaram a idade óssea nas radiografias cefalométricas segundo o método de Lamparski³² e obtiveram medidas cefalométricas do tamanho e posição mandibulares. Pelos resultados, demonstraram que os incrementos estaturais aconteceram nos estágios de maturação de vértebra cervical (Evc) 1 a 4, enquanto que os Evc 4 a 6 corresponderam ao decréscimo na taxa desses incrementos. Em média, os maiores aumentos da estatura ocorreram nos Evc 3 e 4 em 100% dos indivíduos do sexo masculino e 87% do sexo feminino. Os maiores aumentos dos valores cefalométricos aconteceram entre os Evc 3 e 4. Do ponto de vista estatístico, a estatura e o comprimento mandibular total sofreram os maiores incrementos durante os Evc 3 e 4, e desaceleração no crescimento durante os Evc 4 e 5. A altura do ramo e a distância selagnátio apresentaram desaceleração significativa de crescimento entre os Evc 4 e 5. As alterações na estatura apresentam as menores

variabilidades para a avaliação de progressão de crescimento. Entretanto, este método requer várias medições de estatura em intervalos regulares, para que a curva de crescimento possa ser construída. Entenderam que indicadores radiográficos ideais deveriam incluir: validade biológica na determinação da maturidade óssea individual; eficiência na determinação do pico de crescimento mandibular; não necessidade de exposições radiográficas além daquelas comumente requisitadas para o diagnóstico ortodôntico. Os achados desse estudo sugerem que os estágios de maturação das vértebras cervicais preenchem esses requisitos. O Evc 3 é o estágio que mais se aproxima do pico de crescimento estatural e coincide com a idade cronológica de 8 anos e 6 meses até 11 anos e cinco meses nos indivíduos do sexo feminino e de dez a 14 anos nos do sexo masculino. Por esses dados, demonstram claramente a razão da idade cronológica não poder ser empregada na avaliação do grau de maturação óssea. Concluíram os pesquisadores que os resultados da terapia para correção de má oclusão esquelética de Classe II com aparelhos ortopédicos funcionais serão melhores se empregada durante os Evc 3 e 4, afirmando que a avaliação da maturação óssea e do pico de crescimento pelas vértebras cervicais é válido.

Armond et al.³ realizaram estudo com o propósito de verificar a aplicabilidade e a confiabilidade do método de estimativa da maturação óssea pelas vértebras cervicais observadas em radiografias cefalométricas laterais, comparando-as com os métodos que utilizam radiografias de mão e punho. Utilizaram 210 radiografias de mão e punho e 210 radiografias cefalométricas laterais de indivíduos leucodermas brasileiros. A partir dos resultados obtidos observaram a dificuldade de se empregar a idade cronológica como indicador da maturação óssea. Afirmaram que todos os indivíduos estudados tinham potencial de crescimento puberal diversificado, de acordo com as avaliações das vértebras cervicais. Não houve influência do sexo nos resultados obtidos. Reforçaram ainda que, conforme a lógica, um indivíduo que se encontra

na curva ascendente do SCP apresenta vértebras cervicais imaturas em relação a um indivíduo que se encontra na curva descendente do SCP. Relataram que é inviável a obtenção de um método absoluto de estimativa do crescimento e desenvolvimento esquelético esperado para um indivíduo. Recomendaram, portanto, a associação de diversos indicadores de maturação para um diagnóstico com maior precisão, uma vez que fatores como etnia, predisposição genética, enfermidades, condições climáticas e socioeconômicas, nutrição, bem como a tendência evolutiva do homem em atingir a maturação cada vez mais cedo, estão associados às variações dos métodos de avaliação de crescimento geral e facial do indivíduo. Concluíram que existe correlação estatisticamente significativa entre os indicadores de maturação obtidos pelas vértebras cervicais e pelos ossos da mão e punho. A inspeção radiográfica das alterações anatômicas das vértebras cervicais é um método alternativo confiável e prático para avaliação da maturação óssea e pode eventualmente substituir outros métodos. Não deve, entretanto, ser empregado como método absoluto para este fim.

Baccetti et al.⁴ sugeriram uma versão melhorada do método de avaliação da maturação óssea por vértebras cervicais, e estudaram sua validade utilizando apenas as vértebras C2, C3 e C4. O método original proposto por Lamparski³², segundo afirmaram Santos et al.³⁹, possuía algumas limitações de uso, já que nem sempre as vértebras C5 e C6 estavam presentes nas radiografias cefalométricas. De uma amostra de 214 indivíduos, que possuíam radiografias cefalométricas laterais obtidas anualmente, selecionaram 30. Cada um tinha dois cefalogramas consecutivos compreendendo o período de PCM (pico de crescimento mandibular), dois cefalogramas consecutivos prévios ao PCM e dois consecutivos pós PCM. Esses cefalogramas foram divididos em 6 grupos (T1 a T6), de acordo com a época em que foram obtidos. Analisaram a morfologia dos corpos de C2, C3 e C4, tanto visualmente quanto cefalometricamente. Visualmente, consideraram a presença de

concauidade na borda inferior de C2, C3 e C4 e a forma do corpo de C3 e C4, classificando-a em trapezóide, retangular horizontal, quadrada e retangular vertical. A análise cefalométrica das vértebras cervicais foi realizada por pontos localizados nos quatro ângulos dos corpos vertebrais e na maior profundidade da borda inferior das vértebras. A partir desses pontos, mediram a profundidade da concauidade da borda inferior de C2 (C2conc), a profundidade da concauidade da borda inferior de C3 (C3conc), a profundidade da concauidade da borda inferior de C4 (C4conc), a razão entre o comprimento da base e a altura anterior de C3 (C3BAR), a razão entre as alturas posterior e anterior do corpo de C3 (C3PAR), a razão entre o comprimento da base e a altura anterior do corpo de C4 (C4BAR) e a razão entre as alturas posterior e anterior do corpo de C4 (C4PAR). Todas as medidas e análises visuais foram realizadas em cada uma das seis radiografias cefalométricas de cada indivíduo. Pelos resultados, não observaram diferenças significantes entre nenhuma das medidas obtidas entre T1 e T2. A profundidade das concauidades das bordas inferiores de C2 e de C3 eram significantemente maiores em T3 que em T2. Na transição de T2 para T3, a altura da borda anterior de C3 e C4 aumentou significantemente, revelando incrementos nas razões C3PAR e C4PAR. Em T4, a profundidade da borda inferior de C4 se tornou significantemente maior em relação a T3. Na transição de T3 para T4, a altura das bordas anteriores de C3 e C4 aumentou significantemente, reduzindo as razões C3PAR e C4PAR. T5 e T6 caracterizaram-se por redução nas razões C3BAR e C4BAR, indicando que os corpos das vértebras estavam se tornando quadrados. Em T6, aproximadamente 30% dos casos apresentaram corpos vertebrais de C3 e/ou C4 retangulares verticais. A concauidade da borda inferior de C3 é fator de discriminação entre T1 e T2 em 63% dos casos, valor não significante e que não permitiu a diferenciação adequada entre os dois estágios. O fator C3conc permitiu a diferenciação entre T2 e T3 em 75% dos casos. O estágio T3 (CVM 3) é o

que precede o pico de crescimento mandibular. Portanto, a presença de concavidade distinta na borda inferior de C3 é o indicativo da proximidade do pico de crescimento na maior parte dos indivíduos. As diferenças de C3PAR associadas à concavidade da borda inferior de C4 são os fatores de discriminação entre T3 e T4 em 85% dos casos. C3PAR, C3BAR e C4conc são fatores discriminatórios entre T4 e T5 em 88% dos casos. A razão C3BAR e C3PAR, juntamente com C2conc são fatores discriminatórios entre T5 e T6 em 80% dos casos. Constataram que as modificações de tamanho e forma das vértebras cervicais nos indivíduos em crescimento têm ganhado interesse nos últimos anos como indicadores do estágio de maturação óssea, devido à presença destas estruturas em radiografias cefalométricas laterais, exames rotineiramente requisitados na prática ortodôntica. Os resultados do estudo levaram os autores a reclassificar os estágios de maturação das vértebras cervicais (EMVC):

- a) EMVC I: bordas inferiores de C2, C3 e C4 planos, com exceção de C2 em aproximadamente 50% dos casos. Forma trapezóide do corpo de C3 e C4 (borda superior com inclinação de posterior para anterior). O pico de crescimento mandibular não ocorrerá antes de um ano a partir deste estágio;
- b) EMVC II: concavidades presentes nas bordas inferiores de C2 e C3. Corpos de C3 e C4 com forma trapezóide ou retangular horizontal. O pico de crescimento mandibular ocorrerá em no máximo um ano a partir deste estágio;
- c) EMVC III: concavidades na borda inferior de C2, C3 e C4. Corpos de C3 e C4 com formato retangular horizontal. O pico de crescimento mandibular ocorreu entre um ou dois anos antes

deste estágio;

- d) EMVC IV: concavidades na borda inferior de C2, C3 e C4. Ao menos uma das vértebras (C3 ou C4) com forma quadrada. O pico de crescimento mandibular ocorreu em até um ano antes deste estágio;
- e) EMVC V: concavidades na borda inferior de C2, C3 e C4. Ao menos uma das vértebras (C3 ou C4) com forma retangular vertical. O pico de crescimento mandibular ocorreu há mais de dois anos antes deste estágio.

Quando o estágio EMVC I é observado, o profissional deve esperar aproximadamente um ano para uma reavaliação radiográfica e começo do tratamento com aparelho ortopédico funcional. O estágio EMVC II é o mais adequado para iniciar qualquer terapia com ortopedia funcional dos maxilares, já que o pico de crescimento mandibular irá ocorrer em no máximo um ano após este estágio. Chegaram à conclusão de que o presente método de avaliação das vértebras cervicais é particularmente útil na avaliação de maturação óssea em uma radiografia cefalométrica onde apenas as vértebras C2, C3 e C4 podem ser visualizadas.

Sán Roman et al.³⁸ realizaram estudo com o propósito de determinar se as alterações morfológicas das vértebras cervicais são propícias à avaliação do estágio de crescimento. Examinaram radiografias cefalométricas e de mão e punho de 958 indivíduos caucasianos, 428 do sexo masculino com idade de 11,6 anos, em média, e quinhentos e trinta do sexo feminino com idade de 11,5 anos, em média. Nenhum indivíduo apresentava doenças sistêmicas nem havia sido submetido a tratamento ortodôntico. Os estágios de maturação óssea, pelas radiografias de mão e punho, foram obtidos pelos métodos propostos por Grave e Brown²⁰ e Björk e Helm⁷. Nas radiografias cefalométricas, utilizaram os métodos de

Lamparski³² e Hassel e Farman²⁷. Pelos resultados do estudo, observaram boa correlação entre maturação óssea avaliada por meio de radiografias de mão/punho e vértebras cervicais em ambos os sexos, embora significativamente maior nos indivíduos do sexo feminino. Uma menor correlação foi encontrada entre o método de Lamparski³² e a maturação óssea da mão e punho. Isto pode ser explicado pela faixa etária da amostra empregada. A concavidade da borda inferior das vértebras apresentou a maior correlação com a maturação da mão e punho. Quanto maior o grau de maturação, maior a concavidade. Portanto, a precisão deste indicador é comparável ao método de Hassel e Farman²⁷ e superior ao método de Lamparski³². Observaram também boa correlação quando a forma e a altura das vértebras foram comparadas ao método da mão e punho. Entretanto, esta correlação foi menor se comparada à concavidade das vértebras. Isto é justificado pela presença de agentes externos como a pressão, postura corporal e doenças, que podem influenciar na altura dos corpos vertebrais. Confirmam a utilidade do método de Hassel e Farman²⁷, quando observaram grande correlação desse método com o método da mão e punho, justificada pela maior quantidade de detalhes empregados em cada estágio por esses autores.

Schusterchitz e Haiter Neto⁴³ realizaram estudo com o objetivo de comparar e avaliar a correlação dos estágios da estimativa da maturação óssea por meio das vértebras cervicais com os da mão e do punho. Utilizaram em seu estudo radiografias cefalométricas laterais e de mão e punho de 240 indivíduos brasileiros, 111 do sexo masculino e 129 do feminino, de boa saúde e com idades entre 6 anos e 11 meses e 15 anos e 10 meses. As radiografias foram avaliadas por seis examinadores, três especialistas em Radiologia Odontológica e três em Ortodontia, previamente treinados para aplicação dos métodos de avaliação de idade óssea empregados, em sala escurecida, sobre negatoscópio e com máscara negra. Para a avaliação das vértebras cervicais, empregaram o método proposto por Hassel e Farman²⁷ e para a avaliação das

radiografias de mão e punho, o método de Grave e Brown²⁰. Os autores verificaram que o estágio 1 de Hassel e Farman²⁷ correspondeu ao estágio FM3 de Grave e Brown²⁰ (falanges proximal e média do terceiro dedo com epífises da mesma largura das diáfises) nos indivíduos do sexo feminino. Essa mesma fase de Grave e Brown²⁰ foi observada somente durante o estágio 2 (aceleração) de Hassel e Farman²⁷ nos indivíduos do sexo masculino. Já o estágio 6 de Grave e Brown²⁰ (surgimento do sesamóide adutor do primeiro dedo) correspondeu ao estágio 3 ou após de Hassel e Farman²⁷. Já a união epifisária da falange distal do terceiro dedo (FD3u) foi verificada somente após o estágio 4 das vértebras cervicais. A união epifisária da falange média do terceiro dedo (estágio 13) ocorreu durante o estágio 6 (finalização) das vértebras cervicais. Os autores notaram diferenças na correspondência entre os estágios de mão e punho com os de vértebras cervicais de seu estudo em relação aos relatados por Hassel e Farman²⁷. Justificaram que esse fenômeno é resultado da influência de fatores externos aos biológicos, que justificam a necessidade de se criar ajustes desses métodos para aplicação na amostra brasileira. Citam como exemplo o surgimento do sesamóide adutor, que aparece durante o período de desaceleração de vértebras cervicais, fase esta em que o indivíduo apresenta no máximo 25% de crescimento restante, ao contrário do relatado na literatura, onde se afirma que o sesamóide adutor aparece antes ou durante o pico de crescimento puberal. Afirmaram ainda que o uso das vértebras cervicais como indicador de maturação esquelética é apenas um método auxiliar, que não deve ser considerado de maneira absoluta, mas sim em associação a outros métodos. Concluíram que é possível correlacionar as fases de maturação cervical com as de mão e punho, mas que um estágio de maturação de vértebras cervicais pode estar relacionado a mais de um estágio de mão e punho, e que essas correlações também são dependentes do sexo do indivíduo. Afirmaram ainda que o surto de crescimento puberal em indivíduos brasileiros, o surto de crescimento

puberal ocorre mais precocemente na população brasileira.

Canali et al.⁹ afirmaram que as vértebras cervicais vem sendo utilizadas na avaliação da maturação esquelética por serem visualizadas nas radiografias cefalométricas laterais que compõem a documentação ortodôntica, eliminando a necessidade de exposições desnecessárias aos raios X. Entretanto, ressaltaram que a classificação de um estágio específico, com base nas alterações morfológicas, é relativamente difícil, resultando muitas vezes na caracterização de dois estágios contíguos. Realizaram estudo com o objetivo de verificar a correlação existente entre os estágios de maturação das vértebras cervicais com a idade cronológica e o sexo dos indivíduos, e avaliar a confiabilidade e a reprodutibilidade do método na determinação da maturação esquelética. Para o estudo, empregaram 901 radiografias cefalométricas em norma lateral de indivíduos do sexo masculino e do feminino, com idades entre 5 e 25 anos. As radiografias foram submetidas à avaliação de maturação esquelética pelo método de Hassel e Farman²⁷, em uma sala escurecida, sobre um negatoscópio com máscara para conter o excesso de luz. Seis avaliadores participaram do processo, analisando todas as radiografias num primeiro tempo, e dez radiografias selecionadas aleatoriamente num segundo tempo. Observaram que o pico do SCP ocorreu, em média, entre os 12,11 e 14,84 anos de idade nos indivíduos do sexo masculino, e entre os 11,25 e 13,95 nos do feminino. Verificaram reprodutibilidade alta do o método para todos os seis examinadores, além de concordância elevada entre os examinadores, o que torna o método útil e aplicável. Relataram que certa variabilidade e dificuldade de inspeção são esperadas, já que o método é baseado em avaliação subjetiva. Entretanto, os demais métodos de determinação de maturação esquelética também apresentam a mesma dificuldade, mas nem por isso são métodos inválidos. Concluíram que as alterações morfológicas das vértebras cervicais constituem um método útil e confiável para a determinação da maturação óssea dos indivíduos, que

complementa as informações referentes ao desenvolvimento dos indivíduos e podendo, eventualmente, substituir as radiografias de mão e punho.

Generoso et al.¹⁹ realizaram pesquisa com a finalidade de determinar a correlação entre a maturação das vértebras cervicais e a idade cronológica e determinar a confiabilidade na determinação do índice de maturação de vértebras cervicais por meio da idade cronológica. Empregaram em seu estudo 380 radiografias cefalométricas laterais de indivíduos não submetidos ao tratamento ortodôntico ou ortopédico funcional, leucodermas, brasileiros, com idades cronológicas entre seis e 16 anos, tanto do sexo feminino quanto do masculino. As radiografias foram divididas em 2 grupos de acordo com o sexo e subdivididas em 10 sub-grupos em cada sexo, cada sub-grupo correspondente a uma faixa etária anual. As radiografias cefalométricas laterais foram submetidas à análise da maturação óssea por vértebras cervicais de acordo com o método proposto por Hassel e Farman²⁷. Os autores observaram que não existiram diferenças no Índice de Maturação de Vértebras Cervicais (IMVC) nas duas primeiras faixas etárias (7 a 8 anos e 8 a 9 anos) nos indivíduos sexo masculino. Neste sexo, as alterações crescentes do IMVC foram observadas a partir da terceira faixa etária (9 a 10 anos). Em outras palavras, o IMVC aumentou com o passar da idade a partir dos 8 a 9 anos de idade. Nessa faixa etária, o IMVC médio variou de 2 a 3, com média de 2,4. Na faixa dos 9 a 10 anos, o IMVC observado foi de 2 a 3, com média de 2,6; dos 10 aos 11 anos a variação foi de 2 a 4, com média de 2,8; de 11 a 12 anos, o IMVC variou entre 2 a 4, mas com média de 3,1; dos 12 aos 13 anos, o IMVC variou entre 3 a 5, com média de 3,3; dos 13 aos 14 anos, o IMVC variou de 2 a 5, com média de 3,6; entre os 14 e 15 anos, o IMVC observado variou entre 3 a 6, com média de 4,5; e entre os 15 e 16 anos, o IMVC ficou entre 3 a 6, com média de 4,6. Já nos indivíduos do sexo feminino, o IMVC médio observado para a faixa etária dos 6 a 7 anos foi de 1,6, com variações entre 1 e 2. Na faixa etária dos 7 a 8 anos,

o IMVC variou entre 1 e 3, com média de 1,9; dos 8 a 9 anos, o IMVC variou entre 1 e 3, com média de 2,2; entre os 9 e 10 anos, o IMVC variou entre 1 e 4, com média de 2,4; dos 10 aos 11 anos, o IMVC observado variou entre 2 e 4, com média de 2,8; entre os 11 e 12 anos, o IMVC variou de 2 a 5, com média de 3,5; dos 12 aos 13 anos, o IMVC variou de 3 a 5, com média de 4; entre os 13 e 14 anos, o IMVC ficou entre 3 e 6, com média de 4,6; na faixa dos 14 e 15 anos, o IMVC variou entre 3 e 6, com média de 4,9; e entre os 15 e 16 anos de idade, o IMVC ficou entre 5 e 6, com média de 5,3. Os autores observaram que, nos indivíduos do sexo feminino, houve uma grande variação na expectativa de crescimento entre as faixas etárias de 9 a 10 anos e 14 a 15 anos, possivelmente por ser a fase que corresponde ao surto de crescimento puberal. Verificaram também que, apesar dos intervalos de IMVC de uma faixa etária em relação à outra serem iguais em alguns grupos, a distribuição desses índices dentro de cada grupo variava, o que fazia com que as médias fossem diferentes entre cada grupo e crescentes com o decorrer da idade nos dois sexos. Já para comparar as médias do IMVC em relação às faixas etárias, os autores agruparam a amostra em faixas etárias de 2 em 2 anos, resultando em 5 grupos etários para cada sexo. Observaram diferenças estatisticamente significativas ao nível de confiança de 5% entre os grupos nos dois sexos. Notaram ainda um dimorfismo sexual em relação à maturação óssea, sendo que os indivíduos do sexo masculino tendem a apresentar maturação mais tardia em relação aos do sexo feminino a partir da faixa etária dos 10 aos 12 anos. Observaram ainda que nem sempre ocorria a sequência esperada de eventos de desenvolvimento das vértebras conforme o descrito por Hassel e Farman²⁷, o que causou incerteza na determinação do IMVC em alguns casos. Concluíram que existe uma correlação direta entre a maturação das vértebras cervicais e a idade cronológica, ou seja, o IMVC aumenta conforme o aumento da idade. Citaram que a idade cronológica é um parâmetro medianamente confiável na avaliação de idade óssea, e que os

eventos de maturação das vértebras cervicais nem sempre seguiam a descrição de Hassel e Farman²⁷, o que os levaram a acreditar que estágios intermediários poderiam existir. Sugeriram estudos para avaliar se realmente esses estágios intermediários existem ou não.

Grave e Townsend²¹ estudaram a aplicabilidade do método de avaliação de idade óssea proposto por Baccetti et al.⁴ e sua relação com o crescimento estatural e facial. Estudaram uma amostra de 47 indivíduos do sexo masculino e 27 do feminino, que foi parte de um estudo de crescimento realizado na Austrália. Todos os indivíduos possuíam registros periódicos de estatura e radiografias cefalométricas laterais. A avaliação de crescimento facial foi realizada por meio de medidas cefalométricas. Concluíram que existe relação entre os estágios de maturação das vértebras cervicais e o SCP. Observaram que, na maioria dos indivíduos, o EMVC 1 aconteceu no período pré-pico de crescimento facial e estatural. Os EMVC 2 e 3 corresponderam ao período de pico do SCP e os EMVC 4 e 5 foram observados na fase pós-pico de crescimento. Entretanto, notaram uma certa variabilidade nos estágios correspondentes aos pico de crescimento em ambos os sexos. Esse fato pode ser resultante das diferenças na avaliação da morfologia das vértebras cervicais inter e intra-observadores. Afirmaram que os resultados obtidos asseguram a aplicabilidade deste método na avaliação da maturação óssea, com a vantagem de não necessitar de radiografias adicionais. Relataram que a confiabilidade tende a aumentar à medida que se adquire prática com o método.

Grave e Townsend²² realizaram estudo com o objetivo de comparar os estágios de maturação de vértebras cervicais com os eventos de maturação da mão e do punho e relacioná-los com o pico de crescimento mandibular e estatural. Empregaram em sua amostra registros longitudinais de 74 indivíduos australianos de origem indígena, 47 do sexo masculino e 27 do feminino. Todos os indivíduos possuíam registros anuais de estatura. Os autores mediram também algumas

dimensões mandibulares (Pg-Ar; Pg-Go e Ar-Go) em radiografias cefalométricas laterais. Avaliaram também o período de ossificação do osso pisiforme, a ossificação inicial da ulna, o osso sesamóide adutor do primeiro dedo, o capeamento epifisário da falange proximal do primeiro dedo e a união completa da falange distal do terceiro dedo. Para a avaliação dos estágios das vértebras cervicais, empregaram o método de Bacetti et al.³. Observaram que o pico dos incrementos das medidas mandibulares avaliadas coincidiu com o pico de crescimento em estatura. Verificaram que na maioria dos indivíduos do sexo masculino, os CVM 1 e 2 precederam o pico de crescimento puberal. No entanto, na maioria dos indivíduos do sexo feminino, apenas o estágio 1 precedeu o pico do SCP. Já os estágios 3 nos indivíduos do sexo feminino e os estágios 4 e 5 nos do masculino ocorreram após o pico do SCP. Quando analisaram os eventos de ossificação da mão e punho juntamente com os estágios de vértebras cervicais, observaram que o pico do SCP era precedido pela combinação CVM 2 e Pisi (ossificação do pisiforme) na maioria dos indivíduos. Já o estágio S em associação com o CVM 3 coincidiu com o pico do SCP em 19 indivíduos do sexo masculino e sete do feminino, a combinação entre FP1cap (capeamento epifisário da falange proximal do primeiro dedo) os CVM 3 e 4 foi observada no pico do SCP em 9 indivíduos do sexo feminino e em 19 do masculino. Já o fim do surto de crescimento puberal foi marcado pela visualização dos CVM 4 ou 5 em conjunto com o estágio FD3u (união epifisária da falange distal do terceiro dedo) da mão e punho. De acordo com os autores, a principal vantagem do uso de vértebras cervicais como meio de avaliação de idade óssea é a não necessidade de exposições extras a radiação ionizante. No entanto, as alterações na forma dessas estruturas são tão sutis durante a fase de aceleração que podem tornar difícil a interpretação das imagens. Sugeriram o uso combinado de vértebras cervicais e de radiografias de mão e punho para uma melhor avaliação de idade óssea. Recomendaram que as vértebras cervicais fossem empregadas como método único

somente durante o acompanhamento da maturação do indivíduo para se escolher o melhor momento para se iniciar terapias de correção de Classe II, mas que essa informação deve ser complementada por radiografia de mão e punho quando se verificar que o indivíduo se encontra na eminência de atingir esse estágio.

Segundo Chen et al.¹⁰, o tamanho e a forma das vértebras cervicais de indivíduos em crescimento têm ganhado interesse como indicador biológico do grau de maturação esquelética do indivíduo. A razão para isso é que a análise das vértebras cervicais é realizada em radiografias cefalométricas laterais rotineiramente requisitadas para a avaliação e planejamento do tratamento ortodôntico. Realizaram pesquisa com o objetivo de fornecer aos ortodontistas uma ferramenta para facilitar a predição do potencial de crescimento mandibular. Para o estudo, empregaram amostra de 46 indivíduos japoneses, do sexo feminino, portadores de má-oclusão esquelética Classe I ou III, não submetidos ao tratamento ortodôntico. Para cada indivíduo, radiografias cefalométricas laterais foram obtidas durante os estágios I e V de vértebras cervicais. Em cada par de radiografias cefalométricas, realizaram medições da altura anterior, da altura posterior e do comprimento antero-posterior das vértebras C3 e C4. Na mandíbula, realizaram medições do comprimento mandibular entre os pontos articular até o ponto pogônio (Ar-Pog). A quantidade de incremento no comprimento mandibular foi determinada pelo comprimento mandibular ao estágio V subtraído do comprimento mandibular ao estágio I. Segundo os resultados do estudo, a equação para se calcular o incremento mandibular é $MLI = 36,20 - 0,71 \times AH3 - 0,97 \times PH3 - 0,90 \times AH4$, onde AH3 significa altura anterior da terceira vértebra cervical, AH4 significa altura anterior da quarta vértebra cervical e PH3 significa altura posterior da terceira vértebra cervical.

Baccetti et al.⁵ afirmaram que o tempo possui papel importante na organização, na diferenciação, no desenvolvimento e no crescimento de qualquer estrutura somática. Afirmaram que em

Ortodontia e Ortopedia Funcional, está cada vez mais evidente que o momento do início do tratamento pode ser tão crítico quanto a seleção de protocolos específicos de tratamento. Segundo os autores, um indicador biológico da maturação esquelética mandibular individual deve possuir ao menos cinco características básicas: a) eficácia na detecção do pico de crescimento mandibular: o método deve apresentar uma fase que coincida como pico de crescimento mandibular na maioria dos indivíduos; b) desnecessidade de exposições adicionais aos raios X; c- facilidade de registro; d) consistência na interpretação dos dados. O erro inter-examinador na definição dos estágios ou fases de maturação deve ser o menor possível; e) utilidade na detecção da época em que o pico ocorrerá. O método deve apresentar um estágio bem definido que ocorre antes do pico de crescimento mandibular na maioria dos indivíduos. Realizaram um estudo com o objetivo de apresentar uma modificação do método de avaliação de maturação esquelética por vértebras cervicais e determinar a sua validade na determinação da maturação esquelética da mandíbula. Avaliaram o comprimento mandibular total (Co-Gn) de uma amostra de 214 indivíduos em intervalos anuais por meio de radiografias cefalométricas laterais. Todos os indivíduos da amostra possuíam radiografias cefalométricas laterais obtidas anualmente, durante 6 anos. O pico de crescimento mandibular de cada indivíduo foi determinado como a fase em que ocorreu o maior incremento no comprimento mandibular. Outras duas radiografias cefalométricas consecutivas antes do pico e após o pico deveriam estar disponíveis para que o indivíduo fosse incluído no estudo. Somente 30 indivíduos atenderam a esse critério (18 do sexo masculino e 12 do feminino). Os autores avaliaram então a morfologia das vértebras C2, C3 e C4 nas seis avaliações consecutivas anuais, tanto visualmente quanto por meio de mensurações. A partir dos resultados, os autores determinaram 6 estágios de maturação de vértebras cervicais:

- a) Estágio cervical 1 (EC1): borda inferior plano em C2, C3 e C4. Corpos de C3 e C4 com forma

trapezoidal (borda superior do corpo vertebral inclinado de posterior para anterior). O pico do crescimento mandibular ocorrerá em média 2 anos após este estágio.

- b) Estágio cervical 2 (EC2): concavidade presente na borda inferior de C2 (em 90% dos indivíduos). Corpos vertebrais de C3 e C4 com forma trapezoidal. O pico do crescimento mandibular ocorrerá em média 1 ano após este estágio.
- c) Estágio cervical 3 (EC3): concavidades na borda inferior de C2 e C3. Corpos vertebrais de C3 e C4 com forma trapezoidal ou retangular horizontal. O pico do crescimento mandibular ocorrerá durante o ano em que se observa este estágio.
- d) Estágio cervical 4 (EC4): Concavidades presentes nas bordas inferiores de C2, C3 e C4. Corpos vertebrais de C3 e C4 com forma retangular horizontal. O pico do crescimento mandibular ocorreu há 1 ou 2 anos deste estágio.
- e) Estágio cervical 5 (EC5): Concavidades nas bordas inferiores de C2, C3 e C4. Ao menos uma das vértebras (C3 ou C4) com forma quadrada. O pico do crescimento mandibular ocorreu há pelo menos 1 ano deste estágio.
- f) Estágio cervical 6 (EC6): concavidades evidentes nas bordas inferiores de C2, C3 e C4. Ao menos uma das vértebras (C3 ou C4) com forma retangular vertical. O pico do crescimento mandibular ocorreu há pelo menos dois anos antes deste estágio.

De acordo com os autores, o aparecimento de

concauidades bem definidas na borda inferior de C2 sinaliza que o surto de crescimento está próximo, ou seja, o pico do crescimento deverá ocorrer em aproximadamente um ano. Relataram que o EC3 é o melhor estágio para se iniciar tratamentos ortopédicos funcionais, já que o pico do crescimento mandibular ocorrerá em menos de um ano após este estágio. Afirmaram que o método é particularmente útil quando há necessidade de avaliação de maturação esquelética em radiografias cefalométricas laterais, rotineiramente empregadas no diagnóstico e planejamento do tratamento ortodôntico.

Santos et al.⁴¹ relataram que outros métodos para avaliação de idade óssea vêm surgindo, com o objetivo de reduzir a quantidade de exposições aos raios X a que são submetidos os indivíduos. Dessa maneira, esforços vêm sendo empregados para se utilizar radiografias que fazem parte dos exames de rotina para se planejar um tratamento ortodôntico ou ortopédico funcional, como as radiografias panorâmicas e as cefalométricas em norma lateral. Fizeram uma pesquisa para avaliar a reprodutibilidade da determinação da idade óssea por meio das vértebras cervicais visualizadas em radiografias cefalométricas laterais. O estudo foi conduzido em uma amostra de cem radiografias de indivíduos triados para tratamento ortodôntico com idades entre 6 e 16 anos. As radiografias foram distribuídas em envelopes numerados de 1 a 100, aleatoriamente, com a identificação e a área dos dentes vedada, para evitar a influência desses parâmetros sobre a leitura das idades ósseas. Para a análise das vértebras cervicais, os autores selecionaram três examinadores (A, B e C), que empregaram o método de Hassel e Farman²⁷. As radiografias foram analisadas novamente após um período de 15 dias. Pelos resultados, demonstraram que houve um nível de concordância intra-examinadores substancial dos examinadores A e C a quase perfeito do examinador B. Quando os autores compararam os resultados entre os diferentes examinadores, os autores encontraram um nível de concordância substancial para todas as comparações. De

acordo com os autores, os altos níveis de concordância indicam a possibilidade de reprodutibilidade do método de avaliação, tanto para um mesmo examinador quanto para examinadores diferentes. Afirmaram que o maior nível de concordância na avaliação intra-examinador em relação ao inter-examinador é esperado, o que demonstra a confiabilidade na interpretação dos casos. Verificaram que na maioria dos casos que não ocorreram concordância variaram em apenas um escore.

Flores-Mir et al.¹³ afirmaram que uma das vantagens em utilizar as vértebras cervicais na avaliação de maturação óssea é a desnecessidade de exposições radiográficas extras, desde que exista correlação entre o índice de maturação fornecido pelas vértebras com o fornecido pelas radiografias de mão e punho. Realizaram um estudo com 79 indivíduos (52 do sexo feminino e 27 do masculino), com o objetivo de avaliar a correlação entre o índice de maturação óssea por meio de vértebras cervicais com o obtido por meio de radiografias de mão e punho. O índice de maturação das vértebras cervicais (IMVC) foi realizado de acordo com o método de Baccetti et al.⁴. Já o índice de maturação da mão e do punho foi avaliado de acordo com o método de Fishman¹². As identificações das radiografias foram cobertas para que as avaliações fossem realizadas sem que houvesse tendências causadas por acesso às informações dos indivíduos. Os erros intra e interexaminador foram estudados a partir da reavaliação das radiografias de 10 indivíduos selecionados ao acaso. Os autores verificaram índice de correlação de 0,72 entre os dois métodos utilizados. Quando separaram a amostra em indivíduos com maturação precoce e indivíduos com maturação tardia, verificaram índice de correlação entre dos métodos de 0,73 e 0,70, respectivamente. Afirmaram que apesar dos índices de correlação entre os métodos ser alto, o resultado de um poderia ser obtido a partir do outro em apenas 50% das vezes. Relataram que o nível de maturação em que um indivíduo se encontra é extremamente importante para a escolha do momento adequado de se iniciar um determinado tratamento. Assim,

índices que forneçam o estágio de maturação do indivíduo em relação à velocidade de crescimento e à quantidade de crescimento remanescente são mais úteis para a Ortodontia do que os índices que fornecem apenas a idade óssea. Destacaram que os comitês de ética em pesquisa têm dificultado estudos que utilizam radiografias de mão e punho, pela necessidade de exposição extra, o que inviabiliza estudos retrospectivos relacionados ao potencial de crescimento do indivíduo pela falta da informação fornecida pela radiografia de mão e punho. Destarte, a disponibilidade das vértebras cervicais como meio de avaliação do estágio de maturação do indivíduo pode tornar desnecessário as radiografias de mão e punho.

Damian et al.¹¹ realizaram estudo para verificar a confiabilidade do índice de maturação esquelética da mão e do punho (IMC) e do vertebral (IMV) a partir da análise de suas reprodutibilidades, e também verificar a correlação entre os dois métodos. Empregaram uma amostra de 105 pares de radiografias da mão e do punho e cefalométricas laterais. Quatro examinadores, um especialista em Ortodontia e três acadêmicos de Odontologia, analisaram IMV segundo o método proposto por Hassel e Farman²⁷ e o IMC segundo o método de Grave e Brown²⁰. Todos os avaliadores reanalisaram as radiografias após 1 mês. Destacaram que os pares de radiografias foram avaliados isoladamente em dias diferentes, para que o resultado de uma não interferisse na avaliação da outra. Observaram maiores índices de correlação com IMC em relação ao IMV. Relataram ainda uma média de correlação de 71% entre IMV e IMC na primeira leitura, e de 80% na segunda leitura. Segundo os autores, os resultados do IMV obtidos na segunda leitura foram piores do que os da primeira, o que indica a superioridade do IMC. Uma possível explicação para tal resultado é a maior quantidade de centros de ossificação presentes nas radiografias de mão e punho. Afirmaram ainda ser possível existir estágios intermediários aos 6 empregados no IMV de Hassel e Farman²⁷, além das mudanças

sutis na morfologia das vértebras, o que dificulta sua avaliação. Outros possíveis motivos para a inferioridade do IMV são os erros de posicionamento do indivíduo em relação ao filme, que pode causar sobreposição das estruturas e dificultar sua avaliação. De acordo com os autores, embora o IMV seja válido na análise da maturação óssea, seu desempenho inferior em relação ao IMC o torna apenas um método auxiliar ao IMC até que se atinja maior confiabilidade na sua utilização. Sugeriram então cautela ao empregar o IMV como método absoluto na avaliação da maturação esquelética de indivíduos em crescimento.

Gandini et al.¹⁷ realizaram estudo para avaliar a concordância entre a análise da maturação óssea em radiografias da mão e do punho com a análise em vértebras cervicais presentes nas radiografias cefalométricas laterais. Estudaram radiografias cefalométricas laterais e de mão/punho de 30 indivíduos (14 do sexo masculino e 16 do feminino), com idades entre 7 e 18 anos. O índice de maturação em radiografias da mão/punho (IMC) foi realizada de acordo com o método de Björk e Helm⁷. Já o índice de maturação em vértebras cervicais (IMV) foi obtido de acordo com o método proposto por Baccetti et al.⁴. Encontraram concordância em 83,3% dos casos entre os dois métodos, com índice de 0,783. Afirmaram que como o crescimento é um fenômeno contínuo, ambos os métodos podem fornecer resultados inconclusivos ou ainda encontrar indivíduos cujo estágio de crescimento é intermediário a dois estágios pré-definidos. Entretanto destacaram que do ponto de vista clínico e ortognático, o importante não é definir com exatidão o estágio de desenvolvimento do indivíduo, mas sim o intervalo de crescimento em que o indivíduo se encontra.

Grippaudo et al.²⁴ desenvolveram pesquisa para avaliar a presença de correlação significativa entre a avaliação da maturação óssea por vértebras cervicais e a de mão e punho. Empregaram no estudo amostra de radiografias cefalométricas e de mão e punho obtidas no mesmo dia, de 90 indivíduos (48 do sexo masculino e 42 do feminino),

com idade cronológica entre 5 e 18 anos, sem histórico de doenças sistêmicas e tratamentos ortodônticos prévios. A análise das radiografias de mão e punho foi realizada pelo método de Grave e Brown²⁰ e a análise das vértebras cervicais foi feita pelo método de Baccetti et al.⁴. Para a análise intra-examinador, foram selecionados aleatoriamente 30 indivíduos, cujas radiografias foram analisadas novamente após 3 semanas. As mesmas 30 radiografias foram enviadas a um segundo examinador para a avaliação inter-examinador. Os autores verificaram boa correlação intra e inter-examinador ($r=0,97$ e $r=0,99$, respectivamente). Encontraram ainda boa correlação entre os dois métodos, tanto no sexo masculino ($r=0,70$) quanto no sexo feminino ($r=0,84$). Afirmaram que a avaliação da maturação por vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais são suficientemente precisas e eliminam a necessidade da radiografia de mão e punho para tal finalidade. Relataram ainda que a menor quantidade de estágios do método de Baccetti et al.⁴ em relação ao de Grave e Brown²⁰ reduz a possibilidade de erros.

Santos et al.⁴² realizaram estudo para avaliar a exeqüibilidade e a reprodutibilidade do método de avaliação de maturação óssea por vértebras cervicais proposto por Baccetti et al.⁴ Utilizaram 100 radiografias cefalométricas laterais de indivíduos com idade entre 6 e 16 anos. A identificação das radiografias e a região dos dentes foram cobertas. A seguir, as radiografias foram distribuídas aleatoriamente em envelopes e submetidas a avaliação de 3 examinadores. Pelo índice Kappa, verificaram concordância intra-examinador quase perfeita para os 3 examinadores (A: 0,86; B: 0,87; C: 0,79). Já para a avaliação inter-examinador, observaram índices de concordância substanciais (A x B: 0,78; A x C: 0,63; B x C: 0,70). Concluíram que o método de Baccetti et al.⁴ é reprodutível e exeqüível na determinação do estágio de maturação em que o indivíduo se encontra.

Tanaka⁴⁵ realizou um estudo para verificar se existem

diferenças entre medidas lineares de vértebras cervicais nas diferentes fases do SCP utilizando radiografias cefalométricas laterais. Empregou uma amostra de 246 pares de radiografias cefalométricas laterais e de mão/punho pertencentes a 135 indivíduos do sexo feminino e 111 do masculino. Todos os indivíduos eram leucodermas, saudáveis, nunca submetidos a qualquer tipo de tratamento ortodôntico. O autor classificou os indivíduos em cinco grupos de acordo com a fase da curva de Crescimento proposta por Martins e Sakima³⁴ modificada por Mercadante³⁵ a partir da análise da radiografia de mão/punho. Digitalizou as radiografias cefalométricas laterais em *scanner* com adaptador de transparências e inseriu as imagens digitalizadas num programa de traçado cefalométrico com uma análise criada especialmente para o estudo. A partir da marcação de 19 pontos nas vértebras cervicais C2, C3 e C4, obteve 14 medidas lineares que foram utilizadas no cálculo de 7 razões que representassem as alterações de forma sofridas pelas vértebras durante seu desenvolvimento. Destacou que uma vantagem de se empregar razões obtidas a partir de medidas é que pode se reduzir a dificuldade de se determinar os estágios de maturação das vértebras cervicais, visto que, com medidas, é possível se detectar as mudanças sutis que acometem essas estruturas, principalmente aquelas que caracterizam uma fase da outra. Relatou que o uso de razões matemáticas, ao invés de medidas puras, pode eliminar a variabilidade individual e sexual no tamanho das vértebras cervicais. Relatou que todas as razões estudadas apresentaram aumento gradativo com o evoluir do SCP. Observou que, em média, tanto nos indivíduos do sexo masculino quanto nos do sexo feminino, existiam concavidades nos bordos inferiores de C2, C3 e C4, maiores na C2 e menores na C4, já no grupo A (antes do surto de crescimento), visto que as razões $C2_{Conc}/C2_{PI}-C2_{AI}$, $C3_{Conc}/C3_{PI}-C3_{AI}$ e $C4_{Conc}/C4_{PI}-C4_{AI}$ foram diferentes de zero. Verificou ainda que as formas geométricas das vértebras citadas na maior parte dos métodos visuais não ocorrem matematicamente. Como

exemplo, citou as relações entre as alturas das bordas anteriores e posteriores de C3 e C4, que indicariam forma retangular ao atingirem proporção de 1:1 nas fases próximas ao PSCP. Destacou que os métodos que empregaram a inspeção visual das vértebras cervicais dependem do critério subjetivo do avaliador quanto à forma das vértebras e a presença ou não da concavidade inferior. Entretanto observou que, matematicamente, algumas relações não representam exatamente a forma quadrada e a forma retangular vertical das vértebras. Quanto às concavidades, visualmente é difícil quantificar sua profundidade. Os métodos visuais dependem da avaliação subjetiva da quantidade de concavidade que, logicamente, varia de avaliador para avaliador. Matematicamente, o autor demonstrou que as concavidades realmente aumentam gradativamente no decorrer do desenvolvimento esquelético, mas nem sempre foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias de cada grupo representativo de cada fase do SCP. Concluiu que existem diferenças estatisticamente significantes entre algumas das razões durante as fases do SCP. No entanto a fase com maior número de razões que as diferencia das demais é o pico do SCP. Relatou ser possível utilizar razões obtidas a partir de medidas lineares na análise do estágio de maturação óssea em que o indivíduo se encontra.

Alkhal et al.¹ realizaram um estudo para verificar a correlação entre os métodos de avaliação de maturação óssea por mão e punho de Fishman¹² e o de vértebras cervicais de Baccetti et al.⁴ Empregaram uma amostra de 400 indivíduos chineses (200 do sexo masculino e 200 do feminino). Os indivíduos do sexo feminino tinham idade entre 10 e 15 anos e os do masculino entre 12 e 17 anos. Para a análise do erro intra-examinador, selecionaram aleatoriamente 25 indivíduos. Os mesmos 25 indivíduos foram enviados para a avaliação de um segundo examinador, para a avaliação do erro inter-examinador. Encontraram concordância intra-examinador em 24 das 25 avaliações, e

concordância inter-examinador em 23 das 25 avaliações. Encontraram boa correlação entre os dois métodos tanto para os indivíduos do sexo feminino ($r=0,936$) quanto para os do masculino ($r=0,920$). Afirmaram que ambos os métodos são sensíveis e precisos na avaliação da maturação óssea. Destacaram a importância do uso de amostra cuja faixa etária corresponde à fase de adolescência, visto que os métodos de avaliação não detectam alterações de maturação em indivíduos com idade muito aquém ou além da fase de SCP.

3 PROPOSIÇÃO

O propósito no presente trabalho foi desenvolver e avaliar um novo método de análise de maturação óssea por meio de razões obtidas de medidas das vértebras cervicais C2, C3 e C4 em radiografias cefalométricas laterais.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Criação do método MRVC (Maturação por Razões em Vértébras Cervicais)

De uma amostra 600 pares de radiografias cefalométricas laterais e de mão/punho pertencentes ao arquivo da disciplina de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP, foram selecionados para o presente estudo 246 pares, sendo 135 de indivíduos do sexo feminino e 111 do sexo masculino. Todos brasileiros, leucodermas, saudáveis, que nunca foram submetidos a qualquer tipo de tratamento ortodôntico ou ortopédico funcional.

Os seguintes critérios de inclusão foram adotados:

- Radiografias cefalométricas laterais e de mão/punho obtidas no mesmo dia;
- Contraste e densidade adequados;
- Ausência de distorções por erros de posicionamento.

4.1.1 Classificação da amostra

A amostra selecionada foi dividida em 5 grupos de acordo com a inspeção visual dos eventos de ossificação nas respectivas radiografias de mão e punho, em sala escurecida e sobre um

negatoscópio coberto por máscara negra ao redor das radiografias, seguindo-se o método proposto por Martins e Sakima³⁴, modificada por Mercadante³⁵ (Figura 4):

- a) Grupo 1: antes do início do surto de crescimento puberal, de FD= a G1;
- b) Grupo 2: fase ascendente do surto de crescimento puberal, de Psi a S;
- c) Grupo 3: pico do surto de crescimento puberal, de G2 a Rcap;
- d) Grupo 4: fase descendente do surto de crescimento puberal, de FDui a FMui;
- e) Grupo 5: fase pós-surto de crescimento puberal, de FDut a Rut.

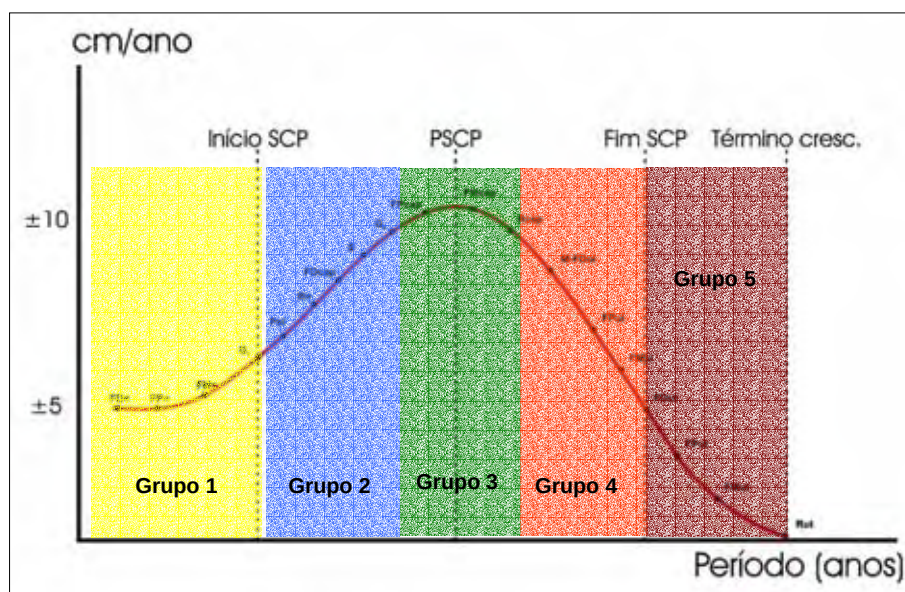


FIGURA 4 – Divisão dos grupos para o presente estudo, baseando-se na Curva de Crescimento de Martins e Sakima³⁴ modificada por Mercadante³⁵.

4.1.2 Medidas da segunda, terceira e quarta vértebras cervicais

As radiografias cefalométricas foram digitalizadas em um *scanner* com adaptador para transparências modelo Scanjet 4c/T (Hewlett-Packard Company - Houston - EUA), com resolução de 75 pontos por polegada, no modo *Sharp Black & White Photo*, e submetidas a medições em uma análise criada exclusivamente para o estudo no programa Radiocef v. 4.0 (Radiomemory – Belo Horizonte – Brasil).

Foram utilizados 19 pontos para se obter as medidas das vértebras cervicais a serem avaliadas (Quadro 1 e Figura 5):

Quadro 1 – Descrição dos pontos utilizados no presente estudo

	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
1	C2PI	Borda póstero-inferior da vértebra C2
2	C2AI	Borda ântero-inferior da vértebra C2
3	C2Conc	Concavidade da borda inferior da vértebra C2
4	C3PI	Borda póstero-inferior da vértebra C3
5	C3PS	Borda póstero-superior da vértebra C3
6	C3AS	Borda ântero-superior da vértebra C3
7	C3AI	Borda ântero-inferior da vértebra C3
8	C3Conc	Concavidade da borda inferior da vértebra C3
9	C3Post	Borda posterior da vértebra C3 (no ponto médio entre os pontos C3PS e C3PI)
10	C3Sup	Borda superior da vértebra C3 (no ponto médio entre os pontos C3PS e C3AS).
11	C3Ant	Borda anterior da vértebra C3 (no ponto médio entre os pontos C3AS e C3AI).
12	C4PI	Borda póstero-inferior da vértebra C4
13	C4PS	Borda póstero-superior da vértebra C4
14	C4AS	Borda ântero-superior da vértebra C4
15	C4AI	Borda ântero-inferior da vértebra C4
16	C4Conc	Concavidade da borda inferior da vértebra C4
17	C4Post	Borda posterior da vértebra C4 (no ponto médio entre os pontos C4PS e C4PI).
18	C4Sup	Borda superior da vértebra C4 (no ponto médio entre os pontos C4PS e C4AS).
19	C4Ant	Borda anterior da vértebra C4 (no ponto médio entre os pontos C4AS e C4AI).

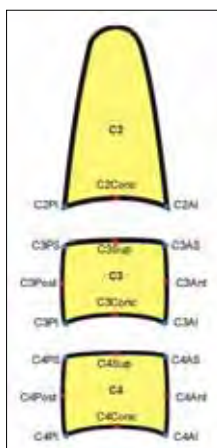


FIGURA 5 – Desenho esquemático da localização dos pontos utilizados no presente estudo

A partir dos pontos demarcados, 16 distâncias lineares denominadas de fatores, foram obtidas (Quadro 2 e Figura 6).

Quadro 2 – Descrição dos fatores obtidos com os 19 pontos determinados nas vértebras C2, C3 e C4

	FATOR	DESCRIÇÃO
1	Concavidade da borda inferior de C2	Distância perpendicular entre o ponto C2Conc e a reta C2PI-C2AI
2	Borda inferior de C2	Distância entre os pontos C2PI e C2AI
3	Borda posterior de C3	Distância entre os pontos C3PS e C3PI
4	Borda anterior de C3	Distância entre os pontos C3AS e C3AI
5	Borda superior de C3	Distância entre os pontos C3PS e C3AS
6	Altura do corpo de C3	Distância perpendicular entre o ponto C3Sup e a reta C3PI-C3AI
7	Comprimento do corpo de C3	Distância entre os pontos C3Post e C3Ant
8	Concavidade da borda inferior de C3	Distância perpendicular entre o ponto C3Conc e a reta C3PI-C3AI
9	Borda inferior de C3	Distância entre os pontos C3PI e C3AI
10	Borda posterior de C4	Distância entre os pontos C3PS e C3PI
11	Borda anterior de C4	Distância entre os pontos C3AS e C3AI
12	Borda superior de C4	Distância entre os pontos C4PS e C4PS
13	Altura do corpo de C4	Distância perpendicular entre o ponto C4Sup e a reta C4PI-C4AI
14	Comprimento do corpo de C4	Distância entre os pontos C4Post e C4Ant
15	Concavidade da borda inferior de C4	Distância perpendicular entre o ponto C4Conc e a reta C4PI-C4AI
16	Borda inferior de C4	Distância entre os pontos C4PI e C4AI

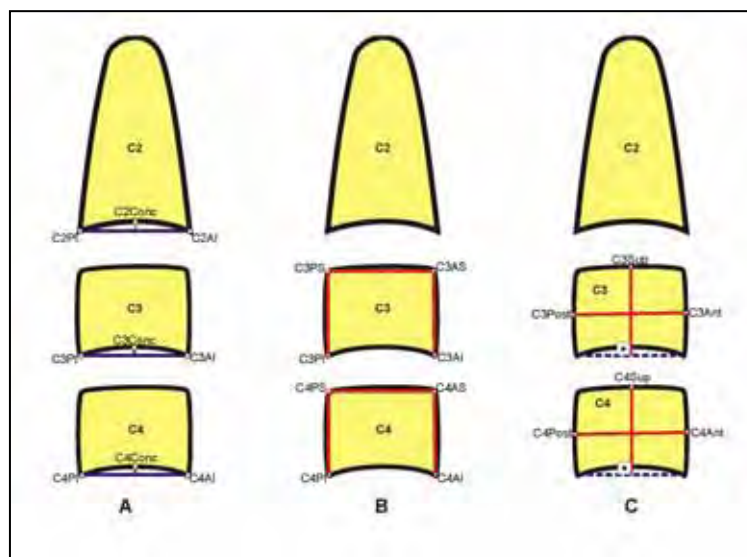


FIGURA 6 – Desenho esquemático dos fatores utilizados no presente estudo.

A partir dos 16 fatores, foram calculadas 15 razões, sendo 1 para a vértebra C2, 7 para a vértebra C3 e 7 para a vértebra C4 (Quadro 3).

Para a análise de erro do método, os pontos foram determinados duas vezes em todas as radiografias, após um intervalo de 15 dias (SANTOS et al.⁴¹⁻⁴²), e os fatores resultantes das marcações nos dois tempos foram comparadas estatisticamente. Decidiu-se pela análise do erro com os fatores ao invés de utilizar as razões pois se os fatores não apresentassem variações entre as leituras, as razões também não apresentariam variações. Entretanto, se as razões fossem utilizadas na análise do erro, possivelmente diferenças entre as leituras pudessem passar despercebidas, já que o cálculo das razões pode compensar diferenças entre as leituras dos fatores.

Quadro 3 – Descrição das razões referentes às vértebras cervicais C2, C3 e C4 comparadas entre as fases do SCP

	Medida	Descrição
1	C2Conc/C2PI-C2AI	Razão entre a concavidade da borda inferior da vértebra C2 e a reta C2PI-C2AI
2	C3Conc/C3PI-C3AI	Razão entre a concavidade da borda inferior da vértebra C3 com a reta C3PI-C3AI
3	C4Conc/C4PI-C4AI	Razão entre a concavidade da borda inferior da vértebra C4 com a reta C4PI-C4AI
4	Altura da borda anterior de C3/Altura da borda posterior de C3	Razão entre as retas C3AS-C3AI e C3PS-C3PI
5	Altura do corpo de C3/Comprimento do corpo de C3	Razão entre as retas C3Sup C3PI-C3AI e C3Post-C3Ant
6	Altura da borda anterior de C3/Comprimento da borda superior de C3	Razão entre os fatores C3AS-C3AI e C3PS-C3AS
7	Altura da borda posterior de C3/Comprimento da borda superior de C3	Razão entre as retas C3PS-C3PI e C3PS-C3AS
8	Ângulo C3SP	Ângulo formado pelas retas C3PS-C3AS e C3PS-C3PI
9	Ângulo C3SI	Ângulo formado pelas retas C3PS-C3AS e C3PI-C3AI
10	Altura da borda anterior de C4/Altura da borda posterior de C4	Razão entre as retas C4AS-C4AI e C4PS-C4PI
11	Altura do corpo de C4/Comprimento do corpo de C4	Razão entre as retas C4Sup C4PI-C4AI e C4Post-C4Ant
12	Altura da borda anterior de C4/Comprimento da borda superior de C4	Razão entre os fatores C4AS-C4AI e C4PS-C4AS
13	Altura da borda posterior de C4/Comprimento da borda superior de C4	Razão entre as retas C4PS-C4PI e C4PS-C4AS
14	Ângulo C4SP	Ângulo formado pelas retas C4PS-C4AS e C4PS-C4PI
15	Ângulo C4SI	Ângulo formado pelas retas C4PS-C4AS e C4PI-C4AI

4.1.3 Verificação da diferença entre as medidas das vértebras cervicais e o estágio de maturação pela Curva de Crescimento^{34, 35}

A média de cada razão obtida num grupo foi comparada com as homólogas nos demais grupos para verificar a existência ou não de diferenças estatisticamente significantes entre elas, o que caracteriza cada fase do surto de crescimento puberal.

4.1.4 Análise estatística

Com a finalidade de se avaliar o erro do método, as medidas que compõem as razões estudadas foram obtidas em dois tempos, e submetidas à análise de regressão linear simples, do tipo $Y = aX + b$, onde X e Y representam as medidas realizadas nos dois tempos respectivamente, e “ a ” e “ b ” são coeficientes dessa regressão. Para se verificar a ausência de erros aleatórios e sistemáticos, o coeficiente “ a ” deve ser igual a 1, e o coeficiente “ b ” deve ser igual a 0, assim, $Y = X$, ou seja, a segunda leitura não difere estatisticamente da primeira. A verificação dessa condição é feita através do teste t de Student, com $\alpha=0,05$, que irá testar se a hipótese “ $H_0 = 'a'$ não difere estatisticamente de um” é verdadeira. O mesmo teste foi empregado para testar se a hipótese “ $H_0 = 'b'$ não difere estatisticamente de zero” é verdadeira. A terceira condição é que o valor do coeficiente de regressão $r \geq 0,90$.

Para verificar se as médias de cada razão diferem entre os grupos, foi utilizada a análise ANOVA fator único, com $\alpha=0,05$, associado ao Teste de Tukey, quando necessário. As hipóteses testadas foram “ H_0 = médias dos grupos não diferem estatisticamente” e “ H_1 = médias dos grupos diferem estatisticamente”.

4.1.5 Criação da análise de maturação óssea baseada em medidas das vértebras cervicais

Cada fase do surto de crescimento puberal foi caracterizada na curva de crescimento por meio das razões que as diferem das demais. Para isto, foram selecionadas somente aquelas razões que diferem estatisticamente o pico do SCP das demais fases.

Cada razão selecionada foi utilizada analogamente como um centro de ossificação, fornecendo a posição do indivíduo na curva de crescimento puberal independentemente. Uma média dos resultados de cada razão foi então calculado, gerando um fator que é comparado a uma escala predeterminada também criada a partir dos resultados deste estudo.

As razões escolhidas foram inseridas na planilha eletrônica Excel v. 2002 (Microsoft Informática Ltda. – São Paulo - Brasil), onde se criou um cálculo automatizado do resultado da maturação óssea após a inserção dos resultados das razões utilizadas na análise.

4.2 Validação do método MRVC

Para a validação do método MRVC, foram empregados 58 pares de radiografias cefelométricas laterais e de mão/punho, obtidos a partir de uma segunda amostra de 100 indivíduos, pertencentes à Disciplina de Radiologia da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP.

Os critérios de inclusão foram os mesmos adotados para

a seleção da amostra para a criação do método. Além disso, as radiografias foram selecionadas de maneira que não existisse prevalência de qualquer idade cronológica, o que poderia alterar os resultados do estudo.

Para a avaliação pelos métodos da Curva de Crescimento^{34, 35} e de Hassel e Farman²⁷, as radiografias foram digitalizadas por meio de *scanner* com adaptador para transparências HP ScanJet 4c/T (Hewlett-Packard Company - Houston - EUA), em 256 tons de cinza, com resolução de 300 pontos por polegada, e salvas no formato TIFF sem compressão. A seguir, as imagens foram inseridas numa apresentação de slides do programa PowerPoint v. 2002 (Microsoft Informática Ltda – São Paulo – Brasil), com fundo preto. Para cada método, um arquivo com a seqüência de radiografias foi criado. As identificações das radiografias foram suprimidas, assim como qualquer outra informação desnecessária. Das radiografias cefalométricas laterais, foram mantidas somente as vértebras cervicais, para que os dentes não causassem influência nas avaliações. A seqüência das radiografias foi definida aleatoriamente, para que não ocorressem tendências nas avaliações. Para as segundas avaliações dos métodos, novos arquivos foram criados com as seqüências de radiografias redefinidas também para evitar tendências nas avaliações. Para estas avaliações, foi utilizado um computador portátil Toshiba A10 S1291 (Toshiba Informatics Systems, Inc. – EUA) com tela de cristal líquido de 15 polegadas de matriz ativa. Não foi permitido aos examinadores utilizar qualquer recurso de melhora da imagem, visto que as imagens já haviam sido tratadas para serem inseridas nas apresentações.

Para a marcação dos pontos do método MRVC, as radiografias cefalométricas laterais digitalizadas foram inseridas no programa Radiocef v.4.0 (Radiomemory – Belo Horizonte – Brasil), onde foi criada uma análise personalizada para cada sexo. Após a marcação dos pontos, o próprio programa forneceu os valores das razões

necessárias para o cálculo de maturação óssea pelo novo método. Estes valores foram exportados para a planilha eletrônica (Microsoft Excel 2002 – Microsoft Informática Ltda. – São Paulo - Brasil) para se obter o estágio de maturação do indivíduo segundo o método proposto neste estudo.

Quatro examinadores foram selecionados para as avaliações:

- Examinador 1, com experiência nos três métodos e com o software empregado neste estudo;
- Examinador 2, com experiência no método da Curva de Crescimento^{34, 35}, em análises cefalométricas computadorizadas e com o software empregado neste estudo;
- Examinador 3, sem experiência com nenhum dos métodos, sem experiência com análises cefalométricas computadorizadas e sem experiência com o software empregado neste estudo;
- Examinador 4, com experiência no método de Hassel e Farman²⁷, mas sem experiência com análise computadorizada e com o software empregado neste estudo.

As leituras pelos três métodos foram repetidas em todas as radiografias pelos quatro examinadores após um intervalo de 15 dias para se analisar o erro intra-examinador. Para a comparação inter-examinador e para as demais comparações, a segunda leitura de cada método foi empregada.

4.2.1 Análise estatística da validação do método

Conforme a descrição do método da Curva de Crescimento^{34, 35}, é possível agrupar os 19 estágios de maturação em 7 fases, conforme disposto na Figura 7.

Quadro 4 – Faixa de variação de Kappa (K)

Valor	Interpretação
+1	Os observadores são perfeitamente confiáveis. Eles classificam tudo exatamente da mesma forma.
0	Não há relacionamento algum entre as classificações dos observadores além do acordo que se esperaria ao acaso.
-1	Os observadores classificam exatamente no sentido oposto um do outro.

Quadro 5 – Escala do índice Kappa de Landis e Koch*

Intervalo	Grau de acordo
< 0,00	Sem acordo
0,00 – 0,20	Insignificante
0,21 – 0,40	Mediano
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 – 0,80	Substancial
0,81 – 1,00	Quase perfeito

Já a análise intra-examinador da correlação entre os métodos foi realizada comparando-se as segundas leituras dos métodos, par a par, por meio da análise de correlação de Spearman.

Para verificar o quanto que os métodos são iguais em indicar a maturação biológica do indivíduo em relação ao pico do SCP, calculou-se a proximidade da fase de maturação de cada indivíduo em relação ao pico. Visto que tanto o método de Martins e Sakima³⁴ adaptado por Mercadante³⁵ quanto o novo método sugerido neste estudo definem 7 estágios em relação ao PSCP, e o método proposto por Hassel e Farman²⁷ define 6 estágios em relação ao PSCP, criou-se uma escala que permitiu identificar a proximidade entre a fase do SCP de cada indivíduo em relação ao PSCP (Quadros 6 a 8). Assim os resultados

* Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33: 159-174.

de cada indivíduo fornecidos pela segunda leitura de cada método foram substituídos pelos correspondentes que indicam seus afastamentos em relação ao PSCP, conforme disposto nos Quadros 6, 7 e 8.

Quadro 6 – Afastamentos para mais ou para menos em relação ao PSCP, método da Curva de Crescimento^{34, 35}

Curva de Crescimento						
1- Mais de 12 meses antes	2- Até 12 meses antes	3- Até 6 meses antes	4- Pico	5- Até 3 meses após	6- Entre 6 e 12 meses após	7- Mais de 12 meses após
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

Quadro 7 – Afastamentos para mais ou para menos em relação ao PSCP, método de Hassel e Farman²⁷

Hassel e Farman						
1- Mais de 12 meses antes	2- Até 12 meses antes	3- Até 6 meses antes	Pico	4- Até 3 meses após	5- Entre 6 e 12 meses após	6- Mais de 12 meses após
-3	-2	-1	-	+1	+2	+3

Quadro 8 – Afastamentos para mais ou para menos em relação ao PSCP, método MRVC

MRVC						
1- Mais de 12 meses antes	2- Entre 12 e 9 meses antes	3- Entre 9 e 6 meses antes	4- 6 meses ou menos antes	5- Pico	6- Entre 6 e 12 meses após	7- Mais de 12 meses após
-4	-3	-2	-1	0	+1	+2

Os resultados de cada examinador foram comparados entre si pela análise Kruskal-Wallis em associação a uma comparação *post hoc* par a par para identificar as diferenças estatisticamente significativas. Este mesmo teste foi empregado para comparar os resultados de cada método entre os examinadores.

5 RESULTADOS

5.1 Criação do método MRVC

O número de indivíduos em cada grupo, assim como a média, o desvio padrão (DP), o valor mínimo e o valor máximo das idades estão expressos na Tabela 1 (sexo masculino) e na Tabela 2 (sexo feminino).

Tabela 1 – Estatística descritiva das idades cronológicas da amostra empregada na criação do método MRVC (sexo masculino)

	FASE DA CURVA DE CRESCIMENTO				
	1	2	3	4	5
N	44	28	12	9	18
Média de Idade*	10,11	11,97	13,11	14,50	14,99
DP*	1,39	1,48	0,92	1,41	1,16
Idade Mínima*	7,77	9,52	11,30	12,00	12,62
Idade Máxima*	14,10	15,09	14,23	15,50	17,67

A- Antes do surto de crescimento; B- Fase ascendente; C- Pico do surto de crescimento; D- Fase descendente; E- Fim de surto. *Anos

Tabela 2 – Estatística descritiva das idades cronológicas da amostra empregada na criação do método MRVC (sexo feminino)

	FASE DA CURVA DE CRESCIMENTO				
	1	2	3	4	5
N	25	40	28	8	39
Média de idade*	8,55	10,28	11,01	12,46	14,42
DP*	1,23	1,09	1,21	0,63	1,50
Idade Mínima*	6,46	8,16	8,37	11,11	11,58
Idade Máxima*	10,64	12,48	13,76	13,08	16,82

A- Antes do surto de crescimento; B- Fase ascendente; C- Pico do surto de crescimento; D- Fase descendente; E- Fim de surto. *Anos

O teste do erro do método não indicou diferenças estatisticamente significantes entre a primeira e a segunda leitura de todas as medidas que compõem as razões estudadas ($r > 0,90$; $p_{a=1} > 0,05$; $p_{b=0} > 0,05$). Portanto, a média entre a primeira e a segunda leitura de cada medida foi empregada no cálculo das razões analisadas.

A Tabela 3 mostra a média e o desvio-padrão (DP) das 15 razões analisadas nas vértebras cervicais C2, C3 e C4 de indivíduos do sexo masculino em cada fase do surto de crescimento puberal.

Tabela 3 – Média e desvio padrão (DP) das 15 razões analisadas nas vértebras cervicais em cada fase do surto de crescimento puberal nos indivíduos do sexo masculino

SEXO MASCULINO										
Razão	1: Antes do surto		2: Fase ascendente		3: Pico		4: Fase descendente		5: Fim de surto	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
1	0,043	0,024	0,085	0,031	0,108	0,029	0,156	0,039	0,163	0,034
2	0,031	0,014	0,061	0,029	0,103	0,030	0,145	0,030	0,143	0,028
3	0,026	0,019	0,041	0,023	0,075	0,028	0,108	0,029	0,123	0,034
4	0,677	0,096	0,712	0,068	0,818	0,102	0,862	0,020	0,927	0,095
5	0,600	0,062	0,643	0,066	0,695	0,041	0,790	0,064	0,908	0,099
6	0,470	0,097	0,530	0,080	0,673	0,183	0,747	0,098	0,991	0,223
7	0,691	0,068	0,742	0,068	0,811	0,123	0,867	0,109	1,031	0,188
8*	67,675	3,924	68,823	3,935	71,290	4,080	70,164	3,442	74,542	6,611
9*	13,192	3,105	12,684	2,728	8,488	3,513	6,629	1,880	5,651	4,041
10	0,661	0,069	0,710	0,102	0,801	0,069	0,860	0,053	0,872	0,100
11	0,627	0,097	0,631	0,067	0,687	0,091	0,804	0,044	0,862	0,099
12	0,475	0,071	0,524	0,098	0,620	0,095	0,773	0,137	0,869	0,254
13	0,718	0,066	0,736	0,076	0,773	0,080	0,896	0,118	0,983	0,181
14*	68,595	3,850	69,797	4,677	71,954	2,945	73,316	3,915	73,781	4,741
15*	14,260	3,013	13,217	2,666	9,118	2,375	7,944	3,035	7,873	4,423

1- C2Conc/C2PI-C2AI 2- C3Conc/C3PI-C3AI 3- C4Conc/C4PI-C4AI 4- C3AS-C3AI/C3PS-C3PI 5- C3Sup-C3Conc/C3Post-C3Ant 6- C3AS-C3AI/C3PS-C3AS 7- C3PS-C3PI/C3PS-C3AS 8- Â C3PS-C3AS X C3PS-C3PI 9- Â C3PS-C3AS X C3PI-C3AI 10- C4AS-C4AI/C4PS-C4PI 11- C4Sup-C4conc/C4Post-C4Ant 12- C4AS-C4AI/C4PS-C4AS 13- C4PS-C4PI/C4PS-C4AS 14- Â C4PS-C4AS X C4PS-C4PI 15- Â C4PS-C4AS X C4PI-C4AI. *Graus

A Tabela 4 mostra a média e o desvio padrão das 15 razões estudadas nas vértebras cervicais C2, C3 e C4 em indivíduos do sexo feminino, em cada fase do surto de crescimento puberal.

Tabela 4 – Média e desvio padrão (DP) das 15 razões analisadas nas vértebras cervicais em cada fase do surto de crescimento puberal nos indivíduos do sexo feminino

SEXO FEMININO										
Razão	1: Antes do surto		2: Fase ascendente		3: Pico		4: Fase descendente		5: Fim de surto	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
1	0,049	0,026	0,068	0,035	0,105	0,042	0,101	0,042	0,172	0,036
2	0,040	0,026	0,043	0,028	0,076	0,037	0,080	0,024	0,158	0,035
3	0,028	0,020	0,031	0,023	0,064	0,042	0,097	0,027	0,152	0,043
4	0,659	0,086	0,675	0,103	0,7544	0,092	0,858	0,132	0,940	0,081
5	0,619	0,061	0,659	0,078	0,705	0,101	0,790	0,099	0,888	0,092
6	0,458	0,107	0,514	0,084	0,575	0,124	0,712	0,135	0,966	0,241
7	0,689	0,075	0,739	0,072	0,756	0,095	0,830	0,106	1,021	0,135
8*	68,476	3,476	66,983	3,516	70,064	3,631	74,439	3,275	74,717	3,857
9*	13,476	2,822	13,711	3,753	10,376	3,671	8,293	4,240	4,769	3,179
10	0,647	0,085	0,676	0,088	0,744	0,090	0,855	0,093	0,912	0,069
11	0,603	0,048	0,642	0,071	0,689	0,100	0,689	0,101	0,873	0,082
12	0,460	0,085	0,524	0,085	0,581	0,131	0,735	0,145	0,894	0,164
13	0,708	0,061	0,752	0,063	0,774	0,108	0,858	0,127	0,977	0,137
14*	68,948	3,936	68,437	2,957	71,174	3,190	73,644	1,767	75,405	4,355
15*	14,393	3,188	13,728	3,658	11,539	3,479	7,241	4,417	7,241	3,670

1- C2Conc/C2PI-C2AI 2- C3Conc/C3PI-C3AI 3- C4Conc/C4PI-C4AI 4- C3AS-C3AI/C3PS-C3PI 5- C3Sup-C3Conc/C3Post-C3Ant 6- C3AS-C3AI/C3PS-C3AS 7- C3PS-C3PI/C3PS-C3AS 8- $\hat{A}$ C3PS-C3AS X C3PS-C3PI 9- $\hat{A}$ C3PS-C3AS X C3PI-C3AI 10- C4AS-C4AI/C4PS-C4PI 11- C4Sup-C4Conc/C4Post-C4Ant 12- C4AS-C4AI/C4PS-C4AS 13- C4PS-C4PI/C4PS-C4AS 14- $\hat{A}$ C4PS-C4AS X C4PS-C4PI 15- $\hat{A}$ C4PS-C4AS X C4PI-C4AI. *Graus

A comparação entre as médias de cada razão entre as fases do SCP foi feita por meio da análise ANOVA fator único, na qual as cinco médias de cada razão que correspondem às cinco fases do SCP foram testadas de uma só vez. Os *p*-valores das comparações estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 –Valores de p e resultados do teste de Tukey para as comparações de cada fator nas cinco fases do SCP

Razão	Feminino		Masculino	
	p-valor	Tukey	p-valor	Tukey
1	0,000	1=2#3=4#5	0,000	1#2=3#4=5
2	0,000	1=2#3=4#5	0,000	1#2#3#4=5
3	0,000	1=2#3=4#5	0,000	1=2#3#4=5
4	0,000	1=2#3#5	0,000	1=2#3=4=5
5	0,000	1#3=4#5	0,000	1#3#4#5
6	0,000	1#3=4#5	0,000	1=2#3=4#5
7	0,000	1=2=3=4#5	0,000	1#5
8	0,000	1=2#3#4=5	0,000	1#5
9	0,000	1=2=3=4#5	0,000	1#2#3#4#5
10	0,000	1=2#3#4=5	0,000	1=2#3=4=5
11	0,000	1#3#4=5	0,000	1=2=3#4=5
12	0,000	1#3#4#5	0,000	1#3#5
13	0,000	1=2=3=4#5	0,000	1=2=3#5
14	0,000	1=2#3#4=5	0,000	1#4=5
15	0,000	1=2#3=4=5	0,000	1=2=3#5

1- C2Conc/C2PI-C2AI 2- C3Conc/C3PI-C3AI 3- C4Conc/C4PI-C4AI 4- C3AS-C3AI/C3PS-C3PI 5- C3Sup-C3Conc/C3Post-C3Ant 6- C3AS-C3AI/C3PS-C3AS 7- C3PS-C3PI/C3PS-C3AS 8- Â C3PS-C3AS X C3PS-C3PI 9- Â C3PS-C3AS X C3PI-C3AI 10- C4AS-C4AI/C4PS-C4PI 11- C4Sup-C4conc/C4Post-C4Ant 12- C4AS-C4AI/C4PS-C4AS 13- C4PS-C4PI/C4PS-C4AS 14- Â C4PS-C4AS X C4PS-C4PI 15- Â C4PS-C4AS X C4PI-C4AI

Nível de significância: 95%

Para os indivíduos do sexo feminino, apesar de ter sido encontrado 11 razões que diferem o pico do SCP das demais fases, decidiu-se por adotar 10 razões para compor a nova análise, baseado nos resultados apontados pelas análises estatísticas. Estas razões, assim como seus valores limites, estão dispostas no Quadro 9.

Quadro 9- Razões selecionadas para compor a nova análise para indivíduos do sexo feminino

Nº	Razão	Limites por fase
1	C2Conc/C2PI-C2AI	1: 0,000~0,049; 2: 0,050~0,086; 3: 0,087~0,101; 4: 0,102~0,136; 5: 0,137~...
2	C3Conc/C3PI-C3AI	1: 0,000~0,040; 2: 0,041~0,059; 3: 0,060~0,080; 4: 0,081~0,119; 5: 0,120~...
3	C4Conc/C4PI-C4AI	1: 0,000~0,028; 2: 0,029~0,047; 3: 0,048~0,064; 4: 0,065~0,124; 5: 0,125~...
4	Altura da borda anterior de C3/Altura da borda posterior de C3	1: 0,000~0,659; 2: 0,660~0,714; 3: 0,715~0,858; 5: 0,859~...
5	Altura do corpo de C3/Comprimento do corpo de C3	1: 0,000~0,659; 3: 0,660~0,712; 4: 0,713~0,839; 5: 0,840~...
6	Altura da borda anterior de C3/Comprimento da borda superior de C3	1: 0,000~0,514; 3: 0,515~0,712; 4: 0,713~0,839; 5: 0,840~...
8	Ângulo C3SP	1: 0,000~68,476; 2: 68,477~68,523; 3: 68,524~72,251; 4: 72,252~74,717; 5: 74,718~...
10	Altura da borda anterior de C4/Altura da borda posterior de C4	1: 0,000~0,647; 2: 0,648~0,710; 3: 0,711~0,799; 4: 0,800~0,912; 5: 0,913~...
11	Altura do corpo de C4/Comprimento do corpo de C4	1: 0,000~0,642; 3: 0,643~0,753; 4: 0,754~0,873; 5: 0,874~...
12	Altura da borda anterior de C4/Comprimento da borda superior de C4	1: 0,000~0,524; 3: 0,525~0,658; 4: 0,659~0,814; 5: 0,815~...

Para os indivíduos do sexo masculino, 10 razões foram selecionadas para compor a nova análise, baseado nos resultados apontados pelas análises estatísticas. Estas razões, assim como seus valores limites, estão dispostas no Quadro 10.

Quadro 10- Razões selecionadas para compor a nova análise para indivíduos do sexo masculino

Nº	Razão	Limites por fase
1	C2Conc/C2PI-C2AI	1: 0,000~0,064; 2: 0,065~0,108; 3: 0,109~0,132; 4: 0,133~0,163; 5: 0,164~...
2	C3Conc/C3PI-C3AI	1: 0,000~0,046; 2: 0,047~0,082; 3: 0,083~0,124; 4: 0,125~0,143; 5: 0,144~...
3	C4Conc/C4PI-C4AI	1: 0,000~0,026; 2: 0,027~0,058; 3: 0,059~0,090; 4: 0,091~0,123; 5: 0,124~...
4	Altura da borda anterior de C3/Altura da borda posterior de C3	1: 0,000~0,677; 2: 0,678~0,765; 3: 0,766~0,862; 4: 0,863~0,895; 5: 0,896~...
5	Altura do corpo de C3/Comprimento do corpo de C3	1: 0,000~0,643; 3: 0,644~0,742; 4: 0,743~0,849; 5: 0,850~...
6	Altura da borda anterior de C3/Comprimento da borda superior de C3	1: 0,000~0,470; 2: 0,471~0,601; 3: 0,602~0,747; 4: 0,748~0,869; 5: 0,870~...
9	Ângulo C3SI	5: 0,000~6,140; 4: 6,150~7,560; 3: 7,570~10,586; 2: 10,587~12,938; 5: 12,939~...
10	Altura da borda anterior de C4/Altura da borda posterior de C4	1: 0,000~0,661; 2: 0,662~0,756; 3: 0,757~0,860; 4: 0,861~0,870; 5: 0,871~...
11	Altura do corpo de C4/Comprimento do corpo de C4	1: 0,000~0,629; 2: 0,630~0,631; 3: 0,632~0,745; 4: 0,746~0,862; 5: 0,863~...
12	Altura da borda anterior de C4/Comprimento da borda superior de C4	1: 0,000~0,524; 3: 0,525~0,773; 5: 0,774~...

A composição dos limites de cada razão em cada fase foi realizada empregando-se seus valores médios como referência. Não seria possível utilizar os desvios-padrão para a composição dos limites das fases, pois observou-se que os desvios-padrão de fases contíguas se sobrepõem, inviabilizando a distinção correta entre as fases.

Um procedimento padrão foi adotado para calcular os valores limite para cada fase em cada razão. O cálculo foi sempre feito da Fase 1 para a Fase 5. Três tipos de resultados poderiam ser apontados

teste de Tukey: 1- uma fase não difere estatisticamente da seguinte; 2- uma fase difere estatisticamente da seguinte; 3- Uma fase não difere estatisticamente da seguinte mas difere da anterior; 4- uma fase não difere estatisticamente nem da anterior nem da seguinte.

Os cálculos dos limites foram feitos de maneira que as fases que apresentem diferenças estatisticamente significantes fossem privilegiadas com intervalos maiores entre os valores mínimos e máximos. Como padrão, as fases 1 e 5 não possuem respectivamente limites mínimos e máximos. Caso uma fase não diferisse estatisticamente da seguinte, seu valor médio seria adotado como limite máximo. Caso uma fase diferisse estatisticamente da seguinte, o valor médio entre esta fase e a seguinte seria adotado como seu limite máximo. Caso uma fase diferisse estatisticamente da anterior, mas não diferisse da seguinte, seu valor máximo seria o valor médio da fase seguinte. Caso uma fase não diferisse estatisticamente nem da anterior nem da seguinte, seu valor médio seria adotado como limite máximo da fase anterior, e esta fase não seria considerada na análise. Já os limites mínimos de todas as fases (com exceção da Fase 1) eram os valores imediatamente superiores aos do limites máximos de suas fases anteriores.

A Figura 8a exemplifica o cálculo dos limites em três das quatro situações possíveis. Como já citado anteriormente, a Fase 1 não possui limite mínimo. Neste exemplo, como a Fase 1 não difere estatisticamente da Fase 2, a própria média da Fase 1 é empregada como seu limite máximo. Para a Fase 2, o seu valor mínimo é o valor imediatamente acima do limite máximo da Fase 1 e seu limite máximo é a média entre seu valor médio e o valor médio da Fase 3, já que essas duas fases diferem estatisticamente entre si. Já o limite mínimo da Fase 3 é o valor imediatamente acima do limite máximo da Fase 2. Como a Fase 3 não diferiu estatisticamente da Fase 4, mas diferiu estatisticamente da fase 2, seu limite máximo é o valor médio da Fase 4. O valor mínimo da Fase 4 é o valor imediatamente superior ao valor máximo da Fase 3, e

seu valor máximo é a média entre seu valor médio e o valor médio da Fase 5, já que essas duas fases diferem estatisticamente entre si. Finalmente, o limite mínimo da Fase 5 é o valor imediatamente acima do limite máximo da Fase 4. A Fase 5 não apresenta limite máximo.

A Figura 8b exemplifica o cálculo dos limites na terceira situação possível. Neste caso, como a Fase 2 não difere estatisticamente nem da Fase 1 nem da 3, seu valor médio é empregado como limite máximo da Fase 1, e a fase é excluída da análise. O limite mínimo da Fase 3 é o valor imediatamente superior ao do limite máximo da Fase 1. Como a Fase 4 deste exemplo não difere estatisticamente tanto da Fase 3 quanto da 5, seu valor médio é empregado como limite máximo da Fase 3, e esta fase é excluída da análise. Já o limite mínimo da Fase 5 é o valor imediatamente superior ao limite máximo da Fase 3.

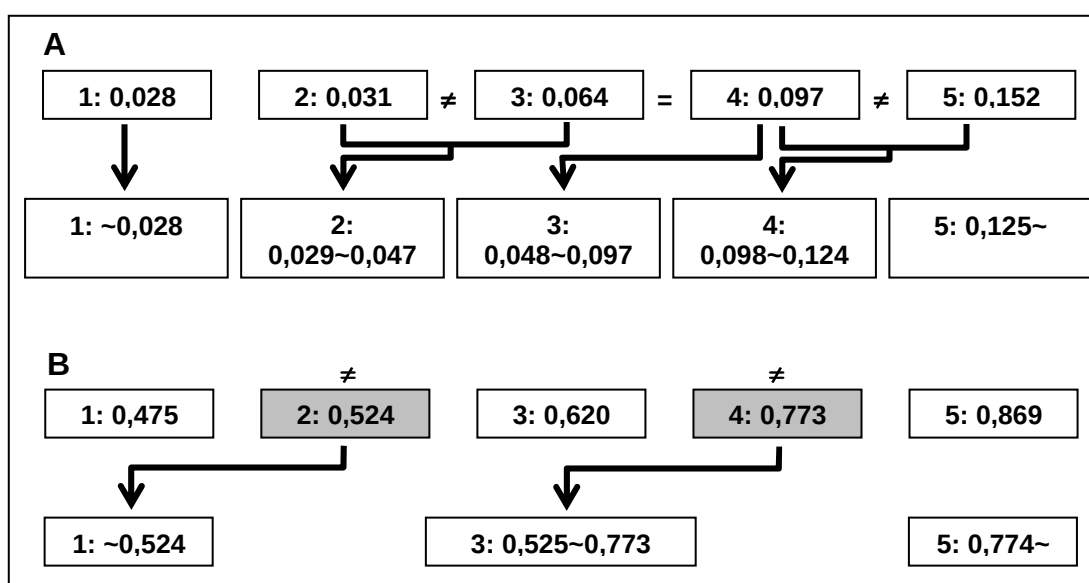


Figura 8- Métodos empregados no cálculo dos limites de cada razão em cada fase.

Cada razão é posicionada em um dos cinco estágios utilizados no estudo (Figura 4) comparando-se seu valor com os valores padrão dos Quadros 9 ou 10. Ao final, calcula-se a média entre os

estágios de cada razão, e compara-se o resultado com o gabarito contendo sete estágios do SCP (Quadro 11), que indicará o grau de maturação óssea do indivíduo. Estes sete estágios foram baseados nas fases da Curva de Crescimento^{34, 35}.

Quadro 11- Gabarito com os diagnósticos dos estágios do SCP de acordo com as médias dos estágios das razões avaliadas

Média dos estágios das razões	Diagnóstico
0~1	O PSCP está a 12 ou mais meses desta fase
1,1~1,5	O PCSP está entre 12 e 9 meses desta fase
1,6~2	O PSCP ocorrerá entre 9 e 6 meses desta fase
2,1~2,5	O PSCP ocorrerá em no máximo 6 meses
2,6~3	O indivíduo se encontra ao redor do PSCP (entre 6 meses antes e 3 meses depois)
3,1~4	O PSCP ocorreu entre 6 e 12 meses atrás
4,1~...	O PSCP ocorreu há mais de 12 meses

5.2 Validação do método MRVC

O número (n), assim como a média, desvio-padrão (DP), mínimo e máximo das idades dos indivíduos utilizados para a análise de validação do método estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6- Estatística descritiva da idade cronológica dos indivíduos utilizados para a validação do método RVC

	Feminino	Masculino
N	28	30
Média de idade	11,02	12,48
DP	2,65	2,50
Idade mínima	7,14	6,99
Idade máxima	15,98	16,47

A Tabela 7 demonstra os resultados da análise do erro intra-examinador pelo índice Kappa.

Tabela 7 – Índice Kappa para a análise intra-examinador em cada método

	Ex. 1		Ex. 2		Ex. 3		Ex. 4	
	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.
Curva cresc.	0,89	0,94	0,89	0,91	0,79	0,84	0,89	0,90
Hassel e Farman	0,84	0,81	0,87	0,73	0,68	0,70	0,81	0,70
MRVC	0,89	0,78	0,66	0,75	0,61	0,71	0,76	0,69

As Tabelas 8 e 9 contêm a estatística descritiva das segundas leituras de cada examinador para cada método.

Tabela 8 - Estatística descritiva das segundas leituras de cada examinador – sexo feminino

	Exam. 1			Exam. 2			Exam. 3			Exam. 4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Mínimo	1	1	2	1	2	3	1	1	2	1	1	2
Mediana	3	2	4,5	4	1	5	4	2	5	4	2,5	4,5
Máximo	7	6	7	7	3	7	7	5	7	7	5	7

A- Curva de Crescimento; B- Hassel e Farman; C- MRVC

Tabela 9 - Estatística descritiva das segundas leituras de cada examinador – sexo masculino

	Exam. 1			Exam. 2			Exam. 3			Exam. 4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Mínimo	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1
Mediana	3	2,5	4	3	3	4	3	2,5	5	4	3	4
Máximo	7	5	7	7	5	7	7	5	7	7	5	7

A- Curva de Crescimento; B- Hassel e Farman; C- RVC

As Tabelas 10 a 12 demonstram os índices Kappa para as análises inter-examinadores em cada método.

Tabela 10 – Índices Kappa para as comparações inter-examinadores, Curva de Crescimento^{34 e 35}

	Exam. 1	Exam. 2	Exam. 3	Exam. 4	
Exam. 1		0,90	0,89	0,78	Masculino
Exam. 2	0,78		0,91	0,83	
Exam. 3	0,75	0,83		0,87	
Exam. 4	0,74	0,83	0,83		
*<0,6	Feminino				

Tabela 11 – Índices Kappa para as comparações inter-examinadores, Hassel e Farman²⁷

	Exam. 1	Exam. 2	Exam. 3	Exam. 4	
Exam. 1		0,58*	0,59*	0,60	Masculino
Exam. 2	0,59*		0,45*	0,67	
Exam. 3	0,86	0,57*		0,62	
Exam. 4	0,57*	0,68	0,64		
*<0,6	Feminino				

Tabela 12 – Índices Kappa para as comparações inter-examinadores, Método MRVC

	Exam. 1	Exam. 2	Exam. 3	Exam. 4	
Exam. 1		0,72	0,48*	0,73	Masculino
Exam. 2	0,65		0,53*	0,59*	
Exam. 3	0,55*	0,69		0,37*	
Exam. 4	0,79	0,74	0,61		
*<0,6	Feminino				

A Tabela 13 apresenta os valores de r do teste de correlação de Spearman para as comparações entre os métodos, por examinador.

Tabela 13- Valores de correlação de Spearman para as comparações entre os métodos, por examinador

	Ex. 1		Ex. 2		Ex. 3		Ex. 4	
	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.
Curva x MRVC	0,76*	0,82*	0,76*	0,90*	0,77*	0,73*	0,75*	0,81*
Curva x HF	0,72*	0,85*	0,80*	0,85*	0,82*	0,68*	0,82*	0,79*
HF x MRVC	0,92*	0,88*	0,90*	0,82*	0,84*	0,70*	0,81*	0,76*

* $p < 0,05$

A tabela 14 apresenta os p -valores das comparações inter-examinadores de cada método.

Tabela 14 – Valores de p para as comparações inter-examinadores de cada método

	Curva	HF	RVC
Feminino	0,95	0,52	0,49
Masculino	0,89	0,14	0,05

Nível de significância: 95%

As médias dos afastamentos de cada método em relação ao pico do SCP estão representadas nas figuras 9 e 10.

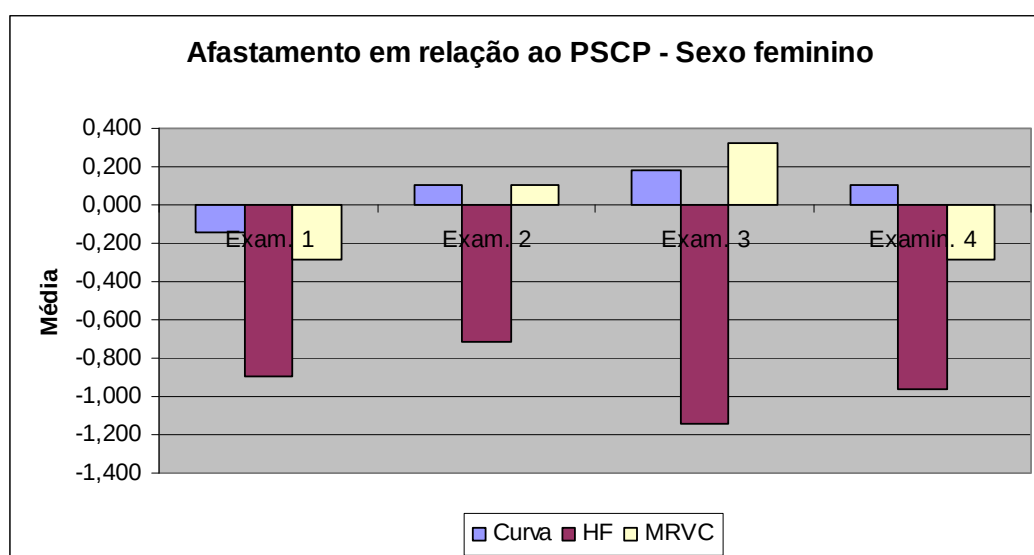


Figura 9 – Afastamentos de cada método em relação ao PSCP, por examinador, indivíduos do sexo feminino.

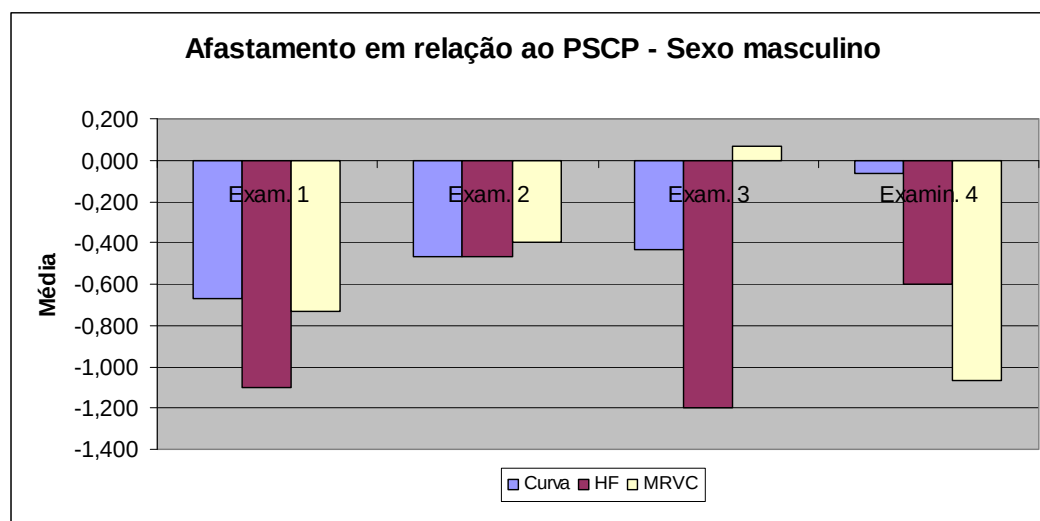


Figura 10 – Afastamentos de cada método em relação ao PSCP, por examinador, indivíduos do sexo masculino.

As comparações intra-examinador dos afastamentos de cada método, assim como os métodos cuja diferença foi estatisticamente significativa, estão dispostos na tabela 15.

Tabela 15 – *p*-valores e indicações das diferenças das comparações intra-examinadores dos afastamentos de cada método em relação ao PSCP

	Feminino		Masculino	
	p-valor	Teste post hoc	p-valor	Teste post hoc
Examinador 1	0,20	*	0,583	*
Examinador 2	0,12	*	0,293	*
Examinador 3	0,01	HF≠RVC; Curva≠HF	0,021	HF≠RVC
Examinador 4	0,19	*	0,269	*

Nível de significância: 95%

6 DISCUSSÃO

A correção das discrepâncias dentárias e dento-alveolares não depende da fase de maturação biológica em que se encontra o indivíduo^{35 e 44}. No entanto, o tratamento das discrepâncias esqueléticas por meio de aparelhos ortopédicos, sejam eles mecânicos ou funcionais, depende do potencial de crescimento facial remanescente^{12, 26, 35, 44 e 47}, pois é nesta fase que se obtém a máxima resposta das estruturas faciais ao tratamento⁹. Daí a importância do diagnóstico da fase de maturação óssea no plano de tratamento de indivíduos adolescentes, visto que o surto de crescimento facial geralmente coincide com o SCP^{2, 23, 30 e 47}.

O desenvolvimento humano pode ser dividido em infância, adolescência, fase adulta e senilidade. A mais importante delas para a Ortodontia e a Ortopedia Funcional dos Maxilares é a adolescente, que se inicia ao término da infância e vai até os 14 anos nos indivíduos do sexo feminino e 18 nos do sexo masculino⁴⁷, com duração média de sete anos²⁵. No seu decorrer, existe um surto significativo na velocidade de crescimento^{29 e 47}. Este período é denominado Surto de Crescimento Puberal (SCP), fenômeno que ocorre em todas as crianças, mas com diferentes intensidades e durações em cada indivíduo⁴⁷. É período mais favorável para correção das discrepâncias ortopédicas²⁹, e pode ser dividido em período de aceleração, pico, período de desaceleração e período pós-puberal²⁵.

Entretanto, existe uma variabilidade no início do SCP, que reflete as diferenças individuais da maturação física de crianças com a mesma idade cronológica^{15, 16, 29, 35 e 40}. Esta variabilidade justifica a

importância da determinação da época em que o SCP irá ocorrer para o planejamento do tratamento ortodôntico^{8, 15, 27 e 47}, visto que pode indicar o momento adequado para o início de correções das discrepâncias ortopédicas⁸ e auxiliar na escolha de condutas de tratamento^{12, 15, 20, 27, 40, 47}, e também o tipo de contenção a ser utilizado ao término do tratamento^{12, 37, 40}.

Vale destacar que a idade cronológica deve ser considerada apenas uma medida de tempo de vida e não pode ser utilizada na predição do grau de maturidade óssea^{14, 23, 29, 40}, visto que existe uma pequena porcentagem de correlação entre idade óssea e cronológica. Portanto, o estabelecimento do grau de desenvolvimento ósseo através da sua maturação, e não através da idade cronológica, proporcionará resultados mais precisos³. Um dos motivos é a alta susceptibilidade da idade cronológica aos fatores ambientais⁵.

A melhor maneira de se determinar o grau de maturação óssea de um indivíduo é pelo método radiográfico, já que o crescimento estatural depende do crescimento dos ossos^{5, 15, 16, 29, 44, 56}. Vários métodos de avaliação de idade óssea já foram propostos, sendo que os que utilizam a radiografia de mão e punho têm sido os mais empregados^{29, 33, 37, 39 e 54}, pela simplicidade de obtenção de imagens radiográficas desta região, com baixa dose de radiação^{16, 26 e 44}, pela facilidade de interpretação e pelo fato do desenvolvimento ósseo da região acontecer paralelamente ao das demais regiões do corpo^{16 e 26}.

No entanto as vértebras cervicais têm sido cada vez mais utilizadas para tal finalidade³⁷, devido à grande preocupação em reduzir o número de exposições radiográficas e simplificar os recursos de diagnóstico^{14, 22, 23, 28, 31, 37, 39, 40 e 41}, já que estas estruturas são registradas em radiografias cefalométricas laterais convencionais, item fundamental ao diagnóstico e ao planejamento do tratamento ortodôntico/ortopédico^{10, 22, 28, 31, 33, 37, 39, 40 e 41}.

A maioria dos métodos que utilizam as vértebras cervicais

sugeridos até o momento baseia-se na inspeção visual das alterações que ocorrem nessas estruturas^{4, 5, 27 e 32}. O precursor, sugerido por Lamparski³², propõe seis estágios de maturação de vértebras cervicais, baseados na forma e no aumento vertical dos corpos vertebrais, na inclinação das bordas superiores e nas concavidades das bordas inferiores da segunda à sexta vértebra cervical. Já Hassel e Farman²⁷ sugeriram uma modificação do método de Lamparski³², também composta de seis estágios de maturação óssea, mas utilizando somente as vértebras C2, C3 e C4, que mais comumente estão presentes nas radiografias cefalométricas laterais. Em 2002, Baccetti et al.⁴ sugeriram uma versão melhorada do método de avaliação da maturação óssea por vértebras cervicais e estudaram sua validade utilizando apenas as vértebras C2, C3 e C4. Esses autores reclassificaram as fases de maturação em cinco, ao invés de seis. Em 2005, Baccetti et al.⁵ redefiniram seu método, onde voltaram a sugerir 6 estágios ao invés de cinco.

No entanto, estes métodos, que são visuais, possuem algumas desvantagens: a) as mudanças sutis que ocorrem nestas estruturas, por fazerem com que a classificação do estágio de maturação óssea seja dificultada, b) uma postura imprópria do pescoço durante a exposição radiográfica, por dificultar a visualização das vértebras; c) o uso de protetor cervical durante a exposição, por encobrir as vértebras e faz com que não apareçam na imagem radiográfica; d) menor quantidade de fatores presentes nas vértebras cervicais em relação à mão e ao punho, por dificultar a avaliação em casos em que a sequência de eventos esperada para uma determinada fase não acontece ou em casos limítrofes; e) ausência de uma fase específica para o pico do SCP, por torná-lo pouco eficaz na determinação do PSCP.

Em vista das dificuldades inerentes ao método visual de avaliação de maturação óssea por vértebras cervicais, e sabendo da possibilidade de se utilizar medidas no corpo das vértebras^{4 e 28}, Tanaka⁴⁵

realizou um trabalho para verificar se existem diferenças entre as fases do SCP nos valores de sete razões provenientes de medidas das vértebras cervicais C2, C3 e C4. Visto que o autor verificou existirem diferenças estatisticamente significantes entre as fases nas razões estudadas, e que a fase de pico do SCP era a fase com maior número de razões que a diferencia das demais, o estudo de 2006 serviu como base para o presente trabalho.

Nos resultados deste estudo verificamos diferenças estatisticamente significantes entre as fases dos SCP para todas as razões estudadas, segundo o teste ANOVA ($p < 0,05$), tanto para os indivíduos do sexo masculino quanto para os do feminino (Tabela 5). Entretanto, o teste de Tukey apontou que as razões 7, 9, 13 e 15 nos indivíduos do sexo feminino, e as razões 7, 8, 13, 14 e 15 nos indivíduos do sexo masculino, não apresentavam diferenças estatisticamente significantes entre o pico e as demais fases, o que as tornariam pouco úteis na determinação do estágio de maturação óssea dos indivíduos. Apesar da razão 14 apresentar diferenças estatisticamente significantes entre o pico e as demais fases nos indivíduos do sexo feminino, decidiu-se por não utilizá-la na composição do novo método, para que houvesse o mesmo número de razões empregadas nos dois sexos, já que no sexo masculino, essa razão não apresentou diferenças significantes entre o pico e as demais fases. Assim, 10 razões foram utilizadas para compor o novo método (Quadros 9 e 10).

Com estes resultados, desenvolveu-se neste estudo um método procurando atender os requisitos fundamentais a qualquer método de avaliação de maturação óssea: eficácia na detecção do pico de crescimento, com uma fase que coincida com o pico SCP na maioria dos indivíduos; desnecessidade de exposições adicionais aos raios X; facilidade de obtenção da radiografia; consistência na interpretação dos dados, com menor erro inter-examinador na definição dos estágios ou fases de maturação possível⁵.

Estudos indicam que os métodos que empregam a análise da mão e do punho apresentam maior reprodutibilidade intra-examinador do que os métodos que empregam as vértebras cervicais, provavelmente em razão da maior familiaridade dos examinadores com os centros de ossificação da mão e do punho^{31 e 39}, pela maior quantidade de centros de ossificação presentes na mão e punho, pela possível existência de estágios intermediários aos citados nos métodos que empregam as vértebras cervicais^{11 e 19} e pela não ocorrência da seqüência esperada de desenvolvimento das vértebras¹⁹. No presente estudo, observou-se que todos os métodos forneceram reprodutibilidade intra-examinador substancial a quase perfeita tanto para indivíduos do sexo feminino quanto para os do masculino. Entretanto, os índices foram melhores com a Curva de Crescimento^{34, 35} (Tabela 7). Já o método MRVC apresentou reprodutibilidade intra-examinador próxima ao do método de Hassel e Farman²⁷. O método MRVC foi desenvolvido de maneira a reduzir ao máximo o fator subjetivo, que é uma das principais causas de variabilidade de resultados das análises visuais por vértebras cervicais^{39 e 40}. Entretanto, este método depende da identificação de pontos anatômicos, como ocorre com qualquer análise cefalométrica, o que também possui o fator subjetivo da interpretação da imagem. Todavia, acreditamos que, pelo fato de ser um método inédito, a pouca familiaridade dos examinadores 2, 3 e 4 com o método em si, e dos examinadores 3 e 4 com o método, com o software empregado e com análises cefalométricas pode ter influenciado os resultados. Ainda assim, o método foi capaz de compensar a pouca familiaridade desses examinadores com o método e com o software, como é possível concluir pela proximidade entre os resultados do método MRVC com o método de Hassel e Farman²⁷ para esses examinadores (Tabela 7), provavelmente porque a marcação de pontos anatômicos em radiografias cefalométricas laterais é menos susceptível a fatores subjetivos. Além disso, as vértebras cervicais são facilmente visualizadas em radiografias cefalométricas

laterais, e tomou-se o cuidado de selecionar pontos anatômicos em locais de fácil identificação nestas estruturas.

Assim como na análise de reprodutibilidade intra-examinador, os melhores resultados de reprodutibilidade inter-examinadores foram observados com a Curva de Crescimento^{34 e 35}, tanto para os indivíduos do sexo feminino quanto para os do masculino. De acordo com o índice Kappa, a reprodutibilidade inter-examinadores para a Curva de Crescimento^{34 e 35} variou entre substancial a quase perfeita (Tabela 10). Esta alta reprodutibilidade entre as leituras dos examinadores para a Curva de Crescimento^{24 e 25} pode ser confirmada pela baixa variação entre os valores medianos, mínimos e máximos para este método, tanto para indivíduos do sexo masculino quanto para os do feminino (Tabelas 8 e 9). A maior familiaridade com o método, a maior quantidade de centros de ossificação e a facilidade de visualização e interpretação das fases de ossificação deste método podem ter ajudado para o bom resultado de todos os examinadores. Entretanto, os índices inter-examinadores deste método foram discretamente menores do que os da análise intra-examinador. Este resultado era esperado, visto que este método é visual e, conseqüentemente, está sujeito à subjetividade da interpretação dos examinadores^{39 e 40}.

No presente estudo, o método de Hassel e Farman²⁷ apresentou reprodutibilidades inter-examinadores inferiores aos intra-examinadores, como esperado⁴², e também ao da Curva de Crescimento^{34 e 35}, como fica evidente com a maior variação dos valores medianos, mínimos e máximos dos examinadores demonstrados nas Tabelas 8 e 9. Para o método baseado em vértebras cervicais, encontrou-se índices de concordância inter-examinador que variaram de moderados a substanciais (Tabela 11). De maneira similar, o método MRVC também apresentou reprodutibilidade inter-examinador menor do que a da Curva de Crescimento^{34 e 35}, com resultados próximos aos do método de Hassel e Farman²⁷ (Tabelas 8, 9 e 12), com exceção à comparação entre os

Examinadores 3 e 4, que apresentou índice apenas mediano. É importante destacar que o Examinador 3 não havia tido experiência prévia com nenhum dos três métodos, assim como teve pouco contato prévio com análises cefalométricas computadorizadas e com o método proposto neste estudo. Já o examinador 4 possui experiência com o método de Hassel e Farman²⁷, mas possui pouca experiência com a Curva de Crescimento^{34 e 35}, com o método proposto neste estudo e com análises cefalométricas computadorizadas. Desta maneira, é possível que estes fatores influenciaram no índice Kappa mais baixo das comparações destes examinadores com os demais para o método MRVC (Tabela 12). Todavia, os índices Kappa foram mais constantes no método MRVC do que no método de Hassel e Farman²⁷, como é possível observar na Tabela 12. Mesmo com a experiência dos examinadores 1 e 4 no método de Hassel e Farman²⁷, observa-se que os índices Kappa para as comparações dos resultados inter-examinadores para este método foram apenas moderados (Tabela 12), o que reforça a grande subjetividade deste método^{39 e 40} e a possibilidade de existência de estágios intermediários aos citados nos métodos que empregam as vértebras cervicais^{11 e 19}. Ainda assim, não existem diferenças estatisticamente significantes entre os examinadores para as leituras de cada método (Tabela 14).

A maioria dos estudos indica que existe excelente correlação entre os métodos de mão e punho e de vértebras cervicais^{1, 3, 13, 17, 18, 22, 24, 38, 39 e 43}. No presente estudo, verificou-se também correlação boa e estatisticamente significativa entre todos os métodos (Tabela 13), sendo discretamente melhores para as comparações entre o método de Hassel e Farman²⁷ e o método MRVC. No entanto, índices de correlação não necessariamente comprovam a eficácia do método, já que o teste de correlação simplesmente indica se existe e qual o tipo de correlação (positiva ou negativa) existente entre dois grupos. Assim, mesmo que exista a tendência de um método em fornecer maturação óssea atrasada

ou adiantada em relação a outro, se este atraso ou adiantamento for aproximadamente constante o teste de correlação vai apontar boa correlação entre estes dois métodos, como demonstraram Flores-Mir et al.¹³ nos resultados de seu estudo, onde observaram que apesar dos índices de correlação entre os métodos serem altos, o resultado de um poderia ser obtido a partir do outro em apenas 50% das vezes.

Desta maneira, para efetivamente comparar a eficácia do método MRVC com a da Curva de Crescimento^{34 e 35} e a do método de Hassel e Farman²⁷, foi necessário analisar os resultados de cada método em relação ao PSCP. Entretanto, como os métodos adotados neste estudo possuem fases não correspondentes entre si, realizou-se um ajuste dos resultados de cada método com relação ao PSCP (Quadros 6 a 8) e, assim, torná-los comparáveis estatisticamente. Com isso, verificou-se que, em média, os indivíduos da amostra de validação estavam mais distantes do PSCP pelo método de Hassel e Farman²⁷ do que com os demais métodos (Figuras 9 e 10). Kucukkeles et al.³¹ afirmaram que existe dificuldade em se determinar a fase de pico do SCP na maioria dos métodos, inclusive os que adotam as vértebras cervicais. Todavia, observou-se que, em média os indivíduos estavam mais próximos do PSCP segundo os resultados da Curva de Crescimento^{34 e 35} de todos os examinadores. Observou-se ainda a tendência do método MRVC de apresentar resultados mais próximos dos da Curva de Crescimento^{34 e 35}, com exceção dos resultados do Examinador 4 para os indivíduos do sexo masculino, onde o método de Hassel e Farman²⁷ forneceu resultados mais próximos dos da Curva de Crescimento^{34 e 35} (Figura 10). Portanto, pelos resultados apresentados, a falta de experiência dos examinadores 2, 3 e 4 com o método MRVC e dos examinadores 3 e 4 com o software Radiocef® e com análises cefalométricas computadorizadas não impediu que os resultados do método fossem próximos aos da Curva de Crescimento^{34 e 35}.

Quando os métodos, depois de ajustados, foram

comparados entre si, observou-se para o Examinador 3 diferenças estatisticamente significantes entre os métodos de Hassel e Farman²⁷ e os demais métodos nos indivíduos do sexo feminino, e entre o método de Hassel e Farman²⁷ e o MRVC nos indivíduos do sexo masculino (Tabela 15). Portanto, a falta de experiência/intimidade deste examinador com os métodos empregados neste estudo influenciou de maneira mais significativa o método de Hassel e Farman²⁷, já que pelas Figuras 9 e 10, é possível verificar que os resultados deste examinador para o método MRVC foram próximos aos da Curva de Crescimento^{34 e 35}. Mais uma vez, a menor quantidade de centros de ossificação e a dificuldade em se determinar um método específico podem ser determinantes para reduzir a precisão do método, principalmente quando utilizado por examinadores com pouca experiência com esta forma de avaliação.

Nos principais métodos visuais citados em literatura^{4, 5 e 27}, são analisados um total de 5 parâmetros (concavidades em 3 vértebras e formas do corpo de 2 vértebras), análogos aos centros de ossificação presentes na mão e no punho. No método desenvolvido no presente estudo, foram adotados 10 parâmetros de avaliação, com o intuito de aumentar a precisão do método, já que o número maior de parâmetros avaliados aumenta a possibilidade do erro de um parâmetro ser diluído pelos demais. Além disso, a presença de uma fase específica de PSCP torna o método mais eficaz na determinação desta fase, considerada um “divisor de águas” para o planejamento do tratamento ortodôntico/ortopédico funcional.

Dentre as vantagens do método MRVC, destaca-se a abordagem essencialmente objetiva de avaliação do estágio de maturação do indivíduo. O único fator subjetivo do método MRVC é a identificação dos pontos anatômicos das vértebras cervicais, que são facilmente visualizadas nas radiografias cefalométricas laterais utilizadas rotineiramente por Ortodontistas e Ortopedistas Funcionais. Provavelmente por depender apenas da marcação de pontos anatômicos

em vértebras cervicais, o método MRVC apresentou desempenho próximo ao de Hassel e Farman²⁷ com relação às reprodutibilidades intra e inter-examinadores, e capacidade de detecção da fase de maturação superior ao de Hassel e Farman²⁷, comparável ao Curva de Crescimento^{34 e 35}, mesmo com examinadores sem experiência com o método. Além disso, como ocorre com as análises cefalométricas computadorizadas, espera-se melhora na reprodutibilidade intra e inter-examinadores e aumento no desempenho do método MRVC à medida que os examinadores adquiram experiência e intimidade com a marcação dos pontos necessários para a análise.

Porém, existem algumas desvantagens deste método. Por utilizar muitos cálculos durante seu processo, seu uso de maneira manual o torna praticamente inviável. Assim, o método depende essencialmente de um computador com um software desenvolvido especificamente para a análise, ou então que análises sejam criadas para serem utilizadas em conjunto com softwares de cefalometria computadorizada existentes. Outra desvantagem é a necessidade de equipamento para digitalização das radiografias cefalométricas laterais, como um scanner ou uma câmera fotográfica digital adequada montada numa estativa. Desta maneira, o uso do método MRVC estará, a princípio, restrito aos que possuem estes equipamentos, como, por exemplo, as clínicas de Radiologia Odontológica. Entretanto, é possível disponibilizar uma planilha eletrônica com os cálculos programados, onde as medidas dos fatores obtidos manualmente são inseridas para se obter a maturação óssea do indivíduo.

Apesar dos resultados do presente estudo indicarem que o método MRVC é válido e aplicável, outros estudos são necessários para confirmar sua aplicabilidade e validade.

7 CONCLUSÕES

A análise dos resultados nos permite concluir que:

- a) foi possível criar um método de análise de maturação óssea por meio de medidas das vértebras cervicais C2, C3 e C4 em radiografias cefalométricas laterais;
- b) a avaliação do método MRVC apontou eficácia comparável ao da Curva de Crescimento de Martins e Sakima³⁴ adaptado por Mercadante³⁵ na determinação dos estágios de maturação óssea, sem a necessidade de experiência prévia dos examinadores com o método.

8 REFERÊNCIAS*

1. Alkhal HA, Wong RWK, Rabie ABM. Correlation between chronological age, cervical vertebral maturation and Fishman's skeletal maturity indicators in southern Chinese. *Angle Orthod.* 2008; 78(4): 591-596.
2. Arat M, Köklü A, Ozdiler E, Rübendüz M, Erdoğan B. Craniofacial growth and skeletal maturation: a mixed longitudinal study. *Eur J Orthod.* 2001; 23(4): 355-61.
3. Armond MC, Castilho JCM, Moraes LC. Estimativa do surto de crescimento puberal pela avaliação das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais. *Ortodontia.* 2001; 34(1): 51-60.
4. Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002; 72(4): 316-23.
5. Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Sem Orthod.* 2005; 11(3): 119-29.
6. Baer MJ, Durkatz J. Bilateral asymmetry in skeletal maturation of the hand and wrist: a roentgenographic analysis. *Am J Phys Anthropol.* 1957; 15(2): 181-96.
7. Björk A, Helm S. Prediction of age of maximum pubertal growth in body height. *Angle Orthod.* 1967; 37(2): 134-43.

*Baseado em:

International Comité of Medical Journal Editors. Bibliographic Services Division. Uniform Requirements for manuscript submitted to biomedical journals: simple referentes [homepage na Internet]. Bethesda: US National Library; c2003 [disponibilidade em 2006 fev; citado em 20 mar.] Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

8. Broadbent BH, Golden WJ. The value of an assessment of skeletal maturity in orthodontic diagnosis. *Am J Phys Anthropol.* 1971; 35(3):409-10.
9. Canali L, Brückner MR, De Lima EMS. Avaliação da maturação esquelética das vértebras cervicais através de telerradiografias de perfil. *Rev Odonto Ciência.* 2003; 18(40): 127-37.
10. Chen F, Terada K, Hanada K. A new method of predicting mandibular length increment on the basis of cervical vertebrae. *Angle Orthod.* 2004; 74(5): 630-4.
11. Damian MF, Woitchunas FE, Cericato GO, Cechinato F, Moro G, Massochin ME, et al. Análise da confiabilidade e da correlação de dois índices de estimativa da maturação esquelética: índice carpal e índice vertebral. *Rev Dent Press Ortod Ortop Fac.* 2006; 11(5): 110-20.
12. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation – a clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod.* 1982; 52(2): 88-112.
13. Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher MR, Major PW. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod.* 2006; 76(1): 1-5.
14. Franchi L, Baccetti T, McNamara Jr, J A. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 118(3): 35-40.
15. Franco AA, Santana AH, Santana IS, Melo MFB, Santos Jr JH. Determinação radiográfica da maturidade esquelética e sua importância no diagnóstico e tratamento ortodôntico. *Ortodontia.* 1996; 29(1): 53-9.
16. Freitas U, Lascale CA, Freitas L, Panella J. Avaliação do método de Fishman na estimativa da idade óssea – estudo comparativo com o índice de Eklöf e Ringertz. *Rev Odontol UNICID.* 2001; 13(1): 27-39.

17. Gandini P, Mancini M, Andreani F. A comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod.* 2006; 76(6): 984-9.
18. García-Fernandez P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod.* 1998; 32(4): 221-5.
19. Generoso R, Tavano O, Ribeiro A, Parreira MLJ. Estudo da correlação entre a idade cronológica e a maturação das vértebras cervicais em indivíduos em fase de crescimento puberal. *Rev Dent Press Ortod Ortop Fac.* 2003; 8(4):19-36.
20. Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod.* 1976; 69(6): 611-619.
21. Grave KC, Townsend G. Cervical vertebral maturation as a predictor of the adolescent growth spurt. *Aust Orthod J.* 2003; 19(1): 25-32.
22. Grave KC, Townsend G. Hand-wrist and cervical vertebral maturation indicators: how can these events be used to time Cass II treatments? *Aust Orthod J.* 2003; 9(2): 33-45.
23. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford: Stanford University Press, 1959.
24. Grippaudo C, Garcovich D, Volpe G, Lajolo C. Comparative evaluation between cervical vertebral morphology and hand-wrist morphology for skeletal maturation assessment. *Minerva Stomatol.* 2006; 55(5): 271-279.
25. Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicator of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980 38(3): 187-200.
26. Haiter Neto F, Almeida SM, Leite CC. Estudo comparativo dos métodos de estimativa da idade óssea de Greulich e Pyle e Tanner e Whitehouse. *Pesqui Odontol Bras.* 2000; 14(4): 378-84.
27. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 107(1): 58-66.
28. Hellsing E. Cervical vertebral dimensions in 8-, 11-, and 15-year-old children. *Acta Odontol Scand.* 1991; 49(4): 207-13.

29. Houston WJB. Relationships between skeletal maturity estimated from hand-wrist radiographs and the timing of the adolescent growth spurt. *Eur J Orthod*. 1980; 2(2): 81-93.
30. Hunter CJ. The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod*. 36(1): 44-54.
31. Kucukkeles N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent*. 1999; 24(1): 47-52.
32. Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. 1972. Tese – University of Pittsburg *apud* Santos SCBN, Almeida RR, Henriques JFC, Bertoz FA, Almeida RR. Avaliação de um método de determinação do estágio de maturação óssea utilizando as vértebras cervicais presentes nas telerradiografias em norma lateral. *Rev Dental Press Ortod Ortop Fac*. 1998; 3(3): 67-77.
33. Leite HR, O'Reilly MT, Close JM. Skeletal age assessment using the first, second, and third fingers of the hand. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1987; 92(6): 492-8.
34. Martins JCR, Sakima T. Considerações sobre o surto de crescimento puberal. *Ortodontia*. 1977; 10(3): 164-70.
35. Mercadante MMN. Radiografia de mão e punho. In: Ferreira FV. *Ortodontia: diagnóstico e planejamento*. 1. ed. São Paulo: Artes Médicas; 1996. p. 188-216.
36. Milner GR, Levick RK, Kay R. Assessment of bone age: a comparison of the Greulich and Pyle, and the Tanner and Whitehouse methods. *Clin Radiol*. 1986; 37(2): 119-21.
37. O'Reilly MT, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae – a longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod*. 1988; 58(2): 179-84.
38. Sán Roman P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod*. 2002; 24(3): 303-11.

39. Santos SCBN, Almeida RR. Estudo comparativo de dois métodos de avaliação da idade óssea utilizando telerradiografias em norma lateral e radiografias carpais. *Ortodontia*. 1999; 32(2): 33-45.
40. Santos SCBN, Almeida RR, Henriques JFC, Bertoz FA, Almeida RR. Avaliação de um método de determinação do estágio de maturação óssea utilizando as vértebras cervicais presentes nas telerradiografias em norma lateral. *Rev Dental Press Ortod Ortop Fac*. 1998; 3(3): 67-77.
41. Santos ECA, Bertoz FA, Arantes FM, Reis PMP. Avaliação da reprodutibilidade do método de determinação da maturação esquelética por meio das vértebras cervicais. *Rev Dent Press Ortod Ortop Fac*. 2005; 10(2): 62-8.
42. Santos ECA, Bertoz FA, Arantes FM, Reis PMP, Bertoz APM. Skeletal maturation analysis by morphological evaluation of the cervical vertebrae. *J Clin Pediatr Dent*. 2006; 30(3): 265-270.
43. Schusterchitz T, Haite Neto F. Estudo comparativo entre a maturação óssea das vértebras cervicais e a região carpal. *Ortodontia*. 2002; 35(3): 33-42.
44. Silva Filho OG, Sampaio LL, Freitas JAS. Avaliação de um método simplificado para estimar a maturação óssea. *Ortodontia*. 1992; 25(1): 21-36.
45. Silva Filho OG, Valladares Neto J, Freitas JAS. Proposta de um método simplificado para avaliação da maturação óssea. *Ortodontia*. 1989; 22(2): 33-43.
46. Tanaka JLO. Estudo da relação entre a análise de maturação das vértebras cervicais por meio de medidas em radiografias cefalométricas laterais e a curva de crescimento ósseo [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2006.

47. Ursi WJS. Determinação da maturidade óssea através de radiografias carpais: sua importância no tratamento ortodôntico-ortopédico. In: Interlandi S. Ortodontia: bases para iniciação. 3.ed. São Paulo: Artes Médicas, 1994. p. 377-91.
48. Van Lenthe FJ, Kemper HCG, Van Mechelen W. Skeletal maturation in adolescence: a comparison between the Tanner-Whitehouse II and the Fels method. Eur J Pediatr. 1998; 157(10): 798-801.
49. Vastardis H, Evans CA. Evaluation of cervical spine abnormalities on cephalometric radiographs. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1996; 109(6): 581-8.

Anexo A – Documento comprobatório de aprovação da pesquisa pelo
Comitê de Ética em Pesquisa.

 **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

Av. Eng. Francisco José Longo, 777 – M. São Dâmas
CEP 13201-970 – F. (12) 3947-9039
Fax. (12) 3947-9010 / suehy@focja.unesp.br

 **CERTIFICADO**
Comitê de Ética em Pesquisa-Local

CERTIFICAMOS, que o protocolo nº 078/2006-PH/CEP,
sobre “Desenvolvimento e análise de um método de avaliação de
maturação óssea por meio de medidas das vértebras cervicais em
radiografias cefalométricas laterais”, sob a responsabilidade de
JEFFERSON LUIS OSHIRO TANAKA está de acordo com os Princípios
Éticos, seguindo diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa,
envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 196/96 do Conselho
Nacional de Saúde e foi aprovado por este Comitê de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 12 de dezembro de 2006.



Prof. Dra. Suely Carvalho Mutti Naressi
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa-Local

Tanaka JLO. Development and evaluation of a method for skeletal maturation assessment by means of linear measurements of the cervical vertebrae in lateral cephalometric radiographs [thesis]. São José dos Campos: São José dos Campos Dental School, São Paulo State University; 2008.

ABSTRACT

Anatomic alterations of the cervical vertebrae have been used on the assessment of bone maturation in Orthodontic/Functional orthopedics. Since these changes are subtle, our aim was to create and analyze a method for the assessment of skeletal maturation using measurements of the cervical vertebrae. Two hundred and forty six pairs of lateral cephalometric and hand/wrist radiographs (135 male and 111 female) were used on this study. The sample was separated in 5 groups according to the stage of Mercadante's Pubertal Growth Curve. Fifteen ratios were calculated with the measurements of C2, C3 and C4 vertebrae. The mean for each ratio was compared among the groups with the ANOVA and Tukey tests, which indicated 10 ratios that better distinguish each stage. These ratios were used on the development of the method Maturation by Ratios on Cervical Vertebrae (MRCV). This method ranks the maturation in 7 stages based on the results of the ratios. For the validation of the method, four examiners assessed 58 pairs of lateral cephalometric and hand/wrist radiographs using 3 methods: Pubertal Growth Curve, Hassel and Farman and MRCV. Better intra and inter-examiner performance were observed for Pubertal Growth Curve method, while the performance with Hassel and Farman and MRCV were almost the same. However, the results for MRCV were close to the Pubertal Growth Curve on the determination of skeletal maturation related to the peak of the pubertal growth. Based on the results, we concluded that it was possible to create a method for skeletal maturation assessment with measurements of the cervical vertebrae in lateral cephalometric radiographs with efficacy comparable to the Pubertal Growth Curve's.

KEYWORDS: Cervical vertebrae; bone development; age determination by skeleton/methods; human/growth and development; radiography; Orthodontics; cephalometry.